



HAL
open science

Etude du traitement atypique de l'information sensorielle dans le trouble du spectre de l'autisme à partir de la cohorte ELENA : impact et spécificité.

Florine Dellapiazza

► To cite this version:

Florine Dellapiazza. Etude du traitement atypique de l'information sensorielle dans le trouble du spectre de l'autisme à partir de la cohorte ELENA : impact et spécificité.. Psychologie. Université Paul Valéry - Montpellier III, 2019. Français. NNT : 2019MON30084 . tel-03510325

HAL Id: tel-03510325

<https://theses.hal.science/tel-03510325>

Submitted on 4 Jan 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



THÈSE

Pour obtenir le grade de
Docteur

Délivrée par
l'Université Paul-Valéry Montpellier 3

Préparée au sein de l'école doctorale 60
Territoires, Temps, Sociétés et Développement

Et de l'unité de recherche EA 4556
Laboratoire Epsilon. Dynamique des Capacités
Humaines et des Conduites de Santé

Spécialité : **Psychologie du développement**

Présentée par **Florine DELLAPIAZZA**

**Etude du traitement atypique de l'information
sensorielle dans le trouble du spectre de l'autisme
à partir de la cohorte ELENA :
impact et spécificité.**

Soutenue le 29 Novembre 2019 devant le jury composé de

Madame le Professeur Nathalie BLANC
Université Paul-Valéry Montpellier 3

Directrice

Madame le Professeur Amaria BAGHDADLI
Université Paris-Saclay

Co-Directrice

Monsieur le Professeur émérite René PRY
Université Lumière-Lyon 2

Président

Madame le Professeur Carole TARDIF
Université Aix-Marseille

Rapporteure

Madame le Professeur Diane PURPER-OUAKIL
Université de Montpellier

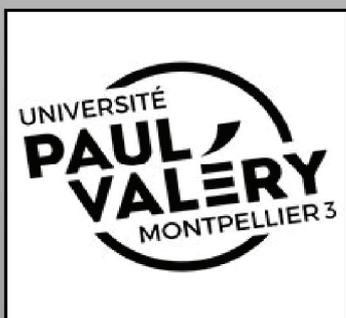
Rapporteure

Madame le Docteur Marie-Christine PICOT
Centre Hospitalier Universitaire de Montpellier

Examinatrice

Monsieur Eric PERNON
Université Paul-Valéry Montpellier 3

Examinateur



Remerciements

En premier lieu, je souhaite adresser mes remerciements au Professeur Amaria Baghdadli qui a codirigé ce travail de thèse, de m'avoir donné l'opportunité de me former à la recherche en bénéficiant de son expertise et en admirant son dévouement pour la recherche dans le domaine de l'autisme. Je lui suis reconnaissante de la qualité de son accompagnement, de ses encouragements et de la réflexion menée ensemble du début à la fin de ce travail de thèse.

Je souhaite également adresser mes sincères remerciements au Professeur Nathalie Blanc, d'avoir accepté d'encadrer ce doctorat et d'avoir partagé son savoir en psychologie du développement. Je la remercie vivement de son soutien chaleureux et de ses précieux conseils toujours parvenus dans des moments clés.

Ensuite, je tiens à remercier sincèrement les membres du jury, au Professeur René Pry d'avoir accepté de présider ce jury, aux Professeurs Carole Tardif et Diane Purper-Ouakil d'avoir accepté d'apporter leur regard de spécialiste sur ce travail de thèse et en le partageant au cours des échanges. Merci au Docteur Marie-Christine Picot pour ses conseils, et d'avoir accepté de participer à l'examen de ce travail. Ainsi, qu'à Eric Pernon, qui m'a fait découvrir le domaine passionnant de l'autisme, des bancs de la fac aux couloirs du CRA de Montpellier.

J'adresse particulièrement mes remerciements aux familles d'ELENA et aux autres qui ont accepté de participer, pour avoir accordé leur temps précieux en contribuant à la recherche et de leur riche témoignage qui a constitué la base de cette réflexion.

Un grand merci à l'équipe du CRA de Montpellier, ainsi qu'à l'équipe de l'unité de consultation du service MPEA Peyre Plantade, pour leur aide dans le recrutement et pour l'intérêt porté à ce projet, qui je l'espère, participera à nourrir la réflexion sur nos pratiques.

Un immense merci à Cécile Michelin, pour son coaching statistique et surtout émotionnel tout au long de ces quatre années. Tes encouragements et ton soutien ont permis à la chercheuse en herbe de garder la motivation.

Un grand merci à mes collègues et amies. Myriam, Julie, Céline, Chrystalla et Cécile, merci de m'avoir chaleureusement accueillie dans le service, pour votre aide de chercheuses expertes et de vos encouragements amicaux. Ela, Flore et Lee, merci de votre soutien inconditionnel, et de votre humour décapant qui permet de travailler dans une ambiance amicale et chaleureuse. Sans oublier notre cafetière pour son énergie communicative.

Un merci à mes parents, de m'avoir soutenue dans la poursuite de ces longues études et de leurs encouragements, même si cela a dû m'éloigner de nos chers galets niçois. Un merci à ma sœur pour ses encouragements et ses visites au cours desquelles le sable montpelliérain a su ravir mon neveu et ma nièce.

Merci à mes amies niçoises et montpelliéraines pour vos paillettes, un remède miracle contre le stress.

Lydie, ma coloc, merci de m'avoir encouragé au quotidien, pour ta folie contagieuse et pour tes messages motivants dissimulés un peu partout !

Nanatha, ma choupette, merci pour ton soutien sans faille, pour tes mots d'encouragements à chaque étape et pour nos précieux moments d'évasion.

Nicolas, mon chéri, nous nous sommes rencontrés au cours de ce doctorat, merci à toi d'avoir compris l'importance de ce projet et de ton soutien.

Enfin, ce travail n'aurait pas la même valeur s'il n'avait pas été réalisé en parallèle de celui de mon binôme, un binôme qui s'est complété à merveille. Christelle, cette aventure on l'a vécue ensemble, en partageant nos joies mais surtout nos doutes. Partager cette aventure a été une chance, au-delà d'un véritable moteur de motivation elle a contribué à la naissance d'une belle amitié qui se poursuivra loin de nos ordinateurs !

Résumé en français

Etude du traitement atypique de l'information sensorielle dans le trouble du spectre de l'autisme à partir de la cohorte ELENA : impact et spécificité.

L'objectif général de ce travail de doctorat en psychologie du développement est d'étudier le traitement atypique de l'information sensorielle dans le trouble du spectre de l'autisme. En partant du constat de l'apparition précoce de particularités sur le plan du traitement de l'information sensorielle chez les enfants avec un trouble du spectre de l'autisme, nous nous interrogeons sur leur impact au cours du développement. Ce travail de thèse a consisté dans un premier temps à mener une analyse des apports de la littérature sur cette question, avec la réalisation d'une revue systématique sur les liens entre le traitement sensoriel atypique et les capacités adaptatives d'une part et l'attention d'autre part. Dans un second temps, nous avons conduit deux études à partir des données issues d'une cohorte pédiatrique sur le trouble du spectre de l'autisme, la cohorte ELENA. La première étude avait pour objectif d'investiguer l'impact du traitement de l'information sensorielle sur les capacités adaptatives ainsi que sur la présence de comportements problèmes. Pour cela, un échantillon de 197 enfants ayant un trouble du spectre de l'autisme a été étudié. Par ailleurs, nous nous interrogeons sur le caractère spécifique du traitement de l'information sensorielle atypique dans la symptomatologie autistique. Dès lors, l'objectif de notre seconde étude était de comparer le traitement de l'information sensorielle dans quatre groupes d'enfants : 43 enfants présentant un trouble du spectre de l'autisme, 28 enfants présentant un trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité, 18 enfants présentant les deux diagnostics, et 31 enfants typiques. Les résultats révèlent une forte prévalence du traitement sensoriel atypique chez les enfants présentant un trouble du spectre de l'autisme et chez ceux présentant un trouble de l'attention comparativement aux enfants typiques. Nous retrouvons une relation significative entre le traitement atypique et les capacités adaptatives, et avec l'attention, ainsi qu'un impact sur les comportements problèmes. Ainsi, l'évaluation de ces particularités sensorielles est essentielle pour le diagnostic clinique, mais également pour proposer des aménagements adaptés. Enfin, ce travail de thèse ouvre des perspectives de recherche sur le traitement sensoriel dans le trouble du spectre de l'autisme et dans les autres troubles neuro-développementaux.

Mots clés : Trouble du spectre autistique, Traitement information sensorielle, Trouble de l'attention, Capacités adaptatives, Psychologie du développement, Attention.

Résumé en anglais

Atypical sensory processing in autism spectrum disorder, data from ELENA cohort: impact and specificity.

The overall goal of this thesis in developmental psychology is to study atypical sensory processing in autism spectrum disorder. The observation of the early detection of atypical sensory processing in children with autism spectrum disorder raises questions about their impact on their development. This work consisted initially to conduct an analysis of the literature through a systematic review on the links between atypical sensory processing and adaptive functioning and attention. Then, we conducted two studies based on data from a pediatric cohort on autism spectrum disorder, the ELENA Cohort. The first study aimed to investigate the impact of atypical sensory processing on adaptive functioning as well as the presence of maladaptive behaviors. That is the reason why, we examine the specific character of atypical sensory processing in a sample of 197 children with autistic disorder. Therefore, the aim of our second study was to compare sensory processing in four groups of children: 43 children with autism spectrum disorder, 28 children with attention deficit disorder with or without hyperactivity, 18 children presenting both diagnosis, and 31 typically developing children. The results reveal a high prevalence of atypical sensory processing in children with autism spectrum disorder and in those with attention deficit compared to typical children. We find a significant relationship between atypical sensory processing and adaptive functioning and with attention, as well as an impact on maladaptive behaviors. Consequently, the assessment of sensory processing is essential for the clinical diagnosis but also to propose adapted interventions. Finally, this thesis opens up research perspectives on sensory processing in autism spectrum disorder and other neurodevelopmental disorders.

Key words: Autism spectrum disorder, Sensory processing, Attention deficit disorder, Adaptive functioning, Developmental psychology, Attention.

Sommaire

Préambule	7
Chapitre I : Synthèse des apports de la littérature	9
1. Trouble du spectre de l'autisme	9
1.1 Définition	9
1.2 Approche diagnostique	10
2. Modèles théoriques généraux du Traitement de l'Information Sensorielle (TIS) 11	11
2.1 Processus et développement du TIS.....	11
2.2 TIS atypique.....	12
2.3 TIS atypique en fonction des modalités sensorielles	14
2.4 Outils d'évaluation du TIS atypique	16
3. TIS dans le TSA	17
3.1 TIS atypique, un symptôme du TSA.....	17
3.2 Prévalence et nature du TIS atypique dans le TSA.....	17
3.3 Hypothèses étiologiques du TIS dans le TSA.....	18
4. Liens entre TIS atypique et caractéristiques cliniques	20
4.1 TIS et sévérité du TSA.....	20
4.2 TIS et niveau cognitif.....	20
4.3 TIS et capacités adaptatives	21
4.4 TIS et comportements problèmes	21
4.5 TIS et attention.....	22
4.6 Revue systématique de la littérature sur la relation entre TIS et capacités adaptatives d'une part et attention d'autre part (Dellapiazza et al., 2018).....	23
5. TIS atypique, un critère spécifique au TSA ?	35
5.1 Définition, et prévalence du TDAH.....	36
5.2 Présence du TIS atypique dans le TDAH ?.....	36
5.3 TIS et attention dans le TDAH	37
5.4 Comparaison du TIS entre le TSA et le TDAH.....	37
5.5 La comorbidité TSA et TDAH, facteur aggravant du TIS ?.....	38
Problématique	40
Objectifs et hypothèses	41
Chapitre II : Méthode et résultats	42
1. Contexte du recueil de données à partir de la cohorte ELENA	42
1.1 Présentation générale de la cohorte ELENA.....	42
1.2 Critères d'inclusion des participants de la cohorte ELENA	42
1.3 Données recueillies et implication personnelle.....	43
2. Etude 1 : Prévalence et impact du TIS atypique sur les capacités adaptatives et les comportements problèmes	45
2.1 Critères d'inclusion des participants	45
2.2 Sélection des outils d'évaluation.....	45
2.3 Article : Impact du TIS atypique sur les capacités adaptatives et les comportements problèmes (Dellapiazza et al. 2019).....	47
2.4 Synthèse de l'étude 1	59

3. Etude 2 : Comparaison du TIS entre TSA, TDAH, TSA+TDAH et typique et étude de la relation avec l'attention	60
3.1 Critères d'inclusion des participants	60
3.2 Sélection des outils d'évaluation.....	61
3.3 Article : TIS et relation avec l'attention chez les enfants TSA, TDAH, TSA+TDAH et typique (manuscrit soumis pour publication).....	62
3.4 Synthèse de l'étude 2	82
Chapitre III : Discussion.....	83
1. Discussion générale	83
1.1 Une prévalence élevée du TIS atypique dans le TSA, de l'enfance à l'âge adulte	83
1.2 Impact du TIS atypique sur les trajectoires adaptatives dans le TSA	84
1.3 TIS atypique, un symptôme de développement atypique ?	85
1.4 Des liens probables entre TIS atypique et difficultés attentionnelles	86
1.5 Comorbidité TSA et TDAH, facteur d'aggravation du développement ?	86
2. Forces.....	87
3. Limites et perspectives de recherche	88
4. Implications cliniques	91
4.1 Repérer et évaluer le TIS atypique.....	91
4.2 Adapter l'environnement et intervenir sur le TIS atypique	92
Conclusion générale	94
Valorisation scientifique	95
Productions issues du travail de thèse	95
Publications.....	95
Communications orales.....	95
Communications affichées.....	96
Productions issues de la cohorte ELENA	96
Contribution à des publications	96
Contribution à des communications affichées	96
Enseignements universitaires	97
Références bibliographiques	98
Liste des abréviations.....	115
Annexes	116
Annexe A : Note d'information et consentement éclairé : inclusion du groupe TDAH.	117
Annexe B : Note d'information et consentement éclairé : inclusion du groupe contrôle.	118
Annexe C : Questionnaire réalisé pour l'étude 2 : inclusion des enfants présentant un TDAH.....	119
Annexe D : Questionnaire réalisé pour l'étude 2 : inclusion du groupe contrôle.....	120

Préambule

En 1943, Leo Kanner repérait des particularités sensorielles dans ses premières descriptions cliniques de l'autisme. Ce n'est que 70 ans plus tard, avec la publication de la révision du manuel de classification des maladies mentales en 2013 (DSM-5), que ces réactions inhabituelles aux stimulations sensorielles ont été ajoutées aux critères de diagnostic du Trouble du Spectre de l'Autisme (TSA) (American Psychiatric Association, 2013). Cette nouvelle publication replace ainsi les particularités sensorielles au cœur de la symptomatologie autistique. De plus, la Haute Autorité de Santé précise dans les dernières recommandations diffusées en février 2018 la nécessité d'évaluer les processus d'intégration sensorielle au cours de la procédure de diagnostic du TSA (HAS, 2018). L'entourage des personnes avec TSA rapporte fréquemment leurs réactions inattendues dans la vie quotidienne en réponse à des environnements sensoriels qui peuvent paraître anodins comme l'inconfort de l'eau chaude sur la peau, ou de la peur suscitée par le bruit de l'aspirateur. La recherche d'autostimulations peut se traduire par des comportements inappropriés allant parfois jusqu'à la mise en danger. Ces réactions comportementales provoquées par des stimulations sensorielles font l'objet d'importantes préoccupations pour l'entourage, d'autant qu'elles ont un retentissement sur la vie familiale et le développement de l'autonomie. Les personnes autistes elles-mêmes témoignent d'un traitement sensoriel qui apparaît différent de celui des personnes neurotypiques, pouvant conduire à des habiletés exceptionnelles ou bien constituer un frein à leur adaptation à l'environnement.

Paradoxalement, la littérature scientifique de ces dernières années s'est majoritairement centrée sur les déficits socio-communicationnels observables dans le TSA. Mais aujourd'hui, des études récentes font état de la présence dès les premiers mois de vie de particularités sensorielles chez les enfants présentant un TSA, avant même l'observation des premiers signes de perturbations concernant les interactions sociales et la communication. Ces particularités sensorielles suscitent ainsi un vif intérêt en tant que marqueur clinique précoce potentiel du TSA (Baranek et al., 2018; Sacrey et al., 2015). De plus, la nécessité de repérer ces particularités fait désormais partie intégrante du processus de diagnostic fonctionnel et permet d'améliorer la compréhension de leur rôle dans l'adaptation des enfants présentant un TSA. Même si le constat de la fréquence des particularités sensorielles dans ce trouble a conduit à les inscrire dans la description clinique du TSA, il est possible de s'interroger sur leur caractère spécifique dans ce syndrome. En effet, les praticiens font le constat de particularités sur le plan sensoriel dans d'autres troubles du neuro-développement, notamment dans le trouble du déficit de l'attention.

Cela tend à rendre complexe le diagnostic différentiel entre ces deux troubles. Interroger la spécificité de ces particularités sensorielles dans le TSA comporte donc des enjeux sur le plan du diagnostic, mais également de l'accompagnement et des prises en charge des enfants présentant ces particularités.

Les données utilisées dans ce travail de thèse sont issues de la cohorte ELENA (<http://www.elena-cohorte.org/>). Cette cohorte pédiatrique française, coordonnée par le Professeur Baghdadli, est composée d'enfants présentant un diagnostic clinique de TSA. L'objectif principal est d'étudier les trajectoires développementales de ces enfants en examinant les facteurs de risque et de protection liés au TSA (Baghdadli, Loubersac, Soussana, Rattaz, & Michelon, 2014). Pour conduire les études qui seront présentées, les données recueillies dans le cadre de cette cohorte ont été utilisées de façon transversale.

Chapitre I : Synthèse des apports de la littérature

1. Trouble du spectre de l'autisme

1.1 Définition

Depuis la description princeps de Leo Kanner (1943), la définition de l'autisme a beaucoup évoluée. Dans les années quatre-vingt-dix, les classifications internationales, tels que le manuel international de classification des maladies mentales (DSM IV ; American Psychiatric Association, 2000) et la classification internationale des maladies (CIM-10 ; OMS, 1993) définissaient l'autisme comme un trouble envahissant du développement avec une vision catégorielle du trouble. Depuis la publication de la nouvelle édition du manuel international de classification des maladies mentales (DSM-5), l'autisme est aujourd'hui qualifié de Trouble du Spectre de l'Autisme (TSA). La notion de « spectre » amène à prendre en compte la variabilité de l'intensité de la symptomatologie (American Psychiatric Association, 2013).

Le TSA est défini par une dyade de symptômes, associant des déficits persistants de la communication et des interactions sociales à la présence de comportements ayant un caractère restreint et répétitif dans les intérêts ou les activités (American Psychiatric Association, 2013). Cette classification, appuyée par les données scientifiques récentes, fait état d'un consensus sur la présence d'un dysfonctionnement cérébral dans le TSA, en le positionnant parmi les « troubles neuro-développementaux » au même titre que le trouble du déficit de l'attention, des troubles spécifiques des apprentissages, des troubles du développement moteur, des troubles du développement intellectuel et des troubles de la communication (American Psychiatric Association, 2013). Cette terminologie renforce le caractère développemental et souligne l'apparition précoce de ces troubles, avec un retentissement direct sur les fonctions cognitives et un effet en cascade sur le plan adaptatif.

Les données épidémiologiques actuelles montrent que ce trouble est davantage retrouvé chez les garçons, avec un sexe ratio de 1 fille pour 4 garçons (Fombonne, 2009). Une méta-analyse, répertoriant 41 études provenant de 18 pays, publiée en 2010, estime la prévalence mondiale dans la population générale de moins de 27 ans à une personne sur 132 (Baxter et al., 2015). L'étiologie du TSA apparait aujourd'hui comme étant plurifactorielle, avec toutefois un poids important des facteurs génétiques (Bourgeron, Leboyer, & Delorme, 2017). D'autres facteurs pré- et périnataux, l'âge des parents, la présence d'un TSA dans la fratrie, des expositions environnementales prénatales sont également reliés à une augmentation du risque

de TSA (HAS, 2018). Cependant, il n'existe pas encore de marqueurs biologiques de l'autisme, et l'établissement du diagnostic demeure clinique.

1.2 Approche diagnostique

Selon les recommandations publiées en 2018 par la Haute Autorité de Santé (HAS, 2018), le diagnostic de TSA est établi par des professionnels expérimentés à partir d'observations des signes cliniques. Les premiers signes sont classiquement observables chez l'enfant dès 18 mois. Les comportements pouvant constituer des signes d'alerte sont les suivants : un manque d'intérêt pour autrui, une attention sociale limitée, une fuite du regard, l'absence du geste de pointé et peu de comportements d'imitation. Une absence ou un retard de langage représentent généralement les premiers signes alertant les parents de perturbations dans le développement de leur enfant. Ces perturbations socio-communicatives sont associées à des maniérismes des mains ou des doigts, des réactions atypiques aux stimulations sensorielles, et des intérêts limités.

Les professionnels amenés à réaliser des évaluations à visée de diagnostic de TSA ont recours à des outils standardisés afin de compléter leur jugement clinique. Les échelles les plus couramment utilisées sont l'Autism Diagnostic Observation Schedule (ADOS), qui est une observation clinique de l'enfant menée par les professionnels (Lord et al., 2012) et l'Autism Diagnostic Interview Revised (ADI-R), qui est une échelle complétée par un professionnel à partir d'un entretien parental structuré, permettant de repérer les symptômes de l'autisme dans le cadre familial (Rutter, Couteur, & Lord, 2013). Ces outils constituent des aides au diagnostic, permettant de repérer les signes cliniques au travers d'observations directes mais également par le biais de l'histoire développementale de l'enfant rapportée par les parents. Au cours du processus de diagnostic de TSA, la présence ou l'absence de déficience intellectuelle associée doit être également mentionnée. En effet, sa présence est un facteur aggravant des trajectoires individuelles (Baghdadli et al., 2018), modifiant par conséquent les besoins d'accompagnement des personnes présentant un TSA. Il est également nécessaire, au travers du diagnostic différentiel, d'exclure les autres troubles pouvant comporter une symptomatologie proche ou d'y associer la coexistence d'un autre trouble en comorbidité. Parmi les critères de diagnostic du TSA, les hypo- et hyper-réactivités aux stimulations sensorielles sont notées dans l'aire des intérêts restreints et répétitifs. Ces réactions atypiques relèvent d'un défaut dans le processus de Traitement de l'Information Sensorielle (TIS).

2. Modèles théoriques généraux du Traitement de l'Information Sensorielle (TIS)

2.1 Processus et développement du TIS

Les systèmes sensoriels se développent in utero et permettent une adaptation de l'enfant à l'environnement dès les premières étapes de son développement précoce. En effet, à titre d'exemple, un nouveau-né parvient à discriminer des variations de température (Hernandez-Reif, Field, & Diego, 2004), à reconnaître l'odeur maternelle (Rattaz, Goubet, & Bullinger, 2005; Schaal et al., 1980), à reconnaître la voix de sa mère (Fifer & Moon, 1994) et à discriminer son visage (Pascalis, de Schonen, Morton, Deruelle, & Fabre-Grenet, 1995). Dans les premières études scientifiques, le traitement de chaque modalité sensorielle était souvent étudié de façon isolée afin d'en connaître la spécificité. Cependant, l'environnement est composé de multiples stimulations provenant de différentes modalités, conduisant les études actuelles à s'intéresser au traitement multimodal de l'information sensorielle. Ce traitement multimodal est illustré par la capacité des individus à transférer des informations sensorielles d'une modalité à l'autre. Ainsi, le nouveau-né parvient à reconnaître visuellement un objet qu'il a préalablement exploré de façon tactile (Molina & Jouen, 2001). Le rôle central du transfert de l'information sensorielle a été souligné dans l'acquisition des compétences motrices et de l'équilibre, pour lesquels les capacités visuelles sont impliquées (Warren, 1995). C'est donc grâce à la maturation des systèmes perceptifs dès les premières expériences sensorielles au cours de l'enfance que l'individu va appréhender son environnement et développer son intégration sensorielle.

En 1979, Ayres a développé la théorie de l'intégration sensorielle. Elle définit celle-ci comme un processus neurologique qui permet d'organiser les sensations provenant du corps et de l'environnement, afin de produire une réponse comportementale adaptée. A partir de cette théorie, Dunn (1997) développe un modèle de TIS lié à la modulation sensorielle. La modulation correspond au processus au cours duquel le système nerveux central traite et organise les stimulations sensorielles. Elle résulte de la régulation de deux processus. Tout d'abord, lorsque le système nerveux central reconnaît des stimuli, il diminue la transmission de l'information, c'est l'habituation. Ensuite, lorsque le système nerveux central perçoit des stimuli non familiers ou potentiellement dangereux, il augmente la transmission de l'information, c'est la sensibilisation. La détection des stimuli sensoriels dans le modèle de Dunn (1997) est réalisée en fonction du seuil neurologique d'activation (bas ou élevé). En fonction des seuils, il existe un continuum de réponses comportementales. Ces seuils sont déterminés à la fois par la génétique et par les expériences sensorielles issues de

l'environnement. Ainsi, chaque individu traite différemment les informations issues des diverses modalités sensorielles (auditives, tactiles, visuelles, vestibulaires, gustatives, proprioceptives et olfactives).

Dans la littérature scientifique, peu d'informations sont disponibles sur le développement typique de la modulation sensorielle. Les neurosciences apportent toutefois une certaine compréhension du circuit relatif au TIS. A partir d'une stimulation sensorielle, les récepteurs sensoriels reçoivent l'information et la transmettent via le tronc cérébral au thalamus, qui joue un rôle intermédiaire. L'information est ensuite transmise dans le cortex cérébral dans l'aire correspondant à la modalité sensorielle pour être traitée et analysée. Une certaine stabilité des réponses sensorielles est décrite au cours du développement au travers des études utilisant l'échelle du Profil Sensoriel (Dunn, 1999). Toutefois, l'étude visant la standardisation de cette échelle a permis de révéler des spécificités dans la modulation sensorielle chez les enfants de 3 à 4 ans. Elle montre une importante variabilité des scores traduisant une instabilité de la modulation sensorielle dans cette tranche d'âge (Dunn, 1999). Egalement, Adams, Feldman, Huffman, et Loe (2015) comparent le TIS d'enfants de 3 et 5 ans selon qu'ils aient ou non des antécédents de prématurité et montrent que parmi les prématurés, 37 % avaient des perturbations dans le TIS contre 12 % chez ceux nés à terme. Ces résultats suggèrent des processus de maturation du TIS au cours du développement typique. Davies, Chang, et Gavin (2009) ont par ailleurs étudié la maturation de la réactivité sensorielle en comparant des performances entre 28 enfants typiques, 25 enfants présentant un TIS atypique à 18 adultes sans trouble avéré. Ils ont montré des différences significatives entre les trois groupes. Les performances des enfants typiques étaient inférieures aux adultes, suggérant une maturation du processus d'habituation au cours du temps. Chez ceux présentant un TIS atypique, les performances étaient inférieures aux autres groupes, avec une plus grande variabilité des trajectoires, révélant un défaut d'habituation aux stimuli sensoriels.

2.2 TIS atypique

A travers son modèle, Dunn expose les différentes réactions liées au TIS atypique (Dunn, 1997). Le TIS atypique entraîne soit de l'hyper-réactivité aux stimulations sensorielles avec un seuil d'activation neurologique bas, soit de l'hypo-réactivité avec un seuil d'activation neurologique élevé.

- L'hyper-réactivité se traduit par une activation du système nerveux central lors de l'exposition à un stimulus sensoriel de faible intensité.

- L'hypo-réactivité se manifeste par une activation du système nerveux central seulement lors de stimuli sensoriels de forte intensité.

Afin d'expliciter le lien entre le TIS atypique et les réactions comportementales, le modèle de Dunn (1997) est basé sur un continuum de réponses comportementales en fonction du seuil neurologique de détection des stimuli sensoriels (bas ou élevé). Ce modèle est présenté en Tableau 1. Ainsi, lors d'un seuil neurologique bas et donc d'un important afflux de stimulations sensorielles, il est décrit deux réactions distinctes :

- soit une *hyper-réactivité sensorielle*, la personne étant passive face à ces sur-stimulations,

- soit un *évitement des sensations*, la personne étant active et cherchant à se protéger de l'excès de stimulations en les évitant.

A l'inverse, lors d'un seuil neurologique élevé et donc d'une insuffisance de stimulations sensorielles, il existe deux réactions comportementales :

-soit une *hypo-réactivité sensorielle*, la personne étant passive et se montrant insensible aux stimulations de son environnement,

-soit une *recherche de stimulation sensorielle*, la personne étant active et cherchant à se procurer des sensations.

Tableau 1

Modèle de TIS issu du Profil Sensoriel de Dunn (1999)

Continuum de seuils neurologiques	Continuum de réponses comportementales	
	Agir en accord avec le seuil (stratégie passive)	Agir pour contrer le seuil (stratégie active)
Seuil élevé (habituation)	Hypo-réactivité sensorielle	Recherche de stimulations sensorielle
Seuil bas (sensibilisation)	Hyper-réactivité sensorielle	Évitement des sensations

Note : reproduit à partir de « *The Sensory Profile: User's manual* », par Dunn, W., 1999, p.8, San Antonio, TX: Psychological Corporation.

Ce modèle est validé par des études scientifiques montrant la variation interindividuelle des réponses physiologiques selon que le seuil de réactivité sensorielle soit élevé ou bas (Zuckerman, 1994). Il faut souligner que ces seuils de réactivité influencent significativement l'adaptation comportementale des individus (Dunn, 1997; Zuckerman, 1994). Notons aussi que chez les enfants, les réponses physiologiques aux stimulations sensorielles correspondent au profil suggéré par le modèle de Dunn (McIntosh, Miller, Shyu, & Hagerman, 1999).

La notion de « trouble de la modulation sensorielle » a été proposée dans la littérature (Miller, Lane, Cermak, & Osten, 2007). Ce trouble est aussi reconnu dans deux classifications américaines : Chronic Disorders in Children and Adolescents (Goldstein & Morewitz, 2011) et Infant and Early Childhood Mental Health (Greenspan & Wieder, 2006). Cette notion de trouble spécifique de l'intégration sensorielle sous-entend que ce trouble peut être présent de façon isolé indépendamment d'autres troubles du neuro-développement. Dans la classification du DSM-5, les particularités du TIS figurent parmi les critères relatifs au diagnostic de TSA.

2.3 TIS atypique en fonction des modalités sensorielles

Les stimulations sensorielles peuvent provenir des cinq sens classiques, à savoir, des modalités auditives, visuelles, tactiles, gustatives ou olfactives. Elles peuvent également être internes, comprenant l'analyse des informations vestibulaires ou proprioceptives. Le système vestibulaire reçoit les stimulations grâce à l'appareil vestibulaire situé dans l'oreille interne et permet la régulation de l'équilibre. La proprioception reçoit les stimulations par les muscles et correspond à la perception de la position du corps dans l'espace. Afin d'illustrer les manifestations de réactions au TIS atypique en fonction des modalités sensorielles, le Tableau 2 présente des items extraits du Profil Sensoriel de Dunn (1999).

Tableau 2

Réactions comportementales atypiques par profil de réponse en fonction des modalités sensorielles : exemple d'items extraits du Profil Sensoriel de Dunn (1999).

	Hypo-réactivité <i>Passif</i>	Recherche de sensation <i>Actif</i>	Hyper-réactivité <i>Passif</i>	Evitement des sensations <i>Actif</i>
Auditive	Ne répond pas quand on l'appelle par son nom.	Cherche à faire du bruit par plaisir.	Est troublé ou a du mal à fonctionner s'il y a beaucoup de bruit autour de lui.	Se met les mains sur les oreilles pour se protéger du bruit.
Visuelle	A du mal à trouver quelque chose dans des endroits encombrés.	Regarde attentivement ou intensément les objets ou les gens.	Est dérangé par des lumières fortes alors que d'autres ce sont habitués.	Préfère être dans l'obscurité.
Tactile	Ne semble pas remarquer quand quelqu'un lui touche le bras ou le dos.	Manifeste un besoin inhabituel de toucher certains jouets, certaines surfaces ou textures.	Est sensible à certains tissus (par exemple, vêtements, draps).	Evite de se salir.
Orale (gustatif et olfactif)	A tendance à sentir des objets qui ne sont pas comestibles.	A des envies très fortes de certains aliments ou certaines odeurs.	A facilement des haut-le-cœur avec certaines textures d'aliments ou des couverts dans la bouche.	Evite certains goûts ou certaines odeurs de nourriture faisant typiquement partie des aliments pour enfants.

Vestibulaire	A besoin de s'appuyer contre quelque chose pour se sentir stable.	Tourne fréquemment sur lui-même au cours de la journée (par exemple, aime se sentir étourdi).	Déteste les activités qui le font se retrouver la tête en bas (par exemple, faire des roulades, chahuter).	Évite les équipements des terrains de jeux (par exemple, les balançoires, les manèges) ou les jouets qui bougent (par exemple, les toupies).
Multi sensorielle	Ne semble pas conscient de ce qui se passe dans son environnement.	S'agrippe aux gens, aux objets, aux meubles même dans des situations familières.	Se détourne de ce qu'il est en train de faire pour observer tout ce qui se passe dans la pièce.	Préfère les jeux calmes et sédentaires

Le TIS atypique peut affecter une ou plusieurs modalités, voire l'ensemble des modalités sensorielles. L'hétérogénéité des manifestations du TIS atypique implique donc une évaluation individuelle.

2.4 Outils d'évaluation du TIS atypique

Pour l'évaluation du TIS chez l'enfant, il existe plusieurs outils. Dans les études scientifiques, ainsi que dans la pratique clinique, les questionnaires parentaux sont majoritairement utilisés. Ils permettent d'interroger les parents sur le comportement de leur enfant en réaction à diverses stimulations sensorielles. Une revue systématique a répertorié les échelles permettant d'évaluer le TIS chez les enfants (Jorquera-Cabrera, Romero-Ayuso, Rodriguez-Gil, & Triviño-Juárez, 2017). Elle met en avant l'intérêt de deux échelles : le Profil Sensoriel basé sur le modèle de TIS développé par Dunn (1999) et le Sensory Processing Measure, complété par les parents et les enseignants, qui évalue le traitement sensoriel mais également les praxies et la participation sociale (Parham, Ecker, Kuhaneck, Henry, & Glennon, 2007). Toutefois, cette dernière échelle est disponible uniquement en version anglaise. Globalement, ces questionnaires permettent de recueillir de façon rapide et standardisée la présence de particularités sensorielles dans la vie quotidienne en réaction à un large panel de stimulations. Des batteries d'évaluation directe existent aussi mais elles sont moins couramment utilisées car chronophages et plus focalisées sur certaines modalités sensorielles (Jorquera-Cabrera et al., 2017).

3. TIS dans le TSA

3.1 TIS atypique, un symptôme du TSA

L'hypo- ou l'hyper-réactivité aux stimulations sensorielles ou les intérêts inhabituels pour les aspects sensoriels de l'environnement sont désormais considérés comme des symptômes du TSA (American Psychiatric Association, 2013). De plus, l'impact de ces perturbations sensorielles dans le TSA est bien décrit dans la littérature, évaluant les réactions comportementales (Ashburner, Ziviani, & Rodger, 2008; McCormick, Hepburn, Young, & Rogers, 2016; O'Donnell, Deitz, Kartin, Nalty, & Dawson, 2012) mais également au travers des études neurophysiologiques (Marco et al., 2012). Les individus présentant un TSA rapportent que leurs symptômes sensoriels sont au cœur de leur difficulté de fonctionnement (Chamak, Bonniau, Jaunay, & Cohen, 2008). Ces particularités sensorielles sont plus présentes chez les enfants présentant un TSA comparativement aux enfants typiques (Ben-Sasson et al., 2009; Cheung & Siu, 2009) mais également à ceux présentant un autre trouble du neuro-développement (Boyd et al., 2010; Wiggins, Robins, Bakeman, & Adamson, 2009). Elles sont fréquemment rapportées par l'environnement familial et décrites comme ayant un important retentissement sur le milieu scolaire (Ashburner et al., 2008; Fernández-Andrés, Pastor-Cerezuela, Sanz-Cervera, & Tárraga-Mínguez, 2015). Des études récentes font état de leur occurrence dès les premiers mois et le TIS atypique suscite donc un vif intérêt en tant que marqueur clinique précoce potentiel du TSA (Baranek et al., 2018; Sacrey et al., 2015).

3.2 Prévalence et nature du TIS atypique dans le TSA

L'estimation de la prévalence du TIS atypique chez les enfants présentant un TSA est variable selon les études, allant de 69 à 95 % (Ashburner et al., 2008; Baker, Lane, Angley, & Young, 2008; Baranek, David, Poe, Stone, & Watson, 2006; Jasmin et al., 2009; Tomchek & Dunn, 2007). La méta-analyse portant sur 14 études, résumant l'apport de la littérature entre 1998 et 2007, souligne dans ses limites la diversité des échantillons et des méthodes d'établissement des diagnostics de TSA (Ben-Sasson et al., 2009). Ainsi, la littérature actuelle ne permet pas d'apporter une estimation fiable de la prévalence du TIS atypique dans le TSA. Cette prévalence nécessite donc d'être estimée au travers d'un large échantillon.

Les particularités sensorielles dans le TSA sont variées. Temple Grandin témoigne dans un de ses livres que les effets des stimulations sensorielles sont très variables d'une personne à l'autre, pouvant conduire à des réactions comportementales opposées (Grandin, 1996). Certains auteurs ont d'abord considéré que l'hyper-réactivité sensorielle était particulièrement répandue

et estimée entre 56 % à 70 % en fonction des études (Baranek et al., 2006; Ben-Sasson et al., 2009). D'autres études, plus récentes, concluent au contraire que l'hypo-réactivité sensorielle est plus présente dans le TSA, ce qui permettrait selon les auteurs de discriminer le TSA vis-à-vis d'autres troubles (Baranek et al., 2013). Ces constats sont en accord avec ceux d'une méta-analyse où les comportements d'hypo-réactivité sensorielle sont particulièrement fréquents chez les enfants avec un TSA comparés à des témoins typiques (Ben-Sasson et al., 2009). Il a été suggéré par Germani et al. (2014) que la présence d'une hypo-réactivité sensorielle à 24 mois permettrait de repérer des enfants à haut risque de TSA. S'il est admis que les profils sensoriels peuvent être variables, il est important de noter que les symptômes d'hypo- et d'hyper-réactivité sensorielle peuvent être souvent retrouvés chez un même enfant (Ausderau et al., 2014; Lane, Young, Baker, & Angley, 2010).

Les modalités sensorielles les plus perturbées dans le TSA sont le traitement de l'information auditive, avec une prévalence allant de 48 à 75 %, et celui de l'information tactile avec une prévalence de 40 à 46 % (Ashburner et al., 2008; Jasmin et al., 2009; O'Donnell et al., 2012; Tomchek & Dunn, 2007). Plus spécifiquement, Germani et al. (2014) ont montré qu'un traitement auditif atypique est relevé précocement au cours du développement dans le TSA. De plus, le traitement multi sensoriel est fréquemment décrit comme impacté avec une prévalence estimée à 54 % (Jasmin et al., 2009). Les différentes modalités sensorielles peuvent être affectées dans le TSA. Ainsi, le repérage du TIS atypique par modalité sensorielle est nécessaire afin d'étudier leurs répercussions sur le comportement des personnes ayant un TSA.

3.3 Hypothèses étiologiques du TIS dans le TSA

Les principales théories explicatives du TSA sont centrées sur le déficit socio-communicatif. Toutefois, plusieurs modèles théoriques du TSA s'intéressent aux particularités sur le plan du traitement perceptif. Ainsi, il a été envisagé que la faiblesse de la cohérence centrale dans le TSA serait liée aux difficultés d'ordre perceptif concernant l'analyse globale de l'information, préférant un traitement local au profit d'une attention portée aux détails (Happé & Frith, 2006). Par ailleurs, l'hypothèse d'un sur-fonctionnement perceptif dans l'analyse locale des informations a également été suspectée. Elle a été formulée à partir du constat de compétences supérieures dans l'analyse visuelle et auditive chez les personnes ayant un TSA lors de tâches nécessitant un traitement local de l'information (Bonnel et al., 2003; Mottron, Dawson, Soulières, Hubert, & Burack, 2006). Toutefois, ces théories sont centrées sur l'analyse perceptive relevant d'un fonctionnement cognitif différent, mais elles ne prennent pas en compte les hypo- et hyper-réactivités aux stimulations sensorielles caractéristiques du TSA.

D'autres théories mettent en avant la possibilité d'un défaut dans le processus de TIS dans le TSA. La théorie de l'inconsistance perceptive développée par Ornitz et Ritvo (1968) considère l'autisme comme un trouble résultant d'un défaut de régulation du niveau d'éveil. Ainsi, le niveau d'éveil variable entraînerait une hyper-réactivité ou une hyper-inhibition. Selon une autre théorie de l'« over-arousal », l'hyper-réactivité aux stimuli sensoriels chez des enfants avec un TSA serait reliée à un défaut d'habituation aux stimuli sensoriels comparativement aux enfants typiques (Hutt, Hutt, Lee, & Ounsted, 1964). A l'inverse, la théorie de l'« under-arousal » met en avant qu'un défaut d'activation du système réticulaire pourrait être à l'origine d'un manque de réponse et provoquer des réactions atypiques (DesLauriers & Carlson, 1969). Ces auteurs postulent donc que le déficit social dans le TSA serait lié à un manque d'intérêt pour l'environnement sensoriel, limitant l'expérience et le développement des compétences sociales. Ayres (1979) suggère la présence de perturbations dans le système nerveux central au cours du processus de modulation des informations sensorielles. Le modèle de Dunn (1997) reprend cette théorie de défaut de la modulation sensorielle dans le TIS chez les TSA. Des études en neurosciences apportent des arguments en faveur de cette hypothèse. Courchesne et Pierce (2005) postulent que les hypo- et hyper-réactivités aux stimulations sensorielles dans le TSA sont liées à la perturbation du développement cérébral. Ces auteurs argumentent en effet que le défaut de régulation du nombre d'arborisations dendritiques favorise l'apparition de circuits neuronaux atypiques pouvant conduire à des hypo- et hyper-réactivités. Récemment, une activation neuronale différente aux stimuli sensoriels a d'ailleurs été repérée entre les personnes ayant un TSA présentant de l'hyper-réactivité comparativement à ceux ayant un traitement typique (Green et al., 2015).

D'autres théories soutiennent que le TIS est fonctionnel dans le TSA lorsqu'on considère une modalité isolée, mais qu'il existe un défaut d'intégration de l'information multimodale. Waterhouse, Fein, et Modhal (1996) soulignent ainsi des difficultés à intégrer les informations issues des différentes modalités simultanées dans le TSA. Les travaux de Bullinger (2013) apportent également un éclairage concernant les perturbations sensorielles dans le TSA, résultant selon lui, d'un traitement archaïque des flux sensoriels mobilisant les réactions d'alerte. Ces perturbations entraîneraient alors un défaut postural et impacteraient également le transfert intermodal. D'autres auteurs considèrent qu'il existe dans le TSA un défaut d'intégration temporelle des stimuli multi sensoriels et font alors l'hypothèse d'une sorte de « malvoyance du mouvement » (Gepner, 2001; Gepner & Tardif, 2009). Ainsi, selon cette

théorie, les difficultés du TIS dans le TSA seraient relatives à la rapidité des informations à traiter dans l'environnement.

Ces diverses théories soutiennent différentes tentatives d'explications du TIS, mais à l'heure actuelle, aucune ne permet de rendre compte de l'ensemble de ces particularités (Miller, Nielsen, Schoen, & Brett-Green, 2009). L'étude des réactions atypiques au TIS et de leurs répercussions dans le TSA reste donc essentielle pour améliorer la compréhension de ce trouble.

4. Liens entre TIS atypique et caractéristiques cliniques

4.1 TIS et sévérité du TSA

Concernant le lien entre l'intensité des perturbations sensorielles et la sévérité du TSA, il n'existe pas de consensus dans la littérature. Une relation significative est retrouvée entre le taux de TIS atypique et les symptômes de TSA observés par les parents (Hilton, Graver, & LaVesser, 2007; Liss, Saulnier, Fein, & Kinsbourne, 2006). Toutefois, cette relation n'est pas retrouvée comme significative chez les personnes autistes sans déficience intellectuelle (Ashburner et al., 2008). Plus récemment, des auteurs ont montré que l'intensité des perturbations sensorielles pouvait constituer un facteur prédictif de la sévérité du TSA chez des individus sans déficience intellectuelle (Sanz-Cervera, Pastor-Cerezuela, Fernández-Andrés, & Tárraga-Mínguez, 2015) et plus particulièrement de la sévérité des troubles sociaux (Hilton et al., 2010). D'autres auteurs observent des corrélations positives entre l'intensité des symptômes sensoriels et la présence de comportements restreints et répétitifs (Gal, Dyck, & Passmore, 2010; Lidstone et al., 2014). Ils font ainsi l'hypothèse que les mouvements stéréotypés ont une fonction de régulation des perturbations sensorielles (Gal et al., 2010). La relation entre le TIS et la sévérité du TSA reste donc en questionnement. L'investigation de ces liens pourrait être réalisée dans une large population, afin de représenter l'ensemble du spectre de l'autisme (Stanciu & Delvenne, 2016).

4.2 TIS et niveau cognitif

Concernant le lien entre le TIS atypique et le niveau cognitif, les résultats sont contradictoires. En effet, deux études qui tentent de caractériser des sous-groupes de populations d'enfants TSA à partir de leur TIS atypique retrouvent une variation des profils cognitifs en fonction des groupes (Ausderau et al., 2016; Lane, Molloy, & Bishop, 2014). Toutefois, l'étude de O'Donnell et al. (2012) n'observe pas de relation significative entre le TIS atypique et le niveau cognitif. De même, Leekam, Nieto, Libby, Wing, et Gould (2007)

montrent un taux de TIS atypique similaire chez des enfants présentant TSA avec et sans déficience intellectuelle. Dans une étude avec des enfants TSA sans déficience associée, la relation entre leur score au TIS et leur niveau cognitif n'est pas retrouvée comme significative (Boyd et al., 2010). Également, le niveau de raisonnement non verbal n'apparaît pas relié aux particularités sensorielles chez les enfants TSA sans déficience intellectuelle (Sanz-Cervera et al., 2015). En résumé, la littérature fournit des données contradictoires sur la relation entre TIS atypique et le niveau cognitif des enfants présentant un TSA.

4.3 TIS et capacités adaptatives

Le TIS atypique est décrit par les personnes autistes comme altérant leur adaptation dans la vie quotidienne et leur fonctionnement adaptatif. Le comportement adaptatif est défini comme étant « l'ensemble des habilités conceptuelles, sociales et pratiques apprises par la personne qui lui permet de fonctionner au quotidien » (American Association on Mental Retardation, 2002). Ces capacités sont classiquement mesurées en pratique clinique et en recherche au travers de l'échelle de la Vineland (Sparrow, Cicchetti, & Balla, 2005). Cette échelle est un outil standardisé basé sur un entretien semi-directif, permettant d'évaluer le niveau de communication, de socialisation et d'autonomie. Les capacités adaptatives sont davantage perturbées chez les individus présentant un TSA comparativement aux personnes typiques, mais également comparativement à ceux présentant d'autres troubles du neuro-développement (Mouga, Almeida, Café, Duque, & Oliveira, 2015). De plus, le fonctionnement adaptatif apparaît comme un facteur davantage prédictif de l'évolution des personnes avec TSA que leur niveau intellectuel (Farley et al., 2009). Dans le TSA, il existe une importante hétérogénéité des profils cliniques et des trajectoires de développement comme décrit dans les études longitudinales (Baghdadli et al., 2018; Fombonne, 2009). Face à l'hétérogénéité des profils, l'amélioration de la compréhension des facteurs de risque et de protection est nécessaire afin d'adapter l'accompagnement de ces personnes tout au long de leur vie. Afin d'améliorer la compréhension du TIS atypique dans le TSA, il paraît nécessaire d'investiguer leur relation avec les capacités adaptatives. Au vu de l'apport important de la littérature sur cette question, dans le cadre de cette thèse, une revue systématique de la littérature a été réalisée et sera présentée à l'issue de cette première partie (Dellapiazza et al., 2018).

4.4 TIS et comportements problèmes

Les comportements problèmes sont fréquemment retrouvés dans le TSA. Diverses appellations sont allouées à ces comportements tantôt qualifiés de « désadaptés », de « mal

adapté », de « défis ». Dans les recommandations de bonnes pratiques professionnelles publiées en 2009, « est considéré comme «comportement-problème » tout ce qui constitue une gêne notable, intense, répétée, durable ou qui présente un danger pour la personne avec autisme [...], ainsi que pour son environnement et qui compromet ses apprentissages, son adaptation et son intégration sociales » (ANESM, 2009, p.32). Les comportements problèmes sont variés, ils peuvent se manifester sous la forme de comportements auto-agressifs ou hétéro-agressifs, de stéréotypies, d'irritabilité, de retrait social et peuvent survenir au cours du développement.

Le TIS atypique a été montré comme relié aux comportements problèmes (Baker et al., 2008; Lane et al., 2010; McCormick et al., 2016). Certains auteurs soutiennent que le TIS atypique constitue un facteur de risque de comportements d'automutilations (Duerden et al., 2012) ou encore de comportements répétitifs et désadaptés (Lidstone et al., 2014; Renzo et al., 2017). Plus spécifiquement, les enfants présentant un profil atypique sur le plan de la recherche de sensation présentent davantage de comportements problèmes (Baker et al., 2008; Lane et al., 2010). Les comportements problèmes représentent des facteurs aggravant des trajectoires adaptatives, entraînant un impact négatif sur le développement des personnes TSA (Baghdadli et al., 2018). De plus, ils impactent la qualité de vie des personnes elles-même ainsi que de leur entourage (McStay, Trembath, & Dissanayake, 2014). Par conséquent, de par l'origine plurifactorielle des comportements problème, l'étude de l'impact du TIS atypique sur leur occurrence constitue un axe de recherche fondamental.

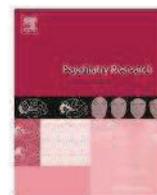
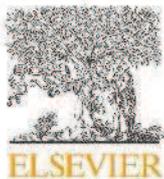
4.5 TIS et attention

L'attention comme fonction cognitive est définie de diverses façons, notamment comme un « concept cognitif relativement large qui comprend un ensemble de mécanismes qui déterminent la manière dont un stimulus sensoriel, des objets perceptifs, des pensées ou des actions sont sélectionnés pour un traitement ultérieur à partir d'une série de stimuli, d'objets, pensées et actions concurrents » (Talsma, Senkowski, Soto-Faraco, & Woldorff, 2010, p. 400). Ainsi, il serait partiel de s'intéresser au TIS sans évoquer leur relation avec l'attention, d'autant plus que dans le TSA, il existe une prévalence élevée du déficit attentionnel (Hanson et al., 2013; Lyall, Schweitzer, Schmidt, Hertz-Picciotto, & Solomon, 2017) et que l'attention est perturbée à différents niveaux (Ames & Fletcher-Watson, 2010). Ainsi, depuis peu, un intérêt a émergé dans la littérature sur le TSA autour du lien entre particularités sensorielles et attention (Marco et al., 2012; Talsma et al., 2010). En effet, un lien est souligné entre l'hyper-réactivité et un hyper focus attentionnel d'une part, et des difficultés de désengagement attentionnel d'autre part. Ainsi, le lien entre particularités sensorielles et attention apparaît

comme un domaine de recherche pertinent et la compréhension de la relation entre attention et TIS atypique est à investiguer. Les résultats de notre revue systématique, dressant un état des connaissances actuelles sur cette relation sont présentés ci-après (Dellapiazza et al., 2018).

4.6 Revue systématique de la littérature sur la relation entre TIS et capacités adaptatives d'une part et attention d'autre part (Dellapiazza et al., 2018)

Dans le but de synthétiser l'apport de la littérature scientifique concernant les relations entre le TIS dans le TSA, les capacités adaptatives et l'attention, nous avons effectué une revue systématique de la littérature, publiée en 2018 dans la revue *Psychiatry Research* : «Links between sensory processing, adaptive behaviours, and attention in children with autism spectrum disorder: A systematic review» (Dellapiazza et al., 2018).



Review article

Links between sensory processing, adaptive behaviours, and attention in children with autism spectrum disorder: A systematic review

Florine Dellapiazza^{a,b,c,*}, Christelle Vernhet^{a,b,c}, Nathalie Blanc^b, Stéphanie Miot^{a,c}, Richard Schmidt^d, Amaria Baghdadi^{a,c,e}

^a Centre Ressources Autisme, CHU, F-34000 Montpellier, France

^b Univ Paul Valéry Montpellier 3, Univ. Montpellier, EPSYLON EA 4556, 34000, Montpellier, France

^c Centre de Recherche en Épidémiologie et Santé des Populations, UMR1178, INSERM, Paris, France

^d Department of Psychology, College of the Holy Cross, Worcester, MA, USA

^e Université de Médecine Montpellier, France



ARTICLE INFO

Keywords:

Autism
Sensory processing
Adaptive behaviour
Attention
Children
Systematic review

ABSTRACT

Atypical sensory processing has been described in autism spectrum disorder. The goal of this systematic review is to investigate the links between sensory processing, adaptive behaviours, and attention skills in children with autism spectrum disorder. The PRISMA guidelines were followed and a search was conducted using electronic databases: Medline, PsychInfo and Eric. Among the 11 studies about sensory processing that were selected, 7 investigated the association with adaptive behaviours and 5 with attention. Atypical sensory processing was reported in 82% to 97% of the participants with ASD, depending on the study. This review found a significant impact of sensory abnormalities on adaptive behaviour. In addition, we found interrelations between sensory processing and attention skills. However, the current literature is too limited to definitively conclude the direction of these interactions and the theories concerning perceptive functioning are conflicting.

1. Introduction

Autism Spectrum Disorder (ASD) is a long-lasting, complex, and heterogeneous neurodevelopmental disorder characterised by impairment in social and communication skills combined with stereotypic and repetitive behaviours (American Psychiatric Association, 2013). The prognosis of ASD is often influenced by persistent adaptive deficits and multiple medical and psychiatric comorbidities (Jónsdóttir et al., 2007). The prevalence of ASD, estimated to be approximately 1 in 68 children, makes it one of the most common chronic paediatric conditions (Christensen et al., 2016).

Sensory abnormalities have been described in people with autism since the original description of the syndrome (Kanner, 1943). It is now well accepted that individuals with ASD often demonstrate unusual reactions to sensory inputs (Grandin, 1996; Jones et al., 2003). Furthermore, sensory abnormalities are amongst the earliest emerging markers of infants later diagnosed with ASD, with differences noted as early as six months of age (Clifford et al., 2013; Germani et al., 2014). Sensory processing abnormalities have been described for other neurodevelopmental disorders, but they are particularly common in ASD, where their prevalence ranges from 45 to 95% (Ben-Sasson et al.,

2009). Sensory idiosyncrasies have been described in most accounts of autism to be central to the autistic experience, despite individual variations in their range and severity (Chamak et al., 2008). Atypical sensory processing in ASD has been documented by many behavioural (Ben-Sasson et al., 2009) and neurophysiological studies (Marco et al., 2011) and are now included in the essential diagnostic criteria of ASD (American Psychiatric Association, 2013). DSM 5 describes the sensory symptoms of ASD as "hyper responsiveness" and "hypo responsiveness" (American Psychiatric Association, 2013).

In 1979, Ayres developed the sensory integration theory. According to this theory, "sensory integration is the process of organizing sensory inputs so that the brain produces a useful bodily response and also useful perceptions, emotions, and thoughts" (Ayres, 1979). Sensory processing corresponds to the process during which the central nervous system receives, interprets, and responds to sensory inputs. Sensory stimulation can arise from each modality: auditory, tactile, visual, olfactory, vestibular, gustatory, or proprioceptive. Dunn's model takes into account interactions between neurological sensory thresholds and behavioural responses (Dunn, 1997). In this model, responses follow four patterns: sensory seeking (searching intense stimulation), sensory avoiding (escape from sensory stimuli), low registration (poor reaction

* Corresponding author.

E-mail address: f-dellapiazza@chu-montpellier.fr (F. Dellapiazza).

to relevant stimuli), and sensory sensitive (exaggerated responses to stimuli).

Prior research has often focused on the sensory features of ASD; these idiosyncrasies may have a cascading effect on the development of adaptive and cognitive functions, such as attention (Baranek et al., 2018; Cascio et al., 2016). A recent systematic review of 21 articles showed that sensory processing correlated with emotional, behavioural, and cognitive skills (Glod et al., 2015). In addition, research focusing on the sensory domain has found that sensory abnormalities in ASD adversely affect daily adaptive functioning (Suarez, 2012) and participation in family life (Schaaf et al., 2011). Autobiographies of people with ASD have suggested that atypical sensory processing can modify adaptive behaviour ("I pulled away when people tried to hug me, because being touched sent an overwhelming wave of stimulation through my body"; Grandin, 1996). Adaptive behaviour has been defined as the "performance of the daily activities required for personal and social sufficiency" (Sparrow et al., 1984). A better understanding of the impact of sensory profiles on adaptive behaviour and the development of behavioural problems in ASD children should allow the development of better adapted clinical support.

Among the variables linked to sensory processing, another important aspect is attentional skills. Attention deficits are frequent in ASD (Hanson et al., 2013; Lyall et al., 2017), where they seem to be specifically related to hyper-arousal and the impairment of selective/goal-oriented attention (Ames and Fletcher-Watson, 2010). In addition, some authors have suggested an association between sensory processing and attention in ASD, as attention is influenced by the perceptual salience of the stimulus (Marco et al., 2011; Talsma et al., 2010). However, an individual can receive a sensory stimulus but fail to focus his attention on it (Heald and Nusbaum, 2014). Furthermore, behavioural responses to sensory stimuli may also be influenced by attention, which can affect sensory function (Cascio et al., 2016). It has been hypothesized that sensory abnormalities in ASD result from over arousal and consequently over-focused attention (Waterhouse et al., 1996). The mechanism of this association is unclear and its direction is still unknown.

The nature of sensory processing difficulties in children with ASD, their impact on adaptive behaviour, and their association with attention are not established, despite plentiful literature on the subject. Summarizing the existing literature on sensory processing is required to specifically examine its interaction with attention and adaptive functioning during childhood. The goal of this review is to investigate the links between sensory processing, adaptive behaviours, and attention skills in children with ASD.

2. Methods

We used the Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses (PRISMA) guidelines to organize the review process (Moher et al., 2009). The PRISMA guidelines were conceived by the international scientific community to develop a procedure for conducting systematic reviews.

2.1. Search strategy

Original searches were conducted between January 2006 and December 2016 with iterative searches in May and October 2017. The electronic databases searched were: Medline, PsychINFO, and ERIC. Searches consisted of three components: diagnostic terms (in PsychINFO: "autism spectrum disorder", which included "Asperger syndrome", "autism", "autistic psychopathy", "early infantile autism", and "pervasive developmental disorder"; in Medline: "child development pervasive disorder", which included "Asperger", "autism spectrum disorder", and "autism disorder"; and in ERIC: "pervasive developmental disorders", which included "autism spectrum disorder"); sensory terms: "sensory" associated with a specific term concerning sensory

processing, consisting of "processing", "integration", "modulation", "hypo", "hyper", "seeking", "avoiding", "defensiveness", "profile", or "pattern"; and adaptive terms: "adaptive behaviour", "adaptation", or the attention term, "attention".

2.2. Inclusion/exclusion criteria

Inclusion and exclusion criteria were defined in accordance with the aims of this review. Inclusion criteria for selection were: 1) studies published as a full-text, original article; 2) studies in which the sample included participants aged under 18 years with a diagnosis of ASD (according to DSM 5) or pervasive developmental disorders (according to DSM IV or CIM 10); 3) studies involving standardized assessment of sensory processing; 4) studies investigating the links between sensory processing and adaptive behaviours and/or attention, and studies 5) providing quantitative data. Exclusion criteria were: 1) studies for which the aim was treatment efficacy, 2) studies for which the aim was to validate assessment tools, and 3) studies in which the sample included participants with ASD and psychiatric comorbidities.

2.3. Selection process

The studies were selected independently by two of the authors of the paper (CV and FD) using the eligible criteria. Articles were first selected based on the abstract and, when necessary, on the full text, with regular discussions between CV and FD to reach a consensus.

The following data (Table 1) were extracted from each selected paper: references (author(s); year), sample characteristics (size, age, gender, cognitive level, and diagnosis), measurements (sensory processing, attention, and clinical diagnosis), statistical analysis, and main results.

2.4. Quality assessment

The methodological quality of the reviewed studies was assessed using a 17-item grid, created (Fig. 2) from the Strobe checklist (von Elm et al., 2007), and the "Critical review form – Quantitative studies" (Law et al., 1998). These items were rated as imprecise (0), partial (1), or complete (2) for each paper and the global score was calculated by summing the score of each item. The papers were rated as follows: 0 to 12 points (low quality), 13 to 24 points (moderate quality), and 25 to 36 points (high quality). Article quality was independently rated by FD and CV, with an excellent inter-rater agreement ($\rho = 0.93$, CI 95%) (0.91–0.94).

3. Results

3.1. Study selection, quality, and participants

Of the 193 studies originally identified by electronic databases, 68 were excluded because they didn't meet the inclusion criteria and 28 because they were duplicates. Fifty-four additional studies were removed after reading the abstracts. Finally, the full text of 43 articles was read and only 11 studies were reviewed (see, the Flow-chart in Fig. 1).

Overall, six studies (Baker et al., 2008; Jasmin et al., 2009; Lane et al., 2010; Liss et al., 2006; McCormick et al., 2016; O'Donnell et al., 2012; Tomchek et al., 2015) investigated the association between sensory processing and adaptive behaviours and four studies (Ashburner et al., 2008; Liss et al., 2006; Sabatos-DeVito et al., 2016; Sanz-Cervera et al., 2015; Wodka et al., 2016) the association between sensory processing and attention. One study investigated the association between both attention and adaptive behaviours (Liss et al., 2006).

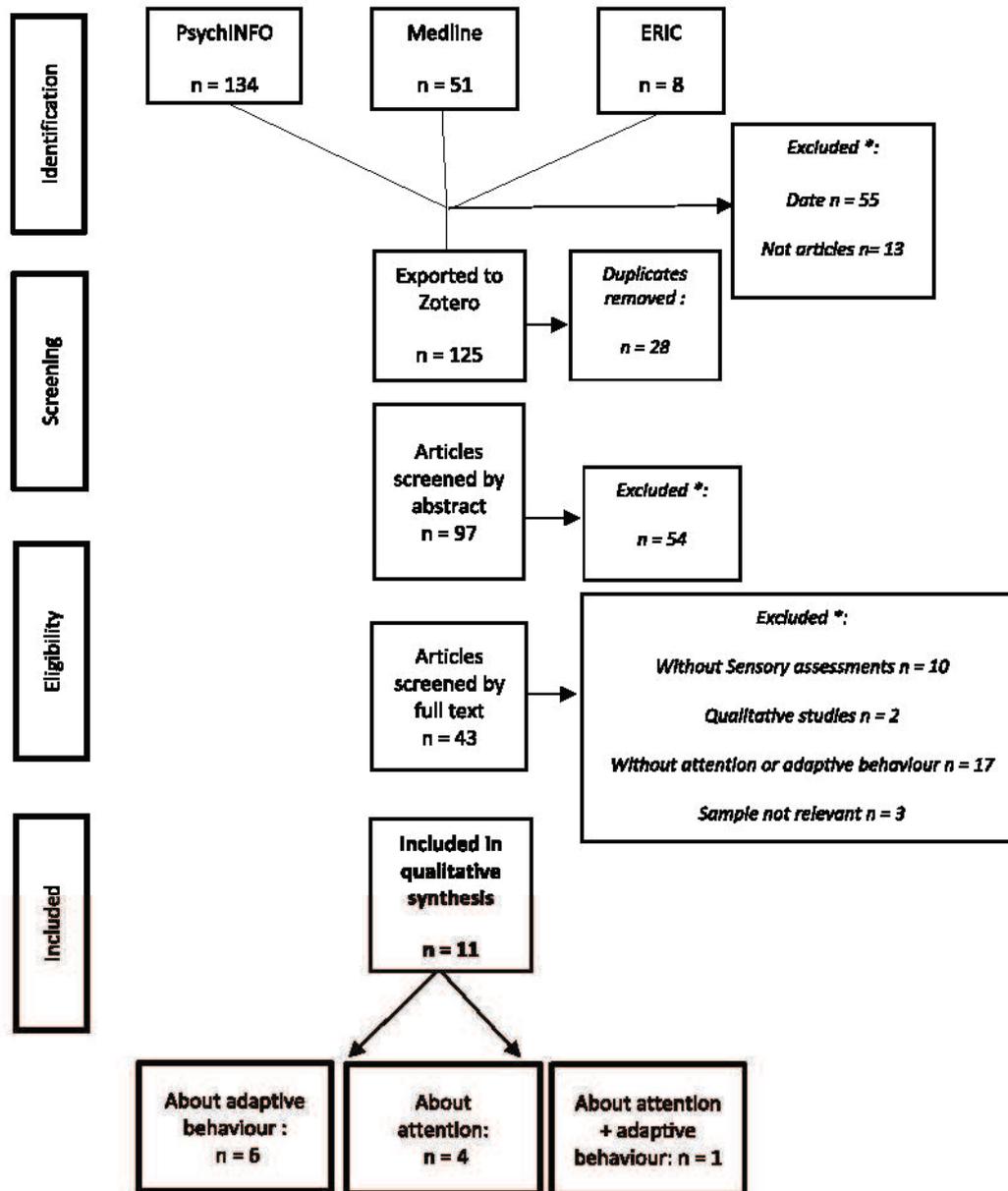
Two studies were assessed to be of moderate quality and nine of high quality (see Fig. 2).

The data are reported in Table 1. The sample size (N) in the 11

Table 1.
Summary of included studies.

Reference (Year)	Participants			Diagnosis Assessment	Sensory measure(s)	Attentional measure(s)	Adaptive measure(s)	Statistical approach	Main findings
	N	Age range	Male						
Ashburner et al., (2008)	28	6–10	86%	103.5 (10.2)	HF ASD GARS + GADS	SSP	ASEBA: TRF CTRS-R:L	Correlational	Attention difficulties were significantly negatively associated with patterns of auditory filtering difficulties ($r = -0.49, p < 0.001$), high levels of tactile sensitivity ($r = -0.48, p < 0.001$), sensory under-responsiveness ($r = -0.48, p < 0.001$), and total SSP score ($r = -0.60, p < 0.001$). Strong significant negative relationships were found between the total SSP and maladaptive behaviour domain scores ($r = -0.70, p < 0.001$) and a moderate positive correlation was found between the total s SSP and daily living skills scores of the VABS ($r = 0.43, p < 0.05$). Sensory avoiding correlated with daily living skills, even when cognitive performance was taken into account ($r = 0.39, p = 0.03$). Sensory processing subtypes (taste/smell sensitivity, auditory filtering, and movement sensitivity) and age are predicted for 52.2% of maladaptive behaviour scores ($F(4, 49) = 13.37, p < 0.001$). Two SSP subdomain scores (under-responsiveness and low energy) predicted 24.5% of the communication score ($F(2.51) = 8.26, p = 0.001$). Positive correlation between over-focused pattern of attention and sensory patterns (over reactivity: $r = -0.61, p < 0.01$; under reactivity: $r = -0.29, p < 0.01$; sensory seeking: $r = -0.235, p < 0.01$). Under-reactivity and sensory seeking negatively correlated with global adaptive behaviour ($r = -0.22, p < 0.001$; $r = -0.235, p < 0.001$). Sensory symptoms are not independently predictive of adaptive behaviour when verbal mental age is controlled. No significant relationships were found between the total SSP and total adaptive VABS scores ($r = 0.30, p = 0.06$). In the combined ASD and developmental delay group, impaired attentional disengagement was associated with both elevated hypo-responsive ($\beta = -0.24, p < 0.001$) and sensory seeking scores ($\beta = -0.30, p < 0.001$). Less fixation to central stimuli is associated with higher hypo-responsiveness ($\beta = -0.69, p < 0.001$) and hyper-responsiveness scores ($\beta = -0.52, p < 0.001$). The sensory processing score and inattention symptoms are associated at home: ($r = 0.39, p < 0.03$). Sensory processing predicts inattention symptoms in the family context ($\beta = 0.41$) and at school ($\beta = 0.36$). Tactile, smell, auditory, hypo-responsiveness and low-energy scores significantly contributed to predict receptive and expressive language scores (all $p < 0.05$). Some negative correlations were observed between auditory working memory and basic tactile detection ($r = -0.42, p < 0.01$) and auditory divided attention and tactile discrimination ($r = -0.62, p < 0.01$).
Baker et al., (2008)	22	2–8	82%	–	ASD DSM IV-5	SSP	VABS	Correlational	
Jasmin et al., (2009)	35	3–4	91%	61.3 (26.5)	AD PDD-NOS ADI + ADOS	SP	VABS II WeeFIM VABS	Correlational	
Lane et al., (2010)	54	3–10	87%	–	ASD DSM IV + ADI	SSP	VABS	Correlational Regression	
Liss et al., (2006)	144	4–12	80%	–	ASD DSM IV	SP	VABS	Correlational	
McCormick et al., (2016)	29	2–8	–	–	ASD DSM IV ADOS /ADI	SSP	VABS	Regression	
O'Donnell et al., (2012)	42	3–4	–	60.4 (15.9)	AD PDD-NOS ADI + ADOS	SSP	VABS	Correlational	
Sabatús-DeVito et al., (2016)	19	4–13	79%	79.0 (25)	ASD ADI + ADOS	SEQ-3	Task gap overlap Eye tracking	Regression	
Sanz-Cervera et al., (2015)	41	5–8	88%	970.9 (200.5)	ASD-HF DSM IV-5	SPM-HF SMP-MCF	DSM-IV-TR	Correlational Regression	
Tomchek et al., (2015)	400	3–6	–	–	AD PDD-NOS Ad DSM IV /ADOS	SSP	Adaptive quotient	Multivariate regression	
Wodka et al., (2016)	56	8–14	85%	107.3 (12.3)	ASD HF ADOS + ADI	SPM-HF TSM	CPRS-R Conners'-3 ANT TEA-Ch WISC-IV WMI	Correlational within method cross/traut	

Ad: Asperger disorder, AD: autistic disorder, ADI: Autism Diagnostic Interview, ADOS: Autism Diagnostic Observation Schedule, ANT: Attention Network Test, ASD: autism spectrum disorder, ASEBA:TRF: Achenbach System of Empirically Based Assessment Teacher Report Form, CPRS-R: Conners' Parent Rating Scales, CTRS-R:L Conners' Teacher Rating Scale-Revised -Long Version, DSM: Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, DSM-IV-TR: ADHD symptoms reported by parents and teachers, GADS: Gilliam Asperger's Disorder Scale, GARS: Gilliam Autism Rating Scale, HF: high functioning, M: mean, PDD-NOS: pervasive developmental disorder-not otherwise specified, SD: standard deviation, SEQ-3: Sensory Experiences Questionnaire Version 3.0, SP: Sensory Profile, SPM-HF: Sensory Processing Measure-Home Form, KOS: Kinshourne Over-focusing Scale, SPM-MCF: Sensory Processing Measure-Main Classroom Form, SSP: Short Sensory Profile, TEA-Ch: Test of Everyday Attention for Children, TSM: Tactile Sensitivity Measurement, VABS: Vineland Adaptive Behavior Scales, VABS II: Vineland Adaptive Behavior Scales- Second Edition, WeeFIM: Functional Independence Measure for children, WISC-IV WMI: Wechsler Intelligence Scale for Children-Fourth



*Excluded according to inclusion and exclusion criteria.

Fig. 1. Screening and selection process according to PRISMA flowchart for systematic review.

reviewed studies ranged from 19 (Sabatos-DeVito et al., 2016) to 400 participants with ASD (Tomchek et al., 2015), with a total sample size of 874 children aged from 2 to 14 years.

The clinical diagnosis for three studies was ASD without intellectual disabilities (Ashburner et al., 2008; Sanz-Cervera et al., 2015; Wodka et al., 2016); for five, nonspecific ASD (Baker et al., 2008; Lane et al., 2010; Liss et al., 2006; McCormick et al., 2016; Sabatos-DeVito et al., 2016); and for three, autistic disorder or pervasive developmental disorder- not otherwise specified (Jasmin et al., 2009; O’Donnell et al., 2012; Tomchek et al., 2015).

The instrument used to perform the clinical diagnosis of ASD was the ADI (Autism Diagnostic Interview) for one study, the ADOS (Autism Diagnostic Observation Schedule) for one, and the ADI and ADOS for five. Additionally, one study used standardized parental questionnaires (Gilliam Autism Rating Scale and Gilliam Asperger’s Disorder Scale) and three, only the DSM IV or DSM 5 criteria.

The cognitive level of the participants (see Table 1) was measured

differently among the 11 studies: three measured the IQ (Ashburner et al., 2008; Jasmin et al., 2009; Sabatos-DeVito et al., 2016), three, the nonverbal IQ (O’Donnell et al., 2012; Sanz-Cervera et al., 2015; Wodka et al., 2016), and one, the mental age (M = 19.6; s.d. = 6.4) (McCormick et al., 2016). Four studies did not report the cognitive level of the participants.

Co-morbid disorders were not investigated in the studies that we reviewed. However, four excluded participants with significant vision, hearing, or physical impairment (Ashburner et al., 2008; Jasmin et al., 2009; Sabatos-DeVito et al., 2016; Wodka et al., 2016), four, participants with genetic disorders (Jasmin et al., 2009; O’Donnell et al., 2012; Sabatos-DeVito et al., 2016; Wodka et al., 2016), one, participants who were born prematurely (O’Donnell et al., 2012), and two, participants with psychiatric disorders (Baker et al., 2008; Sabatos-DeVito et al., 2016).

	Ashburner	Baker	Jasmin	Lane	Liss	McCormick	O'Donnell	Tomchek	Sabatós-Devita	San-Cervera	Wodka
Introduction											
Justification of the study in the actual context											
Aims clear and well describe											
Hypothesis											
Method											
<i>Population</i>											
Inclusion-exclusion criteria exposed											
reproducibility of the protocol											
<i>Variable</i>											
Presentation of tools											
Pertinence of tools											
<i>Statistical analysis</i>											
Sample size and statistical justification											
<i>Population</i>											
Number of individual by groups											
Raison of non participation indicated											
Characteristics of the population presented											
Results											
Analyse plan appropriate											
Result presentation											
Discussion											
Most result presented and coherence of the Interpretation											
Resul ddiscussed according to the littérature											
Limitations of the study											
Conclusion appropriate with the methodology and results											
Others informations											
Conflict interest											

Partially

Complete

Imprecise

Fig. 2. Grid of the quality assessment.

3.2. Measures

3.2.1. Sensory processing

All of the reviewed studies used parental questionnaires, but Wodka et al. also used an observational scale. Eight studies used the Sensory Profile (Dunn, 1999); two (Jasmin et al., 2009; Liss et al., 2006), the long version (SP), and six (Ashburner et al., 2008; Baker et al., 2008; Lane et al., 2010; McCormick et al., 2016; O' Donnell et al., 2012; Tomchek et al., 2015), the Short Sensory Profile (SSP). The Sensory Profile is a caregiver questionnaire that reports the frequency of the children's responses to various sensory experiences. The choices are: never (five points), seldom (four points), occasionally (three points), frequently (two points), and always (one point). On the SP (125 items), lower scores indicate greater symptoms. The results of the SP can be analysed according to nine factors (sensory seeking, emotional reaction, sensory sensitivity, poor registration, inattention/distractibility, fine motor, tactile defensiveness, oral sensitivity, and sedentary) or four quadrants (sensory seeking, poor registration, sensory avoiding, and sensory sensitivity). The results of the SSP (38 items) are analyzed according to a total score (SSP total) and seven subscores related to sensory input (tactile, taste/smell, movement, under responsive/seek sensation, auditory filtering, low energy, and auditory/visual). The

Cronbach's Alpha for the internal consistency for the various sections ranged from 0.47 to 0.91. Internal validity correlations ranged from 0.25 to 0.76, suggesting that the sections of the SP use relatively unique constructs and support the factor structure. Construct validity was obtained by comparing the results of the SP to the electrodermal response rating (EDR), which captures the physiological response to sensation (Dunn, 1999).

Two studies (Sanz-Cervera et al., 2015; Wodka et al., 2016) used the Sensory Processing Measure (Parham et al., 2007). This parent report questionnaire assesses sensory processing, social participation, and praxis of children aged from 5 to 12 years. There are two forms: the SMP home form, completed by the parents (75 items), and the SMP Main classroom form, completed by the teacher (62 items). Responses are rated in terms of frequency from "always" (4) to "never" (1). Higher scores indicate more differences relative to typical development. This tool demonstrates reliable psychometric properties and robust internal consistency ($\alpha = 0.75$ to 0.95).

One study (Wodka et al., 2016) used the Tactile Sensitivity Measurement, which is a direct sensory measurement based on tactile stimulation (Holden et al., 2012). A digital tactile stimulator was used for stimulation and all stimuli were delivered to the skin of the left hand. This tactile battery collects data on reaction time, detection threshold,

and sequential frequency discrimination. Age significantly correlated with reaction time. The direct measures of this task were not presented, but the normative data were published in another study (Puts et al., 2013).

3.2.2. Adaptive behaviours

Overall, seven studies examined the association between atypical sensory processing and adaptive behaviours, with most assessing adaptive behaviours using the original version of the Vineland Adaptive Behavior Scale (VABS; Sparrow et al., 1984) and one, the second edition (VABS-2; Sparrow et al. 2005). The VABS assesses global adaptive behaviour and is divided into four subdomains: communication, daily living skills, socialization, and maladaptive behaviour. The reliability of the VABS for each domain is excellent ($\alpha = 0.80$) and the intraclass coefficient of the test/re-test is 0.89.

One study combined the VABS and the Functional Independence Measure for Children (WeeFIM), a semi-structured interview highly correlated with the VABS.

3.2.3. Attention measures

Five of the reviewed studies investigated the association between sensory processing and attention skills as measured by a variety of instruments (see Table 1). Among these studies, two (Sabatos-DeVito et al., 2016; Wodka et al., 2016) used direct measures of attention. The tests used were the: ANT (Attention Network Test), (Fan et al., 2002) measuring visual attention; TEA-Ch (Test of Everyday Attention for Children), measuring auditory attention; WISC-IV WMI (Wechsler Intelligence Scale for Children-Fourth Edition Working Memory Index); and the Gap Overlap Task using eye tracking and assessing attention disengagement.

Four studies used indirect measures of inattention symptoms. Ashburner et al. and Wodka et al. used parental (CPRS Conners' Parent Rating Scales-Revised and Conners' 3) or teacher questionnaires (ASEBA: TRF Achenbach System of Empirically Based Assessment Teacher Report Form, CTRS-R: L Conner's Teacher Rating Scale-Revised: Long Version), which have appropriate psychometric properties (internal consistency from $\alpha = 0.72$ to 0.95). One study (Liss et al., 2006) used the Kinsbourne Overfocusing Scale (KOS; (Kinsbourne, 1991)), which assesses over-focusing attention behaviour, but without providing any data concerning its psychometric properties. Another study (Sanz-Cervera et al., 2015) used the DSM-IV-TR ADHD (American Psychiatric Association, 2000), which is completed by parents and identifies attention-deficit hyperactivity-disorder symptoms.

3.3. Prevalence of atypical sensory processing

Among the reviewed studies, the prevalence of atypical sensory processing ranged from 82% (Baker et al., 2008) to 97% (Ashburner et al., 2008). However, there were no available data concerning prevalence for two studies (Sanz-Cervera et al., 2015; Wodka et al., 2016). In (Sabatos-DeVito et al., 2016), there was significantly more atypical sensory processing among children with ASD than those with typical development ($p < 0.001$), but the prevalence was similar to that of a control group of children with intellectual disabilities.

3.4. Synthesis concerning the association between sensory processing and adaptive behaviours

Table 2 summarizes the findings on the association between sensory processing and adaptive behaviours.

Two studies investigated the association between sensory processing and maladaptive behaviours assessed by the VABS. They reported negative correlations between the sensory profile (especially for movement sensitivity and auditory filtering) and maladaptive behaviours. One study also found an association with sensory seeking and low energy (Baker et al., 2008), whereas the other found an association

with tactile visual and taste-smell sensitivity (Lane et al., 2010).

Conflicting findings were reported for the communication score. One study found a negative correlation with low-energy sensory processing (Lane et al., 2010), whereas another found a low negative correlation between the communication score and sensory seeking (Liss et al., 2006). Moreover, two studies found higher communication scores when "low-energy" scores increased (Lane et al., 2010; Tomchek et al., 2015). In addition, these studies found that higher under-responsive scores were associated with increased communication abilities. One study suggested that children have better communication abilities when taste-smell sensitivity and sensation seeking processing are close to the norm and worse communication abilities when their auditory, visual, and low-energy sensory processing scores are more atypical. Two studies found no association between sensory processing and communication abilities.

Conflicting findings were also reported for daily living skills. Some studies found lower sensory-processing scores (high disturbance) that were significantly associated with lower daily living skills scores (Baker et al., 2008), especially in the personal sub-domain (Jasmin et al., 2009). Another found that higher hypo-reactivity and sensory-seeking scores tended to be associated with lower daily-living-skills scores (Liss et al., 2006). One study found that daily-living skills negatively correlated with sensory avoiding, auditory filtering, and inattention/distractibility (Jasmin et al., 2009). Moreover, three studies found no links between sensory processing and daily living skills.

One study found that a higher level of hyper-reactivity was linked to lower scores in socialisation (Liss et al., 2006). Another found that higher scores in sensory seeking were associated with a trend in the improvement of socialisation abilities (Tomchek et al., 2015). However, three reviewed studies found no significant link between socialisation and sensory processing.

Only one study found a moderate, negative correlation between under-reactivity or sensory seeking and the global VABS score, suggesting that the adaptive level decreased when under-reactivity and sensory seeking were affected (Liss et al., 2006). No other study found a significant link between sensory processing and the global VABS score.

The reviewed studies highlight a strong association between sensory processing and maladaptive behaviours, as well as a moderate association between sensory processing and communication and daily-living skills. However, there was no evidence linking sensory processing with socialisation and global adaptive behaviour.

3.5. Synthesis concerning the association between sensory processing and attention

Table 3 summarizes the findings concerning the association between sensory processing and attention.

Two studies examined the association between atypical sensory processing and inattentive symptoms. They found that parents and teachers reported more inattentive symptoms when children had more sensory processing difficulties (Ashburner et al., 2008; Sanz-Cervera et al., 2015). Furthermore, these authors found that the total sensory-processing score predicted 5% inattentive symptoms at home and 6% at school, after controlling for gender, age and cognitive level (Sanz-Cervera et al., 2015). Especially, tactile sensitivity, auditory filtering, and under responsive were linked to inattention symptoms (Ashburner et al., 2008).

Two studies investigated the association between sensory processing patterns and visual attention. One found an association between sensory processing patterns and over-focusing of attention (Liss et al., 2006). The association was stronger with over-reactivity, but was also found with under-reactivity and sensory seeking. The other found an association between sensory processing patterns and attention disengagement, as higher scores in sensory seeking and hypo-responsive were associated with disturbances in attention disengagement (Sabatos-DeVito et al., 2016). In contrast, attention disengagement improved as

Table 2.
Synthesis of the association between sensory processing and adaptive behaviours.

5.	Communication	Socialisation	Daily living skill	Adaptive behavior	Maladaptive behavior
<i>Baker et al., (2008)</i>	ns	ns	SSP Total ($r = 0.43^*$)	ns	SSP Total ($r = -0.70^{**}$) Movement ($r = -0.49^*$) Under-responsive-sensory seeking ($r = -0.48^*$) Auditory filtering ($r = -0.44^*$) Low energy ($r = -0.60^{**}$)
<i>Jasmin et al., (2009)</i>	-	-	SSP Total (WeeFIM) ($r = 0.32^*$) Sensory avoiding with: <i>Self-care</i> ($r = 0.40^*$) Personal ($r = 0.46^*$) Daily living skills ($r = 0.39^*$) Auditory processing with: <i>self-care</i> ($r = 0.37^*$) Inattention distractibility with: <i>self-care</i> ($r = 0.37^*$)	-	-
<i>Lane et al., (2010)</i>	Low energy ($r = -0.32^*$) ($\beta = -5.11^{**}$) Underresponsive- sensory seeking ($\beta = 5.9^*$)	ns	ns	ns	Tactile ($r = -0.45^{**}$) Taste-smell ($r = -0.53^{**}$) ($\beta = -1.4^{**}$) Under-responsive-sensory seeking ($r = -0.35^{**}$) Auditory filtering ($r = -0.48^{**}$) ($\beta = -2.17^{**}$) Visual –auditory sensitivity ($r = -0.47^{**}$) Movement ($\beta = -1.44$)
<i>Mc Cormick et al., (2016)</i>	ns	ns	ns	ns	-
<i>O'Donnell et al., (2012)</i>	-	-	-	ns	-
<i>Tomchek et al., (2015)</i>	Low energy: receptive ($\beta = -0.64^{**}$), expressive ($\beta = -0.63^{**}$) Taste-smell sensitivity: receptive ($\beta = 0.54^*$), expressive ($\beta = 0.43^*$) Auditory-visual: receptive ($\beta = -0.94^{**}$), expressive ($\beta = -0.82^{**}$) Sensory-seeking receptive ($\beta = 0.59^*$), Hypo-responsivity: receptive ($\beta = 1.02^*$), expressive ($\beta = 1.18^{**}$) Sensory seeking ($r = -0.26^{**}$)	Sensory seeking ($\beta = 0.58^*$)	ns	ns	-
<i>Liss et al., (2006)</i>	-	Over-reactivity ($r = -0.19^*$)	Under-reactivity ($r = -0.165^*$)	Under-reactivity Sensory seeking ($r = -0.22^{**}$) Sensory seeking ($r = -0.235^{**}$)	-

Table 3.
Synthesis of the association between sensory processing and attention.

	Inattentive symptoms	Visual attention	Auditory attention
Ashburner et al., (2008)	SSP total home: $r = -0.55, p < 0.001$ School: $r = -0.60, p < 0.001$ Tactile sensitivity: School $r = -0.48, p < 0.001$; DSM IV inattention: $r = -0.54, p < 0.001$; Conners inattention: $r = -0.40, p < 0.05$ Auditory filtering: School: $r = -0.49, p < 0.001$; DSM IV inattention: $r = -0.40, p < 0.05$ Under-responsiv: School: $r = -0.48, p < 0.001$; DSM IV inattention: $r = -0.42, p < 0.05$	-	-
Sanz-Cervera et al., (2015)	SMP total: $r = 0.39, p < 0.03$ Home: $\beta = 0.41, p < 0.03$ School: $\beta = 0.38; p < 0.03$	-	-
Wodka et al., (2016)	-	-	SPM tactile: $r = 0.39, p < 0.01$ Auditory divided attention and: tactile sequential discrimination and: $r = -0.62, p < 0.01$ Auditory memory and: tactile sequential discrimination: $r = -0.42, p < 0.01$
Liss et al., (2006)	-	Over-reactivity: $r = 0.61, p < 0.001$ Under-reactivity: $r = 0.29, p < 0.001$ Sensory seeking: $r = 0.23, p < 0.001$	-
Sabatos-DeVito et al., (2016)	-	Attention disengagement and: sensory seeking: $\beta = -0.30; t = 27, 0; p < 0.001$ hypo-responsive: $\beta = -0.24; t = 13, 7; p < 0.001$ hyper-responsive: $\beta = 0.13; t = 3, 9; p < 0.05$ Central disengagement and: hypo-responsive: $\beta = -0.69; t = -28, 80; p < 0.001$ hyper-responsive: $\beta = -0.52; t = 13, 4; p < 0.001$	-

the hyper-responsive score increased. Disturbances in central disengagement were also found to be associated with higher hypo-responsive scores.

Wodka et al. (2016) showed that tactile sensory processing was associated with disturbances in auditory attention. There was a strong correlation between tactile sequential discrimination and both auditory divided attention and auditory memory. A positive correlation between tactile processing and attention was also found through parental observations.

Overall, the studies reviewed show that inattention symptoms, as well as visual and auditory attention, are significantly associated atypical sensory processing.

4. Discussion

The aim of this systematic review was to examine the links between sensory processing, adaptive behaviours, and attention in children with ASD. All the reviewed studies showed a high level of sensory processing disturbances in this population. Although most of the studies did not contain a control group, normative data reported by the Sensory Profile allowed us to surmise its high prevalence in ASD children relative to that in typical children. Moreover, these results have been verified by other published research (Ben-Sasson et al., 2009). Thus, these results confirm that sensory abnormalities are relevant criteria for the diagnosis of ASD (American Psychiatric Association, 2013).

4.1. Sensory processing and adaptive behaviour

Our review suggests a significant association between sensory-processing abnormalities and behavioural problems. The impact of atypical sensory processing on behavioural problems is supported by the literature. Some studies reported that Sensory seeking profile was associated with an increase of aberrant behaviours (Baker et al., 2008; Lane et al., 2010). Others studies reported that all sensory profile are correlated to maladaptive behaviours (Nieto et al., 2017; Tseng et al., 2011). Moreover, atypical sensory processing has been found to be a risk factor associated with self-injurious behaviours (Duerden et al., 2012). Sensory sensitivity has also been found to be related to anxiety

(Green et al., 2012; Mazurek et al., 2013). Given that family quality of life (McStay et al., 2014) and maternal stress (Nieto et al., 2017) are influenced by children maladaptive behaviours, these findings have major implications to prevent behavioural problems.

This review revealed a significant association between sensory processing and VABS communication scores (Lane et al., 2010; Liss et al., 2006; Tomchek et al., 2015). Communication skills are preserved when children show typical sensory processing in "low energy, seek sensation and hypo-reactivity". However, communication skills are perturbed when children present sensory deficit in the "auditory filtering, visual, or weak energy" domains. Low registration decreased reactions to sensory stimulation and contributed to limiting reactions to vocal stimuli, decreasing communication opportunities. These findings are consistent with those published by (Watson et al., 2011), who found a negative impact of sensory hypo-reactivity on language skills of children with ASD, and (Iarocci et al., 2010), who found that communication difficulties in ASD were related to auditory and visual sensory abnormalities.

The results in our review concerning the relationship between sensory processing and daily living skills are less clear. Indeed, three of six studies found a significant association between atypical sensory processing (especially sensory avoiding, auditory, hypo-reactivity, sensation seeking) and daily living skills (Baker et al., 2008; Jasmin et al., 2009; Liss et al., 2006). However, only one study investigated the association between sensory processing and the subdomains of daily living skills. This study found an impact of atypical sensory processing on personal autonomy (Jasmin et al., 2009). One of the possible explanations for this result is that atypical sensory processing can interfere with self-care skills, as daily care skills require sensory interaction. More studies focusing on the impact of sensory processing on various adaptive daily living skills are needed.

Our review found only a weakly significant association between sensory processing and socialisation abilities, whereas other research findings have suggested a negative impact of atypical sensory processing on the socio-adaptive abilities of children with ASD, particularly in understanding emotion (Thye et al., 2017), joint attention (Baranek et al., 2013), social cognition (Green et al., 2018) and empathy (Tavassoli et al., 2018). One explanation may be that the VABS is

a broad measure of social outcomes compared to more targeted measures such as SRS (Hilton et al., 2010) or ADOS (Baranek et al., 2018). Another explanation could be "developmental", as in our review, data on sensory processing and socialisation abilities were collected during the same period of childhood, and cannot capture a potential "cascade effect" over time of atypical sensory processing on social outcomes. Indeed, the severity of atypical sensory processing seems to be a strong predictor of greater social impairments among children with ASD (Baranek et al., 2018; Green et al., 2018). Thus, longitudinal data are necessary to measure the impact of sensory difficulties on socialisation abilities.

4.2. Sensory processing and attention

There has been an increasing interest in the relationship between sensory processing and attention (Ashburner et al., 2008; Liss et al., 2006; Sabatos-DeVito et al., 2016; Sanz-Cervera et al., 2015; Wodka et al., 2016). The reviewed studies measured various dimensions of attention using both direct and indirect assessment tools: visual attention with attention disengagement (Sabatos-DeVito et al., 2016) and attention over-focusing (Liss et al., 2006), auditory attention with working memory and auditory divided attention (Wodka et al., 2016), and inattentive symptoms (Ashburner et al., 2008; Sanz-Cervera et al., 2015). Although a significant association was found between atypical sensory processing and inattention, the range of attention measurements used in the reviewed studies was an obstacle to interpret the limited literature findings.

Atypical sensory processing in high functioning children appears to be associated with inattentive symptoms described both at home and school (Ashburner et al., 2008; Sanz-Cervera et al., 2015). In addition, the academic performance of ASD children is strongly disturbed by hypo-reactivity and auditory filtering difficulties, which are not found among children with typical development (Ashburner et al., 2008). Atypical tactile, auditory, and hypo-reactivity sensory processing modalities appear to be associated with inattentive symptoms in children (Ashburner et al., 2008). It has been shown that sensory processing focused therapy improved the attention skills of ASD children (Miller et al., 2007). Although atypical sensory processing has been found to have negative consequences on learning abilities during adolescence (Howe and Stagg, 2016), no studies have specifically examined the role of chronological age in the interaction between atypical SP and inattention. However, the specificity of this association is unclear, as children with attention-deficit disorder also have sensory-processing abnormalities (Ghanizadeh, 2011) and atypical sensory-processing abnormalities are similar in ASD and attention-deficit disorder (Cheung and Siu, 2009). Moreover, a similar impairment in executive functioning is found in ASD and attention-deficit disorder, suggesting an overlap between these neurodevelopmental disorders (Carter Leno et al., 2017).

Our review also suggests an association between sensory processing and visual attention. Children with ASD focused more of their attention on sensory stimuli and had more difficulties in disengaging their attention than controls with typical development or intellectual disabilities (Sabatos-DeVito et al., 2016). Furthermore, children with ASD showed impaired selective attention and visuomotor abilities relative to children with typical development (Brandes-Aitken et al., 2018). Recent longitudinal data, gathered during early development, showed that reduced attention disengagement at 12–15 months predicted sensory seeking at 20–24 months (Baranek et al., 2018). Major theories on ASD have established an association between perceptual and cognitive processes and propose several hypotheses concerning its direction. Several authors favour an attentional bias (Happé and Frith, 2006), enhanced perceptual functioning (Motttron et al., 2006), or both perceptual and attentional dysfunction (Markram and Markram, 2010).

4.3. Limitations and perspectives

This review had several limitations. First, sensory processing was mainly assessed in the reviewed studies by indirect measures, including the short forms of parental questionnaires (Davies and Tucker, 2010; DeBoth and Reynolds, 2017; Glod et al., 2015). This may have limited the sensitivity of the results and their interpretation in terms of potential associations between sensory processing and attention or adaptive behaviour. Second, the heterogeneity of our total sample (concerning chronological age, autism symptom severity, and cognitive level) was an important obstacle for generalising the results. Moreover, multiple instruments were used across studies to assess attention and this is a limitation for reviewing results. Additionally, our review focused on the literature of the last ten years and definitions of ASD have changed over time, contributing to this heterogeneity (Yaylaci and Miral, 2017). Finally, 8 of the 11 studies had no control group to confirm the specificity of the association that were found.

Future perspectives include additional well-designed research studies to clarify the links between atypical sensory processing and the clinical characteristics of children with ASD. In particular, direct (clinical or physiological) measures of sensory processing are needed to better characterize them. In addition, control groups consisting of children with other developmental disorders are essential to confirm the specificity of atypical sensory processes in ASD. Finally, a prospective approach is required to understand the impact of atypical sensory processing on the outcomes of ASD children.

It is important to promote early detection and treatment of atypical sensory processing in clinical practice, as our review suggests a link between atypical sensory processing and the occurrence of maladaptive behaviours. In addition, as atypical sensory processing and inattention are linked in ASD, teachers should consider their potential negative impact on the academic performance of children with ASD and to propose specific support.

4.4. Conclusion

Sensory processing is a major focus in the ASD scientific literature. This review found a significant impact of sensory abnormalities on adaptive behaviour. In addition, we found interrelations between sensory processing and attention skills. However, the current literature is too limited to definitively conclude the direction of these interactions and the theories concerning perceptual functioning are conflicting. Our systematic review underscores the existence of relationships between sensory processing and several clinical characteristics of children with ASD, especially their communication and daily living skills, behavioural problems, and inattention symptoms. The impact of sensory processing on daily life and learning require adaptation of the environment and specific support to address sensory abnormalities.

Declaration of interest

None.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Acknowledgments

We thank Cécile Michelon for her help and support during the process of the quality analysis of the studies.

References

American Psychiatric Association, 2013. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental*

- Disorders, 5th ed. American Psychiatric Publishing, Arlington, VA.
- American Psychiatric Association. 2000. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fourth Edition: DSM-IV-TR*. American Psychiatric Association, Washington, DC.
- Ames, C., Fletcher-Watson, S., 2010. A review of methods in the study of attention in autism. *Dev. Rev.* 30, 52–73. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2009.12.003>.
- Ashburner, J., Ziviani, J., Rodger, S., 2008. Sensory processing and classroom emotional, behavioral, and educational outcomes in children with autism spectrum disorder. *Am. J. Occup. Ther.* 62, 564–573. <https://doi.org/10.5014/ajot.62.5.564>.
- Ayres, A.J., 1979. *Sensory Integration and the Child*. Western Psychological Services, Los Angeles.
- Baker, A.E.Z., Lane, A., Angley, M.T., Young, R.L., 2008. The relationship between sensory processing patterns and behavioural responsiveness in autistic disorder: A pilot study. *J. Autism Dev. Disord.* 38, 867–875. <https://doi.org/10.1007/s10803-007-0459-0>.
- Baranek, G.T., Watson, L.R., Boyd, B.A., Poe, M.D., David, F.J., McGuire, L., 2013. Hyporesponsiveness to social and nonsocial sensory stimuli in children with autism, children with developmental delays, and typically developing children. *Dev. Psychopathol.* 25, 307–320. <https://doi.org/10.1017/S0954579412001071>.
- Baranek, G.T., Woynaroski, T.G., Nowell, S., Turner-Brown, L., DuBay, M., Crais, E.R., et al., 2018. Hyporesponsiveness to social and nonsocial sensory stimuli in children with autism, children with developmental delays, and typically developing children. *Dev. Cogn. Neurosci.* 29, 30–40. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2017.08.006>. Autism Spectrum Condition – understanding sensory and social features.
- Ben-Sasson, A., Hen, L., Fluss, R., Cermak, S.A., Engel-Yeger, B., Gal, E., 2009. A meta-analysis of sensory modulation symptoms in individuals with autism spectrum disorders. *J. Autism Dev. Disord.* 39, 1–11. <https://doi.org/10.1007/s10803-008-0593-3>.
- Brandes-Aitken, A., Anguera, J.A., Rolle, C.E., Desai, S.S., Demopoulos, C., Skinner, S.N., et al., 2018. Characterizing cognitive and visuomotor control in children with sensory processing dysfunction and autism spectrum disorders. *Neuropsychology* 32, 148–160. <https://doi.org/10.1037/neu0000404>.
- Carter Leno, V., Chandler, S., White, P., Pickles, A., Baird, G., Hobson, C., et al., 2017. Testing the specificity of executive functioning impairments in adolescents with ADHD, ODD/CD and ASD. *Eur. Child Adolesc. Psychiatry*. <https://doi.org/10.1007/s00787-017-1089-5>.
- Cascio, C.J., Woynaroski, T., Baranek, G.T., Wallace, M.T., 2016. Toward an interdisciplinary approach to understanding sensory function in autism spectrum disorder. *Autism Res* 9, 920–925. <https://doi.org/10.1002/aur.1612>.
- Chamak, B., Bonniat, B., Jaunay, E., Cohen, D., 2008. What can we learn about autism from autistic persons? *Psychother. Psychosom* 77, 271–279. <https://doi.org/10.1159/000140086>.
- Cheung, P.P.P., Siu, A.M.H., 2009. A comparison of patterns of sensory processing in children with and without developmental disabilities. *Res. Dev. Disabil.* 30, 1468–1480. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2009.07.009>.
- Christensen, D.L., Bilder, D.A., Zahorodny, W., Pettygrove, S., Durkin, M.S., Fitzgerald, R.T., et al., 2016. Prevalence and characteristics of autism spectrum disorder among 4-year-old children in the autism and developmental disabilities Monitoring Network. *J. Dev. Behav. Pediatr.* JDBP 37, 1–8. <https://doi.org/10.1097/DBP.0000000000000235>.
- Clifford, S.M., Hudry, K., Elsabbagh, M., Charman, T., Johnson, M.H., Team, T.B., 2013. Temperament in the first 2 years of life in infants at high-risk for Autism spectrum disorders. *J. Autism Dev. Disord.* 43, 673–686. <https://doi.org/10.1007/s10803-012-1612-y>.
- Davies, P.L., Tucker, R., 2010. Evidence review to investigate the support for subtypes of children with difficulty processing and integrating sensory information. *Am. J. Occup. Ther. Off. Publ. Am. Occup. Ther. Assoc.* 64, 391–402.
- DeBoth, K.K., Reynolds, S., 2017. A systematic review of sensory-based autism subtypes. *Res. Autism Spectr. Disord.* 36, 44–56. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2017.01.005>.
- Duerden, E.G., Oatley, H.K., Mak-Fan, K.M., McGrath, P.A., Taylor, M.J., Szatmari, P., et al., 2012. Risk factors associated with self-injurious behaviors in children and adolescents with autism spectrum disorders. *J. Autism Dev. Disord.* 42, 2460–2470. <https://doi.org/10.1007/s10803-012-1497-9>.
- Dunn, W., 1997. The impact of sensory processing abilities on the daily lives of young children and their families: a conceptual model. *Infants Young Child* 9, 23–35.
- Fan, J., McCandliss, B.D., Sommer, T., Raz, A., Posner, M.I., 2002. Testing the efficiency and independence of attentional networks. *J. Cogn. Neurosci.* 14, 340–347. <https://doi.org/10.1162/089992902317361886>.
- Germani, T., Zwaigenbaum, L., Bryson, S., Brian, J., Smith, I., Roberts, W., et al., 2014. Brief report: assessment of early sensory processing in infants at high-risk of autism spectrum disorder. *J. Autism Dev. Disord.* 44, 3264–3270. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2175-x>.
- Ghanizadeh, A., 2011. Sensory processing problems in Children with ADHD, a systematic review. *Psychiatry Investig* 8, 89–94. <https://doi.org/10.4306/pi.2011.8.2.89>.
- Glod, M., Riby, D.M., Honey, E., Rodgers, J., 2015. Psychological correlates of sensory processing patterns in individuals with autism spectrum disorder: a systematic review. *Rev. J. Autism Dev. Disord.* 2, 199–221. <https://doi.org/10.1007/s40489-015-0047-8>.
- Grandin, T., 1996. *My Experiences with visual thinking sensory problems and communication difficulties*. Center for the Study of Autism.
- Green, S.A., Ben-Sasson, A., Soto, T.W., Carter, A.S., 2012. Anxiety and sensory over-responsivity in toddlers with autism spectrum disorders: bidirectional effects across time. *J. Autism Dev. Disord.* 42, 1112–1119. <https://doi.org/10.1007/s10803-011-1361-3>.
- Green, S.A., Hernandez, L.M., Bowman, H.C., Bookheimer, S.Y., Dapretto, M., 2018. Sensory over-responsivity and social cognition in ASD: Effects of aversive sensory stimuli and attentional modulation on neural responses to social cues. *Dev. Cogn. Neurosci.* 29, 127–139. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2017.02.005>.
- Hanson, E., Cerban, B.M., Slater, C.M., Caccamo, L.M., Bacic, J., Chan, E., 2013. Brief report: prevalence of attention deficit/hyperactivity disorder among individuals with an autism spectrum disorder. *J. Autism Dev. Disord.* 43, 1459–1464. <https://doi.org/10.1007/s10803-012-1677-7>.
- Happé, F., Frith, U., 2006. The weak coherence account: detail-focused cognitive style in autism spectrum disorders. *J. Autism Dev. Disord.* 36, 5–25. <https://doi.org/10.1007/s10803-005-0039-0>.
- Heald, S., Nusbaum, H.C., 2014. Speech perception as an active cognitive process. *Front. Syst. Neurosci.* 8. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2014.00035>.
- Hilton, C.L., Harper, J.D., Kueker, R.H., Lang, A.R., Abbacchi, A.M., Todorov, A., et al., 2010. Sensory responsiveness as a predictor of social severity in children with high functioning autism spectrum disorders. *J. Autism Dev. Disord.* 40, 937–945. <https://doi.org/10.1007/s10803-010-0944-8>.
- Holden, J.K., Nguyen, R.H., Francisco, E.M., Zhang, Z., Dennis, R.G., Tommerdahl, M., 2012. A novel device for the study of somatosensory information processing. *J. Neurosci. Methods* 204, 215–220. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2011.11.007>.
- Howe, F.E.J., Stagg, S.D., 2016. How sensory experiences affect adolescents with an autistic spectrum condition within the classroom. *J. Autism Dev. Disord.* 46, 1656–1668. <https://doi.org/10.1007/s10803-015-2693-1>.
- Iarocci, G., Rombough, A., Yager, J., Weeks, D.J., Chua, R., 2010. Visual influences on speech perception in children with autism. *Autism* 14, 305–320. <https://doi.org/10.1177/1362361309353615>.
- Jasmin, E., Couture, M., McKinley, P., Reid, G., Fombonne, E., Gisel, E., 2009. Sensorimotor and daily living skills of preschool children with autism spectrum disorders. *J. Autism Dev. Disord.* 39, 231–241. <https://doi.org/10.1007/s10803-008-0617-z>.
- Jones, R.S.P., Quigney, C., Huws, J.C., 2003. First-hand accounts of sensory perceptual experiences in autism: a qualitative analysis. *J. Intellect. Dev. Disabil.* 28, 112–121. <https://doi.org/10.1080/1366825031000147058>.
- Jónsdóttir, S.L., Saemundsen, E., Asmundsdóttir, G., Hjartardóttir, S., Asgeirsdóttir, B.B., Smáradóttir, H.H., et al., 2007. Follow-up of children diagnosed with pervasive developmental disorders: stability and change during the preschool years. *J. Autism Dev. Disord.* 37, 1361–1374. <https://doi.org/10.1007/s10803-006-0282-z>.
- Kanner, L., 1943. *Autistic disturbances of affective contact*. *Nerv. Child* 217–250.
- Kinsbourne, M., 1991. Overfocusing: An apparent subtype of attention deficit-hyperactivity disorder. *Pediatric Neurology: Behavior and Cognition of the Child with Brain Dysfunction*. Karger Publishers, pp. 18–35.
- Lane, A.E., Young, R.L., Baker, A.E.Z., Angley, M.T., 2010. Sensory processing subtypes in autism: Association with adaptive behavior. *J. Autism Dev. Disord.* 40, 112–122. <https://doi.org/10.1007/s10803-009-0840-2>.
- Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J., Westmorland, M., 1998. *Critical Review Form – Quantitative Studies*.
- Liss, M., Saulnier, C., Fein, D., Kinsbourne, M., 2006. Sensory and attention abnormalities in autistic spectrum disorders. *Autism* 10, 155–172. <https://doi.org/10.1177/1362361306062021>.
- Lyall, K., Schweitzer, J.B., Schmidt, R.J., Hertz-Picciotto, I., Solomon, M., 2017. Inattention and hyperactivity in association with autism spectrum disorders in the CHARGE study. *Res. Autism Spectr. Disord.* 35, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2016.11.011>.
- Marco, E.J., Hinkley, L.B.N., Hill, S.S., Nagarajan, S.S., 2011. Sensory Processing in Autism: A review of neurophysiological findings. *Pediatr. Res.* 69, 48R–54R. <https://doi.org/10.1203/PDR.0b013e3182130c54>.
- Markram, K., Markram, H., 2010. The intense world theory - a unifying theory of the neurobiology of autism. *Front. Hum. Neurosci.* 4, 224. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2010.00224>.
- Mazurek, M.O., Vasa, R.A., Kalb, L.G., Kanne, S.M., Rosenberg, D., Keefer, A., et al., 2013. Anxiety, sensory over-responsivity, and gastrointestinal problems in children with autism spectrum disorders. *J. Abnorm. Child Psychol.* 41, 165–176. <https://doi.org/10.1007/s10802-012-9668-x>.
- McCormick, C., Hepburn, S., Young, G.S., Rogers, S.J., 2016. Sensory symptoms in children with autism spectrum disorder, other developmental disorders and typical development: A longitudinal study. *Autism* 20, 572–579. <https://doi.org/10.1177/1362361315599755>.
- McStay, R.L., Trembath, D., Dissanayake, C., 2014. Stress and Family Quality of life in parents of children with autism spectrum disorder: parent gender and the Double ABCX Model. *J. Autism Dev. Disord.* 44, 3101–3118. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2178-7>.
- Miller, L.J., Anzalone, M.E., Lane, S.J., Cermak, S.A., Osten, E.T., 2007. *Concept evolution in sensory integration: a proposed nomenclature for diagnosis*. *Am. J. Occup. Ther. Off. Publ. Am. Occup. Ther. Assoc.* 61, 135–140.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D.G., Group, T.P., 2009. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLOS Med* 6, e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>.
- Mottron, L., Dawson, M., Soulières, I., Hubert, B., Burack, J., 2006. Enhanced perceptual functioning in autism: an update, and eight principles of autistic perception. *J. Autism Dev. Disord.* 36, 27–43. <https://doi.org/10.1007/s10803-005-0040-7>.
- Nieto, C., López, B., Gandía, H., 2017. Relationships between atypical sensory processing patterns, maladaptive behaviour and maternal stress in Spanish children with autism spectrum disorder. *J. Intellect. Disabil. Res.* 61, 1140–1150. <https://doi.org/10.1111/jir.12435>.
- O'Donnell, S., Deitz, J., Kartin, D., Nalty, T., Dawson, G., 2012. Sensory processing, problem behavior, adaptive behavior, and cognition in preschool children with autism spectrum disorders. *Am. J. Occup. Ther.* 66, 586–594. <https://doi.org/10.5014/ajot.2012.004168>.
- Parham, L.D., Ecker, C., Kuhaneck, H., Henry, D.A., Glennon, T.J., 2007. *Sensory*

- Processing Measure (SPM): Manual. Western Psychological Services, Los Angeles.
- Puts, N.A.J., Edden, R.A.E., Wodka, E.L., Mostofsky, S.H., Tommerdahl, M., 2013. A vibrotactile behavioral battery for investigating somatosensory processing in children and adults. *J. Neurosci. Methods* 218, 39–47. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2013.04.012>.
- Sabatos-DeVito, M., Schipul, S.E., Bulluck, J.C., Belger, A., Baranek, G.T., 2016. Eye tracking reveals impaired attentional disengagement associated with sensory response patterns in children with autism. *J. Autism Dev. Disord.* 46, 1319–1333. <https://doi.org/10.1007/s10803-015-2681-5>.
- Sanz-Cervera, P., Pastor-Cerezuela, G., Fernández-Andrés, M.-I., Tárraga-Minguez, R., 2015. Sensory processing in children with autism spectrum disorder: relationship with non-verbal IQ, autism severity and attention deficit/hyperactivity disorder symptomatology. *Res. Dev. Disabil.* 45–46, 188–201. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2015.07.031>.
- Schaaf, R.C., Toth-Cohen, S., Johnson, S.L., Outten, G., Benevides, T.W., 2011. The everyday routines of families of children with autism: examining the impact of sensory processing difficulties on the family. *Autism Int. J. Res. Pract.* 15, 373–389. <https://doi.org/10.1177/1362361310386505>.
- Sparrow, S.S., Cicchetti, D.V., Balla, D.A., 2005. *Vineland Adaptive Behavior Scales, Second Edition*. AGS Publishing, Circle Pines MN.
- Sparrow, S.S., Balla, D.A., Cicchetti, D.V., 1984. *Vineland Adaptive Behavior Scales*. American Guidance Service.
- Suarez, M.A., 2012. Sensory processing in children with autism spectrum disorders and impact on functioning. *Pediatr. Clin. North Am.* 59, 203–214. <https://doi.org/10.1016/j.pcl.2011.10.012>. xii–xiii.
- Talsma, D., Senkowski, D., Soto-Faraco, S., Woldorff, M.G., 2010. The multifaceted interplay between attention and multisensory integration. *Trends Cogn. Sci.* 14, 400–410. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.06.008>.
- Tavassoli, T., Miller, L.J., Schoen, S.A., Jo Brout, J., Sullivan, J., Baron-Cohen, S., 2018. Sensory reactivity, empathizing and systemizing in autism spectrum conditions and sensory processing disorder. *Dev. Cogn. Neurosci.* 29, 72–77. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2017.05.005>.
- Thye, M.D., Bednarz, H.M., Herringshaw, A.J., Sartin, E.B., Kana, R.K., 2017. The impact of atypical sensory processing on social impairments in autism spectrum disorder. *Dev. Cogn. Neurosci.* <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2017.04.010>.
- Tomchek, S.D., Little, L.M., Dunn, W., 2015. Sensory pattern contributions to developmental performance in children with autism spectrum disorder. *Am. J. Occup. Ther.* 69, p1–p10. <https://doi.org/10.5014/ajot.2015.018044>.
- Tseng, M.-H., Fu, C.-P., Cermak, S.A., Lu, L., Shieh, J.-Y., 2011. Emotional and behavioral problems in preschool children with autism: relationship with sensory processing dysfunction. *Res. Autism Spectr. Disord.* 5, 1441–1450. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2011.02.004>.
- Von Elm, E., Altman, D.G., Egger, M., Pocock, S.J., Gøtzsche, P.C., Vandenbroucke, J.P., 2007. The strengthening of reporting of observational studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. *Lancet Lond. Engl.* 370, 1453–1457. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61602-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61602-X).
- Waterhouse, L., Fein, D., Modahl, C., 1996. Neurofunctional mechanisms in autism. *Psychol. Rev.* 103, 457–489.
- Watson, L.R., Patten, E., Baranek, G.T., Poe, M., Boyd, B.A., Freuler, A., Lorenzi, J., 2011. Differential associations between sensory response patterns and language, social, and communication measures in children with autism or other developmental disabilities. *J. Speech Lang. Hear. Res.* 54, 1562–1576. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2011/10-0029\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2011/10-0029)).
- Wodka, E.L., Puts, N.A.J., Mahone, E.M., Edden, R.A.E., Tommerdahl, M., Mostofsky, S.H., 2016. The role of attention in somatosensory processing: A multi-trait, multi-method analysis. *J. Autism Dev. Disord.* 46, 3232–3241. <https://doi.org/10.1007/s10803-016-2866-6>.
- Yaylaci, F., Miral, S., 2017. A Comparison of DSM-IV-TR and DSM-5 diagnostic classifications in the clinical diagnosis of autistic spectrum disorder. *J. Autism Dev. Disord.* 47, 101–109. <https://doi.org/10.1007/s10803-016-2937-8>.

En résumé, cet article de revue a contribué à analyser la littérature actuelle sur les relations entre le TIS, les capacités adaptatives et l'attention dans le TSA. La méthodologie PRISMA a été utilisée pour conduire une revue systématique. Ainsi, à la suite d'un processus de sélection rigoureux, 11 études ont été analysées, comprenant 7 études qui s'intéressent au lien entre le TIS et les capacités adaptatives et 5 études qui analysent le lien entre le TIS et l'attention.

Les résultats révèlent une prévalence élevée du TIS atypique, se situant entre 82 à 97 % chez les enfants TSA. Les résultats des études concernant le lien entre le TIS et les capacités adaptatives sont relativement contradictoires. Le TIS apparaît comme relié aux compétences en communication. Les études apportent des résultats divergents concernant le lien entre le TIS et les compétences en autonomie. Au regard des études analysées, peu de liens sont retrouvés entre le TIS et la socialisation. Toutefois, l'ensemble des études investiguant le lien avec les comportements problèmes retrouvent un lien significatif avec le TIS. Concernant le lien avec l'attention, les études utilisent des outils variés pour mesurer l'attention, mais des interrelations avec le TIS apparaissent comme significatives avec les symptômes d'inattention, d'attention auditive et visuelle. Sur le plan des limites méthodologiques, les études incluses dans la revue présentent des populations hétérogènes sur le plan cognitif, de la sévérité de l'autisme et des âges chronologiques, ce qui limite les comparaisons. De plus, la majorité des études utilisent des versions abrégées du Profil Sensoriel de Dunn, comportant 28 items, ce qui peut limiter l'investigation des associations avec le TIS.

Cette revue permet de souligner l'intérêt porté au TIS atypique, hautement prévalent dans le TSA, et de leur potentiel impact sur les capacités adaptatives et l'attention. Elle relève également les limites méthodologiques des études investiguant ces liens, soulignant la nécessité de poursuivre les recherches auprès d'un large échantillon d'enfants TSA. Enfin, elle permet d'affiner la compréhension du TIS atypique dans le TSA et de son potentiel impact sur le plan de l'adaptation dans la vie quotidienne et sur le plan des apprentissages.

5. TIS atypique, un critère spécifique au TSA ?

Le TIS atypique est désormais considéré comme un critère de diagnostic du TSA. Toutefois, la présence de ces particularités dans d'autres troubles du neuro-développement questionne sur la spécificité du TIS dans le TSA. En effet, les particularités sur le plan du TIS sont également rapportées chez les enfants présentant un trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH). Ces deux troubles du neuro-développement ont parfois une

sémiologie proche, ce qui justifie d'autant plus l'intérêt d'investiguer également le TIS chez les enfants ayant un TDAH.

5.1 Définition, et prévalence du TDAH

Le trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH) est défini selon le DSM-5 comme un trouble neuro-développemental au même titre que le TSA (American Psychiatric Association, 2013). Ce trouble relève d'un déficit des fonctions exécutives qui entraîne des symptômes d'inattention, d'hyperactivité et d'impulsivité. L'inattention constitue cependant le symptôme principal de ce trouble. Le déficit attentionnel touche l'ensemble des fonctions de l'attention : l'attention soutenue, partagée et sélective. Il se manifeste par des difficultés à se concentrer durablement, à organiser ses tâches et par une importante distractibilité. Ces signes cliniques peuvent être associés à de l'agitation motrice et à des actions qualifiées d'impulsives. Il existe trois types de TDAH : un type avec une prédominance de symptômes d'inattention, un autre avec une majorité de symptômes d'impulsivité et d'hyperactivité et un dernier de type mixte. La symptomatologie du TDAH est observée dans l'enfance et persiste à l'âge adulte. Toutefois, l'hyperactivité et l'impulsivité tendent à diminuer avec l'âge alors que l'inattention perdure (Lahey & Willcutt, 2010). Il existe une prévalence élevée de ce trouble estimée à 5.3 % au niveau mondial (Polanczyk, de Lima, Horta, Biederman, & Rohde, 2007). Ce trouble affecte davantage les garçons, avec une majorité qui présentent une forme mixte (Willcutt, 2012), alors que la majorité des filles ont une forme de TDAH à prédominance d'inattention. Son étiologie semble être reliée à l'articulation entre des facteurs génétiques et environnementaux. Les tableaux cliniques du TDAH sont très hétérogènes et souvent associés à d'autres troubles en comorbidité, notamment d'autres troubles du neuro-développement (Larson, Russ, Kahn, & Halfon, 2011). Le TIS atypique ne fait pas partie de la symptomatologie relative au TDAH, mais des particularités sont notées sur le plan clinique et commencent à être investiguées dans la littérature scientifique.

5.2 Présence du TIS atypique dans le TDAH ?

La première étude qui s'est intéressée au TIS dans le TDAH a mis en évidence une différence significative entre les enfants avec TDAH et les enfants typiques (Mangeot et al., 2001). En effet, ces résultats montrent davantage de perturbations du TIS chez les enfants TDAH dans tous les domaines du questionnaire du Profil Sensoriel, mais également à travers des mesures issues de tests physiologiques de réaction aux stimuli. De plus, les enfants présentant un TDAH ont une plus grande variabilité des réponses comparativement au groupe

contrôle. L'hypothèse de particularités sensorielles chez les enfants avec un TDAH est ainsi avancée par ces auteurs. Une revue de la littérature sur le TIS dans le TDAH, basée sur 11 articles parus avant janvier 2010, a confirmé la présence de particularités sensorielles nombreuses dans ce syndrome par rapport aux enfants typiques (Ghanizadeh, 2011). Les principales difficultés se situent au niveau du traitement des informations auditives, vestibulaires, visuelles et tactiles. En revanche, certaines études comportant des mesures physiologiques ne montrent pas de différence entre les enfants typiques et ceux avec un TDAH (Lin, Yang, & Su, 2013; Miller, Lane, et al., 2007). Parush, Sohmer, Steinberg, et Kaitz (2007) ont étudié le traitement des informations tactiles dans le TDAH, en constituant deux groupes dont un présentant un seuil élevé de sensibilité tactile et l'autre sans difficulté. Ils ont mesuré les particularités tactiles, au niveau comportemental et physiologique, et ont observé des différences significatives entre les groupes. Ces résultats vont dans le sens d'un fonctionnement atypique dans un sous-groupe d'enfants TDAH. Malgré l'émergence des études, la présence de particularités sensorielles dans le TDAH demeure une question. Les études présentées étudient le TIS en comparant des enfants avec un TDAH à des enfants typiques, mais il serait pertinent de les comparer à ceux présentant un TSA.

5.3 TIS et attention dans le TDAH

L'inattention est un symptôme principal du TDAH. Deux études récentes ont étudié la relation entre le TIS atypique et l'inattention chez les enfants présentant un TDAH. La symptomatologie du TDAH est retrouvée comme reliée au degré de TIS atypique auprès d'un échantillon de 237 personnes dans la population générale (Panagiotidi, Overton, & Stafford, 2018). Plus spécifiquement, dans un échantillon de 37 enfants présentant un TDAH, Shimizu, Bueno, et Miranda (2014) ont montré que l'inattention évaluée au travers du questionnaire du CBCL était reliée au TIS atypique en recherche de sensation. Ainsi, le TIS et le TDAH semblent être liés. Toutefois, la littérature actuelle reste insuffisante pour comprendre le rôle du TIS dans la symptomatologie du TDAH.

5.4 Comparaison du TIS entre le TSA et le TDAH

Il existe un important recouvrement des symptômes entre le TSA et le TDAH (Lau-Zhu, Fritz, & McLoughlin, 2019; Russell, Rodgers, Ukoumunne, & Ford, 2014; Visser, Rommelse, Greven, & Buitelaar, 2016). En effet, une prévalence de 30 à 80 % des enfants ayant un TSA présentent des symptômes du TDAH (Murray, 2010; van der Meer et al., 2012) et 20 à 50 % des enfants ayant un TDAH présentent des symptômes du TSA (van der Meer et al., 2012). Dès

lors, la comparaison du TIS entre ces deux troubles neuro-développementaux, ayant une sémiologie proche, pourrait participer à améliorer leur compréhension.

Seules quelques études récentes ont effectué la comparaison du TIS entre individus ayant un TSA et d'autres avec un TDAH. Une étude montre des profils relativement similaires chez des enfants de 7 à 10 ans à partir du questionnaire du Profil Sensoriel, avec cependant davantage de comportements de recherche de sensation dans le TDAH (Dehghan, Mirzakhany, AlizadeZarei, & Sartipizade, 2014). Une autre étude confirme des profils similaires sur la base du questionnaire Sensory Processing Measure dans une population d'enfants âgés de 5 à 8 ans (Sanz-Cervera, Pastor-Cerezuela, González-Sala, Tárraga-Mínguez, & Fernández-Andrés, 2017). En revanche, des différences sont retrouvées dans une étude comparant les enfants entre 3 et 14 ans à partir des scores du Profil Sensoriel, révélant davantage de scores atypiques dans le traitement oral dans le TSA et dans le traitement visuel dans le TDAH (Little, Dean, Tomchek, & Dunn, 2018). Les résultats de ces premières études semblent présenter des profils sensoriels relativement similaires entre ces deux troubles. Toutefois, nous relevons des différences méthodologiques avec l'utilisation d'outils d'évaluation variés et des populations d'âges différents. Ainsi, la poursuite des études des comparaisons entre ces deux populations pourrait permettre de repérer des différences entre ces deux populations. Par ailleurs, le TIS atypique est un critère de diagnostic du TSA et il apparaît présent dans la littérature récente sur le TDAH. Ainsi, cela interroge sur les caractéristiques du TIS chez les enfants présentant un TDAH et un TSA.

5.5 La comorbidité TSA et TDAH, facteur aggravant du TIS ?

La comorbidité se définit comme la coexistence ou l'ajout d'une maladie à une autre déjà diagnostiquée. Le DSM-5 (American Psychiatric Association, 2013) reconnaît la possibilité d'une comorbidité entre le TSA et le TDAH. Ainsi, l'établissement du statut de comorbidité requiert les critères de diagnostic des deux troubles chez un même individu (TSA+TDAH). Selon les études, la prévalence de cette comorbidité varie de 14 à 78 % (Jang et al., 2013). En effet, le TDAH apparaît être le second diagnostic le plus fréquemment associé au TSA (Simonoff et al., 2008). Cette comorbidité psychiatrique doit être d'autant plus investiguée que les patients ayant un TSA+TDAH présentent généralement des symptômes de TSA plus sévères, un niveau intellectuel plus faible (Craig et al., 2015) et davantage de comorbidités somatiques et psychiatriques comparativement à la forme simple (Jang et al., 2013).

On constate dans la littérature l'émergence d'études du TIS atypique dans cette population associant TSA et TDAH. Une étude pilote comparant 17 enfants avec un TDAH et 13 enfants avec un TSA+TDAH a montré que le groupe avec comorbidité présentait des scores atypiques plus élevés au questionnaire du Profil Sensoriel (Mattard-Labrecque, Ben Amor, & Couture, 2013). Toutefois, cette étude ne comporte pas de groupe d'enfants présentant un TSA. Sanz-Cervera et al. (2017) ont récemment comparé les scores au Sensory Processing Measure de quatre groupes d'enfants : un groupe ayant un TSA, un groupe ayant un TDAH, un groupe ayant un TSA+TDAH et un groupe d'enfant typique. Ils ont montré que le traitement auditif était plus perturbé dans le groupe associant TSA+TDAH. Malgré ce constat, les spécificités liées à ce profil clinique restent peu documentées et invitent à de nouvelles études.

Problématique

Même si la littérature scientifique est marquée par une hétérogénéité des données, notamment en termes de prévalence du TIS atypique dans le TSA. La présence d'un TIS atypique dans le TSA est reconnue, ce qui a conduit à lui accorder le statut de critère diagnostique. Cependant, une méconnaissance de leur impact sur les capacités adaptatives et sur l'attention de ces enfants demeure. Dès les premières observations du TIS atypique, l'hypothèse de leur fort impact sur l'interaction entre une personne et son environnement avait été formulée (Dunn, 1997; Miller, Lane, et al., 2007). Toutefois, la littérature s'intéressant à la relation avec les capacités adaptatives offre actuellement des résultats discordants, même si un lien avec la survenue de comportements problèmes est admis. Concernant l'impact du TIS atypique sur le plan attentionnel, l'intérêt n'a émergé que récemment dans la littérature. Les études publiées mettent en avant des liens significatifs, mais elles ne permettent pas de définir la nature exacte de ces liens. Dès lors, il apparaît primordial de connaître les répercussions du TIS atypique sur les capacités adaptatives et attentionnelles des enfants TSA afin d'adapter la pratique clinique. Ainsi, une meilleure identification du TIS atypique et de son rôle permettra d'améliorer l'accompagnement des enfants présentant un TSA et de proposer des interventions spécifiques et des aménagements adaptés.

Par ailleurs, le TIS atypique est présent depuis la dernière publication des classifications des maladies mentales DSM-5 en 2013 parmi les critères diagnostiques du TSA. Ainsi, cela interroge sur leur caractère spécifique au TSA et leur présence dans d'autres troubles du neuro-développement. La recherche commence à étudier leur présence dans le TDAH, car des particularités sensorielles sont également repérées par les professionnels et les familles (Ghanizadeh, 2011; Mangeot et al., 2001). Toutefois, en raison du caractère récent de la littérature sur le TIS atypique dans le TDAH, la prévalence et la nature de ces perturbations ne sont pas encore établies. L'étude du TIS atypique dans le TDAH est primordial car il est peu pris en compte et pourrait apporter des recommandations pour la pratique. De plus, le TSA et le TDAH étant deux troubles neuro-développementaux fréquents à la symptomatologie parfois proche, la comparaison du TIS dans ces deux troubles permettrait de mieux différencier les réactions comportementales spécifiques à chaque trouble et constituerait une aide complémentaire au diagnostic clinique.

Objectifs et hypothèses

Notre objectif principal est d'étudier le TIS atypique dans le TSA. Sur la base de notre examen de la littérature, nos quatre objectifs spécifiques sont :

Objectif 1 : Il s'agit d'estimer la prévalence et la nature du TIS atypique dans un large groupe d'enfants avec un diagnostic formel de TSA, issus de la cohorte ELENA. Notre hypothèse est celle d'une prévalence élevée du TIS atypique dans notre échantillon.

Objectif 2 : Il s'agit d'étudier l'impact du TIS atypique sur les capacités adaptatives et sur la survenue de comportements problèmes dans ce même échantillon. L'étude sera réalisée en comparant les capacités adaptatives et les comportements problèmes des enfants avec un TSA en fonction de leur TIS (scores atypiques versus scores normatifs). Notre hypothèse est que les enfants avec un TIS atypique auront des capacités adaptatives plus faibles et davantage de comportements problèmes que ceux ayant des scores normatifs.

Les objectifs 1 et 2 ont été traités au travers de l'étude 1, qui a donné lieu à la publication en 2019 d'un article intitulé, « Impact of atypical sensory processing on adaptive functioning and maladaptive behaviour in Children with Autism: ELENA Cohort », publié dans la revue internationale *Journal of Autism and Developmental Disorders* (Dellapiazza et al., 2019).

Objectif 3 : Il s'agit de comparer les scores relatifs au TIS dans quatre groupes d'enfants âgés de 6 à 12 ans ayant soit un TSA, soit un TDAH, soit un TSA+TDAH soit un développement typique. Les enfants autistes avec ou sans comorbidités sont issus de la cohorte ELENA. Les autres ont été recrutés spécifiquement pour cette étude. Notre hypothèse est d'une part, qu'il y aura des différences significatives entre le groupe d'enfants typiques et ceux avec un trouble du neuro-développement ; d'autre part, à partir du constat d'une symptomatologie plus sévère chez les enfants présentant un TSA+TDAH, nous formulons l'hypothèse qu'ils présenteront davantage de TIS atypique que ceux avec des formes isolées (TSA ou TDAH).

Objectif 4 : Nous étudierons la relation entre le TIS et l'attention dans chacun des trois groupes d'enfants suivants : avec TSA, avec TDAH et avec TSA+TDAH. Notre hypothèse est que le TIS est corrélé à l'attention. Ainsi, lorsque le TIS sera atypique, les difficultés attentionnelles seront plus élevées dans les trois groupes cliniques.

Les objectifs 3 et 4 sont traités dans l'étude 2, qui a fait l'objet d'un article intitulé : « Sensory processing related to attention in children with ASD, ADHD, or typical development: Results from the ELENA Cohort », manuscrit soumis pour publication.

Chapitre II : Méthode et résultats

1. Contexte du recueil de données à partir de la cohorte ELENA

1.1 Présentation générale de la cohorte ELENA

Comme exposé dans le préambule, les données utilisées dans ce travail de thèse sont issues d'un plus large projet de recherche, la cohorte ELENA (Etude Longitudinale d'ENfants avec Autisme ; <http://www.elena-cohorte.org/>). Le Professeur Amaria Baghdadli est l'investigateur principal de cette cohorte, et le Centre Hospitalier Universitaire de Montpellier en est le promoteur. Elle constitue actuellement la seule cohorte d'enfants présentant un TSA avec un suivi longitudinal de cette ampleur en France, et une des rares sur le plan international. L'objectif principal de cette cohorte est d'étudier les trajectoires développementales de ces enfants en examinant les facteurs de risque et de protection liés au TSA (Baghdadli et al., 2014; Baghdadli et al., 2019). Pour étudier les trajectoires développementales, le critère de jugement principal sélectionné est le fonctionnement socio-adaptatif évalué au travers de la Vineland II (Sparrow et al., 2005). Outre l'objectif principal de cette cohorte, il existe différents objectifs secondaires comme d'étudier l'impact du trouble sur la qualité de vie familiale, de caractériser le parcours des participants, d'étudier les comorbidités psychiatriques et somatiques associées au TSA. Elle constitue également une importante base de données permettant de promouvoir les études transactionnelles, au même titre que cette étude sur le TIS dans le TSA.

Cette étude a obtenu les autorisations éthiques requises, à savoir l'accord du comité de protection des personnes (CPP), du comité consultatif sur le traitement de l'information en matière de recherche (CCTIRS) et de la commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL).

Cette cohorte a été supportée par des financements publics issus du ministère de la santé au travers de la direction générale de l'offre de soins (DGOS-PHRC-N-2013), ainsi que de la caisse nationale de solidarité pour l'autonomie (CNSA). Des financements supplémentaires ont été apportés par le CHU de Montpellier dans le cadre d'un appel d'offre interne (AOI).

1.2 Critères d'inclusion des participants de la cohorte ELENA

Les inclusions des participants sont réalisées dans 11 régions françaises (cf : *Figure 1*. Carte de France des régions réalisant des inclusions dans la cohorte ELENA). Cette cohorte est ouverte et prospective. Ainsi, les premières inclusions ont débuté en janvier 2012 et perdureront jusqu'en 2020. Actuellement, 850 patients sont inclus et suivis. Les critères d'inclusion des

participants sont un âge compris entre 2 ans et 16 ans 11 mois, la présence d'un diagnostic établi selon les critères du DSM-5 (American Psychiatric Association, 2013) et la nécessité d'avoir reçu une évaluation multidisciplinaire. Cette évaluation doit inclure une estimation des capacités socio-adaptatives avec la Vineland II (Sparrow et al., 2005), une observation standardisée des signes cliniques de l'autisme au travers de l'ADOS 2 (Lord et al., 2012), et une estimation du niveau cognitif au travers d'un test psychométrique. Enfin, le consentement signé des parents est obligatoire.

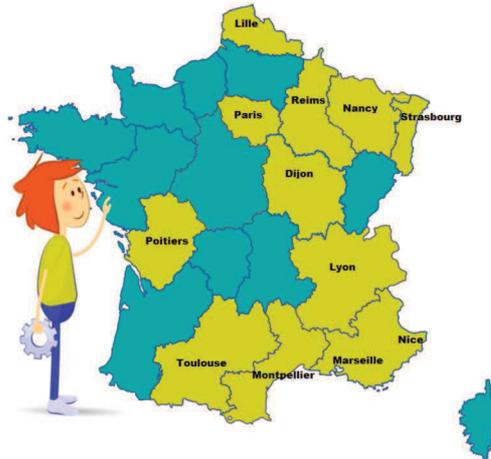


Figure 1. Carte de France des régions réalisant des inclusions dans la cohorte ELENA (les régions qui incluent des participants sont représentées en vert clair)

1.3 Données recueillies et implication personnelle

Les données recueillies dans cette cohorte sont, d'une part, issues des données cliniques des patients au travers des évaluations réalisées en observations directes et, d'autre part, de différents questionnaires complétés par les parents via une base de données sécurisée et anonyme accessible par le web. Ces données sont recueillies à différents moments du suivi longitudinal et concernent les caractéristiques cliniques des enfants et de leurs parents. L'ensemble des données recueillies et les étapes du suivi longitudinal sont présentées dans le Tableau 3, issu d'un article visant à présenter la méthodologie de la cohorte (Baghdadli et al., 2019).

Tableau 3

Echelles d'évaluation et calendrier de recueil des données au cours du suivi (Baghdadli et al., 2019)

Measurement		Assessment	V0: Baseline	V1 : V0+18 months	V2 : V0+36 months	V3: V0+54 months	V4: V0+72 months
Child direct clinical observation							
	ADOS (Lord,2002)	Individual's behavior in the areas of communication, reciprocal social interaction, imagination/creativity, and stereotyped behaviors and restricted interests.	☑		☑		☑
	Psychometric tests	Cognitive level (Best estimate IQ; Howlin 2013)	☑		☑		☑
	PPVT-R (Dunn et al 1993)	Receptive vocabulary	☑		☑		☑
Parental interviews							
	ADI-R (Rutter,2003)	Reciprocal social interaction, language/communication, and restricted, repetitive, and stereotyped patterns of behavior and expressive language with Item 31	☑				
	VABS II (Sparrow, 2005)	Adaptive Level (3 domains: communication, socialization, daily living skills)	☑	☑	☑		☑
Parents self-reported questionnaire							
<i>About the child</i>	Medical report (NIMH)	Prenatal and perinatal, medical / health problems,diagnosis, current medication, current nutritional ...	☑				
	Interventions report	Interventions, scholarship, age at first psychiatric advice, age at first interventions,....	☑	☑	☑	☑	☑
	Social Responsivenss Scale 2 (Constantino, 2012)	ASD-related symptoms	☑		☑		☑
	Sensory Profile (Dunn,1999)	Sensory symptoms (Quadrants, factors & sections)	☑		☑		☑
	ABC (Aman,1985)	Challenging behaviors (irritability, lethargy/withdrawal, stereotypy & hyperactivity)	☑		☑		☑
	CBCL (Acchenbach,2000)	Child's specific behaviors, emotions, and emotional problems	☑		☑		☑
	Kidscreen-27 (Ravens-Sieberer,2007)	Child's Quality of Life	☑		☑		☑
<i>About the parents</i>	Medical report (NIMH)	Pregnancy	☑				
	Socio-demographic report	Parental characteristics (marital status, professional status,financial, autism training...)	☑	☑	☑	☑	☑
	HADS (Zigmond,1983)	Depression/ Anxiety	☑		☑		☑
	WCC-R (Cousson,1996)	Coping strategies (problem-focused coping; emotion-focused coping; and seeking social support)	☑		☑		☑
	PSI - SF (Abidin, 1995)	Stress score	☑		☑		☑
	Par-DD-QoL (Baghdadli, 2014)	Parental QoL (Emotional and Daily Disturbances score)	☑		☑		☑
Biological data							
	Blood	CGH-array, sequencing 456 genes involved in Intellectual Disability					once time during follow up

Mon implication personnelle dans le recueil de données de la cohorte ELENA concerne la réalisation des évaluations cliniques lors des visites de suivi des participants de la cohorte à 36 et 72 mois et la saisie des données cliniques. Afin de réaliser les études 1 et 2 qui seront présentées ci-après, un panel de données issues de la cohorte ELENA a été utilisé de façon

transversale au moment de l'inclusion (V0 Baseline). Les critères d'inclusion des participants seront spécifiés pour chacune des études.

2. Etude 1 : Prévalence et impact du TIS atypique sur les capacités adaptatives et les comportements problématiques

Avant de décrire les choix méthodologiques de l'étude 1, rappelons ses objectifs :

- Estimer la prévalence et la nature du TIS atypique chez des enfants issus de la cohorte ELENA.
- Etudier l'impact du TIS atypique sur les capacités adaptatives et la survenue de comportements problématiques dans ce même échantillon.

2.1 Critères d'inclusion des participants

Les participants de cette étude sont issus de la cohorte ELENA. Un sous-groupe de 197 enfants a été sélectionné à partir de critères d'inclusion et d'exclusion. La population est décrite avec précision dans l'article correspondant (Dellapiazza et al., 2019). Les critères d'inclusion étaient : le questionnaire du Profil Sensoriel devait être complété par les parents lors de l'inclusion et les enfants devaient être âgés entre 3 et 10 ans 11 mois. Les critères d'exclusion étaient : la présence d'un syndrome génétique de type Down syndrome ou Phelan-Mc Dermid relativement aux difficultés adaptatives et sensorielles présentes chez ces enfants et la présence d'une déficience visuelle ou d'une surdité. Ainsi, la sélection de la population de cette étude ne comportait pas de critère relatif au niveau cognitif, ou à la sévérité des troubles afin de tendre à une représentativité de l'ensemble du spectre autistique.

2.2 Sélection des outils d'évaluation

Pour évaluer le TIS, le Profil Sensoriel de Dunn a été utilisé en version longue (Dunn, 1999). Cette échelle est un hétéro questionnaire, comportant 125 items, qui évalue le TIS chez l'enfant. Elle comporte plusieurs avantages. En effet, elle est couramment utilisée en recherche, ce qui permet la comparaison avec des études internationales. De plus, elle est standardisée, validée en français et comporte des qualités psychométriques fiables. La consistance interne est de $\alpha = .89-.95$ et le coefficient intra classe du test re-test est compris entre .80 à .90. Les coefficients de corrélation de la validité de construit se situent entre .25 et .76. Ils ont été calculés en comparant les réponses au questionnaire avec une mesure physiologique de la réaction électrodermale aux stimulations. Une nouvelle version de cette échelle, le Profil Sensoriel 2 est disponible depuis 2015 (Dunn, 2014). Cependant, l'étalonnage est uniquement

réalisé sur une population canadienne et cette version actualisée de l'échelle n'existait pas encore au moment de la création de la cohorte ELENA.

Afin de mesurer les capacités adaptatives, l'échelle de la Vineland II (Vineland Adaptive Behavior Scale) a été utilisée (Sparrow et al., 2005). Cette échelle est un entretien semi-structuré, composée de 297 items, qui est couramment utilisée en pratique clinique et en recherche afin d'apprécier les capacités adaptatives générales. Elle permet également une analyse en trois sous-domaines : en communication, en socialisation et en autonomie. L'atout majeur de cette échelle est la possibilité de l'administrer à tout âge, permettant la réévaluation et le suivi. De plus, elle comporte des qualités psychométriques robustes. La consistance interne est de $\alpha = .80$ pour chacun des domaines et le coefficient intra classe du test re-test est égal à .89.

Concernant la mesure des comportements problèmes, l'échelle ABC (Aberrant Behavior Checklist) a été utilisée (Aman, Singh, Stewart, & Field, 1985). C'est un hétéro-questionnaire complété par les parents composé de 58 items. Nous avons choisi d'utiliser les sous-domaines de cette échelle afin de rendre compte des différents comportements problèmes. En effet, ces items sont regroupés en cinq domaines comportementaux : I) irritabilité, agressivité, agitation, II) retrait social, passivité, III) comportements stéréotypés, IV) hyperactivité, désobéissance et V) langage inapproprié. Le dernier domaine correspondant au langage inapproprié n'a pas été utilisé, car il ne constitue pas un comportement problème comme défini dans notre étude. Cette échelle est souvent utilisée dans les études évaluant les effets des traitements médicamenteux dans l'autisme. Une traduction française est disponible. Elle comporte d'excellentes qualités psychométriques avec une consistance interne $\alpha = .91$ et un coefficient intra classe du test-retest de .98.

La sévérité des troubles autistique est évaluée au travers de l'échelle d'observation structurée de l'ADOS 2 (Lord et al., 2012). C'est un protocole semi-structuré de 30 à 60 minutes. La passation est filmée puis cotée par deux professionnels formés à l'outil permettant une mesure fine des symptômes autistiques. Cette échelle est recommandée pour le diagnostic de l'autisme et permet d'indiquer le degré de sévérité du trouble (de 1 à 10) au travers de la mesure du « calibrate severity score (CSS) » en prenant en compte le niveau de développement de l'enfant. De plus, elle comporte des qualités psychométriques robustes, la consistance interne se situe entre $\alpha = .50$ et .92 et la fiabilité du test entre .64 et .88 pour chacun des domaines.

Enfin, la mesure du fonctionnement intellectuel auprès d'une population d'enfants présentant un TSA est complexe, de par l'hétérogénéité caractéristique de leurs profils cognitifs qui s'étend de la déficience intellectuelle sévère au haut potentiel. Ainsi, une étude propose de réaliser la « meilleure » estimation du niveau intellectuel à partir des différentes échelles psychométriques sélectionnées en fonction de l'âge et du niveau de développement des participants (Howlin, Savage, Moss, Tempier, & Rutter, 2014). Le quotient intellectuel global est utilisé lorsque les échelles classiques d'évaluation psychométrique ont pu être administrées (WISC-IV, WISC-V, WPPSI-R, K-ABC ou BECS). Dans le cas contraire, le quotient de développement est calculé ($\text{âge de développement} / \text{âge chronologique} * 100$) à partir des âges de développement estimés par les outils d'évaluations (PEP-R ou Brunet-Lezine).

2.3 Article : Impact du TIS atypique sur les capacités adaptatives et les comportements problèmes (Dellapiazza et al. 2019)

L'étude 1 a fait l'objet d'un article publié en 2019, dans le *Journal of Autism and Developmental Disorders*, intitulé: « The Impact of Atypical Sensory Processing on Adaptive Functioning and Maladaptive Behaviors in Autism Spectrum Disorder During Childhood: Results From the ELENA Cohort ».



The Impact of Atypical Sensory Processing on Adaptive Functioning and Maladaptive Behaviors in Autism Spectrum Disorder During Childhood: Results From the ELENA Cohort

Florine Dellapiazza^{1,2,3} · Cécile Michelon¹ · Marie-Joelle Oreve⁴ · Laurence Robel⁵ · Marie Schoenberger⁶ · Clarisse Chatel⁷ · Stéphanie Vesperini⁸ · Thierry Maffre^{9,10} · Richard Schmidt¹¹ · Nathalie Blanc³ · Christelle Vernhet^{1,2,3} · Marie-Christine Picot¹² · Amaria Baghdadli^{1,2,13} on behalf of ELENA study group

© Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature 2019

Abstract

Atypical sensory processing is common in autism spectrum disorders (ASD), but their role in adaptive difficulties and problem behaviors is poorly understood. Our aim was to determine the prevalence and type of atypical sensory processing in children with ASD and investigate its impact on their adaptive functioning and maladaptive behaviors. We studied a subsample of 197 children rigorously diagnosed with ASD from the ELENA cohort. Children were divided into atypical and typical sensory processing groups and several independent variables were compared, including adaptive functioning and maladaptive behaviors. Overall, 86.8% of the children had at least one atypical sensory pattern and all sensory modalities were disturbed. Atypical sensory processing explained a significant part of the variance of behavioral problems.

Keywords Autism spectrum disorders · Sensory processing · Adaptive functioning · Maladaptive behaviors · Children

Introduction

Autism spectrum disorders (ASD) are a heterogeneous group of neurodevelopmental conditions characterized by deficits in social interactions and communication, along with unusually repetitive behavior and restrictive interests (American Psychiatric Association 2000). Recent estimates suggest

that the prevalence of ASD is as great as one in 68 children (Christensen et al. 2016). Atypical sensory processing (SP) is frequently reported in ASD and is thus an ASD diagnostic criterion (DSM 5; American Psychiatric Association 2000).

Sensory processing allows the selection, organization, and association of various types of sensory information from the environment help to adapt human behavior. Impairment

✉ Amaria Baghdadli
rech-clinique-autisme@chu-montpellier.fr

¹ Department of Psychiatry and Autism Resources Center, University Research and Hospital Center (CHU) of Montpellier, 34000 Montpellier, France

² Centre de Recherche en Épidémiologie et Santé des Populations, U1178, INSERM, Paris, France

³ Univ Paul Valéry Montpellier 3, Univ. Montpellier, EPSYLON EA 4556, 34000 Montpellier, France

⁴ Department of Child and Adolescent Psychiatry, Centre Hospitalier de Versailles, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, Le Chesnay, France

⁵ Service de Pédopsychiatrie, Hôpital Necker Enfants Malades, AP-HP, Paris V, Paris, France

⁶ Autism Resources Center, CHU Nancy, Nancy, France

⁷ Autism Resources Center, APHM Marseille, Marseille, France

⁸ Autism Resources Centre, Child and Adolescent Psychiatry Department, University Hospital CHU-Lenval, Nice, France

⁹ Service Universitaire de Psychiatrie de l'Enfant et de l'Adolescent, CHU de Toulouse, Hôpital La Grave, Toulouse, France

¹⁰ Centre de Ressources Autisme Midi-Pyrénées, Hôpital La Grave, Toulouse, France

¹¹ Department of Psychology, College of the Holy Cross, Worcester, MA, USA

¹² Department of Medical Information, University Hospital, Montpellier, France

¹³ School of Medicine, Montpellier University, Montpellier, France

of SP can lead to adaptive difficulties (Ayres 1979). The Sensory Profile is the most common tool used to measure SP. This questionnaire, completed by parents, has been validated in a sample of children with ASD (Dunn 1999). The long version of the Sensory Profile presents the results in terms of four sensory profiles for each sensory modality. According to Dunn (1999), sensory responses to sensory stimulation depend on neurological thresholds (high or low) and individual strategies (active or passive). If the threshold of detection is high and the response active, the sensory profile is defined as *sensory seeking* (e.g. children are always to get more sensory input and stay alert) whereas it is defined as *low registration* if the response is passive (e.g. children will miss sensory cues than others notice easily). In contrast, if the threshold of detection is low and the response active, the Sensory Profile is defined as *avoiding sensation* (e.g. children will move away from activities or may choose to work alone), whereas it is defined as *sensory* if the response is passive *sensitivity* (e.g. children will put their hands over their ears.). All sensory modalities (visual, auditory, tactile, olfactory, taste, vestibular, and proprioceptive) can be affected.

Atypical SP is common in ASD (American Psychiatric Association 2000). However, its prevalence depends on the study; a meta-analysis of 14 studies reported a range from 45 to 95% (Ben-Sasson et al. 2009). Such variability could be explained both by the discrepancy of the measures used in the available studies and the limited size of their samples. Some of these studies have shown that sensory symptoms in ASD are stable over time, independent of cognitive level and autistic severity (Ausderau et al. 2014; Perez Repetto et al. 2017), whereas others found that sensory symptoms decrease over time (Baranek et al. 2013). The meta-analysis mentioned earlier shows that SP is associated with chronological age, atypical SP being more prevalent in school-age than preschool-age children (Ben-Sasson et al. 2009). Studies have also found that atypical SP correlates with mental age (Ben-Sasson et al. 2013) or intellectual quotient (Ausderau et al. 2014; Baranek et al. 2013). However, several other studies did not confirm the association between SP and intellectual functioning (O'Donnell et al. 2012) and reported atypical SP by individuals with Asperger syndrome or high functioning autism (Pfeiffer et al. 2005). Moreover, it has been suggested that atypical SP in ASD can appear during childhood (Germani et al. 2014), earlier than social and communication deficits (Sacrey et al. 2015), and can be a major cause of adaptive deficits.

Adaptive functioning is defined as every conceptual, social, and practical skill that has been learned and is performed in everyday life (American Psychiatric Association 2000). Adaptive skills are often measured in practice by the Vineland Adaptive Behavior Scale, which is a standardized instrument based on a semi-directed interview with family

members or caregivers, focusing on communication, socialization, and daily life (VABS: Sparrow et al. 2005). Adaptive functioning deficits are not only more prevalent in children with ASD than typical children but also more prevalent than in children with other neurodevelopmental conditions (Mouga et al. 2015). Moreover, adaptive functioning in ASD appears to be more predictive of the outcome in children than intellectual functioning (Farley et al. 2009).

From our systematic review, the synthesis of the literature shows that atypical patterns of SP are associated with adaptive functioning in children with ASD (Dellapiazza et al. 2018). Children with sensory-seeking or sensory-sensitivity profiles show more deficits in communication skills measured with the VABS (Lane et al. 2010; Tomchek et al. 2015). It was suggested in one study that SP in preschoolers with ASD, particularly sensory seeking (Watson et al. 2011), may influence their receptive and expressive language skills (Tomchek et al. 2015). However, these results cannot be generalized or considered to be specific to ASD, as they could not be replicated when adjusting for mental age (McCormick et al. 2016). In addition, a recent review suggested that atypical SP plays a role in the social skills of ASD children (Thye et al. 2018). In one study, atypical SP was found to be associated with joint attention, which is a specific aspect of socialization skills (Baranek et al. 2013). However, other studies using the Vineland Scale to assess socialization skills were unable to replicate these results (Baker et al. 2008; Lane et al. 2010; McCormick et al. 2016). Concerning other dimensions of adaptive skills, some studies, mainly performed on small samples, have suggested that atypical SP reduces autonomy skills. One study, performed on a sample of 33 preschoolers with ASD, found their adaptive functioning to be lower if they had a sensory-avoiding profile, regardless of their intellectual functioning (Jasmin et al. 2009). Another study, of 22 children with ASD, found a link between the global score of the short Sensory Profile and Vineland personal autonomy skills (Baker et al. 2008). Also, atypical SP have also been found to have a negative impact on familial autonomy skills (Schaaf et al. 2011). A study of a large sample of 144 children with ASD also showed that sensory seeking has a negative effect on autonomy skills (Liss et al. 2006). However, three other studies were unable to replicate these results, but they used the short version of the Sensory Profile, which is less informative than the long form (Lane et al. 2010; McCormick et al. 2016; Tomchek et al. 2015). Another recent study did not find any association between SP and adaptive behaviors when the results were adjusted for the children's verbal mental age (McCormick et al. 2016).

Atypical SP frequently co-occurs with maladaptive behaviors (or problem behaviors) in children with ASD (Baker et al. 2008; Lane et al. 2010; McCormick et al. 2016). Atypical SP has been shown to be a risk factor for

self-injurious (Duerden et al. 2012) and repetitive and restricted behaviors in ASD (Lidstone et al. 2014; Renzo et al. 2017). Maladaptive behaviors include irritability, lethargy, hyperactivity, and repetitive behaviors (Aman et al. 1985). Such behaviors have been reported to be more prevalent in children with sensory-seeking difficulties (Baker et al. 2008; Lane et al. 2010). However, this result needs to be interpreted with caution, as the studies did not specifically assess maladaptive behaviors (but with the VABS supplementary section) nor specify the children's IQ, although this can influence behavioral problems (Matson and Shoemaker 2009). Further large-scale studies will be necessary to address the discrepancies of the findings concerning the role of atypical SP on adaptive functioning and maladaptive behaviors in ASD.

Given the ambiguity of the results from past research that has studied SP in ASD, the purpose of the current study is twofold. Our first aim was to assess the prevalence and type of SP in a large sample of children with a rigorous diagnosis of ASD using a standardized and validated tool. The second aim was to investigate the impact of atypical sensory processing on adaptive functioning and maladaptive behaviors in this sample. We anticipate that atypical SP in our sample would be frequently occurring, mainly represented by a sensory-seeking profile, and that atypical SP would be a risk factor for adaptive deficits and maladaptive behaviors.

Methods

Participants

The participants consisted of a subgroup recruited from a large cohort of children diagnosed with ASD, the ELENA cohort (study protocol under submission; <http://elena-cohort.org/>), an open, multicenter, longitudinal, prospective study. Overall, 700 children have been recruited for the ELENA cohort after parental consent at the time this paper was written (in October 2018). The inclusion criteria for the ELENA Cohort were: children from 2 to 17 years of age with a diagnosis of ASD, established by a multidisciplinary team using a standardized process, including the Autism Diagnostic Observation Schedule 2 (ADOS 2: Lord et al. 2012), Autism Diagnostic Interview-Revised (ADI-R: Le Couteur et al. 2003), administered by licensed and trained psychologists, a parental interview concerning the child's adaptive functioning using the VABS II, and direct psychological examinations to assess IQ. The only exclusion criterion was the inability of the parents to speak or read French. For the ELENA cohort, the parents were requested to complete web-questionnaires, including a standardized questionnaire (concerning the child's health problems, school, and

intervention), the long form of the Sensory Profile, and the Aberrant Behavior Checklist.

For the current study, we used a subset of the ELENA data for 197 children from 3 to 11 years of age, in accordance with the age boundaries of the Sensory Profile used to assess the children's SP (Dunn 1999). We excluded children who were blind and/or had auditory deficits, and we also excluded the two children diagnosed with comorbid Down syndrome or Phelan-Mc Dermid syndrome as far as they commonly exhibit atypical sensory reactions and low adaptive level (Bruni et al. 2010; Mieses et al. 2016).

Measures

Sensory processing was assessed using the long-form Sensory Profile (Dunn 1999). This questionnaire of 125 items asks parents about sensory responses in the daily life of their children aged from 3 to 11 years. The results are given according to four quadrants that summarize behavioral responses to sensory stimulation in four profiles: sensory seeking, low registration, sensory avoiding, and sensory sensitivity. The results can also be presented according to each sensory modality (auditory, visual, vestibular, oral, touch, and multisensory). Their frequency is recorded on a five-point Likert scale and the scores are interpreted as follows: « typical performance » (less than 1 standard deviation (SD)), « probable difference » (between 1 and 2 SD), and « definite difference » (more than 2 SD). Lower Sensory Profile scores imply greater SP difficulties. Internal consistency of the Sensory Profile ranged from 0.70 to 0.90 and internal validity correlations from 0.25 to 0.76 (Dunn 1999).

Adaptive functioning was assessed using the Vineland Adaptive Behavior Scales second edition (VABS II: Sparrow et al. 2005). This standardized caregiver interview of 297 items, measures adaptive behaviors from childhood to adulthood in the subdomains of communication, daily living skills, and socialization. In our study, we used the standard scores of the three subdomains. The reliability of the VABS II for each domain was excellent ($\alpha=0.80$) and the intra-class coefficient of the test/re-test 0.89.

Maladaptive behaviors were assessed using the Aberrant Behavior Checklist (ABC: Aman et al. 1985), a 58-item scale concerning maladaptive or problem behaviors, with each item scored from 0 (=no problem) to 3 (=severe problem). The scale includes five factors: (I) irritability, agitation, crying; (II) lethargy, social withdrawal; (III) stereotypic behavior; (IV) hyperactivity, noncompliance; and (V) inappropriate speech. The ABC showed good internal consistency among subscales ($\alpha=0.91$), an excellent test-retest reliability of 0.98, and an acceptable interrater reliability of 0.63.

ASD severity was established using the Autism Diagnostic Observation Schedule second version (ADOS-2: Lord

et al. 2012), a semi-structured behavioral observation protocol to assess ASD symptomatology. This scale is composed of 25 to 30 items across symptom domains: social interaction, communication, repetitive and stereotyped behaviors, and play. The internal consistency was good ($\alpha = 0.50\text{--}0.92$), the test–retest reliability acceptable (0.64–0.88), and the interrater reliability excellent (0.79–0.98). For this study, we used the Calibrate Severity Score (CSS), ranging from 1 to 10.

The “*Best-Estimate*” intellectual functioning level was established from several psychometric scales, depending on the age and developmental level of each participant (Howlin et al. 2014). The intellectual quotient (IQ) or, when not available, developmental quotient (DQ) (developmental age score/chronological age * 100), were used for analysis. IQ was estimated from the WISC-IV, WISC-V, WPPSI-R ($n = 68$); KABC ($n = 3$); or BECS ($n = 8$). The DQ was estimated from the PEP-R ($n = 64$) and Brunet-Lezine scales ($n = 15$).

Data Analyses

Descriptive statistics were calculated to characterize the sample and study variables. The scores from the Sensory Profile quadrants and sections were used to define two groups of children based on their SP functioning: a typical group (scores under 1 SD from the norm) and an atypical group (scores over 1 to 2 SD from the norm). First, the prevalence of typical and atypical sensory scores was calculated. Then, intergroup (atypical/typical) comparisons based on gender, chronological age, best-estimate IQ, and autism severity, Vineland, and ABC scores, were conducted using Student’s T test for parametric variables and the Mann–Whitney test for non-parametric variables. Finally, multivariate analysis of covariance (ANCOVA) was performed on dependent variables (Vineland II and ABC scores) significantly associated with atypical SP (quadrants) in the univariate analysis. Age and IQ were entered as covariates. Results were considered to be statistically significant for $p < 0.05$. SAS 9.3 was used to perform the statistical analyses.

Results

Participants

Overall, there were 197 participants aged from 3 to 10 years and 11 months (mean age 5.7 ± 2.2 years). Their clinical characteristics are shown in Table 1. Approximately 64% were aged below 6 years. Approximately 52% had no intellectual disability (best-estimate IQ over 70), 19.6% a mild intellectual disability, 12.7% a moderate intellectual disability, and 15.8% a severe intellectual disability.

A total of 145 mothers (mean age 36.7 ± 5.5 years) and 143 fathers (mean age 40.2 ± 7.0 years) participated in the study. Overall, 38.4% of the mothers and 48.7% of the fathers had a high school-level education and 61.5% of the mothers and 51.3% of fathers had a higher than a high school-level education.

Prevalence of Atypical Sensory Processing

In the whole sample, mean Sensory Profile scores were in the atypical range for every quadrant and section, except for visual processing (Table 2). The frequency of typical and atypical scores for the quadrants and sections of the Sensory Profile are described in Table 2. Most of the children (86.8%, $N = 171$) had Sensory Profile scores in the atypical range for at least one quadrant. Approximately one quarter (24.4%, $N = 48$) had SP scores in the atypical range for all four quadrants. Only 13.2% of the children had SP scores in the typical range for all quadrants ($N = 26$). The prevalence of the children with SP scores in the atypical range was particularly high when considering by quadrant (78.1% sensation avoiding, 68.2% sensation seeking, 64.5% sensation sensitivity, and 53.3% low registration) and remained high when considering by section (58.3% multisensory processing, 56.9% touch processing, 53.0% auditory processing, 45.3% oral processing, and 32.6% vestibular processing).

Intergroup comparisons of Sensory Profile quadrants showed no significant differences based on age, gender, cognitive level, or ADOS scores (all $p > 0.05$), except for the sensory-avoiding group, for which children in the atypical group were older than those in the typical group (6.0 ± 2.3 vs 4.9 ± 1.7 years, $p < 0.05$). Intergroup comparisons of SP sections showed no significant differences based on gender (all $p < 0.05$). However, there were significant differences depending on age and cognitive level. For auditory processing, children in the atypical group were older than those in the typical group (6.2 ± 2.4 vs 5.1 ± 1.9 years, $p < 0.05$). For visual processing, children in the atypical group were also older than those in the typical group (6.5 ± 2.4 vs 5.4 ± 2.1 years; $p < 0.05$). However, for oral processing, children in the atypical group were younger than those in the typical group (5.3 ± 2.2 vs 6.1 ± 2.3 , $p < 0.05$). For visual processing, the cognitive level was higher in the atypical group than in the typical group (81.7 ± 25.9 vs 67.8 ± 25.7 , $p < 0.05$), whereas for oral processing, children in the atypical group had a lower cognitive level than those in the typical group (63.3 ± 26.0 vs 81.3 ± 24.8 , $p < 0.05$).

Table 1 Clinical characteristics of the children

Measure	<i>N</i>	%		
Gender				
Male	164	83.2		
Female	33	16.8		
Diagnosis				
F84.0 childhood autism	152	77.2		
F84.1 atypical autism	6	3.0		
F84.5 Asperger syndrome	32	16.2		
F84.8—other F84.9 unspecified	7	3.6		
Prematurity				
Yes, before 37 weeks	21	17.8		
No	97	82.2		
	<i>N</i>	Mean	SD	
Best estimate IQ	158	71.6	26.8	
Severity score ADOS	175	6.9	2.0	
Vineland 2	192			
Communication		69.8	16.5	
Daily living skills		73.0	12.6	
Socialization		68.1	11.4	
Aberrant Behavior Checklist	154			
Irritability		35.3	18.8	
Lethargy		28.2	17.6	
Stereotypy		34.2	22.1	
Hyperactivity		47.9	22.3	

Table 2 Description and comparison of typical and atypical Sensory Profile scores

	Total sample			Typical group		Atypical group		p value*
	<i>N</i>	Mean (SD)	Range of typical performance	<i>N</i>	Mean (SD)	<i>N</i>	Mean (SD)	
Quadrant								
Low registration	180	60.2 (9.7)	72–64	84	68.1 (2.9)	96	53.2 (8.2)	< 0.0001
Sensation seeking	167	92.8 (17.2)	123–103	53	111.45 (5.8)	114	84.1 (13.4)	< 0.0001
Sensory sensitivity	158	75.8 (11.7)	94–81	56	88.1 (4.4)	102	69.0 (8.5)	< 0.0001
Sensation avoiding	155	100.0 (15.1)	133–113	34	118.9 (5.3)	121	94.6 (12.4)	< 0.0001
Section								
Auditory processing	166	26.7 (6.0)	40–30	78	31.5 (3.1)	88	21.9 (3.9)	< 0.0001
Visual processing	170	34.2 (6.3)	45–32	122	37.3 (3.4)	48	26.1 (4.6)	< 0.0001
Vestibular processing	181	44.2 (5.8)	55–48	122	47.37 (3.3)	59	37.6 (3.8)	< 0.0001
Touch processing	179	68.6 (10.7)	90–73	79	78.5 (4.8)	100	60.8 (6.8)	< 0.0001
Multisensory processing	192	25.0 (4.4)	35–27	82	29.3 (2.0)	110	22.4 (3.3)	< 0.0001
Oral sensory processing	179	45.0 (10.3)	60–46	98	53.0 (4.5)	81	35.3 (6.3)	< 0.0001

Significant results appear in bold

*p value of comparisons between typical and atypical group

Table 3 Comparison of the VABS scores between typical and atypical SP groups, based on quadrants

	Low registration		Sensory seeking		Sensory sensitivity		Sensory avoiding	
	Typical N=83	Atypical N=92	Typical N=51	Atypical N=111	Typical N=55	Atypical N=99	Typical N=34	Atypical N=117
	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)
Vineland								
Communication	70.3 (17.6)	70.0 (15.7)	74.0 (19.1)	68.0 (15.2)*	69.7 (18.2)	69.0 (14.9)	63.9 (18.2)	73.3 (15.6)**
Daily living skills	75.4 (13.1)	72.0 (11.5)	76.4 (12.8)	71.9 (12.1)*	74.1 (12.0)	71.2 (12.3)	74.2 (13.4)	73.4 (12.5)
Socialization	68.0 (12.6)	69.0 (9.4)	71.5 (11.5)	67.1 (11.5)*	68.8 (11.8)	67.7 (10.4)	67.8 (12.3)	69.2 (10.9)

Significant results appear in bold

*Significant at $p < .05$ level, **significant at $p < 0.01$ level

Group Comparisons Based on Adaptive Behavior (VABS)

We compared the mean scores for each VABS domain between the atypical and typical SP groups. The results are summarized in Table 3.

Based on SP quadrants (see Table 3), children with atypical sensory avoiding had significantly higher VABS communication scores than children with typical sensory avoiding, whereas children with atypical sensory seeking had lower adaptive functioning than those with typical reactions, regardless of the Vineland domain. Based on SP sections, children in the atypical group for tactile processing had lower socialization scores than those in the typical group (66.7 ± 10.8 vs 70.6 ± 10.9 , $p < 0.05$). For oral processing, children in the atypical group had lower scores in each VABS domain: communication (66.3 ± 16.7 vs 73.6 ± 15.6 , $p < 0.01$), autonomy (69.4 ± 13.5 vs 76.0 ± 11.0 , $p < 0.01$), and socialization (65.1 ± 11.9 vs 70.9 ± 10.2 , $p < 0.01$). There were no intergroup differences for VABS scores for auditory, visual, vestibular, or multisensory processing.

Multivariate Analysis of Covariance on Adaptive Behaviors (VABS)

The results of the multivariate ANCOVA model explained 62% of the variance of the communication scores, 34% of the socialization scores, and 34% of the autonomy scores. There was no effect of sensory quadrant on the Vineland scores (all $p > 0.05$), but there was a positive effect of the best-estimate IQ on the Vineland domains. For each one-unit increase of the best-estimate IQ score there was an increase in the communication score ($\beta = 0.5$, $p < 0.0001$), as well as that for socialization ($\beta = 0.3$, $p < 0.01$) and autonomy ($\beta = 0.3$, $p < 0.0001$). Scores for socialization ($\beta = -1.1$, $p < 0.01$) and autonomy ($\beta = -0.98$, $p < 0.05$) decreased with age.

Intergroup Comparisons for Maladaptive Behaviors (ABC)

We performed intergroup comparisons for ABC scores based on SP quadrants (Table 4) and SP sections (Table 5).

Based on SP quadrants (see Table 4), children categorized as atypical had significantly more maladaptive behaviors, regardless of the ABC domain considered, except for

Table 4 Intergroup comparisons of ABC scores based on SP quadrants

	Low registration		Sensory seeking		Sensory sensitivity		Sensory avoiding	
	Typical N=58	Atypical N=81	Typical N=43	Atypical N=85	Typical N=43	Atypical N=76	Typical N=26	Atypical N=92
	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)
ABC								
Irritability	31.3 (17.3)	39.0 (19.0)*	28.5 (17.8)	39.7 (19.3)**	29.1 (17.5)	39.2 (19.5)*	27.2 (20.1)	37.2 (18.5)*
Lethargy	22.3 (16.8)	32.8 (16.7)***	21.7 (15.7)	32.4 (17.8)**	21.5 (17.6)	31.9 (17.9)**	19.8 (16.1)	30.6 (16.8)**
Stereotypy	26.2 (19.6)	39.2 (21.3)***	27.1 (22.4)	37.8 (21.4)**	26.6 (23.2)	39.2 (21.7)**	22.3 (17.1)	36.2 (21.0)**
Hyperactivity	44.7 (21.1)	51.4 (22.6)	31.4 (19.3)	56.6 (18.7)***	39.9 (21.2)	53.2 (22.4)**	41.5 (22.1)	49.1 (22.1)

Significant results appear in bold

*Significant at $p < 0.05$ level, **significant at $p < 0.01$ level, ***significant at $p < 0.001$ level

Table 5 Intergroup comparisons of ABC scores based on Sensory Profile sections

ABC	Auditory		Visual		Vestibular		Touch		Multisensory		Oral	
	Typical N = 57	Atypical N = 68	Typical N = 40	Atypical N = 90	Typical N = 96	Atypical N = 43	Typical N = 75	Atypical N = 62	Typical N = 61	Atypical N = 88	Typical N = 78	Atypical N = 61
	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)
Irritability	32.4 (19.3)	39.5 (18.5)*	31.0 (18.4)	45.1 (18.5)***	34.6 (19.8)	38.6 (18.2)	28.1 (17.5)	40.1 (17.8)***	27.9 (17.0)	39.9 (18.2)***	31.6 (19.2)	39.3 (17.7)*
Lethargy	22.4 (15.8)	33.3 (18.7)**	25.6 (15.3)	32.2 (20.9)	27.1 (18.3)	32.0 (16.0)	21.1 (15.5)	34.3 (17.0)***	22.3 (16.8)	32.5 (17.9)***	26.0 (17.5)	31.9 (17.6)*
Stereotypy	27.9 (20.4)	40.5 (22.5)**	31.0 (20.6)	39.6 (23.8)	31.1 (22.0)	40.6 (22.2)**	24.5 (20.2)	42.1 (21.0)***	25.6 (19.0)	39.1 (21.8)***	30.2 (21.2)	40.3 (22.6)*
Hyperactivity	43.1 (22.4)	54.5 (21.0)**	46.0 (22.9)	51.4 (20.3)	44.5 (22.3)	56.3 (21.3)***	37.1 (19.5)	57.5 (20.3)***	37.6 (20.6)	54.1 (20.7)***	42.1 (23.6)	53.7 (19.4)***

Significant results appear in bold

*Significant at $p < 0.05$ level, **significant at $p < 0.01$ level, ***significant at $p < 0.001$ level

hyperactivity, which did not differ between typical and atypical groups for low registration and sensory avoiding.

Based on Sensory Profile sections (see Table 5), children with atypical reactions for the auditory, touch, multisensory or oral dimensions had significantly more maladaptive behaviors than those in the typical group. Also, children with atypical visual reactions had significantly higher irritability scores and those with atypical vestibular reactions had more stereotypies and hyperactivity.

Multivariate Analysis of Covariance on Maladaptive Behavior (ABC)

We performed an ANCOVA analysis to study the variance of atypical scores, based on quadrants, to explain the ABC scores (Table 6). ANCOVA explained 16% of the variance of the irritability score, 24% of that for lethargy, 39% of that for stereotypical behaviors, and 35% for that of hyperactivity. In addition, the irritability, lethargy, stereotypy, and hyperactivity scores decreased when the best-estimate IQ increased (*all* $p < 0.05$) and the stereotypy scores increased when the children's age increased ($\beta = 2.9$, $p < 0.01$). There was an 18.8-point increase in the irritability score for each once-point increase in the sensation-avoiding score. The lethargy score was higher ($\beta = 10.0$, $p < 0.05$) when the sensory-sensitivity scores were in the atypical range. The stereotypy scores were higher when the scores were atypical for low registration ($\beta = 12.3$, $p < 0.01$) and sensory sensitivity ($\beta = 13.2$, $p < 0.01$). Finally, the hyperactivity scores were higher when the scores for sensation seeking ($\beta = 16.0$, $p < 0.01$) and sensory sensitivity ($\beta = 11.3$, $p < 0.05$) were in the atypical range.

Discussion

We assessed the prevalence and types of SP and their links with adaptive skills and maladaptive behaviors in a large sample of children with ASD (ELENA-Cohort). Regarding atypical SP, our study reveals that is extremely common in children with ASD, especially sensation avoiding and sensation seeking. Gender, age, IQ, and autistic severity did not influence these processes. Atypical SP was strongly associated with maladaptive behaviors and explained a large proportion of them. In addition, the sensation-seeking profile was associated with lower Vineland adaptive scores.

Relative to typical children, we detected that children with ASD demonstrated atypical responses to sensory stimulation, including hypo- and hyper-reactivity, in accordance with the literature (Ashburner et al. 2008; Ben-Sasson et al. 2009; Tomchek et al. 2015). Most of the children (86.8%) showed atypical SP in at least one quadrant of the Sensory Profile, whereas this prevalence ranges from 45 to 95% in

Table 6 ANCOVA analysis (adjusted for age and best-estimate IQ) of ABC scores by atypical profile for SP sensory quadrants (selection forward with the best AIC)

	ABC			
	Irritability Beta (SD)	Lethargy Beta (SD)	Stereotypy Beta (SD)	Hyperactivity Beta (SD)
Intercept	34.9 (7.7)***	18.25 (7.2)**	25.3 (7.7)**	48.1 (7.2)***
Age	–	–	2.9 (1.1)**	–
Best estimate IQ	–0.2 (0.09)*	–0.17 (0.08)*	–0.3 (0.1)**	–0.27 (0.08)**
Low registration (dich)	–	–	12.3 (4.9)**	–
Sensation seeking (dich)	–	–	–	16.0 (4.7)**
Sensory sensitivity (dich)	–	10.0 (4.7)*	13.2 (5.1)**	11.3 (4.8)*
Sensation avoiding (dich)	18.8 (5.8)**	–	–	–
R ² total	0.16	0.24	0.39	0.35

Dich: atypical vs. typical; Dashes indicate that variable not entry in the model

*Significant at $p < 0.05$ level, **significant at $p < 0.01$ level, ***significant at $p < 0.0001$

the literature (Ben-Sasson et al. 2009). The most prevalent sensory profile found is sensory avoiding, whereas it was sensory seeking in the review mentioned earlier.

Regarding sensory modalities, we observed a high rate of atypical SP for oral, tactile, auditory, and vestibular modalities. The highest rate of atypical processing was identified for multisensory processing in 58.3% of the sample, suggesting that deficits for each modality disturbed the integration of multimodal information (Baum et al. 2015). Surprisingly, children with ASD showed similar visual processing to that of typical children, as reported in another study (Little et al. 2018). However, atypical visual processing in ASD is frequently reported by clinicians. One reason for this discrepancy may be that atypical visual behaviors queried in the Sensory Profile are difficult to ascertain by parents.

In terms of maladaptive behaviors, we observed a strong association with atypical SP, in accordance with the literature (Baker et al. 2008; Lane et al. 2010; Nieto et al. 2017). In our sample, atypical SP was particularly related to behavioral problems, whereas intellectual level is thought to be the significant predictor (Hartley et al. 2008). More precisely, irritability was related to avoiding-sensation behaviors and hyperactivity by sensory-seeking and sensory-sensitivity behaviors. We showed that atypical SP explained a part of maladaptive behaviors (from 16% until 39% of explained variance) when age and intellectual level are controlled. We can hypothesize that other variables, which were not taking into account in our analysis, might be related to maladaptive behaviour, such as ASD symptom severity or comorbid gastrointestinal and sleep disorders (Rattaz et al. 2018). These findings are particularly important, as the quality of life of the families (McStay et al. 2014) and maternal stress are both influenced by behavioral problems of the children (Nieto et al. 2017).

In our sample, atypical SP was not associated with age, gender, cognitive level, or autistic severity, however there is also no consensus in the literature (for a review see: Hazen

et al. 2014). Atypical SP can be found in many neurodevelopmental disorders, such as ADHD (Little et al. 2018) or intellectual disabilities (Ausderau et al. 2014). Our results underline that atypical SP are particularly generalized in ASD, regardless of the child's chronological age (Ben-Sasson et al. 2009), justifying their use as a core diagnostic criterion (American Psychiatric Association 2000). Consistent with previous studies, we observed that children with higher hyper-responsiveness had significantly greater repetitive and restricted behaviors (Boyd et al. 2010; Gal et al. 2010). This relationship has also been found in children with high-functioning autism (Chen et al. 2009). These findings can be interpreted in light of the hypothesis that stereotypies regulate atypical SP (Joosten and Bundy 2010).

Our study reveals that children exhibiting sensory seeking had lower adaptive scores for all Vineland domains and more maladaptive behaviors. These results are consistent with previous findings highlighting that children with ASD seeking sensory stimulation had lower socialization skills and were less receptive to their social environment (Tomchek et al. 2015). This association between SP and socialization skills appears to occur very early in childhood, as children with ASD display more atypical sensory seeking with their siblings at 18 months. Moreover, the level of atypical sensory seeking in early childhood is predictive of their later socialization skills (Damiano-Goodwin et al. 2018). Minimizing the impact of the sensory-seeking strategy on adaptive development requires early intervention and adaptation of the environment.

Regarding the significant link between atypical SP and hyperactivity, it could explain the elevated prevalence of hyperactivity in individuals with ASD (Murray 2010). Indeed, SP difficulties are related and predict ADHD symptoms in ASD (Ashburner et al. 2008; Sanz-Cervera et al. 2015). Moreover, ASD teenagers frequently report that problems in SP reduce their concentration at school (Howe and Stagg 2016), affecting academic performance. Such a

reduction in concentration also contributes to the inattention of children with ASD (Ashburner et al. 2008). The effectiveness of strategies to reduce sensory stimulation in the context of learning has to consequently be investigated. Future studies need to focus on the association between atypical SP and ADHD symptomatology in children with ASD.

Concerning the associations between atypical SP and adaptive behaviors, we found a limited number of significant results. Other recent studies have underlined that early atypical SP in childhood may result later in lower adaptive behaviors through a “cascade effect” (Baranek et al. 2018; Williams et al. 2018). There may also be a “developmental” explanation, as data on SP and adaptive skills in our study were collected during the same period. It may be necessary to collect longitudinal data to detect a latent “cascade effect” over time of atypical SP on adaptive skills.

As shown in previous studies, we observed that children with atypical scores for oral SP had lower adaptive functioning in all Vineland domains and more maladaptive behaviors (Lane et al. 2010; Tomchek et al. 2015). A recent study showed that atypical taste processing is potentially related to atypical connectivity in the primary gustative cortex and is a risk factor for feeding problems in ASD (Avery et al. 2018). Atypical oral processing was related not only with poorer adaptive functioning (communication, socialization, and daily living skills) but also more behavioral problems, suggesting the need of targeted intervention.

Atypical SP is generally reported to have a negative impact on communication skills, as shown by parental questionnaires (Baker et al. 2008; Liss et al. 2006; Tomchek et al. 2015) and direct measures (Demopoulos et al. 2015). However, children with an avoiding-sensory profile presented unexpectedly better communication skills than ASD children with typical SP. Although these findings need to be replicated, they suggest that the avoiding-sensory profile in children with ASD could be a marker of their ability to focus their attention on speech components and thus to improve their communication skills.

The strengths of our study include a large sample (Lane et al. 2010; O’Donnell et al. 2012) of children rigorously diagnosed with ASD and the standardized assessment of their SP using the long form of the Sensory Profile (Lane et al. 2010; McCormick et al. 2016; O’Donnell et al. 2012). There were also several limitations, including the absence of direct examinations of SP and no use of a control group.

In conclusion, atypical SP are very common in children with ASD in our sample and related to some important aspects of their adaptive functioning. Indeed, atypical SP explained a significant part of maladaptive behaviors, suggesting that they have to be considered in routine practice to prevent and manage subsequent maladaptive behaviors. Moreover, children with a sensory-seeking profile require specific attention, as they have lower adaptive skills and a

greater risk for maladaptive behaviors. Further studies are needed to better understand the course of atypical SP and better target and personalize interventions. In addition, these studies have to begin early during childhood and to be prospective to enhance our knowledge of the role of SP on adaptive trajectories.

Acknowledgments We thank the participating families, and our talented staff (Myriam Soussana, Julie Loubersac, Ela Miniarikova, Flore Couty and Lee Audras-Torrent). We express gratitude to the CNSA and DGOS, for funding to conduct this research and prepare the results for publication.

Author Contributions FD conceived of the study, contributed in collection, analysis, and interpretation of the data and drafted the manuscript; AB is the PI of ELENA cohort, she also participated in the design of the current study, drafted the work and revised it critically for main intellectual content; CV participated in the design of the study and contributed to revised it critically. CM and M-CP analyzed and interpreted data; RS and NB revised critically the final manuscript. M-JO, LR, MC, CC, SV and TM contributed to collect data in ELENA cohort used in this sample. All authors read and approved the final version to be published.

Funding This research received support from the French Health Ministry (DGOS, Grant No. 13-0232) and Caisse Nationale de Solidarité pour l’Autonomie (CNSA). Additional support was provided by the CHU of Montpellier (AOI). The funders had no role in study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

Compliance with Ethical Standards

Conflict of interest The authors have no conflicts of interest to declare.

Ethical Approval The study and informed consent procedure have been approved by the Ethics Committee on the Research of Human Subjects at Marseille Mediterranean (CNIL, number DR-2015-393).

Informed Consent Signed informed consent is obtained from all participating families included in the ELENA cohort.

References

- Aman, M. G., Singh, N. N., Stewart, A. W., & Field, C. J. (1985). The Aberrant Behavior Checklist: A behavior rating scale for the assessment of treatment effects. *American Journal of Mental Deficiency, 89*(5), 485–491.
- American Psychiatric Association. (2000). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders, fourth edition: DSM-IV-TR*[®]. Washington, DC: American Psychiatric Association.
- Ashburner, J., Ziviani, J., & Rodger, S. (2008). Sensory processing and classroom emotional, behavioral, and educational outcomes in children with autism spectrum disorder. *American Journal of Occupational Therapy, 62*(5), 564–573. <https://doi.org/10.5014/ajot.62.5.564>.
- Ausderau, K., Sideris, J., Furlong, M., Little, L. M., Bulluck, J., & Baranek, G. T. (2014). National survey of sensory features in children with ASD: Factor structure of the Sensory Experience

- Questionnaire (3.0). *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 44(4), 915–925. <https://doi.org/10.1007/s10803-013-1945-1>.
- Avery, J. A., Ingeholm, J. E., Wohltjen, S., Collins, M., Riddell, C. D., Gotts, S. J., ... Martin, A. (2018). Neural correlates of taste reactivity in autism spectrum disorder. *NeuroImage: Clinical*, 19, 38–46. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2018.04.008>.
- Ayres, A. J. (1979). *Sensory integration and the child*. Los Angeles: Western Psychological Services.
- Baker, A. E. Z., Lane, A., Angley, M. T., & Young, R. L. (2008). The relationship between sensory processing patterns and behavioural responsiveness in autistic disorder: A pilot study. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(5), 867–875. <https://doi.org/10.1007/s10803-007-0459-0>.
- Baranek, G. T., Watson, L. R., Boyd, B. A., Poe, M. D., David, F. J., & McGuire, L. (2013). Hyporesponsiveness to social and nonsocial sensory stimuli in children with autism, children with developmental delays, and typically developing children. *Development and Psychopathology*, 25(2), 307–320. <https://doi.org/10.1017/S0954579412001071>.
- Baranek, G. T., Woynaroski, T. G., Nowell, S., Turner-Brown, L., DuBay, M., Crais, E. R., & Watson, L. R. (2018). Cascading effects of attention disengagement and sensory seeking on social symptoms in a community sample of infants at-risk for a future diagnosis of autism spectrum disorder. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 29, 30–40. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2017.08.006>.
- Baum, S. H., Stevenson, R. A., & Wallace, M. T. (2015). Behavioral, perceptual, and neural alterations in sensory and multisensory function in autism spectrum disorder. *Progress in Neurobiology*, 134, 140–160. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2015.09.007>.
- Ben-Sasson, A., Hen, L., Fluss, R., Cermak, S. A., Engel-Yeger, B., & Gal, E. (2009). A meta-analysis of sensory modulation symptoms in individuals with autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39(1), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s10803-008-0593-3>.
- Ben-Sasson, A., Soto, T. W., Martínez-Pedraza, F., & Carter, A. S. (2013). Early sensory over-responsivity in toddlers with autism spectrum disorders as a predictor of family impairment and parenting stress. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 54(8), 846–853. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12035>.
- Boyd, B. A., Baranek, G. T., Sideris, J., Poe, M. D., Watson, L. R., Patten, E., & Miller, H. (2010). Sensory features and repetitive behaviors in children with autism and developmental delays. *Autism Research: Official Journal of the International Society for Autism Research*, 3(2), 78–87. <https://doi.org/10.1002/aur.124>.
- Bruni, M., Cameron, D., Dua, S., & Noy, S. (2010). Reported sensory processing of children with Down syndrome. *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*, 30(4), 280–293. <https://doi.org/10.3109/01942638.2010.486962>.
- Chen, Y.-H., Rodgers, J., & McConachie, H. (2009). Restricted and repetitive behaviours, sensory processing and cognitive style in children with autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39(4), 635–642. <https://doi.org/10.1007/s10803-008-0663-6>.
- Christensen, D. L., Bilder, D. A., Zahorodny, W., Pettygrove, S., Durkin, M. S., Fitzgerald, R. T., ... Yeargin-Allsopp, M. (2016). Prevalence and characteristics of autism spectrum disorder among 4-year-old children in the autism and developmental disabilities monitoring network. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics: JDBP*, 37(1), 1–8. <https://doi.org/10.1097/DBP.0000000000000235>.
- Damiano-Goodwin, C. R., Woynaroski, T. G., Simon, D. M., Ibañez, L. V., Murias, M., Kirby, A., ... Cascio, C. J. (2018). Developmental sequelae and neurophysiologic substrates of sensory seeking in infant siblings of children with autism spectrum disorder. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 29, 41–53. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2017.08.005>.
- Dellapiazza, F., Vernhet, C., Blanc, N., Miot, S., Schmidt, R., & Baghdadli, A. (2018). Links between sensory processing, adaptive behaviours, and attention in children with autism spectrum disorder: A systematic review. *Psychiatry Research*, 270, 78–88. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2018.09.023>.
- Demopoulos, C., Brandes-Aitken, A. N., Desai, S. S., Hill, S. S., Antovich, A. D., Harris, J., & Marco, E. J. (2015). Shared and divergent auditory and tactile processing in children with autism and children with sensory processing dysfunction relative to typically developing peers. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*, 21(6), 444–454. <https://doi.org/10.1017/S1355617715000387>.
- Duerden, E. G., Oatley, H. K., Mak-Fan, K. M., McGrath, P. A., Taylor, M. J., Szatmari, P., & Roberts, S. W. (2012). Risk factors associated with self-injurious behaviors in children and adolescents with autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 42(11), 2460–2470. <https://doi.org/10.1007/s10803-012-1497-9>.
- Dunn, W. (1999). *The Sensory Profile: User's manual*. San Antonio: Psychological Corporation.
- Farley, M. A., McMahon, W. M., Fombonne, E., Jenson, W. R., Miller, J., Gardner, M., ... Coon, H. (2009). Twenty-year outcome for individuals with autism and average or near-average cognitive abilities. *Autism Research*, 2(2), 109–118. <https://doi.org/10.1002/aur.69>.
- Gal, E., Dyck, M. J., & Passmore, A. (2010). Relationships between stereotyped movements and sensory processing disorders in children with and without developmental or sensory disorders. *The American Journal of Occupational Therapy: Official Publication of the American Occupational Therapy Association*, 64(3), 453–461.
- Germani, T., Zwaigenbaum, L., Bryson, S., Brian, J., Smith, I., Roberts, W., ... Vaillancourt, T. (2014). Brief report: Assessment of early sensory processing in infants at high-risk of autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 44(12), 3264–3270. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2175-x>.
- Hartley, S. L., Sikora, D. M., & McCoy, R. (2008). Prevalence and risk factors of maladaptive behaviour in young children with autistic disorder. *Journal of Intellectual Disability Research: JIDR*, 52, 819–829.
- Hazen, E. P., Stornelli, J. L., O'Rourke, J. A., Koesterer, K., & McDougle, C. J. (2014). Sensory symptoms in autism spectrum disorders. *Harvard Review of Psychiatry*, 22(2), 112–124. <https://doi.org/10.1097/01.HRP.0000445143.08773.58>.
- Howe, F. E. J., & Stagg, S. D. (2016). How sensory experiences affect adolescents with an autistic spectrum condition within the classroom. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 46(5), 1656–1668. <https://doi.org/10.1007/s10803-015-2693-1>.
- Howlin, P., Savage, S., Moss, P., Tempier, A., & Rutter, M. (2014). Cognitive and language skills in adults with autism: A 40-year follow-up. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 55(1), 49–58. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12115>.
- Jasmin, E., Couture, M., McKinley, P., Reid, G., Fombonne, E., & Gisel, E. (2009). Sensori-motor and daily living skills of pre-school children with autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39(2), 231–241. <https://doi.org/10.1007/s10803-008-0617-z>.
- Joosten, A. V., & Bundy, A. C. (2010). Sensory processing and stereotypical and repetitive behaviour in children with autism and intellectual disability. *Australian Occupational Therapy Journal*, 57(6), 366–372. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1630.2009.00835.x>.
- Lane, A. E., Young, R. L., Baker, A. E. Z., & Angley, M. T. (2010). Sensory processing subtypes in autism: Association with adaptive

- behavior. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 40(1), 112–122. <https://doi.org/10.1007/s10803-009-0840-2>.
- Le Couteur, A., Lord, C., & Rutter, M. (2003). *Autism diagnostic interview, Revised (ADI-R)*. Los Angeles: Western Psychological Services.
- Lidstone, J., Uljarević, M., Sullivan, J., Rodgers, J., McConachie, H., Freeston, M., ... Leekam, S. (2014). Relations among restricted and repetitive behaviors, anxiety and sensory features in children with autism spectrum disorders. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 8(2), 82–92. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2013.10.001>.
- Liss, M., Saulnier, C., Fein, D., & Kinsbourne, M. (2006). Sensory and attention abnormalities in autistic spectrum disorders. *Autism*, 10(2), 155–172. <https://doi.org/10.1177/1362361306062021>.
- Little, L. M., Dean, E., Tomchek, S., & Dunn, W. (2018). Sensory processing patterns in autism, attention deficit hyperactivity disorder, and typical development. *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*, 38(3), 243–254. <https://doi.org/10.1080/0194638.2017.1390809>.
- Lord, C., Rutter, M., Di Lavore, P., Risi, S., Gotham, K., & Bishop, S. (2012). *Autism diagnostic observation schedule, second edition (ADOS-2) manual (Part I): modules 1–4*. Torrance: Western Psychological Services.
- Matson, J. L., & Shoemaker, M. (2009). Intellectual disability and its relationship to autism spectrum disorders. *Research in Developmental Disabilities*, 30(6), 1107–1114. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2009.06.003>.
- McCormick, C., Hepburn, S., Young, G. S., & Rogers, S. J. (2016). Sensory symptoms in children with autism spectrum disorder, other developmental disorders and typical development: A longitudinal study. *Autism*, 20(5), 572–579. <https://doi.org/10.1177/1362361315599755>.
- McStay, R. L., Trembath, D., & Dissanayake, C. (2014). Stress and family quality of life in parents of children with autism spectrum disorder: Parent gender and the double ABCX model. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 44(12), 3101–3118. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2178-7>.
- Mieses, A. M., Tavassoli, T., Li, E., Soorya, L., Lurie, S., Wang, A. T., ... Kolevzon, A. (2016). Brief report: sensory reactivity in children with Phelan-McDermid syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 46(7), 2508–2513. <https://doi.org/10.1007/s10803-016-2754-0>.
- Mouga, S., Almeida, J., Café, C., Duque, F., & Oliveira, G. (2015). Adaptive profiles in autism and other neurodevelopmental disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45(4), 1001–1012. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2256-x>.
- Murray, M. J. (2010). Attention-deficit/hyperactivity disorder in the context of autism spectrum disorders. *Current Psychiatry Reports*, 12(5), 382–388. <https://doi.org/10.1007/s11920-010-0145-3>.
- Nieto, C., López, B., & Gandía, H. (2017). Relationships between atypical sensory processing patterns, maladaptive behaviour and maternal stress in Spanish children with autism spectrum disorder. *Journal of Intellectual Disability Research: JIDR*, 61(12), 1140–1150. <https://doi.org/10.1111/jir.12435>.
- O'Donnell, S., Deitz, J., Kartin, D., Nalty, T., & Dawson, G. (2012). Sensory processing, problem behavior, adaptive behavior, and cognition in preschool children with autism spectrum disorders. *American Journal of Occupational Therapy*, 66(5), 586–594. <https://doi.org/10.5014/ajot.2012.004168>.
- Perez Repetto, L., Jasmin, E., Fombonne, E., Gisel, E., & Couture, M. (2017). Longitudinal study of sensory features in children with autism spectrum disorder. *Autism Research and Treatment*. <https://doi.org/10.1155/2017/1934701>.
- Pfeiffer, B., Kinnealey, M., Reed, C., & Herzberg, G. (2005). Sensory modulation and affective disorders in children and adolescents with Asperger's disorder. *The American Journal of Occupational Therapy: Official Publication of the American Occupational Therapy Association*, 59(3), 335–345.
- Rattaz, C., Michelon, C., Munir, K., & Baghdadli, A. (2018). Challenging behaviours at early adulthood in autism spectrum disorders: topography, risk factors and evolution. *Journal of Intellectual Disability Research: JIDR*, 62(7), 637–649. <https://doi.org/10.1111/jir.12503>.
- Renzo, M. D., Castelbianco, F. B., di Vanadia, E., Petrillo, M., Racinaro, L., & Rea, M. (2017). Sensory processing and repetitive behaviors in clinical assessment of preschool children with autism spectrum disorder. *Journal of Child and Adolescent Behavior*, 5(2), 1–8. <https://doi.org/10.4172/2375-4494.1000342>.
- Sacrety, L.-A. R., Zwaigenbaum, L., Bryson, S., Brian, J., Smith, I. M., Roberts, W., ... Armstrong, V. (2015). Can parents' concerns predict autism spectrum disorder? A prospective study of high-risk siblings from 6 to 36 months of age. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 54(6), 470–478. <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2015.03.014>.
- Sanz-Cervera, P., Pastor-Cerezuela, G., Fernández-Andrés, M.-I., & Tárraga-Mínguez, R. (2015). Sensory processing in children with autism spectrum disorder: Relationship with non-verbal IQ, autism severity and attention deficit/hyperactivity disorder symptomatology. *Research in Developmental Disabilities*, 45–46, 188–201. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2015.07.031>.
- Schaaf, R. C., Toth-Cohen, S., Johnson, S. L., Outten, G., & Benevides, T. W. (2011). The everyday routines of families of children with autism: examining the impact of sensory processing difficulties on the family. *Autism: The International Journal of Research and Practice*, 15(3), 373–389. <https://doi.org/10.1177/1362361310386505>.
- Sparrow, S. S., Cicchetti, D. V., & Balla, D. A. (2005). *Vineland Adaptive Behavior Scales* (2nd ed.). Circle Pines: AGS Publishing.
- Thye, M. D., Bednarz, H. M., Herringshaw, A. J., Sartin, E. B., & Kana, R. K. (2018). The impact of atypical sensory processing on social impairments in autism spectrum disorder. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 29, 151–167. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2017.04.010>.
- Tomchek, S. D., Little, L. M., & Dunn, W. (2015). Sensory pattern contributions to developmental performance in children with autism spectrum disorder. *American Journal of Occupational Therapy*, 69(5), p1–p10. <https://doi.org/10.5014/ajot.2015.018044>.
- Watson, L. R., Patten, E., Baranek, G. T., Poe, M., Boyd, B. A., Freuler, A., & Lorenzi, J. (2011). Differential associations between sensory response patterns and language, social, and communication measures in children with autism or other developmental disabilities. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 54(6), 1562–1576. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2011/10-0029\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2011/10-0029)).
- Williams, K. L., Kirby, A. V., Watson, L. R., Sideris, J., Bulluck, J., & Baranek, G. T. (2018). Sensory features as predictors of adaptive behaviors: A comparative longitudinal study of children with autism spectrum disorder and other developmental disabilities. *Research in Developmental Disabilities*. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2018.07.002>.

2.4 Synthèse de l'étude 1

A partir du constat de la présence de perturbations sensorielles, de difficultés adaptatives et de comportements problèmes chez les enfants avec un TSA, l'étude visait à estimer la prévalence du TIS atypique et à investiguer l'impact de ces perturbations sur le fonctionnement adaptatif ainsi que sur la présence de comportements problèmes. Pour cela, nous avons examiné un échantillon de 197 enfants participant à la cohorte ELENA. Les participants ont été scindés en deux groupes selon qu'ils présentaient un TIS typique ou atypique. Le niveau de fonctionnement adaptatif et la présence de comportements problèmes ont été comparés en fonction des groupes.

Les résultats révèlent une prévalence élevée des scores atypiques au Profil Sensoriel chez les enfants TSA. En effet, 86.8% de notre échantillon présentent des scores atypiques à au moins un des quatre profil sensoriel. De plus, la présence d'un TIS atypique est observée dans l'ensemble de l'échantillon indépendamment du genre, de l'âge, du niveau cognitif et de la sévérité de l'autisme. Les profils sensoriels les plus fréquemment retrouvés comme étant atypiques sont l'« évitement de sensation » (78.1%) et la « recherche de sensation » (68.2%). Concernant les modalités sensorielles, le TIS est retrouvé comme atypique aux modalités auditives, tactiles, orales, vestibulaires et multi sensorielles. Ainsi, dans notre échantillon le traitement de l'information multi-sensorielle est atypique pour 58.3% des enfants, le traitement tactile pour 56.9 % et le traitement auditif pour 53%.

Concernant le lien avec les capacités adaptatives, les résultats de l'étude 1 montrent que le groupe ayant des scores atypiques en « recherche de sensation » présente des scores significativement plus faibles sur le plan adaptatif aux trois domaines de l'échelle de Vineland (communication, autonomie et socialisation), comparativement à ceux présentant des scores normatifs à la « recherche de sensation ». On observe également qu'un traitement atypique sur le plan du TIS oral est associé à des scores plus faibles à l'ensemble des capacités adaptatives. Les enfants présentant des scores atypiques sur le plan du TIS tactile ont des scores en socialisation plus faibles que les autres. A l'inverse, les enfants présentant des scores atypiques en « évitement des sensations » ont des scores plus élevés dans le domaine de la communication que les autres. En revanche, la variation des scores sur le plan des capacités adaptatives est davantage expliquée par le niveau cognitif que par les profils sensoriels. Par ailleurs, les résultats montrent que les groupes ayant des scores atypiques au TIS, indépendamment du type de profil, présentent davantage de comportements problèmes. Le TIS atypique par modalités sensorielles montre également un impact négatif de l'analyse auditive, tactile, orale et multi

sensorielle sur les comportements problématiques. De plus, lorsque l'âge et le niveau intellectuel sont contrôlés, le TIS atypique explique 16 % à 39% de la variation des scores aux comportements problématiques.

En résumé, l'étude 1 nous a permis de souligner la prévalence élevée du TIS atypique chez les enfants TSA, ce qui appuie l'importance de l'évaluer. D'autant plus que cette étude a permis de confirmer que le TIS atypique peut être relié à des difficultés adaptatives et à des problèmes de comportement. Il est alors nécessaire de proposer des remédiations spécifiques et d'adapter l'environnement à leurs particularités, afin de faciliter leur adaptation et de diminuer, voire de prévenir les comportements problématiques.

3. Etude 2 : Comparaison du TIS entre TSA, TDAH, TSA+TDAH et typique et étude de la relation avec l'attention

Préalablement à l'explication des choix méthodologiques de l'étude 2, rappelons ses objectifs :

- Comparer les scores relatifs au TIS dans quatre groupes d'enfants âgés de 6 à 12 ans ayant soit un TSA, soit un TDAH, soit un TSA+TDAH, soit un développement typique.
- Etudier la relation entre TIS et attention dans chacun des trois groupes d'enfants suivants : avec TSA, avec TDAH et avec TSA+TDAH.

3.1 Critères d'inclusion des participants

Pour cette étude, la population est composée de quatre groupes. Les participants présentant un TSA et un TSA+TDAH composent deux des groupes issus de la cohorte ELENA. Les enfants constituant le groupe TDAH ont été inclus à partir de l'unité de consultation du service de médecine psychologique pour enfants et adolescents (SMPEA) Peyre Plantade du CHU de Montpellier. Le consentement éclairé recueilli auprès des parents est présenté en Annexe A. Les enfants typiques ont été inclus par un recrutement de proximité. Le consentement éclairé recueilli auprès des parents est présenté en Annexe B. Notre échantillon était composé de 120 enfants âgés entre 6 et 12 ans, divisés en quatre groupes : TSA isolé (N=43), TDAH isolé (N=28), TSA+TDAH (N=18), et typique (N=31). Deux questionnaires consultables en Annexes C et D ont été construits afin de recueillir les caractéristiques cliniques des participants présentant un TDAH et ceux du groupe contrôle, afin de vérifier qu'ils répondent aux critères d'inclusion et d'exclusion. Les critères d'inclusion de chaque groupe sont présentés dans le Tableau 4.

Tableau 4*Description des critères d'inclusion et d'exclusion des groupes de l'étude 2*

Groupes	TSA n = 42	TSA+TDAH n = 18	TDAH n = 28	TYPIQUE n = 31
Critères inclusion				
Age	6-12 ans	6 -12 ans	6-12 ans	6-12 ans
Diagnostic	TSA (critères DSM-5)	TSA et TDAH (critères DSM-5)	TDAH (critères DSM-5)	Sans anomalie du développement
Consentement signé	Complété	Complété	Complété	Complété
Critères exclusion				
Niveau cognitif	<80	<80	-	-
Diagnostic	Diagnostic de TDAH (critères DSM-5) Syndrome génétique Déficit sensoriel	Syndrome génétique Déficit sensoriel	Déficit sensoriel Médicamentation pour l'attention	Déficit sensoriel Troubles du neuro- développement ou déficit sensoriel
Recrutement	Cohorte ELENA	Cohorte ELENA	Unité de consultation SMPEA Peyre Plantade, CHU de Montpellier	Scolarité ordinaire, recrutement de proximité
Méthode de recueil des données	Base de données ELENA	Base de données ELENA	Questionnaires papier	Questionnaires papier

3.2 Sélection des outils d'évaluation

Pour évaluer le TIS, le Profil Sensoriel a été utilisé pour les raisons similaires à l'étude précédente (Dunn, 1999). Afin d'évaluer les problèmes attentionnels, un sous domaine de l'hétéro questionnaire CBCL (Child Behavior CheckList) a été choisi (Achenbach & Rescorla, 2001). Il comporte 10 items spécifiques aux problèmes attentionnels : « A des comportements trop jeunes pour son âge ; N'arrive pas à terminer ce qu'il/elle commence ; Ne peut pas se concentrer ou maintenir son attention longtemps ; Ne peut pas rester assis(e) tranquille, est agité(e) ou hyperactif(ve) ; Ne sait plus où il/elle en est ou est confus(e) ; Rêve ou semble perdu(e) dans ses pensées ; Impulsif(ve) ou agit sans réfléchir ; A de mauvais résultats scolaires ; Inattentif(ve) ou facilement distrait(e) ; A le regard dans le vague ». Cette échelle est largement utilisée dans la littérature scientifique internationale et comporte des qualités psychométriques robustes : la consistance interne est estimée à $\alpha = .86$, et le coefficient intra classe du test re-test est de .90.

Au vu des difficultés langagières majoritairement retrouvées dans le TSA, le niveau cognitif non verbal a été mesuré afin de contrôler la variabilité du niveau cognitif entre les groupes. Il a été évalué au travers de différents scores issus des outils psychométriques en fonction de l'âge des participants. Pour chaque échelle, l'indice évaluant le raisonnement a été choisi : l'indice de « raisonnement fluide » du WISC-V, (Wechsler, 2014a) et de la WPPSI-IV (Wechsler, 2014b), l'indice de « raisonnement perceptif » du WISC-IV (Wechsler, 2003), le « quotient intellectuel de performance » de la WPPSI-III (Wechsler, 2002), l'échelle des « processus simultanés » du K-ABC II (Kaufman & Kaufman, 2004), et le domaine de la « cognition préverbale » du PEP-III (Schopler, 1990).

La sévérité du TSA a été évaluée au travers de la SRS-2 (Social Responsiveness Scale) (Constantino & Gruber, 2012). Cette échelle d'évaluation de 65 items a été choisie pour ses modalités de passation. En effet, c'est un questionnaire complété par les parents, permettant d'évaluer l'intensité de la symptomatologie TSA plus rapidement qu'au travers de l'ADOS 2 qui nécessite une observation clinique. De plus, cette échelle permet d'obtenir une note par sous-domaine permettant de comparer les caractéristiques cliniques de chaque groupe. La traduction et la standardisation en français sont en cours de réalisation par l'équipe du projet d'ELENA (CHU de Montpellier). La standardisation américaine a donc été utilisée pour cette étude.

3.3 Article : TIS et relation avec l'attention chez les enfants TSA, TDAH,

TSA+TDAH et typique (manuscrit soumis pour publication)

Au travers de l'étude 2, ayant fait l'objet d'un article intitulé « Sensory processing related to attention in children with ASD, ADHD, or typical development : Results from the ELENA Cohort » (manuscrit soumis pour publication), nous nous interrogeons sur le caractère spécifique du TIS atypique dans le TSA et de leur présence dans le TDAH.

Sensory processing related to attention in children with ASD, ADHD, or typical development: Results from the ELENA Cohort

AUTHOR NOTE

Florine Dellapiazza^{1,2,3}, Cécile Michelon¹, Christelle Vernhet^{1,2,3}, Filippo Muratori⁴, Nathalie Blanc³, Marie-Christine Picot⁵ and Amaria Baghdadli^{1,2,6} for ELENA study group*

¹ Department of Psychiatry and Autism Resources Center, University Research and Hospital Center (CHU) of Montpellier, 34000, France.

² Centre de Recherche en Épidémiologie et Santé des Populations, U1178, INSERM, Paris, France.

³ Univ Paul Valéry Montpellier 3, Univ. Montpellier, EPSYLON EA 4556, F34000, Montpellier, France.

⁴ Department of Developmental Neuroscience, IRCCS Fondazione Stella Maris, Pisa, Italy

⁵ Department of Medical Information, University Hospital, Montpellier, France.

⁶ School of Medicine, Montpellier University, France

*ELENA STUDY GROUP: Pr Amaria Baghdadli, Dr Catherine Chabaux, Dr Clarisse Chatel, Pr David Cohen, Dr Emmanuel Damville, Dr Marie-Maude Geoffray, Pr Ludovic Gicquel, Pr Renaud Jardri, Dr Thierry Maffre, Dr Alexandre Novo, Dr Roxane Odoyer, Dr Marie-Joëlle Oreve, Dr Didier Périssé, Pr François Poinso, Dr Julien Pottelette, Dr Laurence Robel, Pr Catherine Rolland, Dr Marie Schoenberger, Dr Sylvie Serret, Dr Sandrine Sonié, Pr Mario Speranza and Dr Stéphanie Vespérini.

Correspondence to:

Amaria Baghdadli, Centre Ressources Autisme, CHU Montpellier, 39 Avenue Charles Flahaut, 34295 Montpellier cedex 05, France. Tel: +33467330986, Fax: +33467330832, E-mail: rech-clinique-autisme@chu-montpellier.fr

Abstract

Autism-spectrum disorder (ASD) and attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD) are early neurodevelopmental conditions that share clinical characteristics, raising important issues in clinical diagnosis. We aimed to compare 1) sensory processing in four groups of children: ASD alone, ASD+ADHD, ADHD alone, and typical development (TD) and 2) the association between sensory processing and attention in the three groups with neurodevelopmental disorders. Our sample included 120 children aged from six to 12 years divided into four groups: ASD alone (N=43), ASD+ADHD (N=18), ADHD alone (N=28), and TD (N=31). Atypical sensory processing was more frequent in ASD and/or ADHD than in TD, without a significant difference between ASD and ADHD. However, the variance analysis of attention problems revealed differences between the ADHD and ASD groups. Thus, atypical sensory processing cannot be considered during the diagnosis process as a specific clinical marker of a particular neuro-developmental disorder.

Keywords autism spectrum disorders, attention deficit disorder, sensory processing, attention, children.

Introduction

Autism-spectrum disorder (ASD) and attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD) are neurodevelopmental disorders often associated with unusual responses to sensory stimulations [1]–[3]. ASD is defined by impairments in communication and socialization, associated with a pattern of repetitive behaviours and restricted interests [4] and ADHD is characterized by a persistent pattern of inattention and/or hyperactivity, and impulsivity [4]. The prevalence of ASD is estimated to be approximately one child in 68 [5] and the prevalence of ADHD is estimated to 7.2% [6].

There is an important overlap between the symptoms of ASD and ADHD [7]–[9], with 30 to 80% of children with ASD exhibiting significant co-occurring symptoms of ADHD [10], [11]. In addition, 20 to 50% of children with ADHD show ASD-related symptoms [11]. Furthermore, since the publication of DSM-5, the ASD and the ADHD are comorbid conditions that can coexist [4]. This comorbidity is found in 17.3% of pre-schoolers with ASD [12]. However, children with only ASD or ADHD can have similar clinical profiles [13], [14]. Thus, the differential diagnosis between the two conditions can raise important issues for clinicians and it is essential to better understand the clinical overlap by comparing the clinical profiles, including responses to sensory stimulation [3], [15].

Sensory information has to be selected from the environment and processed by the brain to produce an adapted behavioural response [16]. According to Dunn's model, reactivity to sensory stimulation can vary, depending on the individual and neurological threshold. Such neurological processes, called sensory processing (SP), can be disturbed, leading to two categories of atypical SP [17]. A high neurological threshold is involved in hypo-reactivity to sensory stimulation, whereas hyperreactivity involves a low neurological threshold, with all sensory modalities (visual, auditory, tactile, olfactory, taste, vestibular, and proprioceptive) potentially affected. Atypical SP is found in 12% of children in the general population [18] and requires strategies to adapt their behaviour to daily life.

Among neuro-developmental disorders, ASD is the most often associated with atypical SP. Thus, hyper- and hypo-reactivity to sensory stimulation are crucial diagnostic criteria of ASD [4]. In addition, findings from the ELENA cohort show that the prevalence of atypical SP in children with ASD ranges from 82 to 97% independently of age and cognitive level [19]. Atypical SP is also frequently reported in ADHD [20]. Approximately 50% of children with ADHD have atypical SP [21] and present distinct atypical SP in all modalities [22]. A study found that ADHD traits are related to SP and can predict them in the general population,

suggesting that SP may be part of the ADHD phenotype [15]. Another study found that children with ASD and comorbid ADHD presented more atypical SP than children with ADHD alone [23]. In addition, similar frequencies and patterns of atypical SP in ASD alone and ADHD alone relative to TD have been reported [1], [2]. However, children with ASD had more atypical oral processing and children with ADHD more atypical visual processing [2]. Atypical neural reactions in ASD and ADHD are found to be related to visual and auditory processing [7]. Another study found more atypical touch processing among both children with ADHD and those with ASD+ADHD than among children with TD [3]. Consequently, it was not possible to draw conclusions concerning SP patterns and more studies are needed to better characterize and investigate the role of SP in the clinical presentation of these disorders.

Although problems of attention are core signs of ADHD, they are also common in ASD [24]. A review on the overlap of symptoms between ASD and ADHD highlighted that attention problems are highly common between these two disorders but possibly related to divergent mechanisms [9]. However, very few studies have examined the links between inattention symptoms and SP in ASD [25]. Atypical SP in ASD are predicted by inattention described through parental questionnaires [26], [27]. Moreover, in ASD, SP difficulties appear to be associated with attention problems [28]. In the general population, ADHD traits are associated with sensory sensitivity [15]. In ADHD, atypical SP is associated with inattention and distractibility [1], [22]. These findings suggest that atypical SP could be related to attention problems in both ASD and ADHD.

SP needs to be compared in ASD and ADHD to identify specific patterns. Moreover, the role of SP in problems of attention has to be investigated to better understand mechanisms and target interventions.

We aimed first to compare SP in four groups of children: with ASD alone, with ASD+ADHD, with ADHD alone, and with TD. The second aim was to compare the association between SP and attention in children with ASD alone, ASD+ADHD, and ADHD alone. We hypothesized that atypical SP occurs more frequently in children with ASD alone, ASD+ADHD, and ADHD alone than those with TD, and that children with ASD+ADHD have more atypical SP than those with ASD alone or ADHD alone. We also expected that children with atypical SP would have more severe problems of attention.

Methods

Participants

The current study included 120 participants aged from six to 12 years, divided into four groups:

The ASD group (N = 43) was recruited from the ELENA cohort (study protocol under submission; <http://elena-cohorte.org/>), a large, open, multicentre, longitudinal, prospective study. Included children have a validated diagnosis of ASD established by a multidisciplinary team using a standardized process, including the Autism Diagnostic Observation Schedule 2 (ADOS 2: Lord et al., 2012) and Autism Diagnostic Interview-Revised (ADI-R: Le Couteur, Lord, & Rutter, 2003), administered by licensed and trained psychologists. For this study, we excluded children with genetic syndromes (as they commonly exhibit atypical sensory reactions), a cognitive level under 80, or an ADHD diagnosis according to DSM-5 criteria [4].

The ASD+ADHD group (N = 18) was also recruited from the ELENA cohort and the diagnostic process was the same as for the ASD group. They also had a diagnosis of ADHD established by a multidisciplinary team according to DSM-5 criteria [4]. We also excluded children with genetic syndromes and a cognitive level under 80.

The ADHD group (N = 28) was recruited from the Department of Child and Adolescent Psychiatry of the University Hospital of Montpellier during parental therapeutic groups or child psychiatric consultations. Experienced child psychiatrists diagnosed children with ADHD according to the DSM-5 criteria and excluded the diagnosis of ASD [4]. The exclusion criterion was to have received treatment by medication for attention problems.

The TD group (N = 31) consisted of children in mainstream school, without any medical history of neurodevelopmental disorders, matched for age and gender with the other clinical groups.

Exclusion criteria for all groups were children with “blindness” or an “auditory deficit”.

Measures

Sensory processing (SP) was assessed using the long-form of the Sensory Profile [17]. This 125-item parental questionnaire focuses on daily-life sensory responses in children aged from three to 11 years. The results are given according to four quadrants which summarize behavioural responses to sensory stimulation in four

profiles: sensory-seeking, low-registration, sensory-avoiding, and sensory-sensitivity. The results can also be presented according to each sensory modality (auditory, visual, vestibular, oral, touch, and multisensory sections). Frequencies are recorded on a five-point Likert scale. Lower Sensory Profile scores imply greater SP difficulties. Atypical scores were defined in this study by probable and definite difference as scores over 1 to 2 standard deviations from the norm (less and much less than the other). Internal consistency of the Sensory Profile ranged from 0.70 to 0.90 and internal validity correlations from 0.25 to 0.76 [17].

Attention problems were assessed using the CBCL form [31], a norm-referenced measure exploring a wide range of emotional and behavioural disorders in children aged from six to 18 years. There are 10 items focusing on attention problems. Parents completed items on a three-point Likert scale, which provides raw scores. They were transformed into T-scores based on published norms: T-scores above 70 were considered to be indicative of clinical impairment for attention problem syndrome. Internal consistency ranged from 0.72 to 0.91, the interrater reliability from 0.63 to 0.88, and the test-retest reliability was 0.90 [31].

The Non-verbal cognitive level was assessed from psychometric scales, depending on the age of each participant. The non-verbal cognitive level was estimated from the “fluid reasoning” of the WISC-V (n = 21) [32] and the WPPSI-IV (n = 4) [33], “perceptual reasoning” of the WISC-IV (n = 42) [34], “performance IQ” of the WPPSI-III (n = 4) [35], “simultaneous process” of the K-ABC II (n = 4) [36], or “cognitive verbal/pre-verbal” of the PEP-III (n = 1) [37]. Overall, the non-verbal cognitive level was assessed for 76 children.

Autism symptomatology was assessed using the SRS-2 [38], which assesses ASD-related symptoms. This scale assesses: social awareness (ability to pick up on social cues), social cognition (ability to interpret social cues), social communication (includes expressive social communication), social motivation (motivated to engage in social communication), and restricted interests and repetitive behaviours (includes stereotypic behaviour) of children aged four to 18 years. Each of the 65 items was rated on a four-point scale ranging from 1 (Not True) to 4 (Almost Always True). The Total composite score (T) was used to assess the severity of symptoms, with a T \geq 76 in the severe range, 66 to 75 in the moderate range, 60 to 65 in the mild range, and \leq 59 within normal limits.

A standardized questionnaire was used to collect the following information concerning the children: date of birth, presence of other neurodevelopmental disorders, presence of sensory deficit, and medication for attention problems.

Procedure

Parents of the children recruited in the ELENA cohort completed questionnaires electronically (CBCL, SRS-2, and Sensory Profile) on a web database. Parents of the children of the ADHD and TD groups completed paper questionnaires in the same order and returned them personally or by mail. The intellectual level of the children included in the ELENA cohort (ASD and ASD+ADHD groups) and those with ADHD were performed during the diagnostic process. The intellectual level of the TD children was not assessed but information on their class level in school was collected and corresponded to their age. Informed consent forms were completed by all parents and data were anonymized.

Data analyses

Descriptive statistics were calculated to characterize each group. Intergroup comparisons were conducted by ANOVA for parametric variables and the Kruskal-Wallis test for non-parametric parameters. In case of significant differences, a Bonferroni correction was applied for 2-by-2 comparisons. The association between the Sensory Profile questionnaire and attention problems in each group were analysed using Pearson's or Spearman's correlation coefficient. Multiple linear regression analysis was performed for the ASD and ADHD groups using the attention score as the dependent variable and age, non-verbal cognitive level, and sensory-seeking score (and low-registration score for ADHD) as independent variables. Linearity was assessed by a plot of studentized residuals against the predicted values. A Durbin-Watson test statistic of 1.8 (for the ASD group) and 2.3 (for the ADHD group) showed independence of residuals. Other assumptions required for multiple regression (*e.g.*, no multicollinearity, normality, homoscedasticity, etc.) were met. The goodness-of-fit (GOF) measure, consisting of the adjusted R^2 , was used to assess the adequacy of the fitted model. Statistical analyses were performed using SAS 9.3 software. A two-sided $p < 0.05$ was considered to be statistically significant.

Results

A total of 120 participants were enrolled in the study. Their mean age was 9.2 years (SD = 1.8). The clinical characteristics of each group are reported in Table 1. Intergroup comparisons showed no difference according to gender, age, or nonverbal cognitive level (all $p > 0.05$). Males made up 61.3% of the TD group and 82.1% of the ADHD alone, 83.3% of the ASD+ADHD, and 86% of the ASD alone groups. However, there were significant differences in ASD-related symptoms between the groups as assessed by the SRS-2. *Post hoc* analysis showed

that the three groups with neurodevelopmental disorders had higher total scores on the SRS-2 and higher scores for all subscales than the TD group ($p < 0.05$). As expected, the ADHD group showed a lower total SRS-score and lower social cognition and restrictive interest and repetitive behaviour scores than the ASD and ASD+ADHD groups ($p < 0.05$). There were four participants in the ASD+ADHD group and two participants in the ASD group who received treatment for attention problems. These participants were similar to others of their clinical group for age, non-verbal cognitive level, and score for the Sensory Profile (all $p > 0.05$).

Table 1. Clinical characteristics of each group and intergroup comparison

	ASD n = 43	ASD+ADHD n = 18	ADHD n = 28	TD n = 31	p-value	<i>Post hoc</i> test
<i>Children's characteristics</i>	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)		
Chronological age	9.4 (1.9)	8.7 (1.8)	9.2 (1.8)	9.3 (1.6)	0.61	
Non-verbal IQ	103.6 (14.3)	103.5 (15.9)	109.0 (16.2)	-	0.46	
TOTAL SRS-2	94.2 (15.0)	98.0 (12.5)	74.8 (27.6)	20.6 (11.2)	0.0001	TD<ADHD<ASD+ADHD,ASD*
Social awareness	10.1 (2.4)	10.6 (2.9)	10.0 (3.9)	4.2 (2.6)	0.0001	TD<ALL
Social cognition	18.7 (3.9)	18.7 (3.4)	13.6 (5.6)	3.9 (2.7)	0.0001	TD<ADHD<ASD+ADHD,ASD
Social communication	31.7 (6.1)	32.3 (5.0)	24.9 (10.9)	6.4 (4.2)	0.0001	TD<ALL; ADHD <ASD
Social motivation	13.5 (3.1)	15.2 (2.8)	12.1 (4.4)	4.0 (2.6)	0.0001	TD<ALL; ADHD<ASD+ADHD
RIRB	20.2 (5.6)	22.0 (5.3)	14.2 (7.4)	2.2 (2.5)	0.0001	TD<ADHD<ASD+ADHD,ASD
Attention problems	8.7 (4.0)	12.0 (4.4)	12.3 (3.8)	1.7 (2.0)	0.0001	TD<ASD<ADHD, ASD+ADHD

ASD, autism spectrum disorder; ADHD, attention deficit hyperactivity disorder; ASD+ADHD, comorbidity form; TD, typical development; ALL, all other groups; RIRB, restricted interests and repetitive behaviors.* *e.g.* The TD Total SRS score is lower than that of all other groups and the score for the ADHD group is lower than that of the ASD and ASD+ADHD groups.

Prevalence of atypical sensory processing

The prevalence of atypical scores on the Sensory Profile for each group is reported in Table 2. Depending on the quadrant, more than the half of the three groups with neurodevelopmental disorders showed atypical SP: from 56.8 to 92.5% in the ASD group, 61.1 to 80.0% in the ASD+ADHD group, and 57.1 to 71.4% in the ADHD group, compared to 0.0 to 9.7% in the TD group. Depending on the sensory modality (sections), the three groups with neurodevelopmental disorders showed a high percentage of atypical auditory processing: 84.6% in the ASD+ADHD, 75.0% in the ADHD, and 51.2% in the ASD groups.

Description and intergroup comparison of sensory processing

The intergroup comparisons of Sensory Profile scores are reported in Table 2. There were significant differences between the groups for the quadrants and all sections of the Sensory Profile ($p < 0.0001$). *Post hoc* analysis of

the quadrants showed the three groups with neurodevelopmental disorders to have significantly more atypical SP than the TD group ($p < 0.05$). There were significant intergroup differences for the Sensation-Avoiding quadrant between the three groups with neurodevelopmental disorders ($p < 0.05$). Indeed, the ASD and ASD+ADHD groups showed greater atypical SP than the ADHD group ($p < 0.05$). *Post hoc* analysis of the sections of the Sensory Profile showed that the three groups with neurodevelopmental disorders showed significantly more atypical SP than the TD group ($p < 0.05$) (except for oral processing, for which the TD group score was similar to that of the ASD+ADHD group). There were also significant differences in auditory processing and multisensory processing, with the ASD+ADHD group showing more atypical SP than the ASD alone group ($p < 0.05$).

Table 2. Percentage of atypical score and intergroup comparison mean score on quadrants and sections of the Sensory Profile.

	ASD n = 43		ASD+ADHD n = 18		ADHD n = 28		TD n = 31		p-value	Post hoc test
	Mean (SD)	% Atypical SP	Mean (SD)	% Atypical SP	Mean (SD)	% Atypical SP	Mean (SD)	% Atypical SP		
<i>Quadrant</i>										
Low registration	57.2 (11.1)	58.1%	54.4 (10.3)	77.8%	59.5 (8.0)	71.4%	72.3 (4.6)	6.5%	0.0001	TD>ALL
Sensation seeking	100.2 (14.4)	56.8%	96.3 (20.7)	61.1%	95.0 (15.8)	67.9%	118.0 (10.4)	9.7%	0.0001	TD>ALL
Sensory sensitivity	74.8 (12.6)	60.0%	73.5 (11.2)	76.9%	78.2 (9.5)	57.9%	93.4 (5.5)	0.0%	0.0001	TD>ALL
Sensation avoiding	94.5 (15.6)	92.5%	89.6 (18.9)	80.0%	106.9 (12.2)	64.3%	128.7 (7.4)	0.0%	0.0001	TD>ADHD>ASD+ADHD,ASD
<i>Section</i>										
Auditory processing	26.3 (5.6)	51.2%	20.0 (6.0)	84.6%	24.4 (4.8)	75.0%	36.8 (2.9)	0.0%	0.0001	TD>ALL; ASD>ASD+ADHD
Visual processing	32.0 (7.6)	39.0%	31.4 (5.6)	64.3%	35.2 (6.1)	17.9%	41.5 (3.4)	3.2%	0.0001	TD>ALL
Vestibular processing	45.4 (6.8)	26.8%	43.3 (6.4)	31.3%	43.5 (7.0)	35.7%	51.6 (3.4)	0.0%	0.0001	TD>ALL
Touch processing	69.6 (13.6)	51.3%	68.9 (10.6)	56.3%	75.9 (8.6)	21.4%	85.2 (4.3)	0.0%	0.0001	TD>ALL
Multisensory processing	27.0 (4.1)	39.5%	24.4 (3.3)	70.6%	25.0 (3.8)	57.1%	32.7 (2.7)	3.2%	0.0001	TD>ALL; ASD>ASD+ADHD
Oral sensory processing	47.4 (10.2)	37.5%	50.9 (10.5)	11.1%	48.5 (9.5)	25.0%	54.7 (7.1)	9.7%	0.002	TD>ASD, ADHD

ASD, autism spectrum disorder; ADHD, attention deficit hyperactivity disorder; TD, typical development; ASD+ADHD, comorbidity form; ALL, all other groups.

Association between sensory processing and attention problems

Significant correlations between the Sensory Profile and attention problems scores for the ASD, ADHD, and ASD+ADHD groups are reported in Table 3. Children of all groups who presented more atypical multisensory processing also showed more attention problems. Only children of the ASD group who had atypical touch processing also presented more attention problems. Children of the ADHD and ASD+ADHD groups with higher vestibular processing scores also had more attention problems. The increase of atypical sensory seeking in the ASD and ADHD groups was associated with greater attention problems.

Table 3. Correlations between the Sensory Profile and attention problems scores among children of the ASD, ADHD, and ASD+ADHD groups.

	ASD n =43		ASD+ADHD n = 18		ADHD n = 28	
	r	p	r	p	r	p
<i>Quadrant</i>						
Low registration	-0.12	0.49	-0.29	0.3	-0.46	0.01
Sensation seeking	-0.56	0.001	-0.51	0.06	-0.57	0.001
Sensory sensitivity	-0.25	0.2	-0.42	0.22	-0.33	0.09
Sensation avoiding	-0.15	0.4	-0.43	0.19	-0.35	0.06
<i>Section</i>						
Auditory processing	-0.42	0.02	-0.03	0.93	-0.47	0.01
Visual processing	-0.28	0.11	-0.50	0.14	-0.12	0.55
Vestibular processing	-0.20	0.25	-0.74	0.005	-0.64	0.0002
Touch processing	-0.46	0.007	-0.52	0.08	-0.22	0.25
Multisensory processing	-0.51	0.002	-0.60	0.03	-0.40	0.03
Oral sensory processing	-0.23	0.19	-0.16	0.59	-0.19	0.33

ASD, autism spectrum disorder; ADHD, attention deficit hyperactivity disorder; ASD+ADHD, comorbidity form.

We performed two multiple linear regressions for the ADHD and ASD groups for significant associations found by univariate analysis. For the ADHD group, the results of the regression provided a significant model ($p = 0.0009$) that explained 64% of the variance of the attention score and the intercept was significant ($\beta_0 = 35.8$; $p < 0.0001$). The non-verbal cognitive level and the sensory-seeking profile had a negative effect on the attention score; such that the attention score decreased when the non-verbal cognitive level increased by one-unit ($\beta_1 = -0.12$; $p < 0.01$) as well as that of the sensory-seeking profile ($\beta_2 = -0.10$; $p < 0.02$). For the ASD group, the results of the regression provided a significant model ($p = 0.0028$) which explained 30% of the variance of the attention score and the intercept was significant ($\beta_0 = 31.09$; $p < 0.0001$). There was no effect of the non-verbal

cognitive level ($\beta 1 = -0.07$; $p = 0.09$), but the attention score decreased when the sensory-seeking profile increased by one-unit ($\beta 2 = -0.16$; $p = 0.0011$).

Discussion

The results confirm that atypical SP is more frequent in children with ASD and/or ADHD than those with TD, in accordance with the literature [1]. Thus, atypical SP in children can be a non-specific marker of multiple neurodevelopmental conditions. Indeed, atypical SP was highly frequent in both ADHD and ASD children and more similar than expected. In addition, the two conditions only differed for one profile, atypical avoidance being more severe in ASD alone than in ADHD alone. Atypical sensory seeking was related to attention problems and explained a large proportion of them in the ADHD group and a smaller proportion in the ASD group.

Although atypical SP is widely studied in ASD and currently used as a core diagnostic criteria, it is just beginning to be investigated in ADHD. Our findings suggest that atypical SP is more similar and frequent than expected in ASD and ADHD, and reinforce recent published results [1], [2]. Moreover, diagnoses based on SP results in the misclassification of children with ASD or ADHD in 45.9% of cases [1], supporting the findings of an overlap between the symptoms of these two disorders [9], [13]. Consequently, in clinical practice, the presence of atypical SP cannot help in the differential diagnosis between ASD and ADHD, and further studies are needed to determine to what extent atypical SP is also present in other developmental disorders.

In our sample, the avoiding-sensation profile was more severe in children with ASD (with or without ADHD) than those with ADHD alone. In addition, studies of the general population have shown that avoidance behaviours are associated with anxiety [39], whereas hyper-reactivity to sensory stimuli is related to anxiety in ASD [40], [41]. Thus, it is possible that children with ASD resort to more avoidance behaviour strategies to manage their hyper reactivity to sensory stimulation than children with ADHD.

As expected, children with ASD and comorbid ADHD presented more overall atypical SP than those with ASD alone or ADHD alone, in accordance with previous studies [3]. Moreover, psychiatric comorbidities can be observed early in the life in pre-schoolers and are more severe [12]. This result reinforces the necessity to investigate the presence of comorbid ADHD during the diagnostic process of ASD to provide specific support and intervention.

Our results suggest that most of the attention problems of children with ADHD alone is related to the presence of an atypical sensory-seeking profile and a lower cognitive level. We also found this to be true for children with ASD, but most of their attention problems were unexplained by the regression model. Moreover, patterns of sensory seeking (especially for the vestibular sensory modality) were negatively associated with attention problems in ADHD children, consistent with the results of a previous study [22], suggesting that body movement symptoms, such as motor hyperactivity in ADHD, can be interpreted as vestibular stimulation seeking. Thus, the role of atypical SP on ADHD symptoms, especially motor hyperactivity and inattention, needs to be further investigated. The effect of treatment that focuses on atypical SP in ADHD could also be considered, as we found that atypical SP increased attention problems in ADHD.

We found auditory SP to be the sensory dimension that was the most affected in the groups with neurodevelopmental disorders. In addition, auditory SP was more disturbed in children with ASD and comorbid ADHD than in those with ASD alone, as reported in another study [3]. Atypical SP was associated with more attention problems but with intergroup and sensory-modality differences. We also found a trend for a link between atypical multisensory processing and greater attention problems for all clinical groups. Greater attention problems were associated with tactile SP in the ASD group alone and vestibular SP in the ADHD and comorbid groups. Atypical sensory seeking predicted more attention problems for the ASD alone and ADHD alone groups. These findings are concordant with those of a study demonstrating that children with ASD had greater physical reactivity and worse cognitive performance in a noisy environment than TD children [42]. We believe that these results underline the need to assess SP and manage the environment to limit the negative impact of SP and improve children's attention skills, especially at school. Moreover, a study showed that atypical SP in the early life of children with ASD predicts their later social impairment, as this association is mediated by social attention and children with atypical SP are less sensitive to social stimulation [43]. The authors suggested that atypical SP influences attention skills from early development. Future studies need to focus on SP and the role of attention in ADHD during early development.

An important strength of our study was the comparison of our clinical groups with a TD group matched for age and gender. Also, children with ASD alone or ASD+ADHD recruited from the ELENA cohort were rigorously diagnosed and children with ADHD alone were also thoroughly diagnosed. Finally, SP was assessed with a validated and standardized tool. Nevertheless, our study had several limitations. First, data on SP were collected from parental questionnaires and not direct examinations, as is common practice in published studies. However,

positive correlations have been found between direct measures and parental reporting of behaviour using the Sensory Profile [17]. Second, we selected children who were not receiving medication for attention problems for the ADHD group and thus the disorder may have been of lower severity than that of the general patient population. However, the results were statistically significant, despite this potential bias. Finally, the sample size of ASD+ADHD group was limited, and for this reason, regression analysis were not performed for this group.

In conclusion, our findings confirm that atypical SP is more frequent in children with neurodevelopmental disorders than children with TD. In addition, we found that atypical SP was as prevalent in ASD as ADHD. Thus, atypical SP cannot be considered as a specific clinical marker during the diagnostic process of a particular neuro-developmental condition but rather a reflection of an underlying atypical neurological process. Consequently, SP has to be systematically explored in children with neurodevelopmental disorders and not only in those suspected of having ASD in order to propose specific supports. Indeed, atypical SP contributes to attention problems in ASD, but even more so in ADHD, highlighting the need for further studies to better understand the underlying processes to better adapt treatment and the sensory environment. Especially, it is important to take into account the child's sensory characteristics in learning setting and their potential negative impact on attention in order to adapt environment and propose psychoeducational strategies.

Author contributions

FD conceived of the study, contributed in collection, analysis, and interpretation of the data and drafted the manuscript; AB is the PI of ELENA cohort, she also participated in the design of the current study, drafted the work and revised it critically for main intellectual content; CV participated in the design of the study and contributed to revised it critically. CM and M-C P analyzed and interpreted data; FM and NB revised critically the final manuscript. All authors read and approved the final version to be published.

Funding

This research received support from the French Health Ministry (DGOS) and CNSA. Additional support was provided by the CHU of Montpellier (AOI). The funders had no role in study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

Compliance with Ethical Standards

Conflict of Interest

The authors have no conflict of interest to declare.

Ethical Approval

The study and informed consent procedure have been approved by the Ethics Committee on the Research of Human Subjects at Marseille Mediterranean (CNIL. number DR-2015-393).

Informed consent

Signed informed consent is obtained from all participating families.

Reference

- [1] P. P. P. Cheung et A. M. H. Siu, « A comparison of patterns of sensory processing in children with and without developmental disabilities », *Res. Dev. Disabil.*, vol. 30, n° 6, p. 1468- 1480, déc. 2009.
- [2] L. M. Little, E. Dean, S. Tomchek, et W. Dunn, « Sensory Processing Patterns in Autism, Attention Deficit Hyperactivity Disorder, and Typical Development », *Phys. Occup. Ther. Pediatr.*, vol. 38, n° 3, p. 243- 254, 2018.
- [3] P. Sanz-Cervera, G. Pastor-Cerezuela, F. González-Sala, R. Tárraga-Mínguez, et M.-I. Fernández-Andrés, « Sensory Processing in Children with Autism Spectrum Disorder and/or Attention Deficit Hyperactivity Disorder in the Home and Classroom Contexts », *Front. Psychol.*, vol. 8, p. 1772, 2017.
- [4] American Psychiatric Association, *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*, 5th éd. Arlington, VA: American Psychiatric Publishing, 2013.
- [5] D. L. Christensen *et al.*, « Prevalence and characteristics of autism spectrum disorder among 4-Year-Old children in the autism and developmental disabilities monitoring network », *J. Dev. Behav. Pediatr. JDBP*, vol. 37, n° 1, p. 1- 8, janv. 2016.
- [6] R. Thomas, S. Sanders, J. Doust, E. Beller, et P. Glasziou, « Prevalence of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A Systematic Review and Meta-analysis », *Pediatrics*, vol. 135, n° 4, p. e994- e1001, avr. 2015.
- [7] A. Lau-Zhu, A. Fritz, et G. McLoughlin, « Overlaps and distinctions between attention deficit/hyperactivity disorder and autism spectrum disorder in young adulthood: Systematic review and guiding framework for EEG-imaging research », *Neurosci. Biobehav. Rev.*, vol. 96, p. 93- 115, 2019.
- [8] G. Russell, L. R. Rodgers, O. C. Ukoumunne, et T. Ford, « Prevalence of Parent-Reported ASD and ADHD in the UK: Findings from the Millennium Cohort Study », *J. Autism Dev. Disord.*, vol. 44, n° 1, p. 31- 40, janv. 2014.
- [9] J. C. Visser, N. N. J. Rommelse, C. U. Greven, et J. K. Buitelaar, « Autism spectrum disorder and attention-deficit/hyperactivity disorder in early childhood: A review of unique and shared characteristics and developmental antecedents », *Neurosci. Biobehav. Rev.*, vol. 65, p. 229- 263, juin 2016.
- [10] M. J. Murray, « Attention-deficit/Hyperactivity Disorder in the Context of Autism Spectrum Disorders », *Curr. Psychiatry Rep.*, vol. 12, n° 5, p. 382- 388, oct. 2010.
- [11] J. M. J. van der Meer *et al.*, « Are autism spectrum disorder and attention-deficit/hyperactivity disorder different manifestations of one overarching disorder? Cognitive and symptom evidence from a clinical and population-based sample », *J. Am. Acad. Child Adolesc. Psychiatry*, vol. 51, n° 11, p. 1160-1172.e3, nov. 2012.
- [12] F. Muratori *et al.*, « Parental Perspectives on Psychiatric Comorbidity in Preschoolers With Autism Spectrum Disorders Receiving Publicly Funded Mental Health Services », *Front. Psychiatry*, vol. 10, 2019.
- [13] J. K. Kern, D. A. Geier, L. K. Sykes, M. R. Geier, et R. C. Deth, « Are ASD and ADHD a Continuum? A Comparison of Pathophysiological Similarities Between the Disorders », *J. Atten. Disord.*, vol. 19, n° 9, p. 805- 827, sept. 2015.
- [14] S. D. Mayes, S. L. Calhoun, R. D. Mayes, et S. Molitoris, « Autism and ADHD: Overlapping and Discriminating Symptoms », *Res. Autism Spectr. Disord.*, vol. 6, n° 1, p. 277- 285, 2012.
- [15] M. Panagiotidi, P. G. Overton, et T. Stafford, « The relationship between ADHD traits and sensory sensitivity in the general population. », *Compr. Psychiatry*, vol. 80, p. 179- 185, janv. 2018.
- [16] A. J. Ayres, *Sensory integration and the child*. Los Angeles: Western Psychological Services, 1979.
- [17] W. Dunn, *The Sensory Profile: User's manual*. San Antonio, TX: Psychological Corporation, 1999.

- [18] J. N. Adams, H. M. Feldman, L. C. Huffman, et I. M. Loe, « Sensory processing in preterm preschoolers and its association with executive function », *Early Hum. Dev.*, vol. 91, n° 3, p. 227- 233, mars 2015.
- [19] F. Dellapiazza, C. Vernhet, N. Blanc, S. Miot, R. Schmidt, et A. Baghdadli, « Links between sensory processing, adaptive behaviours, and attention in children with autism spectrum disorder: A systematic review », *Psychiatry Res.*, vol. 270, p. 78- 88, sept. 2018.
- [20] A. Ghanizadeh, « Sensory Processing Problems in Children with ADHD, a Systematic Review », *Psychiatry Investig.*, vol. 8, n° 2, p. 89- 94, juin 2011.
- [21] A. Mimouni-Bloch, H. Offek, S. Rosenblum, I. Posener, Z. Silman, et B. Engel-Yeger, « Association between sensory modulation and daily activity function of children with attention deficit/hyperactivity disorder and children with typical development », *Res. Dev. Disabil.*, vol. 83, p. 69- 76, déc. 2018.
- [22] V. T. Shimizu, O. F. A. Bueno, et M. C. Miranda, « Sensory processing abilities of children with ADHD », *Braz. J. Phys. Ther.*, vol. 18, n° 4, p. 343- 352, 2014.
- [23] C. Mattard-Labrecque, L. Ben Amor, et M. M. Couture, « Children with Autism and Attention Difficulties: A Pilot Study of the Association between Sensory, Motor, and Adaptive Behaviors », *J. Can. Acad. Child Adolesc. Psychiatry J. Acad. Can. Psychiatr. Infant Adolesc.*, vol. 22, n° 2, p. 139- 146, mai 2013.
- [24] M. J. Konst, J. L. Matson, R. Goldin, et R. Rieske, « How does ASD symptomology correlate with ADHD presentations? », *Res. Dev. Disabil.*, vol. 35, n° 9, p. 2252- 2259, sept. 2014.
- [25] A. Mannion et G. Leader, « Comorbidity in autism spectrum disorder: A literature review », *Res. Autism Spectr. Disord.*, vol. 12, n° 7, p. 1595- 1616, 2013.
- [26] J. Ashburner, J. Ziviani, et S. Rodger, « Sensory processing and classroom emotional, behavioral, and educational outcomes in children with autism spectrum disorder », *Am. J. Occup. Ther.*, vol. 62, n° 5, p. 564- 573, sept. 2008.
- [27] P. Sanz-Cervera, G. Pastor-Cerezuela, M.-I. Fernández-Andrés, et R. Tárraga-Mínguez, « Sensory processing in children with Autism Spectrum Disorder: Relationship with non-verbal IQ, autism severity and Attention Deficit/Hyperactivity Disorder symptomatology », *Res. Dev. Disabil.*, vol. 45- 46, p. 188- 201, oct. 2015.
- [28] F. E. J. Howe et S. D. Stagg, « How Sensory Experiences Affect Adolescents with an Autistic Spectrum Condition within the Classroom », *J. Autism Dev. Disord.*, vol. 46, n° 5, p. 1656- 1668, mai 2016.
- [29] C. Lord, M. Rutter, P. Di Lavore, S. Risi, K. Gotham, et S. Bishop, *Autism Diagnostic Observation Schedule, Second Edition (ADOS-2) Manual (Part I): Modules 1–4*. Torrance, CA: Western Psychological Services, 2012.
- [30] A. Le Couteur, C. Lord, et M. Rutter, *Autism Diagnostic Interview, Revised (ADI-R)*. Los Angeles, Calif: Western Psychological Services, 2003.
- [31] T. M. Achenbach et C. A. Rescorla, *Manual for the ASEBA school-aged forms and profiles*. Burlington: University of Vermont: Research Center for Children, Youth and Families, 2001.
- [32] D. Wechsler, *WISC-V: Administration and Scoring Manual*. NCS Pearson, Incorporated, 2014.
- [33] D. Wechsler, *WPPSI-IV, échelle d'intelligence de Wechsler pour enfants*. ECPA, 2014.
- [34] D. Wechsler, *Wechsler intelligence scale for children-WISC-IV*. Psychological Corporation, 2003.
- [35] D. Wechsler, *Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence™ - Third Edition (WPPSI™ - III)*. Wechsler, 2002.
- [36] A. Kaufman et N. Kaufman, *Kaufman assessment battery for children: Technical manual (2nd ed.)*. Circle Pines, MN: American Guidance Service, 2004.
- [37] E. Schopler, *Individualized assessment and treatment for autistic and developmentally disabled children.*, Psychoeducational profile revised (PEP-R). 1990.
- [38] J. N. Constantino et C. P. Gruber, *The Social Responsiveness Scale™, Second Edition (SRS™-2)*. Torrance, CA: Western Psychological Services; 2012.

- [39] M. Rudaz, T. Ledermann, J. Margraf, E. S. Becker, et M. G. Craske, « The moderating role of avoidance behavior on anxiety over time: Is there a difference between social anxiety disorder and specific phobia? », *PLOS ONE*, vol. 12, n° 7, p. e0180298, juill. 2017.
- [40] S. A. Green, A. Ben-Sasson, T. W. Soto, et A. S. Carter, « Anxiety and Sensory Over-Responsivity in Toddlers with Autism Spectrum Disorders: Bidirectional Effects Across Time », *J. Autism Dev. Disord.*, vol. 42, n° 6, p. 1112- 1119, juin 2012.
- [41] A. V. Joosten et A. C. Bundy, « Sensory processing and stereotypical and repetitive behaviour in children with autism and intellectual disability », *Aust. Occup. Ther. J.*, vol. 57, n° 6, p. 366- 372, nov. 2010.
- [42] J. M. Keith, J. P. Jamieson, et L. Bennetto, « The Influence of Noise on Autonomic Arousal and Cognitive Performance in Adolescents with Autism Spectrum Disorder », *J. Autism Dev. Disord.*, vol. 49, n° 1, p. 113- 126, janv. 2019.
- [43] C. R. Damiano-Goodwin *et al.*, « Developmental sequelae and neurophysiologic substrates of sensory seeking in infant siblings of children with autism spectrum disorder », *Dev. Cogn. Neurosci.*, vol. 29, p. 41- 53, 2018.

3.4 Synthèse de l'étude 2

L'étude 2 a contribué à enrichir la littérature actuelle concernant la comparaison du TIS entre trois groupes cliniques et un groupe contrôle. Les résultats révèlent que le TIS atypique est plus fréquemment observé chez les enfants présentant un TSA et/ou un TDAH comparativement aux enfants typiques. La prévalence des profils atypiques dans chacun des groupes se situe entre 56.8% et 92.5% chez les TSA, entre 61.1% et 80% chez les TSA associés à un TDAH, entre 57.1 % et 71.4% chez les TDAH et entre 0 et 9.7% chez les enfants typiques. Il a été montré que les groupes TSA et TDAH ne présentent pas de différence significative, révélant ainsi des profils similaires sur le plan du TIS. Toutefois, une différence a été relevée sur le profil « évitement des sensations », pour lequel les enfants TSA et TSA+TDAH présentent davantage de scores atypiques par rapport aux enfants TDAH. Concernant le TIS auditif et multi sensoriel, le groupe TSA+TDAH présente des résultats plus sévères que le groupe TSA.

Nous avons étudié la relation entre le TIS et l'attention dans les 3 groupes cliniques. Le profil « recherche de sensation » et le traitement auditif se sont avérés corrélés à l'intensité de la symptomatologie attentionnelle dans le TSA et le TDAH. Dans le TDAH, le profil atypique en hypo-réactivité est également relié à l'attention, alors que dans le TSA, c'est le TIS tactile qui est relié à l'attention. Dans les groupes TDAH et TSA+TDAH, les scores au TIS vestibulaire sont corrélés négativement aux capacités attentionnelles. Pour les trois groupes, les scores au TIS multi sensoriel sont corrélés négativement avec les scores attentionnels. Le profil « recherche de sensation » et le niveau cognitif non verbal des participants permettent d'expliquer une large part (64%) de la variance des scores attentionnels dans le TDAH et dans une moindre mesure (30%) la variance des scores attentionnels dans le TSA.

En résumé, cette étude met en avant un TIS atypique plus fréquent dans les groupes TSA et/ou TDAH comparativement au groupe typique, sans différence significative entre les groupes TSA et TDAH. Ainsi, le TIS atypique peut être considéré comme un signe d'un développement troublé. Cette première étude qui s'intéresse au lien entre TIS et attention dans ces trois groupes cliniques révèle que le TIS atypique est relié aux difficultés attentionnelles. Ces résultats nécessitent d'être confirmés au travers de nouvelles études. La prise en compte du TIS atypique, notamment dans le milieu scolaire apparaît essentielle afin de proposer des aménagements sensoriels susceptibles de favoriser la mobilisation des ressources attentionnelles.

Chapitre III : Discussion

Les principaux résultats de nos études ont été discutés au sein des deux articles présentés précédemment. Ainsi, nous allons développer la discussion de ce travail de thèse avec une perspective développementale.

1. Discussion générale

1.1 Une prévalence élevée du TIS atypique dans le TSA, de l'enfance à l'âge adulte

Les résultats de l'étude 1 montrent que sur un échantillon de 197 participants, la prévalence des enfants de 3 à 11 ans présentant au moins un profil atypique est estimée à 86.8 % (Dellapiazza et al., 2019). Cette prévalence élevée est en accord avec celle observée dans la revue systématique de la littérature, estimée entre 82 et 97 % (Dellapiazza et al., 2018). Nous avons mis en avant la forte prévalence au cours de l'enfance dans le TSA, mais la présence du TIS atypique est également retrouvée dans la littérature sur le développement précoce de ces enfants (Germani et al., 2014; Zwaigenbaum, Bryson, & Garon, 2013). Chez les nourrissons de 3 à 36 mois qui présenteront un TSA, les parents rapportent dans des questionnaires standardisés plus d'hypo-réactivité, de comportements d'« évitement des sensations » ainsi qu'un TIS atypique tactile, visuel, auditif et vestibulaire (Van Etten et al., 2017). De plus, de possibles marqueurs neurologiques pourraient sous-tendre ce TIS atypique dans le TSA avec une asymétrie sur le plan neuronal relevée à 18 mois (Damiano-Goodwin et al., 2018). Une partie de la littérature s'intéressant aux signes très précoces (avant 12 mois) dans le TSA souligne la présence du TIS atypique comme un marqueur possible du TSA. En effet, alors que les difficultés socio-communicationnelles ne peuvent être considérées qu'à partir de 12 mois, les préoccupations parentales concernant les réactions aux stimulations sensorielles dès l'âge de 6 mois sont prédictives de la présence d'un futur diagnostic de TSA (Sacrey et al., 2015). Chez des nourrissons de 11 à 13 mois à haut et faible risque de développer un TSA, Mulligan et White (2012) ont montré davantage de TIS atypique sur la « recherche de sensation » et le TIS auditif chez ceux qui présenteront un TSA. Au cours de la période de l'adolescence, des études soulignent la persistance du TIS atypique (De la Marche, Steyaert, & Noens, 2012; Howe & Stagg, 2016; Van Etten et al., 2017). En effet, les adolescents ayant un TSA présentent plus d'« évitement des sensations » et moins de « recherche de sensation » comparativement à un groupe contrôle ainsi qu'à leur fratrie (De la Marche et al., 2012). A l'âge adulte, la prévalence de TIS atypique dans le TSA, évaluée par l'auto-questionnaire du Profil Sensoriel, est estimée

à 94.4 % (Crane, Goddard, et Pring, 2009). Une étude a montré des sous-groupes comportant des intensités variables de TIS atypique chez 71 adultes ayant un TSA, ainsi que des différences dans les quatre profils sensoriels comparativement aux typiques (Elwin, Schröder, Ek, Wallsten, & Kjellin, 2017).

Ces données développementales sont en faveur du TIS atypique comme marqueur précoce du TSA. De plus, leur persistance au cours de la vie justifie leur ajout en tant que critère de diagnostic du trouble autistique dans le DSM-5 (American Psychiatric Association, 2013). Par ailleurs, leur présence tout au long du développement appuie la nécessité de s'intéresser à leur impact sur l'adaptation des personnes avec TSA aux différentes étapes de la vie et plus particulièrement au cours de l'enfance.

1.2 Impact du TIS atypique sur les trajectoires adaptatives dans le TSA

Au travers de la revue systématique de la littérature investiguant les liens entre le TIS atypique et les capacités adaptatives dans le TSA, nous avons souligné l'existence de résultats contradictoires (Dellapiazza et al., 2018). Cette diversité des résultats pouvait être attribuée à la variabilité des outils utilisés ainsi qu'à de faibles échantillons. Ainsi, notre première étude réalisée auprès d'un large échantillon d'enfants présentant un diagnostic formel de TSA a permis de montrer des liens entre TIS atypique et les capacités adaptatives au cours de l'enfance. Toutefois, l'étude des trajectoires adaptatives dans le TSA a mis en avant une variabilité des trajectoires (Baghdadli et al., 2018; Fountain, Winter, & Bearman, 2012; Szatmari et al., 2015). Une cohorte canadienne étudiant les trajectoires adaptatives entre 2 et 6 ans a montré une influence du genre, de l'âge au moment du diagnostic, du niveau cognitif et du niveau de langage (Szatmari et al., 2015). A partir d'une cohorte française avec un suivi longitudinal sur 15 ans, d'autres facteurs ont été repérés comme influençant le développement adaptatif comme la sévérité de l'autisme, la présence du langage, la déficience intellectuelle et la présence de comorbidités somatiques et psychiatriques (Baghdadli et al., 2018). Toutefois, ces études ne prennent pas en compte le TIS atypique. De nouvelles recherches s'intéressent à l'impact de la présence dans le développement précoce du TIS atypique sur les trajectoires adaptatives. Récemment, Baranek et al. (2018) ont fait l'hypothèse d'un effet en cascade du TIS atypique sur le développement des capacités adaptatives des enfants présentant un TSA. En effet, ils ont montré qu'au sein d'une population à haut risque de présenter un TSA, les comportements en « recherche de sensation » à 24 mois prédisent les difficultés sociales à 36 mois chez les enfants qui vont développer un TSA. Nos résultats montrent une influence du TIS atypique sur les scores adaptatifs dans le TSA alors que l'évolution des trajectoires adaptatives

dans le TSA reste partiellement expliquée. Ainsi, le repérage des facteurs qui influencent les trajectoires adaptatives est essentiel à la compréhension du trouble et le rôle du TIS serait pertinent à prendre en compte.

Par ailleurs, comme souligné dans la revue systématique de la littérature (Dellapiazza et al., 2018), nous retrouvons dans notre première étude un impact du TIS atypique sur la présence de comportements problèmes. De plus, les profils atypiques sur le plan sensoriel participent à expliquer une part de ces comportements, cependant une majeure partie reste inexpliquée. D'autres facteurs qui influencent les comportements problèmes ont été mis en avant dans une cohorte française comme la sévérité du trouble autistique, les comorbidités somatiques ou encore les problèmes de sommeil (Rattaz, Michelon, Munir, & Baghdadli, 2018). Ces comportements représentent des facteurs aggravant les trajectoires adaptatives des personnes TSA (Baghdadli et al., 2018) et ils ont été montrés comme fluctuant au cours du développement (Rattaz, Michelon, Munir, et Baghdadli, 2018). La compréhension des comportements problèmes reste incomplète et demeure un enjeu pour améliorer la qualité de vie des personnes TSA et celle de leur famille autour de cette problématique (McStay et al., 2014). De par leur origine plurifactorielle, les comportements problèmes constituent une réflexion clinique constante, mais également un axe de recherche fondamental où le TIS atypique peut apporter des éléments de réponse.

1.3 TIS atypique, un symptôme de développement atypique ?

Notre étude comparative du TIS auprès d'une population d'enfants TSA sans déficience intellectuelle montre des différences significatives avec la population d'enfants typiques mais un taux de prévalence identique au groupe d'enfants présentant TDAH. Comme relevé dans la synthèse de la littérature, nous retrouvons davantage de TIS atypique chez les enfants présentant un TDAH comparativement aux enfants typiques (Ghanizadeh, 2011). Dès lors, ces résultats vont dans le sens de la présence de TIS atypique dans le TDAH, qui ne serait donc pas spécifique au TSA. Toutefois, le TIS atypique n'est pas décrit dans les manuels spécialisés, les classifications internationales, ou encore dans les recommandations de bonne pratique dans la symptomatologie du trouble attentionnel. Se pose alors la question de la présence de ce TIS atypique en tant que symptôme relatif au trouble ou en tant que comorbidité. La littérature scientifique commence à investiguer la présence d'un TIS atypique dans d'autres troubles développementaux. Dans le trouble du développement des coordinations, une étude montre la présence d'un TIS atypique (Hannant, Cassidy, Van de Weyer, & Mooncey, 2018). De plus, un taux plus élevé de TIS atypique est relevé chez les enfants prématurés (Adams et al., 2015),

dans la déficience intellectuelle (Ausderau et al., 2014), dans certains syndromes génétiques comme le syndrome de Down (Bruni, Cameron, Dua, & Noy, 2010) ou le syndrome de Phelan-Mc Dermid (Mieses et al., 2016). Comme souligné dans l'étude de Cheung et Siu (2009), le TIS atypique semble représenter un signe d'un développement atypique. Dès lors, il nécessiterait d'être davantage investigué dans les autres troubles du neuro-développement comme dans les troubles des apprentissages. Ainsi, le TIS atypique pourrait constituer un symptôme transversal aux différents troubles neuro-développementaux. Dans ce sens, Gillberg (2010) propose un modèle nommé ESSENCE (Early Symptomatic Syndromes Eliciting Neurodevelopmental Clinical Examinations), à partir des chevauchements symptomatiques présents avant l'âge de 3 ans entre les différents troubles du neuro-développement. Toutefois, le TIS atypique ne fait pas partie des signes inclus dans son modèle.

1.4 Des liens probables entre TIS atypique et difficultés attentionnelles

Dans le TSA, la revue systématique de la littérature a pu montrer l'émergence de l'intérêt entre le TIS atypique et l'attention (Dellapiazza et al., 2018), soulignant la nécessité d'études supplémentaires pour appuyer la significativité de la relation. Nous retrouvons dans notre seconde étude des relations significatives entre l'intensité du TIS atypique et les difficultés attentionnelles dans les différents groupes cliniques. Cependant, la présence de symptômes d'inattention dans les deux troubles ne semble pas être expliquée par les mêmes causes. Le TIS atypique paraît davantage expliquer la variabilité des difficultés attentionnelles dans le TDAH que dans le TSA. De plus, une étude évaluant les effets d'une thérapie de l'intégration sensorielle axée sur le TIS montre une amélioration des capacités attentionnelles chez des enfants présentant un TDAH (Miller, Coll, & Schoen, 2007). Ainsi, les difficultés attentionnelles sont présentes dans les deux troubles. Bien qu'elles puissent être confondues, elles semblent toutefois comporter des spécificités. Wang et al. (2016) montrent que les enfants ayant un TSA présentent un contrôle attentionnel plus efficace que les enfants ayant un TDAH. Toutefois, la capacité à focaliser l'attention visuelle est plus impactée chez les TSA que chez les TDAH. Dès lors, il serait pertinent d'étudier plus précisément la relation entre les différentes composantes de l'attention dans chacun des troubles et d'étudier leurs liens avec le TIS.

1.5 Comorbidité TSA et TDAH, facteur d'aggravation du développement ?

Comme souligné dans la partie introductive, ce n'est que depuis 2013 que la comorbidité entre le TSA et le TDAH est établie dans le DSM-5 (American Psychiatric Association, 2013). Ainsi, les recherches concernant l'association entre ces deux troubles sont encore peu

développées. Nous avons choisi de nous intéresser aux caractéristiques cliniques de ce groupe au travers de l'étude de leur TIS. Nous avons avancé l'hypothèse d'un TIS plus impacté au sein de la forme en comorbidité. Nos résultats sont partiellement en faveur de cette hypothèse. En effet, le groupe TSA+TDAH présente davantage de TIS atypique sur le plan auditif et multi sensoriel comparativement aux autres groupes. Mais au-delà du TIS atypique, ce groupe mixte constitue un facteur d'aggravation des profils cliniques. En effet, la sévérité des symptômes de TDAH est reliée à la sévérité des symptômes de TSA (Green et al., 2015). Une revue systématique de la littérature met en avant des déficits des fonctions exécutives dans le groupe en comorbidité plus marqués que dans les formes isolées (Craig et al., 2016). En effet, le groupe en comorbidité associe à la fois les déficits en flexibilité et en planification relatifs au TSA, et le déficit en inhibition relatif au TDAH. Ce groupe présente également davantage de problèmes de comportements que les formes isolées (Gargaro et al., 2014). La multiplication des déficits associés à cette population tend à aggraver les perturbations du développement des enfants présentant cette comorbidité, ce qui confirme les besoins spécifiques de cette population. De plus, cela renforce l'intérêt de développer les études concernant les spécificités de ce groupe clinique afin de proposer des accompagnements adaptés à leurs besoins.

2. Forces

Nous pouvons souligner les forces de ce travail de thèse. Tout d'abord, les études réalisées permettent d'alimenter l'état des connaissances concernant le TIS chez les enfants TSA, ainsi que chez ceux présentant un TDAH où la littérature est plus limitée. Nous avons choisi d'utiliser le modèle de Dunn pour évaluer le TIS, et avons eu recours à l'échelle du Profil Sensoriel étroitement liée à ce modèle théorique (Dunn, 1999). Ainsi, au regard des résultats de nos études, nous pouvons souligner la pertinence de ce modèle sur le plan académique. En effet, cette échelle dans sa version longue permet de repérer un TIS atypique au sein de nos populations cliniques TSA et/ou TDAH et de les distinguer des enfants typiques, ce qui en confirme la validité. Toutefois, cet outil ne semble pas capturer le TIS atypique sur le plan de la modalité visuelle. En effet, dans le TSA, les observations cliniques relèvent un TIS atypique sur le plan visuel, ce qui n'est pas retrouvé comme significatif au travers du questionnaire. Par ailleurs, les quatre profils sensoriels issus du modèle ont des impacts différents sur l'adaptation et l'attention. Dès lors, ces résultats montrent l'intérêt de catégoriser les profils de réponses aux stimulations sensorielles comme proposé par le modèle de Dunn (1997).

Ensuite, nous avons choisi de réaliser une revue systématique afin de synthétiser l'apport de la littérature concernant le TIS et les capacités adaptatives et l'attention. La

réalisation de la revue systématique de la littérature a permis de situer l'état des connaissances sur le TIS dans le TSA et de dégager des objectifs pour ce travail au regard des travaux précédents. Ainsi, ce protocole suivant une méthodologie stricte et reproductible permet une analyse rigoureuse de la littérature sur notre question qui évalue et prend en compte la qualité des études incluses.

La majorité des données utilisées dans ce travail de thèse sont issues de la cohorte ELENA. Ainsi, les participants ont été rigoureusement diagnostiqués avec l'aide d'échelles standardisées et d'observations cliniques réalisées par des professionnels spécialisés. L'échelle du Profil Sensoriel a été administrée dans sa version longue (125 items), ce qui a permis d'effectuer des analyses en utilisant les profils sensoriels, ce qui n'est pas réalisable avec la forme abrégée (38 items), majoritairement utilisée en recherche. De plus, l'utilisation des données issues de la cohorte ELENA a permis de constituer un large échantillon et ainsi de garantir la robustesse des résultats.

L'étude 2 qui visait à étudier la spécificité du TIS atypique dans le TSA a pu être réalisée à partir de la comparaison de trois groupes cliniques dont le diagnostic a été réalisé par des professionnels spécialisés. De plus, ces groupes ont pu être comparés au groupe contrôle d'enfants typiques appariés sur l'âge et le genre, ce qui constitue une force supplémentaire de cette étude.

Enfin, les études réalisées dans ce travail de thèse permettent de dégager des pistes pour la pratique qui seront développées dans la partie « implications cliniques ».

3. Limites et perspectives de recherche

Les résultats des études présentées sont à interpréter au regard de leurs limites méthodologiques. Les critiques formulées sur les deux études rapportées visent à proposer de nouvelles perspectives de recherche.

Tout d'abord, l'utilisation d'un hétéro-questionnaire pour évaluer le TIS peut être interrogée. En effet, le Profil Sensoriel (Dunn, 1999) est une échelle complétée par les parents, ce qui constitue une évaluation indirecte des comportements, entraînant une part de subjectivité. Même si les réponses aux questionnaires montrent des corrélations positives avec les réponses électrodermales aux stimulations, il serait pertinent d'effectuer des mesures cliniques ou physiologiques directes du TIS en fonction des différentes modalités sensorielles. A noter que nous avons choisi de nous centrer sur les données relatives aux réactions comportementales

sans développer les recherches sur les processus neuronaux qui sous-tendent le traitement sensoriel. L'association de l'évaluation comportementale et physiologique permettrait d'améliorer la compréhension du processus de TIS. Toutefois, à l'heure actuelle, concernant l'évaluation directe du TIS, il demeure des considérations méthodologiques de par la difficulté à capturer précisément le TIS.

Une prévalence élevée du TIS atypique dans le TSA est présentée dans l'étude 1. Toutefois, la stabilité de cette prévalence au cours du développement peut être questionnée. Les études actuelles sont discordantes sur ce point. La méta-analyse étudiant cette question à partir de données transversales signale une augmentation des symptômes sur la période de 6 et 9 ans (Ben-Sasson et al., 2009), tandis qu'une étude longitudinale avec un suivi limité à une période de 2 ans montre une certaine stabilité (Perez Repetto, Jasmin, Fombonne, Gisel, & Couture, 2017). Ainsi, l'étude de l'évolution du TIS dans le TSA à partir de données longitudinales reste à compléter, afin de pouvoir être en mesure de préciser la temporalité dans l'expression des symptômes.

Des relations significatives ont été mises en avant entre un profil de TIS atypique et la présence de difficultés adaptatives. Toutefois, ces données sont recueillies à un moment précis du développement de l'enfant. Il serait intéressant d'étudier l'impact du TIS atypique sur le développement des capacités adaptatives au cours du temps. Cette étude permettrait de vérifier l'hypothèse de l'effet en cascade du TIS atypique sur les capacités adaptatives des enfants présentant un TSA avancée par Baranek et al. (2018). Les données longitudinales seraient pertinentes pour étudier la relation entre TIS atypique et les comportements problèmes, d'autant plus que ces derniers ont été décrits comme fluctuant au cours du développement (Rattaz, Michelon, Munir, et Baghdadli, 2018).

Un impact négatif du TIS atypique sur la présence des comportements problèmes apparaît dans notre étude. Toutefois, nous avons réalisé nos analyses de régression statistique dans le sens de cette hypothèse, qui était soutenue par les résultats de la revue systématique de la littérature. Il est cependant possible que cela soit l'inverse, à savoir que les comportements problèmes entraînent un TIS atypique. Ainsi, il serait pertinent de vérifier si les prises en charge thérapeutiques spécifiques ou des aménagements axés sur les aspects sensoriels chez les TSA ont des effets positifs sur les comportements problèmes.

Egalement, l'évaluation de l'attention au travers du CBCL permet une estimation des problèmes attentionnels dans la vie quotidienne mais ne permet pas une évaluation fine des sous

domaines de l'attention (Achenbach & Rescorla, 2001). Des résultats significatifs apparaissent mais nécessitent d'être précisés afin d'en améliorer la compréhension. Ainsi, de futures recherches devraient s'intéresser à la relation entre les sous dimensions de l'attention (attention soutenue, attention partagée, attention sélective) et le TIS dans le TSA et le TDAH. Afin d'apporter davantage de précision, une évaluation directe des processus attentionnels pourrait être réalisée à partir des tests neuropsychologiques de l'attention.

Concernant le groupe présentant un TSA+TDAH en comorbidité, la taille de l'échantillon est faible, ce qui limite la généralisation à l'ensemble de la population (N=18). En effet, le recrutement de ces patients a été complexe de par la nécessité de présenter les critères des deux diagnostics. Dès lors, les résultats doivent être reproduits avec un échantillon plus large. Toutefois, ils encouragent à maintenir l'intérêt concernant les spécificités liées à cette comorbidité, dont le tableau clinique se révèle plus sévère que celui des formes isolées.

Concernant la relation entre TIS et attention, il serait pertinent de prendre en compte le niveau d'éveil de l'enfant. En effet, les hypo- et hyper-réactivités sensorielles peuvent fluctuer en fonction des différents moments de la journée (Janvier & Testu, 2005). Par ailleurs, le sommeil devrait être pris en compte car il a une influence majeure sur le niveau d'éveil et la réactivité aux stimulations sensorielles (Mazurek & Sohl, 2016), d'autant plus que les troubles du sommeil sont très fréquents dans le TSA et qu'il a été récemment montré qu'ils sont reliés aux difficultés attentionnelles (Gunes, Ekinici, Feyzioglu, Ekinici, & Kalinli, 2019). Les perturbations liées au sommeil sont également très fréquentes chez les enfants TDAH, comme démontré dans une revue systématique (Cortese, Konofal, Yateman, Mouren, & Lecendreux, 2006).

Enfin, l'étude du lien entre le TIS atypique et les difficultés attentionnelles dans le TDAH est novatrice, et permet d'observer des relations significatives. Toutefois, le groupe clinique d'enfant présentant un TDAH n'était pas suffisamment important pour réaliser des analyses en fonction des sous-groupes de diagnostic de TDAH. En effet, afin de proposer des interventions en lien avec le TIS atypique auprès de cette population, l'étude dans les trois sous-groupes à dominante inattentif, mixte et hyperactif est nécessaire. Egalement, connaître l'effet du traitement de l'attention sur le TIS atypique dans le TDAH permettrait d'aider à la compréhension du sens de la relation. De plus, nous nous sommes intéressés aux enfants entre 6 et 12 ans mais le TIS est repéré dans le développement précoce des enfants présentant un TSA, ce qui interroge sur leur présence dans la petite enfance des individus avec TDAH et sur leur articulation avec ce trouble.

4. Implications cliniques

Comme évoqué dans nos forces, les résultats de ces études permettent de dégager des implications sur le plan de la pratique clinique. Tout d'abord, nous soulignons la nécessité de l'évaluation du TIS atypique dans les troubles du neuro-développement, puis nous encourageons l'aménagement de l'environnement pour améliorer l'adaptation et enfin nous soutenons la mise en place d'interventions spécialisées.

4.1 Repérer et évaluer le TIS atypique

Tout d'abord, lors de la procédure de diagnostic, la présence d'un TIS atypique devrait constituer un signe d'un développement troublé. En effet, nous retrouvons dans nos résultats et en accord avec la littérature, la présence d'un TIS atypique dans nos populations cliniques comparativement au groupe d'enfants typiques. Ainsi, la présence de TIS atypique, notamment dans le développement précoce, devrait constituer un signe d'alerte d'un développement atypique nécessitant une analyse globale des symptômes qui y sont associés. Dans les recommandations publiées en février 2018 concernant le diagnostic du TSA, il est indiqué qu'avant 18 mois une « exploration inhabituelle des « objets » de l'environnement, humain et physique, et ceci, quelle que soit la modalité sensorielle mobilisée » constitue un signe d'alerte d'un trouble du neuro-développement (HAS, 2018, p.9). Dès lors, l'évaluation du TIS atypique est essentielle dans le cadre d'une démarche diagnostique de trouble du neuro-développement (HAS, 2018, p.17).

Au regard de nos résultats, nous soulignons une prévalence élevée des particularités sensorielles chez les enfants présentant un TSA indépendamment de la sévérité des troubles ou du niveau cognitif. Au vu de l'impact du TIS atypique sur les comportements-problèmes, de son influence sur l'adaptation et l'attention des enfants, le repérage et par conséquent leur évaluation semblent nécessaires. A la lumière de nos résultats, nous recommandons une vigilance particulière concernant le rôle du TIS atypique dans la prise en charge des comportements problèmes dans le TSA. D'autant plus que la présence de TIS atypique et des comportements problèmes ont été mis en avant comme des facteurs de stress parental (Ausderau et al., 2016).

Nous retrouvons également un TIS atypique chez les enfants ayant un TDAH isolé, ce qui encourage leur investigation au sein de ce trouble. Dès lors, la présence de TIS atypique, bien que parmi les critères de diagnostic du TSA, ne permet pas d'établir un diagnostic différentiel entre TSA et TDAH, car l'existence de profils relativement similaires entre ces deux

troubles a été observée à travers le Profil Sensoriel (Dunn, 1999). Par ailleurs, les enfants présentant un TSA+TDAH en comorbidité ont davantage de TIS atypique, une symptomatologie autistique plus sévère et plus de difficultés attentionnelles comparativement aux formes isolées. Ainsi, cette comorbidité devrait être investiguée lors de l'établissement de l'un des deux diagnostics. De plus, le retentissement négatif de cette comorbidité implique une vigilance supplémentaire des professionnels qui accompagnent ces enfants.

L'évaluation du TIS vise à identifier les besoins de chaque enfant sur le plan sensoriel. Elle peut être réalisée au travers d'un entretien clinique approfondi, d'observations directes ou indirectes du comportement de l'enfant en réponse aux différentes stimulations sensorielles. L'évaluation permet d'établir un profil qui peut varier en fonction des modalités sensorielles, des caractéristiques cliniques de l'enfant et de son environnement. Les évaluations cliniques en psychomotricité permettent de repérer des défauts de TIS. De plus, l'utilisation de questionnaires standardisés permet de compléter les observations et d'établir un profil sensoriel. Le Profil Sensoriel de Dunn présente un avantage, car les différentes versions permettent d'évaluer le TIS à tous les âges de la vie. Ainsi, l'évaluation permettra de dégager des pistes d'intervention personnalisées aux besoins de chaque enfant en fonction du type de profil sensoriel et des modalités sensorielles impactées.

4.2 Adapter l'environnement et intervenir sur le TIS atypique

Afin de prendre en compte le TIS atypique, il est possible de chercher à adapter l'environnement aux besoins spécifiques des personnes présentant un TSA. L'impact mis en avant du TIS atypique sur les compétences adaptatives et dans la vie quotidienne renforce cette nécessité. Ainsi, le lieu de vie pourrait être adapté aux particularités sensorielles des enfants présentant un TSA afin de limiter l'anxiété associée à l'excès de stimulation (Green, Ben-Sasson, Soto, & Carter, 2012; Mazurek et al., 2013). De plus, l'adaptation des différents lieux de vie de ces personnes à leurs particularités sensorielles devrait également être considérée afin de prévenir et de diminuer leurs comportements problèmes. Les dernières recommandations de bonnes pratiques sur la gestion des comportements problèmes encouragent « une réflexion portant sur les dimensions collective et individuelle ainsi que sur les adaptations/ aménagements à mettre en œuvre au regard des caractéristiques personnelles et des particularités sensorielles » (ANESM, 2016, p.18). Une réflexion sur l'aménagement de l'environnement urbain pourrait également être menée afin de tendre vers une société plus inclusive.

Le TIS atypique semble être relié aux difficultés attentionnelles dans le TDAH et dans une moindre mesure dans le TSA. Dès lors, il est important de prendre en compte les aspects sensoriels et leur potentiel impact sur les apprentissages afin de proposer des aménagements favorisant la mobilisation des ressources attentionnelles (Côté, 2016). En effet, en classe, un enfant ayant un profil hypo-réactif sera attentif à une stimulation sensorielle forte sur le plan visuel avec des supports éducatifs présentant des couleurs vives, et sera favorable aux stimulations auditives qui permettront de maintenir son niveau d'éveil. A l'inverse, un enfant ayant un profil hyper-réactif pourra être gêné par des lumières fortes comme les néons et bénéficiera de la lumière naturelle et d'un coin de repos pour se couper de l'excès de stimulations.

Plus spécifiquement, nos résultats révèlent que les enfants TSA avec un profil atypique concernant la recherche de sensation ont davantage de difficultés adaptatives et de comportements problèmes que les autres. Ainsi, ces enfants nécessitent davantage d'attention de la part des professionnels qui les accompagnent de par le cumul de leurs difficultés. Il serait pertinent de proposer à ces enfants des temps propices aux stimulations sensorielles afin de combler leur besoin en stimulation et d'améliorer la disponibilité attentionnelle à leur environnement social et scolaire.

Enfin, lors de répercussions notables sur le plan comportemental et/ou adaptatif du TIS atypique et en accord avec les attentes de l'entourage, il est possible d'avoir recours à des interventions spécialisées. Les thérapies centrées sur le TIS cherchent à modifier directement le comportement de l'enfant. Nous pouvons citer la thérapie d'intégration sensorielle fondée par Ayres, les techniques de désensibilisation progressive, les salles favorisant les stimulations sensorielles et les régimes sensoriels. Toutefois, les preuves scientifiques de leur efficacité demeurent aujourd'hui partielles (Schaaf, Dumont, Arbesman, & May-Benson, 2018).

Conclusion générale

Ce travail de thèse a permis de souligner que le traitement sensoriel atypique est très fréquent dans le TSA et ce indépendamment du niveau cognitif et de la sévérité du trouble autistique. Toutefois, ce traitement sensoriel atypique ne semble pas spécifique au TSA, car nous retrouvons une fréquence relativement similaire dans le TDAH. Dès lors, le traitement sensoriel atypique semble davantage traduire un développement atypique qu'un critère spécifique relatif à un diagnostic. Ainsi, cela encourage à investiguer sur le plan de la recherche le traitement de l'information sensorielle dans les autres troubles neuro-développementaux mais également à l'évaluer dans la pratique clinique.

D'autre part, nous nous sommes intéressés aux répercussions des particularités sensorielles soulevées par l'entourage des personnes TSA dans la vie quotidienne. Ce travail de thèse a permis de démontrer que le traitement sensoriel atypique présente une relation étroite avec les capacités adaptatives et attentionnelles et un impact important sur les comportements problématiques. Dès lors, il apparaît essentiel de le prendre en compte et de l'évaluer afin de proposer des accompagnements spécifiques et d'aménager l'environnement à ces particularités sensorielles.

Enfin, nous avons ouvert de nouvelles perspectives de recherche sur le traitement sensoriel dans le TSA et dans les autres troubles du neuro-développement. Concernant le TSA, les données recueillies dans le cadre de la cohorte ELENA offrent notamment l'opportunité de poursuivre les recherches au travers d'une approche longitudinale de la symptomatologie sensorielle et de leur impact sur les trajectoires adaptatives.

Valorisation scientifique

Productions issues du travail de thèse

Publications

Dellapiazza, F., Vernhet, C., Blanc, N., Miot, S., Schmidt, R., & Baghdadli, A. (2018). Links between sensory processing, adaptive behaviours, and attention in children with autism spectrum disorder: A systematic review. *Psychiatry Research*, *270*, 78–88. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2018.09.023>

Dellapiazza, F., Michelon, C., Oreve, M.-J., Robel, L., Schoenberger, M., Chatel, C., ... & Baghdadli, A. (2019). The Impact of Atypical Sensory Processing on Adaptive Functioning and Maladaptive Behaviors in Autism Spectrum Disorder During Childhood: Results From the ELENA Cohort. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. <https://doi.org/10.1007/s10803-019-03970-w>

Dellapiazza, F., Michelon, C., Vernhet, C., Muratori, F., Blanc, N., & Baghdadli, A. (2019). *Sensory processing related to attention in children with ASD, ADHD, or typical development: Results from the ELENA Cohort*. Manuscrit soumis pour publication.

Vernhet, C., Dellapiazza, F., Blanc, N., Cousson-Gélie, F., Miot, S., Roeyers, H., & Baghdadli, A. (2018). Coping strategies of parents of children with autism spectrum disorder: a systematic review. *European Child et Adolescent Psychiatry*. <https://doi.org/10.1007/s00787-018-1183-3>

Communications orales

Dellapiazza, F. (2019, Mai). *Impact des perturbations sensorielles sur le développement adaptatif des enfants présentant un TSA : Cohorte ELENA*. Communication présentée au 12^{ème} colloque international du Ripsydeve, Bordeaux, France.

Dellapiazza, F. (2018, Avril). *Introduction scientifique : particularités sensorielles et perceptives des personnes avec autisme*. Communication présentée à la Journée mondiale de sensibilisation à l'autisme, Nîmes, France.

Dellapiazza, F. (2016, Mai). *Trouble du déficit de l'attention et Trouble du spectre de l'autisme*. Communication présentée à la journée scientifique organisée par l'association de formation et de recherche sur l'enfant et son environnement, Montpellier, France.

Communications affichées

Dellapiazza, F. (2019, September). *What Are the Links between Atypical Sensory Processing, Adaptive Functioning and Maladaptive Behaviours in Autism Spectrum Disorder during Childhood: Report from Elena Cohort*. Poster présenté au 12^{ème} congrès international d'Autisme-Europe, Nice, France.

Dellapiazza, F. (2018, Mars). *What Are the Links between Atypical Sensory Processing, Adaptive Functioning and Maladaptive Behaviours in Autism Spectrum Disorder during Childhood: Report from Elena Cohort*. Poster présenté à la convention internationale de Science Psychologique, Paris, France.

Productions issues de la cohorte ELENA

Contribution à des publications

Vernhet, C., Michelon, C., Dellapiazza, F., Rattaz, C., Geoffray, M.-M., Blanc, N., Roeyers, H., Picot, M.-C., & Baghdadli, A., on behalf of ELENA study group (2019). Quality of life of the fathers and mothers of children with autism spectrum disorder: Results from the ELENA Cohort. *Autism*. En révision.

Contribution à des communications affichées

Dellapiazza, F. Soussana, M. Sahuc, C. Michelon, C. Baghdadli A. & Consortium ELENA*. (2017, juin). *Influence du genre dans le Trouble du Spectre Autistique avec ou sans Déficience Intellectuelle*. Poster présenté au 10^{ème} colloque international du Ripsydeve, Aix-en-Provence, France.

Bellocchi, S., Dellapiazza, F., Michelon, C., & Baghdadli, A. (2017, juin). *Perception visuelle et intégration visuo-motrice dans le TSA : lien avec l'autonomie personnelle chez l'enfant et l'adolescent*. Poster présenté au 10^{ème} colloque du Ripsydeve, Aix-en-Provence, France.

Vernhet, C. Dellapiazza, F. Loubersac, J. Baghdadli A. & Consortium ELENA*. (2017, juin). *Développement socio-adaptatif et symptômes psychopathologiques dans le Trouble du Spectre Autistique (TSA) : Cohorte ELENA*. Poster présenté au 10^{ème} colloque du Ripsydeve, Aix-en-Provence, France.

Soussana M., Dellapiazza F., Loubersac J., Michelon C., Baghdadli A. & Consortium ELENA*. (2017, Septembre). *Prevalence of Medical conditions in a French Clinical Pediatric*

Cohort with ASD: ELENA Cohort. Poster présenté au 11^{ème} congrès international d'Autisme-Europe, Edimbourg, Royaume-Uni.

Dellapiazza F., Michelon C., Loubersac J., Soussana M., & Baghdadli. A. (2015, Octobre). *COHORTE ELENA - Etape 1 : Etat des Lieux de la 1ère Cohorte Pédiatrique Française avec TSA.* Poster présenté à la 13^{ème} Université d'automne de l'ARAPI, Le Croisic, France.

Enseignements universitaires

Chargée de travaux dirigés en Licence 1 et 2 en psychologie du développement à l'Université Paul-Valéry Montpellier 3 (2015- 2019).

Intervention sur la méthodologie de la revue systématique, interne en psychiatrie, 1^{ère} année (2019).

Intervention sur la méthodologie de la revue systématique, diplôme interuniversitaire « Autismes » de Montpellier : Recherche sur le développement normal et atypique (2017- 2019).

Références bibliographiques

- Achenbach, T. M., & Rescorla, C. A. (2001). *Manual for the ASEBA school-aged forms and profiles*. Burlington: University of Vermont: Research Center for Children, Youth and Families.
- Adams, J. N., Feldman, H. M., Huffman, L. C., & Loe, I. M. (2015). Sensory processing in preterm preschoolers and its association with executive function. *Early Human Development, 91*(3), 227-233. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2015.01.013>
- Aman, M. G., Singh, N. N., Stewart, A. W., & Field, C. J. (1985). The aberrant behavior checklist: A behavior rating scale for the assessment of treatment effects. *American Journal of Mental Deficiency, 89*(5), 485-491.
- American Psychiatric Association. (2000). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fourth Edition: DSM-IV-TR®*. Washington, DC: American Psychiatric Association.
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (5th éd.). Arlington, VA: American Psychiatric Publishing.
- Ames, C., & Fletcher-Watson, S. (2010). A review of methods in the study of attention in autism. *Developmental Review, 30*(1), 52-73. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2009.12.003>
- ANESM. (2009). *Recommandations de bonnes pratiques professionnelles. Pour un accompagnement de qualité des personnes avec autisme ou autres troubles envahissants du développement*. Paris.
- ANESM. (2016). *Recommandations de bonnes pratiques professionnelles. Les «comportements-problèmes»: prévention et réponse*. Paris.
- Ashburner, J., Ziviani, J., & Rodger, S. (2008). Sensory processing and classroom emotional, behavioral, and educational outcomes in children with autism spectrum disorder. *American Journal of Occupational Therapy, 62*(5), 564-573. <https://doi.org/10.5014/ajot.62.5.564>
- Ausderau, K., Sideris, J., Furlong, M., Little, L. M., Bulluck, J., & Baranek, G. T. (2014). National survey of sensory features in children with ASD: Factor structure of the Sensory Experience Questionnaire (3.0). *Journal of Autism and Developmental Disorders, 44*(4), 915-925. <https://doi.org/10.1007/s10803-013-1945-1>

- Ausderau, K., Sideris, J., Little, L. M., Furlong, M., Bulluck, J. C., & Baranek, G. T. (2016). Sensory subtypes and associated outcomes in children with autism spectrum disorders. *Autism Research, 9*(12), 1316-1327. <https://doi.org/10.1002/aur.1626>
- Ayres, A. J. (1979). *Sensory integration and the child*. Los Angeles: Western Psychological Services.
- Baghdadli, A., Loubersac, J., Soussana, M., Rattaz, C., & Michelon, C. (2014). [Implementation of a French cohort of children or adolescents with autism spectrum disorders: ELENA cohort]. *Revue D'epidemiologie Et De Sante Publique, 62*(5), 297-303. <https://doi.org/10.1016/j.respe.2014.07.002>
- Baghdadli, A., Michelon, C., Pernon, E., Picot, M.-C., Miot, S., Sonié, S., ... Mottron, L. (2018). Adaptive trajectories and early risk factors in the autism spectrum: A 15-year prospective study. *Autism Research: Official Journal of the International Society for Autism Research, 11*(11), 1455-1467. <https://doi.org/10.1002/aur.2022>
- Baghdadli, A., Miot, S., Rattaz, C., Akbaraly, T., Geoffray, M.-M., Michelon, C., ... Picot, M.-C. (2019). Investigating the natural history and prognostic factors of ASD in children: The multicentric Longitudinal study of children with ASD - the ELENA study protocol. *BMJ Open, 9*(6), e026286. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-026286>
- Baker, A. E. Z., Lane, A., Angley, M. T., & Young, R. L. (2008). The relationship between sensory processing patterns and behavioural responsiveness in autistic disorder: A pilot study. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 38*(5), 867-875. <https://doi.org/10.1007/s10803-007-0459-0>
- Baranek, G. T., David, F. J., Poe, M. D., Stone, W. L., & Watson, L. R. (2006). Sensory Experiences Questionnaire: Discriminating sensory features in young children with autism, developmental delays, and typical development. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines, 47*(6), 591-601. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2005.01546.x>
- Baranek, G. T., Watson, L. R., Boyd, B. A., Poe, M. D., David, F. J., & McGuire, L. (2013). Hyporesponsiveness to Social and Nonsocial Sensory Stimuli in Children with Autism, Children with Developmental Delays, and Typically Developing Children. *Development and psychopathology, 25*(2), 307-320. <https://doi.org/10.1017/S0954579412001071>

- Baranek, G. T., Woynaroski, T. G., Nowell, S., Turner-Brown, L., DuBay, M., Crais, E. R., & Watson, L. R. (2018). Cascading effects of attention disengagement and sensory seeking on social symptoms in a community sample of infants at-risk for a future diagnosis of autism spectrum disorder. *Developmental Cognitive Neuroscience, 29*, 30-40. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2017.08.006>
- Baxter, A. J., Brugha, T. S., Erskine, H. E., Scheurer, R. W., Vos, T., & Scott, J. G. (2015). The epidemiology and global burden of autism spectrum disorders. *Psychological Medicine, 45*(3), 601-613. <https://doi.org/10.1017/S003329171400172X>
- Ben-Sasson, A., Hen, L., Fluss, R., Cermak, S. A., Engel-Yeger, B., & Gal, E. (2009). A meta-analysis of sensory modulation symptoms in individuals with autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 39*(1), 1-11. <https://doi.org/10.1007/s10803-008-0593-3>
- Bonnell, A., Mottron, L., Peretz, I., Trudel, M., Gallun, E., & Bonnell, A.-M. (2003). Enhanced Pitch Sensitivity in Individuals with Autism: A Signal Detection Analysis. *Journal of Cognitive Neuroscience, 15*(2), 226-235. <https://doi.org/10.1162/089892903321208169>
- Bourgeron, T., Leboyer, M., & Delorme, R. (2017). Autisme, la piste génétique se confirme, Autism, the genetic track confirmed. *Enfance, (1)*, 93-98.
- Boyd, B. A., Baranek, G. T., Sideris, J., Poe, M. D., Watson, L. R., Patten, E., & Miller, H. (2010). Sensory features and repetitive behaviors in children with autism and developmental delays. *Autism Research: Official Journal of the International Society for Autism Research, 3*(2), 78-87. <https://doi.org/10.1002/aur.124>
- Bruni, M., Cameron, D., Dua, S., & Noy, S. (2010). Reported sensory processing of children with Down syndrome. *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics, 30*(4), 280-293. <https://doi.org/10.3109/01942638.2010.486962>
- Bullinger, A. (2013). *Le développement sensori-moteur de l'enfant et ses avatars*. Eres.
- Chamak, B., Bonniau, B., Jaunay, E., & Cohen, D. (2008). What can we learn about autism from autistic persons? *Psychotherapy and Psychosomatics, 77*(5), 271-279. <https://doi.org/10.1159/000140086>

- Cheung, P. P. P., & Siu, A. M. H. (2009). A comparison of patterns of sensory processing in children with and without developmental disabilities. *Research in Developmental Disabilities, 30*(6), 1468-1480. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2009.07.009>
- Constantino, J. N., & Gruber, C. P. (2012). *The Social Responsiveness Scale™, Second Edition (SRS™-2)*. Torrance, CA: Western Psychological Services;
- Cortese, S., Konofal, E., Yateman, N., Mouren, M.-C., & Lecendreux, M. (2006). Sleep and alertness in children with attention-deficit/hyperactivity disorder: A systematic review of the literature. *Sleep, 29*(4), 504-511.
- Côté, S. (2016). *Favoriser l'attention par des stratégies sensorielles: Outils et exercices pour aider tous les élèves*. Chenelière.
- Courchesne, E., & Pierce, K. (2005). Brain overgrowth in autism during a critical time in development: implications for frontal pyramidal neuron and interneuron development and connect... - PubMed - NCBI. *International of Developmental neuoscience, (23)*, 143-170.
- Craig, F., Lamanna, A. L., Margari, F., Matera, E., Simone, M., & Margari, L. (2015). Overlap Between Autism Spectrum Disorders and Attention Deficit Hyperactivity Disorder: Searching for Distinctive/Common Clinical Features. *Autism Research: Official Journal of the International Society for Autism Research, 8*(3), 328-337. <https://doi.org/10.1002/aur.1449>
- Craig, F., Margari, F., Legrottaglie, A. R., Palumbi, R., de Giambattista, C., & Margari, L. (2016). A review of executive function deficits in autism spectrum disorder and attention-deficit/hyperactivity disorder. *Neuropsychiatric Disease and Treatment, 12*, 1191-1202. <https://doi.org/10.2147/NDT.S104620>
- Crane, L., Goddard, L., & Pring, L. (2009). Sensory processing in adults with autism spectrum disorders. *Autism: The International Journal of Research and Practice, 13*(3), 215-228. <https://doi.org/10.1177/1362361309103794>
- Damiano-Goodwin, C. R., Woynaroski, T. G., Simon, D. M., Ibañez, L. V., Murias, M., Kirby, A., ... Cascio, C. J. (2018). Developmental sequelae and neurophysiologic substrates of sensory seeking in infant siblings of children with autism spectrum disorder. *Developmental Cognitive Neuroscience, 29*, 41-53. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2017.08.005>

- Davies, P. L., Chang, W.-P., & Gavin, W. J. (2009). Maturation of sensory gating performance in children with and without sensory processing disorders. *International Journal of Psychophysiology*, *72*(2), 187-197. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2008.12.007>
- De la Marche, W., Steyaert, J., & Noens, I. (2012). Atypical sensory processing in adolescents with an autism spectrum disorder and their non-affected siblings. *Research in Autism Spectrum Disorders*, *6*(2), 639-645. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2011.09.014>
- Dehghan, F., Mirzakhany, N., AlizadeZarei, M., & Sartipizade, M. (2014). Sensory processing in children with attention deficit hyperactivity disorder and high-functioning autism. *International Journal of Applied Behavioral Sciences*, *1*(1), 28-37. <https://doi.org/10.22037/ijabs.v1i1.7253>
- Dellapiazza, F., Michelon, C., Oreve, M.-J., Robel, L., Schoenberger, M., Chatel, C., ... ELENA study group. (2019). The Impact of Atypical Sensory Processing on Adaptive Functioning and Maladaptive Behaviors in Autism Spectrum Disorder During Childhood: Results From the ELENA Cohort. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. <https://doi.org/10.1007/s10803-019-03970-w>
- Dellapiazza, F., Vernhet, C., Blanc, N., Miot, S., Schmidt, R., & Baghdadli, A. (2018). Links between sensory processing, adaptive behaviours, and attention in children with autism spectrum disorder: A systematic review. *Psychiatry Research*, *270*, 78-88. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2018.09.023>
- DesLauriers, A. M., & Carlson, C. F. (1969). *Your child is asleep: Early infantile autism: Etiology, treatment, and parental influences*. (Dorsey Press). Consulté à l'adresse <https://psycnet.apa.org/record/1969-17669-000>
- Duerden, E. G., Oatley, H. K., Mak-Fan, K. M., McGrath, P. A., Taylor, M. J., Szatmari, P., & Roberts, S. W. (2012). Risk Factors Associated with Self-Injurious Behaviors in Children and Adolescents with Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *42*(11), 2460-2470. <https://doi.org/10.1007/s10803-012-1497-9>
- Dunn, W. (1997). The Impact of Sensory Processing Abilities on the Daily Lives of Young Children and Their Families: A Conceptual Model. *Infants and Young Children*, *9*(4), 23-35.
- Dunn, W. (1999). *The Sensory Profile: User's manual*. San Antonio, TX: Psychological Corporation.

- Dunn, W. (2014). *Sensory Profile 2 manual*. San Antonio, TX: Pearson.
- Elwin, M., Schröder, A., Ek, L., Wallsten, T., & Kjellin, L. (2017). Sensory Clusters of Adults With and Without Autism Spectrum Conditions. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *47*(3), 579-589. <https://doi.org/10.1007/s10803-016-2976-1>
- Farley, M. A., McMahon, W. M., Fombonne, E., Jenson, W. R., Miller, J., Gardner, M., ... Coon, H. (2009). Twenty-year outcome for individuals with autism and average or near-average cognitive abilities. *Autism Research*, *2*(2), 109-118. <https://doi.org/10.1002/aur.69>
- Fernández-Andrés, M. I., Pastor-Cerezuela, G., Sanz-Cervera, P., & Tárraga-Mínguez, R. (2015). A comparative study of sensory processing in children with and without Autism Spectrum Disorder in the home and classroom environments. *Research in Developmental Disabilities*, *38*, 202-212. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.12.034>
- Fifer, W. P., & Moon, C. M. (1994). The role of mother's voice in the organization of brain function in the newborn. *Acta Paediatrica (Oslo, Norway: 1992). Supplement*, *397*, 86-93.
- Fombonne, E. (2009). Epidemiology of Pervasive Developmental Disorders. *Pediatric Research*, *65*(6), 591. <https://doi.org/10.1203/PDR.0b013e31819e7203>
- Fountain, C., Winter, A. S., & Bearman, P. S. (2012). Six developmental trajectories characterize children with autism. *Pediatrics*, *129*(5), NaN-NaN. <https://doi.org/10.1542/peds.2011-1601>
- Gal, E., Dyck, M. J., & Passmore, A. (2010). Relationships between stereotyped movements and sensory processing disorders in children with and without developmental or sensory disorders. *The American Journal of Occupational Therapy: Official Publication of the American Occupational Therapy Association*, *64*(3), 453-461.
- Gargaro, B. A., May, T., Tonge, B. J., Sheppard, D. M., Bradshaw, J. L., & Rinehart, N. J. (2014). Using the DBC-P Hyperactivity Index to screen for ADHD in young people with autism and ADHD: A pilot study. *Research in Autism Spectrum Disorders*, *8*(9), 1008-1015. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2014.05.004>
- Gepner, B. (2001). "Malvoyance" du mouvement dans l'autisme infantile ? *La psychiatrie de l'enfant*, *Vol. 44*(1), 77-126.
- Gepner, B., & Tardif, C. (2009). Le monde va trop vite pour l'enfant autiste. *La recherche*, (436), 56-59.

- Germani, T., Zwaigenbaum, L., Bryson, S., Brian, J., Smith, I., Roberts, W., ... Vaillancourt, T. (2014). Brief Report: Assessment of Early Sensory Processing in Infants at High-Risk of Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *44*(12), 3264-3270. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2175-x>
- Ghanizadeh, A. (2011). Sensory Processing Problems in Children with ADHD, a Systematic Review. *Psychiatry Investigation*, *8*(2), 89-94. <https://doi.org/10.4306/pi.2011.8.2.89>
- Gillberg, C. (2010). The ESSENCE in child psychiatry: Early Symptomatic Syndromes Eliciting Neurodevelopmental Clinical Examinations. *Research in Developmental Disabilities*, *31*(6), 1543-1551. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2010.06.002>
- Goldstein, M. L., & Morewitz, S. J. (2011). *Chronic Disorders in Children and Adolescents*. Springer Science & Business Media.
- Grandin, T. (1996). *My Experiences with Visual Thinking Sensory Problems and Communication Difficulties*. Center for the Study of Autism.
- Green, J. L., Rinehart, N., Anderson, V., Nicholson, J. M., Jongeling, B., & Sciberras, E. (2015). Autism spectrum disorder symptoms in children with ADHD: A community-based study. *Research in Developmental Disabilities*, *47*, 175-184. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2015.09.016>
- Green, S. A., Ben-Sasson, A., Soto, T. W., & Carter, A. S. (2012). Anxiety and Sensory Over-Responsivity in Toddlers with Autism Spectrum Disorders: Bidirectional Effects Across Time. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *42*(6), 1112-1119. <https://doi.org/10.1007/s10803-011-1361-3>
- Green, S. A., Hernandez, L., Tottenham, N., Krasileva, K., Bookheimer, S. Y., & Dapretto, M. (2015). Neurobiology of Sensory Overresponsivity in Youth With Autism Spectrum Disorders. *JAMA Psychiatry*, *72*(8), 778-786. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2015.0737>
- Greenspan, S. I., & Wieder, S. (2006). *Infant and Early Childhood Mental Health: A Comprehensive, Developmental Approach to Assessment and Intervention*. American Psychiatric Pub.
- Gunes, S., Ekinçi, O., Feyzioglu, A., Ekinçi, N., & Kalinli, M. (2019). Sleep problems in children with autism spectrum disorder: Clinical correlates and the impact of attention deficit hyperactivity

- disorder. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 15, 763-771.
<https://doi.org/10.2147/NDT.S195738>
- Hannant, P., Cassidy, S., Van de Weyer, R., & Mooncey, S. (2018). Sensory and motor differences in Autism Spectrum Conditions and developmental coordination disorder in children: A cross-syndrome study. *Human Movement Science*, 58, 108-118.
<https://doi.org/10.1016/j.humov.2018.01.010>
- Hanson, E., Cerban, B. M., Slater, C. M., Caccamo, L. M., Bacic, J., & Chan, E. (2013). Brief Report: Prevalence of Attention Deficit/Hyperactivity Disorder Among Individuals with an Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43(6), 1459-1464.
<https://doi.org/10.1007/s10803-012-1677-7>
- Happé, F., & Frith, U. (2006). The weak coherence account: Detail-focused cognitive style in autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36(1), 5-25.
<https://doi.org/10.1007/s10803-005-0039-0>
- HAS. (2018). *Trouble du spectre de l'autisme - Signes d'alerte, repérage, diagnostic et évaluation chez l'enfant et l'adolescent*. Consulté à l'adresse Haute Autorité de Santé website: https://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_468812/fr/trouble-du-spectre-de-l-autisme-signes-d-alerte-reperage-diagnostic-et-evaluation-chez-l-enfant-et-l-adolescent
- Hernandez-Reif, M., Field, T., & Diego, M. (2004). Differential sucking by neonates of depressed versus non-depressed mothers. *Infant Behavior and Development*, 27(4), 465-476.
<https://doi.org/10.1016/j.infbeh.2004.04.002>
- Hilton, C. L., Graver, K., & LaVesser, P. (2007). Relationship between social competence and sensory processing in children with high functioning autism spectrum disorders. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 1(2), 164-173. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2006.10.002>
- Hilton, C. L., Harper, J. D., Kueker, R. H., Lang, A. R., Abbacchi, A. M., Todorov, A., & LaVesser, P. D. (2010). Sensory Responsiveness as a Predictor of Social Severity in Children with High Functioning Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 40(8), 937-945. <https://doi.org/10.1007/s10803-010-0944-8>

- Howe, F. E. J., & Stagg, S. D. (2016). How Sensory Experiences Affect Adolescents with an Autistic Spectrum Condition within the Classroom. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *46*(5), 1656-1668. <https://doi.org/10.1007/s10803-015-2693-1>
- Howlin, P., Savage, S., Moss, P., Tempier, A., & Rutter, M. (2014). Cognitive and language skills in adults with autism: A 40-year follow-up. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, *55*(1), 49-58. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12115>
- Hutt, C., Hutt, S. J., Lee, D., & Ounsted, C. (1964). Arousal and childhood autism. *Nature*, *204*, 908-909. <https://doi.org/10.1038/204908a0>
- Jang, J., Matson, J. L., Williams, L. W., Tureck, K., Goldin, R. L., & Cervantes, P. E. (2013). Rates of comorbid symptoms in children with ASD, ADHD, and comorbid ASD and ADHD. *Research in Developmental Disabilities*, *34*(8), 2369-2378. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2013.04.021>
- Janvier, B., & Testu, F. (2005). Développement des fluctuations journalières de l'attention chez des élèves de 4 à 11 ans. *Enfance*, *Vol. 57*(2), 155-170.
- Jasmin, E., Couture, M., McKinley, P., Reid, G., Fombonne, E., & Gisel, E. (2009). Sensori-motor and daily living skills of preschool children with autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *39*(2), 231-241. <https://doi.org/10.1007/s10803-008-0617-z>
- Jorquera-Cabrera, S., Romero-Ayuso, D., Rodriguez-Gil, G., & Triviño-Juárez, J.-M. (2017). Assessment of Sensory Processing Characteristics in Children between 3 and 11 Years Old: A Systematic Review. *Frontiers in Pediatrics*, *5*. <https://doi.org/10.3389/fped.2017.00057>
- Kanner, L. (1943). Autistic disturbances of affective contact. *Nervous Child*, *(2)*, 217-250.
- Kaufman, A., & Kaufman, N. (2004). *Kaufman assessment battery for children: Technical manual (2nd ed.)*. Circle Pines, MN: American Guidance Service.
- Lahey, B. B., & Willcutt, E. G. (2010). Predictive validity of a continuous alternative to nominal subtypes of attention-deficit/hyperactivity disorder for DSM-V. *Journal of Clinical Child and Adolescent Psychology: The Official Journal for the Society of Clinical Child and Adolescent Psychology, American Psychological Association, Division 53*, *39*(6), 761-775. <https://doi.org/10.1080/15374416.2010.517173>

- Lane, A. E., Molloy, C. A., & Bishop, S. L. (2014). Classification of Children With Autism Spectrum Disorder by Sensory Subtype: A Case for Sensory-Based Phenotypes. *Autism Research*, 7(3), 322-333. <https://doi.org/10.1002/aur.1368>
- Lane, A. E., Young, R. L., Baker, A. E. Z., & Angley, M. T. (2010). Sensory processing subtypes in autism: Association with adaptive behavior. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 40(1), 112-122. <https://doi.org/10.1007/s10803-009-0840-2>
- Larson, K., Russ, S. A., Kahn, R. S., & Halfon, N. (2011). Patterns of comorbidity, functioning, and service use for US children with ADHD, 2007. *Pediatrics*, 127(3), 462-470. <https://doi.org/10.1542/peds.2010-0165>
- Lau-Zhu, A., Fritz, A., & McLoughlin, G. (2019). Overlaps and distinctions between attention deficit/hyperactivity disorder and autism spectrum disorder in young adulthood: Systematic review and guiding framework for EEG-imaging research. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 96, 93-115. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2018.10.009>
- Leekam, S. R., Nieto, C., Libby, S. J., Wing, L., & Gould, J. (2007). Describing the Sensory Abnormalities of Children and Adults with Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(5), 894-910. <https://doi.org/10.1007/s10803-006-0218-7>
- Lidstone, J., Uljarević, M., Sullivan, J., Rodgers, J., McConachie, H., Freston, M., ... Leekam, S. (2014). Relations among restricted and repetitive behaviors, anxiety and sensory features in children with autism spectrum disorders. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 8(2), 82-92. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2013.10.001>
- Lin, C.-Y., Yang, A.-L., & Su, C.-T. (2013). Objective measurement of weekly physical activity and sensory modulation problems in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Research in Developmental Disabilities*, 34(10), 3477-3486. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2013.07.021>
- Liss, M., Saulnier, C., Fein, D., & Kinsbourne, M. (2006). Sensory and attention abnormalities in autistic spectrum disorders. *Autism*, 10(2), 155-172. <https://doi.org/10.1177/1362361306062021>

- Little, L. M., Dean, E., Tomchek, S., & Dunn, W. (2018). Sensory Processing Patterns in Autism, Attention Deficit Hyperactivity Disorder, and Typical Development. *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics, 38*(3), 243-254. <https://doi.org/10.1080/01942638.2017.1390809>
- Lord, C., Rutter, M., Di Lavore, P., Risi, S., Gotham, K., & Bishop, S. (2012). *Autism Diagnostic Observation Schedule, Second Edition (ADOS-2) Manual (Part I): Modules 1–4*. Torrance, CA: Western Psychological Services.
- Lyllal, K., Schweitzer, J. B., Schmidt, R. J., Hertz-Picciotto, I., & Solomon, M. (2017). Inattention and hyperactivity in association with autism spectrum disorders in the CHARGE study. *Research in Autism Spectrum Disorders, 35*, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2016.11.011>
- Mangeot, S. D., Miller, L. J., McIntosh, D. N., McGrath-Clarke, J., Simon, J., Hagerman, R. J., & Goldson, E. (2001). Sensory modulation dysfunction in children with attention-deficit-hyperactivity disorder. *Developmental medicine and child neurology, 43*(6), 399-406.
- Marco, E. J., Khatibi, K., Hill, S. S., Siegel, B., Arroyo, M. S., Dowling, A. F., ... Nagarajan, S. S. (2012). Children With Autism Show Reduced Somatosensory Response: An MEG Study. *Autism Research, 5*(5), 340-351. <https://doi.org/10.1002/aur.1247>
- Mattard-Labrecque, C., Ben Amor, L., & Couture, M. M. (2013). Children with Autism and Attention Difficulties: A Pilot Study of the Association between Sensory, Motor, and Adaptive Behaviors. *Journal of the Canadian Academy of Child and Adolescent Psychiatry = Journal De l'Academie Canadienne De Psychiatrie De L'enfant Et De L'adolescent, 22*(2), 139-146.
- Mazurek, M. O., & Sohl, K. (2016). Sleep and Behavioral Problems in Children with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 46*(6), 1906-1915. <https://doi.org/10.1007/s10803-016-2723-7>
- Mazurek, M. O., Vasa, R. A., Kalb, L. G., Kanne, S. M., Rosenberg, D., Keefer, A., ... Lowery, L. A. (2013). Anxiety, sensory over-responsivity, and gastrointestinal problems in children with autism spectrum disorders. *Journal of Abnormal Child Psychology, 41*(1), 165-176. <https://doi.org/10.1007/s10802-012-9668-x>

- McCormick, C., Hepburn, S., Young, G. S., & Rogers, S. J. (2016). Sensory symptoms in children with autism spectrum disorder, other developmental disorders and typical development: A longitudinal study. *Autism, 20*(5), 572-579. <https://doi.org/10.1177/1362361315599755>
- McIntosh, D. N., Miller, L. J., Shyu, V., & Hagerman, R. J. (1999). Sensory-modulation disruption, electrodermal responses, and functional behaviors. *Developmental Medicine and Child Neurology, 41*(9), 608-615.
- McStay, R. L., Trembath, D., & Dissanayake, C. (2014). Stress and Family Quality of Life in Parents of Children with Autism Spectrum Disorder: Parent Gender and the Double ABCX Model. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 44*(12), 3101-3118. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2178-7>
- Mieses, A. M., Tavassoli, T., Li, E., Soorya, L., Lurie, S., Wang, A. T., ... Kolevzon, A. (2016). Brief Report: Sensory Reactivity in Children with Phelan-McDermid Syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 46*(7), 2508-2513. <https://doi.org/10.1007/s10803-016-2754-0>
- Miller, L. J., Coll, J. R., & Schoen, S. A. (2007). A randomized controlled pilot study of the effectiveness of occupational therapy for children with sensory modulation disorder. *The American Journal of Occupational Therapy: Official Publication of the American Occupational Therapy Association, 61*(2), 228-238.
- Miller, L. J., Lane, S. J., Cermak, S. A., & Osten, E. T. (2007). Concept evolution in sensory integration: A proposed nosology for diagnosis. *The American Journal of Occupational Therapy: Official Publication of the American Occupational Therapy Association, 61*(2), 135-140.
- Miller, L. J., Nielsen, D. M., Schoen, S. A., & Brett-Green, B. A. (2009). Perspectives on sensory processing disorder: A call for translational research. *Frontiers in Integrative Neuroscience, 3*, 22. <https://doi.org/10.3389/neuro.07.022.2009>
- Molina, M., & Jouen, F. (2001). Modulation of manual activity by vision in human newborns. - PsycNET. *Developmental Psychobiology, 38*(2), 123-132.
- Mottron, L., Dawson, M., Soulières, I., Hubert, B., & Burack, J. (2006). Enhanced perceptual functioning in autism: An update, and eight principles of autistic perception. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 36*(1), 27-43. <https://doi.org/10.1007/s10803-005-0040-7>

- Mouga, S., Almeida, J., Café, C., Duque, F., & Oliveira, G. (2015). Adaptive profiles in autism and other neurodevelopmental disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 45*(4), 1001-1012. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2256-x>
- Mulligan, S., & White, B. P. (2012). Sensory and Motor Behaviors of Infant Siblings of Children With and Without Autism. *American Journal of Occupational Therapy, 66*(5), 556-566. <https://doi.org/10.5014/ajot.2012.004077>
- Murray, M. J. (2010). Attention-deficit/Hyperactivity Disorder in the Context of Autism Spectrum Disorders. *Current Psychiatry Reports, 12*(5), 382-388. <https://doi.org/10.1007/s11920-010-0145-3>
- O'Donnell, S., Deitz, J., Kartin, D., Nalty, T., & Dawson, G. (2012). Sensory processing, problem behavior, adaptive behavior, and cognition in preschool children with autism spectrum disorders. *American Journal of Occupational Therapy, 66*(5), 586-594. <https://doi.org/10.5014/ajot.2012.004168>
- OMS. (1993). *Classification internationale des troubles mentaux et des troubles du comportement*. Genève: Organisation Mondiale de la Santé.
- Ornitz, E. M., & Ritvo, E. R. (1968). Perceptual inconstancy in early infantile autism. The syndrome of early infant autism and its variants including certain cases of childhood schizophrenia. *Archives of General Psychiatry, 18*(1), 76-98.
- Panagiotidi, M., Overton, P. G., & Stafford, T. (2018). The relationship between ADHD traits and sensory sensitivity in the general population. *Comprehensive Psychiatry, 80*, 179-185. <https://doi.org/10.1016/j.comppsy.2017.10.008>
- Parham, L. D., Ecker, C., Kuhaneck, H., Henry, D. A., & Glennon, T. J. (2007). *Sensory Processing Measure (SPM): Manual*. Los Angeles: Western Psychological Services.
- Parush, S., Sohmer, H., Steinberg, A., & Kaitz, M. (2007). Somatosensory function in boys with ADHD and tactile defensiveness. *Physiology & Behavior, 90*(4), 553-558. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2006.11.004>

- Pascalis, O., de Schonen, S., Morton, J., Deruelle, C., & Fabre-Grenet, M. (1995). Mother's face recognition by neonates: A replication and an extension. *Infant Behavior and Development*, *18*(1), 79-85. [https://doi.org/10.1016/0163-6383\(95\)90009-8](https://doi.org/10.1016/0163-6383(95)90009-8)
- Perez Repetto, L., Jasmin, E., Fombonne, E., Gisel, E., & Couture, M. (2017). Longitudinal Study of Sensory Features in Children with Autism Spectrum Disorder. *Autism Research and Treatment*, *2017*. <https://doi.org/10.1155/2017/1934701>
- Polanczyk, G., de Lima, M. S., Horta, B. L., Biederman, J., & Rohde, L. A. (2007). The worldwide prevalence of ADHD: A systematic review and metaregression analysis. *The American Journal of Psychiatry*, *164*(6), 942-948. <https://doi.org/10.1176/ajp.2007.164.6.942>
- Rattaz, C., Goubet, N., & Bullinger, A. (2005). The calming effect of a familiar odor on full-term newborns. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics: JDBP*, *26*(2), 86-92.
- Rattaz, C., Michelon, C., Munir, K., & Baghdadli, A. (2018). Challenging behaviours at early adulthood in autism spectrum disorders: Topography, risk factors and evolution. *Journal of Intellectual Disability Research: JIDR*, *62*(7), 637-649. <https://doi.org/10.1111/jir.12503>
- Renzo, M. D., Castelbianco, F. B. di, Vanadia, E., Petrillo, M., Racinaro, L., & Rea, M. (2017). Sensory Processing and Repetitive Behaviors in Clinical Assessment of Preschool Children with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Child and Adolescent Behavior*, *5*(2), 1-8. <https://doi.org/10.4172/2375-4494.1000342>
- Russell, G., Rodgers, L. R., Ukoumunne, O. C., & Ford, T. (2014). Prevalence of Parent-Reported ASD and ADHD in the UK: Findings from the Millennium Cohort Study. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *44*(1), 31-40. <https://doi.org/10.1007/s10803-013-1849-0>
- Rutter, M., Couteur, A. L., & Lord, C. (2013). *ADI-R: Autism Diagnostic Interview Revised: Manual*. Western Psychological Services.
- Sacre, L.-A. R., Zwaigenbaum, L., Bryson, S., Brian, J., Smith, I. M., Roberts, W., ... Armstrong, V. (2015). Can parents' concerns predict autism spectrum disorder? A prospective study of high-risk siblings from 6 to 36 months of age. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, *54*(6), 470-478. <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2015.03.014>

- Sanz-Cervera, P., Pastor-Cerezuela, G., Fernández-Andrés, M.-I., & Tárraga-Mínguez, R. (2015). Sensory processing in children with Autism Spectrum Disorder: Relationship with non-verbal IQ, autism severity and Attention Deficit/Hyperactivity Disorder symptomatology. *Research in Developmental Disabilities, 45-46*, 188-201. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2015.07.031>
- Sanz-Cervera, P., Pastor-Cerezuela, G., González-Sala, F., Tárraga-Mínguez, R., & Fernández-Andrés, M.-I. (2017). Sensory Processing in Children with Autism Spectrum Disorder and/or Attention Deficit Hyperactivity Disorder in the Home and Classroom Contexts. *Frontiers in Psychology, 8*, 1772. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01772>
- Schaaf, R. C., Dumont, R. L., Arbesman, M., & May-Benson, T. A. (2018). Efficacy of Occupational Therapy Using Ayres Sensory Integration®: A Systematic Review. *The American Journal of Occupational Therapy: Official Publication of the American Occupational Therapy Association, 72*(1), 7201190010p1-7201190010p10. <https://doi.org/10.5014/ajot.2018.028431>
- Schaal, B., Montagner, H., Hertling, E., Bolzoni, D., Moyse, A., & Quichon, R. (1980). [Olfactory stimulation in the relationship between child and mother]. *Reproduction, Nutrition, Developpement, 20*(3B), 843-858.
- Schopler, E. (1990). *Individualized assessment and treatment for autistic and developmentally disabled children*. (Psychoeducational profile revised (PEP-R)).
- Shimizu, V. T., Bueno, O. F. A., & Miranda, M. C. (2014). Sensory processing abilities of children with ADHD. *Brazilian journal of physical therapy, 18*(4), 343-352.
- Simonoff, E., Pickles, A., Charman, T., Chandler, S., Loucas, T., & Baird, G. (2008). Psychiatric disorders in children with autism spectrum disorders: Prevalence, comorbidity, and associated factors in a population-derived sample. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 47*(8), 921-929. <https://doi.org/10.1097/CHI.0b013e318179964f>
- Sparrow, S. S., Cicchetti, D. V., & Balla, D. A. (2005). *Vineland Adaptive Behavior Scales, Second Edition*. Circle Pines MN: AGS Publishing.
- Stanciu, R., & Delvenne, V. (2016). Traitement de l'information sensorielle dans les troubles du spectre autistique. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence, 64*(3), 155-162. <https://doi.org/10.1016/j.neurenf.2016.02.002>

- Szatmari, P., Georgiades, S., Duku, E., Bennett, T. A., Bryson, S., Fombonne, E., ... Pathways in ASD Study Team. (2015). Developmental trajectories of symptom severity and adaptive functioning in an inception cohort of preschool children with autism spectrum disorder. *JAMA Psychiatry*, *72*(3), 276-283. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2014.2463>
- Talsma, D., Senkowski, D., Soto-Faraco, S., & Woldorff, M. G. (2010). The multifaceted interplay between attention and multisensory integration. *Trends in Cognitive Sciences*, *14*(9), 400-410. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.06.008>
- Tomchek, S. D., & Dunn, W. (2007). Sensory processing in children with and without autism: A comparative study using the short sensory profile. *The American Journal of Occupational Therapy: Official Publication of the American Occupational Therapy Association*, *61*(2), 190-200. <https://doi.org/10.5014/ajot.61.2.190>
- van der Meer, J. M. J., Oerlemans, A. M., van Steijn, D. J., Lappenschaar, M. G. A., de Sonnevile, L. M. J., Buitelaar, J. K., & Rommelse, N. N. J. (2012). Are autism spectrum disorder and attention-deficit/hyperactivity disorder different manifestations of one overarching disorder? Cognitive and symptom evidence from a clinical and population-based sample. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, *51*(11), 1160-1172.e3. <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2012.08.024>
- Van Etten, H. M., Kaur, M., Srinivasan, S. M., Cohen, S. J., Bhat, A., & Dobkins, K. R. (2017). Increased Prevalence of Unusual Sensory Behaviors in Infants at Risk for, and Teens with, Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *47*(11), 3431-3445. <https://doi.org/10.1007/s10803-017-3227-9>
- Visser, J. C., Rommelse, N. N. J., Greven, C. U., & Buitelaar, J. K. (2016). Autism spectrum disorder and attention-deficit/hyperactivity disorder in early childhood: A review of unique and shared characteristics and developmental antecedents. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *65*, 229-263. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.03.019>
- Wang, J., Zhang, J., Wang, Z.-Z., Liu, X.-Y., Yang, H., & Liu, W.-L. (2016). [Characteristics of attention in school-age children with mild autism spectrum disorder]. *Zhongguo Dang Dai Er Ke Za Zhi = Chinese Journal of Contemporary Pediatrics*, *18*(7), 589-593.

- Warren, W. H. (1995). Chapter 8 - Self-Motion: Visual Perception and Visual Control. In W. Epstein & S. Rogers (Éd.), *Perception of Space and Motion* (p. 263-325). <https://doi.org/10.1016/B978-012240530-3/50010-9>
- Waterhouse, L., Fein, D., & Modhal, C. (1996). Neurofunctional Mechanisms in Autism. *Psychological Review*, *103*, 457-489.
- Wechsler, D. (2002). *Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence™ - Third Edition (WPPSI™ - III)*. Wechsler.
- Wechsler, D. (2003). *Wechsler intelligence scale for children-WISC-IV*. Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (2014a). *WISC-V: Administration and Scoring Manual*. NCS Pearson, Incorporated.
- Wechsler, D. (2014b). *WPPSI-IV, échelle d'intelligence de Wechsler pour enfants*. ECPA.
- Wiggins, L. D., Robins, D. L., Bakeman, R., & Adamson, L. B. (2009). Brief Report: Sensory Abnormalities as Distinguishing Symptoms of Autism Spectrum Disorders in Young Children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *39*(7), 1087-1091. <https://doi.org/10.1007/s10803-009-0711-x>
- Willcutt, E. G. (2012). The prevalence of DSM-IV attention-deficit/hyperactivity disorder: A meta-analytic review. *Neurotherapeutics: The Journal of the American Society for Experimental NeuroTherapeutics*, *9*(3), 490-499. <https://doi.org/10.1007/s13311-012-0135-8>
- Zuckerman, M. (1994). *Behavioral expressions and biosocial bases of sensation seeking*. New York, NY, US: Cambridge University Press.
- Zwaigenbaum, L., Bryson, S., & Garon, N. (2013). Early identification of autism spectrum disorders. *Behavioural Brain Research*, *251*, 133-146. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2013.04.004>

Liste des abréviations

ABC : Aberrant Behavior Checklist

ADHD : Attention Deficit Hyperactivity Disorder

ADI-R : Autism Diagnostic Interview- Revised

ADOS : Autism Diagnostic Observation Schedule

AOI : Appel d'Offre Interne

ASD : Autism Spectrum Disorder

CIM : Classification International des maladies

CCTIRS : Comité Consultatif sur le Traitement de l'Information en matière de Recherche

CF : Confer

CHU : Centre Hospitalier Universitaire

CNIL : Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés

CNSA : Caisse Nationale de Solidarité pour l'Autonomie

CPP : Comité de Protection des Personnes

DGOS : Direction Générale de l'Offre de Soins

DSM : Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders

HAS : Haute Autorité en Santé

PEP-R : Profil Psycho-Educatif- Révisé

SRS : Social Responsivness Scale

TD : Typical Development

TDAH : Trouble de l'Attention et Hyperactivité

TIS : Traitement de l'Information Sensorielle

TSA : Trouble du Spectre de l'Autisme

TSA+TDAH : comorbidité du Trouble du Spectre de l'Autisme et du Trouble du Déficit de l'Attention et Hyperactivité

WISC : Wechsler Intelligence Scale for Children

WPPSI : Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence

Annexes

Annexe A : Note d'information et consentement éclairé : inclusion du groupe TDAH.

NOTE D'INFORMATION

Etude comparative du traitement de l'information sensorielle chez des enfants ayant un trouble du spectre de l'autisme et/ou un trouble du déficit de l'attention.

Madame, Monsieur,

Voici un ensemble d'informations sur le projet de recherche auquel nous vous invitons à participer. Il s'adresse **aux parents d'enfants âgés de 6 à 16 ans ayant un TDAH** (sans traitement médicamenteux) et s'inscrit également dans le cadre de la thèse en psychologie du développement de Mme Dellapiazza, psychologue, dirigée par le Pr. Amaria Baghdadli, responsable du service de Médecine Psychologique pour Enfants et Adolescents au CHU de Montpellier.

Cette étude examine le lien qui existe entre le traitement des informations issues des sens (vision, audition, etc.) et le comportement d'enfants ayant soit un TDAH soit de l'autisme. Nous souhaitons comparer leur fonctionnement qui sera étudié au travers de 4 questionnaires (l'un répertoriant les difficultés comportementales, un second relatif aux aspects sensoriels, un troisième concernant le TDAH et enfin un autre sur les aspects relationnels).

Votre participation au projet implique uniquement de compléter ces 4 questionnaires. **Vous êtes totalement libre** de refuser ou d'accepter de participer à ce projet. Vos réponses seront totalement **confidentielles avec** un traitement automatique et anonyme des données. Toutes les conditions de sécurité informatique des données seront assurées.

Si vous souhaitez participer à cette étude, nous vous invitons dès à présent à signer le consentement éclairé ci-dessous et à remplir les questionnaires fournis, en les remettants directement au professionnel qui vous a proposé la recherche.

Lorsque vous aurez lu cette note d'information n'hésitez pas à contacter Mme Florine Dellapiazza pour toutes questions (f-dellapiazza@chu-montpellier.fr ou 04.67.33.96.63).

Nous vous remercions par avance de l'attention que vous porterez à notre étude.

CONSENTEMENT ECLAIRE DES PARENTS

Initiales des nom et prénom de l'enfant :

Date de Naissance : /.... /....

Acceptons par la présente de participer en toute connaissance de cause et en toute liberté à la recherche intitulée « *Etude comparative du traitement de l'information sensorielle chez des enfants ayant un trouble du spectre de l'autisme et/ou un trouble du déficit de l'attention* ». Nous avons lu ce jour la note d'information réservée aux parents et nous avons bien pris connaissance de l'objectif de l'étude. Nous avons bien noté notre droit d'être informé des résultats globaux de cette recherche et que les données de cette étude resteront strictement confidentielles.

Fait à, le

Signatures :

Père

ou

Mère

**Annexe B : Note d'information et consentement éclairé : inclusion du groupe
contrôle.**

NOTE D'INFORMATION

Etude comparative du traitement de l'information sensorielle chez des enfants ayant un trouble du spectre de l'autisme et/ou un trouble du déficit de l'attention.

Madame, Monsieur,

Voici un ensemble d'informations sur le projet de recherche auquel nous vous invitons à participer. Il s'adresse **aux parents d'enfants typiques âgés de 6 à 12 ans** et s'inscrit également dans le cadre de la thèse en psychologie du développement de Mme Dellapiazza, psychologue, dirigée par le Pr. Amaria Baghdadli, responsable du service de Médecine Psychologique pour Enfants et Adolescents au CHU de Montpellier.

Cette étude examine le lien qui existe entre le traitement des informations issues des sens (vision, audition, etc.) et le comportement d'enfants ayant un trouble du spectre de l'autisme et/ou un trouble du déficit de l'attention et des enfants typiques. Nous souhaitons comparer leur fonctionnement qui sera étudié au travers de 4 questionnaires (l'un répertoriant les difficultés comportementales, un second relatif aux aspects sensoriels, et enfin un autre sur les aspects relationnels).

Votre participation au projet implique uniquement de compléter ces 4 questionnaires. **Vous êtes totalement libre** de refuser ou d'accepter de participer à ce projet. Vos réponses seront totalement **confidentielles avec** un traitement automatique et anonyme des données. Toutes les conditions de sécurité informatique des données seront assurées.

Si vous souhaitez participer à cette étude, nous vous invitons dès à présent à signer le consentement éclairé ci-dessous et à remplir les questionnaires fournis, en les remettants directement au professionnel qui vous a proposé la recherche.

Lorsque vous aurez lu cette note d'information n'hésitez pas à contacter Mme Florine Dellapiazza pour toutes questions (f-dellapiazza@chu-montpellier.fr ou 04.67.33.96.63).

Nous vous remercions par avance de l'attention que vous porterez à notre étude.

CONSENTEMENT ECLAIRE DES PARENTS

Initiales des nom et prénom de l'enfant :

Date de Naissance : /.... /....

Acceptons par la présente de participer en toute connaissance de cause et en toute liberté à la recherche intitulée « *Etude comparative du traitement de l'information sensorielle chez des enfants ayant un trouble du spectre de l'autisme et/ou un trouble du déficit de l'attention* ». Nous avons lu ce jour la note d'information réservée aux parents et nous avons bien pris connaissance de l'objectif de l'étude. Nous avons bien noté notre droit d'être informé des résultats globaux de cette recherche et que les données de cette étude resteront strictement confidentielles.

Fait à, le

Signatures :

Père

ou

Mère

Annexe C : Questionnaire réalisé pour l'étude 2 : inclusion des enfants présentant un TDAH.

QUESTIONNAIRE

Initiales des nom et prénom de votre enfant :

1. Date de remplissage du questionnaire :	.../.../.....
2. Date de naissance de votre enfant :	.../.../.....
3. Sexe de votre enfant :	M / F
4. Niveau scolaire de votre enfant :	
5. Votre enfant présente t- il un autre trouble ou une maladie associée au TDAH et si oui de quel type ?	
6. Votre enfant est- il sous médication liée à son TDAH ?	
7. Votre enfant présente-t- il un déficit sensoriel (surdité, trouble de la vision, etc) et si oui de quel type ?	

Annexe D : Questionnaire réalisé pour l'étude 2 : inclusion du groupe contrôle.

QUESTIONNAIRE

Initiales des nom et prénom de votre enfant :

1. Date de remplissage du questionnaire :	.../.../.....
2. Date de naissance de votre enfant :	.../.../.....
3. Sexe de votre enfant :	M / F
4. Niveau scolaire de votre enfant :	
5. Votre enfant présente t- il un trouble du déficit de l'attention ?	
6. Votre enfant présente t- il un trouble du spectre de l'autisme ?	
7. Votre enfant présente-t-il un déficit sensoriel (surdité, trouble de la vision, etc) et si oui de quel type ?	
8. Votre enfant présente-il un trouble du développement ? si oui de quel type ?	