



## Mise au point sur les troubles des apprentissages

J.-M. Albaret\*, Y. Chaix\*\*

\* Université de Toulouse, UPS, PRISSMH – EA 4561, 118 route de Narbonne, 31062 Toulouse cedex 9

\*\* Inserm U 825, Unité de Neurologie Pédiatrie, CHU de Toulouse, 330 avenue de Grande-Bretagne, 31059 Toulouse cedex 9

### RÉSUMÉ

Les troubles spécifiques des apprentissages touchent l'acquisition des compétences scolaires de base que sont la lecture, l'écriture et l'arithmétique. Ils surviennent, de façon inattendue, chez des individus dont les capacités intellectuelles sont normales et résistent aux aménagements scolaires. Les données récentes dans différents domaines mettent l'accent sur une étiologie complexe et interactive et envisagent les associations avec les troubles psychomoteurs notamment le Trouble de l'Acquisition de la Coordination et le Trouble Déficit de l'Attention/Hyperactivité. Les conséquences sur l'évaluation et la prise en charge de ces troubles sont discutées.

### MOTS-CLÉS

Troubles neurodéveloppementaux, discordance, sensibilité aux interventions, co-occurrence

### Définitions

Le terme de troubles des apprentissages (*learning disorder*) est utilisé selon plusieurs acceptions dans la littérature, et des remaniements récents des critères diagnostiques<sup>(35)</sup> nécessitent de faire un point sur les connaissances actuelles. Au sens restreint, il fait généralement référence aux troubles regardant l'acquisition des compétences scolaires de base que

sont la lecture, l'écriture et l'arithmétique, mais certains auteurs y associent des troubles psychomoteurs, comme le Trouble de l'Acquisition de la Coordination (TAC), le Trouble Déficit de l'Attention/Hyperactivité (TDA/H), voire l'incapacité d'apprentissage non-verbal, ainsi que les troubles du langage oral<sup>(26,30,41)</sup>. Le rapport Inserm<sup>(15)</sup> illustre bien cet état de fait en commençant ainsi son chapitre *Définitions et classifications* : « Les 'troubles spécifiques des apprentissages' concernent une large palette de troubles qui va des troubles du langage et de la parole aux troubles des aptitudes motrices (...). Les troubles qui font l'objet de cette expertise sont ceux plus directement liés aux acquisitions scolaires : le trouble spécifique de la lecture et du calcul ainsi que le trouble de l'écriture ». Le terme est souvent considéré comme un synonyme de celui de *learning disability* que l'on traduit alors par incapacité d'apprentissage ou difficulté d'apprentissage. Le *National Joint Committee on Learning Disabilities* en donne la définition suivante : « L'incapacité d'apprentissage est un terme générique désignant un ensemble hétérogène de troubles se manifestant par des difficultés persistantes dans l'acquisition et l'utilisation de l'écoute, de la parole, de la lecture, de l'écriture, du raisonnement ou des mathématiques. Ces désordres sont intrinsèques à la personne, la cause présumée est un dysfonctionnement du système nerveux central, ils peuvent se manifester tout au long de la vie. Des problèmes dans les comportements d'auto-régulation, de perception

sociale et d'interaction sociale peuvent coexister avec les incapacités d'apprentissage mais ils ne constituent pas en eux-mêmes une incapacité d'apprentissage. Même si des incapacités d'apprentissage peuvent se manifester de façon concomitante avec d'autres conditions handicapantes (par exemple, les déficiences sensorielles, le retard mental, les perturbations émotionnelles), ou des influences extrinsèques (par exemple, les différences culturelles, une instruction insuffisante ou inappropriée), elles ne sont pas la conséquence de ces conditions ou influences »<sup>(24)</sup>.

Ces troubles sont considérés comme spécifiques car ils ne touchent qu'un aspect du fonctionnement cognitif du sujet par opposition au trouble généralisé des apprentissages qui renvoie au retard mental. Ce caractère spécifique est toutefois mis à mal devant l'association ou la co-occurrence élevée de ces différents troubles chez un même sujet<sup>(16)</sup>. Les troubles sont en effet hétérogènes ainsi que les groupes de sujets qui en sont porteurs. Ces éléments ont conduit à reconsidérer le modèle du déficit cognitif unique comme origine de chacun des troubles des apprentissages pour envisager des points de vue plurifactoriels et probabilistes. Le modèle des déficits multiples de Pennington<sup>(29)</sup> fait ainsi un certain nombre de propositions afin de rendre compte de la complexité et du caractère multifactoriel de l'étiologie de ces troubles et du recouvrement partiel de ces derniers :

- 1) il existe une interaction entre des facteurs de risque et des facteurs protecteurs aussi bien au niveau génétique qu'environnemental ;
- 2) ces facteurs altèrent le développement des systèmes neuronaux impliqués dans les processus cognitifs nécessaires au développement normal, produisant les symptômes comportementaux qui définissent les troubles ;
- 3) aucun facteur étiologique isolé ne peut rendre compte du trouble ;
- 4) la comorbidité est donc de règle du fait de facteurs de risques partagés au niveau étiologique ;

5) la répartition de la responsabilité pour une maladie donnée est souvent continue et quantitative plutôt que discrète et catégorielle.

Les enfants avec incapacité d'apprentissage primaire ou idiopathique sont distingués de ceux dont les difficultés scolaires sont secondaires à une maladie génétique, un retard mental, des troubles sensoriels, des perturbations émotionnelles ou apparaissant dans un contexte de conditions socio-économiques défavorables ou de scolarisation inadaptée ou inexistante. La prématurité est enfin un facteur de risque aggravant pour les troubles des apprentissages, notamment en-dessous de 31 semaines d'aménorrhée<sup>(20,21)</sup>.

La première caractéristique identifiée dans les troubles des apprentissages est la présence de difficultés considérées comme inattendues (*unexpected*) compte-tenu des autres aspects du développement et persistantes tout au long de la vie. Le caractère discordant (*discrepancy*) des résultats effectifs du sujet dans un domaine scolaire spécifique comparé à ses capacités générales a été considéré comme un élément essentiel de la définition. Les capacités générales retenues pour cette comparaison sont classiquement les capacités intellectuelles, mesurées notamment par le QI : on attend d'un individu avec un QI dans la moyenne qu'il ait un niveau de lecture également dans la moyenne. Si ce n'est pas le cas on parlera alors de désaccord et partant d'incapacité d'apprentissage. Par la suite, différentes critiques ont été formulées concernant la validité de ce critère : 1) les déficits cognitifs qui conduisent à une faible réussite scolaire peuvent aussi entraîner un QI faible ; 2) les profils cognitifs des enfants avec faible réussite scolaire sont similaires qu'il y ait ou non une discordance ; 3) le fait de prendre en considération ce critère peut retarder la mise en place d'adaptations ou de mesures éducatives<sup>(12)</sup>. Du point de vue de la fidélité du critère, la discordance peut simplement être liée au phénomène de régression vers la moyenne qui veut que dans le cas d'une mesure s'écartant fortement de la moyenne, une deuxième mesure chez le même sujet a

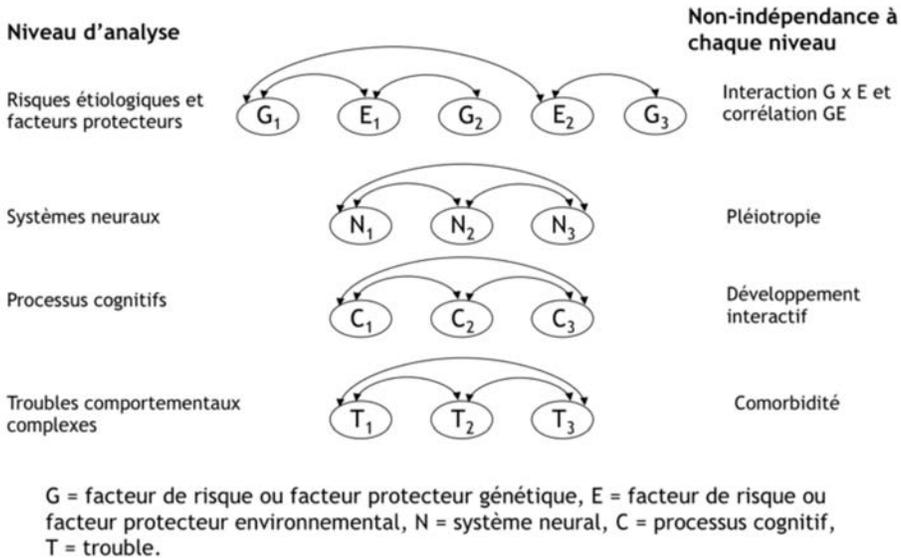


Figure 1 – Modèle probabiliste et multifactoriel de l'association des troubles des apprentissages (Pennington, 2008).

plus de chance d'être proche de la moyenne que de s'en écarter encore plus.

Ces critiques ont conduit à un abandon progressif de ce critère au bénéfice de celui de sensibilité aux interventions (*responsiveness to intervention*), c'est-à-dire à des dispositifs mis en place dans le milieu scolaire, basés sur des recherches scientifiques, adaptés aux caractéristiques du sujet en terme de modalité et d'intensité et dont l'implémentation et l'efficacité sont régulièrement évaluées. Les sujets ne répondant pas à ces mesures sont alors considérés comme ayant un trouble des apprentissages et nécessitent des interventions spécialisées<sup>(13)</sup>. Cette procédure permet de distinguer les sujets souffrant d'un trouble des apprentissages de sujets dont les mauvais résultats scolaires seraient dus à un contexte socio-culturel ou pédagogique inadapté ou insuffisant.

Les troubles des apprentissages sont mis en évidence à l'âge scolaire, mais des expressions

de ceux-ci sont présentes avant cet âge et persistent jusqu'à l'âge adulte.

### Les critères diagnostiques

La question des critères diagnostiques pertinents pour parler de trouble des apprentissages doit être envisagée différemment selon la perspective retenue : clinique avec la décision de mise en place d'un dispositif d'aide ou de soins ; recherche avec la détermination de marqueurs, biologiques par exemple. Dans le premier cas, des critères plus étendus permettent la mise en place précoce de la prise en charge ou de dispositifs de prévention, dans le second cas, le caractère restrictif des critères d'inclusion et d'exclusion assure une plus grande homogénéité des populations étudiées et limite les variables parasites.

Les classifications des troubles jouent un rôle central dans l'identification des groupes de sujets afin de pouvoir les étudier et, à l'échelon individuel, mettre en place des thérapeutiques adaptées et guider l'utilisation d'arbres

décisionnels. Il est donc nécessaire que la détermination des entités ainsi distinguées réponde à des critères de fidélité et de validité et que celles-ci recouvrent au mieux l'ensemble des sujets qui en sont porteurs. Cela ne peut se faire sans arguments et nécessité de tester des hypothèses sous-jacentes : comment distinguer les sujets avec troubles de ceux qui en sont dépourvus ?, les critères utilisés sont-ils spécifiques et sensibles ?, les variables dépendantes retenues sont-elles pertinentes ?, etc. Malgré la difficulté de l'exercice, de telles classifications sont incontournables pour fournir un cadre à la réflexion et à la prise de décision clinique. Il est en effet préférable de se référer à des critères explicites plutôt que d'être le jouet de distinctions implicites qui se mettent en place de façon insidieuse et inexorable.

La CIM-10<sup>(28)</sup> désigne ces troubles sous l'appellation de Troubles spécifiques des acquisitions scolaires (F81) et distingue le Trouble spécifique de la lecture, le Trouble spécifique de l'orthographe et le Trouble spécifique de l'arithmétique ainsi qu'un Trouble mixte des acquisitions scolaires.

Dans le DSM-IV-TR<sup>(2)</sup>, les troubles des apprentissages sont inclus dans les « Troubles habituellement diagnostiqués pendant la première enfance, la deuxième enfance ou l'adolescence et regroupent quatre catégories : Trouble de la lecture, Trouble du calcul, Trouble de l'expression écrite, Trouble des apprentissages non spécifié qui mettent en avant la discordance entre le fonctionnement intellectuel général et les capacités dans un domaine spécifique, les répercussions sur la réussite scolaire et les activités de la vie courante, ainsi qu'un facteur d'exclusion portant sur le déficit sensoriel, les affections médicales générales étant à porter sur l'axe III.

Dans le DSM-5<sup>(3)</sup>, les troubles des apprentissages sont désormais regroupés sous le terme général de « Troubles neurodéveloppementaux »<sup>1</sup> avec les troubles du spectre autistique, les troubles psychomoteurs (TDA/H, TAC, syndrome de Gilles de la Tourette et tics), la déficience mentale, les troubles de la communication. Ces différents troubles sont consécutifs à une interaction complexe entre des facteurs de risque génétiques, environnementaux et psychosociaux. Ils interfèrent avec l'acquisition et l'utilisation d'une ou de plusieurs des habiletés scolaires que sont la lecture, l'écriture, l'arithmétique ou le raisonnement mathématique.

Les critères proposés dans le DSM-5 pour les Troubles des apprentissages sont les suivants<sup>(3,7)</sup>:

A) Histoire ou présentation actuelle de difficultés persistantes dans les habiletés de lecture, écriture, arithmétique ou raisonnement mathématique au cours des années d'enseignement scolaire (i.e., durant la période d'acquisition). L'individu doit présenter au moins une des manifestations suivantes :

- (1) lecture des mots imprécise, ou lente et demandant un effort ;
- (2) difficulté à comprendre le sens de ce qui est lu (e.g., peut lire un texte précisément mais ne comprend pas la succession, les relations, les inférences ou le sens profond de ce qui est lu) ;
- (3) orthographe pauvre (e.g., peut ajouter, omettre, ou substituer des voyelles ou des consonnes) ;
- (4) expression écrite pauvre (e.g., fait de multiples erreurs grammaticales ou de ponctuation au sein des phrases, organisation des paragraphes pauvre, écriture manuscrite extrêmement pauvre) ;
- (5) difficultés à se souvenir des faits concernant les nombres ;
- (6) calcul arithmétique lent ou inexact ;
- (7) raisonnement mathématique lent ou inexact ;
- (8) évitement des activités faisant appel à la

1. Le terme de troubles neurodéveloppementaux fait référence soit à des troubles dont l'étiologie génétique ou acquise est connue et qui affectent le développement neurologique des enfants, soit à des troubles dont l'étiologie est multifactorielle et pour lesquels certains aspects du neurodéveloppement sont spécifiquement altérés comme les troubles du spectre autistique, la dyslexie, le TDA/H, le TAC, etc.<sup>(6)</sup>

lecture, l'orthographe, l'écriture ou l'arithmétique.

- B) Les capacités actuelles dans une ou plus de ces habiletés scolaires sont en-dessous de la moyenne (la recommandation actuelle est de 1,5 écart type) compte tenu de l'âge du sujet, de son intelligence, de son groupe culturel ou linguistique ou de son niveau d'éducation, comme indiqué par les résultats à des tests de niveau scolaire en lecture, écriture ou mathématique administrés de manière individuelle, standardisés et appropriés sur le plan culturel et linguistique.
- C) Les difficultés d'apprentissage ne sont pas mieux expliquées par un trouble du développement intellectuel, un retard de développement global, des troubles neurologiques, sensoriels (vision, audition) ou moteurs.
- D) Les difficultés d'apprentissage identifiés dans le critère A (en l'absence d'outils, de supports ou de services fournis pour permettre à l'enfant de compenser ces difficultés) interfèrent de façon significative avec la réussite scolaire, le fonctionnement professionnel ou les activités de la vie courante qui font appel à ces habiletés scolaires, seules ou associées.

Le diagnostic nécessite donc un entretien détaillé portant sur l'histoire individuelle et familiale du sujet, reprenant les aspects développementaux, médicaux et scolaires, mais également les résultats scolaires actuels et les appréciations des enseignants, les répercussions sociales et émotionnelles des troubles des apprentissages sur la vie de l'enfant ainsi que l'impact des différentes interventions pédagogiques et rééducatives mises en place. De plus, une évaluation neuropsychologique complète, au sens large du terme, est nécessaire. À côté des capacités intellectuelles, les examens orthophoniques et psychomoteurs sont indispensables pour préciser la nature des difficultés et la présence de comorbidités.

La place et le rôle des différents intervenants que sont les médecins, les enseignants, les psychologues, scolaires ou non, les orthopho-

nistes et les psychomotriciens dans l'ensemble du dispositif ont donc besoin d'être précisés. Par exemple, si l'on veut prendre en compte l'impact des différents aménagements ou interventions pédagogiques dans le diagnostic de Trouble des apprentissages, encore faut-il que ceux-ci aient pu être déterminés et mis en place (par qui ? sur quels arguments ? avec quels moyens ?) et que l'évaluation régulière du dispositif ait été réalisée (par qui ? avec quels outils ?). La nécessité d'une formation spécifique aux troubles des apprentissages et d'une collaboration étroite de différentes catégories de professionnels sont donc plus que jamais d'actualité.

Les conséquences de ces troubles sur le plan psychologique et social sont nombreuses : démoralisation et baisse de l'estime de soi<sup>(9)</sup>, déficit dans les habiletés sociales et l'ajustement social, exclusion scolaire ainsi que des difficultés ultérieures dans l'insertion professionnelle. La méta-analyse de Kavale *et al.*<sup>(17)</sup> indique que le déficit dans les habiletés sociales se manifeste au niveau de l'acquisition de ces habiletés, mais aussi dans l'échec à les utiliser de manière appropriée ainsi que dans les faibles capacités d'auto-contrôle se manifestant par des comportements négatifs qui interfèrent secondairement avec l'acquisition ou l'utilisation d'habiletés sociales adaptées. Les enfants et adolescents avec troubles des apprentissages perçoivent non seulement leurs difficultés scolaires, mais aussi leur déficit en communication non verbale et en résolution de problèmes sociaux. De l'avis de leurs pairs, ils sont considérés comme étant plus souvent rejetés.

### Les causes des troubles des apprentissages

Au niveau génétique, les études portant sur la dyslexie et la dyscalculie, notamment celle réalisée au sein du *Colorado Learning Disabilities Research Center*, vont dans le sens d'une étiologie complexe et polygénique ainsi que d'influences génétiques partagées<sup>(42)</sup>. Dans la continuité du modèle de Pennington<sup>(30)</sup>, les résultats suggèrent que les troubles des apprentissages sont la résultante d'effets additifs et interactifs de multiples facteurs de

risque génétiques et environnementaux, chacun d'entre eux n'ayant, à lui seul, que peu d'effet. Il est donc essentiel de développer des recherches interdisciplinaires qui associent étroitement les différentes techniques de génétique comportementale et moléculaire, de neuropsychologie cognitive et de psychologie développementale. De telles études doivent être poursuivies afin de déterminer les marqueurs précoces associés aux facteurs de risque susceptibles de jouer un rôle dans l'apparition de ces troubles. Dans le cas d'une probabilité élevée pour l'un d'entre eux, des interventions précoces pourraient alors être envisagées pour réduire le risque de développement ultérieur du trouble. Cette même étude indique que ces troubles, auxquels est associé le TDA/H, présentent des similarités dans leurs profils neuropsychologiques avec une vitesse de traitement ralentie.

D'un point de vue neuroanatomique, le même constat peut être fait<sup>(4)</sup>. Il est probable que, du fait d'une hétérogénéité liée à des fonctions perceptives et cognitives multiples, ces troubles (dyscalculie et dyslexie) présentent à la fois des anomalies spécifiques mais aussi des atteintes plus générales, partagées, qui pourraient rendre compte de leur cooccurrence. En effet, différents déficits cognitifs spécifiques concernant le traitement des quantités et le sens du nombre pour la dyscalculie ou la conscience phonologique et la dénomination rapide dans la dyslexie ont été mis en évidence. Mais des processus cognitifs plus généraux peuvent aussi être invoqués comme la mémoire de travail (verbale et visuo-spatiale), l'attention (traitement visuo-attentionnel, attention sélective) ou le langage. La dyscalculie implique principalement le sillon intrapariétal (manipulation des quantités), intégré au sein d'un large réseau distribué et interconnecté qui impliquerait notamment le gyrus fusiforme dans les régions postérieures ainsi que le cortex prémoteur et le gyrus frontal moyen dans le cortex pré-frontal. Les études en imagerie cérébrale plus nombreuses dans la dyslexie développementale convergent pour souligner un dysfonctionnement de la région dorsale temporo-pariétale gauche impliquée dans les

procédures de conversion grapho-phonémique et la région ventrale temporo-occipitale gauche impliquée dans la reconnaissance rapide des mots écrits<sup>(11,30)</sup>. Mais le réseau neuronal impliqué dans ce trouble développemental est sans doute plus vaste, impliquant à côté de ces deux régions principales, selon l'âge : la région frontale inférieure gauche<sup>(36)</sup>, le type de dyslexie : le cortex pariétal supérieur gauche<sup>(32)</sup> ou selon les troubles moteurs associés : le cervelet<sup>(25)</sup>.

### Troubles psychomoteurs et Troubles des apprentissages

Les taux de cooccurrence du TAC et de la dyslexie varient fortement selon les critères et les populations étudiées<sup>(1,8)</sup> mais concernent environ 50 % des sujets. Pour la dyscalculie, la cooccurrence avec les troubles perceptivo-moteurs est également très variable. Des difficultés de coordinations oculomanuelles ont été décrites<sup>(37)</sup>, ainsi que la possibilité d'un syndrome de Gerstmann développemental associant agnosie digitale, confusion droite-gauche, dysgraphie et dyscalculie<sup>(18,29)</sup>. Mais ce sont surtout les travaux de Rourke<sup>(34)</sup> sur l'incapacité d'apprentissage non verbal qui ont mis l'accent sur une série de symptômes reliés à la dyscalculie comme un déficit en perception tactile et en perception visuelle, des difficultés face à la nouveauté et dans les activités psychomotrices complexes avec une discordance entre les aspects non verbaux et verbaux des capacités intellectuelles, ainsi qu'un défaut de compétence sociale notamment dans le décodage et l'utilisation des communications non verbales. Une étude des tailles de l'effet sur les critères diagnostiques de l'IANV<sup>(19)</sup> montre que l'élément le plus important est la présence d'une intelligence visuospatiale moindre, puis viennent l'écart entre intelligence verbale et visuospatiale au détriment de la seconde, l'écart entre niveau en lecture moyen et niveau en mathématiques effondré ainsi qu'un déficit en habiletés visuoconstructives et en motricité manuelle. Sont également mentionnées de façon moins systématique les difficultés de mémoire visuospatiale et les habiletés sociales et émotionnelles. L'association troubles visuospa-

tiaux et visuoconstructifs et déficit en motricité manuelle serait donc une caractéristique présente dans un sous-groupe de dyscalculiques même si la validité du trouble a pu être remise en question<sup>(38)</sup>. Les gnosies digitales ainsi que l'orientation droite-gauche sont également un bon prédicteur des performances numériques ultérieures et constitueraient un indicateur précoce des dyscalculies<sup>(27)</sup>.

Différentes études récentes permettent de mesurer l'ampleur de ces associations. Dans une étude portant sur 104 enfants avec troubles des apprentissages, âgés de 7 à 12 ans comparés à un groupe contrôle, Westendorp *et al.*<sup>(40)</sup> montrent un lien entre les habiletés motrices générales, mesurées par le Test de développement de la motricité globale (TGMD-2) et les compétences scolaires de base : les sujets avec TA sont significativement moins performants que les contrôles, l'écart étant plus marqué pour les habiletés de contrôle des objets que pour les habiletés locomotrices ; la lecture et l'orthographe sont corrélées de façon significative avec les habiletés locomotrices, et les performances en mathématiques avec le contrôle des objets. L'étude de Vuijk *et al.*<sup>(39)</sup>, réalisée auprès de 137 enfants avec TA, âgés de 7 à 12 ans, montre aussi que 50 % des sujets ont une note totale au M-ABC inférieure au centile 15 et trouve des corrélations positives entre les items d'équilibre (M-ABC) et les résultats en mathématiques, les items de maîtrise de balles et la lecture, les items de dextérité manuelle et l'orthographe.

Au sein d'une vaste enquête sur une population clinique de 3608 enfants dont 1319 avec TA, Pieters *et al.*<sup>(33)</sup> trouvent que 320 d'entre eux, soit 24,8 % des enfants TA, ont un score inférieur au 10<sup>ème</sup> centile à un test moteur (M-ABC ou Bruininks-Oseretsky), avec deux fois plus de garçons que de filles. Les résultats de l'étude de Mogasale *et al.*<sup>(22)</sup> qui porte sur une population de 1101 enfants du sud de l'Inde âgés de 8 à 11 ans, dont 165 TA, vont dans le même sens. Dans le groupe TA, 135 enfants sont aussi porteurs d'une dysgraphie, 121 d'une dyslexie et 114 d'une dyscalculie, soit un recouvrement important

entre ces trois troubles, 76 enfants présentant l'ensemble des trois.

L'association de la dyslexie avec le TDA/H est décrite depuis longtemps avec des pourcentages élevés mais hautement variables du fait de probables biais de recrutement, des populations étudiées, des critères et des outils diagnostiques retenus<sup>(5)</sup>. Au sein d'une cohorte de 5699 enfants, l'enquête épidémiologique rétrospective conduite par Yoshimasu *et al.*<sup>(43)</sup> retrouve un pourcentage cumulé de trouble de la lecture plus élevé chez les 379 enfants avec TDA/H (20 à 43 % selon les critères utilisés) que sans TDA/H (7,7 % pour les filles ; 14,5 % pour les garçons). Pour la dyscalculie, les troubles de l'attention sont présents dans un cas sur quatre<sup>(14)</sup>, mais il semblerait que ces troubles soient distincts sur le plan étiologique<sup>(23)</sup>.

Les liens entre fonctions motrices et cognitives sont étroits sur différents plans. Ces fonctions qui font appel à plusieurs processus s'appuient en effet sur les mêmes structures cérébrales et les boucles qui les relient, notamment le cortex pré-frontal, le cervelet et les ganglions de la base<sup>(11)</sup>. Un dysfonctionnement de tout ou partie de cet ensemble a des répercussions aussi bien motrices que cognitives. L'hypothèse d'un déficit de l'apprentissage procédural rendant compte de l'association des troubles spécifiques des apprentissages a été développée par Nicolson et Fawcett<sup>(26)</sup>. Selon ces auteurs, le déficit cognitif sous-jacent commun aux différents troubles neuro-développementaux, reposerait sur des substrats cérébraux impliquant à des degrés divers selon les troubles les boucles cortico-cérébelleuse et cortico-striatale.

## Conclusion

L'évaluation précise des fonctions altérées, même si elle n'est pas nécessaire pour établir le diagnostic, est une nécessité pour la mise en place des programmes de soins, de même que la prise en compte des moyens dont dispose l'enfant. Les modalités sensorielles, les habiletés motrices et linguistiques, les fonctions attentionnelles, mnésiques et exécutives, la vitesse de traitement et le raisonnement sont

autant de domaines qui peuvent interférer avec les compétences scolaires.

Devant la complexité de l'étiologie des troubles des apprentissages, et plus généralement des troubles neurodéveloppementaux, la nécessité de recherches réellement interdisciplinaires se fait jour afin de faire le lien entre les aspects comportementaux, les données neuropsychologiques, les caractéristiques cérébrales et les apports de la génétique moléculaire. Ce n'est qu'à cette condition que nous pourrions avancer dans la compréhension de ces troubles et améliorer le suivi précoce des enfants qui en sont porteurs.

### RÉFÉRENCES

- 1 – Albaret, J.-M. (2008). La question de la comorbidité entre Trouble de l'Acquisition de la Coordination (TAC) et Trouble de la Lecture. *Fréquences : Revue de l'ordre des orthophonistes et audiologistes du Québec*, 19, 28-30.
- 2 – American Psychiatric Association (2000). *DSM-IV-TR. Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (4th ed. text rev.). Washington, DC: Auteur (Trad. Franç. Paris: Masson, 1996).
- 3 – American Psychiatric Association. (2012). *DSM-5 development*. Consulté sur le site <http://www.dsm5.org/ProposedRevision/Pages/proposedrevision.aspx?rid=429>.
- 4 – Ashkenazi, S., Black, J. M., Abrams, D. A., Hoeft, F., & Menon, V. (2013). Neurobiological underpinnings of math and reading learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*.
- 5 – Biederman, J., Newcorn, J., & Sprich, S. (1991). Comorbidity of attention deficit hyperactivity disorder with conduct, depressive, anxiety, and other disorders. *American Journal of Psychiatry*, 148, 564-577.
- 6 – Bishop, D., Rutter, M. (2008). Neurodevelopmental disorders: conceptual approaches. In M. Rutter, D. Bishop, D. Pine, S. Scott, J. Stevenson, E. Taylor, A. Thapar (Eds.), *Rutter's child and adolescent psychiatry* (pp. 32-41). Oxford: Blackwell.
- 7 – Cavendish, W. (2013). Identification of learning disabilities: Implications of proposed DSM-5 criteria for school-based assessment. *Journal of Learning Disabilities*, 46(1), 52-57.
- 8 – Chaix, Y., Albaret, J.-M., Brassard, C., Cheuret, E., Castelnaud, P. de, Bénesteau, J., Karsenty, C., & Démonet, J.-F. (2007). Motor impairment in dyslexia: the influence of attention disorder. *European Journal of Paediatric Neurology*, 11, 368-374.
- 9 – Cosden, M., Elliott, K., Noble, S., & Kelemen, E. (1999). Self-understanding and self-esteem in children with learning disabilities. *Learning Disability Quarterly*, 22(4), 279-290.
- 10 – Démonet, J.-F., Taylor, M. J., & Chaix, Y. (2004). Developmental dyslexia. *The Lancet*, 363, 1451-1460.
- 11 – Diamond, A. (2000). Close interrelation of motor development and cognitive development and of the cerebellum and prefrontal cortex. *Child Development*, 71(1), 44-56.
- 12 – Fletcher, J. M., Francis, D. J., Morris, R. D., & Lyon, G. R. (2005). Evidence-based assessment of learning disabilities in children and adolescents. *Journal of Clinical Child and Adolescent Psychology*, 34, 506-522.
- 13 – Fuchs, D., Mock, D., Morgan, P., & Young, C. (2003). Responsiveness-to-intervention: Definitions, evidence, and implications for the learning disabilities construct. *Learning Disabilities: Research and Practice*, 18, 157-171.
- 14 – Gross-Tsur, V., Manor, O., & Shalev, R. S. (1996). Developmental dyscalculia: prevalence and demographic features. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 38, 25-33.
- 15 – Inserm (Ed.) (2007). *Dyslexie, dysorthographe, dyscalculie : bilan des données scientifiques. Expertise collective*. Paris : Les éditions Inserm. [<http://ipubli.inserm.inist.fr/handle/10608/73>].
- 16 – Kaplan, B., Crawford, S., Cantell, M., Kooistra, L., & Dewey, D. (2006). Comorbidity, co-occurrence, continuum: what's in a name? *Child: Care, Health and Development*, 32(6), 723-731.
- 17 – Kavale, K. A., & Forness, S. R. (1996). Social skill deficits and learning disabilities: A meta-analysis. *Journal of Learning Disabilities*, 29(3), 226-237.
- 18 – Lareng-Armitage, J., & Bénesteau, J. (2005). Le syndrome développemental de Gerstmann : une question d'actualité ? In *Entretiens de Psychomotricité 2005* (pp. 155-161). Paris : Expansion Scientifique Française.
- 19 – Mammarella, I. C., & Cornoldi, C. (2013). An analysis of the criteria used to diagnose children with Nonverbal Learning Disability (NLD). *Child Neuropsychology*, 1, 1-26.
- 20 – Mathiasen, R., Hansen, B. M., Andersen, A.-M. N. N., Forman, J. L., & Greisen, G. (2010). Gestational age and basic school achievements: A national follow-up study in Denmark. *Pediatrics*, 126(6), e1553-e1561.

- 21 – McGowan, J. E., Alderdice, F. A., Holmes, V. A., & Johnston, L. (2011). Early childhood development of late-preterm infants: A systematic review. *Pediatrics*, *127*, 1111-1124.
- 22 – Mogasale, V. V., Patil, V. D., Patil, N. M., & Mogasale, V. (2012). Prevalence of specific learning disabilities among primary school children in a South Indian city. *Indian Journal of Pediatrics*, *79*(3), 342-347.
- 23 – Monuteaux, M. C., Faraone, S. V., Herzig, K., Navsaria, N., & Biederman, J. (2005). ADHD and dyscalculia: Evidence for independent familial transmission. *Journal of Learning Disabilities*, *38*(1), 86-93.
- 24 – National Joint Committee on Learning Disabilities (1994). *Collective perspectives on issues affecting learning disabilities*. Austin, Texas: Pro-Ed.
- 25 – Nicolson, R. I., Fawcett, A. J., Berry, E. L., Jenkins, I. H., Dean, P., & Brooks D. J. (1999). Association of abnormal cerebellar activation with motor learning difficulties in dyslexic adults. *Lancet*, *353*, 1662-1667.
- 26 – Nicolson, R. I., & Fawcett, A. J. (2007). Procedural learning difficulties: reuniting the developmental disorders? *Trends in Neurosciences*, *30*(4), 135-141.
- 27 – Noël. (2009). La dyscalculie de l'enfant: une difficulté dans le calcul et le traitement du nombre. In M. Poncelet, S. Majerus & M. Van der Linden (Eds.), *Traité de neuropsychologie de l'enfant* (pp. 301-330). Marseille: Solal.
- 28 – Organisation Mondiale de la Santé (1993). *CIM-10, Classification internationale des troubles mentaux et des troubles du comportement : Descriptions cliniques et directives pour le diagnostic*. Paris: Masson.
- 29 – PeBenito R., Fisch C. B., & Fisch, M. L. (1988). Developmental Gerstmann Syndrome. *Archives of Neurology*, *45*, 977-982.
- 30 – Pennington, B. F. (2009). *Diagnosing learning disorders : A neuropsychological framework*. New York: Guilford Press.
- 31 – Peterson, R. L., & Pennington, B. F. (2012). Developmental dyslexia. *The Lancet*, *379*, 1997-2007.
- 32 – Peyrin, C., Lallier, M., Démonet, J.-F., Pernet, C., Baci, M., Le Bas J.-F., & Valdois, S. (2012). Neural dissociation of phonological and visual attention span disorders in developmental dyslexia: fMRI evidence from two case reports. *Brain and Language*, *120*, 381-394.
- 33 – Pieters, S., De Block, K., Scheiris, J., Eysen, M., Desoete, A., Deboutte, D., et al. (2012). How common are motor problems in children with a developmental disorder: rule or exception? *Child: Care, Health and Development*, *38*, 139-145.
- 34 – Rourke, B. P. (1989). *Nonverbal learning disabilities: The syndrome and the model*. New York, NY: Guilford Press.
- 35 – Scanlon, D. (2013). Specific learning disability and its newest definition: Which is comprehensive? and which is insufficient? *Journal of Learning Disabilities*, *46*(1), 26-33.
- 36 – Shaywitz, B. A., Skudlarski, P., Holahan, J. M., Marchione, K. E., Constable R. T., Robert K., et al. (2007). Age-related changes in reading systems of dyslexic children. *Annals of Neurology*, *61*, 63-70.
- 37 – Siegel, L. S., & Ryan, E. B. (1989). The development of working memory in normally achieving and subtypes of learning disabled children. *Child Development*, *60*, 973-980.
- 38 – Spreen, O. (2011). Nonverbal learning disabilities: A critical review. *Child Neuropsychology*, *17*(5), 418-443.
- 39 – Vuijk, P. J., Hartman, E., Mombarg, R., Scherder, E., & Visscher, C. (2011). Associations between academic and motor performance in a heterogeneous sample of children with learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, *44*(3), 276-282.
- 40 – Westendorp, M., Hartman, E., Houwen, S., Smith, J., & Visscher, C. (2011). The relationship between gross motor skills and academic achievement in children with learning disabilities. *Research in Developmental Disabilities*, *32*, 2773-2779.
- 41 – Whitmore, K., Hart, H., & Willems, G. (Eds.). (1999). *A neurodevelopmental approach to specific learning disorders*. Londres: Mac Keith Press.
- 42 – Willcutt, E. G., Pennington, B. F., Duncan, L., Smith, S. D., Keenan, J. M., Wadsworth, S., et al. (2010). Understanding the complex etiologies of developmental disorders: Behavioral and molecular genetic approaches. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics*, *31*(7), 533-544.
- 43 – Yoshimasu, K., Barbaresi, W. J., Colligan, R. C., Killian, J. M., Voigt, R. G., Weaver, A. L., et al. (2010). Gender, Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder, and reading disability in a population-based birth cohort. *Pediatrics*, *126*(4), e788-e795.

## Déclaration d'intérêts

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêts