

Mémoire de recherche

Présenté par **Laure DRUTEL**

**Développement du langage oral de l'enfance à l'adolescence
après accident vasculaire cérébral ischémique artériel néonatal :
étude longitudinale de la cohorte AVC_{nn}**

Sous la supervision du **Professeur Mickaël DINOMAIS**

(LARIS, Université d'Angers)

Et du **Docteur Lucie HERTZ-PANNIER**

(InDEV, U1141, NeuroDiderot, Université Paris Cité, NEUROSPIN, CEA Saclay)

Année universitaire

2022-2023

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont apporté leur contribution à la réalisation de ce travail. Merci, sincèrement, de toute l'aide directe et indirecte, visible et moins visible que vous m'avez apportée au cours de cette année.

Je tiens en premier lieu à exprimer toute ma gratitude à mes directeurs de mémoire : le docteur Lucie Hertz-Pannier pour m'avoir permis de prendre part à la poursuite de l'aventure « AVC_{nn} », pour sa disponibilité, son accompagnement rigoureux et le professeur Mickaël Dinomais pour ses encouragements et son soutien indéfectible. Je suis très heureuse d'avoir pu bénéficier de la complémentarité de votre encadrement. Merci pour la confiance que vous m'avez accordée, vos conseils précieux et le partage de votre savoir. L'aventure est lancée, espérons qu'elle puisse continuer.

Merci à Pierre-Yves Postic pour ses relectures et conseils en statistiques. Merci également à Jérémie RIOU pour ses éclairages à ce sujet.

Je remercie Gaëlle Mediouni Cloarec et l'équipe UNIACT pour tous les efforts de recrutement et l'organisation des sessions d'évaluation qui se sont toujours déroulées dans la bonne humeur.

Merci à Emeline Peyric, ma comparse d'évaluation. Ces allers-retours à Neurospin n'auraient pas eu la même saveur sans sa présence.

Je tiens à remercier très chaleureusement chaque participant et participante à ce projet ainsi que leurs familles dont l'implication renouvelée dans le projet AVC_{nn} lui permet de poursuivre sa route. Merci pour nos échanges, toujours très riches, et qui donnent tout son sens à ce travail.

Merci au docteur Cyrille Renaud d'avoir largement contribué à ce lien tissé avec les familles.

J'ai également une pensée particulière pour le Docteur Stéphane Chabrier. Voilà plus de 10 ans que je suis tombée dans la marmite en commençant à ses côtés. Merci de rester ressource.

Je tiens à remercier le Centre national de référence de l'AVC de l'enfant, et notamment le docteur Manoëlle Kossorotoff, de m'avoir permis de consacrer du temps à la réalisation de ce projet.

Je remercie également le centre des Capucins de la confiance accordée à mon projet et d'avoir facilité sa réalisation. Merci au docteur Marion Beaumesnil et à Sylvie NICOLEAU pour leur soutien constant.

Enfin, je termine ces remerciements en les adressant aux trois piliers fondamentaux que sont mes amis, pour avoir compris et respecté mon investissement dans ce projet, ma famille, toujours présente à mes côtés, et mon Amour, pour son soutien sans faille et si précieux dans cette aventure un peu folle.

RESUME

L'accident vasculaire cérébral (AVC) périnatal est reconnu par la Haute Autorité de Santé comme un facteur à haut risque de troubles du neurodéveloppement. L'AVC ischémique artériel néonatal (AVCian) en est l'entité la plus fréquente. A notre connaissance, cette étude est la première à étudier le développement du langage de manière longitudinale sur un aussi long terme auprès d'un groupe homogène d'individus concernés par un AVCian et suivis prospectivement de la naissance à l'adolescence (N=27). L'objectif de ce travail était d'étudier l'évolution du langage, dans ses composantes expressive et réceptive, lexico-sémantique et morphosyntaxique, au sein de ce groupe entre le début de la période scolaire et la fin de l'adolescence, en relevant le défi de mettre en correspondance des résultats langagiers obtenus avec des tests différents à 7 ans et à 16 ans. Nos résultats mettent en évidence la variabilité des trajectoires individuelles entre ces deux temps au sein de cette population. Les difficultés initiales de langage se résolvent pour certains individus mais elles persistent ou émergent tardivement pour d'autres, soulignant la nécessité d'un suivi régulier du langage, au-delà de l'âge scolaire. Les performances à 7 ans au sein de chaque composante langagière ne sont pas suffisantes pour expliquer de grandes proportions de leur variance à l'adolescence. Les compétences morphosyntaxiques initiales prédisent le mieux les habiletés de chacune des composantes du langage oral à 16 ans. Néanmoins d'autres facteurs doivent être pris en compte. Mieux comprendre l'influence des facteurs biologiques, cognitifs et socio-environnementaux sera primordial pour permettre d'identifier les enfants les plus à risque d'avoir des difficultés de langage persistantes ou émergentes après un AVCian.

Mots-clés : Accident vasculaire cérébral néonatal, langage, étude longitudinale, prédicteurs, trajectoire

ABSTRACT

Perinatal stroke is recognized by the French National Authority for Health as a high-risk factor for neurodevelopmental disorders. Neonatal arterial ischemic stroke (NAIS) is the most frequent entity. To the best of our knowledge, this study is the first to investigate language development over such a long period in a homogeneous group of individuals with NAIS and followed prospectively from birth to adolescence (N=27). The aim of this study was to investigate the evolution of language (expression, reception, lexical-semantic and morphosyntactic) from 7 to 16 years old, taking on the challenge of matching language results obtained with different tests. Our results highlight the variability of individual trajectories between these two periods within this population. Initial language impairments resolve for some individuals, but persist or emerge later for others, underlining the need for regular assessments of language development beyond school age. Performance at 7 years old within each language component is not sufficient to explain large proportions of their variance in adolescence. Initial morphosyntactic skills best predict the abilities of each oral language component at age 16. However, other factors also need to be considered. A better understanding of the influence of biological, cognitive and socio-environmental factors will be crucial in identifying children most at risk of persistent or emergent language difficulties after stroke.

Keywords: neonatal stroke, language, longitudinal study, predictors, trajectory

Le développement du langage oral est un processus complexe comme en témoignent les différentes théories sur le sujet, présentant des aspects complémentaires, et parmi lesquelles figurent le béhaviorisme, le cognitivisme, l'interactionnisme social, l'émergentisme. Les chercheurs s'accordent actuellement sur le fait que le langage émerge d'une interaction entre facteurs biologiques, cognitifs et socio-environnementaux (Kern, 2022).

Une spécialisation hémisphérique gauche très précoce est observée pour le langage. Différentes études ont révélé l'existence de spécificités de maturation de certaines structures cérébrales, des asymétries cérébrales s'observent notamment dès la vie foétale en faveur de l'hémisphère gauche au niveau du planum temporale et des faisceaux de substance blanche (Dubois et al., 2014). Cet hémisphère serait par conséquent plus apte à traiter le langage oral à la naissance et cela se traduirait notamment par une asymétrie fonctionnelle observable dès les premiers mois de vie. L'implication du planum temporale lors de tâches d'écoute de la parole a notamment été mise en évidence lors d'études en imagerie par résonance magnétique fonctionnelle chez les nourrissons neurotypiques de 2 à 3 mois (Dehaene-Lambertz et al., 2002). Néanmoins, bien que l'hémisphère gauche semble « pré-cablé » pour soutenir le développement du langage, la dominance gauche s'établirait progressivement et serait plus importante à partir de 6 ans environ, en lien avec une diminution progressive de l'implication de l'hémisphère droit au cours de l'enfance (Olulade et al., 2020)

Cette période allant de la naissance jusqu'à l'âge de 6 ans est particulièrement critique pour le développement du langage oral. En effet, l'essentiel des bases formelles du langage sont généralement acquises avant cet âge. Tous les enfants passent par des étapes étonnamment similaires et prévisibles, facilitant l'établissement de normes langagières communes au sein d'une communauté. Après la phase pré-linguistique marquée par l'apparition des premiers sons, l'enfant développe ses premiers mots puis ses premières phrases. Les trois dimensions fondamentales du langage à savoir la structure (phonologie, morphologie, syntaxe), le contenu (lexique et sémantique) et l'usage (pragmatique) se complexifient ensuite progressivement par un système d'interactions réciproques (Bassano et al., 2020).

La période scolaire (6-12 ans) voit de nouveau le rythme de développement du lexique s'accélérer. L'enseignement explicite à l'école, la diversification des lieux de socialisation et donc des « bains de langage », l'entrée dans la lecture, sont de nouvelles sources d'apprentissage. Au-delà des aspects quantitatifs, l'enrichissement est également plus qualitatif sur le plan de la compréhension des mots déjà connus, l'enfant développe sa compréhension des mots abstraits et du sens figuré. La syntaxe s'allonge et se complexifie progressivement dans cette période (Davialt, 2011).

À l'adolescence, les principales composantes linguistiques sont en place et les aspects formels du langage évoluent désormais plus lentement. Le développement langagier apparaît en revanche plus

dynamique au niveau de la compréhension de l'ironie, des sarcasmes, de l'humour, de messages implicites et d'autres formes de langage dites élaborées, s'éloignant du sens littéral (Ducastelle, 2004). Ils commencent à adopter différents registres de langage en fonction des contextes sociaux : ils développent une compréhension des différentes normes linguistiques appropriées dans des situations formelles et informelles, et ils adaptent leur langage en conséquence. Ces éléments sont liés au développement d'autres fonctions cognitives à cet âge, et notamment celui des fonctions exécutives, soutenu par la maturation plus tardive du cortex préfrontal (Basaglia-Pappas, 2021).

L'évolution entre l'enfance et l'adolescence est telle que l'étude du langage oral de manière longitudinale est particulièrement complexe. Les évaluations de langage disponibles pour la population française sont rarement utilisables sur des périodes de plus de 7 ans. Il est donc fréquent de devoir utiliser des tests différents aux différents âges. Or ces tests présentent des construits quelque peu différents compte tenu de l'évolution des aptitudes avec l'âge. Par conséquent, établir des correspondances entre eux peut s'avérer difficile et oblige à développer des méthodologies spécifiques pour la création de modèles longitudinaux d'analyse et d'interprétation des données.

Bien que le développement du langage suive des étapes relativement universelles, toutes les études s'accordent sur l'existence d'importantes variations interindividuelles dans le rythme, l'étendue et la complexité de l'acquisition linguistique, influencées par divers facteurs dont le poids est difficilement évaluable, « d'autant que ces facteurs interagissent les uns avec les autres et que leur poids varie en fonction du niveau de développement de l'enfant » (Kern, 2022, p76).

Parmi ces facteurs, certains sont inhérents à l'interaction entre les différentes composantes du langage par le biais d'influences réciproques complexes. On sait notamment que le développement lexical jusqu'à 2 ans est fortement influencé par le développement phonologique puis l'inverse est observé. Le niveau lexical à 2 ans prédit la compréhension verbale à 3 ans (Kern, 2022). Le niveau global de langage à 4 ans est un bon prédicteur des habiletés à 7 ans puis à 11 ans (Eadie et al., 2021). Des facteurs endogènes interviennent également. Un effet du sexe est en effet rapporté, certaines études montrant un léger avantage pour les filles dans les premières étapes de développement du langage (Riva, 2021). L'influence de l'environnement intervient également : quantité et qualité du langage adressé, niveau socio-économique de la famille, ordre de naissance, exposition aux livres, mode de garde dans la petite enfance, multilinguisme (Davialt, 2011).

Le développement du langage est, comme vu précédemment, un processus complexe, soutenu notamment par le développement et la maturation cérébrale. Il fait appel à des processus de plasticité cérébrale naturelle déterminés génétiquement et dépendants des activités. De ce fait, lorsque le développement cérébral est brutalement altéré à quelques jours de vie, la poursuite du développement des enfants concernés est modifiée avec des impacts potentiels à long terme.

L'accident vasculaire cérébral (AVC) périnatal est ainsi reconnu par la Haute Autorité de Santé comme un facteur à haut risque de troubles du neurodéveloppement.

L'AVC ischémique artériel néonatal (AVCian) en est l'entité la plus fréquente. Il concerne environ 1/3000 naissances à terme, dont environ 2/3 de garçons (Chabrier et al., 2010). Il s'agit d'un événement neurologique d'une grande précision temporelle et spatiale. Il survient dans les 28 premiers jours de vie de l'enfant, en général à J2-J3, à un moment tout à fait spécifique de la maturation cérébrale. La lésion est focale, unilatérale dans 80% des cas et concerne majoritairement les branches postérieures de l'artère cérébrale moyenne dans l'hémisphère gauche (Stephan-Otto et al., 2017). La voie dorsale, soutenant les processus phonologiques et syntaxiques, est fréquemment impactée (Northam et al., 2018). Les enfants concernés doivent faire face à une problématique très spécifique : poursuivre leur développement après une altération de celui-ci.

Les études s'intéressant au devenir à long terme des enfants après un AVCian sont peu nombreuses et rares sont celles allant au-delà de l'enfance. A ce stade, il est reconnu qu'environ 60% des enfants présentent des altérations du neurodéveloppement et que les déficits sévères sont l'exception (Fluss et al., 2019). Paralyse cérébrale, altération du fonctionnement cognitif et langagier, difficultés scolaires sont rarement isolés, une forte co-occurrence des troubles est rapportée et l'épilepsie, lorsque présente, apparaît comme une comorbidité aggravante (Chabrier et al., 2016).

Concernant le langage, les études ont initialement mis en évidence la faculté des enfants à développer des compétences se normalisant à distance de la lésion, après un décalage des premières étapes d'acquisitions du langage (Bates et al., 2001). Il est vrai que la majorité des enfants développe des compétences leur permettant d'accéder à une communication fonctionnelle. Ils sont « perçus comme des locuteurs compétents dans leur langue natale » (Lidzba et al., 2017). Néanmoins cette bonne évolution globale est à nuancer. En effet, l'essor de recherches étudiant le langage via des évaluations cliniques spécifiques et non plus seulement à travers des indices très globaux du développement cognitif a permis de mettre en lumière la présence fréquente de déficits subtils à distance de l'AVC. Jusqu'à la moitié des enfants sont concernés après un AVCian, et ce, quel que soit l'hémisphère lésé (Chabrier et al., 2016). Ainsi, en cas d'AVCian touchant l'hémisphère droit, les enfants apparaissent tout autant à risque de présenter des difficultés langagières qu'en cas de lésion gauche (Ballantyne et al., 2007). Ces déficits concernent fréquemment les habiletés syntaxiques et discursives (Reilly et al., 2013). L'épilepsie et un faible niveau socio-économique de la famille sont des facteurs de risque associés à la présence de déficits langagiers à l'âge scolaire (Chabrier et al., 2016).

La révélation progressive de difficultés apparaît comme une des particularités des lésions très précoces. Elle serait à mettre en lien avec l'augmentation des sollicitations environnementales telles que l'entrée dans les apprentissages scolaires, ainsi qu'avec la maturation plus tardive des fonctions cérébrales dites de haut niveau (Shusterman, 2015). C'est pourquoi les recommandations actuelles

mettent l'accent sur la nécessité d'un suivi à long terme après un AVC pédiatrique compte tenu des risques de répercussion en cascade des déficits langagier, souvent subtils après un AVCian, sur les apprentissages, la réussite scolaire, la participation sociale et in fine, la qualité de vie (RCPCH, 2017).

Les études longitudinales permettant de rendre compte de l'évolution à long terme (plus de 6 ans) des enfants après AVCian sont extrêmement rares et concernent en général de petites populations hétérogènes (AVC périnataux, hémorragique ou ischémique, AVC de l'enfant plus tardifs, autres lésions cérébrales). Dans l'étude longitudinale de Westmacott et al. (2009) portant spécifiquement sur des enfants concernés par un AVCian et âgés de 3 à 12 ans, l'écart à la norme sur les épreuves cognitives mettant en jeu des compétences verbales était stable au cours du temps, contrairement aux performances non verbales pour lesquelles l'écart à la norme se creusait chez les garçons. Ces études ont étudié l'évolution des habiletés à l'échelle du groupe mais l'analyse des trajectoires individuelles est privilégiée depuis plusieurs années compte tenu de la variabilité considérable qui peut s'observer entre les enfants. En effet, il est peu probable d'observer une tendance unique ou typique associée à un contexte lésionnel précis étant donné les interactions multiples avec d'autres facteurs neurologiques, biologiques et socio-environnementaux (Westmacott et al., 2009).

A ce jour, une seule étude porte spécifiquement sur le développement du langage à l'adolescence et au-delà chez des sujets ayant présenté un AVC ischémique artériel périnatal. Elle met en évidence des habiletés de langage oral comparables à celles de leurs pairs. Néanmoins seule la compréhension syntaxique a été évaluée et l'absence d'évaluation antérieure n'apporte pas d'information quant aux trajectoires développementales des sujets (Newport et al., 2022).

Les connaissances actuelles sur l'évolution dans le temps des habiletés de langage dans un contexte d'AVCian apparaissent ainsi extrêmement lacunaires. L'étude longitudinale à long terme du développement du langage après AVCian est donc nécessaire. C'est dans cette perspective que s'inscrit ce travail qui a pour objectif d'étudier l'évolution du langage dans ses différentes composantes au sein d'une cohorte d'enfants suivis prospectivement depuis la naissance et jusqu'à l'adolescence, dans un contexte d'AVCian. Cette étude s'appuie sur les scores individuels obtenus par la population d'étude aux évaluations de langage oral standardisées à 7 ans et à 16 ans, dont la mise en correspondance nécessite l'élaboration d'un modèle spécifique.

MATERIEL ET METHODE

La cohorte AVCnn est un projet national multicentrique d'épidémiologie descriptive initié en 2003 s'intéressant aux enfants ayant présenté un AVCian. Elle a été initiée par le Dr Chabrier en 2003 (PHRC n° 80308052). Ce projet avait pour objectif de mieux comprendre les mécanismes et les facteurs de risques liés à la survenue de l'AVC, et de suivre les enfants de manière prospective afin d'étudier

l'impact de l'AVCian sur leur neurodéveloppement. Les enfants de la cohorte ont ainsi été revus à l'âge de 7 ans (AVC_{nn}^{7ans}, N° eudraCT 2010-A00329-30) puis à l'âge de 16 ans par l'équipe du Dr Lucie Hertz-Pannier pour des évaluations cliniques et en imagerie avancée (AVC_{nn}^{ADO}, N° ID-RCB 2020-A00106-33, CPP : Am8597-1-3772, CNRIPH : 20.02.20.47046).

1. Population d'étude

La population étudiée répondait aux critères d'inclusion suivants : enfant né à terme ayant présenté un AVC néonatal symptomatique confirmé avant J8 en IRM de diffusion, inclus dans la cohorte AVC_{nn}^{ADO} après recueil du consentement écrit des parents (pour plus de détail : Chabrier et al., 2010). Les patients présentant des lésions bilatérales (N=3) n'ont pas été inclus ainsi que ceux pour lesquels une pathologie génétique sous-jacente était suspectée (N=1). C'était également le cas des sujets n'ayant pas bénéficié d'évaluation langagière à 7 ans (N=2). Le diagramme de flux de la population étudiée ainsi que ses principales caractéristiques sont présentés dans l'annexe A.

2. Matériel

2.1. Evaluation du langage à 7 ans

L'évaluation du langage à l'âge de 7 ans a été réalisée à l'aide de la batterie « Nouvelles Epreuves pour l'Examen du Langage » (NEEL) (Chevrier-Muller & Piazza, 2001). Cette batterie est étalonnée pour les enfants âgés de 3 ans 7 à 8 ans 7. Elle repose sur un modèle neuro-psycho-linguistique organisé en deux versants (réceptif et productif) et selon différentes étapes du traitement neurolinguistique : sensorimotrice, gnoso-praxique, et cognitivo-linguistique, cette dernière se déclinant en 3 modules : phonologie, lexique, et morphosyntaxe. Les subtests étant étalonnés de façon indépendante, il était possible de sélectionner les épreuves à analyser en fonction de leur pertinence vis-à-vis du contexte et de l'objectif de l'évaluation. Ainsi, au cours de l'évaluation langagière réalisée à 7 ans, 9 subtests de la batterie NEEL ont été proposés aux enfants de la cohorte, permettant d'obtenir 21 scores de langage pour chacun d'eux. Un score standardisé (ou z-score) a été calculé pour chaque épreuve sur la base du score brut obtenu par le sujet. Un z-score de 0 est considéré comme se situant à la moyenne de la distribution de référence.

2.2. Evaluation du langage à 16 ans

Le choix de l'évaluation à 16 ans devait répondre à deux exigences : permettre une comparaison avec les scores obtenus à 7 ans et posséder de bonnes qualités psychométriques. Une analyse approfondie des évaluations en langue française a ainsi été réalisée. Il fallait faire face à différentes contraintes. Tout d'abord, il n'existait pas au moment des évaluations à 7 ans, de batterie de langage pouvant être utilisée ultérieurement dans une perspective longitudinale, il n'était donc pas

possible, ni souhaitable, d'utiliser la NEEL à 16 ans. Par ailleurs, le construit théorique des évaluations et leurs compositions pouvaient différer en fonction du modèle théorique de référence.

Compte tenu de ces éléments, l'évaluation du langage oral des adolescents de la cohorte AVC_{nn}^{ADO} a été réalisée à l'aide de la version 9-18 ans de la batterie d'évaluation des fonctions langagières et de communication CELF 5 (Wiig et al., 2019). Elle est fondée sur le modèle de Bloom et Lahey qui distingue trois composantes de la communication et des compétences langagières : le contenu, la forme et l'utilisation (Bloom & Lahey, 1978). 8 épreuves ont été administrées aux adolescents de la cohorte AVC_{nn}^{ADO}. Etalonnées isolément, elles permettent d'identifier les forces et faiblesses des sujets et d'établir un profil de leurs habiletés langagières. Elles servent au calcul de 4 indices composites évaluant les dimensions expressive et réceptive d'une part, sémantique et morphosyntaxique d'autre part, ainsi que d'une note globale reflétant le fonctionnement langagier global du sujet. Une note standard est calculée pour chacun des indices, la moyenne est 100 et l'écart-type 15. Une note 100 à cette échelle est considérée comme la performance d'un sujet typique d'un âge donné. Des correspondances entre les notes composites et le nombre d'écart-type à la moyenne sont indiquées par les auteurs. Ces informations permettent de déterminer la sévérité d'un trouble du langage. Les auteurs proposent une classification selon 5 niveaux langagiers (Tableau 1).

Tableau 1 : Classification des niveaux de langage (Wiig et al., 2019)

Notes composites	Rapport à la moyenne	Niveau de langage
115 et au-dessus	+1 écart-type (ET) et +	Au-dessus de la moyenne
De 86 à 114	Entre +1 et -1 ET	Moyenne
De 78 à 85	Entre -1 et -1,5 ET	Limite
De 71 à 77	Entre -1,5 et -2 ET	Faible
70 et en dessous	-2 ET et en-dessous	Très faible

3. Modèle clinique de mise en correspondance des évaluations à 7 ans et à 16 ans

3.1 Choix des subtests

Parmi les 21 scores de langage recueillis à 7 ans via la NEEL, 10 correspondaient à des composantes langagières non évaluées à 16 ans : « Phonologie et articulation » (4 scores), « phonologie et mémoire » (2 scores) « conscience phonologique » (4 scores) et n'ont de ce fait pas été retenus pour la mise en correspondance. Parmi les épreuves restantes, le subtest « Compréhension – mots abstrait » n'a pas été retenu en raison de la multi-dimensionnalité des compétences langagières mises en œuvre dans cette tâche. Parmi les 4 scores du subtest « expression-vocabulaire », seuls les 2 obtenus après dénomination orale sans étayage ont été retenus car elles reflètent les performances du sujet en dehors de toute aide extérieure. Les 2 scores non retenus correspondent en effet aux performances du

sujet après apport d'une ébauche phonologique par l'évaluateur, cette approche dynamique de l'évaluation est pertinente pour l'interprétation clinique des difficultés des patients mais n'a pas été retenue dans le cadre de cette recherche. Au final, 8 subtests ont donc ici été retenus à 7 ans pour permettre la mise en correspondance avec l'évaluation du langage à 16 ans. Le tableau 2 présente les variables de langage retenues à 7 ans et à 16 ans pour la mise en correspondance des évaluations.

Tableau 2 : Variables d'études à 7 ans et à 16 ans

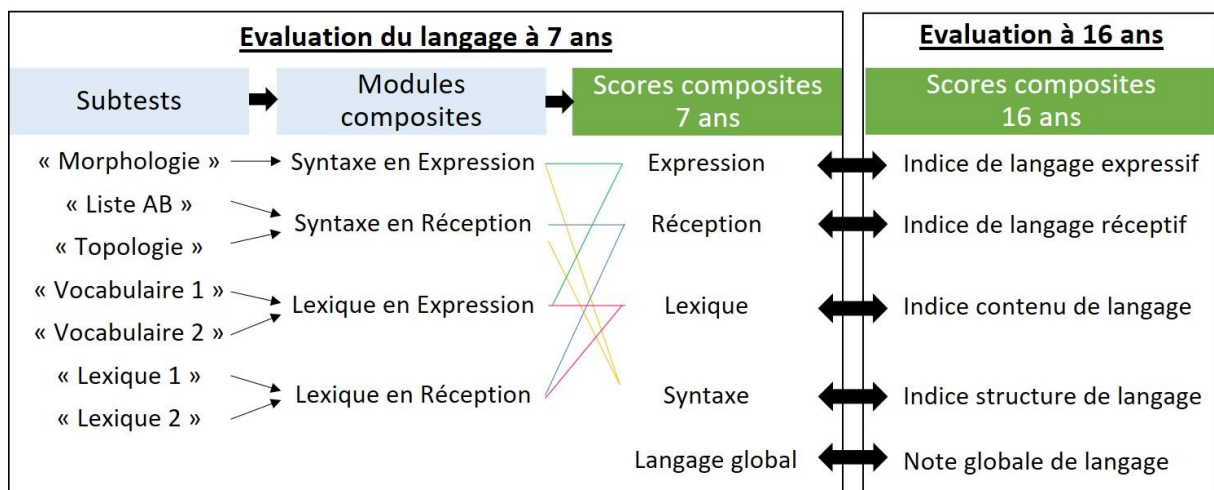
Subtests - 7 ans	Objectifs	Description de l'épreuve
Vocabulaire 1	Evaluer la richesse du lexique actif	Dénomination sur image de mots concrets
Vocabulaire 2		Dénomination sur images de formes et couleurs, et de parties du corps désignées par l'examineur.
Lexique 1	Evaluer la richesse du stock lexical passif.	Désignation parmi 8 d'une image représentant un mot concret après énonciation par l'examineur.
Lexique 2		Désignation parmi 8 d'une image représentant une forme, une couleur ou désignation sur soi de parties du corps, après énonciation par l'examineur.
Morphologie	Evaluer les capacités de production de certaines structures de phrases ou de certains morphèmes grammaticaux	Phrases à compléter d'après un modèle fourni par l'examineur
Liste A	Evaluer la compréhension de marques morphologiques et de structures syntaxiques	Désignation d'une image parmi 4 après l'énoncé d'une phrase par l'examineur.
Liste B		
Topologie	Evaluer la compréhension de concepts liés à la position ou aux déplacements d'objets au sein de phrases énoncées oralement	Manipulation ou désignation de jouets à partir d'une consigne orale énoncée par l'examineur.
Indices – 16 ans	Objectifs	Description de l'indice
Indice de langage expressif	Mesurer les capacités d'expression orale	Construit à partir des épreuves « Elaboration de phrases », « Répétition de phrases » et « construction de phrases »
Indice de langage réceptif	Mesurer la compréhension orale	Construit à partir des épreuves « associations sémantiques », « compréhension de récits » et « logique verbale »
Indice de contenu de langage	Mesurer les aspects réceptif et expressif du développement sémantique	Construit à partir des épreuves « associations sémantiques », « compréhension de récits » et « construction de phrases »
Indice de structure de langage	Mesurer la capacité à interpréter et produire des phrases selon les règles morphosyntaxiques de la langue	Construit à partir des épreuves « compréhension et exécution de consignes », « élaboration de phrases », « répétition de phrases ».
Note globale	Fournir une estimation des compétences linguistiques générales	Construite à partir des 4 épreuves les plus discriminantes vis-à-vis d'un trouble du langage : « élaboration de phrases », « répétition de phrases », « compréhension de récits », « logique verbale ».

Etant donné les différences de construction des évaluations à 7 ans et à 16 ans, il était nécessaire d'opérer une réduction et une agrégation des données à 7 ans afin de pouvoir établir une correspondance avec les indices de langage à 16 ans.

3.2 Réduction des données à 7 ans

Les auteurs de la NEEL proposent une épreuve de compréhension morphosyntaxique « Liste A » doublée d'une épreuve « Liste B » construite de manière identique : elles explorent toutes deux les mêmes oppositions morphosyntaxiques et contiennent le même nombre d'items mais sur une base lexicale différente. Il s'agit pour les auteurs d'une procédure de vérification permettant de réduire le risque d'intervention du hasard dans ces épreuves à choix multiple (Chevrier-Muller & Piazza, 2001). Ces deux épreuves partageant un construit identique, testant les mêmes habiletés et possédant des indicateurs de variance semblable, il apparaissait pertinent de les regrouper en une seule variable nommée « listeAB », réduisant au nombre de 7 les variables d'étude à 7 ans. Ces variables ont été regroupées en 4 dimensions langagières pouvant être mises directement en correspondance avec les celles évaluées à 16 ans. La figure 1 permet de visualiser le modèle clinique créée pour la mise en correspondance des variables de langage obtenues à 7 et 16 ans.

Figure 1 : Modèle clinique de mise en correspondance des évaluations à 7 ans et 16 ans



Avant de procéder au calcul de scores composites pour les différents modules et dimensions langagières reconstituées à 7 ans, il était nécessaire de vérifier la validité de la réduction des données à cet âge par le biais d'une analyse et d'une modélisation statistique guidée par les données.

4. Analyses statistiques

L'ensemble des analyses statistiques de cette étude a été effectué à l'aide du logiciel JASP (JASP Team, 2023). La distribution des données a été étudiée par le test de Shapiro-Wilk. Par la suite, les études de corrélations ont été effectuées à l'aide du test paramétrique de Pearson pour les distributions suivant une loi normale ou par un test non paramétrique de Spearman dans le cas contraire. Dans les contextes de tests multiples, l'application d'un ajustement de type Bonferroni était nécessaire pour

corriger le seuil de significativité. Il consiste en une diminution du seuil utilisé pour la comparaison de chaque paire de variables en divisant le seuil alpha (ici 0,05) par le nombre total de tests effectués.

L'analyse en composantes principales (ACP) ne nécessitant aucune condition de distribution contrairement aux analyses factorielles, cette méthode a été sélectionnée pour la suite des analyses pour explorer les relations entre les variables à 7 ans.

L'existence de variations interindividuelles impliquait de centrer-réduire les variables à 16 ans, de façon similaire à celles de 7 ans. Ainsi, les notes standard obtenues à 16 ans ont été transformées en leur z-score équivalent, sur la base proposée par les auteurs ($z\text{-score} = (NS-100)/15$). Un changement supérieur ou égal à 1 déviation standard entre les z-scores à 7 ans et à 16 ans a été considéré comme significatif (Brignelle et al., 2018). Il a de plus été considéré significatif sur le plan clinique lorsqu'il impliquait un changement de classe du niveau de langage de plus de 2 rangs ou de 2 rangs avec franchissement du seuil de -1,25 déviation standard fréquemment considéré dans les recherches sur le langage comme seuil limite pour déterminer un déficit (Recors & Tomblin, 1994).

Afin de quantifier la contribution des variables de langage à 7 ans dans les habiletés de langage à 16ans, des analyses de régression linéaire multiples ont été effectuées et ajustées. Le coefficient de détermination (R^2) a été rapporté. Au préalable, des études de liens d'association entre variables à 7 ans et indices composites de langage à 16 ans étaient nécessaires pour identifier les variables à entrer dans les modèles : tests de corrélation pour les variables d'étude quantitatives, tests de Student pour échantillons indépendants pour les variables indépendantes qualitatives à 2 modalités, analyses de variance pour les variables indépendantes qualitatives à plus de 2 modalités.

5. Modèle de mise en correspondance guidé par les données

5.1. Analyse des variables à 7 ans

5.1.1. Distribution des variables

Parmi les 7 variables, 4 valeurs manquantes (raison inconnue) apparaissaient. L'analyse des mesures de symétrie, d'aplatissement et de normalité ainsi que l'analyse visuelle des distributions des données ont montré que la majorité des variables ne suivaient pas une loi normale (Annexe B – 1). Ces données ont donc été analysées à l'aide de tests statistiques non paramétriques.

5.1.2. Etude de corrélations

Les nombreuses corrélations significatives convergent dans le sens de compétences langagières liées entre elles et évoluant dans le même sens (Annexe C). Néanmoins, certaines associations apparaissaient plus faciles à expliquer que d'autres. Ainsi, il paraissait pertinent de recourir à une méthode de réduction des dimensions afin de mieux mettre à jour les relations entre les variables.

5.2. Analyses en composantes principales

5.2.1. ACP à 4 composantes, sans transformation

Le choix d'une analyse en 4 composantes a été fait pour voir si un parallèle avec le modèle clinique de mise en correspondance des données pouvait être effectué. Le tableau 3 indique la répartition des coefficients de charge de chaque composante.

Tableau 3 : coefficients de charge des composantes

	CP1	CP2	CP3	CP4
Lex2	0.904	-0.225	-0.018	-0.135
ListeAB	0.852	-0.216	-0.218	0.221
Topo	0.789	-0.097	-0.534	-0.107
Voc2	0.778	0.431	-0.099	-0.336
Voc1	0.733	0.382	0.449	-0.137
Morpho	0.731	0.287	0.084	0.582
Lex1	0.660	-0.549	0.467	-0.068

Les 3 premières composantes expliquaient 83,9% de la variance des données. La composante principale (CP) 1 était très largement prédominante (61,1% d'explication de la variance). Elle indiquait une contribution importante et relativement homogène de toutes les variables. Elle pouvait être assimilée à un facteur « langage global ». Les CP 2 et 3 expliquaient respectivement 11,7% et 11% de la variance des données, tandis que la CP 4 pouvait être négligée. La CP2 indiquait des charges positives sur les scores expressifs et des charges négatives sur les scores réceptifs. Cette répartition des charges indiquait que cette composante favorisait les épreuves de production au détriment des épreuves de compréhension. Une interprétation similaire pouvait être faite de la CP3 sur les aspects lexicaux et sémantiques. Néanmoins, comme l'évoque Falissard dans son ouvrage (2005), une telle opposition est peu intuitive : « il n'est pas courant de concevoir un processus cognitif qui altère une performance au profit d'une autre ». Afin de rendre les résultats plus facilement interprétables sur le plan clinique, il propose alors d'appliquer une rotation pour que les coefficients de charges soient majoritairement positifs et le plus près des valeurs 0 ou 1.

5.2.2. ACP à 4 composantes, avec rotation oblique

Compte tenu du fait qu'il était peu probable que les composantes soient indépendantes entre elles, il était intéressant de lever la condition d'indépendance des facteurs en appliquant une rotation oblique. Dans cette configuration, les 4 composantes apparaissaient plus homogènes, elles expliquaient chacune entre 16,8 et 31,2% de la variance des données et regroupaient au total 91.8% des informations. Le tableau 4 renseigne sur les coefficients de charge de chaque variable au sein des composantes et la figure 2 permet de visualiser celles qui contribuent le plus à chacune des composantes.

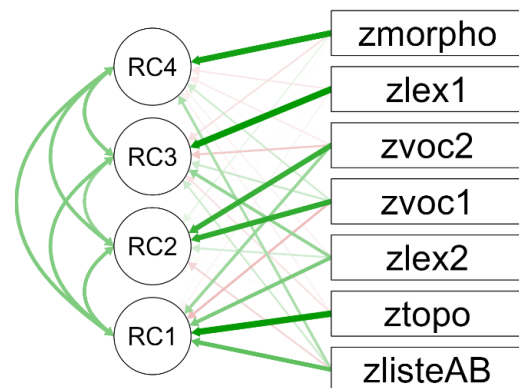
L'analyse des coefficients de charge indiquait que ces 4 composantes semblaient correspondre à 4 processus langagiers se différenciant les uns des autres et pouvant être interprétés cliniquement. Au regard du modèle de correspondance basé sur la clinique, un rapprochement pouvait être opéré entre RC1 et le module « syntaxe en réception », entre RC2 et « lexique en expression », entre RC3 et « lexique en réception » et enfin entre RC4 et « syntaxe en expression ».

Tableau 4 : Coefficients de charge des composantes

	RC1	RC2	RC3	RC4
Voc1	-0.276	0.860	0.214	0.189
Voc2	0.412	0.826	-0.218	-0.088
Lex1	-0.045	-0.009	1.053	-0.099
Lex2	0.542	0.188	0.441	-0.058
Morpho	0.013	0.095	-0.128	0.984
ListeAB	0.665	-0.167	0.193	0.343
Topo	1.041	0.018	-0.121	-0.060

Note. Méthode de rotation appliquée : Promax.

Figure 2 : diagramme des coefficients de charge



Cette très forte similitude entre l'analyse guidée par les données et le modèle clinique préétabli à 7 ans a donc permis de valider la construction de scores composites sur la base de l'ACP en vue d'un modèle de mise en correspondance des évaluations à 7 et 16 ans.

6. Création de scores composites

Chao & Wu (2017) indiquent dans leur étude que « les charges de l'ACP peuvent être utilisées pour attribuer des poids aux variables d'entrée et générer des indices innovants ». Ainsi, pour chacun des sujets de l'étude, un score composite « Langage global » a été créé à 7 ans. Comme indiqué précédemment, l'ACP sans transformation a fait ressortir une composante très prédominante pouvant être assimilée à un facteur de langage global, au sein duquel les 7 variables de langage à 7 ans sont fortement impliquées. Elles ont donc été retenues et le score composite « langage global » a été calculé en faisant, pour chaque individu, la somme des z-scores initiaux obtenus, préalablement pondérés par les coefficients de charge qui leur sont associés dans l'ACP, le tout divisé par la somme des coefficients.

De la même manière, 4 scores composites ont été créés pour chacun des sujets correspondant aux 4 modules langagiers présentés dans le modèle clinique : « LexE », « LexR », « SynE » et « SynR ». Ces scores ont été obtenus en faisant la somme des z-scores des épreuves intégrées à chaque module langagier, préalablement pondérés par les coefficients de charge qui leur sont associés d'après l'ACP décrite précédemment après rotation oblique, le tout divisé par la somme des coefficients. A partir de ces scores, 4 autres scores composites ont été calculés : « expression », « réception », « lexique » et « syntaxe ». En l'absence d'argument majeur pour affirmer qu'une différence de poids existe entre les

modules langagiers au sein de chacune de ces dimensions, l'application de pondération n'est pas recommandée. Ces scores composites ont donc été calculés par moyennage des scores composites obtenus à l'étape précédente.

RESULTATS

L'exploration descriptive de chacune des variables composites créés à 7 ans et disponibles à 16 ans a permis d'objectiver des distributions suivant une loi normale pour l'ensemble des données (Annexe B-2). Elles ont donc été analysées à l'aide de tests paramétriques.

1. Analyses de corrélation

1.1 Score composite « Langage global » - 7 ans / Note globale – 16 ans

Il existe un lien linéaire positif entre le score composite « langage global » à 7 ans et la note globale de langage à 16 ans ($r=0.620$, $p=0.001$). Le coefficient de détermination est modéré (Figures 3).

Figures 3 : corrélation des variables de « langage global » à 7 ans et à 16 ans

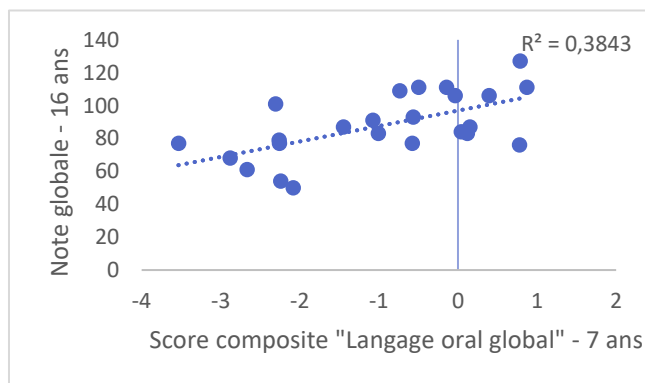
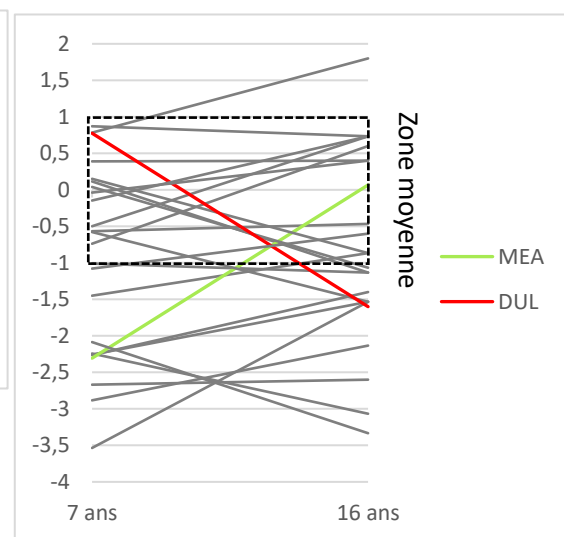


Figure 4 : Evolution des habiletés globales de langage entre 7 et 16 ans



L'analyse des évolutions individuelles (N=24) indique un taux de stabilité de 58.33% (N=14) alors que 20.83 % (N=5) des sujets présentent respectivement des profils de dégradation ou d'amélioration entre les deux temps (figure 4). Pour autant, d'un point de vue clinique seulement 1 sujets a une évolution particulièrement favorable : ses résultats sont très faibles à 7 ans puis dans la moyenne à 16 ans. 1 individu présentant à 7 ans des habiletés globales de langage dans la moyenne supérieure présente au contraire à 16 des résultats pouvant être qualifiées de faibles (Figure 3).

1.2 Score composite « expression » (7 ans) - Indice de langage expressif (16 ans)

L'étude de corrélation entre les deux variables met en évidence un lien linéaire positif entre elles ($r=0.570$, $p=0.003$). La part de variabilité expliquée par ce modèle est de 32% (Figure 5).

Figure 5 : corrélation des variables expressives à 7 ans et à 16 ans

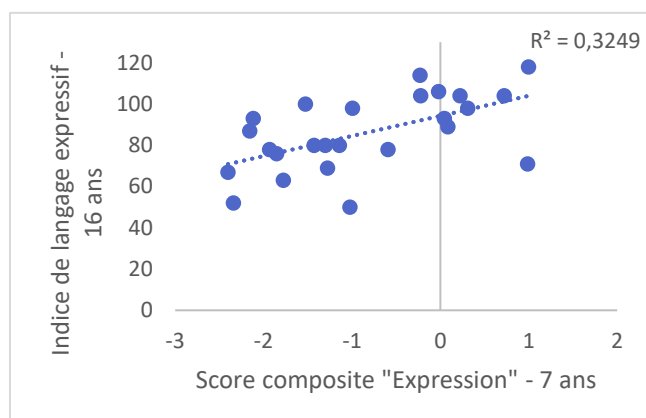
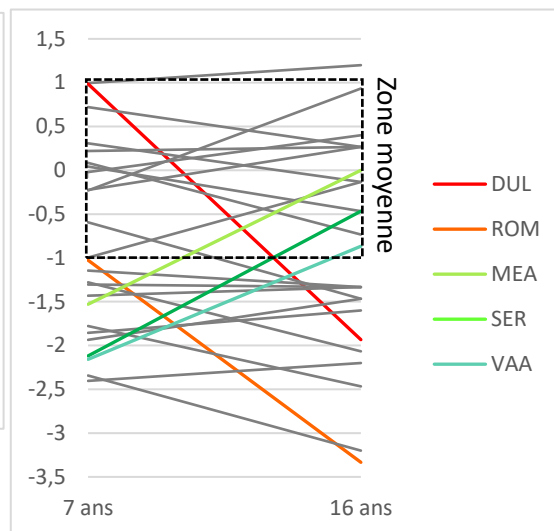


Figure 6 : Evolution des habiletés expressives entre 7 et 16 ans



Il existe d'importantes variations interindividuelles au sein de la population (Figure 6). Sur les 25 sujets pour lesquels la correspondance des scores obtenus à 7 et à 16 ans a pu être établie, une majorité présente un profil d'évolution relativement stable entre les deux temps (N=19, 76%). En revanche, une dégradation significative est observée pour 2 sujets (8%). L'analyse de leurs résultats indique qu'ils sont tous deux concernés par un « changement de couloir » notable, passant de résultats situés dans la zone moyenne à 7 ans à des performances faibles à très faibles à 16 ans. 4 autres (16%) montrent au contraire une forte amélioration entre les deux temps. Pour 3 d'entre eux, on note une diminution notable de l'écart à la norme entre 7 ans (performances faibles à très faibles) et 16 ans (résultats se situant dans la moyenne).

1.3 Score composite « Réception » (7 ans) - Indice de langage réceptif (16 ans)

Un lien linéaire positif apparaît entre les deux variables ($r=0.511$, $p=0.008$) mais l'indice de détermination R^2 indique que ce modèle explique seulement 26% de la variance observée (Figure 7). L'analyse visuelle des données permet de détecter la présence d'une valeur extrême. Une fois enlevée, les liens de corrélation n'évoluent que modérément ($r=0.591$, $p = 0.002$, $R^2 = 34,9\%$).

L'analyse de 26 trajectoires individuelles est possible compte tenu des données disponibles (Figure 8). Elle permet d'identifier 18 sujets (69.23%) avec un profil stable entre les deux temps d'évaluation, 4 (15.38%) avec un profil de dégradation et 4 (18%) avec un profil d'amélioration significatives. L'analyse plus détaillée des résultats de ces sujets indique que 1 seul sujet obtient des résultats dont l'écart à la norme évolue de manière particulièrement défavorable entre les deux temps, passant de la zone moyenne supérieure à 7 ans à un niveau limite à 16 ans. En revanche, 3 individus présentent des scores à 16 ans se situant dans la moyenne, voire au-delà, alors que leurs scores composites à 7 ans étaient faibles à très faibles.

Figure 7 : corrélation entre variables réceptives à 7 ans et à 16 ans

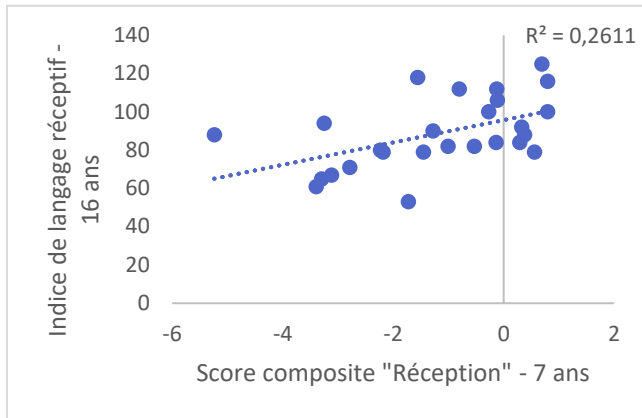
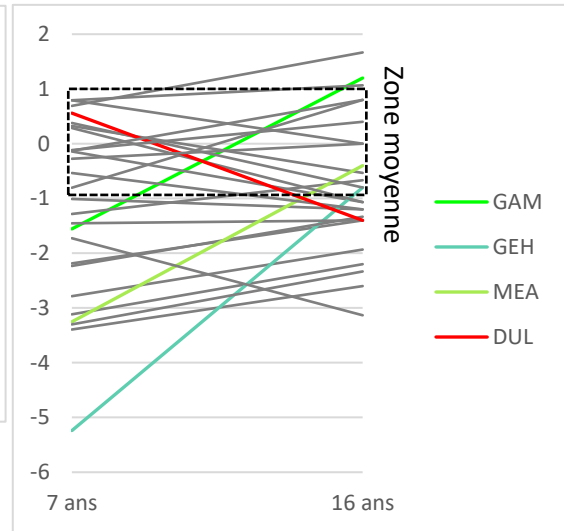


Figure 8 : Evolution des habiletés réceptives entre 7 et 16 ans



1.4 Score composite « Lexique » (7 ans) / Indice de contenu de langage (16 ans)

L'analyse de corrélation ne permet pas de rejeter l'hypothèse nulle stipulant que les deux variables sont indépendantes ($r=0.392$, $p=0.053$) (Figure 9).

Figure 9 : corrélation entre variables lexicales à 7 ans et à 16 ans

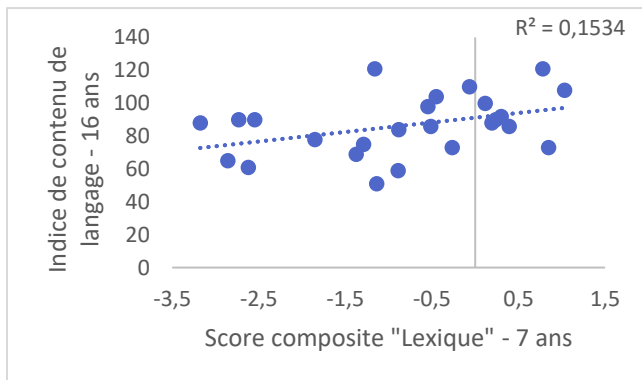
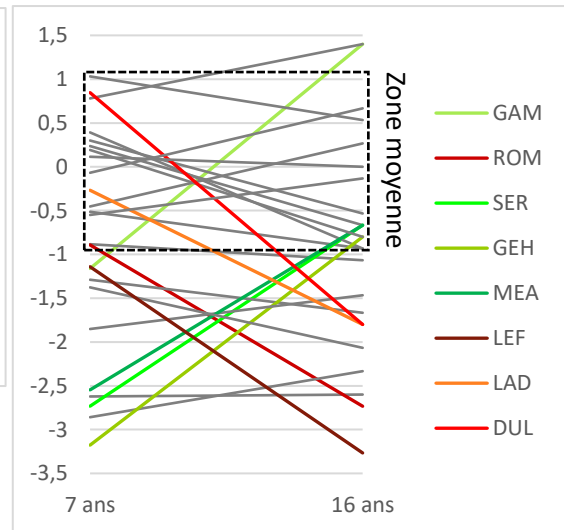


Figure 10 : Evolution des habiletés lexicales entre 7 et 16 ans



Parmi les 25 trajectoires analysées, 16 individus (64%) présentent un profil stable, 5 (20%) sont concernés par une dégradation significative de leurs z-scores entre les deux temps et 4 (16%) s'améliorent au contraire. 3 d'entre eux faisaient partie des enfants ayant les moins bonnes performances en lexique à 7 ans, et l'amélioration de leurs résultats est telle qu'ils se situent dans la zone moyenne ou au-delà à 16 ans (figure 10). Le 4^{ème} présentait des résultats dans la zone limite à 7

ans puis supérieurs à la moyenne à 16 ans. A contrario, 4 autres sujets enregistrent une nette dégradation de leur écart à la moyenne, quittant la zone moyenne à 7 ans et présentant des habiletés lexicales faibles à très faibles à 16 ans.

1.5 Score composite « Syntaxe » (7 ans) - Indice de structure de langage (16 ans)

C'est entre ces deux variables que la corrélation apparait la plus importante ($r=0.724$, $p<0.001$). Elles partagent 52% de leur information, le lien est fort (Figure 11).

Figure 11 : corrélation entre variables syntaxiques à 7 ans et à 16 ans

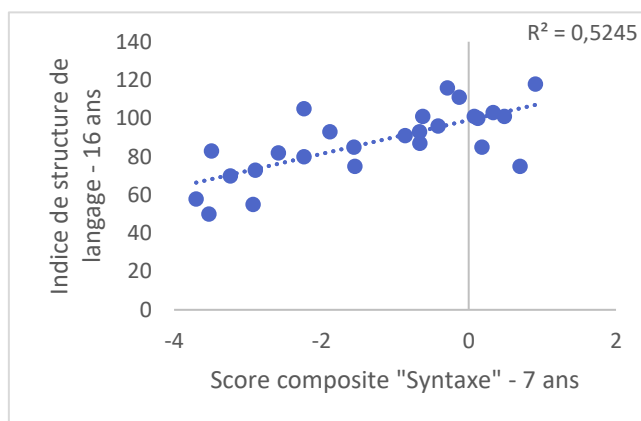
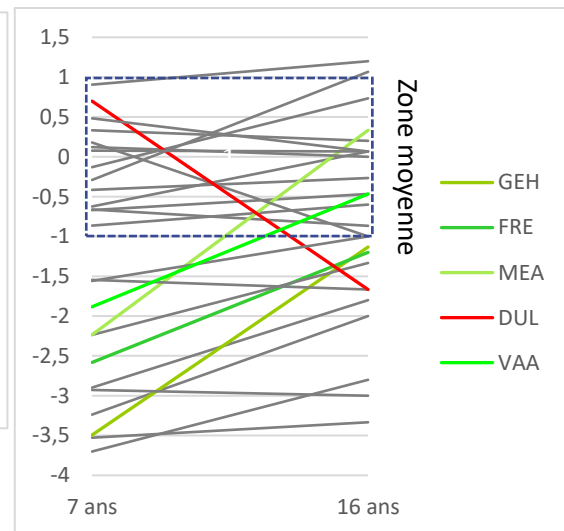


Figure 12 : Evolution des habiletés syntaxiques entre 7 et 16 ans



L'analyse des évolutions individuelles entre 7 et 16 ans ($N=26$) montre que 2 individus (7.69%) présentent une dégradation notable de leurs résultats syntaxiques entre 7 et 16 ans dont 1 quittant la moyenne supérieure à 7 ans pour évoluer vers un niveau faible à 16 ans. Au contraire, 7 sujets (26.92%) améliorent nettement leurs performances, dont 4 pour lesquels les résultats se situent au-dessus du seuil de -1,25 déviation standard à 16 ans malgré des résultats faibles à très faibles à 7 ans. La majorité des individus présentent un profil relativement stable entre les deux temps ($N=17$, 65.38%) (figure 12).

Au total, 8 individus de la population d'étude sont concernés par une dégradation significative de leurs résultats (z-scores) entre les deux temps d'évaluation et parmi eux, 1 présente une dégradation sur les 5 composantes langagières évaluées (Langage global, expression, réception, lexique, syntaxe). Il s'agit d'une adolescente (sexe féminin) ayant présenté un AVCian gauche profond de l'artère cérébrale moyenne (ACM) et sans épisode épileptique en dehors de la période néonatale. Elle ne présente pas de paralysie cérébrale et son efficacité intellectuelle à 7 ans se situait dans la norme pour son âge. Un trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité était en revanche suspecté. Elle a grandi dans une famille monolingue et dont le niveau socio-économique (NSE) se situe dans le dernier quart de notre

population. L'évaluation orthophonique à 7 ans indiquait de bonnes compétences sur le plan phonologique, lexical, et de la compréhension syntaxique. En revanche, des fragilités apparaissaient sur le plan de la production morphosyntaxique et de la narration, ainsi qu'au niveau des premières acquisitions de la lecture. Un diagnostic de trouble des apprentissages portant sur la lecture et la production écrite a par la suite été posé et elle a bénéficié d'une rééducation orthophonique pendant de nombreuses années. Un suivi psychologique avait également été mis en place dans un contexte de harcèlement scolaire au cours du primaire. A 16 ans, le bilan orthophonique retrouvait un trouble du langage oral et des apprentissages. Elle était scolarisée en 1^{ère} professionnelle.

Parmi les 10 sujets concernés par une amélioration significative de leurs résultats entre les deux temps, 1 présente une amélioration sur l'ensemble des composantes langagières. Il s'agit d'un adolescent (sexe masculin) ayant présenté un AVCian gauche touchant la branche postérieure de l'ACM et étendu à plus de 1 gyrus. Il n'a pas présenté d'épilepsie au-delà de la période néonatale. Il ne présente pas de paralysie cérébrale mais un diagnostic de dyspraxie a été posé. Il a grandi dans une famille monolingue et dont le NSE se situe dans le premier tiers supérieur de notre population. Lors de l'évaluation à 7 ans, il était scolarisé en CE1. Le bilan orthophonique montrait de bonnes compétences sur le plan phonologique mais une atteinte morphosyntaxique prédominante et des fragilités au niveau lexical. Il était correctement entré dans la lecture. Il a bénéficié de suivis rééducatifs pendant plusieurs années (orthophonie, ergothérapie, psychomotricité, neuropsychologie) et d'un suivi psychologique ponctuel. A 16 ans, il était scolarisé en seconde générale avec des adaptations pédagogiques (ordinateur, tiers-temps). Le bilan orthophonique indiquait un niveau de langage oral normal mais un trouble des apprentissages portant sur la lecture et la production écrite.

2. Analyses de régression

2.1 Considérations préliminaires

Les liens entre certaines variables à 7 ans et les indices composites à 16 ans ont été étudiés afin d'identifier d'éventuels facteurs non langagiers associés de manière significative avec les indices de langage à 16 ans et sur lesquels un ajustement serait alors nécessaire. Les variables suivantes ont été retenues : niveau socio-économique (NSE) de la famille (variable continue ne suivant pas une distribution normale), sexe (fille/garçon), épilepsie (présence/absence), côté de la lésion (droit/gauche), territoire artériel lésé (artère cérébrale moyenne/autre localisation) et classe lésionnelle (lésion superficielle touchant 1 gyrus, lésion superficielle touchant plus que 2 gyrus, lésion impliquant les noyaux gris centraux). Seule la présence d'une épilepsie à 7 ans apparaissait associée de manière significative aux indices de langage à 7 ans (Annexe D), les analyses ont donc été ajustées sur cette variable. Le choix a été fait d'entrer dans le modèle l'ensemble des variables de langage à 7 ans. Une méthode dite « en arrière » (backward) a été appliquée, elle permet de réduire la complexité du modèle en enlevant un

à une les variables qui n'apportent pas de contribution significative. L'ajustement sur l'épilepsie a été ensuite effectuée. De plus, les conditions de validité de chacune des régressions ont été contrôlées, à savoir : l'indépendance des erreurs (test de Durbin-Watson), la distribution normale des résidus (analyse visuelle du diagramme quantile-quantile), l'homoscédasticité (homogénéité des variances), l'absence de valeur aberrante (diagnostic au cas par cas) et l'absence de multi colinéarité (Variance Inflation Factor). Ces conditions sont respectées pour chacune des analyses suivantes.

2.2 Analyse de régression linéaire multiple

2.2.1 Note globale de langage

Le modèle final de régression linéaire multiple montre une relation significative entre 2 des variables langagières à 7 ans et la note globale (NG) à 16 ans. Ce modèle présente un bon ajustement global ($F(3,22) = 11.834, p < 0.001$), indiquant que les deux variables explicatives ont une relation significative avec la variable dépendante NG. Ce modèle explique 56,5% de la variance de NG (R^2 ajusté). Les coefficients de régression partielle révèlent, par ordre de contribution décroissant, que « Morphologie » ($\beta = 5.585, p = 0.020$) et « Topologie » ($\beta = 3.274, p=0.02$) sont significativement associées à la NG, après contrôle de l'effet de l'épilepsie. Les autres variables de langage à 7 ans n'apportent pas de contribution significative une fois « Morphologie » et « Topologie » prises en compte. L'ajustement sur l'épilepsie n'a pas montré d'effet significatif sur la variable dépendante NG ($p=0.123$), indiquant qu'elle ne semble pas être un facteur important à prendre en compte dans cette relation.

Les résultats sont relativement similaires lorsque l'analyse de régression est appliquée aux autres indices de langage composite à 16 ans (Tableau 5). Le modèle final contient les variables « Morphologie » et « Topologie » pour chacune des analyses sauf pour l'indice de contenu de langage pour lequel le modèle explicatif final ne retient que la variable « Morphologie ». Après contrôle de l'épilepsie, elle apparaît comme étant la variable contribuant le plus à chacune des indices composites de langage à 16 ans, sauf pour l'indice de structure de langage dont l'analyse révèle une relation significative seulement avec la variable « Topologie » après contrôle de l'épilepsie. L'ajustement sur l'épilepsie a montré un effet significatif uniquement sur l'Indice de contenu de langage ($\beta = -20.026, p=0.037$), indiquant que l'épilepsie semble être un facteur important à prendre en compte dans cette relation.

En conclusion, après vérification des conditions de validité de chacune des analyses en régression linéaire multiples effectuées, les résultats suggèrent que, dans notre population d'étude, les scores obtenus à 7 ans à l'épreuve de production morphosyntaxique « Morphologie » et à l'épreuve de compréhension morphosyntaxique « Topologie » sont significativement associées à la plupart des indices de langage à 16 ans après contrôle de l'effet de l'épilepsie qui apparaît un facteur important à prendre en compte pour l'indice de contenu de langage seulement.

Tableau 5 : Résultats des analyses en régression linéaire multiple

Variable dépendante (Indice)	Variabes explicatives (Contribution décroissante)	β	p	R ² ajusté	F	p
Note globale	Morphologie	5.585	0.020	0.565	(3.22)	<0.001
	Topologie	3.274	0.020		11.834	
	Epilepsie	-13.764	0.123			
Langage expressif	Morphologie	5.048	0.028	0.557	(3.22)	<0.001
	Topologie	2.929	0.030		11.465	
	Epilepsie	-15.530	0.073			
Langage réceptif	Morphologie	4.911	0.050	0.468	(3.22)	<0.001
	Topologie	2.687	0.066		8.331	
	Epilepsie	-14.321	0.130			
Contenu de langage	Morphologie	6.179	0.012	0.418	(2.23)	<0.001
	Epilepsie	-20.026	0.037		9.960	
Structure de langage	Topologie	3.903	0.005	0.562	(3.22)	<0.001
	Morphologie	3.627	0.101		11.677	
	Epilepsie	-13.372	0.114			

DISCUSSION

A notre connaissance, cette étude est la première à étudier le développement du langage de manière longitudinale sur un aussi long terme auprès d'une population homogène d'individus concernés par un accident vasculaire cérébral ischémique artériel néonatal (AVCian) et suivis prospectivement de la naissance à l'adolescence. Le caractère original de cette étude repose également sur l'utilisation d'outils d'évaluation clinique spécifiques permettant d'investiguer les différentes dimensions du langage oral. L'objectif de ce travail était d'étudier l'évolution des habiletés langagières entre le début de la période scolaire et la fin de l'adolescence, en relevant le défi de mettre en correspondance des résultats langagiers obtenus avec des tests différents à 7 ans et à 16 ans.

Cette étude met en évidence une importante variabilité des trajectoires de développement entre l'enfance et l'adolescence au sein de chacune des composantes langagières étudiées, à savoir expression, réception, lexicale, syntaxe ainsi qu'au niveau des indices de langage global. Bien que la majorité des individus présentent des profils d'évolution relativement stables, une proportion non négligeable d'entre eux montre des différences supérieures à 1 déviation standard entre les deux temps d'évaluation dans le sens d'une dégradation ou d'une amélioration significative. La composante « expression » présente le taux de stabilité le plus élevé (76%), suivi des composantes « réception » (69%), « syntaxe » (65 %), « lexicale » (64%) puis « langage global » (54%). La proportion d'individus ayant un profil se dégradant est plus forte pour la composante « langage global » (21%), puis on observe, par ordre décroissant, les taux de dégradation suivants : « lexicale » (20%), « réception »

(15%), « expression » (8%) « syntaxe » (7,8%). Les taux d'amélioration significative se répartissent comme suit : « syntaxe » (27%), « langage global » (25%), « lexique » (16%), « expression » (16%), « réception » (15%). Cela se traduit pour certains d'entre eux par des « changement de couloir » significatifs sur le plan clinique entre 7 ans et 16 ans. Certains ont vu leurs difficultés de langage initiales se résoudre entre 7 et 16 ans (« langage global » N=1, « expression » N=3, « réception » N=3, « lexique » N=3, « syntaxe » N=3) tandis qu'elles ont émergé pour d'autres (« langage globale N=1, « expression » N=2, « réception » N =1, « lexique » N=4 et « syntaxe » N=1). Les changements significatifs ne concernent pas exactement les mêmes individus d'une composante à une autre. Seuls 2 sujets montrent un profil de dégradation pour l'un ou d'amélioration pour l'autre homogène et visible sur l'ensemble des composantes de langage. Les études de corrélation des résultats entre les deux temps pour chacune des dimensions langagières a permis d'identifier, au niveau du groupe, des associations linéaires positives pour chacune d'elles, hormis pour la composante lexicale. C'est la composante syntaxique qui apparaît la plus fortement corrélée entre 7 ans et 16 ans, traduisant une relative homogénéité de l'évolution des individus au niveau de ces performances langagières sur cette période, le niveau à 16 ans pouvant être globalement prédit par le niveau à 7 ans. Cela est moins vrai pour les autres dimensions de langage dont les corrélations sont modérées (langage global) à faibles (Expression, Réception), voire non significatives (Lexique), laissant supposer que d'autres facteurs que le niveau antérieur influencent l'évolution de ces aspects du langage. Enfin, les analyses indiquent que parmi les variables de langage à 7 ans, ce sont les processus morpho-syntaxiques en expression et en réception qui sont les plus significativement associés à la plupart des indices de langage à 16 ans après contrôle de l'épilepsie. Ainsi, ces deux épreuves peuvent être considérées comme des éléments clé pour prédire les habiletés de langage à 16 ans dans ce contexte. L'épilepsie apparaît comme un facteur important à prendre en compte dans la prédiction des compétences sémantiques à 16 ans.

1. Evolution du langage oral de l'enfance à l'adolescence après un AVCian

L'observation de difficultés langagières à distance de la lésion fait consensus à l'âge scolaire, mais semble plus discutée à l'adolescence. Knecht & Lidzba (2016) ont étudié la maîtrise des processus syntaxiques dans une population d'enfants (9-13 ans), adolescents et adultes concernés par des AVC gauches acquis en période pré ou périnatale. Les trois groupes d'âge ont obtenu des résultats inférieurs à ceux des groupes contrôles, que ce soit au niveau des processus de base ou plus élaborés, confirmant la persistance de difficultés au long cours. A l'inverse, dans l'étude sur le langage et la plasticité après un AVC ischémique artériel périnatal gauche de Newport et al. (2022), des performances identiques à celles du groupe contrôle ont été mises en évidence chez tous les adolescents et adultes, au cours de tâches de langage simples et complexes. Néanmoins, les épreuves utilisées n'étaient pas adaptées à l'âge des sujets (épreuves à destination d'enfants de 5 à 8 ans) et montraient un effet plafond

conséquent. Notons que ces deux études aux résultats contradictoires ne comportaient pas de mesures longitudinales de langage. Nos résultats confirment la possibilité de voir perdurer ou même émerger tardivement des difficultés langagières après un AVCian, ce qui corrobore les rares études longitudinales sur des populations proches (Murdaugh et al., 2018).

Nos résultats concernant l'évolution du langage entre l'enfance et l'adolescence sont concordants avec ceux de Murdaugh et al. (2018) qui observaient, dans une série d'enfants concernés par différents types d'AVC périnatal (N=5), des trajectoires d'évolution très contrastées entre 5 et 14 ans sur le plan neurocognitif et notamment sur le plan du langage oral : certains montraient des compétences relativement stables entre les différents temps d'évaluation tandis que l'écart à la norme se dégradait drastiquement pour d'autres, notamment lorsqu'ils présentaient d'importantes comorbidités.

Les proportions de stabilité, dégradation ou amélioration à travers le temps que notre étude met en lumière sont cohérentes avec celles observées plus précocement dans d'autres populations. Dans l'étude de Brignelle et al. (2018), les modalités expressives et réceptives du langage oral ont été étudiées entre 4 et 7 ans auprès d'enfants avec développement typique ou troubles du neurodéveloppement (autisme, trouble développemental du langage). Leurs trois groupes ne montraient pas de différence significative dans les proportions d'enfants présentant un profil stable (76 à 86%), se dégradant (7 à 20%) ou s'améliorant (4 à 11%). Néanmoins, plusieurs études indiquent que les changements de trajectoires sont généralement plus marqués jusqu'à environ 7 ans puis que l'évolution du langage est plus stable jusqu'au début de l'adolescence, on devrait donc s'attendre à une stabilité plus forte entre l'enfance et l'adolescence par rapport aux premiers stades de développement, dans la population neurotypique (Brignelle et al., 2018). Il est donc possible de faire l'hypothèse d'une plus forte variabilité inter-individuelle après AVCian par rapport à la population neurotypique sur la période allant de l'enfance à l'adolescence.

Après un AVC périnatal, certaines études suggèrent une évolution du langage relativement comparable à celle des enfants neurotypiques dans les 6 premières années de vie, suivi d'une plus grande variabilité des performances dans le groupe avec AVC et ce, dans les différentes composantes langagières. Demir et al. (2015) ont notamment étudié le développement du lexique et de la syntaxe entre 2 ans ½ et 6 ans chez des enfants concernés par un AVC périnatal, en comparaison à un groupe d'enfants neurotypiques. Ils observent, après contrôle des variables socio-démographiques, que le niveau de langage des deux groupes est similaire initialement et qu'à partir de 6 ans des différences commencent à apparaître sur les habiletés syntaxiques complexe (narration) alors que les performances lexicales et syntaxiques « de base » restent similaires à celles du groupe contrôle, suggérant de plus grandes variabilités individuelles à partir de l'âge scolaire. Dans d'autres études, des différences individuelles importantes s'observent déjà entre 14 mois et 5 ans au niveau du rythme de

développement de ces deux composantes, suggérant que la forte variabilité interindividuelle est présente dès les premières étapes de développement en cas d'AVCian (Goldin-Meadow et al., 2014).

2. Interactions entre les composantes langagières

Les résultats obtenus à 7 ans et à 16 ans dans notre étude au niveau syntaxique sont fortement corrélés, suggérant une certaine stabilité des habiletés au cours de cette période. En revanche, les corrélations entre les composantes expressives, réceptives et globales sont faibles à modérées, indiquant une moindre homogénéité de l'évolution des habiletés entre les deux temps. Plus surprenant, aucune corrélation significative n'apparaît sur le plan lexical. L'influence potentielle d'autres facteurs que les niveaux de langage à des stades antérieurs doit donc être prise en compte pour mieux comprendre et prédire l'évolution de chaque composante du langage à l'adolescence dans notre population. Une analyse plus précise de la construction des indices aux deux âges s'avère également nécessaire : les évaluations à 7 ans et 16 ans testent-elles la même chose ?

L'absence de corrélation entre les deux temps d'évaluation pour les variables lexicales nous amènent à nous arrêter plus en détail sur cette dimension. A 7 ans, les épreuves lexicales testent la richesse du vocabulaire actif (dénomination) et passif (désignation). En revanche, l'indice de contenu de langage de la CELF-5 dans la tranche 9-18 ans ne mesure pas l'étendue du vocabulaire mais les aspects expressifs et réceptifs du développement sémantique qui est une composante plus transversale renvoyant au traitement du sens véhiculé par des mots, des phrases. Il s'agit pourtant de deux aspects interconnectés, leurs liens résident notamment dans le fait que le lexique fournit les outils nécessaires pour communiquer le sens et la signification des messages. Ils évoluent de fait ensemble : « en vieillissant, non seulement l'enfant acquiert de nouveaux termes dans son lexique, mais il développe aussi sa conceptualisation de ceux-ci" (Carpentier & Desbiens, 2021, p60). Quoi qu'il en soit, il semble que les mesures ne permettent pas de capturer la relation entre ces deux variables à des temps différents dans notre population. Une autre dimension semble importante à prendre en compte : celle de l'influence réciproque qui existe entre le lexique et la lecture : de bonnes compétences lexicales favorisent le développement des capacités de déchiffrement, notamment pour les mots irréguliers, et inversement, une bonne maîtrise de la lecture permet aux enfants de rencontrer des mots nouveaux et donc d'enrichir leur lexique (Suggate et al., 2018). Ainsi, les habiletés en lecture devraient être prise en compte dans le développement au long cours des habiletés lexico-sémantiques.

Au final, les résultats de l'étude suggèrent que la maîtrise des processus syntaxique à 7 ans, en réception et en production, explique le mieux la variance des indices de langage à 16 ans, dans une proportion allant de 42 à 57%. Nos résultats sont cohérents avec ceux rapportés dans une étude s'intéressant à la contribution des habiletés de langage antérieures et des facteurs précoces de développement sur les habiletés de langage au début de l'adolescence au sein d'une population

d'enfants sans antécédent neurologique (Eadie et al., 2021). Dans cette étude, les performances expressives et réceptives antérieures, notamment à 4 ans, étaient les meilleurs prédicteurs des habiletés à 11 ans. Néanmoins, d'autres facteurs endogènes et exogènes semblent intervenir.

3. Facteurs d'influence endogènes

3.1 Epilepsie

De nombreuses études ont mis en évidence l'impact négatif de l'épilepsie sur le développement du langage oral, dans des populations d'enfants avec ou sans lésion cérébrale très précoce (Murdaugh et al., 2018, Chabrier et al., 2016). L'épilepsie semble impacter les performances des sujets et leurs trajectoires de développement. Dans l'étude de Ballantyne et al. (2008), les enfants avec AVC périnatal présentant une épilepsie persistante évoluent positivement entre 5 et 13 ans mais à un moindre rythme que ceux ne souffrant pas d'épilepsie. Dans l'étude de Murdaugh et al. (2018), une forte dégradation de l'écart à la norme est observée en cas d'épilepsie. Ces éléments suggèrent une limitation des effets de la plasticité cérébrale (Ballantyne et al., 2008). Il semble que plus l'épilepsie est précoce, plus fort est son impact sur le développement du langage et qu'elle influence le langage de manière différentielle en fonction des modules langagiers : effet significatif sur la sémantique et la fluence verbale, non retrouvé sur la phonologie, la syntaxe ou les habiletés globales de langage (Beiley & Im-Bolter, 2021). Ceci apporte un éclairage particulièrement intéressant sur nos résultats. En effet, l'épilepsie est apparue comme une variable significative seulement dans l'analyse en régression multiple de l'indice de contenu de langage, en bonne cohérence avec l'étude citée précédemment.

3.2. Côté de la lésion

Une importante réorganisation cérébrale s'observe après une lésion cérébrale très précoce touchant l'hémisphère gauche et ses liens avec les performances en langage sont encore discutés. Certains auteurs observent des différences dans les trajectoires de langage en fonction du côté de la lésion, parfois au détriment des lésions droites, parfois l'inverse, tandis que d'autres n'observent pas de différence significative (Demir et al., 2015, Reilly et al., 2013, Northam et al., 2018).

Dans l'étude de Newport et al. (2022), un AVC ischémique artériel périnatal (AVCiap) gauche impliquant au moins 1/3 de l'artère cérébrale moyenne entraînait une organisation cérébrale pour le langage dans les régions homotopiques controlatérale. L'hémisphère droit semblait capable de soutenir le développement du langage, même dans ses aspects complexes, compte tenu des performances langagières normales observées auprès des adolescents et adultes de l'étude. L'étude de Northam et al. (2018) allait également dans ce sens. Dans leur étude, Ilvès et al. (2022) nuancent ce propos. Bien que leurs observations concernant la réorganisation cérébrale à droite soient similaires, les enfants et adolescents concernés par un AVCiap gauche présentaient de moins bonnes

performances langagières que les sujet contrôles. De plus, ceux pour lesquels la lésion était étendue et la latéralisation du langage à droite avaient des résultats langagiers inférieurs à ceux dont la dominance langagière restait gauche. Ils en concluaient que la plasticité cérébrale après un AVC périnatal est limitée et qu'elle ne permet pas toujours aux individus de développer des habiletés de langage comparables à la population neurotypique. Pour notre cohorte, l'analyse de la spécialisation hémisphérique est en cours et fera prochainement l'objet d'une mise en lien avec les données cliniques.

3.3. Caractéristiques lésionnelles (taille, localisation)

L'impact des caractéristiques lésionnelles fait également débat, notamment l'influence de la localisation. Des études mettent en évidence l'influence du territoire artériel impliqué, montrant qu'une atteinte des branches principales de l'artère cérébrale moyenne (ACM) est associée à des difficultés langagières dans 58% des cas contre 10 à 25 % en cas de lésion autre de l'ACM et 17% pour les lésions des artères cérébrales antérieures ou postérieures (Wagenaar et al., 2018). D'autres ne retrouvent pas de lien entre le territoire artériel et les résultats langagiers (Chabrier et al., 2016). Il semblerait que l'implication spécifique de certaines aires ou de certains réseaux soient la plus déterminante. Ainsi, une lésion gauche au niveau de la jonction temporo-pariétale impactant la voie dorsale serait associée à une forme développementale d'aphasie de conduction (Northam et al., 2018). L'influence de la taille de la lésion est aussi discutée : si elle n'apparaît pas déterminante pour le niveau de langage après AVC périnatal pour certains, d'autres observent des performances meilleures en cas de lésion impliquant plusieurs lobes cérébraux comparé aux lésions plus focales (Northam et al., 2018, Ballantyne et al., 2007).

3.4. Influence du Sexe ?

On peut s'interroger sur l'influence potentielle du sexe sur le développement du langage après AVC périnatal. La plupart des études n'ont pas mis en évidence d'influence significative de ce facteur sur le développement du langage, pourtant quelques-unes suggèrent des différences d'activations cérébrales entre filles et garçons au cours de tâches langagières sous IRMf (Chabrier et al., 2016, Ilvès et al., 2022). Dans la population générale, le sexe masculin est reconnu comme un facteur de risque important de développer un trouble du langage (Rudolph et al., 2017). De plus, des différences sont observées sur le plan de la neuroplasticité entre filles et garçons. Néanmoins ces différences corticales ne semblent que peu associées aux performances cliniques et pourraient se limiter à des périodes très spécifiques de la maturation cérébrale (Riva, 2021). Il est pour l'heure difficile de faire la part des choses entre facteurs biologiques et facteurs environnementaux tant ces deux aspects semblent être réciproquement liés.

Pour toutes ces raisons, il sera particulièrement intéressant d'aller plus loin dans l'analyse des données en étudiant les données cliniques de l'évolution des habiletés de langage entre 7 ans et 16 ans dans la cohorte AVC_{nn} à la lumière des caractéristiques biologiques, lésionnelles et des résultats de l'imagerie cérébrale (notamment la spécialisation hémisphérique des réseaux de langage à l'échelle individuelle).

4. Facteurs d'influence exogènes

Si les facteurs biologiques et neurologiques au sens large influencent le développement du langage après lésion cérébrale très précoce, il est également important de tenir compte de l'environnement dans lequel l'individu évolue. Ainsi, le niveau socio-économique (NSE) de la famille serait un bon prédicteur des résultats langagiers à 7 ans après un AVCian (Chabrier et al., 2016). De même, l'exposition de l'enfant au langage jouerait un rôle particulièrement déterminant dans le développement de son langage, au même titre que chez les enfants sans lésion cérébrale. Ces facteurs socio-environnementaux contribueraient plus que le statut lésionnel au développement des habiletés de langage (Demir et al., 2015).

Dans la population neurotypique, les facteurs biologiques et environnementaux interagissent et influencent le développement du langage des enfants. Leurs contributions respectives évoluent au cours du temps. Les facteurs environnementaux prédisent bien les habiletés de langage jusqu'à l'âge de 7 ans puis il semble que leur contribution diminue après l'entrée à l'école (Eadie et al., 2021). Des différences en lien avec le NSE de la familles sont observées chez les enfants dans les structures corticales de régions impliquées dans le langage et des faisceaux de substance blanche. Ces différences persistent à l'âge adulte (Loued-Khenissi et al., 2022). De même, la quantité et la complexité du langage adressé à l'enfant entre 18 mois et 3 ans ½ permet de prédire les modifications d'épaisseur corticale entre 9 ans et 16 ans et ce, au-delà du NSE et du niveau intellectuel des parents (Demir et al., 2021).

Nos résultats d'étude de corrélation n'ont pas permis de mettre en évidence de lien significatif entre le NSE de la famille à 7 ans et les performances en langage à 16 ans. Pour ces raisons, ce facteur n'a pas été inclus dans les analyses en régression multiple. Néanmoins, ce résultat paraît surprenant compte tenu du fait qu'un lien d'association significatif était observé avec le profil de langage à 7 ans (Chabrier et al., 2016). Une étude plus approfondie des résultats de cette étude de corrélation sera nécessaire pour identifier d'éventuels facteurs confondants.

5. Limites méthodologiques

Cette étude a porté sur des sujets pour lesquels des données de langage étaient disponibles à 7 ans et à 16 ans (N=27). 100 enfants étaient initialement inclus dans la cohorte AVC_{nn} puis 72 ont été revus pour une évaluation du langage à 7 ans. Cette diminution du nombre de participants aux

différents temps de mesure est fréquente, elle nous amène à considérer la portée de nos résultats avec prudence en l'absence d'analyse plus précise sur la représentativité de notre échantillon.

Par ailleurs, cette étude longitudinale apporte des éléments sur l'évolution du langage entre deux temps d'évaluation espacés de presque 10 ans mais ne permet pas d'apprécier la dynamique des trajectoires de développement des sujets entre ces deux temps, qui ne sont probablement pas linéaires.

Malgré toutes les précautions prises pour construire un modèle de mise en correspondance des données entre les deux âges, certains choix peuvent être discutés. Nous avons notamment opéré une réduction des variables à 7 ans, sélectionnées a priori, et réalisée sur la base des résultats obtenus par notre échantillon (N=27) mais il serait intéressant de vérifier sa validité sur l'ensemble des données de langage disponibles à 7 ans (N=72) afin d'améliorer la puissance de nos analyses. Il est également important de garder à l'esprit le fait que cette réduction a été opérée à partir des scores obtenus par des enfants concernés par un AVCian et donc à très haut risque de présenter des altérations du langage. En l'absence de méthodologie similaire dans la population à développement neurotypique, il est exclu d'extrapoler les résultats à d'autres sujets. Les études de corrélation entre les deux temps d'évaluation pour chaque composante doivent également être considérés avec prudence compte tenu des réserves inhérentes à la mise en correspondance de données issues de batteries d'évaluation différentes. Une analyse plus fine des compétences langagières impliquées dans les différentes épreuves aux deux âges permettrait d'améliorer la pertinence de notre modèle. De manière générale, cette étude gagnerait en pertinence par l'ajout d'analyses plus qualitatives.

Enfin, nous avons souhaité baser l'étude de l'évolution des résultats entre les deux temps sur des critères quantitatifs et cliniques. Comme le soulignent Skopek & Passaretta (2020, p11) « L'étude de l'évolution des écarts de réussite [...] pose d'importants problèmes de mesure », particulièrement dans le domaine de l'étude du développement cognitif de l'enfant, compte tenu des changements qualitatifs des aptitudes avec l'âge. D'autres méthodes permettraient de relever ce défi, probablement plus rigoureuses, à la fois sur les seuils de changement de scores et les seuils de changements cliniques. Une analyse en classes latentes pourrait également être envisagée.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette étude s'est intéressée au développement du langage oral de l'enfance à l'adolescence après un accident vasculaire cérébrale ischémique artériel néonatal (AVCian). Elle est remarquable compte tenu de l'homogénéité de sa population, de son effectif rapporté à la fréquence de la pathologie et de la longueur du suivi, unique au niveau national et international auprès de cette population. Nos résultats mettent en évidence la variabilité des trajectoires individuelles entre 7 ans et 16 ans au sein de cette population. Les difficultés initiales de langage se résolvent pour certains individus mais elles

persistent ou émergent tardivement pour d'autres, soulignant la nécessité d'un suivi régulier du développement du langage, au-delà de l'âge scolaire. Les compétences langagières à 7 ans au sein de chaque composante langagière ne sont pas suffisantes pour expliquer de grandes proportions de leur variance à l'adolescence. Bien que les compétences morphosyntaxiques initiales prédisent le mieux les habiletés de chacune des composantes du langage oral à 16 ans, d'autres facteurs doivent être pris en compte.

Mieux comprendre l'influence des facteurs biologiques, cognitifs et socio-environnementaux est primordial. Ainsi ce travail pourra se poursuivre par la prise en compte de variables supplémentaires dans l'étude du développement du langage et notamment le sexe, les caractéristiques lésionnelles, l'épilepsie, l'efficacité intellectuelle, la présence d'une atteinte motrice, les caractéristiques environnementales, le développement de la lecture. Une attention particulière sera également portée sur le lien avec la dominance hémisphérique pour le langage

Identifier les enfants les plus à risque d'avoir des difficultés de langage persistantes ou émergentes après un AVC permettrait de mettre en place des stratégies de prévention et d'intervention précoce et ciblée dans l'objectif de réduire les difficultés à long-terme, limiter les sur-handicaps associés, réduire les inégalités dans le développement langagier, scolaire et psycho-social et in fine permettre aux adolescents d'atteindre une qualité de vie optimale.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

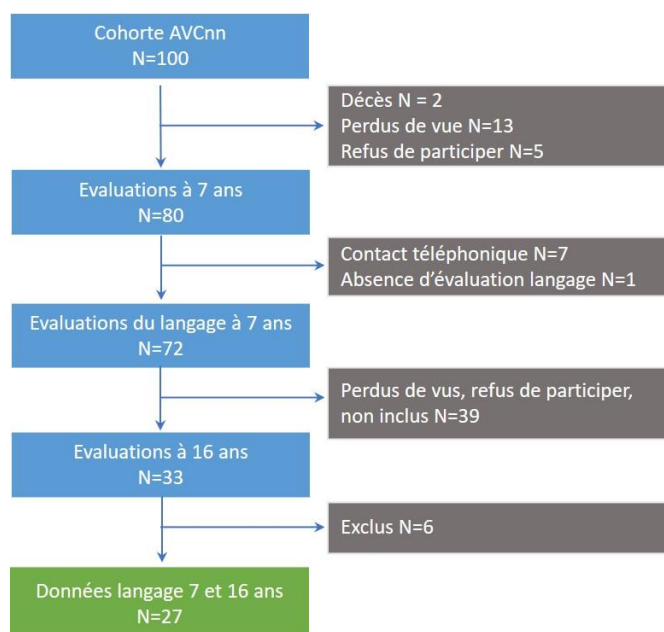
- Ballantyne, A. O., Spilkin, A. M., & Trauner, D. A. (2007). Language outcome after perinatal stroke : Does side matter? *Child Neuropsychology: A Journal on Normal and Abnormal Development in Childhood and Adolescence*, 13(6), 494-509. <https://doi.org/10.1080/0929704060111487>
- Ballantyne, A. O., Spilkin, A. M., Hesselink, J., & Trauner, D. A. (2008). Plasticity in the developing brain: intellectual, language and academic functions in children with ischaemic perinatal stroke. *Brain : a journal of neurology*, 131(Pt 11), 2975–2985. <https://doi.org/10.1093/brain/awn176>
- Basaglia-Pappas, S. (2021). *Etude de l'interrelation entre langage oral et fonctions exécutives Apport des aphasies primaires progressives* (Doctoral dissertation, Université de Lille).
- Bates, E., Reilly, J., Wulfeck, B., Dronkers, N., Opie, M., Fenson, J., Kriz, S., Jeffries, R., Miller, L., Herbst, K. (2001). Differential Effects of Unilateral Lesions on Language Production in Children and Adults. *Brain and Language* 79(2), 223-265. <https://doi.org/10.1006/brln.2001.2482>.
- Bassano, D., Labrell, F., & Bonnet, P. (2020). Évaluer les débuts du langage avec le DLPF. Lexique, grammaire et pragmatique chez le jeune enfant. [halshs-02436994](https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-02436994)
- Bailey, K., & Im-Bolter, N. (2021). Language in childhood epilepsy: A systematic review and meta-analysis. *Epilepsy & behavior : E&B*, 114(Pt A), 107621. <https://doi.org/10.1016/j.yebeh.2020.107621>
- Bloom, L., & Lahey, M. (1978). *Language development, language disorders*. New York : John Wiley and Sons
- Brignell, A., Williams, K., Jachno, K., Prior, M., Reilly, S., & Morgan, A. T. (2018). Patterns and Predictors of Language Development from 4 to 7 Years in Verbal Children With and Without Autism Spectrum Disorder. *Journal of autism and developmental disorders*, 48(10), 3282–3295. <https://doi.org/10.1007/s10803-018-3565-2>
- Carpentier, T. & Desbiens, N. (2021). La communication sociale chez les enfants présentant un trouble du comportement : une avenue vers des interventions prometteuses. *Enfance en difficulté*, 8, 47–70. <https://doi.org/10.7202/1075506ar>
- Chabrier, S., Saliba, E., Nguyen The Tich, S., Charollais, A., Varlet, M. N., Tardy, B., Presles, E., Renaud, C., Allard, D., Husson, B., & Landrieu, P. (2010). Obstetrical and neonatal characteristics vary with birthweight in a cohort of 100 term newborns with symptomatic arterial ischemic stroke. *European journal of paediatric neurology : EJPN : official journal of the European Paediatric Neurology Society*, 14(3), 206–213. <https://doi.org/10.1016/j.ejpn.2009.05.004>
- Chabrier, S., Peyric, E., Drutel, L., Deron, J., Kossorotoff, M., Dinomais, M., Lazaro, L., Lefranc, J., Thébault, G., Dray, G., Fluss, J., Renaud, C., Nguyen The Tich, S., & Accident Vasculaire Cérébral du nouveau-né (AVCnn; [Neonatal Stroke]) Study Group (2016). Multimodal Outcome at 7

- Years of Age after Neonatal Arterial Ischemic Stroke. *The Journal of pediatrics*, 172, 156–161.e3. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2016.01.069>
- Chao, Y. S., & Wu, C. J. (2017). Principal component-based weighted indices and a framework to evaluate indices: Results from the Medical Expenditure Panel Survey 1996 to 2011. *PloS one*, 12(9), e0183997. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183997>
- Chevrier-Muller, C., & Plaza, M. (2001). Nouvelles épreuves pour l'examen du langage. Les éditions du centre de psychologie appliquée (ECPA).
- Daviault, D. (2011). *L'émergence et le développement du langage chez l'enfant*. Chenelière éducation.
- Dehaene-Lambertz, G., Dehaene, S., & Hertz-Pannier, L. (2002). Functional neuroimaging of speech perception in infants. *Science (New York, N.Y.)*, 298(5600), 2013–2015. <https://doi.org/10.1126/science.1077066>
- Demir, Ö. E., Rowe, M. L., Heller, G., Goldin-Meadow, S., & Levine, S. C. (2015). Vocabulary, syntax, and narrative development in typically developing children and children with early unilateral brain injury: early parental talk about the "there-and-then" matters. *Developmental psychology*, 51(2), 161–175. <https://doi.org/10.1037/a0038476>
- Demir-Lira, Ö. E., Asaridou, S. S., Nolte, C., Small, S. L., & Goldin-Meadow, S. (2021). Parent Language Input Prior to School Forecasts Change in Children's Language-Related Cortical Structures During Mid-Adolescence. *Frontiers in human neuroscience*, 15, 650152. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.650152>
- Dubois, J., Dehaene-Lambertz, G., Kulikova, S., Poupon, C., Hüppi, P. S., & Hertz-Pannier, L. (2014). The early development of brain white matter : A review of imaging studies in fetuses, newborns and infants. *Neuroscience*, 276, 48-71. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2013.12.044>
- Ducastelle, C. (2004). Proposition d'une batterie d'évaluation du langage élaboré (niveau lexical) et normalisation en population générale. *Glossa*, 44-56.
- Eadie, P., Bavin, E. L., Bretherton, L., Cook, F., Gold, L., Mensah, F., Wake, M., & Reilly, S. (2021). Predictors in Infancy for Language and Academic Outcomes at 11 Years. *Pediatrics*, 147(2), e20201712. <https://doi.org/10.1542/peds.2020-1712>
- Falissard, B. (2005). *Comprendre et utiliser les statistiques dans les sciences de la vie* (pp. 279-307). Paris, France: Masson.
- Fluss, J., Dinomais, M., & Chabrier, S. (2019). Perinatal stroke syndromes: Similarities and diversities in aetiology, outcome and management. *European journal of paediatric neurology : EJPN : official journal of the European Paediatric Neurology Society*, 23(3), 368–383. <https://doi.org/10.1016/j.ejpn.2019.02.013>
- Goldin-Meadow, S., Levine, S. C., Hedges, L. V., Huttenlocher, J., Raudenbush, S. W., & Small, S. L. (2014). New evidence about language and cognitive development based on a longitudinal

- study: hypotheses for intervention. *The American psychologist*, 69(6), 588–599.
<https://doi.org/10.1037/a0036886>
- Ilves, N., Männamaa, M., Laugesaar, R., Ilves, N., Loorits, D., Vaher, U., Kool, P., & Ilves, P. (2022). Language lateralization and outcome in perinatal stroke patients with different vascular types. *Brain and language*, 228, 105108. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2022.105108>
- Kern, S. (2022). Le développement du langage oral : les 1000 premiers jours. Dans P. Fournieret & E. Gentaz (Dir.), *Le développement neurocognitif de la naissance à adolescence* (p.69-78). Elsevier Masson.
- Knecht, M., & Lidzba, K. (2016). Processing verbal morphology in patients with congenital left-hemispheric brain lesions. *Brain and language*, 157-158, 25–34.
<https://doi.org/10.1016/j.bandl.2016.04.011>
- Lidzba, K., de Haan, B., Wilke, M., Krägeloh-Mann, I., & Staudt, M. (2017). Lesion characteristics driving right-hemispheric language reorganization in congenital left-hemispheric brain damage. *Brain and language*, 173, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2017.04.006>
- Loued-Khenissi, L., Trofimova, O., Vollenweider, P., Marques-Vidal, P., Preisig, M., Lutti, A., Kliegel, M., Sandi, C., Kherif, F., Stringhini, S., & Draganski, B. (2022). Signatures of life course socioeconomic conditions in brain anatomy. *Human Brain Mapping*, 43(8), 2582-2606.
<https://doi.org/10.1002/hbm.25807>
- Murdaugh, G., Morris, S. & O’Toole, K. (2018). Tracking of neurocognitive outcomes over time in children with perinatal stroke and associated complex medical conditions: a case series. *Neurocase*. <https://doi.org/10.1080/13554794.2018.1525410>
- Newport, E. L., Seydell-Greenwald, A., Landau, B., Turkeltaub, P. E., Chambers, C. E., Martin, K. C., ... & Gaillard, W. D. (2022). Language and developmental plasticity after perinatal stroke. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(42), e2207293119.
<https://doi.org/10.1073/pnas.2207293119>.
- Northam, G. B., Adler, S., Eschmann, K. C. J., Chong, W. K., Cowan, F. M., & Baldeweg, T. (2018). Developmental conduction aphasia after neonatal stroke. *Annals of neurology*, 83(4), 664–675.
<https://doi.org/10.1002/ana.25218>
- Paediatric Stroke Working Group, Royal College of Paediatrics and Child Health. Stroke in childhood: clinical guidelines for diagnosis, management and rehabilitation. *Royal College of Physicians* 2017.
- Records, N. L., & Tomblin, J. B. (1994). Clinical decision making: Describing the decision rules of practicing speech-language pathologists. *Journal of Speech and Hearing Research*, 37(1), 144-156.

- Reilly, J. S., Wasserman, S., & Appelbaum, M. (2013). Later language development in narratives in children with perinatal stroke. *Developmental science*, 16(1), 67–83. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2012.01192.x>
- Riva D. (2021). Sex and gender difference in cognitive and behavioral studies in developmental age: An introduction. *Journal of neuroscience research*, 101(5), 543–552. <https://doi.org/10.1002/jnr.24970>
- Rudolph, J. M. (2017). Case History Risk Factors for Specific Language Impairment : A Systematic Review and Meta-Analysis. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 26(3), 991-1010. https://doi.org/10.1044/2016_AJSLP-15-0181
- Shusterman M. (2015). Introducing the term 'early developmental brain injury/interference' and a new framework for discussing cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 57(2), 110–111. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12642>
- Skopek, J., & Passaretta, G. (2021). Socioeconomic inequality in children’s achievement from infancy to adolescence: the case of Germany. *Social Forces*, 100(1), 86-112.
- Stephan-Otto, C., Núñez, C., Arca, G., Agut, T., & García-Alix, A. (2017). Three-Dimensional Map of Neonatal Arterial Ischemic Stroke Distribution from Early Multimodal Brain Imaging. *Stroke*, 48(2), 482–485. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.116.014186>
- Suggate, S., Schaughency, E., McAnally, H., & Reese, E. (2018). From infancy to adolescence: The longitudinal links between vocabulary, early literacy skills, oral narrative, and reading comprehension. *Cognitive Development*, 47, 82-95.
- Olulade, O. A., Seydell-Greenwald, A., Chambers, C. E., Turkeltaub, P. E., Dromerick, A. W., Berl, M. M., Gaillard, W. D., & Newport, E. L. (2020). The neural basis of language development: Changes in lateralization over age. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117(38), 23477–23483. <https://doi.org/10.1073/pnas.1905590117>
- Wagenaar, N., Martinez-Biarge, M., van der Aa, N. E., van Haastert, I. C., Groenendaal, F., Benders, M. J. N. L., Cowan, F. M., & de Vries, L. S. (2018). Neurodevelopment After Perinatal Arterial Ischemic Stroke. *Pediatrics*, 142(3), e20174164. <https://doi.org/10.1542/peds.2017-4164>
- Westmacott, R., MacGregor, D., Askalan, R., & deVeber, G. (2009). Late emergence of cognitive deficits after unilateral neonatal stroke. *Stroke*, 40(6), 2012–2019. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.108.533976>
- Wiig, E.H., Semel, E., Secord, W.A. (2019) Clinical Evaluation of Language Fundamentals - Fifth Edition (CELF 5) – Adaptation française par Pearson. ECPA

Annexe A : Population d'étude

1. Diagramme de flux2. Principales caractéristiques de la population d'étude

		Population d'étude (N=27)	
Âge au moment de l'évaluation			
AVC_{nn}^{7ans} , moyenne (Min – Max)	7 ans	6 ans 10 – 7 ans 7)	
AVC_{nn}^{ADO} , moyenne (Min – Max)	16 ans 3	(16 ans -17 ans)	
Sexe			
Féminin	11	(40,7%)	
Masculin	16	(59,3 %)	
Niveau socio-économique			
AVC_{nn}^{7ans} , moyenne (Min – Max)	38,5	(19 ,5 – 66)	
AVC_{nn}^{ADO} , moyenne (Min – Max)	40,1	(14 – 67,5)	
Côté de la lésion			
Droit	9	(33,3%)	
Gauche	18	(66,7%)	
Territoire artériel			
ACA	4	(14,8%)	
ACM	22	(81,5%)	
ACP	1	(3,7%)	
Classe lésionnelle			
L. superficielle 1 Gyus	12	(44,4%)	
L. superficielle > 1 gyus	8	(29,6%)	
L. impliquant les noyaux gris centraux	7	(25,9%)	
Epilepsie			
A 7 ans	3	(11,1%)	
A 16 ans	5	(18,5%)	

Annexe B : Statistiques descriptives

1. Variables de langage à 7 ans

	Morpho	ListeAB	Topo	Voc1	Voc2	Lex1	Lex2
Valid	26	27	27	26	27	26	26
Missing	1	0	0	1	0	1	1
Mean	-1.056	-1.489	-1.524	-1.019	-0.576	-0.821	-0.872
Std. Deviation	1.294	2.058	2.182	1.207	1.403	1.877	1.323
Skewness	0.230	-0.566	-0.840	-0.534	-0.196	-1.154	-0.214
Kurtosis	-1.317	-1.093	-0.351	0.238	-0.975	0.418	-1.104
Shapiro-Wilk	0.930	0.887	0.883	0.958	0.951	0.794	0.905
P-value of Shapiro-Wilk	0.076	0.007	0.006	0.345	0.225	< .001	0.020
Minimum	-2.910	-5.219	-6.054	-3.748	-3.349	-5.254	-3.548
Maximum	1.144	0.878	0.869	0.936	1.779	0.678	0.800

2. Scores composites à 7 ans et à 16 ans

	Scores composites NEEL (7 ans)					Indices composites CELF 5 (16 ans)				
	Sc Expression	Sc Reception	Sc Lexique	Sc Syntaxe	Sc LO global	ILE	ILR	ICL	ISL	NG
Valid	25	26	25	26	24	27	27	27	27	27
Missing	2	1	2	1	3	0	0	0	0	0
Mean	-0.841	-1.181	-0.820	-1.257	-0.967	84.815	89.074	86.259	87.296	86.481
Std. Deviation	1.066	1.613	1.243	1.466	1.290	18.119	18.151	17.941	17.841	18.916
Skewness	0.216	-0.700	-0.449	-0.279	-0.321	-0.069	0.125	0.105	-0.308	0.141
Kurtosis	-1.177	-0.170	-0.826	-1.313	-1.051	-0.723	-0.433	-0.326	-0.408	-0.365
P-value of Shapiro-Wilk	0.176	0.068	0.167	0.070	0.177	0.735	0.875	0.888	0.752	0.561
Minimum	-2.404	-5.240	-3.177	-3.701	-3.535	50.000	53.000	51.000	50.000	50.000
Maximum	0.995	0.793	1.032	0.906	0.871	118.000	125.000	121.000	118.000	127.000

Annexe C : Etude de corrélation des variables langagières à 7 ans

Variable	Voc1	Voc2	Lex1	Lex2	Topo	ListeAB	Morpho
1. Voc1	Spearman's rho						
	p-value						
2. Voc2	Spearman's rho 0.593						
	p-value 0.001*						
3. Lex1	Spearman's rho 0.421 0.340						
	p-value 0.036 0.089						
4. Lex2	Spearman's rho 0.642 0.636 0.675						
	p-value < .001* < .001* < .001*						
5. Topo	Spearman's rho 0.468 0.653 0.396 0.745						
	p-value 0.016 < .001* 0.045 < .001*						
6. ListeAB	Spearman's rho 0.485 0.551 0.512 0.730 0.669						
	p-value 0.012 0.003 0.007 < .001* < .001*						
7. Morpho	Spearman's rho 0.582 0.466 0.357 0.533 0.438 0.604						
	p-value 0.002* 0.016 0.080 0.006 0.025 0.001*						

* P-value ≤ 0.0024 (Bonferroni)

Annexe D : Etude des liens d'association entre variables à 7 ans et indices de langage à 16 ans

Test de corrélation (Spearman) – Niveau socio-économique à 7 ans / Indices composites à 16 ans

Variable		NG	ILR	ILE	ICL	ISL
NSE	Spearman's rho	0.340	0.283	0.359	0.302	0.375
	p-value	0.083	0.152	0.066	0.125	0.054

Tests de Student pour échantillons indépendants

Variables quantitatives	Variables qualitatives (p-value)			
	Sexe	Epilepsie 7 ans	Côté de la lésion	Territoire artériel
NG	0.852	0.007	0.196	0.389
ILE	0.818	0.005	0.076	0.327
ILR	0.880	0.009	0.229	0.577
ICL	0.930	0.007	0.126	0.334
ISL	0.877	0.007	0.220	0.636

Analyse de variance (ANOVA)

Pour chacune des ANOVA réalisées, les conditions de validités sont remplies : le test de Levene a montré que la variance est égale pour les trois groupes, la distribution des résidus suit une loi normale. Les ANOVA indépendantes univariées n'ont pas montré d'effet significatif de la classe lésionnelle sur les indices composites de langage à 16 ans. Les tests post hoc utilisant la correction de Bonferroni n'ont pas modifié ces résultats.

Variables dépendantes	Sum of Squares	Df	Mean	F	p
NG	277.646	2	138.823	0.369	0.695
ILE	238.342	2	119.171	0.345	0.712
ILR	90.828	2	45.414	0.129	0.880
ICL	39.507	2	19.753	0.057	0.945
ISL	252.606	2	126.303	0.378	0.689