

La segmentation non linguistique permet-elle de prédire l'alphabétisation dans un enseignement en seconde langue (L2) ? L'apprentissage statistique dans les écoles primaires ivoiriennes

Benjamin D. Zinszer,^{a*} Joelle Hannon,^b Aya Élise Kouadio,^c Hermann Akpé,^c
Fabrice Tanoh,^{c,d} Anqi Hu,^b Zhenghan Qi,^e & Kaja Jasińska^{f,g}

Traduit par : Nana N'Goh Anicet

^aSwarthmore College

^bUniversité du Delaware

^cUniversité Félix Houphouët-Boigny

^dUniversité Peleforo Gon Coulibaly

^eUniversité de Nord-Est

^fUniversité de Toronto

^gLaboratoires Haskins

* Pour la correspondance au sujet de cet article, veuillez vous adresser à Benjamin Zinszer, Swarthmore College, 500 College Ave., Swarthmore, PA 19081, USA.

Remerciements

Nous sommes reconnaissants aux assistants de recherche ivoiriens pour leur aide à la collecte de données : Danielle Kablan, Binette Koffi, Anicet N'Goh, Anthème Yapo, Armand Yeboue, Adji Yves; aux assistants chercheurs américains qui ont aidé à créer le matériel de teste: Victoria Bobowska, Erin Curran, Rebecca Flack, Elise Shealy, and Jiamian Wang; à l'illustrateur: Krista Webster; à Notre programmeur Python Betty Zhang; et à Madeleine Wang pour leur apport du résumé accessible. Nous aimerions aussi remercier les enfants, familles et enseignants, et membres des communautés Attié qui ont pris part à cette étude.

Nous souhaitons remercier la fondation Jacobs à travers le programme de Transformer l'Éducation dans les Communautés Cacaotières (TRECC) pour son soutien. Ce programme est financé par une subvention de recherche en début de carrière de la revue *Language Learning* (PI : B. Zinszer). Une subvention de renforcement des capacités scientifiques a été fournie par la fondation Jacobs à travers l'Institut National de Surdité et d'autres Troubles de Communication (NIH R21DC017576; PI: Z. Qi), et le fonds de la faculté de recherche du College Swarthmore (PI: B. Zinszer). pour soutenir les universitaires ivoiriens (2015-1184 ; PI : K. Jasińska),

RÉSUMÉ

L'Apprentissage Statistique (SL) est un mécanisme d'apprentissage qui ne dépend pas directement de la connaissance d'une langue, mais prédit des résultats de langage et d'alphabétisation pour enfants et adultes. Les recherches liant l'apprentissage statistique et alphabétisation n'ont pas concerné les enfants qui apprennent pour la première fois à lire dans leur seconde langue (L2), commune dans les écoles primaires à travers le monde entier. Plusieurs études ont établi un lien entre la seconde langue et l'alphabétisation des enfants en Australie, en Chine, en Europe, et les États Unis., et nous avons préenregistré une adaptation pour la Côte d'Ivoire, où des enfants sont scolarisés en français et parlent une langue locale à la maison. Après avoir recruté 117 élèves en classe de CM2 des écoles primaires de plusieurs villages, nous avons fait le test pour des corrélations supérieures à 0,3 entre la langue maternelle et alphabétisation avec un taux allant de 80 et 90%. Nous n'avons trouvé aucune preuve pour ces corrélations, mais l'apprentissage statistique visuel (VSL) a été corrélé avec la conscience phonologique en seconde langue (L2). Bien que ce résultat puisse suggérer un rôle de la seconde langue dans les compétences émergentes en seconde langue (L2), il souligne la nécessité d'inclure les contextes d'acquisition de la seconde langue (L2) dans la recherche sur l'alphabétisation.

INTRODUCTION

Pour des millions d'enfants, l'enseignement primaire et spécifiquement, l'apprentissage de la lecture est entrepris dans une seconde langue. Par exemple, plus de 14 millions d'enfants parlent une langue minoritaire aux États Unis et sont éduqués principalement ou exclusivement dans la langue majoritaire (anglais), qui fait l'objet de nombreuses recherches sur les acquis liés à l'apprentissage dans une seconde langue (voir August & Shanahan, 2006 pour une revue). Dans plusieurs pays, des écoles primaires utilisent une langue nationale parlée localement par une minorité de la population pour normaliser l'éducation en faveur des enfants qui parlent des langues régionales. En Côte d'Ivoire, un pays d'Afrique de l'Ouest de 26 millions d'habitants (dont 40% âgé de moins de 15 ans; CIA World Factbook, 2019), des élèves des écoles primaires sont scolarisés en français tout en parlant typiquement une langue locale à la maison (Ayewa, 2018; Brou-Diallo, 2011). Il en va de même dans de nombreuses autres nations d'Afrique subsaharienne où le français ou l'anglais servent de langues nationales officielles ou non officielles pour des personnes parlant des douzaines de langues locales et régionales (e.g., Ethiopia: Mekonnen, 2009; Kenya: Jasińska, Wolff, Jukes, & Dubeck, 2019; South Africa: Schaefer & Kotze, 2019; Zimbabwe: Thondhlana, 2002) et en Chine où l'éducation primaire est conduite en Mandarin sans tenir compte du dialecte régional (Feng & Adamson, 2019). Partout dans le monde, des millions d'enfants aux premiers pas vers l'alphabétisation dépendent de l'acquisition d'une seconde langue souvent simultanée.

L'une des principales préoccupations de la recherche et de l'intervention en matière d'alphabétisation est d'identifier les aptitudes antécédentes d'une lecture réussie, aussi connu comme alphabétisation émergente, dans laquelle les enfants acquièrent à la fois les aptitudes orales et les aptitudes de décodages pour une orthographe visuelle (Storch & Whitehurst, 2002; Whitehurst & Lonigan, 1998). Ce sentier de développement du langage oral à la littératie émergente est plus compliquée dans une seconde langue (L2), où les compétences en langage orale, la capacité du traitement phonologique, et la connaissance des caractères imprimés apparaissent à différents temps et varient considérablement d'une population à l'autre (August & Shanahan, 2006; Chan & Sylva, 2015), et où l'importance relative de ces compétences en langage oral et en caractères imprimés dans la première langue (L1) et la seconde langue (L2) pour la littératie en seconde langue (L2) change avec l'âge (Jasińska et al., 2019). Particulièrement dans des communautés agricoles à faible revenu comme la Côte d'Ivoire rurale, de nombreux lecteurs émergents acquièrent des bases orales et écrites en français (L2) au milieu et à la fin de l'enfance, à partir d'un ensemble diversifié de (L1) et d'aptitudes phonologiques (L1) (Akpé et al., 2021 ; Ball et al., 2022 ; Jasińska et al., 2022). C'est pourquoi, des généralisations sur des aptitudes qui sous-tendent

l'alphabétisation de l'enfance pourraient être grandement améliorées par des paradigmes expérimentaux qu'on peut appliquer à de nombreux enfants de première et de seconde langue. Cela, avec une exposition variable à l'imprimé et des âges d'acquisition variables, c'est-à-dire des tâches non linguistiques qui offrent des perspectives sur les différences individuelles dans les résultats linguistiques (tels que l'alphabétisation).

Dans le présent article, nous nous intéressons à l'apprentissage statistique en tant que mécanisme cognitif et, spécifiquement, sur la segmentation de la séquence non linguistique des séquences en tant que paradigme expérimental généralement associé aux résultats d'apprentissage de la langue (Saffran, 2003 (Saffran, 2003) afin de jeter les bases d'une compréhension de l'alphabétisation dans les contextes d'apprentissage d'une langue étrangère et dans les contextes "non W.E.I.R.D.", c'est-à-dire des populations situées en dehors du cadre de l'éducation occidentale, pays industrialisés, riches, et démocratiques dans lesquels la recherche en psychologie est souvent effectuée (Henrich, Heine, & Norenzayan, 2010).

Des études sur les résultats de l'alphabétisation des enfants aux États-Unis, en Australie, en Norvège et en Chine ont déjà identifié l'apprentissage statistique visuel (VSL) et auditif non linguistique comme étant un prédicteur significatif des compétences en alphabétisation des enfants (par exemple, la lecture des lettres, des mots et des phrases) dans différentes langues, tout en ne dépendant d'aucune connaissance spécifique à la langue pour la tâche de l'apprentissage statistique (SL) elle-même (Arciuli & Simpson, 2012 ; Qi et al., 2019 ; Torkildsen et al., 2019 ; Tong et al., 2019). Celles-ci offrent ainsi un terrain d'entente possible pour étudier les enfants qui apprennent à lire dans n'importe quelle langue. Cependant, très peu d'études ont testé des enfants dans des contextes éducatifs non W.E.I.R.D. (voir Tong et al., 2019 pour une exception), et aucune n'a testé des enfants dans leur deuxième langue (voir l'examen des études sur la seconde langue (L2) chez l'adulte ci-dessous).

Nous avons proposé une adaptation préenregistrée de tâches d'apprentissage statistique non linguistiques qu'on peut à la fois déployer dans des environnements disposant de ressources technologiques limitées et culturellement pertinentes pour les enfants des zones rurales de Côte d'Ivoire, afin d'élargir la portée de la recherche sur l'ALS et l'apprentissage statistique et de contribuer à informer les interventions en matière d'alphabétisation dans cette région (Akpé et al., 2021 ; Madaio et al., 2019a, 2019b ; Seri et al., 2019 ; Tanoh et al., 2019). La compréhension des mécanismes qui sous-tendent l'acquisition de la seconde langue (L2) et l'alphabétisation pourrait permettre d'améliorer les résultats scolaires des enfants du monde entier.

LITTÉRATURE CONTEXTUELLE

Apprentissage statistique, le développement de la langue, et l'alphabétisation.

L'apprentissage statistique est une habileté cognitive du domaine-général qui paraît être disponible tôt dans la vie (Kirkham, Slemmer, & Johnson, 2002; Saffran, (ASL) in, & Newport, 1996) et joue un rôle central dans les théories de l'acquisition de la langue (Saffran, 2003; Sawi & Rueckl, 2019; Romberg & Saffran, 2010). Dans les expériences de l'apprentissage statistique (SL), les participants sont exposés de manière répétée à des stimuli dans des combinaisons, séquences ou fréquences non uniformes, ce qui entraîne l'apprentissage de relations probabilistes ou de contingence sous-jacentes. L'apprentissage statistique des probabilités de transition (par exemple, la probabilité qu'une syllabe suivie d'une autre dans un flux de parole a été démontré chez les nourrissons, les enfants et les adultes jeunes et âgés (Palmer, Hutson, & Mattys, 2018 ; Saffran, Johnson, (ASL) in, & Newport, 1999).

Les capacités d'apprentissage statistique peuvent soutenir les premiers stades de l'acquisition du langage en aidant à identifier les unités linguistiques (par exemple, les mots) dans la parole naturelle parmi d'autres indices irréguliers ou peu fiables (voir Saffran, 2003). L'apprentissage statistique semble soutenir la segmentation des syllabes et des mots dès l'âge de 12 et 16 mois respectivement (Nazzi et al., 2006), bien avant l'entame de la lecture, mais l'apprentissage statistique se montre également sensible aux expériences spécifiques à un domaine (par exemple, la formation musicale améliore les performances en apprentissage statistique auditive ; Vasuki et al., 2017), ce qui soulève la question de savoir si l'expérience linguistique stimule également les performances en apprentissage statistique auditive et visuelle lorsque les tâches comprennent des stimuli verbaux. Par conséquent, on ne sait toujours pas si une plus grande capacité de l'apprentissage statistique améliore la lecture ou si l'apprentissage de la lecture permet aux apprenants d'accéder à des informations précieuses pour l'apprentissage statistique (Hung, Frost, & Pugh, 2018). Il est donc important d'examiner son rôle général dans la lecture à l'aide de stimuli non linguistiques.

La capacité des enfants à segmenter les séquences auditives en unités subordonnées (les phrases en mots, les mots en phonèmes) et leur connaissance des principes d'écriture (par exemple les noms et les sons des lettres) sont des prédicteurs essentiels de la littératie (Storch & Whitehurst, 2002 ; Windfuhr & Snowling, 2001). Ces aptitudes, la segmentation et l'association sont étroitement analogues aux paradigmes d'apprentissage statistique, et des études antérieures sur l'apprentissage statistique ont expliqué les différences de performance en lecture par l'apprentissage statistique non linguistique (comme dans les études sur l'apprentissage statistique visuel (VSL), par exemple Arciuli & Simpson, 2012, et les études sur l'apprentissage statistique (SL) auditive, par exemple Qi et al., 2019) et les

tâches de séquençage linguistique (par exemple, l'ordre des mots ; Bogaerts et al., 2016). Cette apparente généralité de domaine de la seconde langue soutient les comptes d'un ou de plusieurs types de seconde langue influençant les résultats de la lecture, plutôt que l'acquisition de la lecture influençant ces nombreuses capacités d'acquisition de langues secondes différentes.

L'extension de ces résultats à la compréhension d'une seconde langue reste limitée, mais la disponibilité des mécanismes de compréhension orale tout au long de la vie et leur importance dans l'apprentissage d'une première langue (L1) suggèrent une contribution à la compréhension d'une seconde langue (L2) également. Quelques études montrent que les résultats des apprenants adultes de seconde langue sont prévisibles en fonction de leur performance dans des tâches d'apprentissage statistique visuel (VSL) (Frost et al., 2013 ; Yu, 2016) et que l'activité cérébrale compensatoire pendant la lecture en seconde langue (L2) est inversement liée à la performance visuelle de l'apprentissage statistique (Yu et al., 2018). L'étude de Frost et de ses collègues (2013) sur les apprenants adultes d'hébreu comme seconde langue (L2) a révélé que la relation entre l'apprentissage statistique visuel (VSL) et la littératie en hébreu était similaire chez les adultes apprenants de seconde langue (L2) à celle décrite précédemment pour les lecteurs de première langue (L1) d'hébreu, et que la capacité d'apprentissage des formes mesurée par cette tâche, de l'apprentissage statistique visuel (VSL), n'était pas en corrélation étroite avec d'autres explications possibles de cette corrélation (c'est-à-dire des habiletés cognitives générales).

Le langage oral auditif peut prédire la compétence orale en seconde langue (L2) et, à son tour, soutenir la littératie en seconde langue (L2), comme dans l'étude longitudinale de Yu (2016), qui a constaté que l'apprentissage statistique auditif (ASL) n'était pas directement lié aux résultats de la littératie en seconde langue (L2), mais prédisait l'abandon des participants entre le pré-test et le post-test dans un échantillon d'apprenants adultes chinois, ce qui suggère qu'ils ont peut-être eu plus de difficultés que leurs pairs qui sont restés inscrits. L'étude de Qi et al. (2019) sur la première langue (L1) met en évidence un rôle similaire pour la langue orale : la conscience phonologique joue un rôle de médiateur dans la relation entre l'apprentissage statistique (SL) auditives non linguistiques et la littératie. Pour les enfants de l'enseignement primaire, l'obstacle de la compétence orale est d'autant plus pertinent que l'enseignement en classe se fait dans la seconde langue (L2) des enfants. Les simulations de Yang et al. (2013) prévoyaient que les bilingues précoces pouvaient s'appuyer sur les mêmes mécanismes d'apprentissage statistique pour apprendre à lire et à écrire dans les deux langues, mais il existe peu de travaux expérimentaux permettant de valider ce modèle. La section suivante explore ces similitudes et différences entre les enfants apprenant la première langue (L1), les apprenants adultes de la seconde langue (L2) et les enfants apprenant la seconde langue (L2), dans notre population à l'étude.

Généralisation aux apprenants en milieu rural de Côte d'Ivoire.

Dans un contexte global, la question reste ouverte de savoir si les mécanismes qui sous-tendent les formes d'acquisition les plus couramment étudiées, à savoir l'alphabétisation en première langue (L1) chez les enfants et l'alphabétisation en seconde langue (L2) chez les adultes, se traduiront directement pour les enfants qui apprennent à lire pour la première fois dans une seconde langue (L2) (Chan & Sylva, 2015). En particulier lorsqu'on compare les populations W.E.I.R.D. et non W.E.I.R.D. (Henrich, Heine, & Norenzayan, 2010), des différences contextuelles cruciales dans les expériences linguistiques et éducatives des enfants peuvent façonner les relations entre les capacités d'apprentissage statistique, les compétences émergentes en matière de littératie et les résultats finaux en matière de lecture.

Le lien entre l'apprentissage statistique (SL) et l'alphabétisation a le plus souvent été démontré par des systèmes de représentations des sons par des graphies relativement opaques anglais, chinois, hébreu, où la sensibilité aux structures probabilistes latentes est extrêmement importante pour une bonne lecture. L'utilité de l'apprentissage statistique (SL) pourrait diminuer dans des orthographe plus transparentes, où les règles de conversion graphème-phonème sont plus fiables. D'un autre côté, les comparaisons entre des différences de transparence plus étroites n'ont trouvé que peu de preuves d'une quelconque différence dans l'importance de l'apprentissage statistique (SL). L'étude de Frost et al. (2013) auprès d'apprenants adultes d'hébreu en seconde langue (L2) a révélé que la lecture de mots non pointés (relativement opaque) et la lecture de pseudo-mots pointés (relativement transparente) étaient significativement corrélées à la performance de l'apprentissage statistique visuel (VSL) ($r=0,43$, $r=0,57$, respectivement) lorsqu'elles étaient testées au sein du même échantillon de participants. Les simulations de Yang et de ses collègues (2013) sur le chinois et l'anglais ont prédit que la profondeur de l'orthographe modifiait la façon dont la lecture normale et perturbée se manifestait chez les apprenants, tout en maintenant constants les mécanismes d'apprentissage statistique entre les langues, et l'échantillon mixte de Tong et al. (2019) composé d'enfants au développement normal et d'enfants dyslexiques a révélé que les différences individuelles dans l'apprentissage statistique visuel (VSL) étaient corrélées à la lecture de mots chinois ($r=0,46$) et à la connaissance de l'orthographe ($r=0,50$). Le chinois et l'anglais, bien que différents dans une profondeur relative, sont tous deux généralement considérés comme des orthographe opaques.

Le français, langue d'enseignement en Côte d'Ivoire, est très transparent dans le sens de l'écrit vers la parole (moins dans le sens de la parole vers l'écrit) et peut donc nécessiter moins de compétences en matière d'apprentissage statistique. Les études sur les orthographe semi-transparentes (norvégien et allemand) et transparentes (espagnol) ont fourni des preuves mitigées d'un lien entre l'apprentissage statistique (SL) et la littératie. Torkildsen, Arciuli, & Wie (2019) ont trouvé que l'apprentissage statistique visuel (VSL) était

en corrélation avec la lecture de mots ($r=0,30$) après ajustement pour l'âge dans un groupe de 65 enfants norvégiens âgés de 7 à 13 ans. Schmalz et al. (2019) ont constaté qu'en allemand, ni la lecture de mots, ni la lecture de pseudomots, ni la sensibilité aux bigrammes de lettres (une mesure de la connaissance orthographique) n'étaient prédites par la performance à l'une ou l'autre de deux mesures de l'apprentissage statistique (SL) : une tâche d'apprentissage de grammaire artificielle (une autre forme d'apprentissage séquentiel en (SL)) et une tâche de temps de réponse en série (un paradigme de (SL) à séquences motrices). Dans une étude portant sur des enfants hispanophones de huit ans, Nigro et al. (2015) n'ont trouvé aucune preuve que l'apprentissage implicite prédisait la lecture ou l'écriture de pseudo-mots (bien que leur expérience ait été conçue pour détecter des corrélations supérieures à 0,50). Si les effets de la littératie et de l'apprentissage statistique (SL) sont présents mais atténués dans les orthographe plus transparentes, des tailles d'échantillons plus importantes que celles utilisées dans les études précédentes sur les orthographe opaques seront nécessaires pour les détecter.

Une autre différence majeure par rapport aux études précédentes est que, les enfants qui apprennent à lire en Côte d'Ivoire commencent souvent à lire des mots plus tard (cela est dû en partie de l'accent qui est mis sur le français dans l'éducation ; Ayewa, 2018) que l'entame nominal de l'enseignement primaire (environ 6 ans ; Département des stratégies, de la planification et des statistiques, 2018), ce qui apporte un ensemble différent de paramètres développementaux à la tâche. Bien que la (SL) soit disponible dès le début de la vie (nourrissons de 8 mois ; Saffran, Newport, & A(SL)in, 1996), les enfants, les adultes et les adultes plus âgés (60-81 ans ; Palmer, Hutson, & Mattys, 2018) sont tous adeptes de l'apprentissage de séquences. Les capacités visuelles de l'apprentissage statistique (SL) semblent même augmenter avec l'âge (Arciuli & Simpson, 2012 ; Raviv & Arnon, 2017), de l'enfance à l'âge adulte. Les enfants qui apprennent à lire plus tard dans la vie pourraient s'appuyer davantage sur une capacité visuelle de l'apprentissage statistique (SL) mieux développée que les enfants plus jeunes.

Le bilinguisme peut également s'avérer être un facteur important, bien qu'à multiples facettes. Par définition, les enfants qui apprennent à lire dans une seconde langue (L2) sont soit bilingues, soit au moins simultanément en cours d'acquisition d'une seconde langue, et la Côte d'Ivoire spécifiquement abrite plus de soixante langues locales. D'une part, des données récentes suggèrent que le statut bilingue améliore les capacités d'apprentissage statistique (Onnis, Chun, Lou-Magnuson, 2018 ; Wang & Saffran, 2014). D'autre part, Onnis et al. (2018) ont constaté que les bilingues équilibrés présentaient le plus grand avantage, une plus grande dominance dans une langue produisant moins d'avantages. En termes d'équilibre entre les langues, les enfants des zones rurales qui ont des niveaux très variables d'exposition à la seconde langue (L2) en dehors de l'école primaire et aucune expérience

d'impression dans leur première langue (L1) ressemblent davantage à des locuteurs de langues minoritaires, utilisant deux langues dans des contextes distincts de la maison et de l'éducation, qu'à des enfants grandissant dans des environnements bilingues équilibrés. L'avantage du bilinguisme pour la seconde langue décrit par Onnis et ses collègues pourrait ne pas s'appliquer à moins que les parents ne parlent fréquemment le français, ou que ceux-ci ne consomment que des médias en français.

Enfin, certaines considérations méthodologiques ont eu un impact sur les études de l'apprentissage statistique dans l'ensemble de l'environnement rural, agricole ou à faible revenu. Nous avons tenté de piloter des expériences sur des ordinateurs portables dans la région de La Mé ces dernières années. Nous avons constaté que les enfants n'ont pas l'habitude des ordinateurs portables, alors que les téléphones portables sont omniprésents et que les smartphones à écran tactile sont familiers (même si toutes les familles n'en possèdent pas). Dans d'autres études menées auprès d'enfants de pays à revenu faible ou intermédiaire (PRFI), des tâches de traitement cognitif chronométrées ont été adaptées avec succès aux écrans tactiles. Pelz, Yung et Kidd (2015) ont reproduit les effets de l'âge sur le comportement d'exploration des enfants observés aux États-Unis avec des enfants Tismane de la Bolivie rurale en utilisant une tâche sur écran tactile. Plus récemment, la suite RACER de tests cognitifs sur écran tactile a été déployée au Liban et au Niger dans le cadre d'une vaste étude de normalisation menée par Ford et al. (2019). Dans une autre application de RACER parmi les enfants locaux et réfugiés en Jordanie, Chen et al. (2019) ont constaté que malgré une faible familiarité avec les ordinateurs portables, les enfants étaient capables d'apprendre et de compléter les tâches basées sur la tablette en seulement quelques minutes. Alors qu'environ 30 % seulement des enfants de l'étude de Chen n'avaient que des ordinateurs portables à la maison, près de 80 % d'entre eux avaient des téléphones portables à la maison.

Autres considérations méthodologiques

Des questions supplémentaires importantes sur les paradigmes d'apprentissage statistique dans n'importe quel contexte restent en suspens. La fiabilité des tâches d'apprentissage implicites pour détecter des différences individuelles dans les enfants ont été récemment remises en question (West et al., 2018). Des mesures à basse fiabilité ont tendance à sous-estimer les tailles de l'effet entre groupe typiquement rapportées dans la recherche développementale (Conway et al., 2019), pourtant même lorsque des différences de niveau de groupe sont prouvées, cela ne valide pas non plus les évaluations de différence individuelle sur la même mesure (Krishnan & Watkins, 2019; West et al., 2019). This débat, concernant la fiabilité des tâches d'apprentissage implicite, s'est focalisé sur la tâche du

temps de réaction en série (TRS), qui partage des éléments avec des mesures en ligne (à base de TR) d'apprentissage statistique.

D'autres questions importantes concernant les paradigmes d'apprentissage statistique, quel que soit le contexte, restent en suspens. La fiabilité des tâches d'apprentissage implicite pour détecter les différences individuelles chez les enfants a récemment été remise en question (West et al., 2018). Des mesures à faible fiabilité ont tendance à sous-estimer les tailles de l'effet entre les groupes généralement rapportées dans la recherche sur le développement (Conway et al., 2019), mais même lorsque des différences au niveau du groupe sont mises en évidence, cela ne valide pas non plus les estimations des différences individuelles sur la même mesure (Krishnan & Watkins, 2019 ; West et al., 2019). Ce débat, concernant la fiabilité des tâches d'apprentissage implicite, s'est concentré sur la tâche du temps de réaction en série (SRT), qui partage des éléments avec les mesures en ligne (basées sur le temps de réaction) de l'apprentissage statistique.

Tout comme d'autres tests d'apprentissage implicites, le paradigme du choix forcé à deux alternatives (2-AFC) utilisé dans la plupart des études sur l'apprentissage de la lecture et de l'écriture a également montré une très faible fiabilité test-retest et interne pour les enfants (Arnon, 2019), malgré des effets significatifs au niveau du groupe lorsque l'apprentissage est comparé à la performance aléatoire. Certaines études récentes sur la (SL) chez les enfants ont fait état d'une bonne fiabilité interne pour les tests 2-AFC ($>0,80$ dans Torkildsen et al., 2019, Qi et al., 2019 ; voir le tableau 1 ci-dessous), tandis que d'autres ne le font pas (Tong et al., 2019), et certaines études antérieures ne font pas état de cette statistique (Arciuli & Simpson, 2012 ; Nigro et al., 2015). La fiabilité interne est également plus faible pour l'A(SL) non linguistique que pour la V(SL) (Qi et al., 2019, $<0,80$; Arnon, 2019, 0,2 et 0,43). Bien que des études antérieures fassent état d'une bonne fiabilité test-retest des mesures 2-AFC en LS pour les adultes (Siegelman & Frost, 2013 ; Siegelman et al., 2018 ; Isbelin et al., 2020), aucune des études menées auprès d'enfants n'évalue la fiabilité test-retest. En résumé, trop peu d'études varient en fonction de trop nombreux paramètres (tâche de couverture, stimuli, âge et handicap) pour que l'on puisse généraliser sur les raisons pour lesquelles certaines suscitent des réponses 2-AFC fiables et d'autres non, mais la nécessité d'évaluer cette mesure dans les travaux futurs est évidente.

Tableau 1. Résumé des résultats des études précédentes

Étude	Caractéristiques de l'échantillon	Taille	Tranche d'âge (moyenne)	Fiabilité de la 2-AFC	Corrélation entre (SL) et alphabétisation
Arciuli & Simpson (2012; expérience 1)	Enfants au développement typique à Sydney, Australie Anglophones natifs et monolingues	38	6-12 ans (9;5) De la maternelle à la sixième année	V(SL) : non signalée	0.33-0.36 (V(SL) 2-AFC)
Frost et al. (2013)	Adultes étudiant l'hébreu comme deuxième langue Les anglophones américains	27	Non signalé (26 ans)	V(SL) : non signalée	0,43-0,57 (V(SL) 2-AFC ; pour l'évolution de l'alphabétisation sur deux semestres)
Nigro et al. (2015)	Enfants au développement typique en Espagne Langue maternelle espagnole	26	8-9ans (n.r.) 3e année	V(SL) : non signalée	0,44-0,57 (V(SL) avec écriture de mots)
Qi et al. (2019)	Enfants au développement typique dans la région de Boston, États-Unis Langue maternelle anglaise	32	8-16 ans (12;2) Grade non rapporté	V(SL) : 0,84-0,88 A(SL) : 0,78-0,79	-0,51 (pente A(SL) avec la lecture de non-mots)
Schmalz et al. (2019)	Adultes dans le sud de l'Allemagne Langue maternelle allemande	84	9-62 ans (27;8)	AGL: Non communiqué	<0,20 (AGL & SRTT avec mots, non-mots et bigrammes)
Tong et al. (2019)	Enfants au développement normal (37) et enfants dyslexiques (35) à Hong Kong Langue maternelle cantonaise	72	7-8 ans (7;7) 3e année	V(SL) : 0.56	0.39-0.50
Torkildsen et al. (2019)	Enfants au développement typique dans l'est de la Norvège Natifs norvégiens (47 monolingues, 8 ménages bilingues)	65	7-13y (10;3) De la 2e à la 7e année	V(SL) : 0.81	0.30 (V(SL) 2-AFC)
Les données du test pilote sont présentées ici	Enfants au développement typique dans le grand Adzôpe, Côte d'Ivoire Langue maternelle Attié, apprenant le français en (L2)	V(SL) : 46 A(SL) : 47	8-13 ans (11) CM-1 (grade 5)	2AFC: ≤0,20 Pente V(SL) : 0.53 Pente A(SL) : 0.10	voir annexe S1

Outre les différences apparentes de fiabilité ou de cohérence interne, les résultats concernant l'apprentissage statistique auditif (ASL) et l'apprentissage statistique visuel (VSL) suggèrent une divergence plus large entre les modalités auditives et visuelles dans la recherche sur l'apprentissage de la lecture et de l'écriture. En effet, les relations respectives de l'apprentissage statistique auditif (ASL) et de l'apprentissage statistique visuel (VSL) non linguistiques avec l'alphabétisation diffèrent d'une étude à l'autre. L'étude longitudinale de Yu (2016) a suggéré que l'(ASL) était un meilleur prédicteur que la (VSL) de la compétence orale chez les adultes, pourrait être un médiateur de la réussite en matière d'alphabétisation.

Qi et al. (2019) ont également constaté que l'(ASL) non linguistique permettait de prédire les résultats en matière d'alphabétisation chez les enfants, et que la relation entre l'(ASL) et l'alphabétisation était médiatisée par les capacités phonologiques des enfants, tandis que la (VSL) était un prédicteur médiocre. Ce résultat va au-delà des études précédentes sur les apprenants de (L1) et de (L2) (Arciuli & Simpson, 2012 ; Frost et al., 2013 ; Tong et al., 2019 ; Torkildsen et al., 2019 ; Yu et al., 2018), dans lesquelles les effets de la (VSL) sont principalement signalés comme des prédicteurs significatifs de l'alphabétisation. Ces résultats divergents soulignent la nécessité de réexaminer l'association entre la LSL et la littératie émergente, d'où les compétences en langue orale sont médiateurs importants des résultats.

LA PRÉSENTE ÉTUDE

Les différences entre les lecteurs précédemment étudiés et les enfants apprenant à lire le français dans les zones rurales de Côte d'Ivoire modifient-elles la relation entre les capacités d'apprentissage statistique et les résultats en matière d'alphabétisation ?

Dans la mesure où l'apprentissage statistique (SL) façonne la littératie émergente, et compte tenu des grandes différences dans les expériences de la langue parlée et écrite chez les bilingues, il est raisonnable d'imaginer que la relation entre l'apprentissage statistique (SL) et la littératie diffère selon la langue et l'environnement éducatif. L'étude fondamentale d'Arciuli et Simpson (2012) établissant un lien entre la LSV et les capacités de lecture a été citée plus de 200 fois (selon Google Scholar) et a inspiré bon nombre d'études examinées ci-dessus. Cependant, de nombreuses questions importantes sur le lien entre l'apprentissage statistique LS et la littératie restent sans réponse, et la compréhension de la littératie au-delà du contexte W.E.I.R.D. implique d'inclure une perspective d'acquisition de la seconde langue à partir des communautés bilingues et des salles de classe de seconde langue.

Dans les sections qui suivent, nous décrivons une adaptation de modèles utilisés dans les études antérieures pour lier l'apprentissage statistique visuel (VSL) non linguistique et

l'apprentissage statistique auditif (ASL) avec des résultats d'alphabétisation chez les lecteurs du français de seconde langue (L2) en Côte d'Ivoire.

Plus important encore, nous cherchons à déterminer si une adaptation minutieuse des paradigmes d'apprentissage statistique précédents à un contexte de développement commun mais peu étudié permet encore de trouver des liens significatifs entre l'apprentissage statistique (SL) et les résultats en matière d'alphabétisation. L'on a besoin d'une meilleure introspection sur quels outils, tâches, et tailles des échantillonnages sont nécessaires pour détecter une telle corrélation : apprentissage Statistique-alphabétisation, si bien que des chercheurs peuvent commencer à étudier les interactions entre les mécanismes d'apprentissage de base (comme l'apprentissage Statistique) et des facteurs éducationnels importants et linguistiques qui façonnent la langue des enfants et le développement de l'alphabétisation et qui n'ont pas été représenté dans des échantillonnages du W.E.I.R.D., ou des pays à revenu élevé.

MÉTHODE

Nous avons orienté notre travail sur la conception de l'expérience d'apprentissage statistique de Qi et al. (2019 ; ci-après Qi2019) dans laquelle les enfants ont effectué des tâches de détection de cible pendant une présentation séquentielle d'objets visuels (dessins animés de monstres ou d'extraterrestres) et de stimuli auditifs non linguistiques (des tonalités claires). Nous avons procédé à d'importantes mises à jour sur la base de notre recherche pilote, qui utilisait des tâches d'apprentissage statistique (SL) similaires. Notre adaptation actuelle a consisté en quatre changements majeurs par rapport à Qi2019, qui sont détaillés dans le tableau 2. Tous les documents, matériels, scripts et données sont disponibles sur <https://osf.io/6f8aw/>.

Dans un premier temps, l'expérience a été réalisé sur une tablette avec écran d'interface tactile plutôt que sur un ordinateur portable. Deuxièmement, avant d'effectuer des tâches d'apprentissage statistiques primaires (SL), les enfants ont effectué une tâche de détection de cible avec différents stimuli audiovisuels qui se sont produits dans un ordre non structuré (aléatoire) afin de les familiariser avec les exigences de la tâche et l'interface de l'écran tactile. Troisièmement, le récit de Qi2019, qui montrait des monstres montant à bord d'un vaisseau spatial et jouant de la musique de monstre, a été remplacé par des "animaux intéressants" (les mêmes images de monstres) montant à bord d'un bus familial et d'une radio jouant de la musique. Quatrièmement, nous avons substitué douze sons environnementaux distincts (précédemment utilisés par Shufaniya & Arnon, 2018) pour les tonalités pures utilisés dans Qi2019 et dans notre pilote.

Tableau 2. Changements apportés à la méthode, par rapport à l'expérience décrite par Qi et al. (2019).

Méthode	Qi et al. (2019)	Étude pilote	Étude actuelle
Participants	Participants n=32 adultes (18-34 ans) n=32 enfants (8-16 ans)	n=46-47 enfants (age 8-13)	n=106 enfants (8-16 ans)
Interface	Écran d'ordinateur avec barre d'espacement sur le clavier	Ordinateur de table avec écran tactile	Ordinateur de table avec écran tactile
Pratique	Deux essais d'entraînement avec le monstre cible	Jusqu'à 64 essais avec des monstres de dessins animés dans une séquence aléatoire jusqu'à l'obtention du critère de précision. Deux messages pour toucher l'image de la réponse cible pendant l'introduction à la tâche du monstre	72 essais avec des monstres de dessins animés et des sons dans une séquence aléatoire 2 prompts à toucher l'image de la réponse cible au cours de l'introduction à la bande dessinée de monstres et des tâches de sons environnants
Stimuli (SL) visuels	Des extra terrestres de Arciuli & Simpson (2012)	Nouveaux extra terrestres haute en couleur de Schneider et al. (2020)	Nouveaux extra terrestres haute en couleur de Schneider et al. (2020)
Stimuli (SL) auditifs	inchangés (Qi2019)		Sons environnementaux (voir Shufaniya & Arnon, 2018)
Contexte de la tâche (VSL)	Aliens montant à bord d'un vaisseau spatial	Animaux intéressants montant à bord d'un bus.	
Contexte de la tâche (ASL)	Aliens jouant d'un instrument de musique	Chauffeur de bus diffusant de la musique à la radio	Chauffeur de bus jouant des sons à la radio.
Mesures de l'alphabétisation	Test de maîtrise en lecture de Woodcock, Test de réussite W-J III	Évaluation de la capacité de lecture en français (EGRA)	
Mesures de la capacité phonologique	Test complet de traitement phonologique	Identification, suppression et segmentation des phonèmes en français	
Intelligence non verbale	KBIT-2 avec des associations d'objets culturellement spécifiques	TONI-4 avec des motifs polygonaux abstraits et des instructions françaises et non verbales	

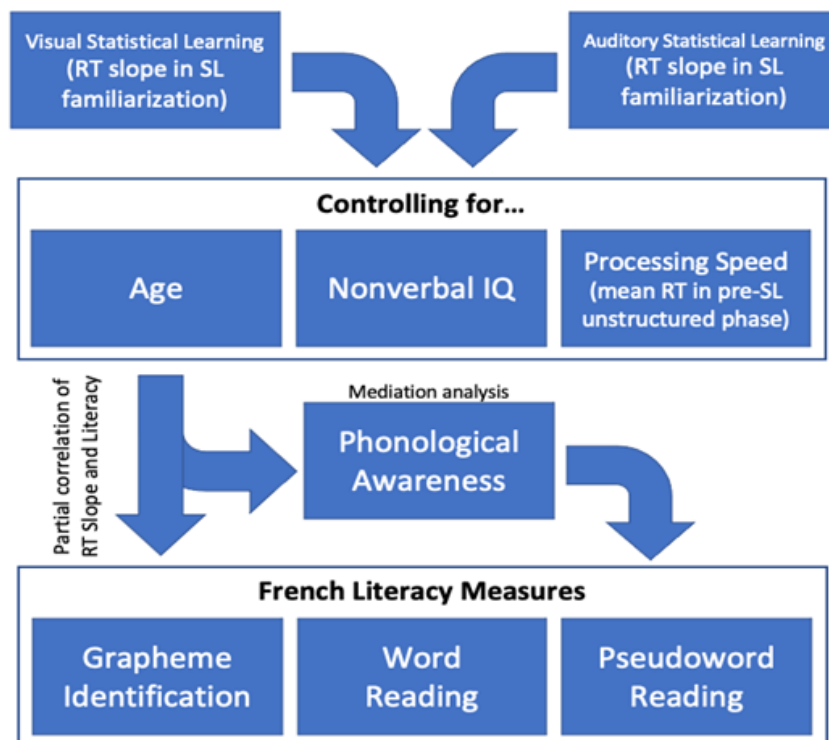


Figure 1. Mesures de la présente étude comprennent la variation du TR au cours d'une tâche d'apprentissage statistique, trois mesures de la littératie, une tâche de conscience phonologique et des contrôles pour l'âge, le QI non verbal et la vitesse de réponse moyenne dans une tâche de détection de cible non structurée.

Comme Qi2019, notre expérience doit ses origines conceptuelles à l'étude d'Arciuli et Simpson (2012 ; ci-après AS2012) qui a associé pour la première fois une tâche de l'apprentissage statistique visuel (VSL) non linguistique à l'alphabétisation chez les enfants de l'école primaire. En revisitant l'extension de l'étude (SL) 2012 de Qi2019 en testant le lien entre l'apprentissage statistique (SL) et la littératie avec des lecteurs de seconde langue (L2), nous tentons de reproduire la mesure de la pente du temps de réponse de Qi2019 de l'inclinaison du temps de réponse dans la tâche de familiarisation, sa corrélation avec les mesures de lecture, et tester la médiation des relations entre l'apprentissage statistique (SL) et la littératie par la conscience phonologique dans le contexte de l'acquisition de seconde langue. La figure 1 fournit une illustration graphique de ce plan, expliqué en détail dans les sections suivantes.

Participants

Un programme de recherche d'alphabétisation en cours en Côte d'Ivoire a examiné les aptitudes d'alphabétisation française avec les enfants d'école primaire, comprenant déjà des centaines d'enfants de douzaines d'écoles, avec des visites programmées de suivi tous les 6 mois de 2019 à 2022 (quoique les restrictions de voyage dû à la covid-19 aient de

manière significative réduits ou suspendus la plupart des visites de terrain entre 2020 et 2021).

Les élèves de cette étude dans un échantillon plus large étaient un groupe d'enfants recrutés au hasard dans des classes de CM-1 (l'équivalent du CM2 américain) dans 8 villages de la région de la Mé, dans le sud-est de la Côte d'Ivoire. Les participants à cette étude d'apprentissage statistique étaient en CM-2 et ont été recrutés dans les écoles du groupe de contrôle de l'étude sur l'alphabétisation.

Les participants à notre étude étaient âgés de 8 à 16 ans. En Côte d'Ivoire, il est courant que les enfants soient inscrits à l'école après l'âge de 5 ans et qu'ils redoublent, ce qui explique la grande variabilité de la tranche d'âge pour une même classe. En moyenne, les enfants d'un échantillon précédent de la classe 2019-2020 ont commencé l'école à l'âge de 6,1 ans, et 50 % des enfants ont redoublé au moins une année (certains ont redoublé plusieurs fois), ce qui explique la large distribution des âges au moment où ils ont atteint le CM-1.

De plus, bien que l'enseignement en classe se fasse en français, les enfants de notre échantillon sont plus ou moins exposés au français en dehors des classes. Dans l'ensemble, 28% des enfants ont déclaré avoir un membre de la famille parlant français à la maison. La plupart des foyers parlent principalement attié (92%). Les autres langues parlées à la maison dans l'échantillon de l'étude d'intervention comprennent le baoulé (1%), le bété (<1%) et d'autres langues régionales (4% au total).

La taille de l'échantillonnage

Nous avons utilisé la bibliothèque `pwr` (Champely, 2018) dans R (R Core Team, 2018) pour estimer les corrélations minimales détectables à des niveaux de puissance de 0,8 (typiques dans les recherches non enregistrées) et 0,9 (standard pour les études de réplication où l'absence de signification statistique peut être interprétée comme une preuve contre un effet) pour α de 0,05. Les effets observés et les tailles d'échantillon pour les études du tableau 1 sont illustrés dans la figure 2.

Nous avons estimé qu'un échantillon de $n=95$ enfants serait nécessaire pour détecter une corrélation de 0,3 entre le score d'apprentissage statistique et l'alphabétisation avec une puissance de 0,80 pour chaque test de corrélation, après correction pour les comparaisons multiples ($\alpha=0,0167$) et avec une puissance de 0,90 en l'absence de correction ($\alpha=0,05$). Cette approche a permis d'équilibrer le taux d'erreur de type I (0,05) par rapport à l'erreur de type II (0,20, corrigé ; 0,10 non corrigé), tout en maintenant la taille de l'échantillon à un niveau raisonnablement atteignable au cours d'un effort de collecte de données d'une à deux semaines. Notre plan d'échantillonnage consistait à recruter des enfants jusqu'à ce que 106 enfants aient terminé les tâches d'apprentissage statistique,

d'intelligence non verbale et d'alphabétisation en français dans leur intégralité (c'est à dire en excluant les retraits précoces), en s'attendant à perdre environ 10 % des données en raison d'une erreur technique ou expérimentale, comme cela a été rapporté dans des études précédentes.

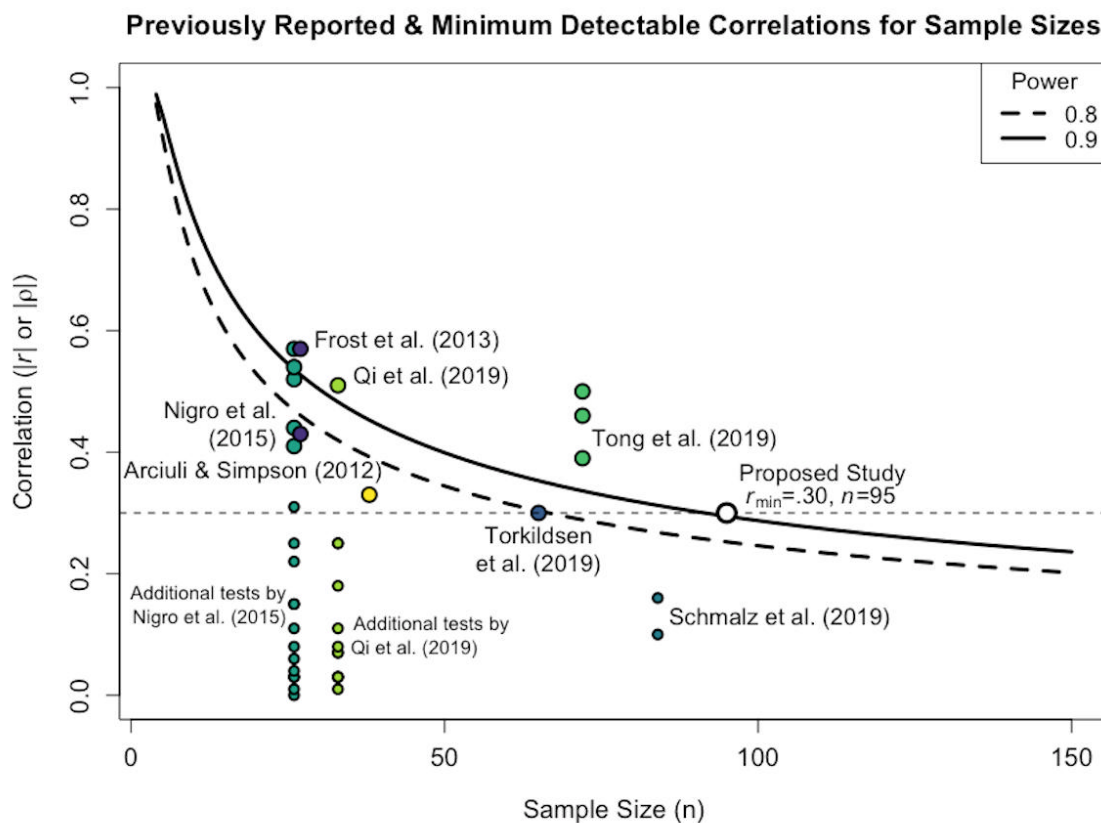


Figure 2. Effets rapportés pour les études précédentes sur l'apprentissage visuel des statistiques et l'alphabétisation, et analyse de puissance pour la présente étude. $\alpha=0,05$ (unilatéral), généré avec le package *pwr* pour R. Les cercles plus grands indiquent une signification statistique rapportée $p < 0,05$. Les études correspondent aux résultats présentés dans le tableau 1.

Les enfants sont exclus s'il leur manque des données sur toutes les variables relatives à l'alphabétisation, s'ils n'avaient pas complété l'évaluation du Quotient intellectuel QI non verbal, s'ils n'étaient pas en mesure d'indiquer leur propre âge en années ou s'ils n'avaient pas fourni au moins six résultats corrects dans les tâches de détection de cible, à partir desquels on a pu estimer le TR moyen et l'inclinaison du TR. Les enfants dont les évaluations de l'alphabétisation étaient incomplètes (par exemple, qui avaient terminé la lecture des graphèmes, mais pas les exercices sur les mots et les pseudo-mots avant de se retirer) ont été conservés dans l'échantillon et analysés sur la base des tâches qu'ils avaient effectuées. Enfin, en raison de la répartition de la collecte des données (six à huit

assistants de recherche travaillant dans plusieurs écoles), il était possible que le recrutement final s'écarte légèrement de l'objectif fixé. Nous avons analysé tous les enfants qui répondaient aux critères décrits ci-dessus le jour où le total des enfants soumis à l'évaluation a atteint 106 (la collecte de données s'est ainsi arrêtée).

Étude Pilote

Nous avons testé et adapté sur écran tactile, des tâches d'apprentissage statistique visuel (VSL) et auditive (ASL) de Qi et al. (2019) et des mesures de la littératie, de la conscience phonologique et du QI non verbal en français avec des enfants de deux écoles d'une même communauté au début de l'année 2020. Les deux écoles faisaient partie du groupe de contrôle de l'intervention plus large sur la littératie dans la région de la Mé. Quarante-sept enfants ont effectué une tâche d'apprentissage statistique auditif (ASL) en utilisant des sons purs auditifs, et 46 ont effectué une tâche d'apprentissage statistique visuel (VSL) en utilisant des monstres de dessins animés. Les tâches de données (VSL) ont également été rapportées par Zinszer et al. (2022), mais cet article a utilisé des modèles linéaires à effets mixtes alors que cette analyse suit de près les étapes de traitement et d'analyse des données décrites par Qi et al. (2019) pour une meilleure comparaison. Le tableau 2 résume les paramètres de l'expérience. Les données pilotes complètes et les résultats sont rapportés dans l'annexe S1, et nos conclusions sont résumées ci-dessous. Toutes les données et tous les scripts sont disponibles sur notre plateforme OSF : <https://osf.io/6f8aw/>.

Les deux tâches de l'apprentissage statistique (SL) impliquaient une tâche de couverture dans laquelle les enfants devaient répondre en touchant l'écran lorsqu'ils voyaient ou entendaient un stimulus spécifique (détection de cible). Nos résultats pilotes ont montré un rôle significatif de l'apprentissage statistique (SL) dans l'inclinaison du TR au niveau du groupe pour la (VSL), les enfants répondant aux cibles dans la position finale prévisible du triplet accélérant davantage que les enfants répondant aux cibles dans la position initiale imprévisible. Cependant, les mesures 2-AFC de la (SL) ont montré de faibles effets d'apprentissage (<0,60 de précision) et une fiabilité interne extrêmement faible (<=0,25) dans les deux modalités. Nos résultats ont également confirmé le rôle important des influences non-(SL) dans la relation entre le gradient du TR et l'alphabétisation : (1) la performance des enfants (taux de réussite) dans la brève phase d'entraînement du projet pilote, qui ne comportait pas de structures statistiques susceptibles d'être apprises, était l'un des prédicteurs les plus forts de l'alphabétisation dans les modèles de régression multiple, et (2) nous avons observé de fortes corrélations entre le gradient du TR et toutes les mesures de l'alphabétisation lorsque la cible se trouvait dans une position initiale qui ne peut être envisagée à l'avance.

Les résultats de cette étude pilote ont mis en évidence les effets prépondérants de la maîtrise de la tâche ou de la vitesse de traitement de base, ainsi que le manque de fiabilité (du moins dans la population actuelle) des jugements de choix forcé à deux alternatives en tant que mesure des différences individuelles en matière d'apprentissage statistique (SL).

Par conséquent, notre nouvelle approche a combiné l'exposition à la pratique visuelle et auditive et a augmenté la durée de l'entraînement non structuré. Nous avons procédé ainsi pour mieux adapter à l'environnement social des enfants à la tâche de détection de la cible et pour obtenir davantage de données. Cela, afin d'estimer la vitesse de traitement propre à chaque enfant et la courbe d'apprentissage de la tâche pour les stimuli séquencés, de manière aléatoire (où il n'existe aucune structure statistique pouvant être apprise). En outre, nous avons adapté la tâche de l'apprentissage statistique auditif (ASL) pour faciliter la distinction entre (sons environnementaux au lieu de sonorités pures) et des SOA plus longs entre les stimuli pour permettre des RT plus lents (SOA 750 ms au lieu de 480 ms).

Matériel

Les matériels et supports de cette étude ont été adaptés à partir des études précédentes afin de convenir à notre population cible, de permettre un déploiement dans les communautés agricoles rurales et de s'inscrire dans le cadre de l'étude d'intervention sur l'alphabétisation qui se déroule dans la région. Plus important encore, alors que de nombreuses expériences d'alphabétisation de seconde langue (et en particulier les études sur lesquelles nous nous sommes basés pour cette expérience) ont été menées en anglais, la langue de l'éducation en Côte d'Ivoire est le français. Par conséquent, les mesures de l'alphabétisation étaient des instruments français plutôt que ceux utilisés par AS2012 et Qi2019. En outre, ces instruments d'alphabétisation, les mesures de conscience phonologique et les caractéristiques générales de l'échantillon ont été déterminés par l'étude d'intervention en alphabétisation dans le cadre duquel cette expérience a été menée, plutôt que sélectionnés spécifiquement pour reproduire une étude antérieure sur l'alphabétisation dans une seconde langue.

Les expériences précédentes ont utilisé des mesures différentes de compétences en lecture. AS2012 a utilisé la sous-échelle de lecture du Wide Range Achievement Test, Fourth Edition (Wilkinson & Robertson, 2006), qui commence par l'identification de lettres individuelles (les 15 premiers items) et devient de plus en plus difficile avec l'ajout de mots (55 items), y compris des mots peu communs et des mots à orthographe non régulier.

Qi2019 a rapporté plusieurs mesures de lecture différentes pour leur échantillon d'enfants : L'identification et l'approche des mots (lecture de pseudo-mots) du Woodcock Reading Mastery Test (Woodcock, 1998), les capacités phonologiques à l'aide du Comprehensive Test of Phonological Processing (Wagner, Torgesen, & Rashotte, 1999),

et la fluidité de la lecture de phrases du Woodcock Johnson III Test of Achievement (Woodcock, McGrew, & Mather, 2001). Le sous-test de fluidité de lecture de phrases mesure le temps nécessaire à un participant pour lire un ensemble spécifique de phrases et répondre à des questions de compréhension simples de type oui/non à leur sujet, standardisé sur le temps de lecture et à la précision de la réponse.

Nous avons inclus une série de tests de connaissance du français pour tenir compte des différentes capacités de lecture de notre population. Dans la présente étude, nous avons testé la lecture de graphèmes/lettres, la lecture de mots, la lecture de pseudo-mots et les capacités phonologiques afin de couvrir la plupart des mesures d'alphabétisation rapportées dans AS2012 et Qi2019 (à l'exception de la lecture de phrases, que la plupart des enfants ne peuvent pas faire).

Évaluations de l'alphabétisation. Les tâches d'alphabétisation ont été tirées de la version française de l'Early Grading Reading Assessment (EGRA ; RTI International, 2009). Les participants prononcent 100 graphèmes et groupes de graphèmes français (par exemple, " e ", " M " et " ch "), lisent 50 mots français familiers (par exemple, " lire ", " ami ") et lisent 50 pseudo-mots français (par exemple, " ja ", " bige "). Chacune des trois tâches a été chronométrée pendant 60 secondes et réalisée sur papier, les éléments étant présentés dans un ordre fixe.

Le nombre de réponses correctes de l'enfant dans cet intervalle de temps a été enregistré comme son score. Pour les enfants qui n'ont pas fourni de réponses correctes pour l'un des dix premiers graphèmes, l'un des cinq premiers mots ou l'un des cinq premiers pseudo-mots, l'instrument a été arrêté et ils ont reçu un score de zéro. Voir l'annexe S2 pour les inventaires complets des graphèmes, des mots et des pseudo-mots.

Nos mesures de référence effectuées en octobre 2019 pour les élèves de CM-1 de cette année scolaire ont indiqué qu'un quart des participants du groupe de traitement ne pouvaient pas lire les cinq premiers mots de notre inventaire, de sorte que l'identification des graphèmes fournit une mesure critique des différences individuelles. (Les participants du groupe de contrôle ont été exclus de cette analyse, afin qu'ils puissent participer aux futures expériences de l'apprentissage statistique (SL). Au lieu de combiner l'identification des mots et des graphèmes dans une seule mesure composite (comme dans le WRAT-4), nous avons utilisé les mesures séparées de ces deux compétences dans l'EGRA français. Ces mesures ont donné lieu à une bonne fiabilité interne, mesurée par le α de Cronbach standardisé (estimé par itemScore dans le paquet R psych ver 1.9.12.31 ; Revelle, 2020) et la fiabilité de split-halves, décrite dans le tableau 3.

Nos mesures de référence effectuées en octobre 2019 pour les élèves de CM-1 de cette année scolaire ont indiqué qu'un quart des participants du groupe de traitement ne

pouvaient pas lire les cinq premiers mots de notre inventaire, de sorte que l'identification des graphèmes fournit une mesure critique des différences individuelles. Les participants du groupe de contrôle ont été exclus de cette analyse, afin qu'ils puissent participer aux futures expériences de l'apprentissage statistique (SL). Au lieu de combiner l'identification des mots et des graphèmes dans une seule mesure composite (comme dans le WRAT-4), nous avons utilisé les mesures séparées de ces deux compétences dans l'EGRA français. Ces mesures ont donné lieu à une bonne fiabilité interne, mesurée par le α de Cronbach standardisé (estimé par itemScore dans le paquet R psych ver 1.9.12.31 ; Revelle, 2020) et la fiabilité de split-halves, décrite dans le tableau 3.

Nos mesures de référence effectuées en octobre 2019 pour les élèves de CM-1 de cette année scolaire ont indiqué qu'un quart des participants du groupe de traitement ne pouvaient pas lire les cinq premiers mots de notre inventaire, de sorte que l'identification des graphèmes fournit une mesure critique des différences individuelles. (Les participants du groupe de contrôle ont été exclus de cette analyse, afin qu'ils puissent participer aux futures expériences de l'apprentissage statistique (SL). Au lieu de combiner l'identification des mots et des graphèmes dans une seule mesure composite (comme dans le WRAT-4), nous avons utilisé les mesures séparées de ces deux compétences dans l'EGRA français. Ces mesures ont donné lieu à une bonne fiabilité interne, mesurée par le α de Cronbach standardisé (estimé par itemScore dans le paquet R psych ver 1.9.12.31 ; Revelle, 2020) et la fiabilité de split-halves, décrite dans le tableau 3.

Tableau 3. Statistiques descriptives et estimations de fiabilité pour chaque nouvel instrument d'alphabétisation (mesuré dans un ensemble parallèle de classes inscrites au traitement, n=741-751).

Instrument linguistique	Moyenne [IC à 95 %]	Ecart type	Std. Alpha	Bipartition	% 0 scores
Français EGRA					
Graphèmes	22.0 [20.6, 23.2]	18.5	0.93	0.93	4%
Mot	9.8 [8.8, 10.7]	13.2	0.84	0.84	26%
Pseudo-mot	6.8 [6.0, 7.6]	10.7	0.87	0.88	42%
Conscience phonologique	15.2 [14.5, 15.9]	9.9	0.89	0.88	8%

Note : Les scores 0 indiquent la proportion d'enfants ayant obtenu un zéro à la tâche. Un taux élevé de scores 0 suggère des effets de plancher sur la mesure.

Évaluation de la conscience phonologique. Comme Qi2019, nous avons testé la conscience phonologique des enfants en tant qu'un possible médiateur entre l'apprentissage statistique (SL) et l'alphabétisation. Il était possible que dans le groupe d'âge cible, des études précédentes aurait observé une performance de plafond sur cette tâche, en parant sa contribution à l'analyse, mais dans les années précédentes nous avons vu une large variation entre les enfants dans la conscience phonologique. Dans ces tâches, les enfants ont terminé chacun 10 essais de l'identification du phonème initial, suppression du phonème initial, suppression du phonème final (Bruce, 1964; Reutzell, 2014), et la segmentation (Yopp, 1995) utilisant des mots français communs. Un ensemble complet d'objets de conscience phonologique sont compris dans l'Appendice S2. Comme les mesures d'alphabétisation, une grande somme de données provenant du groupe de Traitement indiquait que la tâche de la conscience phonologique a une haute fiabilité interne (voir le Tableau 3).

Comme Qi2019, nous avons testé la conscience phonologique des enfants en tant que médiateur possible entre l'apprentissage de la seconde langue et l'alphabétisation. Il était possible que, dans le groupe d'âge cible, des études antérieures aient observé un plafond de performance pour cette tâche, ce qui aurait évité sa contribution à l'analyse, mais les années précédentes, nous avons constaté de grandes variations entre les enfants en matière de conscience phonologique. Dans ces tâches, les enfants ont effectué 10 essais chacun, d'identification initiale de phonèmes, de suppression initiale de phonèmes, de suppression finale de phonèmes (Bruce, 1964 ; Reutzell, 2014) et de segmentation (Yopp, 1995) en utilisant des mots français courants. L'ensemble des questions relatives à la conscience phonologique figure à l'annexe S2. Comme pour les mesures de la littératie, un large échantillon de données provenant du groupe de traitement a indiqué que la tâche de conscience phonologique a une fiabilité interne élevée (voir le tableau 3).

Évaluation QI non verbale. Nous avons administré le Test d'intelligence non verbale, version 4 (TONI-4 ; Pearson Assessments ; Brown, Sherbenou, & Johnsen, 2010) à chaque enfant de cette étude afin de contrôler les différences individuelles qui étaient une covariable significative de l'apprentissage statistique (SL) dans Qi2019.

Le TONI-4 utilise des motifs de polygones et de textures et ne repose pas sur des connaissances culturelles spécifiques (par exemple, être capable d'identifier un voilier). En outre, le TONI-4 comprend des instructions en français et des instructions non verbales. Comme cette évaluation est entièrement basée sur la terminaison d'une séquence, elle peut être administrée avec une interaction linguistique minimale si nécessaire et comprend un bloc d'entraînement que les participants doivent réussir pour démontrer leur compréhension de la tâche avant de passer aux items notés. Lors des tests pilotes, les

scores bruts moyens des enfants étaient de 13,3 (écart-type = 4,8, n=56). En l'absence de données de normalisation applicables localement pour le TONI-4, les scores normalisés selon l'âge ne sont pas calculés et les scores bruts sont comparés dans le but d'estimer les différences individuelles précisément au sein du groupe.

Tests (SL) sur tablette. A la différence des précédentes études sur l'apprentissage statistique (SL), la présente a été réalisée à l'aide d'une interface à écran tactile sur des tablettes iPad. Le passage des ordinateurs personnels et portables (sur lesquels la plupart des expériences précédentes de statistique learning (SL) ont été menées) aux tablettes a été motivé à la fois par la population que nous étudions et par la logistique du déploiement de l'expérience. Presque aucun de nos sites de recherche ne disposait de prises électriques en état de marche dans les salles de classe, et la plupart des écoles n'ont que quelques prises électriques dans l'enceinte de l'établissement. Comme les iPads peuvent être chargés à l'avance et rechargés à l'aide de batteries mobiles à recharge solaire, il est possible de déployer quelques dizaines de tablettes, alors que seuls quelques ordinateurs portables (au maximum) pourraient être fournis. Deuxièmement, de nombreux villages ne sont pas en mesure d'accueillir une équipe de recherche nombreuse, et tout le matériel doit donc être transporté chaque jour par camionnette depuis une ville voisine, à une distance comprise entre quinze et quatre-vingt-dix minutes. Les tablettes sont donc essentielles à la mobilité.

Les familles du groupe de traitement et de l'intervention d'alphabétisation ont été interrogées sur leur usage des téléphones de base (avec un clavier physique et des logiciels limités) et des smartphones (écran tactile avec des fonctions plus proches de celles d'un ordinateur personnel). 92 % des ménages ont déclaré posséder des téléphones mobiles de base et 63 % des ménages ont déclaré posséder un ou plusieurs smartphones, ce qui illustre la pénétration relativement large de cette technologie, même dans les communautés rurales. Sur la base de l'échantillonnage stratifié des salles de classe dans chaque village, nous avons déduit que les enfants du groupe témoin (issus des mêmes communautés et recrutés pour l'étude d'apprentissage statistique) avaient été exposés de la même manière aux appareils mobiles. Des études antérieures ont montré que les tablettes fonctionnent bien pour la recherche sur le développement dans les PRFM (Chen et al., 2019 ; Ford et al., 2019 ; Pelz et al., 2015).

Tâche d'entraînement de la tablette. Lors d'une phase d'entraînement pré-apprentissage statistique, les enfants ont effectué une tâche de détection de cible sur une séquence de 72 stimuli audiovisuels, composés de six monstres de dessins animés (voir Zinszer et al., 2022 pour les images) associés à six sons environnementaux. Les essais

duraient 800 ms (le son durant les 500 premières ms) avec un intervalle inter-stimulus de 200 ms et étaient ordonnés de manière aléatoire selon une distribution uniforme des probabilités de transition. Chaque combinaison monstre + son est apparue 12 fois, mais aucune structure sous-jacente n'a pu être utilisée pour prédire leur apparition essai par essai. La durée de l'entraînement non structuré correspondait à la moitié du nombre d'essais cibles par rapport à la familiarisation avec la (VSL), sur la base de nos expériences pilotes décrites dans l'annexe S1. L'expérience pilote a montré des augmentations du temps de réponse, suggérant un désengagement de la tâche, à mi-chemin de la tâche (VSL) initiale (moins prévisible), qui ressemble le plus à l'entraînement non structuré. En outre, le nombre total d'expositions a été limité à 72 en raison de la présence de fichiers de stimuli audio et visuels pour chaque exposition, ce qui présente une limitation de la bande passante en raison de la nécessité de mettre les stimuli en mémoire tampon sur le réseau cellulaire. Tous les enfants ont reçu le même stimulus cible, qu'ils ont touché sur l'écran lorsqu'il est apparu. Dans les 24 premiers essais, un feedback de 800 ms suit chaque contact, un sourire (correct) ou un froncement de sourcils (incorrect). Dans les 48 essais restants, aucun retour d'information n'a été fourni, et le temps de réponse moyen a été calculé. Aucun des stimuli utilisés lors de l'entraînement n'est réapparu dans les tâches apprentissage statistique visuel (VSL) ou apprentissage statistique auditif (ASL).

Apprentissage Statistique Visuel. La tâche apprentissage statistique visuel (VSL) non linguistique comprenait une tâche de couverture de détection de cible pendant la phase de familiarisation avec la structure statistique décrite ci-dessous (une adaptation de Qi2019). Dans la phase de familiarisation de cette tâche, les participants se voyaient présenter une séquence d'images, tirées d'un ensemble de douze images uniques pour chaque phase. L'une des douze images était identifiée comme l'image cible, et les enfants avaient pour instruction de toucher la cible chaque fois qu'elle apparaissait à l'écran. Après l'identification de l'image cible (qui implique deux touchers d'entraînement), la tâche de détection de la cible commençait. Chaque image a été présentée pendant 800 ms avec un ISI de 200 ms, paramètres de synchronisation précédemment proposés par Arciuli et Simpson (2011) et utilisés dans Qi2019.

L'ordre de présentation des douze images d'monstres a été dicté par un modèle statistique sous-jacent : Les monstres étaient regroupés en quatre triplets qui devaient toujours avoir lieu dans un ordre spécifique, c'est-à-dire ABC, DEF, GHI et JKL. Les triplets peuvent apparaître dans n'importe quel ordre, à condition qu'aucun triplet ne se répète. Par conséquent, au sein des triplets, la probabilité de transition de la première à la deuxième image (A->B) et de la deuxième à la troisième image (B->C) était de 100 %, tandis que la probabilité de transition du troisième alien à la quatrième (la première du triplet suivant, C-

>D, G ou J) était de 33 %. Les participants se voyaient attribuer l'une des quatre images (C, F, I ou L) et devaient toucher cet monstre lorsqu'il apparaissait. Ainsi, l'apparition de l'monster cible était totalement prévisible sur la base des deux monstres précédents, si les participants avaient appris la structure de probabilité transitoire sous-jacente à la séquence.

Apprentissage Statistique Auditif. La tâche d'(ASL) non linguistique comprenait une tâche de couverture de détection de cible pendant le flux de familiarisation, comme dans Qi2019. Dans la phase de familiarisation de cette tâche, les participants ont entendu 12 sons environnementaux précédemment testés par Shufaniya et Arnon (2018) pour l'(ASL) non linguistique, mais disposés selon la même structure que la tâche V(SL) : quatre ensembles de triplets de douze sons uniques. Des tests pilotes ont établi que les sons purs utilisés par Qi2019 étaient difficiles à discriminer et avançaient trop rapidement pour que les enfants puissent répondre (voir l'annexe S1). Les sons environnementaux duraient 500 ms avec un ISI de 250 ms. Comme pour la tâche (VSL), les enfants ont été exposés deux fois à l'effet sonore cible pendant les instructions de la tâche et se sont entraînés à toucher une image radio chaque fois qu'ils entendaient le son cible (voir l'annexe S3). La durée totale de la tâche a été maintenue constante avec (VSL), comme dans Qi2019, ce qui donne 32 essais de cible sur 384 expositions totales.

Évaluation de l'apprentissage statistique. L'apprentissage statistique a été évalué par deux méthodes : Les changements dans le temps de réponse à la tâche de détection de la cible dans la phase de familiarisation et la précision de l'identification des triplets de la familiarisation dans un test de choix forcé à 2 alternatives après la tâche. Les temps de réponse (TR) de chaque participant au stimulus cible ont été modélisés à l'aide d'une régression linéaire simple sur l'ensemble des essais de la phase de familiarisation. Une inclinaison négative du (TR) par rapport au nombre de répétitions de la cible se produit si les participants ont appris à anticiper l'apparition de la cible en fonction des deux stimuli précédents, ce qui indique qu'ils apprennent les contingences qui définissent la séquence de stimuli.

Dans cette adaptation, nous avons réduit les fenêtres temporelles d'analyse par rapport à celles spécifiées par AS2012 et Qi2019 : nous n'avons accepté que les réponses enregistrées pendant la présentation de l'image ou du son cible. Ainsi, la fenêtre de réponse valide pour la V(SL) était [0, 800] ms autour de l'apparition de l'image cible, et pour l'(ASL) [-250, 750] ms autour de l'apparition du son cible parce que nous avons constaté la meilleure performance en utilisant +/-1 ISI dans le pilote (ASL) (probablement en partie en raison de la courte durée du stimulus). Ces fenêtres temporelles ont été sélectionnées pour maximiser la fiabilité des mesures du TR et des taux de réussite. Le coefficient de la pente

du TR par rapport au nombre de répétitions de la cible a été prévu comme mesure du (SL), si une fiabilité interne d'au moins 0,50 était atteinte. Si la fiabilité de la pente du TR n'atteignait pas ce niveau, nous avons prévu de substituer la différence entre le TR moyen (qui a montré une fiabilité beaucoup plus élevée dans le pilote) et le TR de base de la tâche d'entraînement non structurée.

Dans le test de post-familiarisation, les participants ont été confrontés à une série de choix forcés à deux alternatives (2-AFC) entre les triplets statistiquement définis (ABC, DEF, GHI, JKL) et quatre triplets de fleurets (AEI, DHL, GKC, JBF). Les participants ont effectué 32 comparaisons de ce type, chacun des quatre triplets et chacun des quatre films étant appariés deux fois, une fois avec la bonne réponse à gauche et une fois avec la bonne réponse à droite.

La procédure

Le recrutement pour l'étude relative à l'apprentissage statistique (SL) a eu lieu en mars 2022, lorsque la plupart des enfants inscrits à l'étude sur l'alphabétisation étaient dans des classes de CM-2 (l'équivalent de la 6e année aux États-Unis) pour l'année scolaire 2021-2022. Les données démographiques de base (âge, sexe, utilisation du français à la maison), l'alphabétisation, le QI non verbal et l'apprentissage statistique ont été évalués en une seule visite. L'ordre des tâches d'alphabétisation et d'apprentissage statistique a varié en fonction de la disponibilité des chercheurs.

Les enfants ont passé le TONI-4 avant de participer à la tâche d'apprentissage statistique. Le TONI-4 suit un script strict fourni par l'éditeur, dans lequel l'examineur demande à l'enfant de compléter une séquence ou une matrice d'images avec une image supplémentaire à partir d'un ensemble de six choix imprimés sur une seule page. Le chercheur a accompagné les instructions en français de gestes prescrits dans le jeu d'instructions non verbales, afin de soutenir la compréhension des enfants. Conformément aux instructions de l'éditeur, quelques essais d'entraînement ont été répétés jusqu'à ce que l'enfant produise de manière fiable les bonnes réponses, puis le test a commencé. Les enfants commencent normalement par des éléments de test différents (de difficulté croissante) en fonction de leur âge, mais nous avons constaté lors de l'expérimentation que les enfants ne se conformaient pas aux normes d'âge du test, et que nombre d'entre eux devaient revenir au début du test pour établir un plancher (cinq bonnes réponses consécutives). Par conséquent, tous les enfants ont été testés à partir du premier item jusqu'à ce qu'ils atteignent leur performance plafond (trois mauvaises réponses consécutives).

Nous avons mis en œuvre les tâches de l'apprentissage statistique (SL) sur écran tactile sur des iPads Apple en utilisant Paradigm (Perception Research Systems, 2007). Au lieu

d'appuyer sur des boutons, les participants devaient toucher les stimuli cibles lorsqu'ils apparaissaient à l'écran. Les tâches (VSL) et (ASL) ont été contextualisées de la même manière que la tâche Qi2019, en utilisant un récit sur des animaux au lieu d'monstres dans la tâche (VSL), un moyen de transport commun (le gbaka) au lieu d'un vaisseau spatial, et le conducteur du gbaka jouant de la musique à la radio au lieu d'un monstre jouant de la guitare.

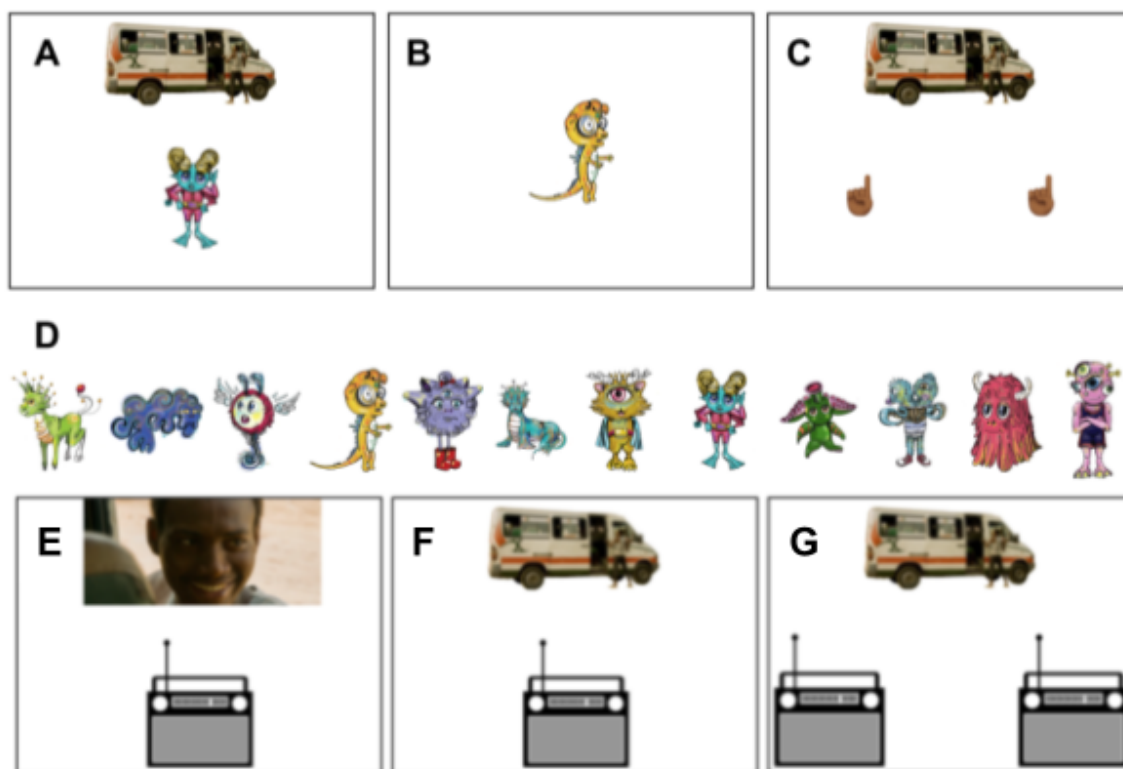


Figure 3. Présentation des stimuli dans les tâches de familiarisation et de 2-AFC. A. Identification de l'animal cible pour la tâche de familiarisation (VSL). B. Séquence de familiarisation montrant un monstre sur l'écran de l'iPad. C. Écran de décision 2-AFC, où des séquences d'animaux sont apparues dans les positions indiquées par les icônes de main. D. Inventaire de douze animaux pour la tâche de familiarisation (VSL). E. Identification du son cible pour la tâche de familiarisation A(SL). F. Séquence de familiarisation montrant le gbaka et la radio sur l'écran de l'iPad. G. Écran de décision 2-AFC, où des séquences sonores ont été jouées simultanément avec l'apparition d'une radio à gauche ou à droite. Les deux radios apparaissent au moment de la décision.

Nous avons procédé à ces adaptations car les enfants des villages ne sont généralement pas familiarisés avec les médias de science-fiction mettant en scène des monstres et des vaisseaux spatiaux. La figure 3 illustre les événements clés des expériences (VSL) et (ASL), tels qu'ils sont apparus sur l'écran de l'iPad. Les scripts complets avec

toutes les images d'écran pertinentes, le texte narré en français et en anglais et les paramètres de synchronisation sont joints à l'annexe S3, et les scripts Paradigm exécutables sont disponibles sur l'OSF.

ANALYSES PRÉVUES

Temps de réponse pour la familiarisation

Nous avons rapporté des estimations de fiabilité interne pour les mesures du TR en utilisant des demi-fiabilités relevés de notre test pilotes. Lors de l'entraînement non structuré, nous avons rapporté la fiabilité du TR moyen (le régresseur utilisé dans les analyses ultérieures), et lors de la phase de familiarisation, nous avons rapporté la fiabilité de la pente du TR, qui est la mesure d'apprentissage (SL) d'intérêt, et le TR moyen.

Nous avons estimé les corrélations partielles ρ de Spearman entre la pente du TR dans les deux tâches de (SL) et les trois mesures d'alphabétisation (lecture de graphèmes, de mots et de pseudo-mots), en contrôlant l'âge, le QI non verbal et la vitesse de traitement (temps de réponse moyen pour les occurrences pendant la phase d'entraînement non structurée). Il est important de noter que nous n'avons pas tenu compte de l'année scolaire (comme l'ont fait certaines études antérieures), car tous nos participants étaient de la même année scolaire, malgré des âges très différents. Les corrélations partielles ont été calculées sur la base des résidus d'un modèle de régression linéaire prédisant l'inclinaison de la TR (avec les prédicteurs âge, QI non verbal et vitesse de traitement) et des modèles de régression Tobit prédisant chaque mesure de la littératie (avec les mêmes prédicteurs ; voir Zhu & Gonzalez, 2017 concernant la régression Tobit pour les effets de plancher).

Nous avons ajusté les comparaisons multiples en utilisant les valeurs p ajustées de Dunn-Bonferroni ($p < 0,0167$ pour chacun des trois tests ; Bonferroni, 1936 ; Dunn, 1961). En outre, nous comparons les amplitudes de ρ et leurs intervalles de confiance aux corrélations publiées précédemment. Outre les estimations fréquentistes, nous indiquons les facteurs de Bayes (BF) pour chacune des corrélations partielles afin de quantifier les preuves pour ou contre l'hypothèse nulle (Lee & Wagenmakers, 2013 ; Ly, Verhagen, & Wagenmakers, 2015 ; Morey, Rouder, & Jamil, 2015). L'estimation BF pour les corrélations est mise en œuvre par le paquet BayesFactor dans R (Morey, 2018 ; Jefferys, 1961). Nous définissons notre hypothèse nulle comme l'intervalle $\rho = [-0,20, 0,20]$, car la plupart des études connexes font état de corrélations significatives d'une ampleur supérieure à 0,30 (et de quelques corrélations non significatives supérieures à 0,20). La distribution préalable est une distribution bêta décalée et mise à l'échelle avec les paramètres (3,3) suivant la convention de largeur "moyenne" pour le progiciel BayesFactor.

Analyse de médiation

Nous avons également testé la médiation de la conscience phonologique sur ces mesures, comme indiqué dans Qi2019, en utilisant les résidus du modèle Tobit pour chaque variable d'alphabétisation (décrite précédemment) comme variable de résultat d'une nouvelle régression. Le test de médiation a comparé les contributions de l'apprentissage statistique auditive l'(ASL) et de la visuelle (VSL) (inclinaison du TR, résiduelle) et la contribution de la conscience phonologique (résiduelle) en tant que prédicteurs des variables d'alphabétisation. Nous avons effectué cette comparaison à l'aide du package R mediation (Tingley et al., 2014) pour déterminer si la mesure de la conscience phonologique est un meilleur prédicteur de la littératie que l'(ASL) et la (VSL) et si l'(ASL) et la (VSL) prédisent mieux la conscience phonologique qu'elles ne prédisent la littératie. L'analyse de médiation a été traitée comme une comparaison conceptuellement distincte, à nouveau corrigée par Dunn-Bonferroni pour les trois mesures de la littératie ($p < 0,0167$).

Données de réponse 2-AFC

Notre recherche pilote a suggéré que les données de choix forcé à deux alternatives après la familiarisation n'étaient pas susceptibles de fournir des informations sur les différences individuelles, ce qui est cohérent avec certaines études antérieures dans lesquelles cette mesure était peu fiable chez les enfants. Nous avons répété les analyses pilotes sur le nouvel ensemble de données plus important afin d'améliorer notre compréhension de la manière dont les enfants de cette population effectuent la tâche 2-AFC et de déterminer si elle présente un intérêt pour la capture des effets de la (SL). Les réponses des participants à la tâche 2-AFC ont été évaluées pour l'ensemble des 32 items, ainsi que pour les 16 premiers items et les 8 premiers items, chaque score étant ensuite testé pour sa fiabilité interne (split-halves) et sa corrélation avec la pente du TR. Si la fiabilité interne d'un test 2-AFC atteignait 0,70 (comme dans Qi et al., 2019 ; Torkildsen et al., 2019), nous avons prévu de comparer cette mesure aux variables d'alphabétisation en suivant les mêmes procédures de corrélation partielle et de médiation décrites pour les données de RT. Cependant, compte tenu de la faible fiabilité des données du 2-AFC, nous n'avons finalement pas effectué les comparaisons prévues avec les mesures de la littératie.

RÉSULTATS

Les données démographiques de l'échantillon

Les données ont été collectées pendant deux semaines au début du mois de mars 2022 dans 17 écoles de 5 communautés de la grande région d'Adzopé, dans le sud-est de la Côte d'Ivoire. Seize de ces écoles étaient des écoles de contrôle dans l'étude originale, et un enfant a été recruté à nouveau dans une école voisine parce qu'il y avait déménagé

d'une école de contrôle après la ligne de base (et ne participait pas à l'intervention). Tous les enfants sauf sept étaient en CM-1 (cinquième année) au moment de la collecte des données de référence au printemps 2019. Les visites de retour ont été reportées par la pandémie de covid-19 jusqu'en 2022, et les enfants étaient en CM-2 (sixième année), ce qui indique qu'ils avaient redoublé l'une de ces années ou les deux au cours des années intermédiaires. Les sept autres enfants étaient également inscrits dans les classes de CM-2, mais n'étaient pas présents lors de la visite de collecte des données de référence. Enfin, 117 enfants répondaient aux critères d'inclusion initiaux : ils étaient capables d'indiquer leur âge (ou l'ont obtenu de l'enseignant n=14), avaient entre 8 et 16 ans et avaient passé le TONI-4 et au moins l'un des tests d'alphabétisation. Ces enfants étaient âgés de 13,5 ans en moyenne (écart-type=1,3, intervalle : 10-16), 59 garçons et 58 filles.

Tableau 4 : Statistiques descriptives des mesures du langage, de l'alphabétisation et du QI non verbal.

Instrument	n	Moyenne [95% CI]	Ecart type	% 0 scores
EGRA français				
Graphèmes	117	43.8 [39.9, 47.8]	21.9	1%
Mot	116	16.7 [14.0, 19.4]	14.8	10%
Pseudo-mot	115	12.0 [9.7, 14.3]	12.6	21%
Conscience phonologique	117	24.2 [22.7, 25.7]	8.9	2%
QI non verbal (score brut)	117	13.6 [12.7, 14.5]	4.8	1%

Note : Pourcentage de scores 0 indiquant la proportion d'enfants ayant obtenu un zéro à la tâche. Un taux élevé de scores 0 suggère des effets de plancher sur la mesure

Scores de langage, d'alphabétisation et de QI non verbal

Les résultats des trois mesures d'alphabétisation en français, de la mesure de la conscience phonologique et de l'évaluation du QI non verbal sont présentés dans le tableau 4. Les scores étaient nettement plus élevés que les scores de base rapportés trois ans plus tôt dans le tableau 3. Cinq enfants ont lu avec précision les 50 mots français et un enfant a lu avec précision les 50 pseudo-mots français. Trois enfants ont répondu correctement aux 40 questions de conscience phonologique en français (tâche non chronométrée).

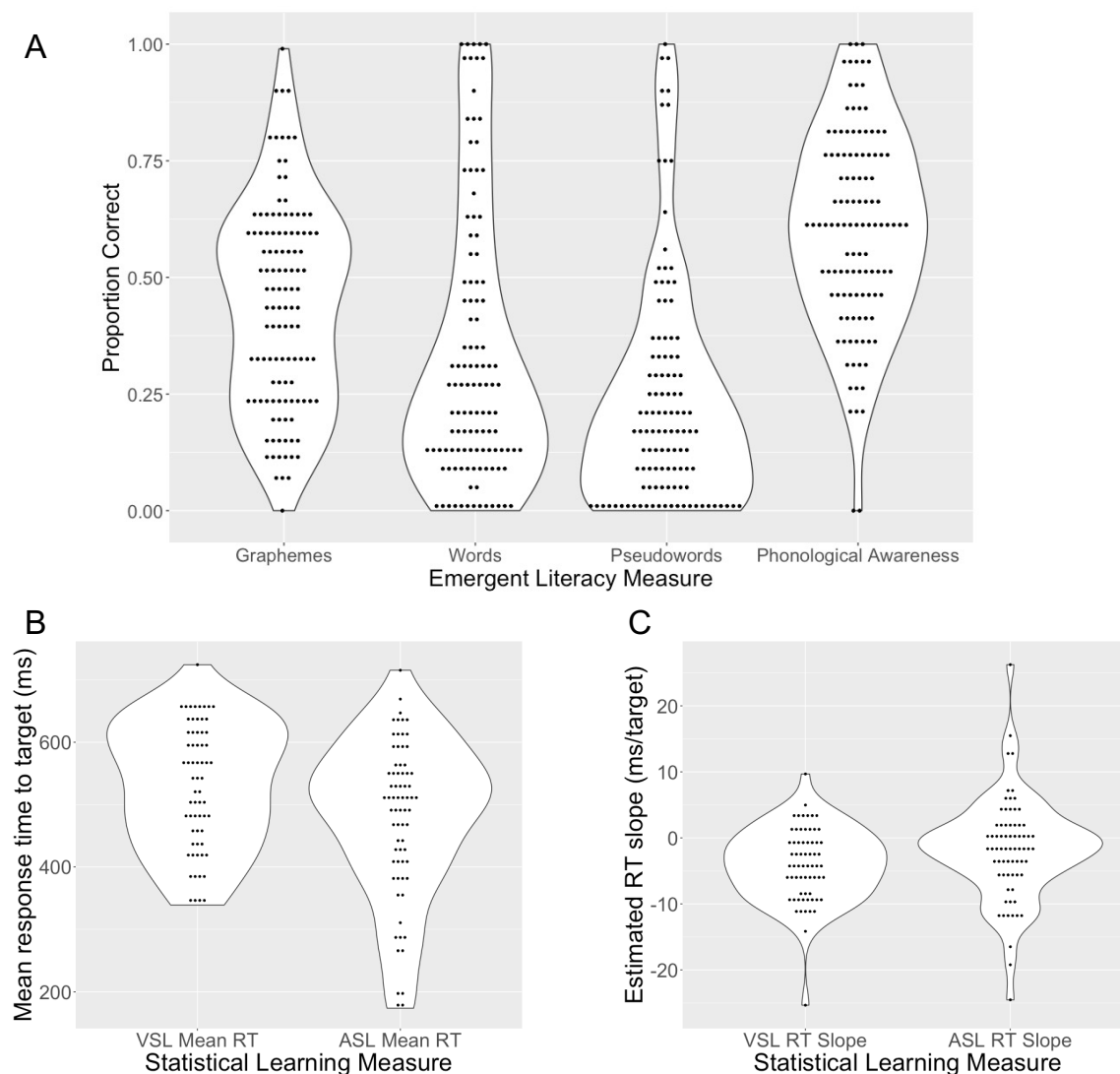


Figure 4. A. Diagrammes de densité des scores obtenus aux trois mesures de l'alphabétisation et de la conscience phonologique. Les scores sont exprimés en proportion d'items corrects par rapport au nombre total d'items. B. Temps de réponse moyen pour l'atteinte de la cible dans les tâches liées à l'apprentissage statistique auditif (ASL) et celles de l'apprentissage statistique visuel (VSL). C. Intervalle de temps de réponse estimés (millisecondes par image cible) pour les tâches liées à l'apprentissage statistique auditif (ASL) et celles de l'apprentissage statistique visuel (VSL). Les points sur le graphique sont des résultats au niveau des participants.

Tâche d'entraînement de tablette

Parmi les 117 enfants enregistrés, 98 ont terminé la tâche d'entraînement de la tablette au début des procédures d'apprentissage statistique. Après la phase de rétroaction de la tâche d'entraînement de la tablette non structurée (24 essais, 4 présentations de cibles), les enfants ont vu et entendu huit présentations de la cible audiovisuelle sans rétroaction et ont réalisé un taux moyen de 91% (95% d'intervalle de confiance, désormais IC: 0.88, 0.93;

$sd=13\%$), avec un taux de point minimum de 50%. Les faux taux positifs étaient extrêmement bas, 2% (95% CI: 0.01, 0.02; $sd=4\%$), avec un faux taux positif de 20%. La réponse de temps de la moyenne du niveau de participant pour des points était de 581ms (95% CI: 568, 594; $sd=65$ ms, portée: 438-743 ms), qui avait une fiabilité des deux moitiés de 0.74 (estimé par rapport à 10 000 itérations, 95% IC: 0.742, 0.743).

Apprentissage statistique visuel

Sur les 98 enfants qui ont rempli les critères d'inclusion et terminé la tâche d'entraînement de la tablette, 89 ont terminé la tâche de l'apprentissage statistique visuel (VSL), avec neuf données supplémentaires sur les enfants perdues dues aux interruptions de tâches des données cellulaires. Dans la phase de familiarisation de la tâche d'apprentissage statistique visuel (VSL), le taux de point du niveau du participant moyen était de 91% (95% CI: 0.89, 0.93; $sd=9\%$, portée: 54-100%). Aucun enfant n'a été exclu pour avoir un taux de point insuffisant (remplissant le critère de 6 sur 24 essais de cibles). Le temps de réponse moyen du niveau de participant était de 532 ms (95% CI: 512, 552; SD: 98 ms, portée: 298-724 ms). Les faux taux positifs étaient extrêmement bas (moyen=0.003, 95% CI: 0.002, 0.004; $sd=0.01$, portée: 0-3%).

Les inclinaisons TR pour chaque enfant se classait de -25.3 à 9.7 ms/cible, avec une moyenne totale de -4.3 ms/cible (95% CI: -5.4, -3.2; $sd=5.39$; portée: -25.3-9.7; $t(88)=-7.9$, $p<0.001$). Une fiabilité interne des inclinaisons TR était 0.68, évaluée en utilisant une estimation des deux moitiés (10,000 itérations; 95% CI: 0.677, 0.680), qui a satisfait notre critère préenregistré de 0.50 ou plus élevé. Nous n'avons trouvé aucune preuve que l'inclinaison TR était liée à la vitesse de réponse de référence des enfants dans la tâche d'entraînement non structurée ($r=0.04$, $p=0.68$; 95% CI: -0.17, 0.25). De plus, l'inclinaison TR et l'interception TR étaient, tout au plus, faiblement corrélées ($r=-0.20$, $p=0.07$; 95% CI: -0.39, 0.01), suggérant que les enfants qui ont démarré très faiblement (interception plus élevée) ont accéléré légèrement plus par rapport à la course de la tâche (inclinaison TR plus négative) en moyenne comparée aux enfants qui ont démarré plus rapidement.

La précision de réponse moyenne sur le teste des 2FCA était de 0.519 ($sd=0.109$), qui ne différait pas de manière significative de la chance ($t(88)=1.67$, $p=0.10$). Voir Tableau 5 pour les détails. Cependant, la fiabilité interne des scores de 2FCA était aussi basse ($\alpha=0.34$ selon Cronbach; une fiabilité des deux moitiés avec 100 000 cycles, 0.39). L'analyse des premiers huit et 16 objets dans le 2-FCA ne différait pas de la chance non plus (précision moyenne pour huit objets : 0.480, 16 objets; 0.513) ni n'a démontré de fiabilité interne adéquate pour une analyse de plus (<0.30). La précision sur le teste des 2-FCA des 32 objets était aussi non corrélée avec la mesure d'inclinaison TR ($r=0.01$, $p=0.94$; 95% CI: -0.20, 0.22).

Tableau 5. Statistiques descriptives pour l'apprentissage statistique des tests des 2-FCA mesurées dans les données de pilotage.

Apprentissage Statistique	Moyen [95% CI]	SD	Alpha	Fiabilité des deux moitiés [95% IC]
Apprentissage Statistique Visuel				
Tous les 32 2-FCA	0.519 [0.496, 0.542]	0.109	0.344	0.385 [0.384, 0.387]
Les premières 16 2- FCA	0.513 [0.484, 0.542]	0.137		0.241 [0.240, 0.242]
Les premiers 8 2- FCA	.480 [.441, .520]	0.188		0.289 [0.288, 0.289]
Apprentissage Statistique Auditif				
Tous les 32 2-FCA	0.519 [0.502, 0.536]	0.079	-0.209	-0.211 [-0.213, -0.208]
Les premières 16 2- FCA	0.514 [0.489, 0.540]	0.120		0.048 [0.046, 0.049]
Les premiers 8 2- FCA	0.532 [0.494, 0.570]	0.178		0.279 [0.278, 0.279]

Note : Le texte en gras indique $p < 0.05$, non corrigé. 95% IC signifient 95% d'Intervalle de Confiance de la moyenne.

Tableau 6. Des corrélations partielles entre les mesures et les mesures d'alphabétisation.

Mesure	Inclinaison TR (VSL)				Moyen TR (ASL)			
	n	ρ [95% IC]	p	BF	n	ρ [95% IC]	p	BF
Graphèmes	89	-0.11 [-0.32, 0.10]	0.285	0.12	71	-0.12 [-0.35, 0.12]	0.312	0.15
Mots	88	-0.04 [-0.25, 0.17]	0.695	0.03	70	0.09 [-0.15, 0.32]	0.451	0.09
Pseudomots	87	-0.06 [-0.27, 0.15]	0.552	0.04	69	-0.01 [-0.24, 0.23]	0.952	0.04
Conscience Phonologique	89	-0.29 [-0.47, -0.09]	0.005	11.96	71	-0.03 [-0.26, 0.20]	0.804	0.04

Note : Les tests de signification pour les mesures d'alphabétisation sont comparées au $p < 0.0167$ ajusté de Dunn-Bonferroni. Le texte en gras indique $p < 0.05$ (corrigé). 95% IC signifie 95% d'Intervalle de Confiance de la statistique de corrélation de Spearman.

Corrélation avec l'alphabétisation. Nous avons estimé les corrélations partielles entre l'inclinaison de la TR de la (VSL) et chacune des trois mesures de l'alphabétisation en français (graphèmes, mots, pseudo-mots), en tenant compte de l'âge, du QI non verbal et du temps de réponse moyen dans la tâche d'apprentissage sur tablette. Selon les

hypothèses qui ont guidé notre analyse de puissance, nous avons maintenu une puissance d'au moins 89 % pour détecter des corrélations entre l'alphabétisation et la (VSL) supérieures ou égales à 0,30 ($n \geq 87$, $\alpha = 0,05$), avec une puissance de 76 % après correction pour les comparaisons multiples ($\alpha = 0,0167$). Aucune des corrélations n'était statistiquement significative (voir tableau 6).

Les facteurs de Bayes ont fourni des preuves modérées ($< 0,33$) à fortes ($< 0,10$) que les corrélations réelles se situaient dans l'intervalle de l'hypothèse nulle $[-0,20, 0,20]$ pour les trois mesures.

Corrélation avec la conscience phonologique. L'inclinaison du TR était significativement corrélée à la conscience phonologique, avec un facteur de Bayes indiquant des preuves solides d'une corrélation en dehors de l'intervalle de l'hypothèse nulle ($\rho = -0,29$, $p = 0,005$, $BF = 11,96$, voir le tableau 6). De plus, la conscience phonologique était significativement corrélée avec les trois variables d'alphabétisation, en contrôlant l'âge, l'intelligence non verbale et le TR de base (graphèmes : $r = 0,57$, $[0,41, 0,69]$, $p < 0,001$; mots : $r = 0,66$, $[0,53, 0,77]$, $p < 0,001$; pseudo-mots : $r = 0,65$, $[0,51, 0,76]$, $p < 0,001$) Cependant, étant donné les preuves contre une relation entre la pente du TR de la (VSL) et l'alphabétisation, il n'a pas été nécessaire de tester la médiation. Néanmoins, nous avons envisagé et rejeté la possibilité d'une médiation complète dans d'autres analyses à l'annexe S4.

Apprentissage statistique auditif

Parmi les enfants inclus, 87 ont effectué la tâche d'apprentissage statistique auditif (ASL), les données de onze enfants ayant été perdues en raison d'interruptions de la connexion de données cellulaires. En raison d'une erreur du logiciel, nous avons dû reconstruire les cibles assignées à chaque enfant avant de calculer les statistiques de performance, sur la base de leurs biais de réponse. Sur les 87 enfants, nous avons réussi à identifier une cible pour 72 d'entre eux (et 15 n'ont montré aucun biais ou ont préféré un son dans une position différente). Voir l'annexe S4 pour plus de détails et une validation de cette approche en utilisant les cibles (VSL) (qui ont été enregistrées).

Le taux de réussite moyen au niveau des participants était de 58% (IC 95% : 0,53, 0,62 ; $sd = 19\%$, range : 15-91%) dans la phase de familiarisation. Un enfant a été exclu en raison d'un taux de réussite insuffisant (inférieur au critère de 6 essais de cible). Après cette exclusion, le taux de réussite moyen était de 58 % (IC 95 % : 0,54, 0,63) et le temps de réponse moyen était de 479 ms (IC 95 % : 450, 508 ; écart-type=125 ms, intervalle : 174-715 ms). Le taux moyen de faux positifs était de 5 % (IC à 95 % : 0,04, 0,05 ; écart-type = 4 %, intervalle : 0-14 %).

Le temps de réponse (TR) pour chaque enfant allait de -24,5 à 26,3 ms/cible, avec une moyenne globale de -1,69 ms/cible (IC à 95 % : -3,50, 0,11 ; $sd=7,76$; plage : -24,5-26,3 ; $t(70)=-1,84$, $p=0,070$), mais la fiabilité interne était de 0,28 (10 000 itérations split-haves ; IC à 95 % : 0,27, 0,29), ce qui ne répondait pas à notre critère préenregistré de 0,50 pour l'utilisation. Nous avons donc utilisé le TR moyen pendant la familiarisation avec l'(ASL). La moyenne des moyennes au niveau des participants était de 479 ms (IC 95% : 450, 508 ; $sd=125$ ms, plage : 174-715 ms), avec une fiabilité interne de 0,84 (10 000 itérations split-halves ; IC 95% : 0,84, 0,85). La précision de la réponse au test 2-AFC était significativement supérieure au hasard (moyenne : 0,519, écart-type = 0,079, $t(86)=2,25$, $p=0,027$), mais la fiabilité interne des scores du 2-AFC était très faible (α de Cronbach=-0,21). Voir le tableau 5 pour plus de détails. Les huit et seize premiers items du 2-AFC n'ont pas dépassé le hasard et n'ont pas démontré de fiabilité interne.

Corrélations avec l'alphabétisation. Selon les hypothèses qui ont guidé notre analyse de puissance, nous avons maintenu une puissance de 81 % pour détecter les corrélations partielles (en tenant compte de l'âge, du QI non verbal et du TR moyen dans la tâche d'entraînement) entre chacune des trois mesures de l'alphabétisation en français et le TR moyen de l'(ASL) supérieur ou égal à 0,30 ($n \geq 69$, $\alpha=0,05$), avec une puissance de 66 % après correction pour les comparaisons multiples ($\alpha=0,0167$). Aucune des corrélations n'était statistiquement significative (toutes $p > 0,3$, voir tableau 6). Les facteurs de Bayes ont fourni des preuves modérées ($< 0,33$) à fortes ($< 0,10$) que les corrélations réelles se situaient dans l'intervalle de l'hypothèse nulle $[-0,20, 0,20]$ pour les trois mesures.

Corrélation avec la conscience phonologique. Le TR moyen n'était pas significativement corrélé avec la conscience phonologique ($\rho=-0,03$, $p=0,80$, $BF=0,04$). Des preuves solides ($BF < 0,10$) de l'hypothèse nulle ont exclu toute médiation des effets de l'(ASL) par la conscience phonologique.

DISCUSSION

Nous nous sommes demandé si les corrélations précédemment rapportées entre l'apprentissage statistique (SL) non linguistique et l'alphabétisation des enfants existaient pour les enfants du sud-est de la Côte d'Ivoire qui apprennent à lire dans leur deuxième langue. À la suite d'une recherche pilote approfondie rapportée par Zinszer et al. (2022) et dans les documents complémentaires, nous avons proposé une série d'adaptations aux tâches d'apprentissage statistique visuel et auditif existantes pour mesurer les différences individuelles chez les enfants qui (1) n'ont aucune expérience de l'utilisation d'ordinateurs personnels, (2) ne sont pas habitués aux tests répétitifs à choix forcé et (3) vivent dans des

communautés rurales ayant un accès limité à l'infrastructure de laboratoire habituelle. Nos résultats ont fourni des preuves modérées à fortes contre les corrélations directes (en dehors de l'intervalle $[-0,20, 0,20]$) entre la (SL) et la littératie en (L2), mais nous avons identifié des relations entre la conscience phonologique en français et l'apprentissage statistique (SL) visuelle et entre la conscience phonologique en français et la littératie en seconde langue (L2).

Les tâches adaptées mesurent-elles effectivement l'apprentissage statistique ?

Des taux de réussite moyens élevés ($>90\%$), des taux de fausses alarmes moyens faibles ($\leq 2\%$) et une bonne fiabilité interne ($\geq 0,68$) dans les tâches d'apprentissage sur tablette et de (SL) visuelle indiquent que nos adaptations de conception ont largement réussi à attirer l'attention des enfants et à communiquer les exigences de la tâche de détection visuelle de la cible de couverture. Les estimations de la pente du temps de réponse (TR) en (VSL) étaient globalement négatives en moyenne, ce qui indique que les enfants étaient progressivement capables de prédire l'apparence de la cible à partir de la structure statistique sous-jacente. Nous avons également minimisé la confusion entre l'apprentissage global de la tâche et notre estimation de la (VSL). L'augmentation de la vitesse au cours du temps (inclinaison du TR) dans l'apprentissage statistique visuel (VSL) était, tout au plus, faiblement liée à la vitesse de réponse de base (estimée dans la tâche non structurée) et à l'interception du TR (dans la tâche (VSL)). Ces observations suggèrent fortement que l'aisance des enfants dans la tâche de détection de cible ne perturbe plus la pente du TR et donc nos estimations de la (VSL).

Les résultats de la tâche l'apprentissage statistique auditif (ASL) sont moins clairs. Les tests pilotes ont suggéré que cette modalité était généralement plus difficile, exigeant une fenêtre de temps plus large pour que les enfants répondent et entraînant un grand nombre de réponses anticipées et de fausses alarmes. La présente expérience a permis d'augmenter les taux de réussite, de diminuer les taux de fausses alarmes et d'améliorer la fiabilité interne par rapport au test pilote. Ces changements étaient minimes et pourraient être attribués à la tâche d'entraînement sur tablette ou à notre utilisation des stimuli sonores environnementaux de Shufaniya et Arnon (2018) qui étaient plus faciles à discriminer et plus longs que les stimuli sonores purs de Qi et al. (2019). Enfin, bien que l'estimation de la pente du TR soit négative en moyenne, ce qui suggère un apprentissage potentiel, elle n'était pas suffisamment fiable (0,28) pour être utilisée comme mesure des différences individuelles dans le (SL). Ces caractéristiques de la tâche peuvent encore être améliorées en affinant les instructions de la tâche de détection de la cible.

Concernant les deux modalités, le test de choix forcé à deux alternatives après la familiarisation, est resté une mesure peu informative de l'apprentissage statistique. Cette

mesure a montré peu ou pas d'apprentissage dans notre échantillon, même au niveau du groupe, et elle manquait de fiabilité interne pour évaluer les différences individuelles, même par rapport au rapport précédent d'Arnon (2019) sur le test 2-AFC problématique chez les enfants. Nous n'avons pas non plus constaté que le fait de raccourcir le test améliorait les performances, et les scores de 2-AFC n'étaient pas en corrélation avec les mesures de l'apprentissage statistique (SL) basées sur le RT dans l'une ou l'autre modalité. Ainsi, même les enfants qui ont montré des signes de (SL) dans les tâches de familiarisation n'ont pas montré une plus grande préférence pour les triplets statistiquement définis dans le test de post-familiarisation que les enfants qui n'ont pas montré d'apprentissage statistique (SL) dans la familiarisation.

Dans l'ensemble, cependant, la combinaison de la tâche de formation et de la tâche (VSL) a permis une adaptation efficace d'un paradigme d'apprentissage statistique non linguistique, tandis que la tâche (ASL) a montré des améliorations par rapport à l'essai pilote et un potentiel de développement ultérieur. Au vu des performances globales inférieures dans la tâche (ASL), il est possible que les enfants se soient davantage appuyés sur les indices visuels que sur les indices auditifs au cours de la formation audiovisuelle intégrée. Une modification du paradigme d'entraînement pourrait tenter d'opposer ces indices auditifs et visuels dans des séries distinctes de cibles visuelles et de cibles auditives avec des stimuli audiovisuels appariés de manière aléatoire, mais il faudrait trouver un équilibre entre une telle rigueur et les contraintes de temps.

Il est important de noter que nous avons constaté que ces tâches pouvaient être réalisées à l'aide de tablettes tactiles légères qui plaisaient aux enfants, qui pouvaient être transportées facilement, qui étaient suffisamment chargées pour une demi-journée de tests et qui pouvaient être rechargées à l'aide de batteries portables et de cellules solaires. Ces avantages seraient décuplés si les expériences futures excluaient complètement le test 2-AFC, qui prend autant de temps, voire plus, que la tâche de familiarisation et qui, d'après les anecdotes, semble ennuyer et fatiguer les enfants plus que tout autre élément de la batterie de tests.

La corrélation entre l'apprentissage statistique et l'alphabétisation se généralise-t-elle à cette population ?

Aucune des trois mesures de l'alphabétisation en français (lecture de graphèmes, de mots ou de pseudo-mots) n'a été significativement corrélée avec l'apprentissage statistique dans les tâches visuelles ou auditives. En nous appuyant sur plusieurs études antérieures portant sur des enfants et des adultes, nous avons émis l'hypothèse que la corrélation entre l'apprentissage statistique et les mesures d'alphabétisation serait d'au moins 0,30. Nos échantillons finaux étaient suffisamment puissants (80 % ou plus avant la correction pour

les comparaisons multiples) pour détecter des corrélations de cette ampleur, mais les corrélations estimées à partir de cet échantillon étaient très faibles, allant de 0,01 à 0,13. Ces valeurs se situaient bien dans un intervalle d'hypothèse nulle de $[-0,20, 0,20]$, et les facteurs de Bayes ont en outre indiqué que les véritables corrélations se situaient très probablement dans cet intervalle sans intérêt. En résumé, nous n'avons trouvé aucune preuve que les corrélations précédemment rapportées entre l'apprentissage statistique non linguistique et la littératie des enfants se généralisaient à notre échantillon de lecteurs émergents de seconde langue.

Les études antérieures qui ont établi des corrélations entre la langue maternelle et l'alphabétisation diffèrent à plusieurs égards de la présente étude. Les études antérieures sur les enfants se sont concentrées exclusivement sur les locuteurs natifs des langues testées, avec des âges moyens allant de sept à dix ans (voir le tableau 2 pour plus de détails et de citations). Les enfants des écoles primaires ivoiriennes sont en moyenne beaucoup plus âgés. Dans notre échantillon, les âges varient de 11 à 16 ans pour l'équivalent de la 6^e année, avec une moyenne de près de 14 ans. En tant qu'apprenants de (L2), les enfants ont également des capacités de lecture très variables, environ 11 % d'entre eux étant incapables de lire un seul mot. Le modèle déclaratif-procédural d'Ullman (2015) propose que les apprenants plus âgés puissent faire appel à un ensemble de compétences différentes pour la (L2) que leurs pairs plus jeunes et les apprenants d'une première langue, au moins dans les premières étapes de l'apprentissage, ce qui offre une justification possible de nos résultats. Cependant, des recherches menées auprès d'apprenants adultes de (L2) en âge de fréquenter l'université (Frost et al., 2013) ont également fait état de corrélations significatives entre la (VSL) et l'amélioration du décodage de non-mots et de la lecture de mots au cours d'une année universitaire. Ainsi, une simple exposition tardive à une seconde langue ne suffit pas à expliquer les présents résultats, mais d'autres différences entre les étudiants universitaires et les élèves de l'école primaire dans l'enseignement de la (L2) pourraient être explorées.

La transparence orthographique est une autre variable importante dans les études, les orthographes relativement plus opaques étant souvent présentées dans les études établissant un lien entre la seconde langue et l'alphabétisation (chinois : Tong et al., 2019 ; hébreu : Frost et al., 2013 ; anglais : Arciuli & Simpson, 2012 ; Qi et al., 2019). Nos résultats sont plus conformes aux études sur les orthographes transparentes comme l'espagnol (Nigro et al., 2015) et l'allemand (Schmalz et al., 2019) qui ont trouvé peu de preuves de liens entre la lecture et la seconde langue. Le français est relativement transparent dans le sens de l'impression vers la parole. Nous reviendrons sur la question de la profondeur orthographique dans la section suivante, où nous examinerons si un rôle médiateur de la

conscience phonologique dans la relation entre (SL) et littératie peut réconcilier ces résultats disparates entre les orthographe.

Enfin, le rôle de la puissance statistique doit être pris en compte pour comprendre l'incohérence des résultats dans la littérature. Peu d'études établissant un lien entre l'apprentissage de la seconde langue et l'alphabétisation ont été suffisamment puissantes pour détecter une corrélation de la même ampleur que celle initialement rapportée par Arciuli et Simpson (2012, $r=0,33-0,36$; voir la figure 2), à l'exception notable de Torkildsen et al. (2019). Bien que certaines études plus petites (environ 30 participants) aient identifié des effets plus importants (corrélations autour de $0,4-0,6$), ces études n'ont pas systématiquement trouvé de relations entre les mêmes paires de variables (SL) visuelle vs auditive, lecture vs écriture) et font état d'un petit nombre de résultats statistiquement significatifs parmi plusieurs autres corrélations estimées inférieures à $0,3$ (Frost et al., 2013 ; Nigro et al., 2015 ; Qi et al., 2019).

Tong et al. (2019) ont trouvé une relation significative entre la (SL) et la littératie après avoir regroupé les lecteurs dyslexiques et les lecteurs au développement normal dans un seul échantillon de 72 enfants, doublant ainsi la taille de l'échantillon mais augmentant également la variance le long des deux mesures sur lesquelles estimer la corrélation (voir la figure 2 de cet article). Parmi les échantillons les plus importants, l'étude de Schmalz et al. (2019) portant sur 84 adultes a estimé des corrélations inférieures à $0,20$ entre les mesures connexes de l'apprentissage implicite et de la lecture.

Collectivement, ces résultats suggèrent que nous disposons encore de très peu de données sur la relation entre la (SL) et les résultats en matière de littératie chez les enfants, que nous devons interpréter les résultats existants avec prudence et que nous devons réconcilier les tailles d'échantillon des études futures avec les tailles d'effet hypothétiques.

Quel est le lien entre la conscience phonologique, la seconde langue et l'apprentissage de la lecture et de l'écriture en seconde langue (L2) ?

Nous avons trouvé des preuves solides qu'une meilleure performance en (VSL) visuelle (un intervalle de temps de réponse plus négative) était associée à une plus grande conscience phonologique en seconde langue (L2), avec un $\rho=-0,29$ de Spearman ($p=0,005$, facteur de Bayes=11,96, voir le tableau 6). La même relation n'était pas évidente avec les données auditives (SL). Cependant, nous n'avons trouvé aucune preuve que la conscience phonologique ait joué un rôle de médiateur dans la relation entre la VSL et l'alphabétisation en (L2). Le rôle médiateur de la conscience phonologique entre la S auditive non linguistique et la littératie en (L1) a été proposé par Qi et ses collègues (2019).

Outre notre incapacité à trouver des preuves de médiation, la corrélation entre la (VSL), mais pas l'(ASL) et la conscience phonologique renverse les conclusions de Qi et de ses

collègues sur la modalité de l'apprentissage statistique (SL). Cette inversion peut être aussi simple que la tâche (VSL) fournissant une mesure fiable des différences individuelles dans la capacité (SL) dans notre tâche, alors que notre tâche (ASL) n'était pas suffisamment fiable. Les différences entre ces deux études pourraient également être attribuées aux stimuli auditifs, qui étaient plus rapides et plus difficiles à discriminer dans l'étude de Qi et al (tons purs) que dans la présente étude. Des recherches antérieures confirment que les séquences plus rapides donnent de meilleurs résultats en (ASL) (Emberson, Conway, & Christiansen, 2011).

La relation entre la conscience phonologique et la lecture en (L2) s'aligne bien sur les études précédentes sur l'alphabétisation des enfants bilingues, où les compétences en langue orale constituent un pont entre les compétences linguistiques. En d'autres termes, la conscience phonologique dans une première langue prédit les capacités de lecture précoce des enfants dans une deuxième langue (Chiappe & Siegel, 1999 ; Durgunoğlu, Nagy, & Hancin-Bhatt, 1993 ; Geva & Siegel, 2000). Les tâches de segmentation artificielle des syllabes (qui sont structurées de manière similaire aux tâches de (SL) non linguistiques de la présente étude) sont également corrélées à la sensibilité des participants adultes aux régularités dans la cooccurrence des mots en langue naturelle (Isbilen, McCauley, & Christiansen, 2022). Dans le cas de la conscience phonologique et de la segmentation artificielle de la parole, la capacité des participants à segmenter un signal non apparenté (soit la langue locale, soit un flux de syllabes artificielles) permet de prédire leur sensibilité aux régularités d'une autre langue naturelle. Dans la présente étude, nous faisons un pas de plus en arrière, en constatant qu'une mesure de segmentation non linguistique dans une modalité différente (VSL) prédit les compétences de segmentation linguistique (conscience phonologique).

Les liens entre la (SL), la conscience phonologique et l'alphabétisation peuvent également avoir des implications pour la compréhension des effets de la transparence orthographique (voir la section précédente). L'apprentissage statistique (SL) a généralement été liée à la lecture dans des orthographes opaques (par opposition à transparentes), une distinction soutenue par la récente méta-analyse de Lee, Cui et Tong (2022) sur les différences entre les lecteurs dyslexiques et les lecteurs ayant un développement normal. Comme la présente étude, des études antérieures n'ont pas réussi à trouver de liens entre la (SL) et la lecture dans des orthographes plus transparentes (allemand : Schmalz et al., 2019 ; espagnol : Nigro et al., 2015), mais ces études n'ont pas testé la conscience phonologique. La conscience phonologique peut être plus prédictive dans les orthographes transparentes. Par exemple, Jasińska et al. (2019) ont constaté que la conscience phonologique était un prédicteur plus fort de la lecture des enfants bilingues dans une deuxième ou troisième langue plus transparente (kiswahili) qu'opaque (anglais).

Si un mécanisme d'apprentissage statistique général du domaine soutient à la fois la conscience phonologique et l'apprentissage des régularités de la modalité d'impression, la relation directe entre l'apprentissage statistique général du domaine et la littératie favorisera l'opacité orthographique (comme on l'a vu en chinois, en hébreu non pointu et en anglais), tandis que les effets médiés et indirects via la conscience phonologique semblent plus faibles dans la corrélation par paires. Néanmoins, nous n'avons pas trouvé de tels effets de médiation dans une orthographe relativement transparente.

L'orientation causale de ces relations reste une question ouverte, si l'apprentissage statistique (SL) soutient la lecture par la détection de régularités linguistiques, ou si les lecteurs compétents deviennent plus sensibles aux régularités distributionnelles dans leur entrée. La présente étude, bien qu'elle n'offre pas de test causal décisif, fournit des éléments en faveur de la première interprétation. Peu d'enfants de notre échantillon, voire aucun, ne pouvaient être décrits comme des lecteurs avancés, ce qui signifie que la relation intermodale entre l'apprentissage statistique (SL) visuelle et la conscience phonologique est apparue en l'absence de compétence en lecture.

CONCLUSION

Nous n'avons pas trouvé de soutien à notre hypothèse selon laquelle une corrélation directe entre l'apprentissage statistique non linguistique et l'alphabétisation se généraliserait aux enfants de l'enseignement primaire rural ivoirien. Ces enfants diffèrent des échantillons précédemment étudiés sur de multiples dimensions, y compris l'âge, la maîtrise de la lecture, les expériences éducatives et le bilinguisme. Malgré ces différences, nous avons découvert des preuves solides du rôle de l'apprentissage statistique non linguistique dans la conscience phonologique, une compétence cruciale de l'alphabétisation émergente. Des études antérieures ont identifié des liens similaires entre l'apprentissage statistique et les compétences émergentes en matière d'alphabétisation chez les enfants qui apprennent leur première langue et les adultes qui apprennent leur deuxième langue, mais cette étude est la première à examiner l'apprentissage statistique dans un contexte éducatif commun : les enfants qui apprennent pour la première fois à lire dans une langue différente de celle qu'ils utilisent à la maison et dans leur communauté. Nous avons décrit un ensemble de procédures pouvant faciliter cette recherche mais bien loin du laboratoire, dans un environnement rural et agraire peu étudié, à travers la recherche cognitive et psycholinguistique. Les études futures continueront à étendre nos méthodes expérimentales au-delà des salles de classe et des laboratoires des communautés à haut revenu et à haut niveau d'éducation, dans la mesure où ces disciplines, en particulier les études sur l'acquisition d'une seconde langue, visent à représenter le développement et l'apprentissage des langues de tous les enfants.

Référence bibliographique

- Akpé, H., Tanoh, F., Seri, A., Yoffo, R. & Jasińska, K. (2021). De l'introduction d'un kit d'évaluation linguistique à l'évaluation des compétences orales chez les apprenants du primaire en langue Ivoirienne pour les langues Attié, Abidji, Baoulé et Bété. *Educi Assempe*, 17(Janvier), 48. <http://doi.org/10.31730/osf.io/vqyk4>
- Arciuli, J., & Simpson, I. C. (2011). Statistical learning in typically developing children: the role of age and speed of stimulus presentation. *Developmental Science*, 14(3), 464-473. <http://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00937.x>
- Arciuli, J., & Simpson, I. C. (2012). Statistical learning is related to reading ability in children and adults. *Cognitive Science*, 36(2), 286-304. <https://doi.org/10.1111/j.1551-6709.2011.01200.x>
- Arnon, I. (2020). Do current statistical learning tasks capture stable individual differences in children? An investigation of task reliability across modality. *Behavior Research Methods*, 52(1), 68-81. <https://doi.org/10.3758/s13428-019-01205-5>
- August, D., & Shanahan, T. (2006). *Developing literacy in second-language learners: Report of the National Literacy Panel on Language-Minority Children and Youth*. Routledge, New York. <https://doi.org/10.4324/9781315094922>
- Ayewa, P. N. K. (2018). Les reformes pédagogiques Ivoiriennes au fil des années: Le piège n'a pas été évité. Quelle solution aujourd'hui? *Revue du Laboratoire des Théories et Modèles Linguistiques*, 14
http://web.archive.org/web/20200331143845/http://tml.univ-fhb.edu.ci/wp-content/uploads/files/article14/Noe_Kouassi_AYEWAWA.pdf
- Ball, M.C., Curran, E., Tanoh, F., Akpé, H., Seri, A., Nematova, S. & Jasińska, K. (2022). Learning to read in environments with high risk of illiteracy: the role of bilingualism and bilingual education. *Journal of Educational Psychology*. <https://doi.org/10.1037/edu0000723>
- Bogaerts, L., Szmalec, A., De Maeyer, M., Page, M. P., & Duyck, W. (2016). The involvement of long-term serial-order memory in reading development: A longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 145, 139-156. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2015.12.008>
- Bonferroni, C. E. (1936). Teoria statistica delle classi e calcolo delle probabilità. *Pubblicazioni del R Istituto Superiore di Scienze Economiche e Commerciali di Firenze*.
- Brou-Diallo, C. (2011). Le projet école intégrée (PEI), un embryon de l'enseignement du français seconde langue (FLS) en Côte d'Ivoire. *Revue électronique internationale de sciences du langage*. <http://www.sudlangues.sn/spip.php?article173>

- Brown, L., Sherbenou, R. J., & Johnsen, S. K. (2010). Test of nonverbal intelligence (4th ed.). Austin, TX: PRO-ED.
- Bruce, D. (1964). An analysis of word sounds by young children. *British Journal of Educational Psychology*, 34(2), 158-170. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.1964.tb00620.x>
- Central Intelligence Agency. (2019). Côte d'Ivoire. In *The World Factbook*. Retrieved from <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/iv.html>.
- Champely, S. (2018). *pwr: Basic Functions for Power Analysis*. R package version 1.2-2. <https://CRAN.R-project.org/package=pwr>
- Chan, L. L., & Sylva, K. (2015). Exploring emergent literacy development in a second language: A selective literature review and conceptual framework for research. *Journal of Early Childhood Literacy*, 15(1), 3-36. <https://doi.org/10.1177/1468798414522824>
- Chen, A., Panter-Brick, C., Hadfield, K., Dajani, R., Hamoudi, A., & Sheridan, M. (2019). Minds Under Siege: Cognitive Signatures of Poverty and Trauma in Refugee and Non-Refugee Adolescents. *Child Development*, 90(6), 1856-1865. <https://doi.org/10.1111/cdev.13320>
- Chiappe, P., & Siegel, L. S. (1999). Phonological awareness and reading acquisition in English-and Punjabi-speaking Canadian children. *Journal of Educational Psychology*, 91(1), 20. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0022-0663.91.1.20>
- Conway, C. M., Arciuli, J., Lum, J. A., & Ullman, M. T. (2019). Seeing problems that may not exist: A reply to West et al.'s (2018) questioning of the procedural deficit hypothesis. *Developmental Science*, 22(4), e12814. <https://doi.org/10.1111/desc.12814>
- Department of Strategies, Planning, and Statistics (2018). *Schools Statistics 2017-2018*. National Technical Education and Vocational Training Ministry: Abidjan, Côte d'Ivoire.
- Dunn, O. J. (1961). Multiple comparisons among means. *Journal of the American Statistical Association*, 56(293), 52-64. <https://doi.org/10.1080/01621459.1961.10482090>
- Durgunoğlu, A. Y., Nagy, W. E., & Hancin-Bhatt, B. J. (1993). Cross-language transfer of phonological awareness. *Journal of Educational Psychology*, 85(3), 453. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.85.3.453>
- Emberson, L. L., Conway, C. M., & Christiansen, M. H. (2011). Timing is everything: Changes in presentation rate have opposite effects on auditory and visual implicit statistical learning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 64(5), 1021-1040. <https://doi.org/10.1080/17470218.2010.538972>
- Feng, A., & Adamson, B. (2019). Language policies in education in the People's Republic of China. In A. Kirkpatrick & A. J. Liddicoat (Eds.), *The Routledge International Handbook of Language Education Policy in Asia* (pp. 45-59). Taylor & Francis.

- Ford, C. B., Kim, H. Y., Brown, L., Aber, J. L., & Sheridan, M. A. (2019). A cognitive assessment tool designed for data collection in the field in low-and middle-income countries. *Research in Comparative and International Education*, 14(1), 141-157. <https://doi.org/10.1177/1745499919829217>
- Frost, R., Siegelman, N., Narkiss, A., & Afek, L. (2013). What predicts successful literacy acquisition in a second language?. *Psychological Science*, 24(7), 1243-1252. <https://doi.org/10.1177/0956797612472207>
- Geva, E., & Siegel, L. S. (2000). Orthographic and cognitive factors in the concurrent development of basic reading skills in two languages. *Reading and Writing*, 12(1), 1-30. <https://doi.org/10.1023/A:1008017710115>
- Henrich, J., Heine, S. J., & Norenzayan, A. (2010). The weirdest people in the world?. *Behavioral and Brain Sciences*, 33(2-3), 61-83. <https://doi.org/10.1017/s0140525x0999152x>
- Hung, Y. H., Frost, S. J., & Pugh, K. R. (2018). Domain generality and specificity of statistical learning and its relation with reading ability. In *Reading and Dyslexia* (pp. 33-55). Springer, Cham. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-90805-2_2
- Isbilen, E. S., McCauley, S. M., & Christiansen, M. H. (2022). Individual differences in artificial and natural language statistical learning. *Cognition*, 225, 105123.
- Isbilen, E. S., McCauley, S. M., Kidd, E., & Christiansen, M. H. (2020). Statistically induced chunking recall: A memory-based approach to statistical learning. *Cognitive Science*, 44(7), e12848.
- Jasińska, K., Akpé, H., Seri, A. B., Zinszer, B., Yoffo, R., Mulford, K., Curran, E., Ball, M.C., & Tanoh, F. (2022). Evaluating bilingual children's native language abilities in Côte d'Ivoire: Introducing the Ivorian Children's Language Assessment Toolkit for Attié, Abidji, Baoulé, and Bété. In press at *Applied Linguistics*. <https://doi.org/10.1093/applin/amac025>
- Jasińska, K. K., Wolf, S., Jukes, M. C., & Dubeck, M. M. (2019). Literacy acquisition in multilingual educational contexts: Evidence from Coastal Kenya. *Developmental Science*, e12828. <https://doi.org/10.1111/desc.12828>
- Kirkham, N. Z., (SL)emmer, J. A., & Johnson, S. P. (2002). Visual statistical learning in infancy: Evidence for a domain general learning mechanism. *Cognition*, 83(2), B35-B42. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(02\)00004-5](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(02)00004-5)
- Krishnan, S., & Watkins, K. E. (2019). A challenge for the procedural deficit hypothesis: How should we measure sequential learning in childhood?. *Developmental Science*, 22(4). <https://doi.org/10.1111/desc.12815>

- Lee, S. M. K., Cui, Y., & Tong, S. X. (2022). Toward a model of statistical learning and reading: Evidence from a meta-analysis. *Review of Educational Research*, 92(4). <https://doi.org/10.3102/00346543211073188>
- Lee, M. D., & Wagenmakers, E. J. (2013). *Bayesian data analysis for cognitive science: A practical course*. Cambridge University Press.
- Ly, A., Verhagen, A. J. & Wagenmakers, E.-J. (2015). Harold Jeffreys's default Bayes factor hypothesis tests: Explanation, extension, and application in psychology. *Journal of Mathematical Psychology*, 72, 19–32. <https://doi.org/10.1016/j.jmp.2015.06.004>.
- Madaio, M., Kamath, V., Yarzebinski, E., Zasacky, S., Tanoh, F., Hannon-Cropp, J., Cassell, J., Jasińska, K., & Ogan, A. (2019a). "You give a little of yourself": Family support for children's use of an IVR literacy system. In the *2019 ACM SIGCAS Conference on Computing and Sustainable Societies (ACM COMPASS)*, July, 2019. <http://dx.doi.org/10.1145/3314344.3332504>
- Madaio, M. Tanoh, F., Blahoua, A., Jasińska, K. & Ogan, A. (2019b). "Everyone brings their grain of salt": Designing for low-literate parental engagement with a mobile literacy technology in Côte d'Ivoire. In the *ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI)*, April, 2019. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300695>
- Mekonnen, A.G.Y. (2009). Implication of the use of mother tongues versus English as languages of instruction for academic achievement in Ethiopia. In B. Brock-Utne & I. Skattum (Eds.), *Languages and education in Africa: A comparative and transdisciplinary discussion* (pp. 189- 200). Oxford: Symposium Books.
- Nazzi, T., Iakimova, G., Bertoncini, J., Frédonie, S., & Alcantara, C. (2006). Early segmentation of fluent speech by infants acquiring French: Emerging evidence for crosslinguistic differences. *Journal of Memory and Language*, 54(3), 283-299. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2005.10.004>
- Nigro, L., Jiménez-Fernández, G., Simpson, I. C., & Defior, S. (2015). Implicit learning of written regularities and its relation to literacy acquisition in a shallow orthography. *Journal of Psycholinguistic Research*, 44, 571–585. <https://doi.org/10.1007/s10936-014-9303-9>
- Onnis, L., Chun, W. E., & Lou-Magnuson, M. (2018). Improved statistical learning abilities in adult bilinguals. *Bilingualism: Language and Cognition*, 21(2), 427-433. <https://doi.org/10.1017/S1366728917000529>
- Palmer, S. D., Hutson, J., & Mattys, S. L. (2018). Statistical learning for speech segmentation: Age-related changes and underlying mechanisms. *Psychology and Aging*, 33(7), 1035. <https://doi.org/10.1037/pag0000292>

- Pelz, M., Yung, A., & Kidd, C. (2015). Quantifying curiosity and exploratory play on touchscreen tablets. In *Proceedings of the IDC 2015 Workshop on Digital Assessment and Promotion of Children's Curiosity*, June 21-24, Boston, MA.
- Perception Research Systems. 2007. *Paradigm Stimulus Presentation*, Retrieved from <http://www.paradigmexperiments.com>
- Qi, Z., Sanchez Araujo, Y., Georgan, W. C., Gabrieli, J. D., & Arciuli, J. (2019). Hearing matters more than seeing: A cross-modality study of statistical learning and reading ability. *Scientific Studies of Reading*, 23(1), 101-115. <https://doi.org/10.1080/10888438.2018.1485680>
- R Core Team (2018). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Raviv, L., & Arnon, I. (2018). Systematicity, but not compositionality: Examining the emergence of linguistic structure in children and adults using iterated learning. *Cognition*, 181, 160-173.
- Revelle, W. (2020). *psych: Procedures for Psychological, Psychometric, and Personality Research*. Northwestern University, Evanston, Illinois. R package version 2.0.12, <https://CRAN.R-project.org/package=psych>.
- Romberg, A. R., & Saffran, J. R. (2010). Statistical learning and language acquisition. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 1(6), 906-914. <https://doi.org/10.1002/wcs.78>
- RTI International. (2009). Manuel pour l'évaluation des compétences fondamentales en lecture. [Early Grade Reading Assessment toolkit, French adaptation]. Adaptation by L. Sprenger-Charolles. Prepared for the US Agency for International Development under the EdData II project, Task Order 3, Contract No. EHC-E-01-03-00004-00. Research Triangle Park, North Carolina: RTI International. Retrieved from https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnadq182.pdf
- Saffran, J. R. (2003). Statistical language learning: Mechanisms and constraints. *Current Directions in Psychological Science*, 12(4), 110-114. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.01243>
- Saffran, J. R., A(SL)in, R. N., & Newport, E. L. (1996). Statistical learning by 8-month-old infants. *Science*, 274(5294), 1926-1928. <https://doi.org/10.1126/science.274.5294.1926>
- Saffran, J. R., Johnson, E. K., A(SL)in, R. N., & Newport, E. L. (1999). Statistical learning of tone sequences by human infants and adults. *Cognition*, 70(1), 27-52. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(98\)00075-4](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(98)00075-4)

- Sawi, O. M., & Rueckl, J. (2019). Reading and the neurocognitive bases of statistical learning. *Scientific Studies of Reading*, 23(1), 8-23. <https://doi.org/10.1080/10888438.2018.1457681>
- Seri, A., Tanoh, F., Akpé, H., & Jasińska, K. (2019). The impact of child labor on children's reading outcomes in rural cocoa-producing communities in Côte d'Ivoire. Poster presented at the 2019 Society for Research in Child Development. Baltimore, Maryland, USA.
- Shufaniya, A., & Arnon, I. (2018). Statistical learning is not age-invariant during childhood: Performance improves with age across modality. *Cognitive Science*, 42(8), 3100-3115. <https://doi.org/10.1111/cogs.12692>
- Siegelman, N., Bogaerts, L., Kronenfeld, O., & Frost, R. (2018). Redefining "learning" in statistical learning: What does an online measure reveal about the assimilation of visual regularities?. *Cognitive Science*, 42, 692-727. <https://doi.org/10.1111/cogs.12556>
- Siegelman, N., & Frost, R. (2015). Statistical learning as an individual ability: Theoretical perspectives and empirical evidence. *Journal of Memory and Language*, 81, 105-120. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2015.02.001>
- Sobers, S. -M., Whitehead, H. L., N'Goh, N., Ball, M. -C., Tanoh, F., Akpé, H., & Jasińska, K. K. (2023, April 6). *Is a phone-based language and literacy assessment a reliable and valid measure of children's reading skills in low-resource settings?*. EdArXiv. <https://doi.org/10.35542/osf.io/ytvn4>
- Schaefer, M., & Kotzé, J. (2019). Early reading skills related to Grade 1 English Second Language literacy in rural South African schools. *South African Journal of Childhood Education*, 9(1), 1-13. <https://doi.org/10.4102/SAJCE.V9I1.644>
- Schmalz, X., Moll, K., Mulatti, C., & Schulte-Körne, G. (2019). Is statistical learning ability related to reading ability, and if so, why?. *Scientific Studies of Reading*, 23(1), 64-76. <https://doi.org/10.1080/10888438.2018.1482304>
- Schneider, J. M., Hu, A., Legault, J., & Qi, Z. (2020). Measuring statistical learning across modalities and domains in school-aged children via an online platform and neuroimaging techniques. *Journal of Visualized Experiments*, 160, e61474. <https://doi.org/10.3791/61474>
- Storch, S. A., & Whitehurst, G. J. (2002). Oral language and code-related precursors to reading: Evidence from a longitudinal structural model. *Developmental Psychology*, 38(6), 934-947. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.38.6.934>
- Tanoh, F., Seri, A., Akpé, H., & Jasińska, K. (2019). Impact of poverty on brain development: Executive function and literacy in rural cocoa communities in Côte d'Ivoire. Poster presented at the 2019 Society for Research in Child Development. Baltimore, Maryland, USA.

- Thondhlana, J. (2002). Using indigenous languages for teaching and learning in Zimbabwe. In *Indigenous Languages across the Community*. Proceedings of the Annual Conference on Stabilizing Indigenous Languages, Toronto, Ontario, Canada.
- Tingley, D., Yamamoto, H. T., Kentaro, M., Princeton, H., Keele, L., State, P., & Imai, K. (2014). mediation: R package for causal mediation analysis. Retrieved from <http://debianmirror.wwi.dk/cran/web/packages/mediation/vignettes/mediation.pdf>
- Tong, X., Leung, W. W. S., & Tong, X. (2019). Visual statistical learning and orthographic awareness in Chinese children with and without developmental dyslexia. *Research in Developmental Disabilities*, 92, 103443. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2019.103443>
- Torkildsen, J., Arciuli, J., & Wie, O. B. (2019). Individual differences in statistical learning predict children's reading ability in a semi-transparent orthography. *Learning and Individual Differences*, 69, 60-68. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2018.11.003>
- Ullman, M. T. (2016). The declarative/procedural model: A neurobiological model of language learning, knowledge, and use. In *Neurobiology of Language* (pp. 953-968). Academic Press.
- Vasuki, P. R. M., Sharma, M., Ibrahim, R., & Arciuli, J. (2017). Statistical learning and auditory processing in children with music training: An ERP study. *Clinical Neurophysiology*, 128(7), 1270-1281. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2017.04.010>
- Wagner, R. K., Torgesen, J. K., Rashotte, C. A., & Pearson, N. A. (1999). *Comprehensive test of phonological processing: CTOPP*. Austin, TX: Pro-ed. <https://doi.org/10.1177/0829573514563280>
- Wang, T., & Saffran, J. R. (2014). Statistical learning of a tonal language: The influence of bilingualism and previous linguistic experience. *Frontiers in Psychology*, 5, 953. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00953>
- West, G., Vadillo, M. A., Shanks, D. R., & Hulme, C. (2018). The procedural learning deficit hypothesis of language learning disorders: We see some problems. *Developmental Science*, 21(2), e12552. <https://doi.org/10.1111/desc.12552>
- West, G., Vadillo, M. A., Shanks, D. R., & Hulme, C. (2019). The procedural deficit hypothesis of language learning disorders: We still see some serious problems. *Developmental Science*, 22(4). <https://doi.org/10.1111/desc.12813>
- Wilkinson, G. S., & Robertson, G. J. (2006). Wide range achievement test (WRAT4). *Lutz, FL: Psychological Assessment Resources*. <https://doi.org/10.1037/t27160-000>
- Windfuhr, K. L., & Snowling, M. J. (2001). The relationship between paired associate learning and phonological skills in normally developing readers. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80(2), 160-173. <https://doi.org/10.1006/jecp.2000.2625>
- Whitehurst, G. J., & Lonigan, C. J. (1998). Child development and emergent literacy. *Child Development*, 69(3), 848-872. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.1998.tb06247.x>

- Woodcock, R. W. (1998). Woodcock Reading Mastery Tests-Revised: Forms G and H.. Examiner's Manual. American Guidance Service.
- Woodcock, R. W., McGrew, K. S., & Mather, N. (2001). Woodcock-Johnson III tests of achievement. Riverside Publishing Company.
- Yang, J., Shu, H., McCandliss, B. D., & Zevin, J. D. (2013). Orthographic influences on division of labor in learning to read Chinese and English: Insights from computational modeling. *Bilingualism: Language and Cognition*, 16(2), 354-366.
- Yopp, H. K. (1995). A test for assessing phonemic awareness in young children. *The Reading Teacher*, 49(1), 20-29.
- Yu, A.-Y. (2016). Correlation of statistical learning of different implicit transitional probabilities with Chinese literacy acquisition in non-native adult learners. Masters thesis, National Central University, Taiwan.
http://ir.lib.ncu.edu.tw:88/thesis/view_etd.asp?URN=103825006
- Yu, A., Chen, M. S., Cherodath, S., Hung, D. L., Tzeng, O. J., & Wu, D. H. (2018). Neuroimaging evidence for sensitivity to orthography-to-phonology conversion in native readers and foreign learners of Chinese. *Journal of Neurolinguistics*, 50, 53-70.
<https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2018.07.002>
- Zhu, L., & Gonzalez, J. (2017). Modeling floor effects in standardized vocabulary test scores in a sample of low SES Hispanic preschool children under the multilevel structural equation modeling framework. *Frontiers in Psychology*, 8, 2146.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.02146>
- Zinszer, B. D., Hannon, J., Kouadio, A. É., Akpé, H., Tanoh, F., Hu, A., Qi, Z., & Jasińska, K. K. (2022, January 6). Statistical learning in children's emergent (L2) literacy: Cross-cultural insights from rural Côte d'Ivoire. Preprint on *AfricArXiv*.
<https://doi.org/10.31730/osf.io/q8k5w>

Information en soutien

Des informations supplémentaires en soutien sont disponibles dans la version en ligne de cet article sur le site web du publicateur :

Appendice S1. Étude pilote

Appendice S2. Évaluation des aptitudes de l'alphabétisation française

Appendice S3. Les Scripts d'apprentissage statistique

Appendice S4. Autres analyses pour soumission au Stage 2