

# Les fonctions exécutives chez l'enfant : développement, influences culturelles et perspectives cliniques

Marie Er-Rafiqi, Cynthia Roukoz, Didier Le Gall, Arnaud Roy

DANS **REVUE DE NEUROPSYCHOLOGIE** 2017/1 Volume 9 , PAGES 27 À 34  
ÉDITIONS **JLE**

ISSN 2101-6739

DOI 10.1684/nrp.2017.0405

Date de mise en ligne : 09/03/2017

Article disponible en ligne à l'adresse

<https://stm.cairn.info/revue-de-neuropsychologie-2017-1-page-27?lang=fr>



Découvrir le sommaire de ce numéro, suivre la revue par email, s'abonner...  
Scannez ce QR Code pour accéder à la page de ce numéro sur Cairn.info.



**Distribution électronique Cairn.info pour JLE.**

Vous avez l'autorisation de reproduire cet article dans les limites des conditions d'utilisation de Cairn.info ou, le cas échéant, des conditions générales de la licence souscrite par votre établissement. Détails et conditions sur [cairn.info/copyright](http://cairn.info/copyright).

Sauf dispositions légales contraires, les usages numériques à des fins pédagogiques des présentes ressources sont soumises à l'autorisation de l'Éditeur ou, le cas échéant, de l'organisme de gestion collective habilité à cet effet. Il en est ainsi notamment en France avec le CFC qui est l'organisme agréé en la matière.

# Les fonctions exécutives chez l'enfant : développement, influences culturelles et perspectives cliniques

## *Executive functions in children: development, cultural influences and clinical perspectives*

Marie Er-Rafiqi<sup>1</sup>, Cynthia Roukoz<sup>2</sup>,  
Didier Le Gall<sup>3</sup>, Arnaud Roy<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de psychologie des Pays de la Loire, Université Bretagne-Loire, Université d'Angers, 11, boulevard Lavoisier, 49045 Angers, France  
<marie.errafiqi@gmail.com>

<sup>2</sup> Psychological Assessment Center, Psychiatry Department, American University of Beirut Medical Center, Hamra, Beirut, Liban

<sup>3</sup> CHU d'Angers, Département de Neurologie, Unité de neuropsychologie, 49100 Angers, France

<sup>4</sup> CHU de Nantes, Hôpital Femme-Enfant-Adolescent, Centre référent des troubles d'apprentissage et Centre de compétence nantais de neurofibromatose, 44000 Nantes, France

Pour citer cet article : Er-Rafiqi M, Roukoz C, Le Gall D, Roy A. Les fonctions exécutives chez l'enfant : développement, influences culturelles et perspectives cliniques. *Rev Neuropsychol* 2017 ; 9 (1) : 27-34 doi:10.1684/nrp.2017.0405

### Résumé

Les fonctions exécutives (FE) jouent un rôle déterminant dans le développement psychologique de l'enfant. Ces dernières années, leur étude a suscité un intérêt majeur dans le champ de la neuropsychologie de l'enfant, plus particulièrement depuis l'accumulation d'arguments empiriques suggérant un lien potentiel entre les perturbations exécutives et les difficultés d'ordre cognitif, scolaire et psychosocial. Aujourd'hui, nombreuses sont les données qui montrent que les habiletés exécutives se développent précocement et de façon prolongée. Cette idée est reprise dans une proposition théorique récente formulée par Diamond (2013), qui détaille les principales FE à travers un modèle intégratif à composantes multiples. Néanmoins, ce type de modèle ne prévoit pas l'effet de l'environnement et de la culture sur le développement des FE, alors que plusieurs arguments existent désormais et sont en faveur d'une influence potentielle de ces dimensions. Dans cet article, une synthèse des principales données empiriques accumulées dans ce domaine est proposée, ainsi qu'une réflexion sur les enjeux cliniques liés à la prise en compte indispensable de la culture en cas de perturbation du développement cérébral. Plusieurs éléments de prospective sont proposés, en particulier d'ordre méthodologique, afin de favoriser l'émergence d'outils d'évaluation neuropsychologique des FE adaptés à l'enfant, qui prennent en compte *a minima* l'effet de l'environnement et du contexte culturel.

**Mots clés :** fonctions exécutives • développement • culture • variables sociodémographiques

### Abstract

Since the emerging evidence of the role of Executive Functions (EFs) on children's cognitive, academic and psychosocial functioning, EFs have generated growing interest in the field of child neuropsychology. Studies of EF among children are relatively new and limited theoretical frameworks of EF in children are available to date. Diamond (2013) presents a competing model supporting a multicomponent structure of EF in the first years of life. Diamond (2013) supports a non-linear non-synchronous progression of core EF. However, neither Diamond's model, nor other models available to date, take into consideration the potential influence of one's environment on EF development, even though recent studies suggest that the developmental curve of EF is subject to be influenced by culture and sociodemographic variables. Lack of appropriate cultural norms poses a challenge to the assessment of EFs across cultures and increases the likelihood of diagnostic errors due to cultural biases. This paper will elaborate on recent knowledge on the development of EF in children. In a second section, an overview of existing studies discussing potential influences

**Correspondance**  
M. Er-Rafiqi

*of cultural and sociodemographic variables such as gender, language proficiency, type of education, parent's education level, and culture, will be presented. In a third and last part, guidelines on how to improve clinical evaluation of EF among children from different cultures will be discussed.*

**Key words:** executive functions • development • culture • sociodemographic variables

**E**n neuropsychologie, il est communément admis que les fonctions exécutives (FE) regroupent un ensemble d'habiletés de haut niveau nécessaires à la réalisation d'un comportement dirigé vers un but [1, 2]. Elles ont pour fonction de faciliter l'adaptation aux situations nouvelles. Ces processus interviennent notamment dans la régulation du comportement ou dans la prise de décision. Les FE sont sollicitées lorsque les routines d'action ou les habiletés cognitives automatiques ne sont pas suffisantes et que l'usage de processus contrôlés, dits *top-down*, est requis [3]. En outre, plusieurs arguments empiriques accumulés ces dernières années favorisent l'idée selon laquelle les FE entretiennent des liens étroits avec la santé mentale et physique, la réussite scolaire et professionnelle, et plus globalement avec le développement social, cognitif et psychologique [4].

Chez l'enfant, il y a désormais de nombreuses données qui démontrent que les processus exécutifs se développent de manière à la fois très précoce et prolongée, ce qui illustre une dynamique développementale coïncidant avec le rythme particulier de maturation du cortex préfrontal [5]. En revanche, l'effet de l'environnement sur l'émergence des FE a jusqu'à présent été moins étudié, alors que le contexte sociodémographique et culturel dans lequel l'enfant vient au monde et grandit, influence potentiellement de manière déterminante la mise en place de ces habiletés. En conséquence, les FE – par définition – contribuent au maintien de l'homéostasie en regard du contexte. De ce fait, elles engagent la question de leur hétérogénéité en lien avec l'expérience personnelle et la culture. Paradoxalement, les modèles théoriques proposés dans le domaine des FE chez l'enfant ne prévoient pas l'effet de l'environnement et de la culture, ce qui interroge la valence universelle de ces modèles et par conséquent, leur généralisation d'un contexte à l'autre.

Dans cet article de synthèse, nous revenons dans une première partie sur les grandes caractéristiques des principales FE classiquement distinguées dans les modélisations théoriques actuelles en neuropsychologie de l'enfant, à travers le modèle intégratif récemment proposé par Diamond [4]. Nous insistons en particulier sur l'ordre chronologique d'apparition des processus exécutifs chez l'enfant, tel que proposé par Diamond, incluant l'inhibition, la mémoire de travail, la flexibilité et la planification. Dans une seconde partie, nous présentons plusieurs données empiriques supportant l'idée qu'il est essentiel de considérer la culture au cœur du développement des FE. Par ailleurs, nous exposons la façon dont les variables sociodémographiques, telles que

le genre ou le niveau d'éducation des parents, sont susceptibles de jouer un rôle déterminant dans le développement cognitif. Dans une troisième et dernière partie, nous verrons que si les modèles théoriques ne prévoient pas l'effet de l'environnement, les outils disponibles dans le cadre de l'évaluation des FE sont aussi utilisés sans prendre en considération la culture, ce qui n'est pas sans interroger la pertinence de la démarche clinique. Dans ce contexte et à travers cette revue de la littérature, nous mettons en avant la nécessité de faire évoluer les outils psychométriques existants par des adaptations spécifiques à l'environnement, afin que l'évaluation et les stratégies d'examen des dysfonctionnements exécutifs – et donc leur prise en charge – soit plus fiable et adaptée aux particularités de l'environnement dans lequel l'enfant grandit.

## ■ Les fonctions exécutives, modèles actuels et développement

Tant chez l'adulte que chez l'enfant, l'hypothèse de FE plurielles mais interdépendantes prévaut dans la littérature, à l'instar des études factorielles qui distinguent généralement le contrôle inhibiteur, la mémoire de travail ou la mise à jour, et la flexibilité cognitive [6, 7]. Ces processus sont caractérisés par un développement prolongé en lien avec la maturation particulièrement longue du cortex préfrontal, principal siège biologique des FE. En raison du développement caudo-rostral du cerveau, l'élimination synaptique et la myélinisation des régions préfrontales sont plus tardives par rapport aux autres régions cérébrales et se prolongent ainsi jusqu'au début de l'âge adulte. Aujourd'hui, plusieurs données empiriques soutiennent ainsi l'idée d'une maturité ontogénétique tardive des FE. Les performances au test classique de Stroop illustrent bien cette idée pour le contrôle inhibiteur, avec des courbes développementales très prolongées dans le temps [8]. Pour autant, ce développement prolongé ne doit pas masquer l'émergence précoce et essentielle des FE dès les premiers mois de vie du bébé. L'accomplissement du paradigme A-non-B de Piaget [9] est aujourd'hui interprété comme étant l'une des premières manifestations de l'émergence des FE chez le nourrisson. Pour que le bébé puisse réussir l'épreuve A-non-B, il doit pouvoir maintenir en mémoire l'endroit où est cachée la récompense tout en inhibant la réponse précédemment donnée. À l'appui de cette idée, Diamond [10] a montré des corrélations anatomofonctionnelles entre la réussite de

l'épreuve par les bébés et l'activation précoce des régions dorsolatérales du cortex préfrontal.

Chez l'enfant, Diamond [4] a récemment établi un modèle théorique intégratif du développement des FE, incluant les trois principaux processus cités ci-dessus, ainsi que les habiletés de planification et de résolution de problèmes, considérées par l'auteure comme des « fonctions exécutives de plus haut niveau ». Le contrôle inhibiteur est la capacité à contrôler son attention, son comportement, ses pensées et/ou ses émotions, afin de surmonter les tentatives internes et externes. Sont ainsi distinguées l'inhibition comportementale de l'inhibition cognitive. Toutes deux permettent progressivement à l'enfant d'ajuster son comportement, afin qu'il soit adapté aux différentes situations de la vie courante. Par opposition, l'impulsivité correspond à l'incapacité de l'enfant à autoréguler et/ou à différer ses réactions. Sur le plan scolaire, les capacités d'inhibition permettent à l'enfant de se focaliser sur son travail ou encore d'ignorer les distractions. L'inhibition cognitive permet de supprimer les représentations mentales inadéquates, afin, par exemple, d'ignorer ou d'effacer certains souvenirs ou des pensées non désirées. Enfin, l'inhibition permet également de soulager la mémoire de travail en supprimant les stimuli superflus.

La mémoire de travail est définie comme étant la capacité à mémoriser et manipuler des informations sur une période de temps limitée [11]. De nature verbale et non verbale, elle permet à l'enfant de maintenir temporairement en mémoire un ensemble d'informations et de coordonner plusieurs tâches. Elle est nécessaire pour faire le lien entre plusieurs éléments dans le but de les assembler en un tout global ou au contraire pour permettre de les dissocier afin de les organiser de manière différente. La mémoire de travail apparaît comme un processus indispensable à l'organisation spatiale et temporelle. Elle favorise le développement cognitif et les apprentissages tels que le langage oral (e.g., développement du lexique et compréhension), la lecture et l'écriture (notamment l'adressage et l'assemblage), le calcul et les résolutions de problème, ou encore la mémoire à long terme (e.g., effet de récence). D'après Diamond [4], sans le soutien de la mémoire de travail, les capacités de raisonnement cognitif seraient perturbées. Enfin, plusieurs données s'appuyant sur l'évaluation de la boucle phonologique et du calepin visuospatial montrent d'importants progrès en mémoire de travail pendant l'enfance [12, 13].

S'il est désormais relativement bien établi que les capacités de mémoire de travail et d'inhibition observent toutes deux un développement à la fois précoce et prolongé, aucun consensus n'a été trouvé quant à l'ordre d'apparition de ces deux FE [4, 14]. Elles sont supposées entretenir une relation d'interdépendance ; par exemple, maintenir des informations en mémoire est essentiel pour identifier les éléments superflus à inhiber. Réciproquement, inhiber les distractions en provenance de l'environnement et/ou les pensées incongrues est déterminant pour rester concentré sur les éléments stockés en mémoire de travail [4]. Si

l'un de ces deux processus est défaillant, le second le sera potentiellement.

La flexibilité cognitive se construit à partir du socle formé par l'inhibition cognitive et la mémoire de travail : elle serait ainsi tributaire du développement de ces deux processus et émergerait donc plus tardivement au cours de l'enfance [4]. La flexibilité cognitive se définit comme la capacité de changer rapidement de tâches (alterner entre différentes tâches ou différentes consignes) ou de stratégie et d'analyser l'environnement selon différentes perspectives. Pour que la flexibilité cognitive puisse émerger, l'enfant doit être capable d'inhiber certains stimuli internes ou externes afin d'orienter son attention vers d'autres perspectives stockées en mémoire de travail. Par exemple, lors d'un exercice de mathématique, si la première hypothèse formulée pour résoudre un problème s'avère fautive, il faut être capable de l'inhiber et d'en formuler une autre. Diamond suggère également que la flexibilité mentale est le support de la créativité et de la théorie de l'esprit [4]. D'un point de vue empirique, certains travaux ont montré l'émergence précoce d'une certaine flexibilité, puisqu'à partir de deux ans et demi, les enfants sont capables de réussir des tâches dans lesquelles ils doivent inverser des consignes simples [15]. De la même façon, Frye *et al.* ont proposé une épreuve plus complexe (le *Dimensional Change Card Sort Test* – DCCST) et ont observé une transition en termes de performance entre l'âge de 3 ans, où l'enfant est en échec parce qu'il commet des erreurs de persévération, et l'âge de 4 ans, où il réussit l'épreuve [16]. La progression des capacités de flexibilité se poursuit pendant l'enfance, comme l'ont montré par exemple des travaux chez des enfants plus âgés à l'aide de tâches de fluence verbale [17].

La planification, le raisonnement et la résolution de problème sont considérés par Diamond comme des processus exécutifs de plus haut niveau [4]. Ils incluent la capacité à formuler des hypothèses à partir d'éléments abstraits ou concrets, ou encore la capacité à organiser ses pensées. Ils permettent à l'enfant d'établir et d'initier des plans d'actions, de formuler des stratégies ou encore d'organiser les étapes nécessaires pour atteindre un objectif précis. Une atteinte de ces habiletés est susceptible d'entraîner des perturbations sévères du fonctionnement cognitif, et d'affecter potentiellement l'ensemble des fonctions supérieures. Sur le plan scolaire, les aptitudes de planification permettent d'anticiper et de structurer le travail ou les jeux, de ranger son matériel, par exemple son espace de travail ou son cartable, et plus généralement, d'organiser ses apprentissages. La tour de Hanoi est une épreuve classiquement utilisée pour évaluer les performances en planification ; elle a notamment été employée dans les premières études empiriques consacrées au développement exécutif. À partir d'une version simplifiée de l'épreuve, il a ainsi été montré que les performances augmentaient avec l'âge, avec des pics développementaux entre 5 et 6 ans [18]. Le développement de ces processus de planification serait tributaire du socle formé par la mémoire de travail, l'inhibition et la flexibilité mentale, expliquant par conséquent leur émergence

plus tardive [4]. Cette hypothèse coïncide avec les observations neurophysiologiques étayant l'idée d'une maturation cérébrale prolongée jusqu'à l'âge adulte.

Le modèle intégratif de Diamond propose ainsi une structure hiérarchisée spécifique au développement des habiletés exécutives [4]. Il offre une large conceptualisation des FE, structurée en modules interdépendants et interactifs, sur la base des données empiriques accumulées ces dernières années et des principes néo-piagétiens. Le développement des FE est considéré comme un processus précoce, prolongé et différencié selon l'âge des enfants, donnant lieu à différents calendriers développementaux. Dans ce contexte, l'effet potentiel des facteurs sociodémographiques – et plus largement de la culture – sur le développement exécutif constitue une réflexion centrale, puisqu'elle interroge la valence universelle de ce type de modélisation théorique et, de fait, sa généralisation d'un contexte à l'autre. Paradoxalement, l'étude de ces variables reste à ce jour limitée et n'est même pas envisagée dans le cadre des propositions théoriques actuelles, à l'instar du modèle de Diamond [4].

### ■ Influence des variables culturelles et sociodémographiques

Durant ces dix dernières années, plusieurs études ont été consacrées à l'effet du contexte sur le développement des FE. À partir de comparaisons inter et intra culturelles, certaines d'entre-elles ont mis en évidence une influence des facteurs sociodémographiques tels que le genre ou le bilinguisme, et plus largement, un effet de la culture, sur le développement des FE. Cette partie propose donc de détailler certaines de ces études, afin de mieux comprendre comment se développent les FE en interaction avec l'appartenance culturelle et les caractéristiques sociodémographiques d'un enfant.

S'agissant des variables sociodémographiques, plusieurs études ont montré l'influence de telles variables sur le développement des FE. En d'autres termes, des enfants appartenant à une même culture présenteraient des différences de fonctionnement exécutif, selon le genre, le niveau d'éducation des parents, les compétences langagières ou plus globalement le statut socioéconomique de la famille. Ces facteurs sont également susceptibles d'interagir avec la culture dans la mesure où l'influence des variables sociodémographiques sur les FE serait différente en fonction de la culture de l'individu.

Le genre de l'enfant a été étudié à plusieurs reprises comme une variable susceptible d'avoir un rôle sur le développement des FE. Certaines études ont ainsi relevé des différences significatives en faveur des filles [e.g., 19], d'autres en faveur des garçons [e.g., 20], et d'autres encore n'ont pas trouvé d'effet statistiquement significatif de ce facteur [e.g., 7]. Récemment, Bellaj *et al.* [17] ont par exemple constaté de meilleures performances chez les garçons

tunisiens d'âge scolaire dans une mesure de mémoire de travail visuo-spatiale, mais aucune autre différence significative n'a été retrouvée pour les diverses autres mesures des FE. Selon certains travaux, l'effet du genre pourrait interagir avec la culture. Ismatullina *et al.* [21] ont par exemple observé que les garçons kirghizes d'Asie centrale obtenaient de meilleures performances que les filles à une tâche de mémoire de travail visuo-spatiale, tandis que le contraire était observé chez des enfants russes. Les chercheurs en ont conclu que l'influence du genre sur les capacités de mémoire de travail pourrait être culture-dépendante, dans la mesure où cette influence serait différente en fonction de la culture de l'enfant. En revanche, les auteurs n'ont pas proposé d'hypothèse pour tenter d'expliquer – d'un point de vue culturel ou sociologique – ces résultats. Ce type d'interaction a été retrouvé dans d'autres cultures, comme l'illustre une étude récente de Thorell *et al.* [22]. Dans leur recherche, les auteurs ont observé un effet significatif du genre en faveur des garçons iraniens (par comparaison avec les filles), à partir d'un questionnaire (à destination des parents) évaluant les FE dans la vie quotidienne ; l'effet inverse, cette fois en défaveur des garçons, était constaté chez les enfants suédois, espagnols et chinois. L'effet d'interaction entre genre et culture dans cette dernière étude était interprété comme susceptible de refléter le statut – différent – de la femme dans ces cultures. L'hypothèse explicative envisagée spécifiait que le statut particulier de la femme en Iran, considéré comme « inférieur » à celui de l'homme, tend à amener les parents iraniens à sous-estimer les capacités de leurs filles, en leur attribuant plus de difficultés exécutives au quotidien [22].

Le bilinguisme aurait également une influence sur le développement des FE. Les études présentées dans ce paragraphe utilisent la même définition du bilinguisme, à savoir l'exposition à deux langues dès la naissance. Bialystok et Viswanathan [23] ont ainsi par exemple évalué les capacités d'inhibition et de flexibilité mentale auprès d'enfants canadiens et indiens d'âge scolaire, monolingues et bilingues, et ont montré un effet significatif du bilinguisme, indépendamment de la culture, sur le développement des FE : les enfants bilingues canadiens et indiens montraient de meilleures performances au niveau des tâches d'inhibition et de flexibilité mentale que leurs homologues monolingues. De même, Carlson et Meltzoff [24] ont comparé trois groupes d'enfants américains en s'intéressant à différentes compétences langagières : le premier groupe était bilingue et exposé à deux langues dès la naissance, le deuxième groupe était monolingue, et le troisième groupe était monolingue mais intégré dans une école qui enseignait une deuxième langue. Les enfants bilingues avaient de meilleures performances aux tâches de FE que les deux autres groupes. Crivello *et al.* [25] ont aussi conclu à un effet positif du bilinguisme sur le développement exécutif en comparant des enfants canadiens bilingues, exposés au français et à l'anglais depuis la naissance, à des enfants américains monolingues, exposés uniquement à l'anglais. Ils ont pu démontrer un lien significatif entre le

vocabulaire connu dans les deux langues et les compétences exécutives : le nombre de mots qu'un enfant connaît dans deux langues différentes affecterait positivement ses aptitudes exécutives, et plus spécifiquement dans cette étude, ses capacités d'inhibition. Ce bénéfice pourrait être dû au fait que lorsqu'un individu bilingue fournit un mot dans une langue donnée, le mot équivalent dans l'autre langue serait systématiquement activé puis inhibé, favorisant ainsi le développement du contrôle inhibiteur.

D'autres variables sociodémographiques, telles que le niveau d'éducation des parents ou le type d'école fréquentée par l'enfant, auraient également un effet sur le développement des FE, même si aucun consensus n'est encore établi à ce jour. Par exemple, il n'a pas été retrouvé, chez les enfants tunisiens d'âge scolaire, d'effet du niveau d'éducation des parents sur le fonctionnement exécutif des enfants, à l'exception d'un effet du niveau d'éducation du père sur certaines mesures, comme le temps d'exécution d'une tâche d'inhibition ou l'empan de chiffres envers [17]. En revanche, une autre étude réalisée auprès d'un groupe d'enfants américains d'âge scolaire a démontré un effet robuste du type d'école fréquentée (privée versus publique) et un effet variable du niveau d'éducation des parents sur les performances à des tâches censées évaluer différents aspects des FE tels que la génération d'idées et la conceptualisation verbale et non verbale, la flexibilité mentale ou encore la résolution de problèmes [19].

S'agissant de l'effet de la culture sur le développement des FE, plusieurs travaux empiriques ont également été réalisés. Les cultures les plus étudiées sont les cultures chinoises et américaines. Par exemple, Sabbagh *et al.* [26] ont comparé des enfants chinois et américains et ont mis en évidence de « meilleures » performances des enfants chinois aux tâches évaluant l'inhibition, la flexibilité mentale et l'impulsivité. De manière similaire, Lan *et al.* [27] ont comparé des enfants chinois et américains en utilisant des tâches mesurant leurs performances en mémoire de travail, inhibition et contrôle attentionnel. Ils ont observé de meilleures performances chez les enfants chinois aux tâches d'inhibition et de contrôle attentionnel. Ces différences de performances s'expliqueraient – selon les auteurs – à la fois par des facteurs socioculturels, et par une prédisposition génétique [26, 27]. L'une des hypothèses proposée pour expliquer ces différences de performances tiendrait au fait que les parents et les enseignants chinois valoriseraient le contrôle inhibiteur chez les enfants dès le plus jeune âge, correspondant à la période préscolaire. Ainsi, la discipline de l'enfant, sa capacité à suivre les instructions et à se concentrer sur une période prolongée (sur un même support) seraient toutes des exigences précoces dans la culture chinoise [27]. Ces différences de performances ont également été attribuées à des facteurs génétiques, au sens où la répétition du gène *DRD4* de l'allèle 7 (associé à un risque plus élevé de trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité – TDA/H – et donc à un dysfonctionnement exécutif) serait plus commune dans les populations américaines [28].

S'il est vrai que la culture est susceptible d'influencer le développement exécutif, une variabilité entre les études est à signaler. Un des facteurs proposé pour l'expliquer est la différence dans le choix des outils d'évaluation des FE, qui peuvent conduire à des résultats partiellement contradictoires. Par exemple, Thorell *et al.* [22] ont trouvé des différences au niveau du fonctionnement exécutif chez des enfants issus de différentes cultures, en défaveur des enfants chinois (*i.e.*, comparés avec des enfants de Suède, d'Iran ou d'Espagne), par contraste avec plusieurs travaux présentés précédemment [26, 27]. Cette apparente contradiction avec les études précédentes peut néanmoins s'expliquer par les stratégies d'évaluation respectivement engagées : Thorell *et al.* ont utilisé des questionnaires comportementaux visant à apprécier les FE dans la vie quotidienne, plutôt que des tests évaluant la performance des enfants. Ce choix d'outils pourrait être à l'origine de biais culturels expliquant les résultats observés. En effet, les capacités d'autorégulation étant plus valorisées par les parents chinois, ces derniers auront tendance à juger et évaluer plus sévèrement leurs enfants sur cette dimension.

En l'état actuel des données disponibles dans la littérature, il apparaît donc que les FE sont probablement en étroite interaction avec le contexte culturel et sociodémographique dans lequel un enfant naît et grandit. L'influence complexe du contexte explique sans doute au moins en partie pourquoi il est difficile, à ce jour, de dresser un calendrier développemental précis des FE au cours de l'enfance. Si les travaux transculturels demeurent encore limités, le fait que la majorité d'entre eux soient en faveur d'un effet significatif de la culture sur le développement exécutif justifie d'approfondir les connaissances dans ce domaine. Ces seules données pourraient contribuer à expliquer la variabilité de l'expression développementale ainsi que la difficulté – et le manque de pertinence – à penser une modélisation universelle des FE.

## ■ Préconisations et perspectives cliniques

Au regard des travaux empiriques qui viennent d'être évoqués, il apparaît aujourd'hui essentiel de poursuivre les recherches concernant l'influence des variables culturelles et sociodémographiques sur le développement des FE chez l'enfant, compte tenu des enjeux théoriques et cliniques associés à une telle démarche. Les chercheurs et les cliniciens doivent donc redoubler de prudence s'ils envisagent d'étudier ces dimensions, en particulier s'ils utilisent des épreuves *a priori* similaires d'un pays à l'autre. Bien qu'un test soit employé dans une même langue, par exemple en France et en Belgique, il n'en reste pas moins qu'il existe deux cultures sous-jacentes bien différentes et donc deux populations disposant de leurs propres particularités biopsychosociales. C'est ce qu'ont dévoilé Fernandez et Marcopulos [29] dans une étude réalisée avec des sujets âgés de 15 à 83 ans dans dix pays différents. Les auteurs ont montré que les différences constatées en termes de

données normatives sont si importantes, qu'un même individu peut obtenir des performances déficitaires si ses résultats sont analysés avec les normes d'un pays voisin. Ils ont ainsi mis en évidence le danger que représente l'utilisation d'un même test (associée à une norme unique) d'un pays à l'autre. D'après Bellaj et Le Gall [30], cette différence de performance doit absolument être évaluée sous un angle culturel, autrement dit en tenant compte de l'ensemble des facteurs explicatifs liés au contexte.

Un des enjeux cliniques de cette synthèse vise à montrer comment la validité d'un outil utilisé à travers le monde dépend de la culture dans laquelle il s'inscrit. Prenons l'exemple du test classique de Stroop, qui consiste à inhiber le processus automatique de la lecture. Dans cette tâche, on présente à l'enfant des noms de couleur écrits avec une encre dont la couleur ne correspond pas, le sujet ayant pour consigne de nommer la couleur de l'encre. Il lui faut donc inhiber la lecture du mot. Par exemple, si le mot vert est écrit en rouge, le sujet doit inhiber le mot « vert » et répondre « rouge ». Le calcul du nombre d'erreurs et la mesure du temps de réalisation de cette tâche sont censés refléter les performances en inhibition. Admettons maintenant que nous voulions utiliser cette épreuve dans une autre culture que la nôtre. Pour ce type d'épreuve, nous pouvons penser qu'il n'y a pas grande différence entre, par exemple, la population française et la population marocaine. Or la langue est différente et elle constitue une source majeure de biais. En effet, pour le mot « rouge », un Marocain dira « al-ahmar » qui correspond à un temps de prononciation plus long que celui attendu pour le même mot en français. Cette différence de temps peut paraître minime de prime abord (et elle l'est dans l'absolu), mais elle apparaîtra potentiellement significative lorsque nous voudrions comparer la vitesse globale de l'enfant marocain par rapport à l'enfant français à l'issue de cette épreuve (qui dure généralement plusieurs minutes). Une conclusion hâtive pourrait nous faire dire que les performances de l'enfant français sont meilleures que celles de son homologue marocain alors qu'elles sont en réalité la conséquence probable d'un biais culturel, qui n'a rien à voir avec l'aptitude exécutive recherchée à travers la tâche psychométrique elle-même. Hormis cette différence de performance liée au langage, nous pouvons aussi admettre que la version française de l'épreuve serait inadaptée à la population marocaine si nous voulions l'utiliser telle quelle. En effet, le sens de lecture doit être orienté de la droite vers la gauche pour que le test puisse être proposé dans les pays arabophones. Ces différences culturelles en apparence anodines peuvent être la cause de nombreux biais susceptibles d'être retrouvés dans certaines études.

Par ailleurs, il faut également être prudent quant à l'usage d'épreuves non verbales dont on pourrait penser qu'elles peuvent s'utiliser d'un pays à l'autre sans adaptation particulière, sous prétexte que le test s'affranchit *a priori* du langage. Une épreuve, qu'elle soit verbale ou non verbale, sera nécessairement imprégnée de la culture dans laquelle elle a été créée. Nous pouvons prendre

l'exemple de la figure de Rey. La croyance veut qu'elle soit adaptée à toutes les cultures dans la mesure où elle est « uniquement » composée d'éléments géométriques juxtaposés. Or, si l'on examine plus attentivement cette figure, on s'aperçoit qu'elle est pour la majeure partie constituée d'angles droits, de lignes droites et de figures géométriques simples. Si cette figure paraît convenir à la culture occidentale, elle ne l'est en revanche pas forcément pour le monde oriental, qui fait intrinsèquement appel à des motifs beaucoup plus ondulants et arqués. Nous pouvons alors imaginer qu'un enfant libanais, par exemple, rencontrera plus de difficultés à planifier la copie de la figure de Rey par rapport à un enfant suisse, dans la mesure où il est moins habitué, dans son bain culturel, à des motifs de ce type.

Ces éléments tendent à interroger notre propre pratique clinique de l'évaluation neuropsychologique. En effet, quel matériel pouvons-nous employer lorsque se présente un patient d'origine étrangère ? Quelles normes utiliser pour l'évaluation d'un enfant issu de plusieurs cultures différentes ou « simplement » bilingue ? Comment distinguer la réelle pathologie des performances amoindries par les contraintes culturelles ? Bellaj et Seron [31] proposent cinq solutions pratiques pour répondre à ces questions. Les deux premières consistent soit à (1) utiliser les mêmes tests et normes quelle que soit la culture, soit à (2) utiliser les mêmes tests mais à partir de normes adaptées à la culture. Ces deux premières propositions sont les moins fiables et présentent des risques de biais importants. En conséquence, elles sont à employer en dernier recours, d'autant plus chez l'enfant compte tenu de la dynamique développementale complexe qui caractérise cette population. Les solutions les plus élaborées consistent à réaliser (3) une traduction et une normalisation du test ou d'en proposer (4) une adaptation. Enfin, la cinquième et meilleure solution reste (5) la création d'un test original propre à la culture évaluée.

Dans le sillon du projet FEE<sup>1</sup>, plusieurs études sont actuellement engagées de manière conjointe en Tunisie, au Liban, au Maroc et au Brésil, avec pour objectif d'évaluer le développement des FE des enfants dans une perspective transculturelle. Ces recherches affichent plusieurs objectifs théoriques et cliniques complémentaires. Le premier consiste à développer et disposer d'outils standards comparables d'une culture à l'autre (donc adaptés d'une culture à l'autre, avec des normes appropriées) afin d'améliorer la fiabilité des stratégies d'examen. Pour ce faire, la traduction et l'adaptation des épreuves et des questionnaires du protocole FEE ont été appliquées en respectant les procédures conseillées par Bellaj et Seron [31]. Ces dernières ont suivi une méthode nommée *Translation and back-translation* composée de deux étapes principales. La première consiste en une traduction des épreuves et de leurs consignes par des experts chercheurs, neuropsychologues et/ou linguistes [31]. Une analyse du matériel par, au minimum, deux

<sup>1</sup> Fonctions exécutives de l'enfant ; Roy, Fournet, Le Gall, Roulin, en cours ; voir Roy, 2015, pour une description.

experts ainsi que des études pilotes sont ensuite pratiquées constituant des étapes indispensables pour évaluer la fiabilité de la traduction. La seconde étape, effectuée par deux autres experts, consiste à réaliser une traduction inverse, dont le résultat final doit correspondre aux consignes initiales de la langue source, assurant ainsi l'invariabilité du test. Ce premier objectif vise donc à obtenir une meilleure sensibilité et spécificité des outils d'évaluation neuropsychologique en adaptant culturellement chaque instrument. Comme cela a été mentionné plus haut, évaluer un enfant sans prendre en compte ses particularités culturelles et sociodémographiques pourrait mener à des biais importants. Par exemple, la notion du temps peut constituer un biais sociocognitif dans l'évaluation neuropsychologique. Un grand nombre de tests évalue la performance en fonction du temps de complétion de la tâche alors qu'il a été démontré que l'attitude d'un individu vis-à-vis des tests de vitesse serait culturellement déterminé [31]. De plus, la notion même d'un déficit neurocognitif serait culturellement déterminée étant donné qu'elle dépend des attentes que la société place en chaque individu [31]. Ainsi, afin d'éviter des résultats biaisés, menant, par exemple, à passer à côté d'un trouble (faux négatif) ou au contraire, à considérer comme déficitaire une fonction qui ne l'est pas (faux positif), il est primordial de prendre en compte le contexte culturel de l'enfant qui est évalué et d'adapter les outils en conséquence.

Le second objectif des études transculturelles engagées autour du projet FEE est de favoriser une meilleure compréhension des déterminants développementaux des FE en repositionnant la culture au centre de la recherche et en interrogeant ainsi les modélisations théoriques actuelles. Chez l'enfant, le modèle intégratif à composants multiples proposé par Adèle Diamond ne prévoit pas explicitement, en effet, le rôle joué par l'environnement et la culture dans le développement des différentes facettes des FE. Il s'agit donc d'examiner de manière plus systématique, et à travers différentes cultures dans le monde, les arguments empiriques susceptibles d'apporter une réponse plus précise à cette question. Cette problématique est d'autant plus importante que plusieurs travaux montrent l'existence potentielle d'un lien entre développement des FE et cognition sociale, intelligence, ou encore réussite scolaire et professionnelle [5].

Enfin, ces travaux ont pour troisième objectif fondamental de rechercher les invariants cliniques du syndrome dysexécutif d'une culture à l'autre, autrement dit les caractéristiques « universelles » des troubles des FE dans la population pédiatrique. Le caractère précoce et prolongé du développement des FE est un facteur de risque pour des perturbations exécutives persistantes jusqu'à l'âge adulte [32], d'autant plus que les FE sont en lien étroit avec la

mise en place des aptitudes académiques [22], de la théorie de l'esprit [26], et plus globalement le comportement [27]. Les dysfonctionnements exécutifs chez l'enfant vont par conséquent potentiellement induire des difficultés durables et susceptibles de s'aggraver avec le temps (apparition « différée » des troubles), compte tenu de l'augmentation avec l'âge des exigences d'indépendance et de développement des compétences sociales et académiques. De ce fait, s'il est important d'adapter des outils visant l'ensemble des fonctions cognitives des enfants dans une culture donnée, l'évaluation des FE reste une priorité en neuropsychologie, d'autant plus que de très nombreux contextes cliniques sont concernés. En effet, des perturbations précoces des FE sont avérées ou suspectées dans diverses pathologies neurodéveloppementales et acquises tels que le TDA/H, le trouble du spectre autistique, les maladies génétiques, les troubles spécifiques d'apprentissage, l'épilepsie, le traumatisme crânien, ou encore les tumeurs cérébrales. Cette fragilité est en lien avec la vulnérabilité précoce des réseaux fronto-sous-corticaux chez l'enfant, de par leur développement prolongé durant l'enfance [32].

## ■ Conclusion

S'il est désormais largement admis que les FE occupent une place centrale dans le développement psychologique et qu'elles sont particulièrement vulnérables en cas d'anomalie cérébrale chez l'enfant, l'influence précise du contexte sociodémographique et culturel reste paradoxalement méconnue. Les données empiriques accumulées ces dernières années tendent à favoriser l'idée que ces variables inhérentes à l'individu et à la société dans laquelle il naît et grandit, telles que le genre, le niveau d'éducation parentale, le bilinguisme, ou encore la culture, sont probablement déterminantes dans la mise en place et la structuration des FE dès le plus jeune âge. Bien que l'effet de ces variables nécessite d'être consolidé et précisé de manière à la fois plus large, plus nuancée et plus systématique à travers le monde, les résultats préliminaires dans ce domaine incitent à favoriser une vision davantage cosmopolite des déterminants du développement et de la structure des FE chez l'enfant. Les implications cliniques d'une telle démarche sont fondamentales pour la neuropsychologie de l'enfant et l'accompagnement des jeunes patients, puisqu'il s'agit également d'interroger la manière dont les dysfonctionnements exécutifs surviennent et se manifestent, dépendamment et indépendamment du contexte dans lequel ils surviennent. ■

## Liens d'intérêts

les auteurs déclarent ne pas avoir de lien d'intérêt en rapport avec cet article.

## Références

1. Luria AR. *Higher cortical functions in man*. New York : Basic Books, 1966.
2. Stuss DT, Benson DF. *The frontal lobes*. New York : Raven Press, 1986.
3. Seron X, van der Linden M, André P. Le lobe frontal : à la recherche de ses spécificités fonctionnelles. In : van der Linden M, Seron X, Le Gall D, André P, éd. *Neuropsychologie des lobes frontaux*. Marseille : Solal, 1999, p. 33-88.
4. Diamond A. Executive functions. *Annu Rev Psychol* 2013 ; 64 : 135-68.
5. Roy A. Les fonctions exécutives chez l'enfant : des considérations développementales et cliniques à la réalité scolaire. *Dev* 2015 ; 7 : 13-40.
6. Miyake A, Friedman NP, Emerson MJ, et al. The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: a latent variable analysis. *Cognit Psychol* 2000 ; 41 : 49-100.
7. Brocki KC, Bohlin G. Executive functions in children aged 6 to 13: a dimensional and developmental study. *Dev Neuropsychol* 2004 ; 26 : 571-93.
8. Roy A, Kefi MZ, Bellaj T, et al. The Stroop test: a developmental study in a french children sample aged 7 to 12 years. *Psychol Fr* 2016 (Version on line : <http://dx.doi.org/10.1016/j.psf.2016.08.001>).
9. Piaget J. *La naissance de l'intelligence chez l'enfant*. Neuchâtel : Delachaux & Niestlé, 1936.
10. Diamond A. De l'intention à l'action : le cortex préfrontal et le développement cognitif précoce. In : Metz-Lutz MN, Demont E, Seegmuller C, et al, éd. *Développement cognitif et troubles des apprentissages*. Marseille : Solal, 2004, p. 13-35.
11. Baddeley A. Working memory: theories, models, and controversies. *Annu Rev Psychol* 2012 ; 63 : 1-29.
12. Baddeley A. *Working memory*. Oxford : Clarendon Press, 1986.
13. Alloway TP, Gathercole SE, Pickering SJ. Verbal and visuospatial short-term and working memory in children: are they separable ? *Child Dev* 2006 ; 77 : 1698-716.
14. Dennis M. Prefrontal cortex: typical and atypical development. In : Risberg J, Grafman J, éd. *The frontal lobes: development, function and pathology*. New York : Cambridge University Press, 2006, p. 128-62.
15. Brooks P, Hanauer JB, Padowska B, et al. The role of selective attention in preschoolers' rule use in a novel dimensional card sort. *Cognit Dev* 2003 ; 117 : 1-21.
16. Frye D, Zelazo PD, Pafai T. Theory of mind and rule-based reasoning. *Cognit Dev* 1995 ; 10 : 483-527.
17. Bellaj T, Salhi I, Le Gall D, et al. Development of executive functioning in school-age Tunisian children. *Child Neuropsychol* 2015 ; 22 : 919-54.
18. Welsh MC. Rule-guided behavior and self-monitoring on the Tower of Hanoi disk-transfer task. *Cognit Dev* 1991 ; 6 : 59-76.
19. Ardila A, Rosselli M, Matute E, et al. The influence of the parents' educational level on the development of executive functions. *Dev Neuropsychol* 2005 ; 28 : 539-60.
20. Halpern DF. *Sex differences in cognitive abilities*, 3rd ed.. Mahwah : Lawrence Erlbaum Associates, 2000.
21. Ismatullina V, Voronin I, Shelemetieva A, et al. Cross-cultural study of working memory in adolescents. *Proc Soc Behav Sci* 2014 ; 146 : 353-7.
22. Thorell LB, Veleiro A, Siu AF, et al. Examining the relation between ratings of executive functioning and academic achievement: findings from a cross-cultural study. *Child Neuropsychol* 2013 ; 19 : 630-8.
23. Bialystok E, Viswanathan M. Components of executive control with advantages for bilingual children in two cultures. *Cogn* 2009 ; 112 : 494-500.
24. Carlson SM, Meltzoff A. Bilingual experience and executive functioning in young children. *Dev Sci* 2008 ; 11 : 282-98.
25. Crivello C, Kuzyk O, Rodrigues M, et al. The effects of bilingual growth on toddlers' executive function. *J Exp Child Psychol* 2016 ; 141 : 121-32.
26. Sabbagh MA, Xu F, Carlson SM, et al. The development of executive functioning and theory of mind. A comparison of Chinese and U.S. preschoolers. *Psychol Sci* 2006 ; 17 : 74-81.
27. Lan X, Legare CH, Ponitz CC, et al. Investigating the links between the subcomponents of executive function and academic achievement: A cross-cultural analysis of Chinese and American preschoolers. *J Exp Child Psychol* 2011 ; 108 : 677-92.
28. Chang F-M, Kidd JR, Kivak KJ, et al. The world-wide distribution of allele frequencies at the human dopamine D4 receptor locus. *Hum Genet* 1996 ; 98 : 91-101.
29. Fernández AL, Marcopulos BA. A comparison of normative data for the trail making test from several countries: equivalence of norms and considerations for interpretation. *Scand J Psychol* 2008 ; 49 : 239-46.
30. Bellaj T, Le Gall D. L'évaluation neuropsychologique dans le contexte du Maghreb. In : Amieva H, Belin C, Maillat D, éd. *L'évaluation neuropsychologique De la norme à l'exception*. Bruxelles : De Boeck supérieur, 2016, p. 165-90.
31. Bellaj T, Seron X. Les facteurs culturels dans l'évaluation neuropsychologique. In : Seron X, van der Linden M, éd. *Traité de neuropsychologie clinique de l'adulte*, 2ème édition. Marseille : De Boeck-Solal, 2014, p. 641-58.
32. Roy A, Le Gall D, Roulin JL, et al. Les fonctions exécutives chez l'enfant : approche épistémologique et sémiologie clinique. *Neuropsychol Rev* 2012 ; 4 : 287-97.