

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

ESSAI DE 3^E CYCLE PRÉSENTÉ À
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

COMME EXIGENCE PARTIELLE
DU DOCTORAT EN PSYCHOLOGIE
(PROFIL INTERVENTION)

PAR
ÉMILIE CYR

ÉVOLUTION DU PROFIL COGNITIF CHEZ DES ENFANTS
EXPOSÉS À L'ALCOOLISATION FOETALE

SEPTEMBRE 2011

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

DOCTORAT EN PSYCHOLOGIE (D.Ps)

Programme offert par l'Université du QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

**ÉVOLUTION DU PROFIL COGNITIF CHEZ DES ENFANTS
EXPOSÉS À L'ALCOOLISATION FOETALE**

PAR

ÉMILIE CYR

Annie Stipanicic, directrice de recherche

Université du Québec à Trois-Rivières

Colette Jourdan-Ionescu, évaluateuse

Université du Québec à Trois-Rivières

Francine Lussier, évaluateuse externe

CÉNOP-FL

Sommaire

L'ensemble des troubles causés par l'alcoolisation fœtale (ETCAF) représente une menace importante à la santé publique. La consommation d'alcool par la mère durant la grossesse entraîne des répercussions sur l'enfant à naître. Les individus *exposés à l'alcoolisation fœtale* (EAF) peuvent présenter des profils physiques, sociaux, comportementaux et psychologiques atypiques. Toutefois, l'utilisation exclusive de mesures physiques pour identifier les enfants EAF pose problème puisque l'ETCAF se présente sous plusieurs formes, variant en fonction de la quantité, du patron et de la fenêtre d'exposition à l'alcool. Parmi les mesures alternatives envisagées, la description du portrait cognitif pourrait aider à développer de meilleurs outils diagnostiques et de meilleures interventions. Afin de dresser un portrait évolutif des déficits cognitifs liés à l'alcoolisme fœtal (AF), des études longitudinales et transversales ont été colligées à l'aide des bases de données Google Scholar, MedLine, PsycInfo et Scopus. Les résultats sont présentés en utilisant comme grille de référence les stades développementaux de Piaget, du stade de l'intelligence sensorimotrice (0-2 ans) au stade de l'intelligence formelle (11-15 ans). De plus, cinq domaines cognitifs ont été ciblés : (a) fonctionnement intellectuel, (b) éveil, attention et mémoire de travail, (c) habiletés visuo-spatiales, (d) fonctions exécutives et traitement de l'information de même que (e) langage et rendement académique. Les résultats démontrent que l'alcoolisation fœtale affecte plusieurs domaines cognitifs. Le profil cognitif des enfants EAF est évolutif puisque certains déficits apparaissent durant les stades plus avancés du développement. En bas âge, la compréhension verbale semble la composante la plus atteinte par l'AF.

dans les échelles de l'intelligence de *Weschler*. Cependant, cette tendance paraît se renverser au stade de l'intelligence formelle, où l'indice de raisonnement perceptif est déficitaire. En vieillissant, le lien entre l'AF et l'attention soutenue semble plus prononcé. La performance mnésique des enfants EAF paraît diminuer en fonction de la complexité de la tâche. L'AF semble avoir un effet continu sur les habiletés visuo-spatiales des individus EAF. Si la flexibilité cognitive et la capacité d'inhibition semblent déficitaires chez les enfants EAF au stade de l'intelligence opératoire et formelle, l'exposition intra-utérine à l'alcool semble affecter la capacité des individus à bien traiter l'information à toutes les étapes du développement de l'enfant. Finalement, des difficultés en lecture, en écriture et en arithmétique ont été notées durant la scolarisation. Un déficit général au niveau du traitement et de l'intégration de l'information complexe pourrait être au cœur des difficultés mesurées. Toutefois, un déficit de ce type ne constitue pas un marqueur exclusif de l'ETCAF. Puisque les enfants EAF semblent présenter des déficits globaux, une approche différente pourrait être privilégiée dans les études futures. En effet, plutôt que de tenter de définir les fonctions spécifiques déficitaires dans cette population, il serait pertinent de mesurer davantage leur niveau de développement optimal. Aussi, les variabilités individuelles devraient être prises en compte en contexte clinique alors que des analyses de regroupement pourraient être utilisées en recherche afin d'identifier les groupes d'enfants qui possèdent des caractéristiques communes.

Table des matières

Sommaire.....	iii
Liste des tableaux.....	vi
Remerciements.....	vii
Introduction.....	1
Mise en contexte	3
Méthode.....	9
Sélection des articles recensés.....	10
Stades d'évolution.....	11
Fonctions cognitives retenues.....	12
Résultats.....	19
Stade de l'intelligence sensori-motrice.....	20
Stade de l'intelligence préopératoire.....	26
Stade de l'intelligence opératoire.....	33
Stade de l'intelligence formelle.....	42
Discussion	57
Résumé des résultats	58
Forces et limites	70
Conclusion	73
Références.....	76
Appendices	86
Appendice A : Terminologies utilisées pour désigner l'ETCAF	87

Liste des tableaux

Tableau

1	Synopsis des études longitudinales rapportant les effets de l'AF sur le profil cognitif au stade de l'intelligence sensori-motrice (0-2 ans).....	25
2	Synopsis des études longitudinales rapportant les effets de l'AF sur le profil cognitif au stade de l'intelligence pré-opératoire (2-7 ans).....	31
3	Synopsis des études transversales rapportant les effets de l'AF sur le profil cognitif au stade de l'intelligence pré-opératoire (2-7 ans).....	32
4	Synopsis des études longitudinales rapportant les effets de l'AF sur le profil cognitif au stade de l'intelligence opératoire (7-11 ans)	40
5	Synopsis des études transversales rapportant les effets de l'AF sur le profil cognitif au stade de l'intelligence opératoire (7-11 ans)	41
6	Synopsis des études longitudinales rapportant les effets de l'AF sur le profil cognitif au stade de l'intelligence formelle (11-15 ans).....	52
7	Synopsis des études transversales rapportant les effets de l'AF sur le profil cognitif au stade de l'intelligence formelle (11-15 ans).....	54

Remerciements

Je désire d'abord exprimer mes plus sincères remerciements à Dre Annie Stipanicic, sans qui la rédaction de cet essai n'aurait pu avoir lieu. Merci pour ta confiance, pour tes encouragements, pour tes nombreuses disponibilités et aussi pour avoir contribué à l'élargissement de mon réseau professionnel en Mauricie. Je te suis extrêmement reconnaissante. Un merci également à Dre Jourdan-Ionescu et à Dre Lussier pour avoir pris de votre temps précieux pour la lecture de ce manuscrit. De plus, merci à tous mes professeurs de neuropsychologie et à mes tutrices de stages qui ont, depuis le baccalauréat, su partager leur passion avec moi. Merci aussi à Isabelle, Jennifer et Maude, pour avoir partagé ma réalité durant le doctorat et pour avoir grandement facilité mon cheminement. Enfin, une pensée spéciale va à ma famille et à mon amoureux Nicolas. Sans même le savoir, vous avez chacun à votre façon contribué à forger mes rêves et mes ambitions. Sans vos influences, je ne serais pas devenue la femme que je suis aujourd'hui. Merci pour votre patience, votre compréhension et vos encouragements durant toutes ces années.

Introduction

Avec l'identification, en 1973, du *syndrome d'alcoolisation fœtale* (SAF), Jones et Smith ont sensibilisé la population aux dangers de la consommation d'alcool durant la grossesse. Durant les années 80, de nombreuses études ont porté sur les effets tératogènes de l'alcool, c'est-à-dire sur sa capacité à interférer avec le développement embryonnaire normal. Des recherches ont démontré qu'au-delà de la malnutrition, de l'environnement social appauvri, des habitudes de vie des parents et de la consommation d'autres drogues, l'alcool pouvait effectivement altérer le développement embryonnaire (Abel, 1981; Little, Graham, & Samson, 1982). L'effet tératogène de l'alcool est maintenant reconnu. Depuis, ce sujet n'a cessé de susciter questionnements et intérêts puisque les individus *exposés à l'alcoolisation fœtale* (EAF) peuvent présenter des profils physiques, sociaux, comportementaux et psychologiques atypiques. Malheureusement, les connaissances demeurent limitées en ce qui concerne l'évolution du profil cognitif des enfants EAF. Or, une meilleure connaissance de ce profil permettrait de faciliter la pose du diagnostic, d'améliorer les connaissances et de suggérer de nouvelles avenues thérapeutiques. Cet essai tentera donc de définir l'évolution du profil cognitif des enfants exposés à l'alcoolisation fœtale au moyen d'une recension des études empiriques sur le sujet. Dans un premier temps, une description de *l'ensemble des troubles causés par l'alcoolisation fœtale* (ETCAF)

sera introduite. Dans un second temps, la méthode utilisée pour la réalisation de cette analyse sera décrite. Les résultats obtenus seront présentés par la suite. Enfin, une discussion critique viendra clore ce texte et recommandera de nouvelles lignes de conduite dans le domaine de la recherche sur *l'alcoolisation fœtale* (AF).

Mise en contexte

L'ETCAF représente une menace importante à la santé publique. D'abord, l'AF affecte plusieurs domaines de la vie personnelle et sociale de la personne atteinte. Les enfants et adolescents ayant un SAF démontrent des difficultés dans le domaine de la socialisation (Carmichael Olson, Feldman, Streissguth, Sampson, & Bookstein, 1998; Roebuck, Mattson, & Riley, 1999; Thomas, Kelly, Mattson, & Riley, 1998). Ils ont tendance à être retirés socialement, à manquer de tact dans leurs relations interpersonnelles et à être inconfortables dans un groupe. De plus, les jeunes exposés à l'alcoolisation fœtale présentent des comportements antisociaux tels un manque d'empathie pour les autres et une résistance face à l'autorité (Olson et al., 1997; Roebuck et al., 1999). La prévalence de troubles psychiatriques est également importante dans cette population, où l'on note des taux élevés de dépression (Hellemans et al., 2008; O'Connor et al., 2002), de troubles bipolaires (O'Connor et al., 2002) et de troubles anxieux (Hellemans et al., 2008; Walthall, O'Connor, & Paley, 2008). Outre les effets dévastateurs sur la personne atteinte, l'ETCAF entraîne également des coûts importants pour la société. Aux frais médicaux de base se greffent les coûts thérapeutiques, les coûts reliés aux programmes sociaux, à la prévention, à l'éducation,

sans parler de la baisse de productivité individuelle et des conséquences liées à la criminalité (Agence de la santé publique du Canada, 2006). En 2006, l'agence de la santé publique du Canada estimait le coût à vie d'une personne atteinte du SAF à 1,5 millions de dollars en termes de frais médicaux, de coûts thérapeutiques et de baisse de productivité individuelle. En somme, l'exposition à l'AF a de nombreuses répercussions pour l'individu atteint et pour la société qui en assure la prise en charge.

En plus des conséquences importantes qu'il entraîne, l'ETCAF représente un défi pour les scientifiques puisqu'il se présente sous plusieurs formes. En effet, l'ETCAF varie principalement en fonction du niveau et du moment d'exposition (Streissguth, 2007). Conséquemment, il existe plusieurs variantes au syndrome dont la plus sévère est le SAF. Afin de poser un diagnostic de SAF, un minimum de trois critères diagnostiques doit être rencontré (Chudley et al., 2005). L'enfant doit présenter : (a) des anomalies faciales caractéristiques, (b) un retard de croissance et (c) des anomalies neurologiques. La confirmation de la consommation d'alcool de la mère durant la grossesse viendra préciser le diagnostic SAF. Au Canada, il existe cinq diagnostics reconnus relatifs à l'AF, soit le SAF avec ou sans confirmation de l'exposition à l'alcool, le SAF partiel, les anomalies congénitales liées à l'alcool ou les troubles neurologiques du développement liés à l'alcool (Chudley et al., 2005). En somme, plusieurs terminologies existent afin de désigner l'ETCAF. Pour les besoins de cet essai, le terme *exposé à l'alcoolisation fœtale* (EAF) sera utilisé pour représenter les individus exposés à l'alcoolisation fœtale qui ne présentent pas les dysmorphologies caractéristiques. Pour d'autres cas, le terme

syndrome d'alcoolisation fœtale (SAF) sera utilisé. Ces terminologies seront utilisées d'une part parce qu'il existe une multitude d'abréviations dans les écrits scientifiques et qu'il semblait important d'alléger et d'uniformiser la terminologie utilisée dans le présent texte. D'ailleurs, une description de tous les termes employés dans les articles recensés peut être retrouvée à l'Appendice A. D'autre part, d'un point de vue clinique, la différence entre la présence ou l'absence d'anomalies physiques semble être essentielle puisque les critères diagnostiques reposent en partie sur cette distinction.

Afin de faciliter le diagnostic de SAF, les anomalies physiques liées à l'exposition à l'alcool ont été documentées. Parmi les anomalies faciales caractéristiques du SAF se trouve un raccourcissement des fentes palpébrales, un aplatissement du sillon naso-labial, une lèvre supérieure amincie et un aplatissement méiofacial (Chudley et al., 2005). L'exposition à l'alcool durant la grossesse entraîne une réduction du poids du bébé, de sa taille et de son périmètre crânien à la naissance (Sampson, Bookstein, Barr, & Streissguth, 1994). Toutefois, l'utilisation de mesures physiques pour identifier les enfants touchés par l'AF pose problème. D'une part, il semble que les anomalies physiques s'atténuent avec l'âge (Sampson et al., 1994; Streissguth et al., 1991). Ainsi, elles ne sont pas valides à long terme pour démontrer les effets de l'AF (Sampson et al., 1994). D'autre part, si les manifestations physiques peuvent aider à identifier les enfants SAF, les enfants EAF, mal diagnostiqués, peuvent avoir un suivi moins serré au niveau de la prise en charge. Pourtant, plusieurs études ont démontré une similitude dans les performances cognitives des individus SAF et EAF (Connor, Sampson, Bookstein, Barr,

& Streissguth, 2001; Green et al., 2009; Mattson, Goodman, Caine, Delis, & Riley, 1999). Devant ce problème, plusieurs auteurs ont tenté de caractériser les effets de l'AF sur l'individu autrement que par des mesures physiques. Dès le début des années 90, l'utilisation d'instruments neuropsychologiques a été proposée puisque ces tests sont plus sensibles et moins affectés par la culture et l'éducation que les tests d'intelligence traditionnels (Conry, 1990). Le développement de la neuropsychologie et de nouveaux outils cliniques a donc amené les chercheurs à tenter de définir le profil cognitif des personnes EAF.

Dans cette lignée, plusieurs études ont été réalisées concernant les effets de l'AF sur le profil cognitif. Graduellement, des recensions des écrits et des méta-analyses se sont greffées aux études, permettant de donner un aperçu plus global de la problématique. Par exemple, une revue des écrits scientifiques a été faite sur les conséquences de l'AF sur les enfants (Jacobson & Jacobson, 2002). Une méta-analyse a été faite sur les effets de l'alcoolisation fœtale sur le développement mental de nourrissons (Testa, Quigley & Eiden, 2003). D'autres recensions, plutôt que de se concentrer sur une tranche d'âge spécifique, ciblent quelques fonctions cognitives particulières. Par exemple, les effets de l'AF sur l'intelligence, l'attention, la mémoire, les habiletés motrices et les habiletés visuo-spatiales ont été étudiés par Mattson et Riley (1998). Bien que cette étude relève des liens intéressants entre l'alcool et ces fonctions cognitives, elle ne tient pas compte de l'âge et de l'évolution du profil neuropsychologique. Or, le profil neuropsychologique des personnes EAF semble se

modifier avec le temps (Streissguth, 2007). En somme, même si de plus en plus d'études se consacrent à cette problématique, elles ne permettent pas d'avoir un portrait évolutif des déficits cognitifs reliés à l'AF.

Les études longitudinales peuvent contribuer à enrichir cette réflexion. Cependant, elles ne sont pas nombreuses et la durée du suivi est parfois limitée. Par exemple, des enfants EAF ont été suivis de 5 à 8 ans afin de mesurer leur développement cognitif (Coles et al., 1991). D'autres auteurs ont mesuré le développement intellectuel d'enfants EAF à 6 mois, 1 an, 2 ans, 3 ans et 4 ans (Greene, Ernhart, Ager, & Sokol, 1991). Bien que ces études assurent une certaine connaissance de l'évolution du profil dans le temps, elles ne sont pas suffisantes. Kaemingk et Paquette (1999) et plus récemment Kodituwakku (2009) ont recensé les résultats de quelques études portant sur les effets de l'alcoolisation fœtale. Leurs résultats permettent de cibler certaines fonctions cognitives particulièrement touchées par l'alcoolisation fœtale. Toutefois, ils ne permettent pas d'avoir un profil complet et évolutif des conséquences sur l'individu.

La *Seattle Prospective Longitudinal Study on Alcohol and Pregnancy* (SPLS) est possiblement une des plus imposantes études sur les effets de l'alcoolisation fœtale à avoir été réalisée à ce jour. La SPLS a permis de suivre des personnes EAF de la naissance jusqu'à l'âge de 25 ans et d'identifier les principaux effets de l'alcoolisation fœtale à long terme (Streissguth, 2007). Cette étude a permis de dresser un portrait évolutif. Par contre, elle est fondée sur une seule cohorte et ses résultats doivent être

validés et comparés à ceux d'autres auteurs. C'est pourquoi il semble essentiel de faire une recension des écrits scientifiques englobant tous les aspects mentionnés précédemment.

À notre connaissance, aucune recension n'a dressé un profil cognitif global et évolutif des enfants EAF, allant de la naissance à l'adolescence. La présente recension permettra de mettre en relation plusieurs études récentes, de relever certaines divergences de même que similitudes dans les résultats obtenus afin de décrire l'évolution du profil cognitif des enfants EAF. De plus, de nouvelles lignes de conduite pour la recherche seront proposées.

Méthode

La présente section fournit une description de la méthode adoptée. Elle propose un descriptif du moyen préconisé pour la sélection des articles, donne un aperçu des stades d'évolution de Piaget et finalement, offre une synthèse des fonctions cognitives retenues pour cette recension critique.

Sélection des articles recensés

Une recension des écrits scientifiques a été effectuée afin de cibler les études transversales et longitudinales ayant porté sur les effets de l'AF sur le profil cognitif des enfants. La recherche des articles s'est articulée à l'aide des moteurs de recherche Google Scholar, MedLine, PsycInfo et Scopus. Dans un premier temps, 152 articles écrits en anglais entre 1994 et 2010 ont été isolés en utilisant différentes combinaisons des mots-clés suivants : (a) *prenatal alcohol exposure*, (b) *fetal alcohol spectrum disorders*, (c) *neuropsy**, (d) *child development*, (e) *deficit* et (f) *cognition*. Ensuite, un tri manuel a été effectué dans le but de cibler les fonctions cognitives recherchées par la lecture du titre et du résumé de l'article. À cette étape, 84 articles ont été retirés. Puisque cette recension s'intéresse au profil cognitif des individus tel qu'évalué à l'aide d'outils psychométriques par un tiers évaluateur, les articles qui ont utilisé exclusivement des évaluations par les pairs, des questionnaires autorapportés, de même que des profils comportementaux et sociaux n'ont pas été retenus. Suite à ce nouveau tri, il restait 44

articles dans l'échantillon. Afin de faire ressortir les effets de l'AF, cinq études dont l'intérêt de recherche principal était centré sur d'autres agents tératogènes tels que le tabac, la cocaïne et la marijuana ont été retirées. Trois articles qui remplissaient tous les critères d'inclusion n'ont pu être obtenus. Ils ont donc été retirés de l'échantillon. Enfin, cinq articles ont été repérés en parcourant la liste des références des documents retenus. Au total, 41 articles ont été conservés pour cette recension.

Stades d'évolution

Afin de documenter l'évolution du profil cognitif des enfants EAF, les articles ont été classifiés conformément aux différents stades de l'évolution de Piaget (1936, 1937). Conséquemment, les résultats ont été regroupés en quatre tranches d'âge : (a) le stade de l'intelligence *sensori-motrice* (0-2 ans), (b) le stade de l'intelligence *préopératoire* (2-7 ans), (c) le stade de l'intelligence *opératoire* (7-11 ans) et enfin (d) le stade de l'intelligence *formelle* (11-15 ans). Certaines études ont utilisé des tranches d'âge assez dispersées faisant en sorte que les participants chevauchaient plusieurs stades. Dans ce cas, la moyenne d'âge des enfants a été calculée et l'étude a été classée en conséquence. En présentant les résultats ainsi, une meilleure compréhension de l'évolution du profil cognitif des enfants EAF pourra être notée.

Piaget soutient que le développement cognitif s'effectue en stades bien définis. Chaque stade exige un traitement plus approfondi et plus complexe de l'information. Ce modèle développemental a été sélectionné parce qu'il rend bien

compte de l'évolution des capacités cognitives et de l'accroissement grandissant de la complexité des processus cognitifs (Lussier & Flessas, 2005). Durant le stade sensorimoteur, l'enfant entre en contact avec le monde en touchant et en déplaçant les choses dans son environnement. Il procède alors par essais et erreurs et parvient éventuellement à développer la permanence de l'objet vers l'âge de 12 mois. Le stade préopératoire est caractérisé par l'apparition du langage. Ainsi, l'enfant développe progressivement une pensée symbolique. Toutefois, il demeure égocentrique et n'est pas en mesure de percevoir les situations d'un point de vue différent du sien. L'enfant acquiert la capacité à intégrer différents points de vue lors du stade opératoire. Bien qu'il doive demeurer dans le concret, l'enfant parvient à créer des liens logiques. Finalement, la pensée logique, abstraite et théorique apparaît au cours du stade de l'intelligence formelle et continuera de se développer jusqu'à l'âge adulte. Cependant, tous les enfants n'atteignent pas ce stade. En effet, selon les études, entre 40 et 50 % des adolescents atteignent ce niveau de réflexion abstrait et il semble que ce pourcentage demeure à peu près constant dans l'âge adulte (Hautamäki, 1981; Mckinnon & Renner, 1971; Schwebel, 1975).

Fonctions cognitives retenues

Afin de dresser le profil cognitif des individus EAF, plusieurs fonctions cognitives seront abordées. La sélection des différentes fonctions s'appuie sur celles principalement étudiées dans les écrits existants sur l'AF. De plus, les fonctions ont été limitées à celles généralement évaluées par le neuropsychologue. Toutefois, il n'existe

pas de frontière précise entre les fonctions et les divisions apportées ci-dessous ne servent qu'à simplifier la compréhension. Plusieurs modèles ont été proposés afin de caractériser ces processus cognitifs et aucun consensus n'existe à ce jour. Les termes qui font l'objet de cette revue seront expliqués ci-dessous, en accord avec les modèles théoriques généralement reconnus.

Fonctionnement intellectuel

Le fonctionnement intellectuel repose sur la capacité à faire des liens, à raisonner, à solutionner des problèmes, à avoir une pensée abstraite, à comprendre des idées et à démontrer une capacité d'apprentissage. La conception de l'intelligence étant un construit pluriel, les échelles utilisées comprennent plusieurs indices qui permettent de mettre en relation la compréhension verbale, le raisonnement perceptif, la mémoire de travail et la vitesse de traitement de l'information (Wechsler, 2003).

Éveil, attention, et mémoire de travail

Puisque la capacité attentionnelle est intimement liée à la mémoire de travail et qu'elle sollicite des structures cérébrales similaires, ces deux fonctions seront présentées dans la même section.

Étant donné le délai de maturation du cortex préfrontal, les fonctions exécutives se développent parallèlement au développement cortical et deviennent de plus en plus complexes (De Luca & Leventer, 2008). Selon le modèle de Lussier (2008), le contrôle

attentionnel pourrait servir de base d'appui au développement des fonctions exécutives situées au niveau « supra-attentionnel ». Les fonctions attentionnelles proprement dites se développeraient donc en aval afin de soutenir les fonctions exécutives. Quant à lui, l'éveil est une fonction « infra-attentionnelle » qui supporte les aspects évolués de la cognition. Conséquemment, la capacité d'éveil est évaluée chez les nouveaux-nés étant donné le développement encore restreint des capacités cognitives.

Le niveau attentionnel proprement dit est composé de trois systèmes attentionnels distincts. Premièrement, l'attention selective renvoie à la capacité à se concentrer sur un aspect d'un stimulus et à ignorer les autres. Deuxièmement, l'attention divisée permet de distribuer son attention entre plusieurs tâches. Enfin, l'attention soutenue représente la capacité du sujet à maintenir sa concentration sur une période de temps substantielle (Manly, Robertson, Anderson, & Nimmo-Smith, 1999). De plus, l'attention est considérée sous l'angle de la modalité verbale et non-verbale selon la nature de l'information traitée.

En ce qui concerne la mémoire de travail, elle permet d'abord de maintenir l'information en mémoire via la boucle phonologique (mémoire de travail verbale) et la tablette visuo-spatiale (mémoire de travail non-verbale). D'autre part, elle comprend un administrateur central qui répartit les ressources attentionnelles en fonction des besoins et qui permet la manipulation de l'information (Baddeley, 1986). Globalement, elle permet donc le maintien et la manipulation mentale d'informations verbales et non-

verbales afin d'accéder à des tâches plus complexes de raisonnement et de résolution de problèmes.

Mémoire et courbe d'apprentissage

La mémoire renvoie à la capacité d'emmagasiner et de rappeler l'information verbale ou non-verbale. Trois systèmes de rétention ont été identifiés par Tulving (1972, 1983). La mémoire épisodique reçoit et entrepose l'information relative à des événements vécus, dans un contexte particulier et subjectif. Contrairement à la mémoire épisodique, la mémoire sémantique est indépendante de son contexte d'acquisition. Elle permet de créer une représentation mentale du monde via l'acquisition de concepts tels que les notions de langage, les faits appris à l'école ou la fonction et le nom de certains objets quotidiens. Enfin, la mémoire procédurale concerne les habiletés sensorimotrices. En plus de ces systèmes, une autre façon d'aborder la mémoire est privilégiée par la distinction des processus explicites et implicites (Anderson, 1976; Baddeley, 1982; Graf & Schacter, 1985; Squire, 1992). La mémoire explicite permet à l'individu de se rappeler intentionnellement une information et de la récupérer consciemment. Elle englobe la mémoire épisodique et sémantique. En revanche, la mémoire implicite n'est pas consciemment rappelée. Elle comprend les apprentissages procéduraux, qui sont consciemment appris et l'effet d'amorçage qui n'est pas intentionnellement appris. Les tests de mémoire utilisés en neuropsychologie sont conçus de manière à évaluer l'encodage, la consolidation et la récupération de l'information (Delis, Kramer, Kaplan & Ober, 2000). La courbe d'apprentissage permet de mesurer l'encodage initial ainsi

que la progression de l'apprentissage sur plusieurs essais consécutifs. L'utilisation d'un rappel immédiat ou différé permet de mesurer la consolidation dans le temps. Enfin, la récupération peut être évaluée à l'aide de tâches de rappel libre, de rappel indicé ou de reconnaissance.

Habiletés visuo-spatiales

Les habiletés visuo-spatiales font référence à la capacité à situer des objets dans l'espace et à établir des relations entre eux. Pour les besoins de cette recension et conformément aux variables retrouvées dans les écrits sur l'AF, les habiletés visuo-spatiales ont été regroupées en trois catégories : (a) la manipulation des objets dans l'espace, (b) l'intégration visuo-motrice et (c) les relations spatiales complexes. La première catégorie comprend des tâches telles que l'assemblage de casse-têtes et la manipulation de blocs. Les tâches qui exigent la coordination d'une réponse motrice en réponse à un stimulus visuel telles que la copie de dessins entrent dans la deuxième catégorie. Enfin, les relations spatiales complexes comprennent toutes les tâches qui exigent une analyse complexe de stimuli visuels dont la résolution de matrices et l'orientation de lignes dans l'espace.

Fonctions exécutives et traitement de l'information

Les fonctions exécutives renvoient à l'ensemble des habiletés cognitives de haut niveau requises afin de s'adapter à une situation nouvelle (Anderson, 1998). Elles comprennent notamment les capacités d'inhibition, de flexibilité, de régulation, de

catégorisation, d'organisation, de planification, de raisonnement et de déduction de règles opératoires nécessaires à l'atteinte d'un but (Van der Linden et al., 2000). La présence d'erreurs d'intrusion ou d'erreurs de persévération dans les tâches permet d'observer qualitativement des manifestations d'une dysfonction exécutive. Les fonctions exécutives permettent au sujet d'ajuster son comportement et sa stratégie en fonction des exigences et de la complexité de la tâche. Elles sont intimement liées à la capacité à traiter adéquatement l'information. En effet, la qualité du traitement de l'information est évaluée en fonction de l'analyse du ratio vitesse-justesse et mesure la capacité du participant à utiliser judicieusement ce compromis. L'ajustement à la tâche est donc essentiel pour assurer un traitement efficace de l'information. En effet, il peut parfois être avantageux de prendre plus de temps pour réaliser correctement une tâche complexe tandis que des tâches automatiques peuvent être complétées très rapidement sans perturber la justesse des réponses. Ainsi, il est important d'ajuster son comportement en fonction de la tâche dans le but de maximiser sa performance.

Langage et apprentissages scolaires – lecture, écriture, arithmétique

Les fonctions précédemment identifiées vont soutenir le langage et les apprentissages scolaires. Le langage comprend à la fois le volet expressif et réceptif. Certaines mesures vont être préconisées par le neuropsychologue afin de dresser un portrait sommaire des habiletés langagières. Afin de mesurer le volet expressif du langage, le neuropsychologue pourra par exemple administrer des tâches de dénomination et évaluer le vocabulaire. Pour sa part, l'aspect réceptif désigne la

compréhension et le décodage phonologique. Il sera mesuré notamment à l'aide de tâches d'identification d'images ou de compréhension de consignes. En ce qui concerne les apprentissages scolaires, ils sont souvent évalués à l'aide de batteries composites. D'abord, la compréhension de texte de même que la vitesse peuvent être utilisées pour évaluer la lecture. Ensuite, l'orthographe et l'utilisation adéquate de la grammaire écrite sont des manifestations des capacités d'écriture. Enfin, les opérations numériques de base et la résolution de problèmes mathématiques peuvent servir à évaluer les capacités mathématiques.

Quoique très sommaire, cette récapitulation permet d'homogénéiser les terminologies essentielles à la compréhension des sections subséquentes. La prochaine section va présenter les résultats pour chacune des fonctions identifiées précédemment en utilisant comme grille de référence les stades développementaux de Piaget.

Résultats

La section qui suit présente les résultats colligés des études recensées pour chacun des stades développementaux de Piaget, en relation avec les différentes fonctions cognitives étudiées. Des tableaux offrant un résumé des résultats sont inclus à la fin de chacune des sections. Ces tableaux rapportent les auteurs, par ordre alphabétique, de chacune des études mentionnées. Ils offrent ensuite une brève description de l'échantillonnage sélectionné, suivi des fonctions cognitives étudiées. Dans les cas où les participants présentaient des tranches d'âge assez dispersées pour chevaucher plusieurs stades, la moyenne d'âge des enfants a été calculée et l'étude a été classée en conséquence. La colonne des résultats permet de faire ressortir les capacités atteintes par l'alcool. Les résultats non-significatifs ne sont pas rapportés dans les tableaux. Enfin, la dernière colonne rend compte des niveaux de signification retrouvés dans les différentes études, pour les fonctions cognitives affectées par l'AF.

Stade de l'intelligence sensori-motrice (0-2 ans)

Les résultats des études longitudinales au stade de l'intelligence sensori-motrice sont présentés dans le Tableau 1. Aucune étude transversale n'a été recensée sur les effets de l'alcoolisme fœtal (AF) à ce stade. Puisqu'il s'agit de cohortes, les études rapportées dans le premier tableau comportent des échantillons imposants, allant de 92 à 417 individus testés selon le cas. De plus, les niveaux d'exposition sont variés et le

recrutement a été complété à différents moments du développement. Kable et Coles (2004) ont préconisé l'utilisation d'un questionnaire sur les habitudes de consommation, administré à la mère dès la naissance, afin de qualifier le niveau de risque de l'enfant. Jacobson, Jacobson et Sokol (1994) de même que l'équipe de Kaplan-Estrin (1999) ont recruté les mères à partir de leur première visite de suivi de grossesse. Toutefois, Jacobson et ses collègues ont en plus interrogé les mères par rapport à leur consommation d'alcool lors de chacune de leurs visites prénatales subséquentes. Ils ont par la suite converti les données en ratio *oz d'alcool par jour*. Dans la *Seattle Prospective Longitudinal Study on Alcohol and Pregnancy*, les mères ont été recrutées et interrogées à 5 mois de grossesse (Streissguth, 2007).

Fonctionnement intellectuel

En très bas âge, les échelles de *Weschler* ne peuvent être utilisées comme mesure du fonctionnement intellectuel. Les Échelles de Développement du Nourrisson de *Bayley* sont utilisées pour obtenir une mesure alternative du concept d'intelligence chez ces enfants. Le *Bayley* est composé de deux indices, l'un mesure le développement mental et l'autre le développement moteur. L'indice de développement mental (IDM) requiert entre autres la résolution de problèmes simples, la compréhension de certains aspects de socialisation et d'imitation. L'indice de développement psycho-moteur (IDP) évalue la motricité globale et la coordination. L'AF est corrélé négativement aux résultats à l'IDM pour les nourrissons de 8 et 13 mois (Kaplan-Estrin, Jacobson, & Jacobson, 1999; Streissguth, 2007). Toutefois, chez des nourrissons plus âgés, aucun des

deux indices du *Bayley* n'apparaît affecté par l'AF, et ce, même si certaines auteurs rapportent une tendance qui suggère que l'IDP pourrait être sensible aux effets de l'alcool (Kaplan-Estrin et al., 1999).

Éveil, attention, et mémoire de travail

L'exposition à l'AF semble avoir un impact sur le système attentionnel en bas âge. Le niveau d'exposition à l'alcool est négativement proportionnel au maintien de l'état d'éveil des nouveau-nés (Streissguth, 2007). À un et à deux jours, les nouveau-nés EAF ont de la difficulté à maintenir un état d'éveil alerte et ils alternent plus fréquemment entre un état éveillé et somnolent, suggérant des capacités infra-attentionnelles déficitaires. Kable et Coles (2004) ont également trouvé un lien entre l'exposition à l'alcool et les capacités infra-attentionnelles à l'âge de 6 mois. Pour ce faire, ils ont mesuré la fréquence cardiaque de nourrissons en réponse à des stimuli auditifs et visuels. Les participants EAF ont été plus lents à décélérer leur rythme cardiaque que les participants contrôles, suggérant un encodage neurophysiologique déficitaire.

Habiletés visuo-spatiales

Les participants EAF âgés de 13 et de 26 mois présentent de la difficulté à assembler des casse-têtes et à empiler des cubes (Kaplan-Estrin, Jacobson, & Jacobson, 1999). Ces mauvaises performances lors de ces tâches, qui requièrent la manipulation des objets dans l'espace, suggèrent un déficit au niveau des habiletés visuo-spatiales.

Fonctions exécutives et traitement de l'information

Puisque le développement des fonctions exécutives repose sur les processus de maturation cérébrale, elles sont difficiles à évaluer en bas âge. Conséquemment, une seule étude a observé l'influence de l'AF sur la capacité à traiter l'information. Selon Jacobson, Jacobson et Sokol (1994), l'AF affecterait négativement le temps de réaction des nourrissons, suggérant une difficulté avec le traitement efficace de l'information. Afin d'évaluer ce construit, ils ont installé des nourrissons devant un écran qui diffusait une série d'images. Ils ont enregistré les mouvements des yeux des participants et ils ont mesuré la période de latence avant le déplacement du regard vers le stimulus.

Langage et rendement académique – lecture, écriture, arithmétique

Aucune relation n'a été observée entre le niveau de compréhension, la capacité d'expression et l'exposition à l'alcool chez des jeunes enfants de 26 mois (Kaplan-Estrin et al., 1999). Les difficultés langagières observées chez ces derniers semblent plutôt influencées par le QI et pourraient donc être un effet indirect de l'alcool.

En résumé, malgré le peu d'études recensées à ce stade, des déficits cognitifs reliés à l'AF semblent présents chez l'enfant et ce, dès les premiers mois de sa vie. Le développement mental, le maintien des capacités infra-attentionnelles, la manipulation des objets dans l'espace et la capacité à traiter efficacement l'information semblent tous déficitaires chez les nourrissons EAF lors du stade de l'intelligence sensori-motrice. Il

s'agit de voir si ces déficits vont être présents dans le futur de l'enfant et comment ils vont affecter le développement de ce dernier.

Tableau 1

*Synopsis des études longitudinales rapportant les effets de l'alcoolisation fœtale
sur le profil cognitif au stade de l'intelligence sensori-motrice (0-2 ans)*

Auteurs	Participants échantillon: caractéristique	Âge au moment de l'évaluation	Fonctions cognitives étudiées	Résultats (Capacités atteintes par l'alcool)	Niveau de signification
Jacobson, Jacobson & Sokol, 1994	13: Abstinence 74 : Entre 0,001 et 0,49 oz d'alcool / jour 9: Entre 0,5 et 0,99 oz d'alcool / jour 7 : 1,0 oz d'alcool / jour et plus	6,5 mois	Temps de réaction	Temps de réaction	$p < 0,01$
Kable & Coles, 2004	100: Risque faible 18: Risque élevé	6 mois	Régulation attentionnelle Vitesse de traitement	Encodage neurophysiologique Vitesse	$p < 0,02$ $p < 0,03$
Kaplan- Estrin et al., 1999	14 : Niveau d'exposition élevé 78 : Niveau d'exposition léger 14 : Niveau d'exposition élevé 78 : Niveau d'exposition léger	13 mois 26 mois	Développement mental Développement mental Langage	IDM IDP	$p < 0,05$ $p < 0,1^*$
Streissguth, 2007	417 : Niveaux d'exposition variés 459 : Niveaux d'exposition variés	Jour 1-2 8 mois	Attention Développement mental	État d'éveil Habituation IDM IDP	$p < 0,01$ $p < 0,08$ $p = 0,018$ $p = 0,02$

Note. * non significatif, mais les auteurs rapportent une tendance, IDM = indice de développement mental, IDP = indice de développement psychomoteur

Stade de l'intelligence préopératoire (2-7 ans)

À ce stade de développement, six études ont été recensées. Les trois études longitudinales incluent plusieurs niveaux d'exposition qu'elles ont évalués à l'aide d'un questionnaire administré à la mère. Elles sont présentées dans le Tableau 2, à la fin de la présente section. L'équipe de Bailey (2004) s'est intéressée davantage au patron d'exposition, c'est-à-dire à la quantité consommée par occasion, qu'à la quantité absolue. Pour sa part, l'équipe finlandaise (Korkman, Autti-Rämö, Koivulehto & Granström, 1998) a divisé sa cohorte selon la durée de l'exposition. En ce qui concerne les études transversales, elles sont présentées dans le Tableau 3. La majorité de ces études ont administré un questionnaire à la mère pour séparer leurs groupes. La plupart des auteurs ont ensuite utilisé des groupes contrôles jumelés à un groupe EAF selon l'âge, le sexe, l'origine ethnique et/ou le statut socio-économique selon le cas. Cependant, deux études transversales ont privilégié une approche différente puisqu'ils ont préconisé l'utilisation de mesures physiques afin de sélectionner leurs participants, en plus du niveau de consommation d'alcool par la mère durant la grossesse. Ils ont ainsi été en mesure d'opposer un groupe contrôle à un groupe SAF ou SAF partiel. Enfin, McGee, Bjorkquist, Riley et Mattson (2009) ont identifié leurs participants à risque en étudiant rétrospectivement les dossiers médicaux et les rapports collatéraux d'enfants qui leur avaient été référés. Dans l'ensemble, les études comprises dans ce stade ont évalué des participants âgés entre 3 et 9 ans. Pour les études longitudinales et transversales, la taille des échantillons varie entre 20 et 556 participants.

Fonctionnement intellectuel

L'exposition à l'AF contribuerait à une baisse du quotient intellectuel (QI) chez les enfants. Certaines études ont conclu que l'exposition à l'alcool affectait tant l'indice de compréhension verbal (ICV) que l'indice de raisonnement perceptif (IRP) (Aragon et al., 2008a; Janzen, Nanson, & Block, 1995). Toutefois, deux études longitudinales ont suggéré un lien entre l'exposition à l'alcool et l'ICV exclusivement (Bailey et al., 2004; Korkman, Autti- Rämö, Koivulehto, & Granström, 1998). En somme, toutes les études qui ont mesuré le fonctionnement intellectuel durant le stade de l'intelligence préopératoire ont trouvé un lien entre l'AF et l'ICV. Le manque de consensus concernant l'IRP pourrait s'expliquer par l'utilisation de participants exposés à des niveaux différents d'alcool. En effet, les deux études qui ont trouvé un lien entre l'IRP et l'AF avaient un échantillon composé d'enfants SAF ou SAF partiel, les formes les plus sévères de l'ETCAF. Ainsi, l'ICV pourrait être plus sensible à l'AF alors que l'IRP pourrait être déficitaire chez les enfants atteints plus sévèrement.

Éveil, attention, et mémoire de travail

Une seule recherche a étudié les effets de l'AF sur l'attention des enfants au stade préopératoire et seule l'attention soutenue a été investiguée. Cette dernière semble sensible à l'AF (Korkman et al., 1998). Cependant, aucune tâche neuropsychologique normée n'a été utilisée pour arriver à cette conclusion. Les auteurs ont plutôt évalué le nombre de minutes consécutives, pour une durée maximale de 45 minutes, durant

lesquelles l'enfant était en mesure de demeurer concentré pendant l'administration d'une batterie composite.

Habiletés visuo-spatiales

Plusieurs composantes visuo-spatiales semblent problématiques chez les enfants EAF. Les enfants SAF présenteraient de la difficulté avec leur coordination visuo-motrice, exécutant difficilement une commande motrice à partir d'un signal visuel (Janzen et al., 1995). De plus, les enfants EAF auraient de la difficulté avec la copie de dessins et l'apprentissage de séries motrices (Korkman et al., 1998). Ces résultats suggèrent une difficulté avec l'intégration visuo-motrice.

Mémoire

En ce qui concerne les capacités mnésiques, la performance des enfants EAF est équivalente à celle d'un groupe contrôle sur plusieurs mesures verbales et non-verbales telles que la mémorisation d'une histoire et la reconnaissance de visages (Korkman et al., 1998).

Fonctions exécutives et traitement de l'information

Une seule étude a évalué les fonctions exécutives en se concentrant sur les capacités d'inhibition à l'intérieur de ce groupe d'âge. Les enfants EAF présenteraient effectivement un manque d'inhibition. Ils auraient de la difficulté à inhiber une réponse

motrice inappropriée dans le contexte où ils doivent demeurer immobiles malgré la présence de distracteurs sonores (Korkman et al., 1998).

Langage et rendement académique – lecture, écriture, arithmétique

Autant les capacités réceptives et expressives du langage semblent significativement réduites chez les enfants EAF (Janzen et al., 1995; McGee, Bjorkquist, Riley, & Mattson, 2009). De plus, les enfants EAF d'origine italienne démontreraient une moins bonne compréhension du langage et de la structure de leur langue maternelle (Aragon et al., 2008a). Toutefois, ces déficits ne présenteraient ni une force, ni une faiblesse dans leur profil puisque ces enfants fonctionneraient proportionnellement à leur QI global (McGee et al., 2009). Il est donc soulevé que l'AF affecterait indirectement les habiletés langagières via le fonctionnement intellectuel. Sur le plan scolaire, la lecture, l'orthographe de mots et la résolution de problèmes mathématiques seraient négativement affectés par l'exposition à l'alcool chez des enfants de première année du primaire (Aragon et al., 2008a; Goldschmidt, Richardson, Stoffer, Geva, & Day, 1996).

En somme, l'exposition à l'AF contribuerait à une baisse du QI et particulièrement de l'ICV chez les enfants. De plus, l'attention soutenue, la coordination visuo-motrice ainsi que l'inhibition d'une réponse motrice seraient déficitaires dans cette population. Le langage et les habiletés mnésiques semblent relativement préservés alors que les habiletés académiques de base semblent déficitaires. Étant donné les délais de maturation du cerveau, certaines fonctions cognitives de haut niveau sont encore peu

développées et difficiles à évaluer. Conséquemment, un nombre limité d'études a été réalisé à ce stade, ce qui circonscrit les interprétations cliniques possibles.

Tableau 2

*Synopsis des études longitudinales rapportant les effets de l'alcoolisation fœtale
sur le profil cognitif au stade de l'intelligence préopératoire (2-7 ans)*

Auteurs	Participants échantillon : caractéristique	Âge au moment de l'évaluation	Fonctions cognitives étudiées	Résultats (Capacités atteintes par l'alcool)	Niveau de signification
Bailey et al., 2004	556 : Niveaux d'exposition variés	7 ans	Intelligence	ICV	$p < 0,01$
Goldschmidt, Richardson, Stoffer, Geva & Day, 1996	512 : Niveaux d'exposition variés	6 ans	Rendement académique	Lecture Arithmétique Orthographe	$p = 0,03$ $p = 0,01$ $p = 0,03$
Korkman, Autti-Rämö, Koivulehto & Granström, 1998	16 : exposés durant le 1 ^{er} trimestre 16 : exposés durant les trimestres 1 et 2 14 : exposés durant les trimestres 1, 2 et 3 26 : contrôles	5-9 ans	Intelligence Attention Fonctions exécutives Langage (réceptif, expressif) Habiletés visuo-spatiales	ICV Attention soutenue Inhibition Langage expressif Langage réceptif Copie de dessins Apprentissage de séries motrices	$p < 0,05$ $p < 0,01$ $p = 0,05$ $p = 0,002$ $p = 0,01$ $p < 0,05$ $p < 0,01$

Note. ICV = indice de compréhension verbale, IRP = indice de raisonnement perceptif

Tableau 3

Synopsis des études transversales rapportant les effets de l'alcoolisation fœtale sur le profil cognitif au stade de l'intelligence préopératoire (2-7 ans)

Auteurs	Participants échantillon : caractéristique	Âge au moment de l'évaluation	Fonctions cognitives étudiées	Résultats (Capacités atteintes par l'alcool)	Niveau de signification
Aragon et al., 2008a	4 : SAF 19 :SAFp 57 : contrôles	6-7 ans	Intelligence Langage (compréhension) Rendement académique (langage et mathématiques)	QIG IRP ICV Compréhension de langage Rendement académique (langage et mathématiques)	$p = 0,001$ $p < 0,001$ $p = 0,015$ $p = 0,072$ $p = 0,004$
Janzen, Nanson & Block, 1995	10 : SAF 10 : contrôles	3,5-5 ans	Intelligence Habiletés visuo-spatiales Langage réceptif et expressif Motricité fine	QIG ICV IRP Intégration visuo-motrice Langage expressif et réceptif	$p = 0,001$ $p = 0,006$ $p = 0,002$ $p = 0,004$ $p < 0,01$
McGee, Bjorkquist, Riley & Mattson, 2009	26 : risque élevé 25 : contrôles	3-5 ans	Langage réceptif et expressif	Langage expressif Langage réceptif	$p \leq 0,05$ $p \leq 0,05$

Note. ICV = indice de compréhension verbale, IRP = indice de raisonnement perceptif, QIG = quotient intellectuel global, SAF = syndrome d'alcoolisme fœtal (exposés à l'alcoolisation fœtale avec les dysmorphologies), SAFp = SAF partiel

Stade de l'intelligence opératoire (7-11 ans)

Dix études ont été recensées sur les effets de l'AF sur le profil cognitif des enfants au stade de l'intelligence opératoire. De ce nombre, quatre sont des études longitudinales. La taille de l'échantillon de ces études se situe entre 149 et 611 participants. Elles rapportent des niveaux d'exposition variés validés par la passation de questionnaires à la mère durant différents moments de la grossesse et du suivi à long terme. L'équipe de Coles (1997) a qualifié davantage les participants de leur cohorte en statuant sur la présence ou l'absence de dysmorphologies faciales, en plus d'inclure un groupe TDAH et un groupe contrôle de mères abstinences. Les résultats pour les études longitudinales sont présentés dans le Tableau 4. En ce qui concerne les six études transversales, leurs échantillons varient entre 30 et 96 participants. Certaines ont utilisé des participants avec des écarts d'âge considérables, allant parfois de 4 à 16 ans. Toutes sauf une (Rasmussen, Horne & Witol, 2006) ont utilisé un groupe contrôle jumelé selon l'âge, le sexe et/ou l'origine ethnique. De plus, plusieurs ont utilisé des mesures physiques afin de différentier les enfants SAF des enfants EAF et certains ont ajouté un groupe de comparaison TDAH. Rasmussen, Horne et Witol (2006) ont pour leur part inclus des enfants EAF d'origine ethnique variée et ils ont opté pour des comparaisons intra-individuelles plutôt que l'inclusion d'un groupe contrôle. Le Tableau 5 présente un résumé des études transversales recensées à ce stade.

Fonctionnement intellectuel

Trois articles ont été recensés sur le fonctionnement intellectuel des enfants EAF et tous mettent en lien l'AF et une baisse du fonctionnement intellectuel. Selon certains auteurs, l'AF affecterait autant le QI global que le pendant verbal et non-verbal (Mattson, Riley, Gramling, Delis, & Jones, 1997). Cependant, le QI global du groupe contrôle dans cette étude était de 109, ce qui le situe à la frontière de l'intelligence vive. Ainsi, les différences inter-groupes étaient certainement surévaluées. Néanmoins, le but de cette étude était principalement centré sur le fonctionnement intellectuel des enfants EAF par rapport aux enfants SAF. Sur ce point, les résultats démontrent que malgré l'absence de séquelles physiques, les enfants EAF ont un fonctionnement intellectuel similaire à celui des enfants SAF. De plus, puisque les enfants contrôles n'étaient pas jumelés selon leur origine ethnique ni leur statut socio-économique, ces deux variables confondantes n'ont pas été prise en compte et pourraient agir en tant que médiateurs des effets de l'alcool. Il est d'autant plus important de contrôler pour les effets de l'ethnicité puisque certains auteurs affirment que les enfants d'origine ethnique diverse pourraient présenter un profil intellectuel différent. Les Amérindiens seraient plus sévèrement pénalisés dans la sphère verbale alors que les enfants d'origine caucasienne seraient également atteints dans les deux modalités (Rasmussen, Horne, & Witol, 2006). De plus, Willford, Leech, et Day (2006) affirment que le QI global des enfants EAF d'origine afro-américaine serait affecté par l'AF. Cependant, ces auteurs n'apportent pas de

distinction entre l'ICV et l'IRP puisqu'ils ont analysé le score composite obtenu au *Stanford-Binet-IV*. En somme, l'AF semble avoir un effet négatif sur le fonctionnement intellectuel des enfants EAF au stade de l'intelligence opératoire. Cependant, le patron de déficits pourrait varier selon l'origine ethnique.

Éveil, attention, et mémoire de travail

Trois études ont mesuré l'attention à ce stade de développement. Deux suggèrent que l'attention soutenue visuelle serait intacte chez les enfants EAF (Burden, Jacobson, Sokol, & Jacobson, 2005; Coles et al., 1997). L'étude de Coles, qui a inclu un groupe clinique d'enfants TDAH, conclut que l'attention soutenue serait particulièrement déficitaire chez les enfants TDAH, qui commettaient plus d'erreurs d'omission et de commissions que les enfants des autres groupes. Par contre, l'étude de Kooistra et de ses collègues (2010) suggère un lien entre l'AF et l'attention soutenue. Dans cette étude, les deux groupes cliniques, soit les groupes TDAH et EAF, ont obtenu des performances déficitaires au *Continuous Performance Task*, démontrant tous deux des taux élevés d'erreurs d'omissions. Une analyse détaillée de ces résultats démontre que les enfants TDAH qui présentent autant des problèmes au niveau de l'inhibition que de l'inattention obtiennent un rendement inférieur quand les stimuli sont présentés à intervalles lents. Ils font donc plus d'erreurs quand ils sont sous-stimulés. D'un autre côté, les enfants TDAH à prédominance inattentive et les enfants EAF auraient plus de difficultés quand les

stimuli sont présentés à intervalles rapides, en d'autres mots quand ils sont sur-stimulés. À la lumière de ces résultats, le lien entre l'attention soutenue et l'AF pourrait se renforcer avec l'âge. En effet, les deux études qui n'ont pas trouvé de lien ont inclu des participants âgés de 7 ans tandis que l'étude de Kooistra a mesuré l'attention soutenue chez des participants âgés entre 7 et 10 ans. De plus, la tâche sélectionnée par Coles et ses collègues jumelait le *Continuous Performance Task* à une tâche de vigilance durant laquelle l'enfant devait réagir à des stimuli. Ces deux tâches combinées duraient 90 minutes, ce qui est très exigeant. Conséquemment, peu d'enfants ont réussi à compléter la tâche et le taux d'abandon a été très élevé, ce qui peut avoir biaisé l'échantillon. Par contre, la manipulation de l'information en mémoire de travail semble ardue et se manifeste par une difficulté à compléter des problèmes mathématiques mentalement (Burden, Jacobson, Sokol & Jacobson, 2005).

Mémoire

Trois études transversales ont évalué la mémoire des enfants EAF. Mattson et ses collègues (1996) ont investigué l'apprentissage d'une liste de mots en relation avec l'AF. Ils concluent que le rappel différé et la reconnaissance sont les composantes mnésiques les plus affectées. Une autre étude a évalué la modalité non-verbale (Uecker & Nadel, 1996). Pour ce faire, les auteurs ont administré une tâche de reconnaissance de visages et une tâche durant laquelle l'enfant doit mémoriser différents objets via une

procédure qui facilite l'encodage. Pour ce faire, l'évaluateur demande à l'enfant d'estimer le prix de chacun des objets sur une table. Un rappel libre immédiat est ensuite tenté, durant lequel l'enfant doit rappeler le plus d'objets possible. Le lendemain, l'enfant, sans le savoir, doit tenter un rappel différé des objets. Les chercheurs peuvent ainsi mesurer les aspects incidents et différés de la mémoire. Les résultats suggèrent que seul le rappel non-verbal différé serait affecté par l'AF. Ainsi, le rappel immédiat d'objets et la reconnaissance des visages semblent préservés. À la lumière de ces résultats, la mémoire verbale et non-verbale des enfants EAF semble particulièrement sensible à l'introduction de délais, suggérant une faiblesse de certains processus mnésiques de consolidation. Enfin, l'équipe de Rasmussen (2006) a administré à des enfants dont l'origine ethnique est différente une batterie composite permettant d'obtenir une mesure d'apprentissage en modalité verbale et non-verbale, en plus de générer un indice de rappel immédiat et différé dans les deux modalités sous-jacentes. Les résultats obtenus permettent une distinction entre les enfants EAF d'origine caucasienne et ceux d'origine amérindienne. Les enfants EAF caucasiens auraient de la difficulté avec la mémoire non-verbale alors que la modalité inverse serait déficiente chez les enfants EAF amérindiens.

Habiletés visuo-spatiales

Les enfants EAF auraient un rendement plus faible avec les tâches qui requièrent un traitement visuel complexe de l'information telles les Matrices (Coles et al., 1997). Une difficulté avec les relations spatiales et le dessin de l'horloge vient renforcer le lien entre l'exposition à l'alcool et la difficulté à bien traiter l'information complexe dans l'espace (Uecker & Nadel, 1996).

Fonctions exécutives et traitement de l'information

En ce qui concerne les fonctions exécutives, les enfants EAF présenteraient un manque de flexibilité (Coles et al., 1997; Vaurio, Riley, & Mattson, 2008), d'inhibition (Kooistra, Crawford, Gibbard, Ramage, & Kaplan, 2010) et d'organisation (Vaurio et al., 2008). Dans une tâche automatique telle que la dénomination de couleurs, les enfants EAF auraient un rendement équivalent à celui du groupe contrôle. Cependant, leur vitesse de traitement serait ralentie lors de tâches complexes telles que la tâche de Sternberg (1966) durant laquelle l'enfant doit mémoriser rapidement une série de chiffres et identifier subséquemment un chiffre cible comme étant ou non dans la liste précédente (Burden, Jacobson, & Jacobson, 2005). Ainsi, l'alcool pourrait affecter principalement la vitesse de traitement de l'information pour des tâches complexes sur le plan cognitif.

Langage et rendement académique – lecture, écriture, arithmétique

Aucune composante du langage n'a été investiguée à ce stade de développement.

En ce qui concerne le rendement académique, la compréhension en lecture ne semble pas affectée par l'AF (Coles et al., 1997). Les enfants EAF auraient toutefois de la difficulté à déterminer quel chiffre, parmi deux choix présentés sur un écran, est de plus grande magnitude (Burden, Jacobson, & Jacobson, 2005). De plus, les habiletés en arithmétique seraient limitées chez ces derniers (Coles et al., 1997), suggérant une difficulté spécifique avec le traitement des chiffres.

En résumé, les études recensées au stade de l'intelligence opératoire démontrent que l'AF affecte plusieurs composantes du développement cognitif. D'une part, le QI global serait abaissé. Une distinction particulière pourrait être apportée en fonction de l'origine ethnique des enfants par rapport à la modalité la plus atteinte par l'AF et ce, autant au niveau intellectuel que mnésique. Étant donné les différentes méthodes utilisées dans les études, le lien entre l'AF et l'attention n'est pas bien défini, mais l'attention soutenue pourrait être déficitaire chez les enfants EAF. Le traitement de l'information complexe paraît difficile en ce qui concerne les habiletés visuo-spatiales et exécutives. Enfin, une difficulté spécifique du traitement des nombres pourrait être une conséquence directe de l'AF.

Tableau 4

Synopsis des études longitudinales rapportant les effets de l'alcoolisation fœtale sur le profil cognitif au stade de l'intelligence opératoire (7-11 ans)

Auteurs	Participants échantillon: caractéristique	Âge au moment de l'évaluation	Fonctions cognitives étudiées	Résultats (Capacités atteintes par l'alcool)	Niveau de signification
Burden, Jacobson & Jacobson, 2005	337: Niveaux d'exposition variés	7,5 ans	Vitesse de traitement de l'information Justesse du traitement	Vitesse de traitement de l'information	NS
Burden, Jacobson, Sokol & Jacobson, 2005	337: Niveaux d'exposition variés	7,5 ans	Mémoire de travail Fonctions exécutives Attention	Mémoire de travail Fluidité verbale (catégories)	$p < 0,001$ $p < 0,01$
Coles et al., 1997	62: EAF 25: SAF 35: contrôles 27: TDAH	7,6 ans	Habiletés visuo-spatiales Rendement académique Fonctions exécutives Attention	Habiletés visuo-spatiales Arithmétique Flexibilité	$p < 0,06$ $p < 0,008$ $p < 0,04$
Willford, Leech & Day, 2006	611: Niveaux d'exposition variés	10 ans	Intelligence	QIG	$p < 0,01$

Note. EAF = exposés à l'alcoolisation fœtale (sans les dysmorphologies), ICV = indice de compréhension verbale, IRP = indice de raisonnement perceptif, NS = résultats rapportés significatifs par les auteurs mais dont le niveau de signification n'est pas spécifié, QIG = quotient intellectuel global, SAF= syndrome d'alcoolisme fœtal (exposés à l'alcoolisation fœtale avec les dysmorphologies), TDAH = trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité

Tableau 5

Synopsis des études transversales rapportant les effets de l'alcoolisation fœtale sur le profil cognitif au stade de l'intelligence opératoire (7-11 ans)

Auteurs	Participants échantillon: caractéristique	Âge au moment de l'évaluation	Fonctions cognitives étudiées	Résultats (Capacités atteintes par l'alcool)	Niveau de signification
Kooistra et al., 2010	47: TDAH 30: EAF 39: contrôles	7-10 ans	Attention soutenue Inhibition	Attention soutenue Inhibition	$p = 0,001$ $p = 0,001$
Mattson, Riley, Gramling, Delis & Jones, 1997	34: SAF 13: EAF 46: contrôles	4-16 ans	Intelligence	QIG ICV IRP	$p < 0,001$ $p < 0,05$ $p < 0,05$
Mattson et al., 1996	20 : SAF 20 : contrôles	5-16 ans	Mémoire et apprentissage verbal	Rappel verbal différé Reconnaissance (Intrusions & perséverations)	$p < 0,01$ $p < 0,01$
Rasmussen, Horne & Witol, 2006	35 : amérindiens EAF 14 : caucasiens EAF 1 : autre nationalité EAF	6-16 ans	Intelligence Mémoire	Amérindiens = mémoire verbale ICV Caucasiens = mémoire non-verbale	$p < 0,01$ $p < 0,01$ $p < 0,05$
Uecker & Nadel, 1996	15: SAF 15: contrôles	Moyenne 10 ans	Mémoire non-verbale Habiletés visuo-spatiales	Rappel non-verbal différé Apraxie de construction	$p = 0,028$ $p < 0,001$
Vaurio, Riley & Mattson, 2008	20: EAF et TDAH 20: TDAH 20: contrôles	7-13 ans	Fonctions exécutives	Fluidité verbale (lettres) Flexibilité	$p < 0,05$ $p = 0,023$

Note. EAF = exposés à l'alcoolisation fœtale (sans les dysmorphologies), ICV = indice de compréhension verbale, IRP = indice de raisonnement perceptif, QIG = quotient intellectuel global, SAF= syndrome d'alcoolisme fœtal (exposés à l'alcoolisation fœtale avec les dysmorphologies), TDAH = trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité

Stade de l'intelligence formelle (11-15 ans)

Puisque la majorité des études recensées se retrouvent dans le stade de l'intelligence formelle, la taille des échantillons, le niveau d'exposition et la méthode privilégiée sont très variés selon les études. Neuf études longitudinales ont été recensées sur un total de 21. La plupart a utilisé des participants avec des niveaux d'exposition variés confirmés à l'aide d'un questionnaire administré à la mère. Ces études comprenaient des échantillons allant de 191 à 569 participants. Deux études ont classifié leurs participants selon la durée d'exposition (Aronson & Hagberg, 1998; Korkman, Kettunen & Autti-Rämö, 2003). Elles présentent des échantillons de 19 et de 66 participants. Enfin, un groupe de recherche d'Atlanta apporte une distinction entre les adolescents SAF et les adolescents EAF. De plus, il inclut un groupe d'adolescents contrôles de même qu'un groupe qui fréquente des classes d'éducation spécialisée sans exposition intra-utérine à l'alcool dans son échantillon de 265 participants (Coles, Platzman, Lynch & Freides, 2002; Howell et al., 2006). Les résultats pour les études longitudinales sont présentés dans le Tableau 6. Les études transversales sont nombreuses dans cette tranche d'âge et une douzaine a été recensée. Parmi celles-ci, cinq apportent une distinction entre les adolescents SAF ou EAF. Mattson et Riley (1999) ont aussi inclus un groupe d'adolescents avec un syndrome de Down afin de contrôler la variable intelligence. Deux études transversales n'ont pas utilisé de groupe

contrôle. Rasmussen et Bisanz (2009) ont comparé leurs participants EAF aux normes. Pour sa part, l'équipe de Pei (Pei, Rinaldi, Rasmussen, Massey & Massey, 2008) a opté pour des comparaisons intra-individuelles dans le but de limiter les variables confondantes habituellement retrouvées dans les études sur l'AF telles que le statut socio-économique, le fonctionnement intellectuel, l'origine ethnique ou l'environnement familial. La taille des échantillons pour ces études varie entre 28 et 181 participants. Le Tableau 7 présente un résumé de ces résultats.

Fonctionnement intellectuel

Deux études longitudinales ont trouvé un lien entre l'AF et une diminution au QI global de même qu'aux deux indices principaux du *WISC* (Aronson & Hagberg, 1998; Howell, Lynch, Platzman, Smith, & Coles, 2006). L'équipe d'Aragon (2008b) a noté une différence significative entre le QI estimé au *Leiter-R* d'un groupe d'adolescents EAF et d'un groupe SAF comparativement à un groupe contrôle, suggérant une difficulté avec la modalité non-verbale. Korkman et ses collègues (2003) ont trouvé un déficit spécifique à l'IRP. Cette dernière étude adopte une méthode différente des autres parce qu'elle a contrôlé la durée d'exposition, variant du premier au troisième trimestre. Ainsi, les auteurs suggèrent que plus l'enfant est exposé longtemps à l'AF, par exemple durant les trois trimestres, plus les résultats à l'IRP seront faibles. Une analyse de ces résultats permet de constater que toutes les études indiquent un lien entre l'AF et l'IRP.

Le lien entre l'AF et l'ICV semble cependant moins concluant à ce stade de développement qu'au stade de l'intelligence préopératoire. Il est possible qu'en avançant en âge, l'enfant parvienne à rattraper son retard sur le plan verbal. D'autre part, en plus de mesurer les habiletés non-verbales, l'IRP est une mesure du raisonnement perceptif et requiert l'analyse, le raisonnement abstrait et la résolution de problèmes présentés sous forme visuelle. Conséquemment, ces sous-tests sont complexes et pourraient refléter les déficits globaux notés chez les enfants EAF. En avançant en âge, l'écart pourrait se creuser au niveau de l'IRP, étant donné la complexité croissante des problèmes présentés.

Éveil, attention, et mémoire de travail

Les adolescents EAF présentent des niveaux d'attention qui fluctuent. Plus les tâches sont complexes et demandent un effort cognitif important, plus l'écart serait grand entre les adolescents EAF et le groupe contrôle (Streissguth, Barr, Olson, & Sampson, 1994b). L'attention soutenue visuelle semble être problématique chez cette population. En effet, lors de tâches mesurant la capacité à demeurer concentré sur des stimuli visuels diffusés sur un écran d'ordinateur pendant une longue période de temps, les adolescents SAF commettent plusieurs erreurs, particulièrement des erreurs de commission (Carmichael Olson et al., 1998; Coles, Platzman, Lynch, & Freides, 2002). Les adolescents EAF présentent aussi un temps de réaction élevé dans une tâche

d'attention soutenue visuelle où ils doivent aller toucher à un stimulus visuel qui apparaît sur un écran (Green et al., 2009). En ce qui concerne l'attention soutenue auditive, l'étude de Coles n'a pas trouvé de différence significative entre le groupe SAF, le groupe EAF, le groupe « éducation spécialisée » et le groupe contrôle en ce qui concerne le total d'erreurs commises et les erreurs de commission. Cependant, le groupe « éducation spécialisée » a commis plus d'erreurs d'omission que le groupe SAF qui a globalement bien réussi cette tâche. Korkman, Kettunen et Autti-Rämö (2003) ont trouvé un lien entre l'attention soutenue auditive et l'AF. Ces résultats peuvent probablement être expliqués par l'utilisation de tâches différentes pour mesurer le même construct. En effet, l'équipe de Coles a utilisé le Vigil alors que l'équipe de Korkman a opté pour le sous-test Attention Auditive de la NEPSY. Or ce dernier sous-test est plus complexe et ne mesure pas exclusivement l'attention soutenue puisque l'enfant doit adapter sa réponse en fonction des stimuli entendus. En ce qui concerne l'attention sélective, plusieurs études ont démontré qu'il existait un lien entre la performance des adolescents et le niveau d'exposition à l'alcool et ce, aussi bien avec la modalité auditive que visuelle (Carmichael Olson et al., 1998; Mattson, Calarco, & Lang, 2006; Streissguth et al., 1994b). Des tâches de barrage traditionnelles ont été utilisées pour mesurer la composante non-verbale. Afin de mesurer l'attention sélective verbale, les adolescents devaient réagir à certains stimuli auditifs sélectionnés tout en ignorant les autres. En somme, plusieurs aspects attentionnels semblent affectés par l'AF. De plus, le

lien entre l'AF et l'attention soutenue visuelle semble se confirmer avec l'âge. Les adolescents EAF éprouveraient de la difficulté à manipuler l'information en mémoire de travail. En effet, leur rendement est faible aux sous-tests séquences de chiffres (Carmichael Olson et al., 1998) et arithmétique (Streissguth et al., 1994b) de l'échelle de Weschler. Or, ces sous-tests sont liés à ce construit puisqu'ils requièrent le maintien et la manipulation mentale d'informations.

Mémoire

Plusieurs auteurs ont tenté d'établir un profil mnésique chez des adolescents ayant été exposés à divers niveaux d'alcool. D'une part, la courbe d'apprentissage des adolescents EAF semble limitée et ce, autant avec du matériel verbal que non-verbal (Kaemingk & Halverson, 2000; Korkman et al., 2003; Mattson & Roebuck, 2002; Sampson et al., 1997; Streissguth et al., 1994b). D'autre part, autant le rappel libre immédiat que le rappel différé de l'information semblent difficiles, et ce, dans les deux modalités (Kaemingk & Halverson, 2000; Willford, Richardson, Leech, & Day, 2004). Cependant, la reconnaissance semble préservée (Mattson & Riley, 1999). En somme, un lien entre plusieurs mesures mnésiques et l'AF a été trouvé dans ces études. Entre autres, l'apprentissage, le rappel libre immédiat et le rappel différé en modalité verbale et non-verbale ont été mis en lien avec l'AF. Il semble y avoir cohérence en ce qui concerne les aspects qui sont préservés chez les adolescents EAF. De ce fait, l'alcool ne semble avoir

aucun effet sur la mémoire implicite, les adolescents EAF pouvant bénéficier de l'effet d'amorçage (Mattson & Riley, 1999). De plus, leur mémoire procédurale serait également intacte (Carmichael Olson et al., 1998; Sampson et al., 1997).

Habiletés visuo-spatiales

Le traitement de l'information visuo-spatiale semble affecté par l'AF chez les adolescents. En effet, les adolescents SAF auraient de la difficulté à percevoir une stimulation visuelle et à produire une réponse motrice adaptée (Carmichael Olson et al., 1998; Mattson, Riley, Gramling, Delis, & Jones, 1998). De plus, plusieurs tâches exigeant l'intégration d'informations visuo-spatiales telles l'orientation de lignes (Kaemingk & Halverson, 2000) et la résolution de matrices (Sampson et al., 1997) représenteraient une difficulté pour les adolescents EAF. De plus, non seulement les adolescents EAF auraient de la difficulté aux tâches qui exigent un traitement spatial de l'information, ils seraient significativement moins performant qu'un groupe ayant un QI équivalent (Carmichael Olson et al., 1998). Ces difficultés au niveau des relations spatiales complexes et de l'intégration visuo-motrice semblent conséquemment refléter un effet direct de l'AF.

Fonctions exécutives et traitement de l'information

L'alcool affecterait de nombreuses fonctions exécutives chez les adolescents EAF. D'abord, un lien existe entre l'exposition à l'alcool et une diminution de la flexibilité cognitive à l'adolescence. Les adolescents EAF ont de la difficulté à réussir une nouvelle tâche qui requiert un changement de règle ou de façon de faire (Mattson, Goodman, Caine, Delis, & Riley, 1999; McGee, Schonfeld, Roebuck-Spencer, Riley, & Mattson, 2008). Par exemple, lors d'une tâche de tri de cartes, ils vont avoir plus de difficulté à ajuster leurs actions en fonction des rétroactions de l'évaluateur. Face à la nouveauté, ces adolescents persévèrent, ils se désorganisent facilement et ils commettent plusieurs erreurs (Carmichael Olson et al., 1998; Mattson & Riley, 1999). Ce déficit pourrait être en partie amplifié par leur difficulté à planifier adéquatement leur tâche (Aragon et al., 2008b; Mattson et al., 1999; Rasmussen & Bisanz, 2009). De plus, leurs capacités de raisonnement et de catégorisation sont limitées (Carmichael Olson et al., 1998; Mattson et al., 1999; McGee et al., 2008).

Les adolescents EAF démontrent également un déficit au niveau de l'inhibition. En effet, des taux élevés d'intrusions et de perséverations lors de l'apprentissage d'une liste de mots suggèrent une fragilité des processus frontaux. En effet, comparativement à un groupe avec un syndrome de Down, les adolescents SAF commettent plus de perséverations lors d'une tâche verbale de rappel libre différé (Mattson & Riley, 1999).

Les nombreux faux-positifs lors d'une tâche d'attention soutenue viennent également refléter une problématique au niveau de l'inhibition de la réponse en cours (Carmichael Olson et al., 1998; Coles, Platzman, Lynch, & Freides, 2002; Streissguth et al., 1994b).

Le traitement de l'information paraît également perturbé à ce stade. D'une part, le temps de réaction des adolescents EAF serait ralenti (Streissguth et al., 1994b). D'autre part, ils auraient de la difficulté à utiliser judicieusement un compromis vitesse-justesse lors de la réalisation de tâches (Sampson et al., 1997). Toutefois, il semblerait que les adolescents EAF ne seraient pas systématiquement ralentis. Au contraire, dans certaines tâches complexes telles que l'assemblage mental de diverses parties d'un objet en un tout, ils seraient pénalisés par leur trop grande vitesse d'exécution et ce, au détriment de la qualité de la production. Quand certaines tâches complexes exigent un traitement de l'information plus long, les adolescents EAF ne seraient donc pas en mesure de jauger l'importance de prendre leur temps lorsque nécessaire.

Langage et rendement académique – lecture, écriture, arithmétique

En ce qui concerne les habiletés langagières, les composantes expressives et réceptives seraient affectées par l'exposition à l'alcoolisation fœtale. Les adolescents EAF auraient de la difficulté avec la dénomination et la compréhension de consignes (Korkman et al., 2003; Mattson et al., 1998). Pour ce qui est de leur rendement

académique, les adolescents EAF semblent présenter des difficultés dans les trois principaux domaines investigués soit (a) la lecture, (b) l'écriture et (c) les habiletés mathématiques. En effet, la lecture de pseudo-mots serait difficile pour eux, ce qui suggère un déficit au niveau du traitement de l'information phonologique (Streissguth, Barr, Olson, & Sampson, 1994a). De plus, leur compréhension de courts passages écrits paraît compromise (Carmichael Olson et al., 1998). Cependant, une étude n'a pas trouvé de lien entre l'exposition à l'alcool et les habiletés de lecture et de compréhension de textes (Sampson et al., 1997). L'utilisation de tâches différentes pour mesurer les habiletés de lecture pourrait expliquer les différents résultats puisque la tâche de Sampson nécessitait à la fois des habiletés de lecture et de la vitesse de traitement. Au niveau de l'écriture, ils ont de la difficulté à orthographier correctement les mots (Mattson et al., 1998). Enfin, ils présentent de la difficulté à effectuer des opérations arithmétiques et à résoudre des problèmes mathématiques complexes (Mattson et al., 1998; Streissguth et al., 1994a). À ce niveau, certaines auteurs ont démontré que les adolescents SAF présentent des difficultés plus importantes que les adolescents EAF (Howell et al., 2006). Conséquemment, le profil complet pourrait être associé à des difficultés en mathématiques alors que le profil partiel pourrait être protégé.

Cette tranche d'âge est certainement celle qui a été la plus étudiée dans les écrits sur l'AF. À ce stade, la maturation cérébrale est avancée et les fonctions cognitives de

haut niveau peuvent être mesurées. D'une part, plusieurs études ont documenté une diminution du QI chez les adolescents EAF. Toutes les études qui ont mesuré l'intelligence à ce stade ont trouvé un lien entre l'AF et l'IRP. Cependant, le lien est moins concluant avec l'ICV. Globalement, les tâches complexes semblent particulièrement déficitaires, que ce soit au niveau attentionnel, visuo-spatial ou exécutif. Le lien entre l'attention soutenue visuelle et l'AF semble se confirmer à ce stade. De plus, le traitement de l'information paraît déficitaire puisque les adolescents EAF ne seraient pas en mesure d'utiliser judicieusement un compromis vitesse-justesse. Ils sont lents dans les tâches qui requièrent un traitement rapide et ils sont trop rapides dans les tâches qui demandent une réflexion plus poussée. Ils commettent par le fait même plus d'erreurs. En ce qui concerne la mémoire, les adolescents EAF présenteraient des déficits au niveau de l'apprentissage et de la consolidation du matériel verbal et non-verbal. Enfin, le langage réceptif, expressif ainsi que les habiletés académiques semblent touchés par l'AF. Les difficultés retrouvées dans les stades antérieurs semblent progresser jusque dans ce stade. Par exemple, le devis longitudinal de la *Seattle Prospective Longitudinal Study on Alcohol and Pregnancy* permet de conclure que les déficits mnésiques et attentionnels observés en vieillissant semblent être la continuité de ceux notés dans les stades précédents, ce qui suggère l'apparition et le maintien de ces déficits à un stade précoce du développement. En somme, le tableau cognitif est complexe et plusieurs sphères semblent atteintes.

Tableau 6

Synopsis des études longitudinales rapportant les effets de l'alcoolisation fœtale sur le profil cognitif au stade de l'intelligence formelle (11-15 ans)

Auteurs	Participants échantillon: caractéristique	Âge au moment de l'évaluation	Fonctions cognitives étudiées	Résultats (Capacités atteintes par l'alcool)	Niveau de signification
Aronson & Hagberg, 1998	4 : ADC entre 5 ^e et 12 ^e semaine 7 : ADC entre 20 ^e et 25 ^e semaine 8 : consommation durant toute la grossesse	12-14 ans	Intelligence	Compréhension, arithmétique, arrangement d'images	NS
Coles, Platzman, Lynch & Freides, 2002	82: EAF 46: SAF 84: classe éducation spécialisée 53: contrôles	15 ans	Attention soutenue auditive et visuelle	SAF : attention soutenue visuelle	<i>p</i> < 0,05
Howell et al., 2006	46 : SAF 82 : EAF 84 : classe éducation spécialisée 53 : contrôles	15 ans	Intelligence Rendement académique	SAF : QIG, ICV, IRP SAF : mathématiques	<i>p</i> < 0,01 <i>p</i> < 0,01
Hunt et al., 1995	442 : Niveaux d'exposition variés	14 ans	Raisonnement visuo-spatial (temps de réaction et justesse)	Compromis vitesse/ exactitude	<i>p</i> < 0,01
Korkman, Kettunen & Autti-Rämö, 2003	11: exposés au trimestre 1 7: exposés aux trimestres 1 et 2 9: exposés aux trimestres 1, 2 et 3 39: contrôles	12-14 ans	Intelligence Attention Language Sensorimoteur Habilétés visuo-spatiales Mémoire (verbale, non-verbale)	IRP Attention soutenue Langage expressif Réceptif Apprentissage de séries motrices Traitement visuospatial, Mémoire et apprentissage verbal	<i>p</i> < 0,05 <i>p</i> < 0,05 <i>p</i> < 0,05 <i>p</i> < 0,01 <i>p</i> < 0,05 <i>p</i> < 0,05 <i>p</i> < 0,05

Sampson et al., 1997	462: Niveaux d'exposition variés	14 ans	Raisonnement visuo-spatial Mémoire (apprentissage, déclarative non-verbale, procédurale) Rendement académique (lecture et compréhension)	Raisonnement visuo-spatial Déclarative non-verbale	NS NS
Streissguth et al., 1994a	462: Niveaux d'exposition variés 191: Niveaux d'exposition variés	14 ans 14 ans	Lecture Mathématiques	Lecture Résolution de problèmes mathématiques	$p = 0,002$ $p = 0,024$
Streissguth et al., 1994b	462: Niveaux d'exposition variés	14 ans	Attention Fonctions exécutives Apprentissage et mémoire verbale et non-verbale	Attention soutenue Attention sélective Inhibition Formation de concept Temps de réaction Apprentissage non-verbal	NS NS NS NS NS NS
Willford et al., 2004	569: Niveaux d'exposition variés	14 ans	Mémoire et courbe d'apprentissage	Encodage verbal Rappel libre et différé verbal	$p < 0,025$ $p < 0,05$

Note. ADC = arrêt de consommation de la mère, EAF = exposés à l'alcoolisation fœtale (sans les dysmorphologies), ICV = indice de compréhension verbale, IRP = indice de raisonnement perceptif, NS = résultats rapportés significatifs par les auteurs mais dont le niveau de signification n'est pas spécifié, QIG = quotient intellectuel global, SAF= syndrome d'alcoolisme fœtal (exposés à l'alcoolisation fœtale avec les dysmorphologies)

Tableau 7

*Synopsis des études transversales rapportant les effets de l'alcoolisation fœtale
sur le profil cognitif au stade de l'intelligence formelle (11-15 ans)*

Auteurs	Participants échantillon: caractéristique	Âge au moment de l'évaluation	Fonctions cognitives étudiées	Résultats (Capacités atteintes par l'alcool)	Niveau de signification
Aragon et al., 2008	10: SAF 14: SAfp 32: contrôles	7-17 ans	Intelligence Fluidité verbale Planification Mémoire non-verbale Motricité fine	QI estimé non-verbal Fluidité verbale lettres Fluidité verbale alternance Planification complexe Apprentissage et rappel différé	$p < 0,001$ $p = 0,004$ $p < 0,001$ $p < 0,001$ $p < 0,001$
Carmichael Olson, Feldman, Streissguth, Sampson & Bookstein, 1998	9: SAF 52 : contrôles	14-16 ans	Attention Mémoire de travail Habiletés visuo-spatiales Mémoire et apprentissage Rendement académique Fonctions exécutives	Attention soutenue Attention sélective Mémoire de travail Habiletés visuo-spatiales Apprentissage Mémoire non-verbal Compréhension de lecture Raisonnement Flexibilité Organisation Planification	$p = 0,098$ $p = 0,002$ $p = 0,048$ $p = 0,002$ $p = 0,011$ $p = 0,003$ $p = 0,023$ $p = 0,027$ $p = 0,003$ $p = 0,077$ $p = 0,077$
Green et al., 2009	89: EAF 92: contrôles	8-15 ans	Attention Mémoire de travail Fonctions exécutives	Attention Mémoire de travail non-verbale Utilisation de stratégies Planification Temps de réaction	$p < 0,001$ $p < 0,001$ $p < 0,001$ $p = 0,05$ $p < 0,001$
Kaemingk & Halverson, 2000	20: EAF 20: contrôles	6-16 ans	Intelligence Apprentissage verbal et non-verbal Perception visuelle	QIG ICV IRP Apprentissage verbal et non-verbal Orientation des lignes	$p < 0,01$ $p < 0,01$ $p < 0,01$ $p < 0,004$ $p < 0,002$

Mattson, Calarco & Lang, 2006	10: SAF 10: EAF 20: contrôles	9-14 ans	Attention sélective visuelle et auditive Fonctions exécutives (Flexibilité)	Attention sélective visuelle Attention sélective auditive Temps de réaction (stimuli visuels)	$p < 0,001$ $p < 0,001$ $p < 0,01$
Mattson, Goodman, Caine, Delis & Riley, 1999	10: SAF 8: EAF 10: contrôles	8-15 ans	Fonctions exécutives	Formation de concept et raisonnement Planification Flexibilité Inhibition	$p = 0,001$ $p \leq 0,05$ $p < 0,002$ $p = 0,009$
Mattson & Riley, 1999	18 : SAF 3 : EAF 11 : syndrome de Down 21 : contrôles	8-18 ans	Mémoire Reconnaissance Effet d'amorçage Fonctions exécutives (fluidité)	Rappel libre verbal immédiat	$p < 0,025$
Mattson, Riley, Gramling, Delis & Jones, 1998	15: SAF 10: EAF 25: contrôles	15-16 ans	Langage (réceptif, expressif) Mémoire et apprentissage verbal Rendement académique Intégration visuo-spatiale Formation de concept	Langage (réceptif, expressif) Mémoire verbale immédiat Différé Intrusions Apprentissages (lecture, écriture, arithmétique) Intégration visuo-spatiale	$p \leq 0,001$ $p \leq 0,005$ $p \leq 0,001$ $p \leq 0,005$ $p \leq 0,001$ $p \leq 0,001$
Mattson & Roebuck, 2002	19:SAF 16:EAF 35: contrôles	8-16 ans	Mémoire et apprentissage verbal et non-verbal	Apprentissage verbal et non-verbal Rappel différé non-verbal	$p < 0,001$ $p = 0,007$
McGee et al., 2008	47: EAF 60: contrôles 23: EAF 17: contrôles	8-18 ans 8-18 ans	Fonctions exécutives (flexibilité) Fonctions exécutives (formation de concept)	Flexibilité Formation de concept	$p < 0,001$ $p = 0,001$
Pei, Rinaldi, Rasmussen, Massey & Massey, 2008	30: EAF	9-16 ans	Mémoire et apprentissage verbal et non-verbal	Rappel verbal immédiat	$p < 0,01$

Rasmussen & Bisanz, 2009	29: EAF	8,4-16,2 ans	Fonctions exécutives	Flexibilité <i>p</i> < 0,001
				Inhibition <i>p</i> = 0,002
				Fluidité verbale (lettre et alternance) <i>p</i> < 0,001
				Raisonnement déductif <i>p</i> < 0,001
				Formation de concept <i>p</i> < 0,001

Note. EAF = exposés à l'alcoolisation fœtale (sans les dysmorphologies), ICV = indice de compréhension verbale, IRP = indice de raisonnement perceptif, QIG = quotient intellectuel global, SAF = syndrome d'alcoolisme fœtal (exposés à l'alcoolisation fœtale avec les dysmorphologies), SAFp = SAF partiel

Discussion

La section suivante fournira dans un premier temps un résumé des résultats obtenus pour chacune des fonctions cognitives étudiées et ceux-ci seront discutés. Dans un second temps, un parallèle entre les stades décrits par Piaget et le développement cognitif neurologique sera décrit. Ensuite, les forces et les limites de cette recension seront présentées. Enfin, la conclusion permettra de considérer de nouvelles avenues de recherche, à la lumière des questionnements soulevés par cette recension critique.

Résumé des résultats

Le but de ce texte était de caractériser les effets de l'AF sur le profil cognitif des individus atteints, du stade de l'intelligence sensori-motrice (0-2 ans) au stade de l'intelligence formelle (11-15 ans). L'AF entraîne des répercussions à court, moyen et à long terme sur l'individu. Certaines difficultés sont rencontrées dès le début de la vie alors que d'autres apparaissent ultérieurement. Le profil cognitif des individus exposés à l'alcoolisation fœtale (EAF) est donc évolutif. Il est important de connaître cette évolution afin de faciliter la pose du diagnostic, l'amélioration des connaissances et de suggérer de nouvelles avenues thérapeutiques.

Fonctionnement intellectuel

L'AF affecte négativement le QI. Au stade de l'intelligence sensori-motrice, la différence semble plus difficile à évaluer, possiblement à cause du manque de sensibilité des instruments utilisés. Cependant, quand l'individu avance en âge, l'effet de l'alcool semble marqué, voire même quantifiable. À sept ans et demi, une consommation d'alcool supérieure à deux verres/jour durant la grossesse entraînerait un déficit de 7 points au niveau du QI global (Streissguth, Barr, & Sampson, 1990). Cela étant, l'exposition à l'alcool n'entraîne pas nécessairement de retard mental. Il existe une grande variabilité individuelle dans le fonctionnement intellectuel des individus EAF (Streissguth et al., 1994).

Le profil intellectuel semble se modifier au fil des années. Une disparité en faveur de l'IRP semble exister au stade de l'intelligence préopératoire. À ce stade, l'ICV semble plus sensible à l'AF. Cependant, l'IRP pourrait être déficitaire chez les enfants SAF, plus sévèrement atteints. Au stade de l'intelligence opératoire, il est difficile d'évaluer les effets de l'alcoolisation fœtale sur la composante verbale et non-verbale du QI. Le patron de déficits intellectuels pourrait varier en fonction de l'origine ethnique des participants. Cependant, la tendance notée lors du stade de l'intelligence préopératoire semble se renverser au stade de l'intelligence formelle. En effet, à ce stade, toutes les études recensées indiquent un lien entre l'AF et l'IRP. Certaines hypothèses peuvent expliquer ce renversement de la tendance. D'une part, il est possible que les enfants EAF présentent un retard au niveau verbal en bas âge. Conséquemment,

il se peut que ces enfants, une fois bien encadrés et stimulés par le milieu scolaire, réussissent à combler ce retard sur le plan verbal. D'autre part, tel que son nom l'indique, l'IRP est une mesure du raisonnement perceptif. La notion de raisonnement est essentielle puisqu'en plus d'exiger le traitement de l'information visuo-spatiale, ces sous-tests requièrent l'analyse, le raisonnement abstrait et la résolution de problèmes présentés sous forme visuelle. Conséquemment, ces sous-tests sont complexes et pourraient refléter les déficits globaux notés chez les enfants EAF.

Éveil, attention, et mémoire de travail

L'AF affecte l'état d'éveil et ce, dès les premières heures suivant la naissance (Streissguth, 2007). En vieillissant, le lien entre l'AF et l'attention soutenue semble plus prononcé. Les résultats au stade de l'intelligence formelle indiquent également un lien entre l'AF et l'attention sélective. Une accumulation de déficits en vieillissant pourrait expliquer pourquoi le profil attentionnel semble plus sévèrement atteint chez les adolescents.

La mémoire de travail semble déficiente chez les individus EAF aux stades de l'intelligence opératoire et formelle (Burden, Jacobson, Sokol, & Jacobson, 2005; Carmichael Olson et al., 1998; Green et al., 2009). Selon les stades développementaux de Piaget, l'acquisition du langage externe se déroule durant le stade de l'intelligence préopératoire. Ainsi, le développement de la boucle phonologique, composante de la mémoire de travail requiert avant tout la maîtrise du langage externe. Conséquemment,

l'évaluation de la mémoire de travail paraît difficile avant les stades opératoire et formel. La difficulté des enfants EAF à manipuler mentalement l'information se reflète dans les sous-tests arithmétique et séquence de chiffres du *WISC*. Ces tâches demandent un effort considérable puisqu'elles requièrent à la fois le maintien et la manipulation simultanée de plusieurs variables en plus de devoir être traitées rapidement. En effet, une vitesse de traitement élevée permettra de réduire les demandes faites à la mémoire de travail et facilitera la tâche (Weschler, 2003). Ainsi, l'intégrité de plusieurs réseaux neuronaux doit être maintenue et au moins trois habiletés sont requises pour ces tâches c'est-à-dire (a) la vitesse, (b) le maintien et (c) la manipulation complexe de l'information. Or, les individus EAF présentent de la difficulté dans ces trois sphères (Streissguth et al., 1994; Kodituwakku, 2009). Les difficultés liées à ces construits peuvent entre autres se répercuter dans le cheminement scolaire des enfants EAF où la mémoire de travail est fortement sollicitée.

Mémoire

Les capacités mnésiques ont été peu étudiées en bas âge, ce qui rend difficile l'élaboration d'un profil mnésique évolutif. Une seule étude a documenté les effets de l'alcoolisation fœtale au stade de l'intelligence préopératoire. À ce stade, les difficultés mnésiques se manifesteraient exclusivement dans la sphère non-verbale, lors de l'apprentissage de séries motrices (Korkman et al., 1998). En ce qui concerne les stades développementaux subséquents, autant les capacités mnésiques verbales (Korkman, Kettunen, & Autti-RÄmon, 2003; Willford et al., 2004) que non-verbales (Uecker &

Nadel, 1996) ont été mises en lien avec l'AF. De plus, des déficits ont été trouvés au niveau de la courbe d'apprentissage (Kaemingk & Halverson, 2000), du rappel libre immédiat (Mattson & Roebuck, 2002) et du rappel libre différé (Mattson, Riley, Delis, Stern, & Jones, 1996; Uecker & Nadel, 1996). La plupart des mécanismes mnésiques ont été liés à l'exposition à l'alcool dans l'une ou l'autre des études recensées, sans toutefois permettre l'élaboration d'un profil mnésique précis pour les enfants EAF. L'utilisation d'instruments d'évaluation différents augmente certainement la variabilité des résultats. Selon Kodituwakku (2009), peu importe la modalité étudiée, la performance mnésique des enfants EAF diminuerait en fonction de la complexité de la tâche, ce qui expliquerait pourquoi la reconnaissance est mieux réussie que le rappel libre. De plus, certaines tâches pourraient avoir été échouées par les enfants EAF parce qu'elles exigeraient l'utilisation simultanée de plusieurs habiletés cognitives. Par exemple, l'apprentissage de séries motrices de Korkman (1998) pourrait avoir été échoué parce que l'intégration visuo-motrice est difficile chez les enfants EAF et que cette dimension confère une difficulté supplémentaire à la tâche d'apprentissage.

Certaines capacités mnésiques telles la mémoire procédurale (Carmichael Olson, Feldman, Streissguth, & Gonzales, 1992; Sampson et al., 1997) et l'effet d'amorçage (Mattson & Riley, 1999) paraissent préservés chez les enfants EAF. Ainsi, les études sur la mémoire permettent de développer des techniques de mémorisation et d'apprentissage adaptées aux enfants EAF. L'apprentissage par étapes, avec des consignes explicites pourrait maximiser leur capacité d'apprentissage (Bertrand, 2009). De plus, le

développement de routines quotidiennes positives en collaboration avec tous les milieux impliqués pourrait être approprié à cette clientèle, puisqu'elle s'est déjà montrée efficace auprès d'une clientèle avec traumatismes crano-cérébraux (Ylvisaker & Feeney, 1998). D'autre part, il serait recommandé d'adapter les programmes d'apprentissage en fonction du QI des participants, étant donné les grandes variabilités individuelles qui existent (Kerns, Don, Mateer, & Streissguth, 1997).

Habiletés visuo-spatiales

L'AF semble avoir un effet continu sur les habiletés visuo-spatiales des individus EAF. Dès les premières années de vie, les nourrissons présentent des difficultés dans les tâches qui requièrent la manipulation des objets dans l'espace (Kaplan-Estrin, Jacobson, & Jacobson, 1999). Durant l'enfance et l'adolescence, l'exposition à l'AF affecte la capacité à exécuter une commande motrice à partir d'un signal visuel (Carmichael Olson et al., 1998; Janzen, Nanson, & Block, 1995), à copier des dessins (Korkman et al., 1998) et à intégrer les relations spatiales complexes (Kaemingk & Halverson, 2000; Uecker & Nadel, 1996). Ces déficits peuvent intervenir dans le cheminement scolaire des enfants EAF puisque les habiletés visuo-spatiales semblent sollicitées dans l'apprentissage des mathématiques.

Fonctions exécutives et traitement de l'information

Parmi les fonctions exécutives les plus affectées par l'alcool se trouvent la flexibilité cognitive (Coles et al., 1997; Connor et al., 2001; Mattson, Goodman, Caine,

Delis, & Riley, 1999; Streissguth, Bookstein, Sampson, & Barr, 1989) et la capacité d'inhibition (Connor et al., 2001; Mattson et al., 1999; Streissguth et al., 1994), qui ont été étudiées surtout aux stades de l'intelligence préopératoire, opératoire et formelle.

En ce qui concerne les autres fonctions exécutives, elles ont été moins fréquemment étudiées dans les écrits chez une population EAF en bas âge étant donné les délais de maturation du cortex pré-frontal. Toutefois, des difficultés avec la catégorisation (McGee et al., 2008; Streissguth et al., 1994), le raisonnement (Rasmussen & Bisanz, 2009; Sampson et al., 1997) et la planification (Green et al., 2009; Mattson et al., 1999; Carmichael Olson, Feldman, Streissguth, Sampson, & Bookstein, 1998) ont été trouvées chez les adolescents EAF au stade de l'intelligence formelle. Récemment, un programme d'intervention a été implanté afin d'améliorer le fonctionnement exécutif d'enfants EAF. Via l'enseignement de techniques d'autorégulation, l'augmentation des capacités de planification, de raisonnement et de résolution de problèmes était visée (Bertrand, 2009). Les résultats se sont avérés prometteurs puisque les parents ont noté une amélioration du fonctionnement exécutif de leur enfant. Cependant, aucune mesure neuropsychologique objective n'a été utilisée dans cette étude pour valider les observations des parents.

L'exposition à l'alcool affecte la capacité des individus à bien traiter l'information à toutes les étapes du développement de l'enfant. Dès six mois, la vitesse de traitement (Kable & Coles, 2004) et le temps de réaction (Jacobson, Jacobson, &

Sokol, 1994) sont ralentis chez les nourrissons EAF. Au stade de l'intelligence opératoire, le traitement de l'information est ralenti (Burden, Jacobson, & Jacobson, 2005). Au stade de l'intelligence formelle, une augmentation du temps de réaction (Mattson, Calarco, & Lang, 2006) et une diminution de la vitesse d'exécution (Streissguth, 2007) sont notées. De plus, les enfants EAF semblent avoir de la difficulté à utiliser judicieusement un compromis vitesse-justesse (Sampson et al., 1997) lors de la réalisation de tâches complexes. Parmi toutes les fonctions cognitives étudiées, le traitement de l'information est la seule fonction touchée par l'alcool dont les résultats obtiennent consensus et ce, à travers tous les stades de développement. Il pourrait conséquemment représenter un point central des déficits causés par l'AF. Le traitement de l'information est une fonction de base impliquée dans une grande variété de tâches cognitives et peut conséquemment avoir un impact global sur les performances cognitives. Dans une récente recension des écrits, Kodituwakku (2009) conclut que les enfants EAF présenteraient un déficit général au niveau du traitement et de l'intégration de l'information complexe. Ce déficit global pourrait subséquemment expliquer les déficits observés dans toutes les autres sphères évaluées.

Langage et capacités d'apprentissage — lecture, écriture, arithmétique

Il est généralement accepté que l'exposition à l'alcool entraîne des troubles de langage expressif et réceptif (Chudley et al., 2005; Korkman et al., 2003; Mattson et al., 1998). Or, certains auteurs affirment plutôt que ces troubles sont attribuables au

fonctionnement intellectuel appauvri (McGee et al., 2009) ou à l'environnement familial déficient (Kaplan-Estrin et al., 1999) plutôt qu'à l'AF elle-même.

Des difficultés en lecture, en écriture et en arithmétique ont été notées durant la scolarisation (Carmichael Olson et al., 1998; Mattson et al., 1998; Streissguth et al., 1994 Goldschmidt et al., 1996). Puisque la lecture et l'écriture demeurent des composantes essentielles au bon fonctionnement académique (Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (2010), la prise en charge de ces difficultés pourrait aider les jeunes EAF à améliorer leurs performances scolaires. Récemment, une équipe de recherche a enseigné à un groupe d'enfants EAF des stratégies pour faciliter la résolution de problèmes mathématiques. Les résultats démontrent que les enfants EAF bénéficient d'une intervention psycho-éducative ciblée de leur déficits en mathématiques (Bertrand, 2009).

En somme, le profil intellectuel, attentionnel et exécutif paraît se modifier avec l'âge, évoluant vraisemblablement au rythme des changements structuraux qui surviennent dans le cerveau. Les difficultés au niveau des habiletés visuo-spatiales et du traitement de l'information semblent quant à elles plutôt stables dans le temps. Il est difficile de statuer sur l'évolution du profil mnésique puisque celui-ci a été peu étudié en bas âge. La section suivante va tracer le lien entre le cadre théorique préconisé dans le présent texte et le développement structural cérébral tel que conceptualisé par Epstein et Luria.

Les stades développementaux de Piaget et le développement cognitif

Ce texte s'inscrit dans le cadre théorique de Piaget afin de répondre à l'objectif initial qui était de mesurer l'évolution du profil cognitif des enfants EAF. Cependant, aucune épreuve piagétienne n'a été administrée aux enfants EAF participant dans les études recensées. Les stades servaient plutôt de balises afin de cibler les différents niveaux de développement. Certains questionnements demeurent par rapport à l'utilisation de ce cadre théorique. En effet, plusieurs études ont démontré qu'une proportion limitée d'enfants atteignaient le stade de l'intelligence formelle (Hautamäki, 1981; Mckinnon & Renner, 1971; Schwebel, 1975). Or, si les adolescents EAF présentent de nombreux déficits par rapport aux adolescents contrôles, il est possible qu'ils n'aient tout simplement pas atteint le dernier stade de Piaget. Ainsi, les épreuves neuropsychologiques qui requièrent une pensée logique, abstraite et théorique pourraient être moins bien réussies par les enfants EAF puisqu'ils présenteraient un retard au niveau du développement de leurs habiletés de haut niveau. Piaget a basé sa théorie sur des considérations phénoménologiques, c'est-à-dire sur des observations qualitatives des comportements. Plusieurs auteurs ont tenté de tracer un parallèle entre les stades décrits par Piaget et le développement cognitif d'un point de vue neurologique. Afin de décrire le pont qui existe entre le développement structural et le développement comportemental, les travaux de Luria (1970) et d'Epstein (1978, 1979) seront brièvement rapportés.

Tout comme les stades de Piaget, le développement structural du cerveau s'effectue en plusieurs stades. Pour Luria (1970), les capacités d'éveil et d'attention sont à la base du développement. Epstein (1978, 1979) a documenté les poussées de croissance cérébrales, épisodes durant lesquels la masse cérébrale s'accroît étant donné l'augmentation de l'arborisation dendritique et la myélinisation accrue des neurones. Il conclut que les épisodes de restructuration cérébrale correspondent avec l'âge d'apparition des stades développementaux de Piaget. Par exemple, la première poussée de croissance cérébrale s'effectue entre l'âge de 3 et 10 mois et est condensée dans le cervelet. Ce dernier joue un rôle déterminant dans le développement de la motricité, de la coordination et de l'équilibre. Or, selon Piaget, l'enfant entre d'abord en contact avec le monde en touchant et en bougeant les objets dans son environnement, ce qui nécessite inéluctablement des habiletés motrices développées. La deuxième poussée de croissance cérébrale s'effectue entre l'âge de 2 et 4 ans, ce qui correspond approximativement à l'émergence de l'intelligence préopératoire. Cette étape permet le développement accru des aires motrices et sensorielles. Pour Luria (1970), le développement de ces aires permet l'apparition du langage et la traduction des expériences en mots. La troisième poussée de croissance cérébrale survient vers l'âge de 6-8 ans, soit au début du stade de l'intelligence opératoire. Elle se traduit par la mise en place de boucles de rétroaction entre les circuits moteurs et sensoriels préexistants, ce qui permet l'émergence de l'intégration intermodale. Jusqu'à ce stade de développement, les circuits neuronaux permettent de réfléchir directement sur les expériences vécues. En d'autres mots, la création de liens logiques concrets est possible. Finalement, le stade de l'intelligence

formelle est décrit par Luria (1970) comme étant lié à la maturation progressive des aires pré-frontales, qui permettent un processus de pensée abstrait et théorique. Pour sa part, Epstein explique l'émergence de la pensée rationnelle par la poussée de croissance cérébrale qui survient entre l'âge de 10 et 12 ans. Cette poussée permet le développement de nouvelles arborisations dendritiques entre les différentes zones d'intégration sensori-motrices et celles desservant le raisonnement concret. En d'autres mots, plus le cerveau se développe et augmente les connexions possibles entre les différents systèmes fonctionnels, plus la personne est en mesure de compléter des opérations cognitives complexes. Cependant, il est à noter que la qualité de ces nouvelles connexions repose sur la qualité des connexions précédentes. Ainsi, il ne suffit pas de connecter un réseau de neurones entre eux. La maturation de ces nouveaux réseaux est optimale seulement si les capacités de base sont adéquatement développées.

Dans le cas du profil cognitif des enfants EAF, les résultats présentés précédemment démontrent qu'un déficit général au niveau du traitement et de l'intégration de l'information complexe semble être au cœur des difficultés mesurées. À partir des résultats obtenus, il est possible de postuler que les enfants EAF ne présentent pas un développement cognitif optimal. Les déficits notés dans des fonctions de base telles que l'éveil et le traitement de l'information lors du stade de développement sensori-moteur peuvent laisser croire que les stades de développements subséquents prennent leur assise sur des fondations déficitaires. Conséquemment, le déficit global noté chez cette population pourrait être une conséquence des faibles réseaux de connexions qui reposent sur des capacités de base déficitaires et expliquer pourquoi l'écart entre les enfants

contrôles et les enfants EAF semblent s'accentuer au fil du temps. Les enfants EAF pourraient avoir plus de difficulté à atteindre le niveau d'abstraction nécessaire au stade de l'intelligence formelle, créant ainsi un écart considérable entre les performances des enfants contrôles et des enfants EAF à ce stade.

Forces et limites

La présente recension démontre des forces intéressantes qui soulignent l'aspect novateur de celle-ci. D'une part, l'utilisation des stades développementaux de Piaget démontre bien le caractère évolutif en lien avec le développement normal. En ce sens, elle apporte une dimension novatrice à la problématique puisqu'à notre connaissance, aucune autre étude n'a utilisé la théorie de Piaget pour décrire l'évolution du profil cognitif des enfants EAF. D'autre part, l'utilisation d'une méthode qualitative permet de faire ressortir plusieurs subtilités au niveau des résultats en raison de l'ouverture de la méthode de cueillette. La démarche est également flexible et permet l'inclusion d'une grande variété de variables. En effet, la présente recension englobe plusieurs fonctions cognitives réparties sur plusieurs stades développementaux, dépeignant ainsi un portrait global et évolutif du profil cognitif des enfants EAF. Elle offre aussi de nouvelles pistes de recherche en plus de remettre à jour la pertinence de l'élaboration d'un profil cognitif universel pour les enfants EAF. Enfin, l'inclusion d'études longitudinales et transversales constitue également une force. En effet, les études longitudinales permettent d'établir la séquence d'apparition et de mesurer le maintien et le développement des déficits dans la cohorte ciblée. Elles permettent également de

mesurer les différences inter et intra-individuelles. Étant donné le but de la présente recension, l'inclusion de ces études paraissait nécessaire. Pour leur part, les études transversales dressent un portrait statique dans le temps qui ne nous permet pas d'avoir une perception à long terme du développement de l'enfant. De plus, l'utilisation dans ces études de participants avec des écarts d'âge considérables peut parfois masquer l'évolution du profil cognitif. Néanmoins, les études transversales représentent un complément intéressant aux devis longitudinaux et permettent entre autres l'inclusion de populations cliniques différentes.

Malgré tout, certaines limites doivent être soulignées. D'une part, la présente recension des écrits n'a pas été conduite comme une méta-analyse. Conséquemment, les résultats de cette recension sont le fruit d'analyses qualitatives. Les résultats doivent conséquemment être interprétés avec prudence. De plus, étant donné les enjeux inhérents à la problématique, les résultats des études recensées ne permettent pas l'interprétation causale des résultats. Enfin, cette recension est limitée par les failles méthodologiques des études elles-mêmes. D'une part, certaines études utilisent des participants avec des écarts d'âge considérables. Or, plusieurs changements structuraux prennent forme durant l'adolescence, particulièrement au niveau des lobes frontaux (Anderson, Jacobs & Anderson, 2008). Ces lobes étant fortement impliqués dans l'attention et les fonctions exécutives, le contrôle exécutif ou attentionnel d'un enfant peut difficilement être comparé à celui d'un adolescent. L'utilisation de groupes expérimentaux équivalents d'un point de vue développemental serait recommandée afin de réduire la variabilité et

de faciliter l'établissement d'un profil cognitif évolutif pour les individus EAF. D'autre part, les recherches sur l'AF sont limitées par le manque d'instruments de mesure pouvant déterminer avec certitude le degré et la fenêtre d'exposition de l'enfant à l'AF.

Conclusion

Cette recension a permis de mettre en relations plusieurs études, de relever certaines divergences de même que similitudes dans les résultats obtenus et de décrire l'évolution du profil cognitif des enfants EAF. Les profils individuels varient énormément en fonction de la quantité d'alcool consommée durant la grossesse, de la fenêtre d'exposition et de l'environnement dans lequel l'enfant évolue (Streissguth, 1997). Cela étant, la question se pose à savoir si un profil cognitif universel existe. Cet essai démontre qu'il existe des constantes dans le profil cognitif des enfants EAF. À la lumière des résultats rapportés dans ce texte, le profil intellectuel, attentionnel et exécutif paraît se modifier avec l'âge, alors que les difficultés au niveau des habiletés visuo-spatiales et du traitement de l'information semblent plutôt stables dans le temps. Tel que soulevé par Kodituwakku (2009), un déficit général au niveau du traitement et de l'intégration de l'information complexe pourrait être au cœur des difficultés mesurées. Toutefois, un déficit de ce type est global et général et ne constitue pas un marqueur exclusif de l'ETCAF. Puisqu'il semble que les enfants EAF présentent des déficits globaux, possiblement causés par un développement structural limité, une approche différente pourrait être privilégiée dans les études futures. En effet, plutôt que de tenter de définir les fonctions spécifiques déficitaires dans cette population, il serait pertinent de mesurer davantage leur niveau de développement optimal et de faire ressortir les fonctions préservées. En d'autres mots, il serait intéressant de mesurer à

quel stade de développement se situent les enfants EAF. Aussi, à la lumière des connaissances actuelles, la description d'un profil unique et typique des enfants EAF apparaît difficile à envisager. Étant donné le manque de spécificité du profil, chaque usager des milieux cliniques devrait pouvoir bénéficier d'une évaluation afin de déterminer ses forces et ses faiblesses individuelles et de recevoir des services adaptés. Dans les projets de recherche futurs, il serait intéressant de faire des analyses de regroupement afin d'identifier les groupes d'enfants qui possèdent des caractéristiques communes. Des analyses à postériori de ces groupes permettraient d'aller mesurer les variables contributrices telles que la quantité d'alcool, le patron de consommation et la consommation combinée d'autres substances tératogènes.

Références

- Abel, E. L. (1981). Behavioral teratology of alcohol. *Psychological Bulletin, 90*, 564-581.
- Agence de la santé publique du Canada (2006). Coût économique du SAF/EAF. Document repéré le 12 septembre 2008 à http://www.phac-aspc.gc.ca/canada/lesregions/atlantique/Publications/SAF_EAF/4-fra.php
- Anderson, J.R. (1976). *Language, memory and thought*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Anderson, V. (1998). Assessing executive functions in children: Biological, psychological, and developmental considerations. *Neuropsychological Rehabilitation, 8*, 319-349.
- Anderson, V., Jacobs, R., & Anderson, P. J. (2008). *Executive functions and the frontal lobes : A lifespan perspective*. New York : Taylor & Francis.
- Aragon, A. S., Coriale, G., Fiorentino, D., Kalberg, W. O., Buckley, D., Gossage, J. P., ... May, P., A. (2008a). Neuropsychological characteristics of Italian children with fetal alcohol spectrum disorders. *Alcoholism, Clinical and Experimental Research, 32*, 1909-1919.
- Aragon, A. S., Kalberg, W. O., Buckley, D., Barela-Scott, L. M., Tabachnick, B. G., & May, P. A. (2008b). Neuropsychological study of FASD in a sample of American Indian children: Processing simple versus complex information. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research, 32*, 2136-2148.
- Aronson, M., & Hagberg, B. (1998). Neuropsychological disorders in children exposed to alcohol during pregnancy: A follow-up study of 24 children to alcoholic mothers in Goteborg, Sweden. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research, 22*, 321-324.
- Baddeley, A. D. (1982). Amnesia: A minimal model and an interpretation. Dans L. S. Cermak (Éd.), *Human memory and amnesia* (pp. 305-336). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Baddeley, A. D. (1986). *Working Memory*. Londres: Oxford University Press.
- Bailey, B. N., Delaney-Black, V., Covington, C. Y., Ager, J., Janisse, J., Hannigan, J. H., & Sokol, R. J. (2004). Prenatal exposure to binge drinking and cognitive and

- behavioral outcomes at age 7 years. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 191, 1037-1043.
- Bertrand, B. (2009). Interventions for children with fetal alcohol spectrum disorders (FASDs): Overview of findings for five innovative research projects. *Research in Developmental Disabilities*, 30, 986–1006.
- Burden, M. J., Jacobson, S. W., & Jacobson, J. L. (2005). Relation of prenatal alcohol exposure to cognitive processing speed and efficiency in childhood. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 29, 1473-1483.
- Burden, M. J., Jacobson, S. W., Sokol, R. J., & Jacobson, J. L. (2005). Effects of prenatal alcohol exposure on attention and working memory at 7.5 years of age. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 29, 443-452.
- Carmichael Olson, H., Feldman, J. J., Streissguth, A. P., & Gonzales, R. D. (1992). Neuropsychological deficits and life adjustment in adolescents and young adults with fetal alcohol syndrome. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 16, 380.
- Carmichael Olson, H., Feldman, J., Streissguth, A. P., Sampson, P. D., & Bookstein, F. L. (1998). Neuropsychological deficit in adolescents with fetal alcohol syndrome: Clinical findings. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 22, 1998-2012.
- Chudley, A. E., Conry, J., Cook, J. L., Loock, C., Rosales, T., & LeBlanc, N. (2005). Fetal alcohol spectrum disorder: Canadian guidelines for diagnosis. *Canadian Medical Association Journal*, 172, S1-s21.
- Coles, C. D., Brown, R. T., Smith, I. E., Platzman, K. A., Erickson, S., & Falek, A. (1991). Effects of prenatal alcohol exposure at school age. I. Physical and cognitive development. *Neurotoxicology and Teratology*, 13, 357-367.
- Coles, C. D., Platzman, K. A., Lynch, M. E., & Freides, D. (2002). Auditory and visual sustained attention in adolescents prenatally exposed to alcohol. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 26, 263-271.
- Coles, C. D., Platzman, K. A., Raskind-Hood, C. L., Brown, R. T., Falek, A., & Smith, I. E. (1997). A comparison of children affected by prenatal alcohol exposure and attention deficit, hyperactivity disorder. *Alcoholism: Clinical & Experimental Research*, 21, 150-161.

- Connor, P. D., Sampson, P. D., Bookstein, F. L., Barr, H. M., & Streissguth, A. P. (2001). Direct and indirect effects of prenatal alcohol damage on executive function. *Developmental Neuropsychology, 18*, 331-354.
- Conry, J. (1990). Neuropsychological deficits in fetal alcohol syndrome and fetal alcohol effects. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research, 14*, 650-655.
- Delis, D. C., Kramer, J. H., Kaplan, E., & Ober, B. A. (2000). *The California Verbal Learning Test-Second Edition: Adult version manual*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation.
- DeLuca, C.R., & Leventer, R .L. (2008), Developmental trajectories of executive function across the lifespan. Dans V. Anderson, R. Jacobs & P. Anderson (Éds), *Executive functions and the frontal lobes : A lifespan perspective.*(pp. 23-56). New York : Taylor & Francis.
- Epstein, H. T. (1978). Growth spurts during brain development: Implications for educational policy and practice. Dans J. S. Chall & A. F Mirsky (Éds), *Education and the brain* (pp. 343-370). Chicago: University of Chicago Press.
- Epstein, H. T. (1979). Correlated brain and intelligence development in humans. Dans M. E. Hahn, B. Dudek, C. Jensen (Éds), *Development and evolution of brain size: Behavioral implications*. (pp. 111-131). New York: Academic Press.
- Goldschmidt, L., Richardson, G. A., Stoffer, D. S., Geva, D., & Day, N. L. (1996). Prenatal alcohol exposure and academic achievement at age six: a nonlinear fit. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research, 20*, 763-770.
- Graf, P., & Schacter, D. L. (1985). Implicit and explicit memory for new associations in normal and amnesic subjects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 11*, 501-518.
- Green, C. R., Mihic, A. M., Nikkel, S. M., Stade, B. C., Rasmussen, C., Munoz, D. P., & Reynolds, J. N. (2009). Executive function deficits in children with fetal alcohol spectrum disorders measured using the Cambridge Neuropsychological Tests Automated Battery (CANTAB). *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines, 50*, 688-697.
- Greene, T. H., Ernhart, C. B., Ager, J., & Sokol, R. J. (1991). Prenatal alcohol exposure and cognitive development in the preschool years. *Neurotoxicology and Teratology, 13* (1), 57-68.

- Hautamäki, J. (1981). Piagetian stages of thinking among Finnish school children. *Acta Psychologica Fennica, 8*, 33-40.
- Hellemans, K. G. C., Verma, P., Yoon, E., Weinberg, J., Yu, W., & Goetzl, E. J. (2008). Prenatal alcohol exposure increases vulnerability to stress and anxiety-like disorders in adulthood. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1144*, 154-175.
- Hunt, E., Streissguth, A. P., Kerr, B., & Carmichael Olson, H. (1995). Mothers' Alcohol Consumption During Pregnancy: Effects on Spatial-Visual Reasoning in 14-Year-Old Children. *Psychological Science, 6*, 339-342.
- Howell, K. K., Lynch, M. E., Platzman, K. A., Smith, G. H., & Coles, C. D. (2006). Prenatal alcohol exposure and ability, academic achievement, and school functioning in adolescence: A longitudinal follow-up, *Journal of Pediatric Psychology, 31*, 116-127.
- Jacobson, J. L., & Jacobson, S. W. (2002). Effects of prenatal alcohol exposure on child development. *Alcohol Research & Health, 26*, 282-286.
- Jacobson, S. W., Jacobson, J. L., & Sokol, R. J. (1994). Effects of fetal alcohol exposure on infant reaction time. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research, 18*, 1125-1132.
- Janzen, L. A., Nanson, J. L., & Block, G. W. (1995). Neuropsychological evaluation of preschoolers with fetal alcohol syndrome. *Neurotoxicology and Teratology, 17*, 273-279.
- Jones, K. L. & Smith, D.W. (1973). Recognition of the fetal alcohol syndrome in early infancy. *Lancet, 2*, 999-1001.
- Kable, J. A., & Coles, C. D. (2004). The Impact of Prenatal Alcohol Exposure on Neurophysiological Encoding of Environmental Events at Six Months. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research, 28*, 489-496.
- Kaemingk, K. L., & Halverson, P. T. (2000). Spatial memory following prenatal alcohol exposure: More than a material specific memory deficit. *Child Neuropsychology, 6*, 115-128.
- Kaemingk, K., & Paquette, A. (1999). Effects of prenatal alcohol exposure on neuropsychological functioning. *Developmental Neuropsychology, 15*, 111-140.

- Kaplan-Estrin, M., Jacobson, S. W., & Jacobson, J. L. (1999). Neurobehavioral effects of prenatal alcohol exposure at 26 months. *Neurotoxicology and Teratology*, 21, 503-511.
- Kerns, K., Don, A., Mateer, C. A., & Streissguth, A. P. (1997). Cognitive deficits in nonretarded adults with fetal alcohol syndrome. *Journal of Learning Disabilities*, 30, 685-693.
- Kodituwakku, P. W. (2009). Neurocognitive profile in children with fetal alcohol spectrum disorders. *Developmental Disabilities Research Reviews*, 15, 218-224.
- Kooistra, L., Crawford, S., Gibbard, B., Ramage, B., & Kaplan, B. J. (2010). Differentiating attention deficits in children with fetal alcohol spectrum disorder or attention-deficit-hyperactivity disorder. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 52, 205-211.
- Korkman, M., Autti-Rämö, I., Koivulehto, H., & Granström, M. L. (1998). Neuropsychological effects at early school age of fetal alcohol exposure of varying duration. *Child Neuropsychology*, 4, 199-212.
- Korkman, M., Kettunen, S., & Autti-Ramo, I. (2003). Neurocognitive impairment in early adolescence following prenatal alcohol exposure of varying duration. *Child Neuropsychology*, 9, 117-128.
- Little, R. E., Graham, J. M., & Samson, H. H. (1982). Fetal alcohol effects in humans and animals. *Advances in Alcohol & Substance Abuse*, 1 (3), 103-125.
- Luria, A.R. (1970). The functional organization of the brain. *Scientific American*, 222, 66-78.
- Lussier, F. (2008, octobre). *Programme d'intervention pour favoriser le développement des fonctions attentionnelles et exécutives*. Communication orale présentée au 20^e colloque annuel de l'Association Québécoise des Psychologues Scolaires, Trois-Rivières, Québec.
- Lussier, F., & Flessas, J. (2005). *Neuropsychologie de l'enfant. Troubles développementaux et de l'apprentissage*. Paris : Dunod.
- Manly, T., Robertson, I. H., Anderson, V. & Nimmo-Smith, I. (1999). Manuel of the test of Everyday Attention for Children. Bury St Edmunds, Angleterre: Thames Valley Test Company.

- Mattson, S. N., Calarco, K. E., & Lang, A. R. (2006). Focused and shifting attention in children with heavy prenatal alcohol exposure. *Neuropsychology, 20*, 361-369.
- Mattson, S. N., Goodman, A. M., Caine, C., Delis, D. C., & Riley, E. P. (1999). Executive functioning in children with heavy prenatal alcohol exposure. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research, 23*, 1808-1815.
- Mattson, S. N., & Riley, E. P. (1998). A review of the neurobehavioral deficits in children with fetal alcohol syndrome or prenatal exposure to alcohol. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research, 22*, 279-294.
- Mattson, S. N., & Riley, E. P. (1999). Implicit and explicit memory functioning in children with heavy prenatal alcohol exposure. *Journal of the International Neuropsychological Society, 5*, 462-471.
- Mattson, S. N., Riley, E. P., Delis, D. C., Stern, C., & Jones, K. L. (1996). Verbal learning and memory in children with fetal alcohol syndrome. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research, 20*, 810-816.
- Mattson, S. N., Riley, E. P., Gramling, L., Delis, D. C., & Jones, K. L. (1997). Heavy prenatal alcohol exposure with or without physical features of fetal alcohol syndrome leads to IQ deficits. *Journal of Pediatrics, 131*, 718-721.
- Mattson, S. N., Riley, E. P., Gramling, L., Delis, D. C., & Jones, K. L. (1998). Neuropsychological comparison of alcohol-exposed children with or without physical features of fetal alcohol syndrome. *Neuropsychology, 12*, 146-153.
- Mattson, S. N., & Roebuck, T. M. (2002). Acquisition and retention of verbal and nonverbal information in children with heavy prenatal alcohol exposure. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research, 26*, 875-882.
- Mckinnon, J. C. & Renner, J. S. (1971). Are colleges concerned with intellectual development? *American Journal of Physics, 39*, 1047-1052.
- McGee, C. L., Bjorkquist, O. A., Riley, E. P. & Mattson, S. N. (2009). Impaired language performance in young children with heavy prenatal alcohol exposure. *Neurotoxicology and Teratology, 31*, 71-75.
- McGee, C. L., Schonfeld, A. M., Roebuck-Spencer, T. M., Riley, E. P., & Mattson, S. N. (2008). Children with heavy prenatal alcohol exposure demonstrate deficits on multiple measures of concept formation. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research, 32*, 1388-1397.

- Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (2010). Plan d'action sur la lecture à l'école. Document repéré le 9 septembre 2011 à http://www.mels.gouv.qc.ca/lecture/medias/Brochure_Lecture_Ecole_Fr_WEB.pdf
- O'Connor, M. J., Shah, B., Whaley, S., Gunderson, B., Graham, J., & Cronin, P. (2002). Psychiatric illness in a clinical sample of children with prenatal alcohol exposure. *American Journal of Drug and Alcohol Abuse*, 28, 743-754.
- Olson, H. C., Streissguth, A. P., Sampson, P. D., Barr, H. M., Bookstein, F. L., & Thiede, K. (1997). Association of prenatal alcohol exposure with behavioral and learning problems in early adolescence. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 36, 1187-1194.
- Pei, J. R., Rinaldi, C. M., Rasmussen, C., Massey, V., & Massey, D. (2008). Memory patterns of acquisition and retention of verbal and nonverbal information in children with fetal alcohol spectrum disorders. *Canadian Journal of Clinical Pharmacology*, 15 (1), e44-e56.
- Piaget, J. (1936). *La naissance de l'intelligence chez l'Enfant*. Paris : Delachaux et Niestlé.
- Piaget, J. (1937). *La construction du réel chez l'enfant*. Paris : Delachaux et Niestlé.
- Rasmussen, C., & Bisanz, J. (2009). Executive functioning in children with fetal alcohol spectrum disorders: Profiles and age-related differences. *Child Neuropsychology*, 15, 201-215.
- Rasmussen, C., Horne, K., & Witol, A. (2006). Neurobehavioral functioning in children with Fetal Alcohol Spectrum Disorder. *Child Neuropsychology*, 12, 453-468.
- Roebuck, T. M., Mattson, S. N., & Riley, E. P. (1999). Behavioral and psychosocial profiles of alcohol-exposed children. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 23, 1070-1076.
- Sampson, P. D., Bookstein, F. L., Barr, H. M., & Streissguth, A. P. (1994). Prenatal Alcohol Exposure, Birthweight, and Measures of Child Size from Birth to Age 14 Years, *American Journal of Public Health*, 84, 1421–1428.
- Sampson, P. D., Kerr, B., Olson, H. C., Streissguth, A. P., Hunt, E., Barr, H. M., et al. (1997). The effects of prenatal alcohol exposure on adolescent cognitive processing: A speed-accuracy tradeoff. *Intelligence*, 24, 329-353.
- Schwebel, M. (1975). Formal operations in college freshmen. *Journal of Psychology*, 91, 133-141.

- Squire, L.R. (1992). Declarative and non-declarative memory: multiple brain systems supporting learning and memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 4, 232–243.
- Sternberg, S. (1966). High-speed scanning in human memory. *Science*, 153, 652-654.
- Streissguth, A. P. (1997). *Fetal Alcohol Syndrome: A guide for families and communities*. Baltimore, Maryland: Paul H. Brookes Publishing Co.
- Streissguth, A. P. (2007). Offspring effects of prenatal alcohol exposure from birth to 25 years: The Seattle Prospective Longitudinal Study. *Journal of Clinical Psychology in Medical Settings*, 14, 81-101.
- Streissguth, A. P., Aase, J. M., Clarren, S. K., Randels, S. P., LaDue, R. A., & Smith, D. F. (1991). Fetal alcohol syndrome in adolescents and adults. *JAMA: Journal of the American Medical Association*, 265, 1961-1967.
- Streissguth, A. P., Barr, H. M., Olson, H. C., & Sampson, P. D. (1994a). Drinking during pregnancy decreases word attack and arithmetic scores on standardized tests: Adolescent data from a population-based prospective study. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 18, 248-254.
- Streissguth, A. P., Barr, H. M., & Sampson, P. D. (1990). Moderate prenatal alcohol exposure: effects on child IQ and learning problems at age 7 1/2 years. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 14, 662-669.
- Streissguth, A. P., Bookstein, F. L., Sampson, P. D., & Barr, H. M. (1989). Neurobehavioral effects of prenatal alcohol: Part III. PLS analyses of neuropsychologic tests. *Neurotoxicology & Teratology*, 11, 493-507.
- Streissguth, A. P., Sampson, P. D., Olson, H. C., Bookstein, F. L., Barr, H. M., Scott, M., et al. (1994b). Maternal drinking during pregnancy: Attention and short-term memory in 14year-old offspring- A longitudinal prospective study. *Alcoholism: Clinical & Experimental Research*, 18, 202-218.
- Testa, M., Quigley, B. M. & Eiden, R. D. (2003). The effects of prenatal alcohol exposure on infant mental development: a meta-analytical review. *Alcohol and alcoholism*, 38, 295-304.
- Thomas, S. E., Kelly, S. J., Mattson, S. N., & Riley, E. P. (1998). Comparison of social abilities of children with fetal alcohol syndrome to those of children with similar IQ scores and normal controls. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 22, 528-533.

- Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory. Dans E. Tulving et W. Donaldson (Éds), *Organisation of memory* (pp. 381-403). New York: Academic press.
- Tulving, E. (1983). *Elements of episodic memory*. Londres, Oxford University press.
- Uecker, A., & Nadel, L. (1996). Spatial locations gone awry: Object and spatial memory deficits in children with fetal alcohol syndrome. *Neuropsychologia*, 34, 209-223.
- Van der Linden, M., Meulemans, T., Seron, X., Coyette, F., Andrés, P., & Prairial, C. (2000). L'évaluation des fonctions exécutives. Dans X. Seron and M. Van der Linden (Éds.), *Traité de Neuropsychologie Clinique* (pp. 275-300). Marseille : Solal.
- Vaurio, L., Riley, E. P., & Mattson, S. N. (2008). Differences in executive functioning in children with heavy prenatal alcohol exposure or attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 14, 119-129.
- Walther, J. C., O'Connor, M. J., & Paley, B. (2008). A comparison of psychopathology in children with and without prenatal alcohol exposure. *Mental Health Aspects of Developmental Disabilities*, 11(3), 69-78.
- Wechsler, D. (2003). *Wechsler Intelligence Scale for Children* (4th ed.). San Antonio, TX: The Psychological Corporation.

Appendice A
Terminologies utilisées
Pour designer l'ensemble des troubles
Causés par l'alcoolisation fœtale

Terminologies utilisées dans la présente recension	Abréviation
Alcoolisation fœtale	AF
Ensemble des troubles causés par l'alcoolisation fœtale <i>(Sans les dysmorphologies faciales caractéristiques)</i>	ETCAF
Exposés à l'alcoolisation fœtale <i>(Avec les dysmorphologies faciales caractéristiques)</i>	EAF
Syndrome d'alcoolisation foetale <i>(Avec les dysmorphologies faciales caractéristiques)</i>	SAF

Terminologies utilisées dans les écrits recensés (anglais)	Abréviation
Alcohol related birth defects	ARBD
Alcohol related neurodevelopmental disorder	ARND
Fetal alcohol effects	FAE
Fetal alcohol spectrum disorder	FASD
Fetal alcohol syndrome	FAS
Partial fetal alcohol syndrome	PFAS
Prenatal alcohol exposure	PAE
Prenatally exposed to alcohol	PEA

Terminologies utilisées dans les écrits recensés (français)	Abréviation
Anomalies congénitales liées à l'alcool	ACLA
Ensemble des troubles causés par l'alcoolisation fœtale	ETCAF
Syndrome d'alcoolisation fœtale	SAF
Syndrome d'alcoolisation fœtale partiel	SAFp
Troubles neurologiques du développement liés à l'alcool	TNDLA