



**Les troubles des sons de la parole chez l'enfant
francophone d'âge préscolaire :
leurs liens avec les troubles myofonctionnels orofaciaux et
leur dépistage précoce dans un but de prévention**

Thèse présentée le 24 avril 2026 par

Léonor Piron

En vue de l'obtention du grade académique de Doctorat en Sciences Psychologiques

Année académique 2025-2026

Jury composé de

Christelle Maillart (Promotrice)

Andrea A.N. MacLeod (Co-Promotrice)

Dominique Morsomme (Présidente)

Anne-Lise Leclercq (Secrétaire)

Peggy Gatignol (Sorbonne Université)

et Pauline van der Straten Waillet (ULB)

Résumé

La production correcte et intelligible de la parole est un vecteur d'intégration sociale, de communication, de réussite scolaire et de qualité de vie. Pourtant, les trajectoires développementales ne sont pas identiques chez tous les enfants. Certains suivent des trajectoires atypiques qui les exposent à un risque de troubles des sons de la parole (TSP). Bien que la prévalence des TSP avoisine les 10 % à l'âge préscolaire, des lacunes importantes persistent dans notre compréhension de ces troubles. Ces défis sont particulièrement marqués dans le contexte francophone, où tant les outils d'évaluation que les études empiriques demeurent rares comparativement aux contextes anglophones. Notre thèse cherche à répondre à certains besoins cliniques des logopèdes en contexte francophone, tout en élargissant nos connaissances fondamentales des TSP. Notre thèse comprend deux volets complémentaires : (1) un volet de prévention visant à améliorer le dépistage et le diagnostic précoce des TSP, englobant des aspects de santé publique ; (2) un volet fondamental qui examine la relation potentielle entre les TSP et les fonctions orofaciales non verbales.

Le premier volet a été motivé par le constat que le contexte francophone manque d'outils de dépistage et de prévention des TSP à l'âge préscolaire. Trois études de notre thèse sont consacrées au développement et à la validation de méthodes de prévention. Nos résultats ont permis de proposer une nouvelle mesure de dépistage rapide et facilement applicable, fondée sur les inquiétudes des parents et des enseignants ; un nouvel outil de dépistage précoce (la version francophone validée de l' « Intelligibility in Context Scale ») ; ainsi que de nouvelles normes pour deux outils destinés au diagnostic différentiel des TSP et de leurs comorbidités fréquentes. Dans son ensemble, ce premier volet a contribué à faire progresser la prévention des TSP, en offrant des applications cliniques concrètes prêtes à être déployées sur le terrain.

Le second volet a été motivé par l'hypothèse que les liens entre la parole et les fonctions orofaciales ne seraient pas directs, mais médiés par les compétences motrices orales sous-jacentes. Pour explorer cette hypothèse, une approche multi-méthodes combinant une étude transversale et une étude longitudinale a été adoptée, permettant d'observer ce potentiel lien à la fois comme un état et comme un processus évolutif, et ce spécifiquement à l'âge préscolaire. À notre connaissance, il s'agit de la première série de travaux à explorer cette question sous ce double prisme. Les résultats des deux études ne convergent pas uniformément, mais leur confrontation a généré une proposition interprétative majeure : le lien développemental entre les compétences motrices orales et la parole est robuste et convergent entre les deux études ; celui entre les compétences motrices orales et les fonctions orofaciales est probable, principalement porté par un couplage dynamique intra-individuel significatif ; en revanche, l'absence de toute association développementale entre les fonctions orofaciales et la parole dans l'étude longitudinale conduit à conclure à l'absence probable d'un lien direct entre ces deux domaines. La relation observée refléterait davantage une co-occurrence due à un fond développemental commun. Ces résultats invitent à un changement de paradigme, en intégrant les mécanismes moteurs et somatosensoriels sous-jacents dans l'étude de ces associations.

Les données recueillies dans le cadre de ce projet ont contribué plus largement à enrichir les connaissances générales sur le développement de la parole, à étendre les données développementales disponibles sur la parole chez les enfants francophones et à affiner les critères d'évaluation des fonctions orofaciales. En conclusion, cette thèse a fait progresser la recherche sur les TSP en contexte francophone et a contribué à renforcer la prévention de ce trouble fréquent. Elle a également exploré une question fondamentale concernant les TSP et ouvert des pistes pour mieux comprendre leurs liens avec les fonctions orofaciales.

Abstract

The ability to produce clear, intelligible speech plays a fundamental role in children's quality of life, influencing both their social relationships and educational outcomes. Yet developmental pathways are not uniform across all children. Some children follow atypical trajectories that place them at risk for Speech Sound Disorders (SSD). While prevalence rates reach 8-9% at preschool age, substantial knowledge gaps persist regarding our understanding of these disorders. These challenges are particularly acute in the French-speaking context, where both assessment instruments and empirical studies remain scarce compared to English-speaking contexts. Our thesis aimed to address clinical needs within French-speaking communities while simultaneously expanding fundamental knowledge about SSD more generally.

Our thesis comprised two complementary components: (1) a prevention component aimed at improving early screening and diagnosis of SSD, encompassing public health aspects; (2) a fundamental component that examined the potential relationship between SSD and non-verbal orofacial functions.

Regarding the first component, we began from the observation that the French-speaking context currently lacks adequate screening and prevention tools for SSD at preschool age. Three studies in our thesis worked to develop and validate prevention methods tailored for this population. Our results provided a rapid and easily applicable screening tool based on parental and/or teacher concern; an early detection measure through the validated French version of the Intelligibility in Context Scale; and two tools with norms designed for differential diagnosis of SSD and its frequent comorbidities. Together, this first component has contributed to advancement in SSD prevention, with concrete clinical applications ready for implementation.

Regarding the second component, this part of the thesis was motivated by the hypothesis that the links between speech and orofacial functions are not direct but mediated by underlying oral motor skills. To explore this hypothesis, a multi-method approach combining a cross-sectional and a longitudinal study was adopted, allowing this potential link to be observed both as a state and as a developmental process, specifically in preschool-aged children. To our knowledge, this is the first series of studies to explore this question under this dual lens. The results of the two studies do not converge uniformly, but their comparison generated a major interpretive proposal: the developmental link between oral motor skills and speech is robust and convergent across both studies; the link between oral motor skills and orofacial functions is plausible, primarily supported by a significant intra-individual dynamic coupling; in contrast, the absence of any developmental association between orofacial functions and speech in the longitudinal study leads to the conclusion that a direct link between these two domains is unlikely. The observed relationship would more likely reflect a co-occurrence rooted in a shared developmental background rather than a direct influence. These results call for a paradigm shift, integrating underlying motor and somatosensory mechanisms into the study of these associations.

A broader contribution is that data collected within this project enriched general knowledge about speech performance and development, expanded available speech developmental data on French-speaking children, and better characterized evaluation criteria for orofacial functions.

In conclusion, our thesis has contributed to research on SSD in the French-speaking context and to improving prevention of this frequent disorder. It has also explored a fundamental question about SSD mechanisms and provided preliminary evidence toward understanding these relationships.

Remerciements

Mes premiers mercis sont pour Christelle et Andrea. Merci d'avoir accepté de faire un bout de chemin avec moi et de m'avoir si bien accompagnée pendant un peu plus de 4 ans. Je vous remercie d'avoir accepté de me suivre sur un projet dont la moitié de la thématique n'était pas vos domaines de prédilection. Christelle, je te remercie d'avoir fait avec moi ce pari d'investiguer pour la seconde fois les liens entre la parole et les fonctions orofaciales. J'ai beaucoup appris, autant d'un point de vue professionnel que personnel. L'un des enseignements les plus importants que je tire de ton accompagnement est la persévérance et le dépassement personnel. Tu m'as permis de rester motivée en toutes circonstances, de me dépasser pour trouver une solution et d'acquérir, par ce biais, de nombreuses compétences. Je te remercie également pour la grande confiance que tu m'as accordée, de m'avoir laissée expérimenter de nombreuses facettes de la recherche et de m'avoir accompagnée dans une grande bienveillance, de celles qui permettent de travailler dans des conditions optimales. Andrea, merci à toi pour ton accompagnement si bienveillant et encourageant. Malgré une distance physique, tu m'as soutenue dans toutes les grandes étapes de la thèse, avec de nombreux conseils qui m'ont tant appris. Je te remercie également pour ton accueil si chaleureux lors de mon passage à Edmonton, une expérience tellement enrichissante.

Je tiens de tout cœur à remercier les membres de mon comité d'accompagnement. Dominique, merci pour ta présence, ta motivation sans faille et ton soutien sans réserve. Tu as toujours été disponible pour me conseiller, me donner ton avis et m'orienter avec une grande pertinence et un grand détail. Peggy, merci pour tes nombreux conseils, ton soutien et d'avoir toujours cru sans réserve dans ce projet. À toutes les deux, pour ces quatre années de suivi, de soutien et de conseils, merci !

Je remercie Pauline van der Straten Waillet et Anne-Lise Leclercq d'avoir accepté de faire partie des membres du jury de cette thèse. Merci à toutes les deux pour le temps consacré à la lecture du manuscrit, pour vos avis et pour l'intérêt porté à la thématique. Anne-Lise, en tout particulier, je te remercie pour ta présence au cours de ces 4 années. Tu as assurément participé à mon apprentissage de la recherche. Merci d'avoir toujours cherché à répondre à mes questions, de m'avoir toujours aidée à trouver des solutions et d'avoir été une oreille attentive dans des moments plus difficiles.

J'adresse également mes plus sincères remerciements à l'Université de Liège et au F.R.S.-F.N.R.S. pour leurs financements respectifs de ce projet de thèse. Merci d'avoir cru en ce projet, de m'avoir permis de travailler dans des conditions plus qu'optimales et de participer à de nombreux congrès. Je remercie également chaleureusement l'Université de Liège et la fédération Wallonie-Bruxelles International d'avoir rendu concret ce superbe séjour de recherche au Canada, lequel m'a permis de rédiger un article et d'en préparer un second.

Un merci tout spécial va évidemment à tous les enfants qui ont participé à cette thèse, mais aussi à leurs parents qui m'ont accordé une grande confiance. Merci également aux directeurs, directrices, instituteurs et institutrices de m'avoir ouvert les portes de leur école et d'avoir rendu nos testings possibles et agréables. Un grand merci aux équipes du service de néonatalogie de la Citadelle, du MontLégia de m'avoir ouvert les portes et d'avoir partagé un morceau de la route avec moi. Merci d'avoir contribué chacun à votre façon à la recherche sur la parole et les fonctions orofaciales. Sans vous tous, cette thèse n'aurait tout simplement pas été ce qu'elle est.

Yvan merci pour ta présence, ta patience et ta grande aide dans mon apprentissage de l'analyse de la parole sur Phon. Ta grande bienveillance et ta sympathie ont rendu cet apprentissage léger et agréable. Merci pour ton soutien à de nombreux égards dans ce projet de thèse.

Julie, merci pour ta présence, ton soutien, tes avis et tes coups de main bienvenus. Ils ont représenté des coups de pouce précieux, le tout teinté d'une bonne dose de sarcasme ☺

À mes très chères collègues, Nora, Anne-Catherine, Lamia, Rochana, Pauline, Auriane, Estelle, Anne-Lise, Sandrine, Edith, Camille, Trecy, Lauren, ainsi qu'à toutes les personnes du B38 : merci pour tous ces moments passés ensemble. L'écoute, la bienveillance, la bonne ambiance qui caractérise notre équipe a souvent été un moteur, une lumière et une réelle motivation dans ma thèse. Sans vous, le doctorat n'aurait tout simplement pas eu la même saveur.

À Lamia, Anne-Catherine, Nora et Rochana, un merci tout spécial de donner à chaque journée passée ensemble un peu plus de couleurs. Merci pour tous ces moments de rires, d'avoir su me redonner le sourire, me remotiver à chaque fois que j'en ai eu

besoin, de m'avoir soutenue en cette fin de thèse pas piquée des vers, et surtout, d'être les collègues que vous êtes.

À Morgane, mon binôme, mon éclairceuse... Merci d'avoir rendu cette thèse possible, car sans ton projet, ma thèse n'aurait tout simplement pas vu le jour. Mais bien au-delà de ça, merci pour tout ce que tu m'as apporté, d'être une amie si précieuse, merci de m'avoir soutenue, comprise et d'avoir su me remonter le moral à de si nombreuses fois. Il me tarde de voir tout ce que la vie nous réserve !

Un merci tout particulier aux étudiantes de master qui ont participé à ce projet et qui s'y sont investies comme si c'était le leur. Eliesa, Marine, Vicky, Marion, Fanny, Claire, Marie, Cloé, Elodie, Clarisse : merci de m'avoir fait confiance et de m'avoir accordé votre motivation ! Merci également aux étudiantes de 3e bachelier, à Elyna et à Anne-Sophie, pour leur aide si précieuse. Je vous souhaite à chacune une vie professionnelle aussi radieuse qu'épanouissante.

Merci à toutes mes amies et tous mes amis, celles de logopédie, ceux de médecine, ceux de mes secondaires, d'avoir égayé ces 4 années, de m'avoir motivée, de m'avoir écoutée et surtout, de m'avoir fait sourire et rire. Vous savoir derrière moi m'a motivée et a égayée. En particulier, merci à toi ma chère Marion, d'être toujours si soutenante avec moi, toujours si joyeuse. Je ne peux compter d'amie plus attentive que toi.

À Laurent, Lila, Julien, Inès et Julien, dits « les voisins » : ces 6 années passées à vivre dans notre rue ont participé à rendre ma vie plus belle. Merci pour les papotes, les moments de rire, les entraides, les verres, les instants de vie si spontanés. Vous avez su me montrer une autre facette de la vie, m'aider à relativiser et à m'affirmer. Je n'ai pas eu des voisins, j'ai gagné de vrais amis.

À ma grande famille, et en tout particulier, ma marraine, Claude, Martin & Marie, J-F, Jordi, Ingrid & Fred, Nadine, Ambre, Louis, Rose, Olfa, Sabrina, merci d'avoir toujours été un endroit de réconfort, un endroit d'écoute attentive, mais aussi de rire, de fêtes et de partage. La vie ne serait simplement pas la même sans vous.

À François et Anne, merci d'avoir cru en moi dès le début, d'avoir toujours été là pour moi. François, tu ne le sais peut-être pas, mais c'est notamment au détour d'une

de nos conversations que l'idée d'une thèse de doctorat a commencé à germer dans mon esprit. Merci à tous les deux de m'avoir toujours encouragée et motivée.

À Jeanne, ma sœur de cœur, merci d'être là dans toutes les étapes de ma vie. Merci de savoir lire entre les lignes, de savoir trouver les mots quand j'en ai besoin. Mais surtout, merci d'avoir toujours été là, de m'avoir fait confiance et d'être capable de me faire rire en toutes circonstances. Notre voyage à la fin de mon séjour au Canada est définitivement un souvenir inoubliable !

À mon papa, merci d'être toujours derrière moi, de m'avoir encouragée, de m'avoir poussée à oser, à entreprendre, à être audacieuse et à être moi-même. Merci pour tout le soutien que tu m'offres, d'être un moteur et d'être toujours là pour moi.

À ma maman, merci d'être la maman exceptionnelle que tu es. Je ne pouvais pas espérer une maman plus douce, plus attentive et plus soutenante. Merci pour tout ce que tu m'as appris, merci pour tout ce que tu fais pour moi.

À toi Clément, notre amour et la grande douceur de notre vie sont l'antidote de sa haute intensité. Merci d'être mon soutien, ma dose de rire, ma bouffée d'oxygène, mon réconfort au quotidien, mon premier fan. Merci de m'avoir toujours encouragée, de m'avoir aidée à oser et de croire en moi. Grâce à toi, j'ai la force de tout affronter. J'ai hâte de continuer à danser avec toi.

*« Quoi que tu rêves d'entreprendre, commence-le.
L'audace a du génie, du pouvoir, de la magie »*

Johann Wolfgang von Goethe

*« L'éducation est l'arme la plus puissante pour
changer le monde »*

Nelson Mandela

Section 1 : introduction théorique	1
Partie 1 : la parole	2
1. Chapitre 1 : définitions et physiologie de la parole	2
1.1. CONTEXTUALISATION ET DÉFINITIONS	2
1.2. RAPPEL ANATOMIQUE ET PHYSIOLOGIQUE	6
1.3. LES HABILITÉS SOMATOSENSORIELLES ET MOTRICES DANS LA PAROLE	10
1.4. EN SYNTHÈSE	21
2. Chapitre 2 : le développement de la parole en français	22
2.1. LA PAROLE FRANCOPHONE	22
2.2. DÉVELOPPEMENT DE LA PAROLE ET DONNÉES FRANCOPHONES	25
2.3. EN SYNTHÈSE	40
3. Chapitre 3 : l'évaluation de la parole dans le contexte francophone	41
3.1. UN MODÈLE PSYCHOLINGUISTIQUE POUR ÉVALUER LA PAROLE	41
3.2. ANALYSES DE LA PRODUCTION DE LA PAROLE EN RECHERCHE	54
3.3. LES DÉFIS DE L'ÉVALUATION DE LA PAROLE EN CONTEXTE FRANCOPHONE	62
3.4. EN SYNTHÈSE	65
4. Chapitre 4 : les troubles des sons de la parole	66
4.1. CARACTÉRISTIQUES CLINIQUES ET ÉPIDÉMIOLOGIE	66
4.2. CONSÉQUENCES, IMPACTS ET COMORBIDITÉS DES TSP	71
4.3. CLASSIFICATIONS DES TSP	83
4.4. DIAGNOSTIC DES TSP	90
4.5. EN SYNTHÈSE	94
5. Chapitre 5 : le dépistage et la prévention des troubles des sons de la parole	95
5.1. PRINCIPES DE PRÉVENTION	96
5.2. DISTINCTION ENTRE DÉPISTAGE ET DIAGNOSTIC	98
5.3. LES MOYENS ACTUELS DE DÉPISTAGE DU TSP	100
5.4. EN SYNTHÈSE	104
Résumé de la partie 1	105
Partie 2 : vers une compréhension des liens entre la parole et les fonctions orofaciales	106
6. Chapitre 6 : développement et troubles des fonctions orofaciales	107
6.1. LE DÉVELOPPEMENT DES FONCTIONS OROFACIALES	108
6.2. LES TROUBLES MYOFONCTIONNELS OROFACIAUX	114
6.3. L'ÉVALUATION DES FONCTIONS OROFACIALES	129
6.4. EN SYNTHÈSE	139
7. Chapitre 7 : hypothèses et données empiriques d'un lien entre la parole et les fonctions orofaciales	140
7.1. FONDEMENTS THÉORIQUES, PHYSIOLOGIQUES ET CONCEPTUELS D'UN LIEN ENTRE LA PAROLE ET LES FONCTIONS OROFACIALES	141
7.2. DONNÉES EMPIRIQUES ISSUES DE LA CLINIQUE ET DES POPULATIONS PATHOLOGIQUES	146
7.3. L'HYPOTHÈSE D'UN LIEN MÈDIE PAR LES COMPÉTENCES MOTRICES	149
7.4. EN SYNTHÈSE	153

Section 2 : partie expérimentale	154
Objectifs généraux	155
Aperçu des études	160
ÉTUDE 1	160
ÉTUDE 2	161
ÉTUDE 3	162
ÉTUDE 4	163
ÉTUDE 5	164
Étude 1	165
The utility of parent’s and teacher’s concerns for the screening of speech sound disorders: a study on french-speaking preschool children.	166
ABSTRACT	167
BACKGROUND	168
METHOD	173
RESULTS	181
DISCUSSION	187
ACKNOWLEDGEMENTS	196
ÉTUDE 1 - SUPPLEMENTARY MATERIAL	197
Étude 2	200
The validity, reliability and accuracy of the european french version of the intelligibility in context scale (ICS-EF)	201
ABSTRACT	202
INTRODUCTION	203
METHOD	209
RESULTS	220
DISCUSSION	229
ACKNOWLEDGMENTS	241
ÉTUDE 2 - SUPPLEMENTARY MATERIAL	242
Étude 3	245
Les épreuves de répétition de pseudo-mots et de phrases au service du diagnostic différentiel entre le trouble développemental du langage et les troubles des sons de la parole	246
INTRODUCTION	247
MÉTHODE	250
RESULTATS	255
DISCUSSION	260
ÉTUDE 3 – MATÉRIEL SUPPLÉMENTAIRE	268
Étude 4	272
Exploring developmental interactions between speech and orofacial functions in preschoolers: a cross-sectional study	273
ABSTRACT	274
WHAT THIS PAPER ADDS	275
INTRODUCTION	277
METHODS	284
RESULTS	291
ACKNOWLEDGMENTS	302
ÉTUDE 4 - SUPPLEMENTARY MATERIAL	304

Étude 5	306
Exploring developmental interactions between speech and orofacial functions in preschoolers: a longitudinal study	307
ABSTRACT	308
RESEARCH HIGHLIGHTS	309
INTRODUCTION	310
METHODS	316
RESULTS	324
DISCUSSION	330
ACKNOWLEDGMENTS	338
ÉTUDE 5 - SUPPLEMENTARY MATERIAL	340
Section 3 : discussion générale	345
1. Synthèse des résultats généraux	346
2. De recherche fondamentale : explorer les liens entre la parole et les fonctions orofaciales	350
2.1. DES RÉSULTATS DIVERGENTS : QUELLES EXPLICATIONS ?	351
2.2. LES LIENS ENTRE LA PAROLE ET LES FONCTIONS OROFACIALES : UNE PROPOSITION D'INTERPRÉTATION	356
2.3. POSITIONNER NOS PROPOSITIONS DANS LE DÉBAT ACTUEL	365
2.4. LIMITES ET PERSPECTIVES	370
2.5. SYNTHÈSE DES IMPLICATIONS GÉNÉRALES	378
3. À recherche appliquée : améliorer le dépistage et la prévention des tsp dans le contexte francophone	382
3.1. DEUX NOUVEAUX OUTILS DE PRÉVENTION	382
3.2. OUVRIR LA PORTE AUX IMPACTS FONCTIONNELS	386
3.3. UN NOUVEL ÉLAN DANS LE DIAGNOSTIC DIFFÉRENTIEL	389
3.4. LIMITES ET PERSPECTIVES	392
Conclusions	397
Bibliographie générale	402
Annexes	444
Annexe 1	445
Annexe 2	449
Annexe 3	450

Liste des abréviations fréquentes

Abréviation	Définition
ABPA	Awake Brathing Pattern Assessment (Warnier et al., 2024)
ASHA	American Speech-Language-Hearing Association
DDK	Diadococinésie
ICC	Coefficient de corrélation intraclasse [Intraclass correlations coefficient]
ICF	Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé [International Classification of Functioning, Disability and Health]
ICF-CY	Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé pour enfants et adolescents [International Classification of Functioning, Disability and Health for Children and Youth]
ICS	Intelligibility in Context Scale [Échelle d'intelligibilité en contexte] (McLeod et al., 2012)
ICS-EF	Version francophone européenne de l'Intelligibility in Context Scale
MDD	Model of Differential Diagnosis (Dodd, 2014)
NOT-S	Nordical Orofacial Test Screening (Bakke et al., 2007)
NSOMs	Mouvements orofaciaux non verbaux [NonSpeech Orofacial Movements]
OMES	Orofacial Myofunctional Evaluation with Scores (Félicio & Ferreira, 2008)
PCC	Pourcentage de Consonnes Correctes
PMLU	Phonological Mean Length of Utterance
PPC	Pourcentage de Phonèmes Corrects
PPS	Processus Phonologiques Simplificateurs
PVC	Pourcentage de Voyelles Correctes
RB	Respiration Buccale
RN	Respiration Nasale
SDCS	Speech Disorders Classification System (Shriberg et al., 2010)
TDL	Trouble Développementale du Langage (Developmental Language Disorder, DLD)
TDL+TSP	Double diagnostic de Trouble Développementale du Langage et Troubles des Sons de la Parole
TMO	Troubles Myofonctionnels Orofaciaux (orofacial myofunctional disorders, OMDs)
TSP	Troubles des Sons de la Parole (Speech Sound Disorders, SSD)
TVC	Time-Varying Covariates (modèles mixtes longitudinaux, avec une covariable qui varie dans le temps)
VAS	Voies Aériennes Supérieures
WWP	Whole Word Proximity

Glossaire - Habiletés somatosensorielles et motrices dans la parole

Terme	Définition
Sensoriel	
Somatosensation	Ensemble des sensations et perceptions corporelles (toucher, proprioception, thermoception, nociception) transmises par des récepteurs dans la peau, les muscles, les tendons, les articulations et la cavité buccale. Renseigne le système nerveux central sur la configuration et la dynamique des articulateurs lors de la production de la parole.
Somatosensibilité	Terme synonyme de somatosensation. Employé de façon interchangeable dans le texte avec somatosensation.
Voie afférente	Voie nerveuse conduisant les informations sensorielles depuis les récepteurs périphériques vers le système nerveux central. Transmet au cerveau les informations somatosensorielles issues des articulateurs en action.
Moteur	
Voie efférente	Voie nerveuse conduisant les commandes motrices depuis le système nerveux central vers les muscles et effecteurs périphériques. Transmet aux articulateurs (lèvres, langue, larynx, etc.) les ordres moteurs planifiés par les aires motrices.
Contrôle moteur de la parole	Processus par lesquels le système nerveux planifie, coordonne et exécute les mouvements des structures respiratoires, laryngées et articulaires pour produire la parole. Repose sur une architecture hybride combinant feedforward (anticipation) et feedback (corrections en temps réel).
Sensorimoteur	Qualifie la combinaison des informations sensorielles (afférentes) et des commandes motrices (efférentes) au sein d'une même boucle fonctionnelle. L'intégration sensorimotrice associe les gestes articulaires à leurs conséquences acoustiques et somatosensorielles pour guider et affiner le contrôle de la parole.
Mécanisme	
Feedforward	Mécanisme de contrôle moteur anticipatoire utilisant des programmes moteurs stockés en mémoire pour produire la parole. Permet une parole rapide et fluide une fois les gestes articulaires automatisés.
Feedback	Mécanisme de retour d'information permettant de détecter les écarts entre la production réelle et la cible, afin de corriger les commandes motrices. Comprend le feedback auditif ou externe (conséquences acoustiques) et le feedback somatosensoriel ou interne (positions, mouvements et contacts des articulateurs).
Mapping sensorimoteur	Représentations mentales établissant des correspondances entre les commandes motrices (gestes articulaires) et leurs conséquences sensorielles (sons produits, sensations proprioceptives et tactiles). Ces « cartes perceptivo-motrices » se construisent progressivement à travers l'expérience phonatoire et constituent la base du contrôle moteur de la parole.

Préface

Cette thèse est née de la rencontre de deux domaines qui me passionnent en logopédie : la parole et les fonctions orofaciales. Elle s'inscrit dans la continuité des travaux de Morgane Warnier, dont la thèse a exploré avant moi l'hypothèse d'un lien entre ces deux domaines et qui m'a ouvert la porte à cette question de recherche.

Les troubles des sons de la parole constituent l'un des troubles logopédiques les plus fréquents chez l'enfant. Leurs conséquences dépassent largement la sphère de la communication : ils sont associés à un risque accru de difficultés en lecture, de fragilités langagières et de limitations de participation sociale, avec des impacts comportementaux. Les fonctions orofaciales, que sont la respiration, la déglutition et la mastication, partagent avec la parole les mêmes organes articulateurs et semblent se développer en interaction étroite avec elle. Lorsque les fonctions orofaciales sont perturbées, leurs conséquences sont elles aussi larges : difficultés scolaires, troubles du sommeil et impacts sur la qualité de vie. Comprendre si et comment ces deux domaines s'influencent mutuellement, et ce dès la petite enfance, constitue une question à la fois fondamentalement pertinente et cliniquement nécessaire.

Cette thèse assume pleinement une double dimension. La première est fondamentale : elle explore l'hypothèse d'associations développementales entre la parole et les fonctions orofaciales et cherche à enrichir nos connaissances sur ces domaines. La seconde est résolument appliquée : elle vise à améliorer les pratiques logopédiques, à développer des outils de dépistage et à mieux prendre en charge les enfants concernés. Ces deux dimensions se nourrissent mutuellement et illustrent comment un projet de recherche peut répondre à des objectifs multiples. Cette double vocation constitue le squelette de cette thèse, organisée en trois grandes sections.

La première section est consacrée à l'introduction théorique, articulée en deux parties. La première partie porte sur la parole : elle en pose les bases physiologiques et développementales, détaille les spécificités du contexte francophone, présente les évaluations disponibles et introduit les troubles des sons de la parole ainsi que les enjeux de leur dépistage et de leur prévention. La seconde partie élargit le cadre en introduisant les fonctions orofaciales et les troubles myofonctionnels orofaciaux, avant d'explorer les fondements théoriques de l'hypothèse d'un lien entre ces deux domaines. C'est cette hypothèse qui constitue le point de départ de la question de recherche fondamentale de cette thèse.

La deuxième section présente la partie expérimentale. Elle s'ouvre sur les objectifs généraux et montre un aperçu des cinq études. Les études 1, 2 et 3 poursuivaient des objectifs appliqués : validation de deux outils de dépistage des troubles des sons de la parole en contexte francophone et amélioration du diagnostic différentiel entre le trouble développemental du langage, les troubles des sons de la parole et leurs doubles profils. Les études 4 et 5 répondaient à l'objectif fondamental de la thèse en explorant les associations développementales entre la parole, les fonctions orofaciales et les compétences motrices orales, respectivement sous un angle transversal et longitudinal.

La troisième section est consacrée à la discussion générale. Elle suit un cheminement du fondamental vers l'appliqué : elle débute par une mise en perspective des résultats des études 4 et 5, avant d'aborder les retombées des études 1, 2 et 3 pour la pratique clinique. C'est dans ce mouvement, des questions fondamentales vers les implications concrètes, que cette thèse espère trouver sa cohérence et son utilité.

Section 1 : Introduction théorique

Partie 1 : La parole

1. Chapitre 1 : Définitions et physiologie de la parole

1.1. Contextualisation et définitions

La communication est l'une des habiletés fondamentales de l'être humain. C'est à travers elle que tout être se réalise, se construit et parvient à vivre en communauté. Si la communication n'est toutefois pas le propre de l'Homme, elle lui est indispensable. On considère d'ailleurs qu'en tant qu'humain, on ne peut pas ne pas communiquer. La communication renvoie ainsi à tout moyen verbal, gestuel ou non verbal utilisé entre les individus pour échanger (Brin et al., 2004).

Le langage et les langues sont en revanche des spécificités de l'Homme. Le langage est « *un système de signes propre à favoriser la communication entre les êtres* ». Il est également vu comme « *la forme la plus haute de (...) la faculté de symboliser* » (Brin et al., 2004, p.133). Le langage n'est pas directement observable et passe par les langues dans lesquelles il se réalise. C'est d'ailleurs à travers son apprentissage de la langue que l'enfant va mettre le langage en fonctionnement. Langage et langue sont deux termes proches, parfois confondus. La langue est la manifestation concrète du langage, un instrument de communication entre individus d'une même communauté (Brin et al., 2004 ; Daviault, 2011). Plusieurs cadres théoriques permettent d'analyser le langage. En logopédie, l'approche du langage conduit à le considérer à travers plusieurs dimensions : deux versants (réception et production) et cinq domaines, à savoir la phonologie, le lexique, la morphosyntaxe, le discours (ou récit) et la pragmatique. La parole correspond à la mise en œuvre sensorimotrice de la production orale : elle mobilise la planification, la programmation et l'exécution des gestes articulatoires. Notre thèse portant sur les Troubles des Sons de la Parole (TSP), nous nous attacherons à développer davantage le volet *parole* de la communication humaine.

La parole fait l'objet de nombreuses définitions différentes, selon le domaine et la perspective adoptés. En logopédie, la parole se définit le plus simplement comme l'ensemble formé par l'articulation et la phonologie (Brin et al., 2004). Nous compléterons cette définition par deux propositions qui reflètent davantage le caractère complexe de la parole. La première est la définition de Levelt (1993), traduite et adaptée par Barbier (2016, p.18) : « *la parole est la faculté de communiquer grâce à un ensemble de sons, produits par le contrôle coordonné de multiples organes et articulateurs (poumons, plis vocaux, langue, lèvres, mâchoire, voile du palais, etc.) mettant en jeu plus d'une centaine de muscles orofaciaux* ». Cette définition assez généraliste ancre d'une part la parole dans son utilisation fonctionnelle et donne d'autre part accès à l'étendue de sa complexité motrice. Notre seconde définition voue à la parole un aspect profondément moteur et productif : « *la parole est définie comme des mouvements ou la planification de mouvements qui résultent en des patrons acoustiques en adéquation avec la structure phonétique de la langue* » (Kent, 2015, p.765).

Ensemble, ces trois définitions font référence à deux concepts majeurs de la parole : la phonétique et la phonologie (Bernthal et al., 2016). Selon Davenport et Hannahs (2010), la phonétique se concentre sur les caractéristiques physiques des sons, ce qui inclut leur production concrète, désignée comme phonétique articulatoire. La phonologie, quant à elle, est plutôt définie comme l'organisation des sons en système, utilisant le phonème comme unité de base. Davenport et Hannahs (2010) décrivent 4 composantes supplémentaires de la parole. L'articulation désigne la capacité de produire des sons de la parole en utilisant les organes moteurs du système vocal. La prosodie concerne l'aspect mélodique et rythmique de la parole. La résonance fait référence à la qualité sonore de la voix produite par les vibrations des cavités buccales et nasales pendant la parole. Enfin, la fluence fait référence à la facilité, la rapidité et la régularité avec lesquelles les sons, les mots et les

phrases sont produits pendant la parole. Notre thèse se limitant aux TSP, nous n’explorerons pas davantage les composantes prosodie, résonance et fluence.

D’une manière générale, l’articulation est considérée comme la partie « phonétique » de la parole et est traditionnellement opposée à la phonologie. Cette séparation s’appuie sur un cadre théorique qui oppose les représentations phonologiques (de nature symbolique) aux mécanismes articulatoires (relevant du système moteur et externe au système linguistique). Cette approche trouve son origine dans la linguistique générative et plus précisément la phonologie générative (Chomsky & Halle, 1968), selon lesquelles les représentations phonologiques se composent exclusivement d’éléments symboliques et linguistiques. Cette dichotomisation articulation-phonologie a conféré à la phonologie un statut flou en logopédie, la positionnant à l’interface du langage et de la parole (Bishop, 2017 ; Hickok, 2012 ; Stringer et al., 2023). Elle se trouve ainsi associée tantôt au langage, par le biais de ses représentations symboliques et linguistiques, tantôt à la parole, puisqu’elle en est une composante intrinsèque (voir Figure 1).

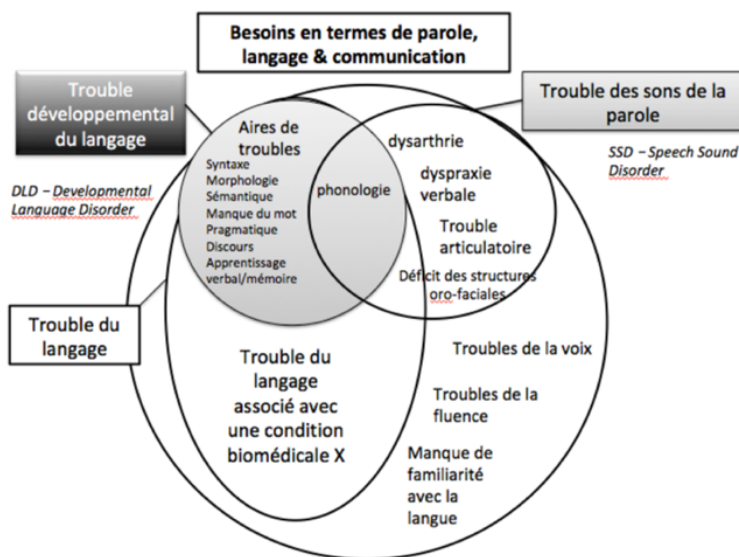


Figure 1 – Diagramme de Venn illustrant les relations entre les différentes composantes du langage et de la communication et les relations entre différents termes diagnostiques. Issu de (Maillart, 2018) et traduit de Bishop et al. (2017)

Néanmoins, les recherches actuelles sur la parole cherchent à dépasser cette opposition phonologie/phonétique (Namasivayam et al., 2020). Cette évolution s'explique notamment par une nouvelle conception des représentations phonologiques, désormais perçues comme multidimensionnelles (McAllister et al., 2016 ; Munson et al., 2005 ; Pathi & Mondal, 2021 ; Redford, 2019). En 2005, Munson et collaborateurs avaient déjà identifié des « connaissances » qui complètent les aspects symboliques et linguistiques et que nous rebaptiserons « informations » :

- Des informations articulatoires/motrices : connaissance des mouvements articulatoires nécessaires pour produire les sons, y compris la flexibilité pour compenser différentes conditions ;
- Des informations perceptives : caractéristiques acoustiques et perceptuelles des sons de la parole, permettant de reconnaître des phonèmes malgré la grande variabilité acoustique ;
- Des informations phonologiques de haut niveau (phonotactiques) : connaissances des catégories phonologiques abstraites, combinaisons des sons pour former des mots, et les contraintes spécifiques à une langue sur ces combinaisons ;
- Des informations socio-indexicale : connaissance des variations de prononciation qui portent des indices sociaux (genre, classe sociale, région, identité sexuelle), qui permettent d'interpréter et de produire ces variations pour communiquer une identité sociale.

Des recherches plus récentes ont continué d'investiguer les multiples dimensions des représentations phonologiques. Parmi ces travaux, certains montrent un intérêt d'intégrer les informations somato-sensorielles aux dimensions déjà identifiées (Franken et al., 2022 ; Ito et al., 2009 ; Trudeau-Fisette et al., 2019), soulignant que le système somatosensoriel joue un rôle crucial dans la perception et la production de la parole en fournissant des rétroactions tactiles et proprioceptives essentielles au contrôle précis des mouvements articulatoires.

Dans cette perspective multi-dimensionnelle, la phonétique (ou l'articulation) et la phonologie ont un poids équivalent dans les représentations ; elles sont complémentaires et interdépendantes dans la production, la perception et l'acquisition de la parole (Kent, 2015). En ce sens, la notion unifiée de « parole » prime sur la dichotomie articulation/phonologie. C'est cette représentation fédératrice et multi-dimensionnelle de la parole que cette thèse a choisi d'adopter.

1.2. Rappel anatomique et physiologique

La production de la parole mobilise le système respiratoire et une grande partie du système stomatognathique. Ce dernier se définit comme un complexe fonctionnel de tissus et d'organes situés dans les cavités orale et crâniofaciale (The Academy of Prosthodontics, 1999). Il constitue une unité fonctionnelle formée de plusieurs structures interdépendantes : les composants squelettiques (maxillaire et mandibule), les arcs dentaires, les tissus mous (glandes salivaires, structures nerveuses et vasculaires), l'articulation temporo-mandibulaire et les muscles masticateurs. Ces éléments agissent en harmonie pour accomplir diverses fonctions essentielles telles que la mastication, la déglutition et la phonation (Cuccia & Caradonna, 2009 ; The Academy of Prosthodontics, 1999). Ainsi, différentes structures anatomiques sont impliquées dans la production des sons du langage, dont les principales sont : les poumons, le larynx (avec les cordes vocales), le pharynx, le voile du palais (ou velum), la cavité nasale, la cavité orale comprenant le palais dur, la langue, les dents et les lèvres (Kent, 2020 ; Lieberman & Blumstein, 1988). La figure 2 présente les structures anatomiques impliquées dans la production de la voix et de la parole. Ces structures peuvent être organisées en trois grandes régions (Lieberman & Blumstein, 1988) : la région sous-glottique, le larynx et la région supra-laryngée. Ces trois régions correspondent également à trois fonctions physiologiques : la respiration, la phonation et l'articulation. Ensemble, elles assurent la continuité entre la voix et la parole.

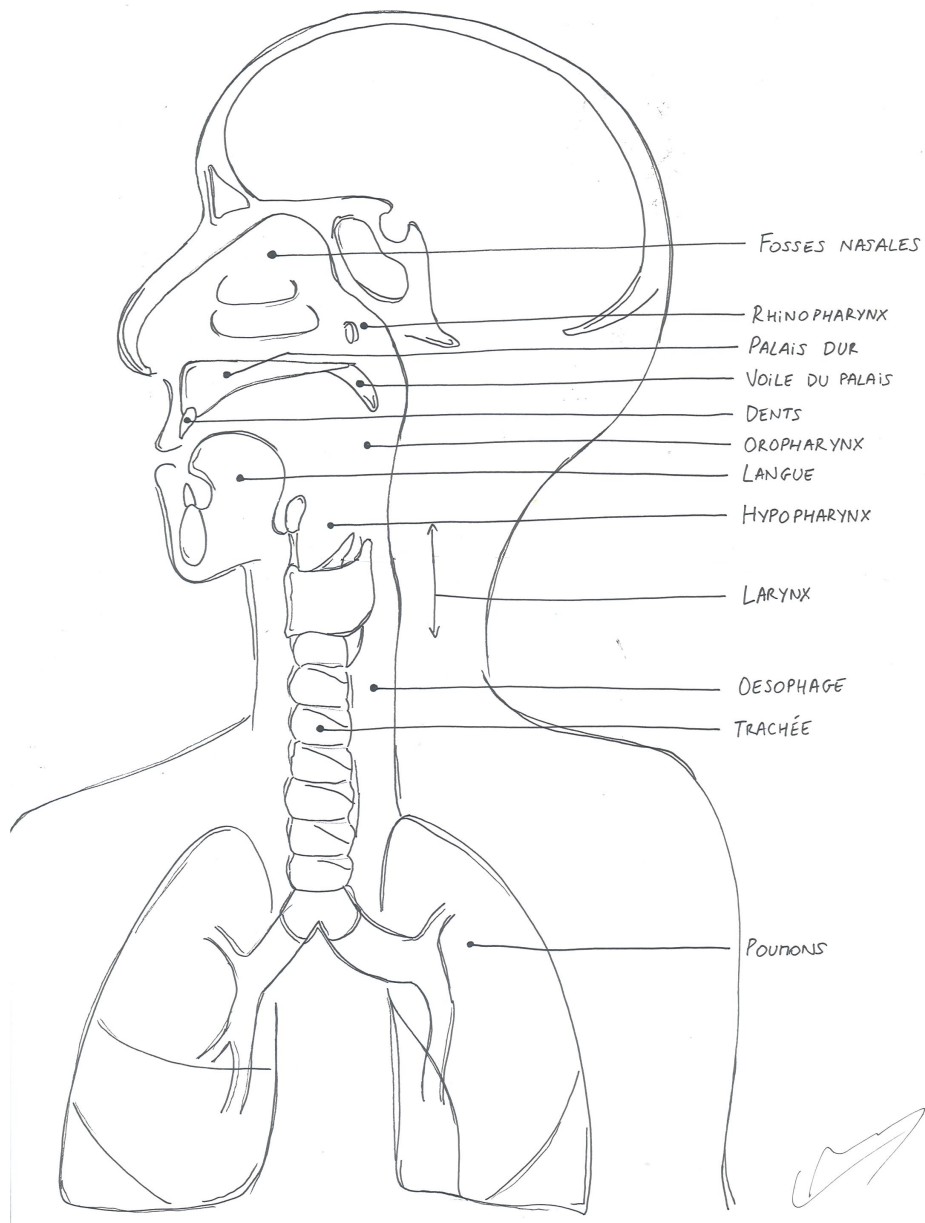


Figure 2 – Schéma global des structures anatomiques impliquées dans la production de la voix et de la parole. Dessin original de Clément Marenne.

La région sous-glottique comprend principalement les poumons, les bronches, la trachée, le diaphragme, la cage thoracique et les muscles associés. Elle constitue le moteur du système vocal, en fournissant le flux d'air nécessaire à la production du son (Giovanni et al., 2014 ; Kent, 2020). Le larynx est la seconde région essentielle dans la production de la voix et de

la parole. Situé entre le système respiratoire et les cavités de résonance, il abrite les cordes vocales et joue un rôle clé dans la génération des sons (Kent, 2020). Lors de la phonation, les cordes vocales se rapprochent sous l'action des muscles intrinsèques du larynx. Lorsque la pression de l'air dépasse un certain seuil, elles s'écartent puis se referment rapidement, dans un cycle entretenu par la pression sous-glottique et l'élasticité tissulaire (Lieberman & Blumstein, 1988). Ce phénomène de vibration génère un son fondamental, base de la voix parlée. La région supra-laryngée, souvent appelée tractus vocal, s'étend du larynx jusqu'à l'extrémité de la bouche et du nez. Elle comprend le pharynx, la cavité orale et la cavité nasale et toutes les structures les traversant qui jouent le rôle d'articulateurs. La parole humaine repose sur une coordination fine entre ces éléments anatomiques. Les ajustements dynamiques du tractus vocal, qui passent par la longueur, les constriction, les positions de la langue, l'ouverture/fermeture du voile du palais et des lèvres, modifient continuellement les propriétés acoustiques du signal produit (Kent, 2020). Nous nous attarderons spécifiquement sur quelques articulateurs stratégiques.

Le voile du palais joue un rôle clé en contrôlant la communication entre la cavité orale et la cavité nasale. En s'élevant ou en s'abaissant, il permet soit la fermeture du passage nasal (pour les sons oraux), soit son ouverture (pour les sons nasaux), ou une combinaison des deux (Kent, 2020). La langue est l'organe central de l'articulation. C'est un complexe musculaire hautement mobile, capable d'adopter une grande variété de formes et de positions dans la cavité buccale pour produire voyelles et consonnes (Kent, 2020). Elle est composée de muscles intrinsèques, qui modifient sa forme, et extrinsèques, qui contrôlent ses déplacements globaux comme la propulsion et le recul (Mu & Sanders, 2010 ; Vacher & Cyna-Gorse, 2015). Les fibres musculaires évoluent avec l'âge, certaines se spécialisant pour permettre des mouvements rapides et flexibles, utiles à la parole, la mastication et la

déglutition (Sanders et al., 2013). Les lèvres, les dents et la mandibule sont également essentielles à l'articulation. Les lèvres, en contrôlant l'ouverture et la fermeture du conduit oral, participent à la production des sons labiaux, façonnent les voyelles et influencent la résonance et le timbre de la parole (Kent, 2020). Les dents participent notamment à la réalisation des consonnes dentales et alvéolaires. La mandibule, structure osseuse massive, soutient les tissus mous de la langue et de la lèvre inférieure, facilitant leurs mouvements et offrant un support squelettique. Elle intervient ainsi indirectement dans la modulation du flux d'air et dans la précision articulatoire.

Le développement des organes de la parole débute dès la vie fœtale et se poursuit jusqu'à l'adolescence (Barlow et al., 2010). Chez le nouveau-né, le larynx est situé plus haut, facilitant la respiration et la déglutition rapprochées, mais limitant la production de certains sons (Lieberman & Blumstein, 1988 ; Morris & Klein, 2000). Avec la croissance, le larynx descend (voir Figure 3), la cavité orale s'agrandit, la langue gagne en mobilité et la dentition se met en place, permettant la production d'un répertoire phonétique de plus en plus varié (Kent, 2020 ; Lieberman et al., 2001 ; Sanders et al., 2013). La maturation neuromusculaire, essentielle à la coordination des mouvements articulatoires, s'affine jusqu'à l'adolescence, expliquant la variabilité et les erreurs observées dans la parole des jeunes enfants (Green et al., 2000).

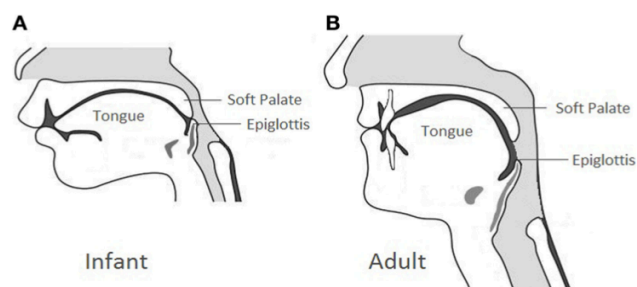


Figure 3 – Comparaison anatomique du larynx d'un enfant et d'un adulte (retrieved from Kwong, 2015, p.2).

Ainsi, de nombreux changements inhérents à l'enfance concernent le système stomatognathique. La croissance et les modifications anatomiques n'en représentent qu'une partie : on observe également des évolutions au niveau de la somatosensibilité et motricité, qui exercent une influence significative sur le développement et la précision de la parole (Green et al., 2000).

1.3. Les habiletés somatosensorielles et motrices dans la parole

La motricité et la sensibilité représentent deux systèmes neurologiques complémentaires et essentiels du corps humain (Vibert et al., 2011). D'une part, la motricité correspond à l'ensemble des mécanismes qui permettent de générer et de contrôler les mouvements volontaires ou non ; elle dépend des voies efférentes. D'autre part, la sensibilité désigne les différentes modalités sensorielles et perceptives du corps (audition, vision, goût, toucher, odorat, proprioception) captées par les récepteurs périphériques et remontant vers le cortex, via les voies afférentes (Vibert et al., 2011). Dans ce travail, nous nous intéressons à la somatosensibilité, un terme qui regroupe les sensations et perceptions relatives au toucher et aux mouvements (mécanoréception), à la température (thermoception), à la position du corps (proprioception) et à la douleur (nociception). Ces sensations sont transmises par des récepteurs internes et externes situés dans la peau, les muscles, les tendons, les articulations, ainsi que dans la cavité buccale. L'innervation somatosensorielle en bouche est particulièrement dense (Haggard & de Boer, 2014) et permet de transmettre des informations sur l'état et la structure de la bouche elle-même ainsi que sur les stimuli externes, via des voies nerveuses spécifiques, notamment le nerf trijumeau (Vibert et al., 2011). Motricité et sensibilité sont anatomiquement et fonctionnellement liés : les aires motrices (gyrus précentral) et somatosensorielles (gyrus post-central) sont juxtaposées selon une organisation somatotopique, illustrée par l'homunculus de Penfield (Penfield & Boldrey, 1937).

Cette proximité anatomique illustre la complémentarité entre la commande motrice et le retour sensoriel qui la module en permanence, formant une boucle sensorimotrice dynamique et interactive. Cette boucle est fondamentale pour la coordination, le contrôle précis et l'adaptation motrice (Vibert et al., 2011). Cette interdépendance participe grandement à l'apprentissage et l'ajustement moteur. Des études récentes confirment que la performance motrice experte dépend du feedback somatosensoriel (Whittier, 2023) et que le cortex somatosensoriel contribue activement à l'encodage de nouveaux mouvements (Ebrahimi et al., 2024), soulignant ainsi que les processus moteurs demeurent dépendants des informations sensorielles pour se perfectionner.

Nous allons à présent décrire la somatosensibilité et la motricité orofaciales ainsi que leurs implications dans la parole. Notre thèse ne se vouant pas directement à l'étude des celles-ci, nous nous limiterons à une revue globale, bien que rigoureuse, de la littérature apportant les éléments essentiels pour comprendre l'intégration complexe de ces deux habiletés dans la parole.

1.3.1. Les habiletés somatosensorielles orofaciales et la parole

Kent (2024) décrit la somatosensation comme une composante essentielle et omniprésente du système de production de la parole, au même titre que l'audition. Dans le cadre de la parole, les signaux somatosensoriels proviennent des lèvres, de la langue, du palais, du pharynx, du larynx et du système respiratoire. Ils informent le système nerveux central sur la configuration et la dynamique des organes impliqués dans la production de la parole. Cette richesse sensorielle s'explique par le fait que les structures orales, en particulier la langue et les lèvres, possèdent une densité exceptionnelle de récepteurs sensoriels, équivalente, voire supérieure, à celle du bout des doigts (Kent, 2024 ; Miles et al., 2020 ; Trulsson & Johansson,

2002). Ces récepteurs fournissent des somatosensations orales continues, aussi bien au repos qu'en action. Ils informent en permanence sur l'état, la position (dont les contacts articulatoires) et les mouvements des articulateurs.

Les habiletés somatosensorielles s'avèrent utiles :

- à l'apprentissage du geste moteur de la parole chez l'enfant ;
- au maintien de la précision articulatoire à l'âge adulte ;
- à l'adaptation sensorimotrice face à des changements anatomiques (dentition, prothèse, chirurgie, vieillissement) ;
- à la compensation rapide des perturbations lors de la parole.

La somatosensation constitue une composante essentielle, mais sous-exploitée du contrôle de la parole. Ignorer la somatosensation revient à négliger une dimension clé du contrôle moteur. Les modèles contemporains de contrôle de la parole reconnaissent presque uniformément la somatosensation comme un facteur dans la production (et parfois la perception) de la parole et suggèrent qu'une réduction du retour auditif ou somatosensoriel peut contribuer aux troubles de la parole (De Letter et al., 2020 ; McAllister et al., 2016 ; Redford, 2019 ; Terband et al., 2019).

Toutefois, malgré de nombreuses recherches menées sur le rôle de la somatosensibilité dans la perception et la production de la parole, ce champ de recherche ne bénéficie toujours pas d'un cadre théorique arrêté et défini (Kent, 2024). Cette lacune complexifie la compréhension du rôle de la somatosensation dans le développement et le fonctionnement de la parole. De plus la densité et le caractère très fondamental de ce champ de recherche participent à diminuer la transposition des résultats dans la pratique clinique. On constate ainsi une différence importante entre la pratique en logopédie, où l'évaluation somatosensorielle demeure peu accessible, et les recherches démontrant l'importance de l'information somatosensorielle dans l'apprentissage et le contrôle de la production de la parole (Kent, 2024).

1.3.2. Les habiletés motrices orofaciales et la parole

Les habiletés motrices orofaciales désignent l'ensemble des capacités de mise en mouvement, de contrôle et de coordination des structures anatomiques impliquées dans les fonctions orofaciales, dont les lèvres, la langue, la mâchoire, le voile du palais et le larynx (Weismer, 2023). Ce champ d'études englobe tant les mouvements volontaires que les ajustements automatiques nécessaires à l'exécution de fonctions aussi diverses que la mastication, la déglutition, la respiration et la production de la parole.

D'un point de vue développemental, la motricité orofaciale dépend de la maturation du système moteur en interaction avec l'environnement, ce qui implique qu'elle s'améliore avec l'âge et les expériences (Bearzotti et al., 2007 ; Dewey, 1995 ; Green et al., 2000). Le complexe orofacial se comporte initialement comme une unité intégrée qui se différencie progressivement : la mâchoire de la tête, les lèvres de la mâchoire, la langue de la mâchoire, permettant un contrôle moteur de plus en plus raffiné (Meyer, 2008 ; Sampallo-Pedroza et al., 2014). La maturation neuromusculaire, l'exercice des fonctions orofaciales précoces (succion, déglutition, mastication) et l'émergence de la parole participent grandement à la différenciation des structures (Green et al., 2000). Ainsi, le contrôle moteur des adultes est plus stable et précis que celui des enfants (Clark et al., 2001). Concernant les âges de développement, pour Bearzotti et al. (2007) la maturation des fonctions orales motrices se stabilise vers l'âge de 6 ans. D'après Dewey (1995), le développement du système moteur permet des mouvements fins, efficaces et coordonnés aux environs de l'âge de 12 ans. Ces résultats ne sont pas contradictoires, mais reflètent des niveaux distincts de maturation : une stabilité fonctionnelle des mouvements de base vers 6 ans, puis un affinement progressif de la précision et de la coordination jusqu'à 12 ans.

Ces principes généraux du développement moteur s'appliquent également à la parole, qui constitue une activité motrice complexe impliquant

de nombreux articulateurs (voir point 1.2). Le développement de la motricité de la parole est marqué par une réduction progressive de la variabilité dans les productions motrices (Barbier et al., 2020 ; Trudeau-Fisette et al., 2019, 2024). Ainsi, les enfants de 4 ans présentent une variabilité articulatoire environ 1,5 fois supérieure à celle des adultes (Barbier et al., 2020). Cette variabilité diminue avec l'âge, avec une réduction plus rapide entre 4 et 7 ans et des différences qui persistent jusqu'à l'adolescence (Barbier et al., 2020 ; Smith & Goffman, 1998 ; Smith & Zelaznik, 2004).

Le contrôle moteur de la parole désigne les processus par lesquels le système nerveux planifie, coordonne et exécute les mouvements des structures respiratoires, laryngées et articulatoires pour produire des séquences d'événements acoustiques phonétiques, c'est-à-dire la parole, permettant la communication (Weismer, 2023). Cette description fait écho à la définition de la parole de Kent (2015), citée plus haut. Les modèles actuels du contrôle moteur de la parole postulent généralement une architecture de contrôle hybride combinant plusieurs composantes (Parrell et al., 2019). D'une part, les mécanismes de « feedforward » utilisent des programmes moteurs stockés en mémoire pour produire la parole de manière anticipée. D'autre part, des mécanismes de feedback permettent des corrections en temps réel. Ces deux mécanismes complémentaires s'intègrent de façon unifiée.

1.3.3. L'intégration sensorimotrice dans la parole

Les habiletés somatosensorielles et motrices orofaciales, décrites dans les sections précédentes, ne fonctionnent pas de manière isolée. Comme tout mouvement complexe, la parole résulte d'un apprentissage moteur progressif qui implique le développement de représentations sensorimotrices ou mapping sensorimoteur qui lient les commandes motrices aux somatosensations de ces commandes (Guenther, 2016 ; Parrell et al., 2019).

Le mapping sensorimoteur : principes généraux et modèles

Les somatosensations décrites précédemment s'intègrent aux boucles sensorimotrices et assurent ainsi un feedback permanent qui module l'activité motrice pendant la production de la parole (Kent, 2024). Le modèle DIVA (Directions Into Velocities of Articulators; Tourville & Guenther, 2011) illustre bien cette architecture intégrée. Il combine trois composantes : un contrôleur feedforward qui utilise des programmes moteurs stockés en mémoire pour produire la parole de manière anticipée, un contrôleur de feedback auditif et un contrôleur de feedback somatosensoriel qui détectent les écarts entre les productions réelles et les cibles phonétiques, permettant des corrections en temps réel. Concrètement, le feedback somatosensoriel permet d'ajuster en continu la configuration articulaire : par exemple, si la langue n'atteint pas exactement la zone alvéolaire lors de la production d'un /t/, les informations proprioceptives et tactiles (comprenant des informations sur la pression, le contact, l'étirement des articulateurs) signalent l'écart et permettent une correction immédiate de la position linguale. De même, le feedback auditif intervient lorsque le locuteur perçoit une erreur dans sa propre production : par exemple, s'il entend qu'il a produit un /s/ trop antérieur (type [θ]), il peut ajuster la position linguale lors de la production suivante pour retrouver le son cible.

Le modèle linked-attractor (Menn et al., 2013) propose une explication du développement phonologique chez l'enfant, centrée sur la coordination progressive des gestes articulatoires pré-segmentaux et l'organisation des représentations auditives et motrices. Il intègre à la fois un mécanisme de feedforward et une boucle de feedback sensorimoteur fonctionnelle qui s'affine au fil des premières années, devenant particulièrement critique entre 2 et 3 ans, période où la coordination motrice et le contrôle sensoriel de la parole se raffinent significativement. Cette boucle de rétroaction joue un rôle accru dans la stabilisation et la consolidation des formes phonologiques grâce à l'interaction dynamique entre input sensoriel

et output moteur. Par exemple, la confusion entre /t/ et /k/ ou entre /s/ et /ʃ/ sont des erreurs développementales qui exigent des contrastes fins entre deux phonèmes très proches sur le plan articulatoire. Ces paires minimales sont notamment dissociées grâce au feedback somatosensoriel qui informe sur la position et la coordination des articulateurs, permettant ainsi de détecter et de corriger les écarts par rapport aux cibles adultes. Ces modèles, et en particulier le DIVA, ont été validés par de nombreuses études comportementales et de neuro-imagerie (pour une revue plus approfondie des modèles, voir Parrell et al., 2019).

Le développement de l'intégration sensorimotrice chez l'enfant

La somatosensation est présente dès les premiers stades du développement (Kent, 2024). Chez l'enfant, elle guide progressivement l'acquisition des gestes articulatoires (Guenther & Vladusich, 2012). Dès les premières productions, même avec un contrôle moteur encore imprécis (Barbier, 2016 ; Trudeau-Fisette et al., 2024), l'enfant ressent les conséquences sensorielles de ses actes moteurs et exploite ces sensations pour construire des représentations phonologiques multidimensionnelles (Munson et al., 2005 ; Franken et al., 2022). Ces retours sensoriels construisent progressivement le jeu de relations sensorimotrices et guident l'enfant vers l'exploration de différents gestes produisant des conséquences perceptives et somatosensorielles différentes (Howard & Messum, 2011).

L'exploitation des signaux sensorimoteurs demande une étape de raffinement et de maturation. Les feedbacks articulatoires des enfants reposeraient initialement davantage sur les informations acoustiques. En grandissant, les enfants associent progressivement les signaux acoustiques aux signaux sensorimoteurs, pour finalement se passer du feedback acoustique, considéré comme trop lent, et dépendre uniquement du feedback sensorimoteur (Guenther & Vladusich, 2012). C'est au travers d'un

appariement¹ entre les gestes articulatoires, les informations acoustiques et les informations sensorimotrices que le contrôle moteur de la parole s'affine, toutefois cela demande une exploration importante et de nombreuses occasions d'associations de ces différentes sensations (Ashokumar et al., 2022 ; Franken et al., 2022 ; Trudeau-Fisette et al., 2019).

Les travaux de Trudeau-Fisette et coll. (2019 ; 2024) vont dans ce sens en suggérant, par exemple, que la variabilité articulatoire et motrice des enfants (par rapport aux adultes) est associée à l'apprentissage et à l'intégration des signaux sensorimoteurs dans leur système de parole. Autrement dit, les jeunes enfants explorent encore les correspondances entre les gestes articulatoires et leurs conséquences acoustiques et somatosensorielles, ce qui témoigne d'un processus développemental d'affinement de l'intégration sensorimotrice. À titre d'illustration, à travers l'ensemble des langues du monde, ce sont les sons bilabiaux, vélaux et alvéolaires qui sont généralement acquis les premiers, en lien avec le fait qu'il s'agit de régions riches en afférences, impliquant de nombreuses opportunités de feedback et d'enregistrement sensoriels (Kent, 2024).

Le modèle développemental de la parole proposé par Redford (2019) se montre particulièrement intéressant pour comprendre l'intégration bidirectionnelle des informations sensorielles et motrices. Il s'inscrit dans la continuité des modèles comme le DIVA ou le Linked-Attractor. Dans sa thèse, Warnier (2022) a traduit et adapté ce modèle (voir Figure 4). Nous choisissons de développer plus longuement ce modèle-ci plutôt que les autres, car il possède une vision foncièrement développementale et motrice de la production de la parole, tout en mettant en évidence le rôle des informations somatosensorielles dans le développement de la parole. Redford (2019) retrace la production de la parole depuis la période prélinguistique jusqu'à sa forme adulte.

¹ Traduction proposée pour "mapping" qui dans notre cas, renvoi à une association systématique entre différentes représentations ou modalités sensori-motrices, notamment entre gestes articulatoires, informations acoustiques et retours somatosensoriels.

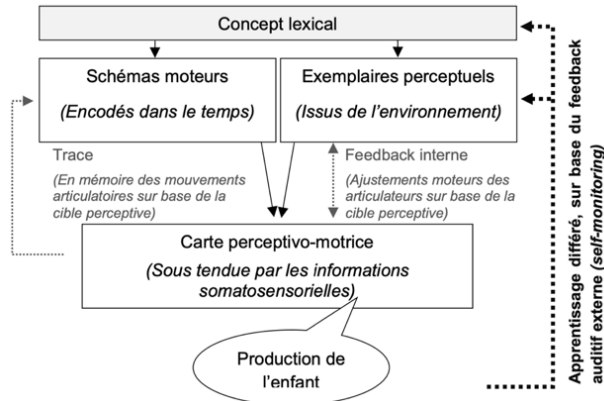


Figure 4 – Modèle théorique de la parole sensible aux erreurs développementales (basé sur Redford, 2019, traduit et adapté par Warnier, 2022, p.24).

Dès les premiers mois, l'enfant explore son système vocal à travers les productions prélinguistiques (vocalisations, babillage, etc.). Il relie progressivement les signaux acoustiques et mouvements articulatoires de ses productions, via les informations somatosensorielles, formant une « carte perceptivo-motrice ». Cette carte permet d'associer des gestes articulatoires à leurs conséquences acoustiques et évolue tout au long de la vie, s'ajustant avec l'expérience linguistique et sociale.

Entre 6 et 12 mois, l'enfant commence à reconnaître dans son environnement les formes acoustiques « adultes », appelées exemplaires perceptuels. L'enfant en extrait progressivement les régularités sonores et rythmiques, constituant ainsi un lexique perceptif. En parallèle, les expériences de production prélinguistiques lui permettent de relier les exemplaires perceptuels à ses propres productions motrices, consolidant ainsi ses cartes perceptivo-motrices. Autour de 12 mois, les cartes deviennent suffisamment stables pour permettre la production des premiers mots : l'enfant sélectionne un exemplaire perceptuel et tente de le reproduire en activant les mouvements articulatoires correspondants. Lorsqu'une production atteint son objectif communicatif, elle laisse une trace motrice abstraite : un schéma moteur. Le schéma correspond à la séquence et à la

coordination temporelle des gestes nécessaires pour exprimer un concept donné. Ces schémas sont ensuite constamment mis à jour avec chaque tentative de communication, devenant ainsi plus efficaces et généralisables. La carte perceptivo-motrice s'affine en permanence à travers les évolutions constantes des schémas moteurs et de leurs relations bidirectionnelles avec les exemplaires perceptuels.

L'expansion rapide du lexique dans la période d'explosion lexicale (autour 18 mois) impose une diversification des mots perçus, des concepts et donc des schémas moteurs. La contrainte lexicale pousse l'enfant à diversifier ses productions et donc à produire de nouveaux schémas moteurs, lesquels comporteront des erreurs dites « développementales. » Il s'agit des erreurs bien connues des enfants qui ont tendance à remplacer un phonème par un autre (« tanard » pour « canard »), simplifier un groupe consonantique (« rain pour train ») ou encore à assimiler les phonèmes d'un même mot (« nunettes » ou lunettes »). Ces erreurs jouent un rôle adaptatif majeur, éveillant également l'enfant à « surveiller comment ses productions sonnent ou devraient sonner. » C'est de là qu'émerge le contrôle ou feedback moteur de la parole. Selon Redford, celui-ci a deux fonctions : (1) ajuster le contrôle moteur (interne) afin que les articulateurs atteignent les cibles acoustiques désirées et (2) utiliser le feedback externe pour mettre à jour les représentations qui guident la parole. Les erreurs développementales jouent ici un rôle crucial, puisqu'elles guident l'enfant dans la précision de ses cartes perceptivo-motrices et qu'il exploite notamment les informations sensorimotrices pour assurer le contrôle moteur interne. Autour de 4 ans, l'enfant commence à contrôler auditivement et consciemment ses propres productions. C'est l'étape du self-monitoring. Ce feedback externe tardif permet de comparer la production réelle à la cible attendue (par exemple, repérer qu'il a dit « sapeau » alors qu'il vise « chapeau »), amorçant la stabilisation des représentations phonologiques.

Autrement dit, les signaux somatosensoriels ajustent en temps réel les commandes motrices. L'apprentissage du contrôle moteur de la parole repose sur l'intégration bidirectionnelle d'informations sensorielles et motrices. Deux modalités sensorielles jouent un rôle crucial : le feedback auditif, qui renseigne sur les conséquences acoustiques des mouvements articulatoires, et le feedback somatosensoriel, qui informe sur les positions, mouvements et contacts des articulateurs (Guenther, 2016 ; Weerathunge et al., 2022). Ces feedbacks sensoriels permettent la détection des écarts entre les productions réelles et les cibles désirées, puis d'utiliser ces écarts comme signaux d'erreur pour ajuster les commandes motrices. Par exemple, si l'enfant vise /s/ mais produit un son proche de /ʃ/, l'écoute (feedback auditif) et les sensations de la langue (feedback somatosensoriel) l'aident à modifier progressivement sa posture et son point de constriction. Au fil de l'acquisition, ces corrections basées sur le feedback sont intégrées aux programmes moteurs feedforward, permettant progressivement des productions plus rapides et moins dépendantes du monitoring sensoriel en temps réel (Tourville & Guenther, 2011).

La compréhension des mécanismes sensorimoteurs exposés dans cette section n'a pas qu'une vocation théorique. Elle constitue un socle conceptuel utile pour notre travail à plusieurs égards. D'une part, les notions de feedback somatosensoriel, de mapping sensorimoteur et de contrôle moteur de la parole permettront d'appréhender le développement de la parole typique dans son ensemble, ainsi que les perturbations observées dans le cas d'un développement atypique. D'autre part, et de façon plus centrale encore, l'intégration sensorimotrice constitue l'une des hypothèses structurantes de notre travail. En effet, nous explorerons dans quelle mesure les habiletés motrices orales et l'intégration sensorimotrice peuvent constituer un médiateur entre les fonctions orofaciales et la parole, nourrissant ainsi la thématique centrale de cette thèse.

1.4. En synthèse

Ce chapitre a servi d'introduction générale à la thématique centrale de notre thèse : la parole et les TSP. La parole a été positionnée sur le continuum de la communication, du langage et des langues, en précisant ses liens avec le langage ainsi que ses spécificités. Ce chapitre a notamment souligné les dimensions profondément motrices et sensorimotrices de la parole. Celle-ci mobilise de nombreuses structures anatomiques riches en muscles et repose sur des voies afférentes et efférentes qui, ensemble, forment un système sensorimoteur spécifiquement dédié à la production de parole. Ainsi, au-delà de ces composantes tangibles, la parole dépend également d'un système intégré moins visible : l'intégration sensorimotrice, au sein de laquelle s'inscrit le contrôle moteur de la parole. Cette intégration sensorimotrice constitue non seulement un puissant vecteur d'évolution, mais également une composante essentielle au bon fonctionnement de notre prise de parole et, par conséquent, à notre intelligibilité et de notre communication.

Ce chapitre met en évidence que la parole constitue un domaine de recherche à part entière, ayant fait l'objet de nombreux travaux et de multiples évolutions théoriques. La conception multidimensionnelle de la parole retenue inclut au moins cinq grandes dimensions : articulatoire/motrice, perceptive, sensorimotrice, phonotactique et socio-indexicale. Cette représentation exhaustive confère à la parole un caractère fédérateur et unifié, conception que nous avons choisi d'adopter pour nos travaux.

2. Chapitre 2 : Le développement de la parole en français

2.1. La parole francophone

L'inventaire phonémique du français comprend au total 37 phonèmes. On compte 21 consonnes : [p, b, t, d, k, g, m, n, ʋ, ɥ, ɲ, ʒ, f, v, s, z, l, w, j, ʃ] dont trois semi-consonnes [j, w, ɥ] (Brosseau-Lapr  et al., 2018 ; Grevisse & Goosse, 2016). Les consonnes peuvent être classées selon diff erentes caract eristiques : la sonorité ou voisement (mise en vibration ou non des cordes vocales : consonnes sonores vs sourdes) ; la nasalité (passage ou non de l'air dans les fosses nasales : nasales vs orales) ; leur mode articulaire (façon dont l'air est expulsé pour produire le son : occlusives ou fricatives) et leur lieu d'articulation (point d'articulation effectué lors de la production du son : bilabial, labiodental, dental, palatal, vélaire, ou uvulaire). Les trois semi-consonnes, que l'on appelle également semi-voyelles ou *glides*, sont considérées comme des consonnes, mais dont l'articulation se déroule avec la même configuration que les voyelles [i], [u] et [y] (Grevisse & Goosse, 2016). L'inventaire phonémique est également composé de 16 voyelles (Grevisse & Goosse, 2016) : /ə/, /i/, /e/, /à/, /a/, /y/, /ø/, /œ/, /u/, /o/, /ɔ/, /ɑ/, /ã/, /  /, /à/, /à/. Ces voyelles se distinguent également par plusieurs caract eristiques : le lieu d'articulation (voyelles antérieures, centrales ou postérieures) ; la nasalité (orales ou nasales) ; l'aperture (l'écartement des mâchoires et l'élévation plus ou moins importante de la langue : ouvertes, semi-ouvertes, semi-fermées ou fermées) ; la configuration des lèvres (arrondie ou étirée).

Consonnes, semi-consonnes et voyelles sont un ensemble de segments qui s'assemblent en syllabes, lesquelles s'assemblent en mots puis en phrases. Ainsi, on distingue généralement deux niveaux ou domaines d'analyse de la parole : le domaine segmental et le domaine suprasegmental. Le domaine segmental correspond aux unités minimales appelées segments ou phonèmes, que nous venons de décrire, et qui ne peuvent être divisés en

éléments successifs plus simples. Au niveau supérieur, le domaine suprasegmental recouvre les phénomènes qui s'étendent au-delà du simple segment, comme l'accentuation, l'intonation, ou le regroupement de segments en syllabes/mots/phrases (Kent, 2020 ; Moeschler & Auchlin, 2016).

La syllabe constitue une unité fondamentale qui mêle les traits segmentaux et suprasegmentaux et joue un rôle central dans le développement du langage chez l'enfant (Kent, 2020). Toutes les langues du monde sont composées d'unités sublexicales ou syllabes dont la fréquence d'occurrence varie, et qui s'assemblent pour former les mots et les phrases selon des règles phonotactiques et syntaxiques spécifiques (Kent, 2020). En ce qui concerne le français, le récent projet Syllabo+ (Bédard et al., 2017) a établi une base de données détaillant la fréquence d'occurrence des différentes syllabes, offrant ainsi un outil précieux pour l'analyse de la phonotactique et du traitement syllabique. Ainsi, selon Syllabo+ (Bédard et al., 2017), en français, la structure syllabique la plus fréquente est de type CV (consonne-voyelle), représentant environ 53 % des occurrences toutes positions confondues. D'autres structures, bien que moins fréquentes, sont également rencontrées : CVC (13,5 %, ex. col), les syllabes à voyelle seule ou en hiatus (10 % ensemble, ex. école, boa), CCV (6 %, ex. train), CCVC (2 %, ex. fleur) et CVCC (1 %, ex. casque). Les syllabes peuvent aussi inclure des glides (G) ou semi-consonnes, comme dans la structure CGV (4 %, ex. nuit).

La langue française est la 5e langue la plus parlée au monde après l'anglais, le chinois, l'hindi et l'espagnol et comptait 321 millions de locuteurs en 2022 (Organisation internationale de la Francophonie, 2022). Elle s'est implantée dans de nombreuses régions (Grevisse & Goosse, 2016). Cette grande fréquence et diversité s'accompagnent également d'une grande variété linguistique. Le français connaît donc plusieurs variations « régionales » ou « diatopique » (Hambye, 2005). Celles-ci sont par exemple le français canadien, le français de Suisse, le français de Belgique, et évidemment les

nombreuses variantes du français d’Afrique. Notons que, pour un ensemble de raisons historiques et géographiques, le français canadien se différencie plus fortement du français dit « standard » que les autres variantes régionales (Grevisse & Goosse, 2016 ; Hambye, 2005). Certaines sources distinguent ainsi le français « européen » du français « canadien » (Vaupot, 2017 ; Wernicke, 2016). Au sein des variations de français européen, on note également des différences « intra-régionales », avec par exemple des différences entre le français parlé dans la région du Hainaut, de Bruxelles et de Liège pour le cas de la Belgique, au point que la question d’un « français de Belgique » reste débattue (Hambye, 2005). Les variations diatopiques existent à plusieurs niveaux comme au niveau lexical (par exemple, le mot « torchon » n’a pas la même signification en France qu’en Belgique) et phonologique (Vaupot, 2017).

Cette thèse étant basée à Liège et s’intéressant aux TSP, nous nous attarderons davantage sur les variations phonologiques entre le français de Belgique et le français dit « standard ». La prononciation du français en Belgique présente en effet quelques différences notables, telles que mises en évidence dans la thèse d’Hambye (2005) qui a spécifiquement étudié cette question. En Belgique et particulièrement dans la région liégeoise, il est possible, voire fréquent, d’assourdir les consonnes finales. Cela concernerait principalement les consonnes /b/, /d/, /g/, /v/, /ʒ/, /z/ et /ŋ/ qui tendent à être assourdies, s’approchant de leur forme sourde (/p/, /t/, /k/, /f/, /ʃ/, /s/, /nk/) en fin de mot. On note par exemple la possibilité d’entendre les mots /nyaz/ ou /vaz/ avec une prononciation tirant vers /nyaʃ/ ou /vas/. Concernant la réalisation du /r/, si l’articulation fricative uvulaire voisée [ʁ] domine, il subsiste localement des variantes héritées de la tradition wallonne comme les variantes alvéolaires roulées [r] voire uvulaires roulées, tirant vers le [R] (cette dernière est parfois décrite pour Liège). Dans le domaine vocalique, le français de Belgique se distingue par le maintien d’oppositions de longueur

plus marquées que dans le français dit « standard », avec notamment la présence de voyelles longues dans certains contextes. En ce qui concerne le schwa, Hambye (2005) observe que son maintien reste important à Liège, avec un taux d'environ 25 %, ce qui contribue au caractère syllabique du rythme local. Enfin, l'intonation et la prosodie du français liégeois tendent vers des contours plus plats et descendants, reflétant l'influence des langues voisines (c'est-à-dire le néerlandais et l'allemand). Ces observations soulignent la diversité phonétique du français de Belgique et d'ailleurs.

2.2. Développement de la parole et données francophones

Nous introduirons cette partie en passant brièvement en revue l'évolution qu'ont connue les approches théoriques du développement typique de la parole, en nous basant en partie sur l'excellente synthèse de Brosseau-Lapré et al. (2018). Nous poursuivrons ensuite avec la description du développement typique de la parole de façon générale et puis en français.

2.2.1. L'évolution des approches théoriques du développement typique de la parole

Historiquement, les logopèdes ont d'abord travaillé avec des enfants d'âge scolaire présentant principalement des distorsions articulatoires (Baker, 2006). L'intervention précoce auprès d'enfants d'âge préscolaire a progressivement transformé les besoins d'évaluation et a encouragé le développement de nouveaux cadres théoriques. Trois principales approches se sont ainsi succédé : l'approche traditionnelle linéaire, l'approche phonologique linéaire et l'approche phonologique non linéaire (ou multilinéaire). Elles ont toutes les trois influencé la pratique logopédique.

L'approche traditionnelle linéaire, dominante avant les années 1960-1970, repose sur une conception segmentale de la phonologie. Cette approche considère que les difficultés de production des sons sont principalement dues

à des contraintes articulatoires (Morley, 1957). L'analyse s'effectue en comparant un à un chacun des phonèmes produits par l'enfant avec la cible adulte correspondante, d'où l'appellation d'« approche linéaire » (Brosseau-Lapré et al., 2018). Cette approche a donné naissance à plusieurs mesures encore largement utilisées aujourd'hui, en recherche comme en clinique. On note, par exemple, le Pourcentage de Consonnes Correctes (PCC), développé par Shriberg & Kwiatkowski (1982). L'inventaire phonétique est une autre mesure encore couramment employée. Il comprend tous les sons de la parole produits par l'enfant, qu'ils fassent partie ou non de l'inventaire phonémique de la langue de l'enfant (Stoel-Gammon, 1985). Enfin les normes d'âge d'acquisition ont été premièrement réalisées dans cette approche théorique pour déterminer l'âge auquel la production de chacune des consonnes est maîtrisée. Bien que ces mesures demeurent utiles cliniquement, l'approche traditionnelle présente plusieurs limites. Comme le soulignent Bérubé et Macleod (2022), elle se concentre principalement sur l'acquisition segmentale, déterminant les âges auxquels des consonnes spécifiques sont acquises, sans considération pour les interactions entre structure syllabique et production segmentale. De plus, les normes d'âge d'acquisition peuvent être difficiles à interpréter et dépendent grandement des mots cibles, des langues et de la méthodologie utilisée pour classifier les productions comme correctes ou erronées (Edwards & Beckman, 2008).

L'approche traditionnelle linéaire a ensuite évolué vers l'approche phonologique linéaire lorsque plusieurs chercheurs et cliniciens ont remarqué, en travaillant avec des enfants d'âge préscolaire, que les erreurs de production étaient souvent prévisibles et pouvaient être groupées en catégories reliées à une classe de sons semblables ou à des formes syllabiques semblables (Brosseau-Lapré et al., 2018). Ces observations n'étaient pas compatibles avec une perspective selon laquelle les erreurs de production étaient dues seulement à des contraintes articulatoires (Hodson, 1998). Ces observations,

ainsi que la théorie de la phonologie naturelle (Stampe, 1973) ont mené au concept de processus phonologiques simplificateurs (PPS). Selon ce modèle théorique, les enfants auraient une représentation des sons identique à celle de l'adulte. Cependant, des processus de simplification innés diminueraient la complexité des sons, pour que le jeune enfant puisse produire une approximation du phonème cible. Les PPS peuvent être définis comme une opération mentale qui s'applique dans la parole du jeune enfant pour substituer à une classe de phonèmes ou à une séquence de phonèmes, une classe alternative identique, mais dépourvue de la difficulté spécifique qui pose problème à l'enfant (Stampe, 1973). L'analyse des PPS est devenue une méthode d'analyse des productions courantes en clinique (Edwards, 1997).

À nouveau, des faiblesses sont pointées dans cette approche. Les représentations phonologiques des enfants sont maintenant considérées comme différentes des représentations adultes, ce qui ne rencontre pas le postulat de cette approche (Menn et al., 2013 ; Redford et al., 2019 ; Rvachew & Brosseau-Lapré, 2018). Une autre critique est que les PPS ne sont pas assez descriptifs (Lof, 2002). Dans leur revue, Brosseau-Lapré et al. (2018) illustrent ce phénomène avec les « réductions des groupes consonantiques ». Ce terme serait souvent utilisé pour décrire des PPS très différents, tels que l'omission du deuxième segment du groupe consonantique ($/tʁɛ̃/ \rightarrow [tɛ̃]$), l'omission du premier segment ($/tʁɛ̃/ \rightarrow [ʁɛ̃]$) ou la production des deux segments avec une simplification de l'un ou des deux segments ($/tʁɛ̃/ \rightarrow [twɛ̃]$). Or, comme l'indiquent notamment Bérubé et MacLeod (2022), les interactions entre structure du mot et production segmentale participent à la compréhension du profil phonologique de l'enfant. C'est dans ce contexte que le cadre théorique d'analyse de la parole a évolué une troisième fois.

L'approche phonologique non linéaire a pour vocation de tenir compte de l'interaction entre les différents niveaux de représentation phonologique (Bernhardt, 1990 ; 1992). Elle repose sur deux principes

majeurs : (1) la représentation hiérarchique et (2) l'autonomie des éléments phonologiques (Stemberger & Bernhardt, 2022). Cette approche fournit une description systématique de la représentation de l'enfant à tous les niveaux de la hiérarchie phonologique (phrase phonologique, mot, pied, syllabe, segment et traits phonologiques), ainsi que des relations entre ces niveaux afin de décrire les forces et les faiblesses de l'enfant (Bernhardt & Stoel-Gammon, 1994). Les traits phonologiques représentent l'unité de base et sont organisés selon une hiérarchie à plusieurs niveaux : la racine, le voisement, et le point d'articulation (avec ses sous-spécifications : labial, coronal, dorsal). Cette organisation permet de comprendre pourquoi certaines erreurs affectent des classes entières de sons plutôt que des phonèmes isolés. L'une des critiques majeures de l'analyse non linéaire est le travail important qu'elle représente, ce qui la rend peu transférable à un contexte clinique. L'analyse non linéaire courte (appelée *Scan Analysis* en anglais) répond partiellement à cette limite. Elle n'implique pas ou peu de calculs et peut être complétée plus rapidement, en parcourant visuellement la transcription de l'échantillon de parole. Cette analyse consiste en une série de huit questions qui permettent d'identifier rapidement les structures qui sont absentes, émergentes ou établies dans le système phonologique de l'enfant (Rvachew & Brosseau-Lapré, 2018). Les questions progressent du niveau de la syllabe jusqu'au niveau des traits phonologiques, avec par exemple : *quelles sont les observations au niveau des syllabes ? Que se passe-t-il avec les attaques et les codas ? Quelles sont les observations quant aux consonnes ? Quelles sont les distinctions au niveau du voisement ? Y a-t-il des erreurs atypiques ?*

Malgré les avancées théoriques considérables apportées par la phonologie non linéaire et la reconnaissance des limites inhérentes aux approches linéaires, il demeure que les mesures comme le PCC et l'analyse des PPS restent des méthodes classiquement employées en pratique clinique (Bowen, 2015 ; Rvachew & Brosseau-Lapré, 2018). Cette réalité s'explique

par plusieurs facteurs : la familiarité des cliniciens avec ces outils, leur relative simplicité d'application, le travail important que représente l'analyse non linéaire et l'existence de données normatives pour ces mesures, permettant des comparaisons rapides.

2.2.2. Le développement typique de la parole

La parole se développe selon un ordre logique : la perception des sons de la parole précède leur production. Comme nous l'avons déjà abordé, la perception participe également grandement à façonner les représentations phonologiques, lesquelles permettent ensuite la production des sons.

Perception

La perception de la parole telle que nous la vivons en tant qu'adultes est très différente de celle du nourrisson, qui doit apprendre à comprendre et percevoir spécifiquement sa langue (ou ses langues, en cas de multilinguisme). Les enfants viennent au monde avec des capacités perceptives universelles, qui les rendent capables d'apprendre toutes les langues du monde (Kuhl et al., 2005 ; Werker & Gervain, 2013). C'est dès lors leur environnement et leurs nombreuses expériences de perception de la parole qui vont leur permettre de percevoir de mieux en mieux les indices (acoustiques, prosodiques, sociaux, phonotactiques ...) de leur langue et de s'y spécialiser. On estime que c'est à partir de 6 mois que les nourrissons commencent à s'orienter vers leur langue maternelle ; une période appelée « rétrécissement perceptif » (Kuhl & Rivera-Gaxiola, 2008). Cette orientation se marque par une préférence pour les sons de sa langue et la perte de la capacité à discriminer les sons des autres langues. Ce rétrécissement s'opère en deux temps : vers 6 mois pour les voyelles, puis vers 1 an pour les consonnes » (Kuhl & Rivera-Gaxiola, 2008). En parallèle, les enfants apprennent à reconnaître les règles phonotactiques et les unités lexicales. Une hypothèse courante est qu'ils se servent d'un apprentissage statistique pour

identifier les associations fréquentes et peu fréquentes de phonèmes et les probabilités de succession syllabique (Newport & Aslin, 2004 ; Werker, 2018). Ainsi, vers 10-12 mois, l'enfant a intégré ces indices en suffisance pour identifier correctement les frontières des mots (Jusczyk et al., 1999). Vers 12 mois, les enfants comprendraient environ 50 mots (Paul et al., 2018). Les capacités perceptives et de segmentation continuent à s'affiner et se spécialiser au cours des mois qui suivent : on estime qu'à 18 mois, les enfants possèdent suffisamment d'expérience pour à la fois apprendre de nouveaux mots et détecter des différences phonétiques. Les capacités de perception de la parole se perfectionnent de suite de plus en plus pendant l'enfance (Hazan & Barrett, 2000).

Premières productions et émergence du babillage

La production de la parole s'amorce dès les premières semaines de vie à travers des expériences de cris et de pleurs, des gestes moteurs qui exigent déjà une première coordination entre l'expulsion de l'air des poumons, la tension des cordes vocales et l'ouverture de la cavité buccale (MacLeod, 2019). Vers deux mois, les bébés commencent à produire des protophones ou vocalisations, des sons articulés de type vocalique (Paul et al. 2018). Ces premières productions vont ensuite être modulées et de plus en plus maîtrisées au cours des mois qui suivent, notamment grâce aux nombreuses stimulations perceptives que reçoit le bébé et qui influencent grandement sa production future (Redford, 2019).

Cette maturation perceptive et productive conjointe permet la survenue du babillage vers 7 mois. Ce premier babillage dit « canonique redupliqué » prend la forme de syllabes CV répétées. Les enfants favorisent généralement des voyelles centrales et des consonnes bilabiales, pharyngales, ou postérieures (MacLeod, 2019 ; McLeod & Crowe, 2018). Ces préférences reflètent un pattern universel : les consonnes occlusives et nasales (/t/, /d/, /p/, /b/, /n/, /m/) sont acquises les premières, toutes langues confondues (McLeod

& Crowe, 2018). On peut faire un parallèle avec le fait qu'il s'agit de régions riches en afférences, impliquant de nombreuses opportunités de feedback et d'enregistrement sensoriels (Kent, 2024), comme mentionné dans le point 1.3. Entre 7 et 10 mois, les enfants exercent leur maîtrise des sons du langage à travers le babillage en faisant progressivement varier les séquences CV. Vers 10 mois, les consonnes et voyelles ne sont plus redupliquées dans la séquence, mais variées (Paul et al. 2018), permettant au bébé d'élargir ainsi son potentiel articulatoire.

Certains théoriciens et chercheurs en parole ont émis l'hypothèse que les premières productions (dont le babillage) émergeraient directement des mouvements nécessaires à l'alimentation (Green et al., 2000 ; MacNeilage, 1998 ; MacNeilage & Davis, 2000). Comme nous l'avons abordé à travers dans le chapitre précédent, le complexe orofacial se comporte initialement comme une unité intégrée et se différencie progressivement. Les enfants apprennent peu à peu à stabiliser et contrôler leur mandibule dans des activités comme la succion et la mastication (Green, 200). Cette maîtrise progressive bénéficierait également à la parole : le contrôle graduel de la mâchoire et du système stomatognathique constituerait un « cadre » (frame) propice à la production du babillage puis des premiers mots, qui constituent le « contenu » (content). Il s'agit de la théorie du frame/content développée par MacNeilage (1998).

Des premiers mots à l'explosion lexicale : une trajectoire développementale en U

Le babillage constitue indéniablement un acteur important dans le développement de la parole : il représente une étape essentielle dans l'acquisition du contrôle moteur de la parole et participe à la survenue des premiers mots qui apparaissent autour de 12 mois (Paul et al. 2018). Il joue également un rôle central dans le développement de la boucle audiophonatoire, essentielle pour transformer les signaux sonores en

mouvements moteurs (Stoel-Gammon, 2011). Il relie progressivement les signaux acoustiques et mouvements articulatoires de ses productions, via les informations somatosensorielles (Redford, 2019). Le babillage, qui coexiste avec l'émergence des premiers mots, modèle les capacités motrices de l'enfant : l'enfant produit généralement de premiers mots qui partagent des caractéristiques articulatoires avec le babillage canonique redupliqué (Davis et al., 2002; Paul et al., 2018).

Paradoxalement, les productions émises lors du babillage varié sont ainsi plus complexes d'un point de vue articulatoire que les premiers mots. Cette « régression » s'explique par la nécessité de coordonner à la fois des représentations perceptuelles et motrices, de les associer à un référent pour ensuite créer un schéma moteur (Redford, 2019). À la suite de la production des premiers mots, babillage et production des mots coexistent généralement. À 18 mois, les enfants ont généralement acquis les 50 premiers mots qui constituent alors un premier lexique (Paul et al. 2018), généralement bien maîtrisé d'un point de vue articulatoire (Iuzzini-Seigel et al., 2015).

L'enfant connaîtra par la suite une phase d'explosion lexicale qui va exercer une pression considérable sur le système moteur de la parole, entraînant une période d'instabilité caractérisée par une augmentation temporaire des erreurs de parole. Cette phase d'ajustement pousse l'enfant à affiner sa production en intégrant progressivement les phonèmes de sa langue, grâce à une interaction constante entre maturation motrice, pression lexicale et capacités d'extraction des formes phonologiques (Sosa & Stoel-Gammon, 2006). La maîtrise de la précision des phonèmes connaît ainsi une trajectoire en forme de « U » (MacLeod, 2019) : les enfants démarrent avec une production assez précise des phonèmes dans les mots, l'explosion lexicale impose une maîtrise rapide d'un grand nombre de phonèmes dans des positions et des séquences très variées ce qui amène des erreurs, puis l'enfant regagne petit à petit en précision et devient de plus en plus précis dans sa production des phonèmes (Iuzzini-Seigel et al., 2015 ; MacLeod, 2019).

L'étude longitudinale de Iuzzini-Seigel et al. (2015) constitue une illustration empirique et élégante de cette courbe en U. Cette équipe a suivi 28 enfants de leurs 3 mois à leurs 5 ans en analysant la communication expressive (dont le nombre de mots produits), la verticalité des mouvements des lèvres (témoin du contrôle moteur de la parole), l'horizontalité des mouvements des lèvres (considérés comme non spécifiques à la parole) et l'âge. Leurs résultats confirment une progression non linéaire du contrôle moteur de la parole, avec des progressions et des régressions influencées par le développement lexical. Trois grandes phases ont été identifiées (voir Figure 5) : une phase prélinguistique et d'émergence de la parole (3-15 mois) caractérisée par l'exploration et la variabilité ; une phase d'évolution lexicale rapide (15-21 mois) durant laquelle la verticalité s'améliore entre 15 et 18 mois avant de décliner fortement entre 18 et 21 mois, témoignant de l'effet déstabilisant qu'impose la croissance rapide du vocabulaire ; une dernière phase de perfectionnement de la parole (>21 mois) caractérisée par un affinement progressif du contrôle moteur (la verticalité des lèvres) parallèlement à l'évolution des capacités expressives.

Cette dynamique souligne le rôle de catalyseur que joue l'expansion du vocabulaire dans le développement de la parole. En parallèle, les résultats montrent que les mouvements horizontaux ont tendance à diminuer avec l'âge, confirmant que les enfants limitent (ou éliminent) les mouvements oraux qui sont étrangers à la production de la parole et suggérant qu'une spécialisation des mouvements orofaciaux pour la parole s'opère.

Au-delà de ces phases complexes d'ajustement, l'objectif ultime du développement de la parole est d'être intelligible et compréhensible pour tous. On estime que la période 3-4 ans est celle où la parole se précise le plus, bien que le perfectionnement se poursuive bien au-delà de la période préscolaire (Redford, 2019). Les études de Soriano et al. (2023) et de Hustad et al. (2020 ; 2021) ont particulièrement investigué ce développement de

l'intelligibilité à travers deux mesures différentes : une mesure objective (pourcentage d'énoncés intelligibles pour Hustad et al., 2020 ; 2021) et une mesure subjective (le questionnaire Intelligibility in Context Scale pour Soriano et al., 2023). Les deux études rapportent une croissance constante de l'intelligibilité jusqu'à environ 6 ans, âge auquel un effet plafond semble atteint avec une progression encore possible, mais très faible au-delà de cet âge. À 4 ans, l'intelligibilité n'est pas encore à 100 % et possède une marge de progression (Hustad, 2020). À 5 ans et 6 ans, l'intelligibilité devient très proche de 100 % (Hustad, 2021). L'étude de Soriano (2023) montre que l'intelligibilité subjective serait généralement à son maximum (c'est-à-dire identique à celle d'un adulte) autour de 6 ans, bien que certains enfants nécessitent davantage de temps. L'étude cross-linguistique de McLeod et Crowe (2018) confirme cette tendance à travers l'évolution du PCC dans plus de 12 langues : le PCC évolue de façon stable au cours du temps avec une moyenne de 63,5 à 2 ans et 98,5 à 5 ans. Les figures 6 et 7 montrent les trajectoires de développement de l'intelligibilité selon Hustad et al. (2020 et 2021, respectivement).

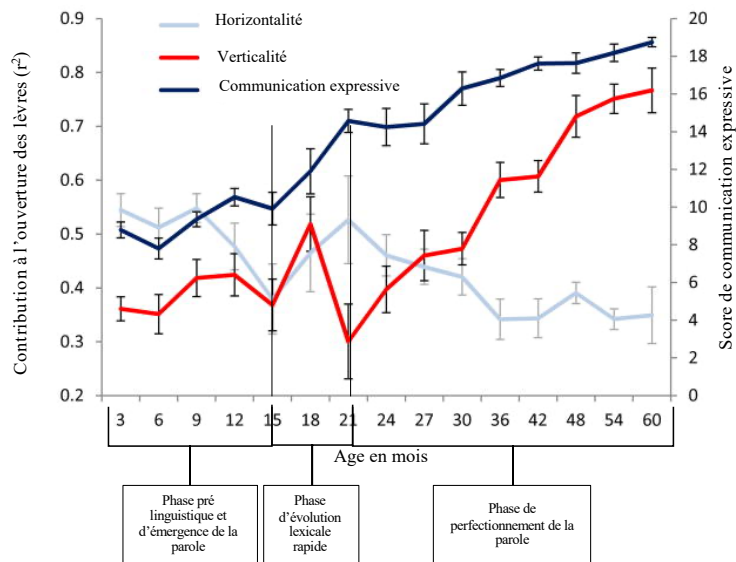


Figure 5 – Évolution de la verticalité (c.-à-d. contrôle moteur de la parole) et de l'horizontalité des lèvres en fonction de l'âge et des capacités de communication expressive (traduit et adapté de Iuzzini-Seigel et al., 2015, p.14).

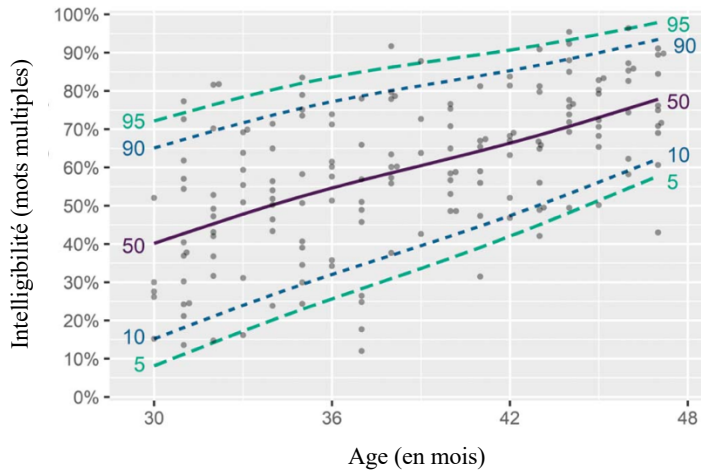


Figure 6 – Évolution de l’intelligibilité (mesurée par le pourcentage d’énoncés intelligibles) entre 30 et 48 mois (traduit de Hustad et al., 2020, p. 1682).

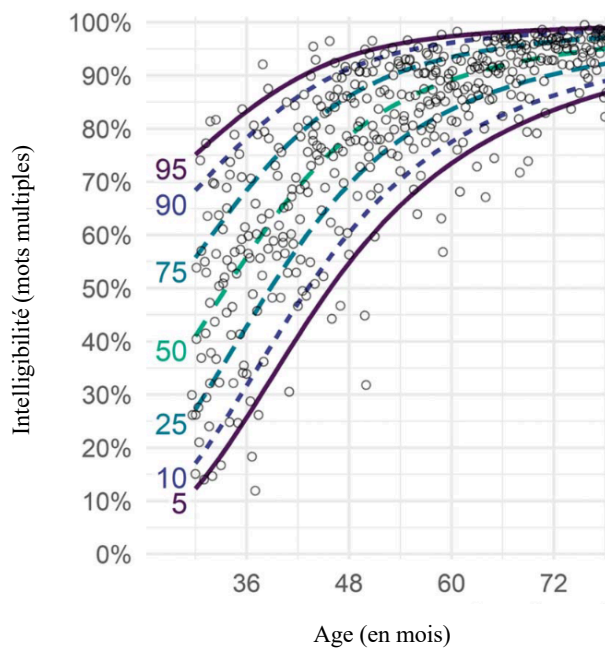


Figure 7 – Évolution de l’intelligibilité (mesurée par le pourcentage d’énoncés intelligibles) entre 30 et 72 mois (traduit et adapté de Hustad et al., 2021, p. 3712).

Variabilité développementale

Les équipes de Hustad (2020, 2021), Soriano (2023) et de Mahr et al. (2021, 2025) ont décrit les trajectoires développementales de la parole au travers de plusieurs études transversales. Un constat fort émerge de ces travaux : les trajectoires développementales de la parole sont caractérisées par une large variabilité au sein d'une même tranche d'âge. En ce qui concerne l'intelligibilité, cette variabilité serait plus forte dans les premières années (30-47 mois). Ces études observent que les différences se réduisent avec l'âge, mais elles ne sont jamais résolues complètement, laissant un éventail large de performances considérées comme « normales » jusqu'à l'entrée dans l'adolescence (Glaspey et al., 2022). Ces travaux documentent principalement la variabilité interindividuelle. La variabilité intra-individuelle est moins systématiquement étudiée, car elles demandent des études longitudinales. Néanmoins, il n'est pas impossible d'inférer au départ de ces études que les performances pourraient également être teintées de variabilité intra-individuelle, en fonction du contexte ou des épreuves.

L'étude transversale de Vick et al. (2012) fait une contribution intéressante à ces recherches en révélant trois profils développementaux distincts dans la production de la parole chez des enfants âgés de 3 à 5 ans : un premier groupe à haute stabilité de production et très bonnes performances en précision phonémique ; un deuxième groupe à haute variabilité de production, mais également de très bonnes performances en précision phonémique ; et un troisième groupe à faible précision phonémique avec une amplitude réduite des mouvements articulatoires. Ce résultat suggère que les multiples influences sur le développement de la parole (lexicales, acoustiques, motrices) engendrent une diversité de comportements se manifestant par des profils distincts de production phonétique, articulatoire et acoustique. Toutefois, une interprétation alternative propose que ces trois groupes ne représentent pas nécessairement des profils parallèles, mais potentiellement

des étapes séquentielles dans le développement de la parole. Chaque enfant pourrait passer successivement par ces profils au cours de son développement, avec des périodes de stabilité relative entrecoupées de phases d'instabilité. Cet ensemble de recherches transversales et la variété des trajectoires soulèvent la nécessité d'études longitudinales.

2.2.3. Données francophones

La majorité des études citées précédemment ont été conduites dans d'autres langues que le français, principalement en anglais. Or, des différences phonologiques importantes séparent le français de l'anglais, rendant impossible le transfert direct des données normatives entre ces deux langues (Brousseau-Lapr   et al., 2018). Ces différences concernent notamment le nombre et la nature des phonèmes, les patterns d'accentuation des mots ainsi que la fréquence syllabique. Cette incompatibilité structurelle souligne la nécessité cruciale de développer des trajectoires développementales spécifiques au français et de documenter l'acquisition de la parole dans cette langue de manière autonome.

Les recherches concernant le développement de la parole francophone ont été conduites pour les différentes variations du français, dont principalement le français de France, de Suisse et du Canada. Néanmoins, les études se vouant au développement de la parole en français demeurent peu nombreuses comparativement à l'anglais. Dans son recensement exhaustif, Warnier (2022) ne dénombre que 13 études avec la sienne entre 1987 et 2022 qui porte sur le développement de la parole chez les enfants francophones monolingues d'âge préscolaire. Depuis cet état des lieux, aucune étude supplémentaire n'a été publiée sur cette question. Parmi ces 13 études, seules trois ont été menées sur un échantillon belge et seulement deux (dont une sur un échantillon belge) présentent un design longitudinal. Le tableau 1 dresse un comparatif de l'évolution du PCC à l'âge préscolaire selon quatre études

probantes : deux conduites pour le français canadien, une pour le français de Suisse et une pour le français de Belgique (région liégeoise). Des différences de scores de PCC sont observées entre les quatre études, notamment pour l'échantillon belge. Celles-ci peuvent être mises en lien avec la difficulté et la complexité phonologique de la tâche proposée, qui influencent la performance, comme l'ont souligné Warnier et al. (2022). La synthèse de Brosseau-Lapré et al. (2018) offre une description relativement complète de l'acquisition du français canadien, s'appuyant sur les données transversales de MacLeod et al. (2011), Rvachew et al. (2013) et Brosseau-Lapré (2013). Nous en avons repris l'évolution de l'inventaire consonantique (voir Figure 7).

Dès lors, on constate actuellement un manque de données sur le développement de la parole francophone. Cette situation complique le développement de normes et trajectoires développementales pour la parole francophone. Elle contribue aussi à limiter la qualité des ressources disponibles en clinique. Nous aborderons plus longuement les conséquences du manque de données francophones au sein du chapitre 3 qui recouvre l'évaluation de la parole dans le contexte francophone.

<i>Auteurs Type d'étude Variante du français</i>	MacLeod et al. (2011) Transversale Canadien (Québec)	Sylvestre et al. (2020) Longitudinale Canadien (Québec)	Kehoe et Girardier (2020) Transversale Suisse (Genève)	Warnier (2022) & Cattini (2023) Longitudinale Belgique (Liège)	
<i>Âges évalués et nombre (n) de participants</i>	36-41 mois (25) 42-47 mois (28) 48-53 mois (27)	36 mois (99) 42 mois (99) 48 mois (99)	3-4 ans (7) 4-5 ans (8) 5-6 ans (16)	36 mois (38) 42 mois (28) 48 mois (40) 54 mois (39) 60 mois (39)	
<i>Outil d'évaluation</i>	Casse-tête d'évaluation de la phonologie (Auger, 1994)	ESPP (MacLeod et al., 2014)	EVALO2-6 (Coquet et al., 2009)	Eulalies version courte (Meloni et al., 2025a)	
<i>Age</i>	36	87.8 (7.7)	78.4 (13.4)	92.29 (5.59)	64,74 (15,77)
	42	89.9 (10.4)	84.3 (11.1)	-	74,82 (12,78)
	48	95.3 (4.9)	89.3 (8.7)	96.17 (2.67)	80,59 (9,08)
	54	-	-	-	84,91 (5,98)
	60	-	-	97.81 (1.56)	88,38 (5,14)

Tableau 1. Évolution du PCC entre 3 ans et 5 ans selon trois études francophones

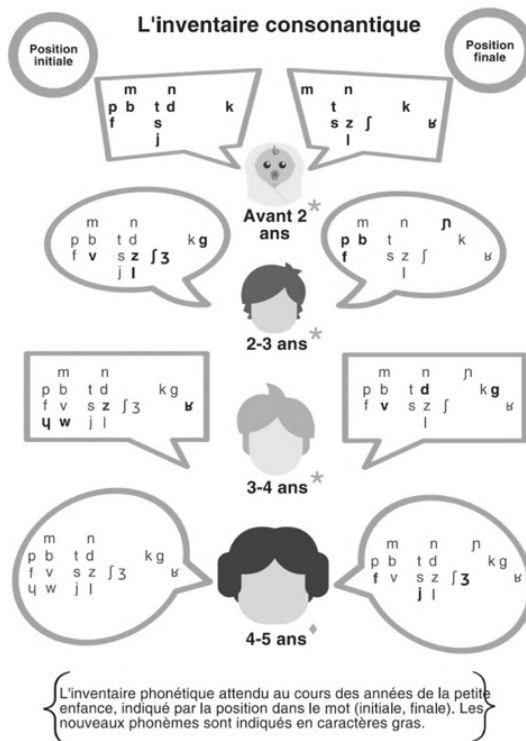


Figure 7. Acquisition consonantique du français (repris de Brosseau-Lapré et al., 2018, p17).

2.3. En synthèse

Ce chapitre a parcouru les spécificités phonologiques du français, en mettant l'accent sur les particularités du français de Belgique, région dans laquelle cette thèse s'inscrit. Le long parcours de l'acquisition de la parole a ensuite été retracé. Ce parcours a d'abord été décrit dans sa dimension universelle. Tous les enfants suivent une longue phase d'imprégnation grâce à leurs capacités perceptives, avant de commencer à babiller. Ce babillage permet d'exercer la maîtrise des articulateurs et crée des conditions favorables à la production des premiers mots. L'explosion lexicale exerce ensuite une pression considérable sur le système moteur de la parole, entraînant une période d'instabilité caractérisée par une augmentation temporaire des erreurs, suivie d'une adaptation rapide. La maîtrise de la précision phonémique suit ainsi une trajectoire en U : les enfants démarrent avec une production relativement précise des phonèmes dans les mots, traversent une période d'instabilité liée à l'explosion lexicale, puis regagnent progressivement en précision. Ce chapitre a également souligné la variabilité développementale dans l'acquisition de la parole, tout en montrant que les enfants au développement typique atteignent généralement un plafond vers 6 ans. Un état des lieux des recherches sur le développement typique de la parole en français a ensuite été proposé. Malgré un nombre encore limité d'études, un regain d'intérêt récent se manifeste, témoignant du besoin de développer davantage de données francophones.

3. Chapitre 3 : L'évaluation de la parole dans le contexte francophone

L'évaluation de la parole, comme toute évaluation en logopédie, a pour objectif de décrire le profil d'un patient avec ses compétences, ses faiblesses et ses déficits. En clinique, cette description suit généralement un processus assez systématique que nous couvrirons au cours de ce chapitre. Rappelons qu'en logopédie l'évaluation peut servir à quatre grands objectifs : le dépistage, le diagnostic, la compréhension du profil du patient et la mesure de l'intervention (Cattini et al., 2025). Ainsi, l'évaluation de la parole et les mesures observées varieront fortement en fonction du but de l'évaluation, de l'exhaustivité ou profondeur des analyses nécessaires, du profil du patient, de la forme de l'évaluation (normée, critériée ou descriptive ; statique ou dynamique) et du contexte de l'évaluation (en contexte ou décontextualisée).

Dans la première partie de ce chapitre, nous décrivons l'évaluation de la parole au travers d'un modèle psycholinguistique de perception et production de la parole : le modèle de Terband et coll. (2019). Celui-ci nous permettra d'introduire les différentes facettes de l'évaluation de la parole dans le contexte francophone. Dans la seconde partie de ce chapitre, nous nous attarderons sur un ensemble de mesures de production de la parole adaptées pour la recherche.

3.1. Un modèle psycholinguistique pour évaluer la parole

Le modèle de Terband et al. (2019) s'est développé au départ d'autres modèles de la parole : le modèle de Levelt (1999), le modèle de Van der Werwe (2009) et le modèle DIVA de Guenther (2004). Il s'agit d'une adaptation intégrée de ces trois modèles, qui a été réfléchiée selon une perspective clinique et développementale. L'un des points clés du modèle réside notamment dans l'interdépendance entre les différents processus et dans les mécanismes de feedback/autosurveillance. Ce modèle de

type « boîte-flèche » offre à la fois des perspectives pour expliquer le développement de la parole, comprendre les erreurs de la parole et détailler le profil des patients présentant un TSP.

En ce sens, le modèle de Terband (2019) présente un intérêt particulier pour les professionnels travaillant dans le domaine de l'enfance et des TSP. Il a d'ailleurs été de plus en plus adopté dans notre environnement francophone, tant en recherche qu'en clinique. Plusieurs travaux et formations l'ont analysé, adapté ou présenté comme un modèle de référence de la parole (voir Cattini et al., 2025a, 2025b ; Charon et al., 2022 ; Maillart & Piron, 2022 ; Martinez-Perez & Piron, 2024). Pour en offrir une présentation détaillée, nous nous baserons sur les travaux de Cattini et al. (2025a, 2025b) et le Rapid Mooc que nous avons développé à l'Université de Liège, à destination des étudiants en 3^e année de logopédie (Piron & Maillart, 2023). La Figure 8 en propose une traduction.

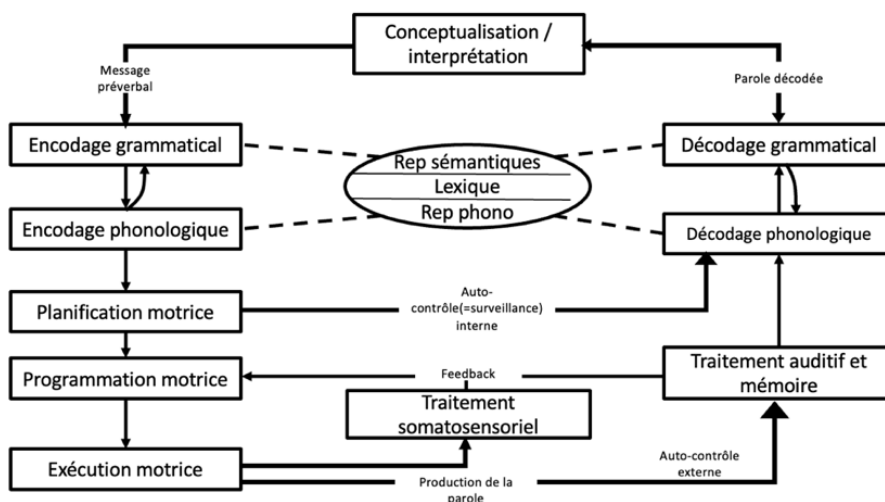


Figure 8. *Modèle psycholinguistique de la perception et de la production de la parole de Terband et al. (2019) ; traduit et adapté par Piron, L.*

La perception de la parole débute généralement par la détection d'un signal sonore, par exemple, la phrase « Le chien est beau ». Lorsqu'un individu entend quelqu'un parler, le signal sonore n'est pas encore décodé et est d'abord perçu via le système auditif périphérique : le message est traduit en une forme interprétable pour le cerveau. S'ensuivent alors un traitement perceptif central puis un passage en mémoire de travail. Le message est analysé via un décodage phonologique : les phonèmes sont identifiés, mais le message n'est pas pour autant décrypté. Ainsi, par rapport à notre exemple, chaque son du signal sonore perçu est reconnu et codé comme un phonème pour donner le message « le chien est beau », lequel n'est pas encore compris. L'accès au sens nécessite l'étape suivante. Lorsque tous les phonèmes ont été identifiés, ils sont assemblés en une séquence phonologique structurée. La séquence obtenue est comparée aux représentations lexico-phonologiques stockées en mémoire à long terme. Des formes phonologiques familières sont alors extraites, les phonèmes sont reconnus et la séquence passe de l'état de son à l'état de mot ou de phrase. Lorsqu'il s'agit d'une phrase, comme dans cet exemple, un décodage grammatical est également effectué pour analyser le signal sonore : les informations sur le genre, le temps, le nombre, les flexions, l'ordre des mots sont décodées. L'intégration des différentes informations décodées et des représentations activées permet d'accéder à l'étape finale de la perception, qui est la conceptualisation. Cette ultime étape permet de donner du sens à la séquence perçue.

Du côté de la production de la parole, le processus s'opère en sens inverse. Imaginons qu'un enfant veuille dire « le chien est beau ». La première étape consiste en la conceptualisation d'une intention communicative. La conceptualisation produit un message préverbal, lequel active les représentations sémantiques stockées en mémoire à long terme, qui activeront les unités de sens. Des processus linguistiques se mettent d'abord en place : après la récupération des unités de sens, les flexions nécessaires sont

effectuées, puis placées au bon endroit dans la phrase. Il s'agit de l'étape de l'encodage grammatical. Une fois cette étape accomplie, l'encodage phonologique peut débuter. Les représentations lexico-phonologiques s'activent et permettent de récupérer la forme des mots : les cibles sensorimotrices, c'est-à-dire les phonèmes et syllabes à produire, sont mobilisées. Lorsque l'ensemble des éléments sont activés, la planification peut s'effectuer : les mouvements articulatoires qui produiront les sons de la parole sont sélectionnés et séquencés, puis adaptés à l'environnement phonétique, c'est-à-dire à l'ensemble des phonèmes qui devront être produits dans cette phrase. Des plans moteurs sont ainsi créés. Ces plans moteurs sont ensuite implémentés dans des programmes moteurs envoyés aux muscles phonatoires et articulatoires. Enfin, l'influx nerveux que constitue un programme moteur est envoyé et exécuté : la phrase est produite.

Lors de la production de la parole, un système d'autosurveillance permet d'éviter les erreurs de parole et de les réparer. L'autosurveillance s'effectue via des mécanismes de feedback internes et externes. Le feedback interne se produit avant l'exécution du message et prend place à l'étape de la planification motrice afin d'éviter en amont que des mouvements planifiés par erreur ne soient exécutés. Le feedback interne agit donc comme un filtre. Le feedback externe se produit à l'étape de l'exécution motrice, donc pendant ou après la production de la parole : ce feedback externe repose à la fois sur des informations auditives et des informations somatosensorielles. La surveillance auditive est lente et se base sur la production orale (il s'agit de la boucle audiophonatoire). La surveillance somatosensorielle est plus rapide et se base sur des informations proprioceptives des articulateurs. Ensemble, ces deux catégories d'informations offrent un feedback exhaustif. Elles peuvent être utilisées pour l'adaptation continue de l'articulation et la correction des erreurs.

La force de ce modèle réside dans l'interdépendance : l'ensemble des composantes du système sont connectées et reliées. Cela est notamment l'effet des processus de feedback qui assurent une continuité et une perméabilité entre les différents processus. Ainsi, chez l'enfant qui développe encore ce système, l'atteinte d'un processus peut avoir des répercussions sur le développement des autres processus.

3.1.1. Évaluation de la perception

La perception de la parole est relativement peu évaluée et nous notons un manque important de tâches d'évaluation de la perception par rapport à la production de la parole (Cattini, 2025b ; Meloni, 2022). On retrouve cinq types de tâches pour l'évaluation de la perception : la discrimination phonologique de non-mots, la discrimination phonologique de mots, le jugement phonologique, la décision lexicale et l'appariement mot-image. Ces cinq tâches couvrent les différentes étapes de la perception de la parole du modèle de Terband et al. (2019). Le décodage phonologique est mieux évalué par des tâches de discrimination phonologique de non-mots, ces stimuli n'ayant pas de représentation lexico-phonologique engrammée en mémoire. Lors de ces tâches, les enfants activent le traitement auditif périphérique et central, la mémoire de travail, puis utilisent directement leurs capacités de décodage pour différencier les non-mots. Nous citerons comme exemple l'épreuve Lilloise de Discrimination Phonologique (Macchi et al., 2012).

Les quatre autres épreuves sont plus exhaustives : elles impliquent à la fois le décodage phonologique et les représentations lexico-phonologiques. La difficulté étant qu'il est impossible d'atteindre les représentations lexico-phonologiques de façon réceptive sans transiter par les processus perceptifs et le décodage. Toutefois, on concède aux épreuves de jugement phonologique, de décision lexicale et d'appariement mot-image le fait qu'elles permettent de bien apprécier les représentations lexico-

phonologiques (par la voie réceptive). Nous prendrons comme exemple la tâche de Jugement de Lexicalité d'Eulalies-A-FF (Meloni et al., 2025b) pour la décision lexicale et la tâche de Gnosies auditivo-verbales de l'EVALO-2-6 version petit (Coquet et al., 2009) pour l'appariement mot-image. La tâche de discrimination de mots possède une position plus ambivalente, puisque l'enfant peut transiter ou non par ses représentations lexico-phonologiques pour identifier si deux mots sont identiques ou non. Nous prendrons en exemple la tâche de Gnosies auditivo-verbales de l'EVALO-2-6 version grand (Coquet et al., 2009).

3.1.2. L'évaluation de la production de la parole

L'évaluation du volet productif de la parole dispose d'un éventail d'outils plus conséquent. L'étude récente de Cattini et al. (2025b) met en évidence l'existence de 28 outils, pour un total de 41 épreuves, permettant l'évaluation des processus de production de la parole. Ces épreuves se regroupent en six types distincts : la dénomination d'images, suivie de la répétition de non-mots, la répétition de mots, les séries diadococinésiques (DKK), la répétition de syllabes et les mouvements orofaciaux non verbaux (Nonspeech Orofacial Movements, NSOMs).

La dénomination d'images, par sa nature exhaustive, active l'ensemble des processus de production de la parole. Cette épreuve est très souvent choisie, car elle offre une vue globale des capacités de production de la parole (Yeh & Liu, 2021). Elle impose en effet de partir de la conceptualisation et d'activer tous les processus sous-jacents (Terband et al., 2019). Elle répond généralement à deux objectifs (1) comparer l'enfant par rapport à la norme attendue pour son âge (en cas de tâche standardisée), et (2) réaliser diverses analyses de parole pour décrire le profil du patient, comme par exemple les inventaires phonémiques, l'identification des PPS ou le calcul du PCC (Macrae, 2016 ; McLeod & Baker, 2014).

Néanmoins, selon la spécificité de la tâche, ses modalités de cotation et le détail des analyses proposées, il est possible d'atteindre un certain niveau de granularité dans l'observation. Par exemple, l'épreuve de dénomination d'images de l'Exalang 3-6 (Helloin & Thibault, 2006) est assez généraliste et permet une évaluation globale de la production de la parole. En revanche, la même épreuve de la batterie EVALO 2-6 (Coquet et al., 2009) offre les mêmes avantages, complétée d'une évaluation des erreurs de parole systématiques et non systématiques. Les épreuves de dénomination d'images varient également selon leur finalité et leur composition. Certaines épreuves comme le Dépistage Rapide de l'Articulation et de la Parole (DRAP, Kehoe et al., 2021) et le Speakaboo (van der Zijden-Holstvoogd & Blumenthal, 2017) sont rapides à administrer, contiennent un nombre volontairement réduit de mots et rencontrent un objectif de dépistage. D'autres épreuves comme EULALIES-A-FF (Meloni et al., 2025b) et le Test de Phonologie du Français Standard (Bérubé, 2013) comportent un nombre de mots plus important, permettant une évaluation plus exhaustive et variée des phonèmes et donc une description bien plus approfondie des profils cliniques. À ces variations s'ajoute la question des variantes du français et des caractéristiques de l'échantillon ayant servi à valider ou à normer l'épreuve. Certaines épreuves sont par exemple davantage calibrées pour l'évaluation du français canadien, comme l'Évaluation Sommaire de la Phonologie chez les enfants d'âge Préscolaire (ESPP, MacLeod et al., 2014) ou le Test de Phonologie du Français Canadien-Dépistage (Bérubé, 2013). Ces outils contiennent des mots peu fréquents dans le français européen (tel que « beigne ») et ont été normés à partir d'un échantillon canadien, ce qui les rend moins transférables pour le français européen. Enfin, la date de publication de l'épreuve constitue un facteur déterminant. Selon son ancienneté, une épreuve possède des normes plus ou moins bien calibrées et adaptées. Ainsi, parmi les 16 épreuves de dénomination d'images recensées dans l'article de Cattini et al. (2025b), une étendue de 24 ans est observée entre 1998 et 2025, avec une tendance centrale

marquée autour des années 2010. Dès lors, malgré une apparence qui peut laisser penser que nous disposons d'un grand nombre d'épreuves de dénomination d'images en français, les options se révèlent finalement limitées lorsqu'il s'agit de choisir une épreuve correspondant parfaitement à un objectif d'évaluation précis, avec des normes récentes et représentatives.

La répétition de non-mots et les séries DDK sont les épreuves les plus courantes après la dénomination d'images pour l'évaluation de la parole en production (Cattini et al, 2025b). Ces deux épreuves activent plus ou moins fortement les mêmes processus (Terband et al., 2019) : elles transitent premièrement par le versant réceptif en activant les processus de traitement auditif (périphérique et centraux), de mémoire de travail, puis le décodage. Les items à répéter se dirigent ensuite directement vers les processus de production, sans transiter par la conception ni l'activation des représentations lexico-phonologiques puisque les non-mots et les DDK ne font écho à aucun mot stocké en mémoire. Les processus de production s'activent ensuite les uns après les autres comme pour toute production de la parole.

Bien que la répétition de non-mots soit classiquement employée pour l'évaluation de la mémoire de travail, nous l'analyserons ici selon une perspective linguistique (Baddeley, 2000). Cette épreuve présente plusieurs avantages par rapport à d'autres évaluations de la production de la parole. Contrairement à la dénomination d'images, elle n'implique pas directement les connaissances linguistiques du participant (Archibald, 2008). Dans la perspective du modèle de Terband et al. (2019), cette indépendance vis-à-vis du vocabulaire acquis permettrait d'apprécier plus purement les mécanismes de décodage et d'encodage phonologique, sans l'interférence des connaissances lexicales ou sémantiques. Par ailleurs, la répétition de non-mots imiterait les processus d'apprentissage des nouveaux mots (Gathercole et al., 1994) et constituerait une tâche particulièrement appropriée pour évaluer les performances en parole et en langage dans une population

linguistiquement variée, comme en cas de multilinguisme (Ellis Weismer et al., 2000 ; Ortiz, 2021 ; Schwob et al., 2021). Néanmoins, d'après la méta-analyse de Schwob et al. (2021), il existe de grandes différences entre les tâches, leurs modalités de cotation et les influences des caractéristiques des enfants (dont notamment le contexte monolingue ou bilingue et la présence ou l'absence de trouble).

Les tâches de DDK impliquent la production de séquences consonne-voyelle isolées, généralement /pa/, /ta/ et /ka/, ou séquencées /pa.ta.ka/. Les DDK impliquent différents lieux d'articulation qui requièrent la participation conjointe des lèvres, de la mâchoire, de la langue et des cordes vocales (Diaz et al., 2022). Elles permettant en effet d'apprécier la capacité à exécuter volontairement, alternativement et rapidement des mouvements successifs et antagonistes des structures articulatoires (Williams & Stackhouse, 2000). Les DDK sont considérées comme corrélées à l'agilité articulatoire (Karlsson et al., 2020). Elles sont classiquement reconnues comme les tâches destinées à évaluer la planification et la programmation motrice ; de ce fait, elles sont largement utilisées pour l'évaluation et la caractérisation des troubles moteurs de la parole (Diaz et al., 2022). En effet, elles évaluent la constance de l'exécution motrice, à travers les variations et le contrôle de l'intensité (Wang et al., 2009). L'exécution motrice, quant à elle, est généralement évaluée à travers les tâches de répétition de syllabes, qui permettent d'apprécier le répertoire phonétique, et parfois à travers les tâches de NSOMs.

Concernant l'évaluation des représentations lexico-phonologiques, les paragraphes précédents ont montré à plusieurs reprises que celles-ci s'apprécient par les modalités réceptive et productive. Il est en effet impossible d'accéder à ces processus sans impliquer soit la production, soit la réception de la parole. Nous retiendrons tout particulièrement les épreuves de jugements phonologiques comme étant les plus utiles pour l'évaluation des représentations, car elles permettent d'examiner la précision des

représentations phonologiques stockées en mémoire de manière plus directe que les tâches de dénomination. Ces épreuves consistent à demander à l'enfant de détecter une erreur phonologique ou de juger la similarité entre deux productions. Nous citerons en exemple l'épreuve de Jugement phonologique de Martinez-Perez (Masson, 2017).

En revanche, l'évaluation clinique des processus de feedback externe, et en particulier du feedback somatosensoriel, demeure peu documentée et difficilement réalisable. Les processus de feedback sont cliniquement moins tangibles que d'autres processus tels que l'exécution motrice ou le décodage phonologique. Par conséquent, mesurer ces processus implique la mise en place de techniques rigoureuses et laborieuses, telles que la perturbation/masquage du processus de feedback et la mesure précise de la réponse à cette perturbation (Barbier, 2016 ; Terband et al., 2019). De telles manœuvres sont plutôt destinées à la recherche et ne semblent pas encore accessibles en clinique actuellement. Toutefois, l'évaluation somatosensorielle et motrice demeure un aspect important à couvrir au vu de l'implication de ces habiletés dans la production de la parole (De Letter et al., 2020 ; Kent, 2024 ; McAllister Buyn et al., 2016 ; Redford, 2019). Le prochain point propose une revue non exhaustive, mais rigoureuse des outils et méthodes disponibles pour l'évaluation des habiletés motrices et somatosensorielles orofaciales relativement applicables en clinique.

3.1.3. L'évaluation des habiletés motrices et somatosensorielles

Historiquement, les habiletés motrices orofaciales sont étudiées en logopédie dans deux contextes principaux : les troubles alimentaires pédiatriques et les TSP, notamment la dysarthrie et la dyspraxie verbale développementale (Childhood Apraxia of Speech, CAS). Ces habiletés sont généralement envisagées selon une dichotomie : d'une part, les habiletés motrices spécifiquement liées à la parole et, d'autre part, les habiletés motrices non verbales, c'est-à-dire non directement impliquées dans la

production de la parole. Kent (2015) a proposé une catégorisation des habiletés motrices non verbales en distinguant entre autres les NSOMs et la quasi-parole (quasi-speech). Les NSOMs sont souvent appelés « praxies » en français et comprennent des mouvements tels que gonfler les joues, tirer la langue ou projeter les lèvres. Kent (2015) les définit comme des « actes moteurs effectués par diverses parties de la musculature de la parole pour accomplir des mouvements spécifiques ou des objectifs posturaux qui ne sont pas suffisants en eux-mêmes pour avoir une identité phonétique » (p. 765). Ces mouvements peuvent être réalisés de façon isolée ou séquencée. La quasi-parole désigne quant à elle des comportements qui, sans être de la parole en soi, s'en rapprochent davantage comme les tâches de DDK (Kent, 2015 ; Lancheros et al., 2022).

L'évaluation des NSOMs peut faire partie des bilans logopédiques de la parole. Certaines batteries d'évaluation intègrent des tests de NSOMs, particulièrement pour déterminer si les structures et fonctions orales sont adéquates pour la parole (Van Haaften et al., 2024), bien que ce lien présumé reste débattu (Maas, 2017). Dans le contexte de l'évaluation de la parole, on retrouve notamment le test des praxies articulatoires de l'ISADYLE (Piérart et al., 2012), la grille audiovisuelle des praxies orofaciales (Piérart, 2024), ainsi que le subtest des praxies bucco-faciales et linguales de l'EVALO 2-6 (Coquet et al., 2009). En dehors du contexte spécifique de la parole, plusieurs outils ont été développés pour évaluer les habiletés motrices orofaciales. Le test informatisé de Motricité Bucco-Linguo-Faciale (MBLF) s'adresse aux enfants de 4 à 8 ans (Gatignol et al., 2013), tandis que le Non-speech Oral Movement Assessment Children (NOMAC) concerne les enfants de 2 à 8 ans (Van Haaften et al., 2024). L'Orofacial Myofunctional Evaluation with Scores (OMES, Felício & Ferreira, 2008) permet d'évaluer les NSOMs chez des enfants de 6 à 12 ans.

En ce qui concerne la somatosensibilité, rappelons qu'elle regroupe différentes natures de sensation : la mécanoréception, la thermoception et la proprioception. On distingue également plusieurs modalités de perception : tactile, thermique et chimique (Riantiningtyas et al., 2024). La distinction entre les différentes modalités et sensations n'est dans la réalité pas aussi évidente que dans la théorie. Diverses méthodes ont été mises au point pour évaluer chaque modalité individuelle (Riantiningtyas et al., 2024). Néanmoins, à l'heure actuelle, aucune méthode ne peut fournir une évaluation exhaustive de la « somatosensation » et nous ne pouvons qu'apprécier individuellement les modalités de celle-ci. En outre, on recense un manque de consensus et de standardisation pour l'évaluation de chaque modalité (Riantiningtyas et al., 2024). La modalité tactile peut par exemple être évaluée par plusieurs méthodes, mais à son tour chaque méthode évaluera une facette différente de la sensibilité tactile orale. L'évaluation de la somatosensation tactile (transmise par les mécanorécepteurs) est de loin la plus étudiée, notamment pour son rôle dans le feedback sur la position des structures orofaciales, précieux pour la parole et les fonctions orofaciales non verbales (Moyaedi et al., 2021). En outre, ses méthodes d'évaluation sont également transférables en clinique puisqu'elles ne nécessitent pas de laboratoire, sont abordables et peuvent s'utiliser auprès d'enfants.

Le Tableau 2 détaille les techniques d'évaluation de la somatosensation tactile les plus fréquemment utilisées et adaptées aux enfants d'après les revues de Liu et al. (2022) et Riantiningtyas et al. (2024). Toutefois, chacune des méthodes utilisées présente des limites. La méthode de sensibilité point-pression, par exemple, stimule une zone restreinte de la langue et utilise des monofilaments qui sont peu adaptés aux seuils de perception linguaux, pouvant induire un effet plancher (Zhou et al., 2021). Les méthodes d'acuité spatiale, quant à elles, impliquent des processus cognitifs complexes influencés par des facteurs culturels (Cattaneo et al.,

2020). Face à ces limites, des auteurs considèrent qu'il est préférable de multiplier les méthodes d'évaluation pour obtenir la représentation la plus complète possible de la somatosensation tactile (Cattaneo et al., 2020 ; Liu et al., 2022 ; Riantiningtyas et al., 2024 ; Zhou et al., 2021).


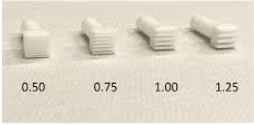


Méthode	But de l'épreuve	Sensation/habilité évaluée	Exemple
Discrimination de deux points	Déterminer si on touche la langue avec un ou deux points (dont les distances sont calibrées)	Acuité spatiale tactile	
Test d'orientation de grilles	Déterminer l'orientation des lignes, appliquées horizontalement ou verticalement sur la langue	Acuité spatiale tactile	
Test de reconnaissance de lettres / formes ou stéréognosie	Reconnaitre la forme ou la lettre mise en bouche	Sensation orale entière de la bouche	
Test de sensibilité point-pression	Détecter si le fil touche ou non la langue. La pression est calibrée et le grammage des fils varie.	Sensibilité à la pression tactile légère	

Tableau 2. Méthodes d'évaluation de la somatosensation tactile orale
Traduit et adapté de Liu et al. (2021) et Riantiningtyas et al. (2024)

Nous concluons en disant qu'il existe d'autres techniques d'évaluation, ciblant d'autres aspects de la somatosensation comme la proprioception. Une grande partie de ces méthodes sont uniquement applicables en laboratoire (voir la thèse de Barbier, 2016, p. 86-87, pour une revue plus approfondie).

3.2. Analyses de la production de la parole en recherche

Les évaluations de la production de la parole décrites ci-dessus embrassaient majoritairement une vision clinique et psycholinguistique. Nous souhaitons à présent faire un tour d’horizon des mesures d’évaluation de la parole fréquemment rencontrées dans un contexte de recherche en logopédie. Notons que la majorité des mesures expérimentales présentées sont applicables en clinique.

3.2.1. La dénomination d’images en recherche

En plus de sa grande utilité en clinique, la tâche de dénomination d’images est une épreuve classiquement utilisée en recherche pour l’évaluation de la parole (Glaspey et al., 2022). Cette tâche est particulièrement prisée pour sa facilité d’administration, son caractère exhaustif et les nombreuses possibilités d’analyses fines qu’elle offre (Yeh & Liu, 2021). Sa fréquence d’utilisation en recherche facilite également la comparabilité des méthodologies et des résultats entre études.

Pour obtenir des échantillons représentatifs, la liste de mots doit être soigneusement élaborée selon plusieurs critères. Premièrement, des critères phonétiques et phonologiques doivent être respectés : le test doit permettre l’évaluation de toutes les consonnes et voyelles dans différentes positions du mot, ainsi que des groupes consonantiques, avec une variété de longueurs syllabiques (Clausen & Fox-Boyer, 2022 ; Kirk & Vigeland, 2015). Deuxièmement, un critère de longueur s’ajoute : une liste d’une centaine de mots est généralement recommandée dans le but de satisfaire le premier critère (Eisenberg & Hitchcock, 2010 ; Wolk & Meisler, 1998). Troisièmement, des critères lexicaux doivent être pris en compte afin de minimiser le risque qu’un vocabulaire inconnu n’affecte les résultats de l’évaluation phonologique (Flipsen & Ogiela, 2015 ; James, 2001). Enfin, une analyse des erreurs vocaliques et consonantiques doit être possible, au-delà

du simple calcul de précision consonantique (Clausen & Fox-Boyer, 2022 ; Eisenberg & Hitchcock, 2010). Ainsi, la limite des tâches de dénomination est probablement la qualité de l'épreuve sélectionnée en soi, plus que la nature de la tâche en elle-même.

Toutefois, ces limites ont encouragé certains chercheurs à recommander l'ajout d'un échantillon de parole spontanée pour obtenir une évaluation représentative de la parole (Bauman-Waengler, 2015 ; Bernthal et al., 2013). L'étude de Yeh et Liu (2021) a spécifiquement comparé le pouvoir discriminant des analyses de parole issues d'un échantillon spontané par rapport à celui obtenu via une dénomination d'images. Les résultats montrent que, pour les mesures d'intelligibilité, de précision de la parole et pour l'inventaire phonémique, la tâche de dénomination est plus efficace que la parole spontanée pour identifier les enfants avec un TSP. La tâche de dénomination d'images est également très utile pour transcrire les productions d'un enfant inintelligible, puisque les cibles sont connues de l'évaluateur. Elle permet en outre de répondre aux besoins de rapidité et d'économie de temps, ce qui correspond fréquemment au cadre d'une recherche. De surcroît, l'une des limites principales de la parole spontanée est qu'elle entraîne une utilisation préférentielle des phonèmes présents dans l'inventaire phonémique de l'enfant et un évitement des phonèmes non maîtrisés (Yeh & Liu, 2021).

En résumé, les tâches de dénomination d'images présentent plusieurs atouts pour la recherche : elles sont simples et rapides à administrer, proposent une passation standardisée, des cibles connues qui facilitent tant la passation que la transcription et se révèlent particulièrement adaptées pour comparer les performances des enfants entre eux (Wolk & Meisler, 1998 ; Yeh & Liu, 2021). De plus, les échantillons de parole recueillis lors de tâches de dénomination d'images permettent des analyses/mesures de parole multiples et diversifiées.

3.2.2. Analyses des échantillons de parole

La transcription des échantillons de parole constitue une étape préliminaire essentielle pour la réalisation d'analyses de la parole. Elle se réalise à l'aide des symboles de l'alphabet phonétique international (API), qui offrent un ensemble standardisé de signes permettant de transcrire toutes les langues et de rendre compte, avec plus ou moins de détail, des productions de l'enfant. À partir d'un échantillon auditif (et éventuellement visuel) de la parole, un transcripteur écoute et reproduit, à l'aide des symboles API, ce que l'enfant produit réellement, et non ce qu'il « devrait » produire selon le système adulte (Stemberger & Bernhardt, 2020). La transcription peut être « broad » ou « narrow », selon le niveau de détail recherché (Stemberger & Bernhardt, 2020). La transcription « broad » correspond à une transcription relativement générale, centrée sur les catégories de phonèmes, sans noter systématiquement les détails phonétiques fins. Elle se fait sans diacritique et est souvent suffisante pour des objectifs de dépistage, de screening ou de jugements globaux de correspondance au mot cible. À l'inverse, la transcription « narrow » vise une description plus fine de la production de l'enfant, en ayant recours aux diacritiques de l'API. Ce niveau de détail est particulièrement pertinent lorsqu'il s'agit de comprendre précisément ce que l'enfant fait « à la place » de la cible adulte, ou de documenter des productions atypiques dans le cadre d'analyses phonologiques fines.

La transcription reste néanmoins une tâche fondamentalement subjective, teintée par l'expérience linguistique et auditive du transcripteur (Stemberger & Bernhardt, 2020). Chaque transcripteur est influencé par son ou ses systèmes phonologiques natifs, ce qui peut le conduire à ignorer certains contrastes ou à ne pas placer les frontières entre les phonèmes au même endroit qu'un autre transcripteur. Ces biais peuvent toucher aussi bien la distinction entre certains phonèmes que l'évaluation du caractère « correcte » d'une production par rapport à la cible adulte.

Pour cette raison, plusieurs règles de bonne conduite accompagnent la transcription afin d'en maximiser la fiabilité (Stemberger & Bernhardt, 2020). La qualité de l'enregistrement doit être la meilleure possible : environnement silencieux, microphone placé à une distance adéquate de la bouche, matériel limitant les bruits parasites et formats de fichier ne dégradant pas le signal. La transcription se réalise au casque, avec un casque de bonne qualité, dans un endroit calme, de manière à optimiser la perception de contrastes parfois subtils entre les sons. Il est recommandé d'évaluer la fidélité inter-juges, et lorsque cela est pertinent, la fidélité intra-juge, afin de s'assurer que la transcription proposée est la plus fidèle possible à la production réelle de l'enfant ; dans la littérature, un accord inter-juges de minimum 85 % est généralement attendu (Seifert et al., 2020)

Au départ de la transcription valide et fidèle d'un échantillon de parole, un grand panel d'analyses de la parole est possible. La plupart des mesures de production de la parole couramment employées dans la recherche sont empreintes de l'approche traditionnelle linéaire et phonologique linéaire. Toute comme pour la transcription, la plupart des mesures prennent la production adulte comme référence perceptive et l'unité de base permettant les analyses phonologiques est généralement le phonème.

Le PCC est incontestablement la mesure de parole la plus universelle et la plus fréquemment employée (McLeod & Crowe, 2018). Cette mesure est considérée comme une mesure de précision de la parole (Lagerberg et al., 2014 ; Shriberg et al., 1997). Pour rappel, le PCC se calcule en divisant le nombre de consonnes correctes par le nombre total de consonnes (correctes + incorrectes), le total étant ensuite multiplié par 100 (Bauman-Waengler, 2013 ; Shriberg et al., 1997). On distingue trois variantes du PCC selon les objectifs d'analyse : le PCC, le PCC-A (Adjusted) et le PCC-R (Revised). Tous partagent la même formule de base (nombre de consonnes correctes / total de consonnes cibles \times 100), mais diffèrent dans le traitement des erreurs.

Le PCC compte comme incorrectes toutes les erreurs. Le PCC-A considère comme correctes les distorsions « cliniquement courantes ». Notons néanmoins que cette mesure a été développée initialement pour la langue anglaise, qui dispose de repères établis sur les distorsions courantes ou atypiques, ce qui n'est pas nécessairement le cas pour le français. Le PCC-R considère comme correctes toutes les distorsions (communes et non communes), tant que la consonne reste identifiable d'un point de vue phonémique, ne retenant que les suppressions et substitutions comme vraies erreurs. Par exemple, pour 20 % de distorsions (10 % communes, 10 % non communes), PCC = 80 %, PCC-A = 90 %, PCC-R = 100 %. Le PCC est assez universel et convient à tous les profils. Le PCC-A & R permettent d'évaluer des profils plus hétérogènes (Shriberg et al., 1997). Les seuils d'intelligibilité établis par Shriberg et Kwiatkowski (1982) qualifient l'intelligibilité de bonne lorsque le PCC dépasse 85 %, de moyenne entre 65 % et 85 %, de modérée entre 50 % et 64 %, et de sévère en deçà de 50 %. Toutefois, l'étude récente de Warnier et al. (2022) a démontré que ces normes universelles seraient en réalité fortement influencées par la tâche employée et l'âge de l'enfant. D'autres indices similaires existent, notamment le Pourcentage de Phonèmes Corrects (PPC) et le Pourcentage de Voyelles Correctes (PVC).

La mesure Whole Word Proximity (WWP) développée par Ingram (2002) permet de déterminer dans quelle mesure la production s'approche de la cible attendue. Cette mesure tient compte de la complexité de la forme cible en intégrant simultanément la longueur moyenne phonologique des énoncés (Phonological Mean Length of Utterance, PMLU) et la précision des consonnes produites par l'enfant comparativement à la cible adulte. Concrètement, le calcul attribue un point pour chaque phonème produit par l'enfant et un point supplémentaire pour chaque consonne correcte. La production est ensuite comparée à la cible adulte pour obtenir un pourcentage. Concrètement, le WWP est le (PMLU de la production de l'enfant / PMLU de la forme cible adulte) \times 100.

Le répertoire consonantique constitue une autre mesure fréquemment documentée dans les études portant sur des échantillons de parole typique. Cette analyse consiste à répertorier chaque consonne produite par l'enfant. Sur un échantillon suffisamment large, il devient alors possible de déterminer l'âge d'acquisition des consonnes. Toutefois, il demeure nécessaire de définir à quel moment il est acceptable de considérer qu'une consonne est en voie d'acquisition, acquise ou maîtrisée. Amayreh et Dyson (1998) ainsi que MacLeod et al. (2011) ont adopté les seuils suivants dans leurs travaux :

- production habituelle : > 50 % des enfants produisent la consonne cible
- acquisition : > 75 % des enfants produisent la consonne cible
- maîtrise : > 90 % des enfants produisent la consonne cible.

Ces seuils, rapportés dans ces études, ont par la suite été adoptés en clinique dans le contexte francophone ainsi que dans certaines recherches (voir par exemple McLeod & Crowe, 2018).

Enfin, on retrouve dans certaines études, notamment les études auprès d'enfants avec un TSP, un intérêt pour les erreurs de parole. Ces analyses peuvent concerner spécifiquement les erreurs dites développementales, telles que les PPS, ou des erreurs plus précises ou atypiques qui ne sont pas répertoriées comme des PPS. Concernant l'analyse des erreurs, plusieurs approches descriptives sont envisageables : la simple description des erreurs présentes dans l'échantillon, l'utilisation de certaines erreurs comme variables d'intérêt, ou encore l'observation de la fréquence d'apparition de certaines erreurs, appelée le pourcentage d'occurrence (Percentage of Occurrence, POC) des erreurs. Le POC se calcule ainsi: pour chaque enfant et chaque processus phonologique d'erreur cible, le nombre d'occurrences réelles est comptabilisé puis divisé par le nombre total d'occurrences potentielles dans la liste de mots (Franklin & McDaniel, 2016 ; Olswang et al., 1987). Le POC constitue également une mesure pouvant participer à la description d'un échantillon typique, permettant ainsi de documenter la survenue « normale » des erreurs développementales de type PPS.

L'un des atouts majeurs de l'analyse phonologique réside dans la multiplicité des mesures que l'on peut extraire d'un échantillon unique suite à sa transcription. L'ensemble des mesures précédemment décrites peuvent ainsi s'obtenir à partir d'un seul échantillon de parole, tel qu'une tâche de dénomination d'images. L'étude de Diepeveen et al. (2022) a bien illustré ce principe de multiplicité : 28 mesures et analyses phonologiques distinctes ont été extraites à partir de seulement 5 tâches d'évaluation courantes (dénomination d'images, répétition de non-mots, stabilité de production des mots et de non-mots, et DDK). Ce point s'avère particulièrement pertinent pour le contexte francophone où, à l'instar du néerlandais, l'éventail d'outils d'évaluation standardisés disponibles pour les enfants d'âge préscolaire demeure plus restreint que dans des langues telles que l'anglais, l'espagnol ou l'allemand (Brosseau-Lapré et al., 2018 ; Kehoe et al., 2021).

3.2.3. Mesurer l'intelligibilité de la parole

Au-delà d'une vision psycholinguistique et processus-dépendante de la parole, rappelons que l'objectif premier de celle-ci est d'assurer un objectif communicationnel. Ainsi, si les évaluations décrites ci-dessus permettent des observations très spécifiques et précises des différents processus de production de la parole, d'autres mesures et analyses vont davantage rencontrer un objectif d'évaluation de la communication fonctionnelle. Ce seront l'ensemble des mesures qui assureront l'évaluation de l'intelligibilité et/ou de la compréhensibilité de la parole, lesquelles sont souvent des reflets de l'impact fonctionnel des TSP. L'intelligibilité fait souvent référence à « *la compréhensibilité de la parole d'une personne par une autre* » et est considérée comme un indicateur fonctionnel de la compétence en communication orale (Hodge & Whitehill, 2010, p.99). Cependant, aucune définition universelle n'a été adoptée concernant l'intelligibilité et ce concept est utilisé de manière interchangeable avec la « compréhensibilité » (Pommée et al., 2022).

La récente étude Delphi de Pommée et coll. (2022) a abordé cette question, apportant de nouveaux éclairages sur leur distinction et définition : l'intelligibilité ferait référence à la reconstruction acoustico-phonétique de la parole, reposant sur les capacités de production du locuteur et les capacités de décodage de l'auditeur (Pommée et al., 2022). Elle est mieux évaluée avec des stimuli à faible prévisibilité (par exemple, phonèmes, syllabes, pseudo-mots) afin de minimiser la compensation cognitive. En revanche, la compréhensibilité impliquerait la reconstruction du message au niveau sémantico-discursif, en intégrant des éléments contextuels. Bien que l'intelligibilité affecte la compréhensibilité, cette dernière n'en dépend pas entièrement (Pommée et al., 2022).

En outre, l'intelligibilité² de la parole est un facteur crucial influençant la participation sociale et communicationnelle dans divers contextes (McCormack et al., 2019 ; Van Doornik et al., 2018). Compte tenu de son rôle central dans la communication fonctionnelle, l'intelligibilité constitue une pierre angulaire de l'évaluation de la parole (Diepeveen et al., 2020 ; Farquharson & Tambyraja, 2019). Les mesures d'intelligibilité varient de par leur nature, leur méthodologie et leur population cible. Les évaluations directes, aussi appelées « signaux-dépendantes » se concentrent spécifiquement sur la parole, en analysant soit la production de mots isolés, soit des échantillons de parole continue. Ces mesures isolent l'intelligibilité basée uniquement sur le signal acoustique (sans contexte syntaxique, sémantique ou non-verbal), pour identifier les problèmes articulatoires/phonétiques précis. On retrouve par exemple les tests de reconnaissance de mots ou encore les échelles de notation (Miller, 2013). À titre informatif, le PCC est corrélé à l'intelligibilité (Lagerberg et al., 2014). Pour ces raisons, on le considère parfois à tort comme mesure directe de l'intelligibilité. Contrairement aux mesures directes, les mesures indirectes

² Note terminologique : nous avons souhaité mettre en évidence les nuances entre « intelligibilité » et « compréhensibilité. » Toutefois, pour maintenir la cohérence avec des travaux similaires au nôtre, nous utiliserons le terme « intelligibilité » tout au long de cette thèse.

ou « signaux-indépendantes » intègrent le contexte global (syntaxe, sémantique, gestes, familiarité), reflétant l'intelligibilité fonctionnelle quotidienne (Miller, 2013). Elles se basent souvent sur la perception des partenaires communicationnels (Bowen, 2015). L'un des outils les plus répandus pour évaluer ces aspects est sans nul doute l'« Intelligibility in Context Scale » (ICS, McLeod, 2020 ; McLeod et al., 2012a).

Si l'on se réfère au processus Delphi de Pommée et al. (2022), les évaluations directes de l'intelligibilité correspondraient à l'« intelligibilité » et les évaluations indirectes de l'intelligibilité renverraient à la « compréhensibilité », telles que définies dans leur travail. Il est recommandé de recueillir à la fois des mesures directes et indirectes de l'intelligibilité, afin d'approcher au mieux l'intelligibilité réelle des enfants et de contribuer activement à l'évaluation clinique (Lousada et al., 2014 ; Miller, 2013).

3.3. Les défis de l'évaluation de la parole en contexte francophone

Tout au long de cette partie, nous avons mentionné que l'évaluation de la parole chez les enfants francophones d'âge préscolaire se heurte à des obstacles qui entravent tant la recherche fondamentale que la pratique clinique. Ces difficultés trouvent principalement leur source dans le nombre limité de données développementales francophones et dans la disponibilité restreinte d'outils d'évaluation standardisés adaptés au contexte francophone.

Ainsi, l'un des défis majeurs concerne le manque manifeste de données sur le développement typique et atypique de la parole francophone (Brosseau-Lapré et al., 2018 ; Warnier, 2022). Cette lacune a des répercussions considérables tant en recherche qu'en clinique. Dans le domaine de la recherche, elle contraint les chercheurs à adopter comme référence les données normatives et développementales issues de travaux

anglophones ou à travailler avec peu de précédents. En pratique clinique, les logopèdes sont soit démunis de repères développementaux ; soit réduits à comparer les performances des enfants francophones aux normes établies pour l'anglais. Cette situation s'avère problématique puisque la phonologie de ces deux langues présente des différences fondamentales (Brosseau-Lapré et al., 2018).

Par ailleurs, rappelons que parmi les 13 études consacrées au développement de la parole chez l'enfant francophone monolingue d'âge préscolaire, seules deux adoptent un design longitudinal (Warnier, 2022). De surcroît, ces rares études longitudinales se sont principalement concentrées sur le développement typique. Bien que ces travaux fournissent des informations précieuses permettant d'établir les repères à partir desquels un enfant s'écarte de la trajectoire développementale attendue, l'absence d'études portant sur les profils avec troubles limite notre compréhension des trajectoires développementales atypiques. Sans ces données, il demeure difficile de déterminer pourquoi et comment certains enfants décrochent de la trajectoire typique ni de prédire les trajectoires qu'ils sont susceptibles d'emprunter.

Comme nous l'avons mentionné, l'éventail d'outils standardisés disponibles pour l'évaluation de la parole chez les enfants d'âge préscolaire demeure également plus restreint en français que dans d'autres langues (Brosseau-Lapré et al., 2018 ; Kehoe et al., 2021). Néanmoins, un intérêt croissant s'est récemment manifesté pour augmenter le nombre de données développementales (voir par exemple les thèses de Meloni, 2022 et Warnier, 2022) et le nombre d'outils d'évaluation de la parole. Dans le contexte du français canadien, plusieurs tests en libre accès dédiés au dépistage des TSP ont été développés autour de 2015, notamment l'ESPP (MacLeod et al., 2014 ; Bérubé & MacLeod, 2022) et le Test de Phonologie du Français Canadien-Dépistage (Bérubé et al., 2013). Du côté du français européen, de nouveaux

outils ont également vu le jour, tels que le DRAP (Kehoe et al., 2021), ainsi que le projet Eulalies (Meloni et al., 2025b). Ces récents développements représentent des avancées encourageantes qui répondent partiellement aux besoins actuels en matière d'évaluation de la parole francophone. Toutefois, il demeure essentiel de poursuivre les efforts dans cette direction afin de développer davantage d'outils diagnostiques valides et d'enrichir la base de données spécifique au développement typique et atypique de la parole francophone. Ces objectifs interdépendants contribueront in fine à accroître la qualité et la précision de l'évaluation des troubles affectant l'intelligibilité/la production de la parole chez les enfants francophones.

3.4. En synthèse

Ce chapitre a dressé un tableau de l'évaluation de la parole adaptée à la clinique et à la recherche. Les différents tests existants ont d'abord été positionnés au regard d'un modèle psycholinguistique de la parole récent et qui est adapté à la fois au développement et aux TSP. Ce chapitre offre ainsi un moyen d'évaluer chaque composante de ce modèle de plus en plus utilisé. Une proposition d'évaluation des compétences participant à l'intégration sensorimotrice de la parole a ensuite été présentée. Une place importante a été accordée à l'épreuve de dénomination d'images, qui demeure incontournable dans l'évaluation de la production de parole, tant en recherche qu'en clinique.

Les moyens d'évaluation et de mesure de la parole adaptés à la recherche ont également été présentés. Ce chapitre a donné à la transcription une place importante, formant la pierre angulaire des analyses possibles. L'un des atouts majeurs de l'analyse phonologique réside en effet dans la multiplicité des mesures extractibles d'un échantillon transcrit. Les principales mesures de la parole utiles en recherche ont ensuite été détaillées, parmi lesquelles le PCC se distingue particulièrement.

Enfin, les défis actuels de l'évaluation de la parole dans le domaine francophone ont été mis en évidence. Celui-ci présente un éventail de données normatives et d'outils cliniques plus restreint que d'autres langues. Les efforts récents pour pallier cette situation ont toutefois été soulignés, efforts auxquels cette thèse se joint.

4. Chapitre 4 : Les Troubles des Sons de la Parole

Comme nous l'avons abordé dans le chapitre 2, les trajectoires développementales de la parole sont caractérisées par une large variabilité au sein d'une même tranche d'âge (Hustad et al., 2020, 2021 ; Mahr et al., 2021, 2025 ; Soriano et al., 2023 ; Vick, 2012). Si une partie de cette variabilité s'inscrit dans la variance normale inhérente au développement typique, une autre partie s'éloigne de cette trajectoire attendue et dépasse les limites de la variance considérée comme « typique ». Pour le dire autrement, tous les enfants ne suivent pas un développement typique. Ceux qui s'écartent de cette trajectoire sont alors à risque de présenter des TSP.

Ce chapitre se destine à une description synthétique, mais exhaustive des TSP. Nous aborderons les questions de caractéristiques cliniques et d'évaluation. Notre thèse ne portant nullement sur l'intervention des TSP, nous n'aborderons pas ce point au cours de notre introduction théorique. Nous référons les lecteurs vers les excellents livres de Bowen (2015), Williams et coll. (2020) et de McLeod & Baker (2016) pour ces aspects.

4.1. Caractéristiques cliniques et épidémiologie

Les enfants avec des TSP peuvent présenter toute combinaison de difficultés de perception, d'articulation/production motrice et/ou de représentations phonologiques, au niveau des phonèmes (consonnes et voyelles), des informations phonotactiques (formes des mots et structures syllabiques) et/ou de la prosodie (tons lexicaux et grammaticaux, rythmes, accent et intonation). Ces difficultés peuvent avoir un impact sur l'intelligibilité et l'acceptabilité de la parole (International Expert Panel on Multilingual Children's Speech, 2012, p.1³). Cette définition très large laisse entrevoir la diversité des profils d'enfants présentant des TSP. Ces derniers forment en effet un groupe hétérogène en termes de symptômes, de sévérité,

³ Définition traduite et adaptée par Maillart et Piron, 2022

de causes sous-jacentes, de types d'erreurs de parole, de capacités associées, de réponse à l'intervention et d'impacts fonctionnels potentiels (Farquharson & Tambyraja, 2019 ; McCormack et al., 2010 ; Waring & Knight, 2013). Dans ce cadre, le terme « TSP » est utilisé comme un terme parapluie pour désigner l'ensemble des troubles/difficultés pédiatriques de la parole.

Ce terme a été choisi face à la grande diversité des dénominations existantes dans la littérature (Meloni, 2022). En français, comme dans d'autres langues, on observe en effet une co-existence de termes génériques ou « parapluies » (tels que Troubles des Sons de Parole [TSP], Troubles du Développement des Sons de Parole [TDSP] ou retard de parole) et de termes plus spécifiques, mais très communs, décrivant des profils cliniques particuliers (par exemple trouble phonologique ou trouble de l'articulation). Dans le présent travail, nous avons choisi de nous situer au niveau général, en adoptant le terme « Troubles des Sons de Parole (TSP) ». Ce choix permet premièrement de nous inscrire dans les standards internationaux, où le terme Speech Sound Disorders (SSD) est majoritairement utilisé (ASHA, n.d-a. ; Bowen, 2015 ; RCSLT, 2024). Ensuite, adopter un terme fédérateur regroupant l'hétérogénéité des TSP permet d'aborder les caractéristiques communes à ces troubles et de leur attribuer une catégorie diagnostique définie, commune et unique. Notre décision et point de vue s'inscrivent dans la démarche du processus Catalise (Bishop et al., 2017), qui a regroupé les différents sous-types de difficultés langagières (formant également un groupe hétérogène) sous le terme parapluie « Trouble Développementale du Langage (TDL) ». Ce point de vue fédérateur est également défendu par d'autres auteurs (voir par exemple Diepeveen et al., 2020 ; Stringer et al., 2023 ; Waring & Knight, 2013) et majoritairement adopté dans la littérature, bien que cela ne se transfère pas nécessairement dans la pratique clinique (Diepeveen et al., 2020).

Les TSP comptent parmi les troubles de la communication les plus fréquents en logopédie pédiatrique (ASHA, 2022 ; Eadie et al., 2015 ; Mullen & Schooling, 2010). Toutefois, leur prévalence chez les enfants d'âge préscolaire varie considérablement en fonction des définitions et des critères diagnostiques retenus, ainsi que de la manière dont l'hétérogénéité des TSP est appréhendée. En particulier, le choix de regrouper ou non ces troubles sous un terme générique, ainsi que le système de classification adopté pour leurs sous-types influencent directement l'estimation du nombre de cas recensés. Par conséquent, la prévalence des TSP chez les enfants d'âge préscolaire varie entre 3 % et 15,6 % selon les études (Eadie et al., 2015 ; McLeod & Harrison, 2009). Bien qu'un chiffre définitif n'a pas encore été arrêté, plusieurs chercheurs s'accordent à dire que les TSP concernent 8 à 9 % des enfants d'âge préscolaires et 2 à 3 % des enfants d'âge scolaire (Harding et al., 2024).

Les origines des TSP sont multiples et font l'objet de recherches depuis de nombreuses années. On distingue généralement les TSP d'origine idiopathique, c'est-à-dire d'origine inconnue, de ceux dont l'origine est connue (ASHA, n.d-a ; Shriberg et al., 2019). Il semblerait que les TSP d'origine idiopathique soient majoritaires (Shriberg et al., 2019), bien que, pour des raisons similaires à celles évoquées concernant les estimations de prévalence, la répartition exacte entre ces deux catégories demeure incertaine. Les TSP d'origine idiopathique, également désignés comme TSP « fonctionnels » (ASHA, n.d-a ; Dodd, 2014), regroupent l'ensemble des troubles pour lesquels aucune cause spécifique n'a pu être identifiée. À l'inverse, les TSP d'origine connue, parfois qualifiés de TSP « organiques » (ASHA, n.d-a), sont associés à une condition identifiable. Des exemples de conditions incluent la présence d'un déficit neurologique ou neuromoteur, tel qu'une dysarthrie dans le cadre d'une infirmité motrice cérébrale, d'un déficit sensoriel comme une surdité, d'un syndrome génétique, ou encore d'une cause anatomique, telle qu'une fente palatine ou labio-palatine. Dans une

perspective proche de celle proposée par le processus CATALISE pour les TDL (Bishop et al., 2017), ces TSP d'origine connue pourraient également être décrits comme des TSP « associés à X ». Une autre manière de rendre compte de cette distinction entre origine connue et inconnue consiste à différencier les TSP primaires et les TSP secondaires : les premiers correspondent à des TSP sans étiologie identifiée, tandis que les seconds résultent d'une condition sous-jacente clairement établie.

Angela Morgan et ses équipes se sont davantage consacrées à l'étude génétique des TSP. Ils se sont principalement focalisés sur la dyspraxie verbale et les TSP d'origine idiopathique. Après 2 décennies de recherche, un récent article fait la synthèse de leurs travaux (Morgan et al., 2024) : environ un tiers des enfants présentant un TSP de type dyspraxie verbale ont une variante génétique pathogène identifiée, avec plus d'une trentaine de gènes en cause (p. ex. FOXP2, SETBP1, KAT6A, SHANK3). Ces gènes jouent le rôle de « commutateurs » qui activent ou désactivent d'autres gènes dans le cerveau à des moments clés du développement de la parole. Ces résultats restent toutefois beaucoup moins avancés pour les formes plus communes et généralement plus légères de TSP idiopathiques, qui semblent relever d'une architecture complexe et polygénique plutôt que de tableaux monogéniques.

Bien que l'origine des TSP idiopathiques demeure floue, plusieurs facteurs de risque et prédicteurs ont été identifiés dans la littérature. Le fait d'être un garçon constitue le facteur le plus fréquemment rapporté (Duarte-Silva et al., 2013 ; Eadie et al., 2015 ; Kumar et al., 2022 ; Wren et al., 2016). D'autres facteurs de risque ont également été documentés, notamment un niveau socio-économique bas, des antécédents familiaux de troubles de la parole et/ou du langage (Eadie et al., 2015 ; Fox et al., 2002 ; Kumar et al., 2022), ainsi que des inquiétudes parentales précoces concernant les compétences motrices ou les sons de la parole à 24 mois, ou encore un score lexical maternel plus faible (Eadie et al., 2015).

Par ailleurs, des facteurs médicaux et développementaux ont été associés aux TSP, tels que l'otite moyenne persistante ou les infections de l'oreille moyenne (Fox et al., 2002 ; Kumar et al., 2022 ; Wren et al., 2016), ainsi que potentiellement la présence d'habitudes orales délétères prolongées, comme la succion non nutritive du pouce ou de la tétine (Duarte-Silva et al., 2013 ; Fox et al., 2011 ; Kumar et al., 2022). Concernant la succion non nutritive, la revue systématique de Burr et al. (2021) indique qu'un impact potentiel sur le développement de la parole est envisagé dans certaines études, tout en mettant en évidence l'hétérogénéité des résultats et le manque de preuves suffisantes pour établir une association causale robuste. À ces éléments s'ajoutent enfin des facteurs prénataux et périnataux, tels que des complications pendant la grossesse, la prématurité ou des hospitalisations prolongées (Duarte-Silva et al., 2013 ; Fox et al., 2002 ; Kumar et al., 2022).

Concernant plus spécifiquement les TSP persistant à l'âge de 8 ans, Wren et al. (2016) ont identifié plusieurs prédicteurs précoces et tardifs. Les prédicteurs précoces incluent une faible succion à 4 semaines, une combinaison limitée de mots à 24 mois, des difficultés morphosyntaxiques à 38 mois, ainsi qu'être peu intelligible pour des personnes peu familières à ce même âge. Les prédicteurs tardifs, identifiés à l'âge scolaire, comprenaient des difficultés de prononciation ou d'audition rapportées par la mère à 7 ans, la pose de drains trans-tympaniques avant l'âge de 8 ans et la suspicion de problèmes de coordination.

Il convient toutefois de souligner qu'il est évidemment difficile d'identifier une explication unique aux TSP idiopathiques (Dodd, 2014 ; Fox et al., 2002). Plusieurs facteurs environnementaux et développementaux peuvent en effet interagir et influencer conjointement les trajectoires développementales. Il existe probablement des relations complexes entre les variables démographiques, les antécédents médicaux et familiaux, les capacités non verbales et les difficultés développementales co-occurentes,

lesquelles contribuent à la nature et à la sévérité des manifestations des TSP. L'étude de Wren et al. (2016) l'illustre clairement, en montrant que les enfants présentant des TSP persistants étaient plus susceptibles d'être des garçons, d'avoir des mères moins diplômées occupant des professions manuelles et de vivre dans des logements loués. Une autre illustration provient de Campbell et al. (2003) qui montraient que les enfants américains de 3 ans présentent un risque 7,71 fois plus élevé de développer un TSP s'ils cumulent le fait d'être un garçon, avec un niveau d'éducation maternelle faible et des antécédents de troubles de la parole et/ou du langage.

4.2. Conséquences, impacts et comorbidités des TSP

Les enfants avec des TSP produisent davantage d'erreurs de parole que ce qui est attendu pour leur âge, ce qui se traduit par une parole moins intelligible comparativement à celle des enfants au développement typique. L'intelligibilité des TSP réduite peut rendre complexe le fait de s'engager dans des activités sociales (McCormack et al., 2009 ; 2019). En effet, les erreurs de parole et l'intelligibilité diminuée augmentent la probabilité d'erreurs de communication, ce qui peut mener à de la frustration et favoriser des sentiments négatifs envers la prise de parole, aboutissant parfois à un évitement de celle-ci (McCormack et al., 2019). Ces éléments rentrent dans la définition des impacts fonctionnels, définis comme : « toutes les conséquences d'un trouble sur la capacité d'un individu à réaliser des activités, à s'engager dans des interactions sociales et à maintenir une qualité de vie satisfaisante » (Périchon et al., 2025, p.12).

En plus de ces impacts fonctionnels, un nombre significatif d'enfants avec des TSP peuvent également présenter des difficultés langagières concomitantes (Eadie et al., 2015), ce qui peut résulter en un double diagnostic de TSP et de TDL (Stringer et al., 2023). Au total, on estime qu'environ un tiers des jeunes enfants présentant un TDL ou un TSP

présentent des caractéristiques co-occurentes des deux troubles (Rodgers et al., 2023). Les enfants d'âge préscolaire présentant un TSP sont davantage à risque d'éprouver des difficultés en lecture ou de développer une dyslexie développementale (Hayiou-Thomas et al., 2017 ; Tambyraja et al., 2020). On estime qu'environ 25 % des enfants de moins de 6 ans présentant un TSP, qu'il soit isolé ou associé à un TDL, risquent de présenter des difficultés en lecture (Tambyraja et al., 2020). À l'inverse, les enfants d'âge scolaire présentant des difficultés de lecture ont fréquemment présenté un TSP à l'âge préscolaire (Catts et al., 2005).

Cette association entre TSP et troubles de la lecture s'explique notamment par le fait qu'apprendre à lire repose sur la capacité à mobiliser le système phonologique pour établir et maîtriser les correspondances graphèmes-phonèmes nécessaires au décodage des mots. À son tour, le décodage constitue un prédicteur majeur de la compréhension en lecture ultérieure (Keenan et al., 2008). Or, les enfants présentant un TSP peuvent manifester des déficits du traitement phonologique des mots (Cabbage et al., 2018), de la conscience phonologique (Peterson et al., 2009 ; Raitano et al., 2004 ; Tambyraja et al., 2020), ainsi que de la mémoire phonologique à court terme (Farquharson et al., 2018), mettant à mal l'apprentissage et la maîtrise du décodage des mots. Les faiblesses en conscience phonologique et dans les habiletés de traitement phonologique des mots ont bien été associées au risque de présenter des difficultés en lecture (Tambyraja et al., 2020). De plus, la persistance et la sévérité du TSP ont été identifiées comme un facteur prédictif des difficultés ultérieures en lecture (Macchi et al., 2016 ; Tambyraja et al., 2020). Enfin, le risque de troubles de la lecture est particulièrement élevé lorsque le TSP est associé à un TDL, comparativement aux situations où le TSP est isolé (Raitano et al., 2004).

À présent, nous allons particulièrement nous concentrer sur (1) les impacts fonctionnels des TSP et sur (2) leurs comorbidités avec le TDL.

4.2.1. Impacts fonctionnels des TSP

Les impacts fonctionnels dans le cadre des TSP manquent actuellement d'une définition consensuelle. En effet, les récents efforts visant à clarifier les impacts fonctionnels ont ciblé les TDL plutôt que les TSP (Périchon et al., 2025), laissant la recherche spécifique aux TSP sous-développée. À l'heure actuelle et en nous rattachant à la définition générale des impacts fonctionnels donnée précédemment, nous pouvons avancer que les impacts fonctionnels des TSP constituent un concept complexe et multidimensionnel, étroitement lié au sentiment de bien-être et à la qualité de vie. D'une façon générale, ces impacts sont variés, individuels et contextuels (Krueger, 2019).

La Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé pour enfants et adolescents (ICF-CY ; Organisation mondiale de la santé, 2007) constitue un cadre d'analyse pertinent pour appréhender les impacts fonctionnels des TSP. Ce modèle met l'accent sur les conséquences du trouble dans la vie quotidienne de l'enfant, plutôt que sur le déficit en lui-même, et conduit ainsi à considérer comme centraux les objectifs visant une communication efficace et intelligible, en complément ou parfois en priorité des objectifs ciblant le trouble en soi (McLeod & Bleile, 2004). Conformément à l'ICF-CY, les TSP peuvent entraîner des limitations d'activités, définies comme des difficultés dans l'exécution de tâches, et des restrictions de participation, correspondant aux difficultés rencontrées dans les situations de vie quotidienne (Waine et al., 2023). Ces limitations et restrictions découlent des atteintes des fonctions et structures organiques impliquées dans la production de la parole. Dans notre cas, les fonctions et structures organiques sont majoritairement les habiletés cognitives/motrices qui sous-tendent la production et la réception de la parole. Elles ne sont pas directement observables, mais se traduisent notamment par une intelligibilité réduite ou une production imprécise des sons. La Figure 9 présente une

adaptation du modèle de l'ICF-CY aux TSP et situe les impacts fonctionnels principalement au niveau des activités et de la participation, conformément à la définition des impacts fonctionnels (Périchon et al., 2025) et au cadre proposé par la CIF (Waine et al., 2023). Notre exemple Figure 9 montre une situation réfléchie autour des capacités et des performances. Si l'on réfléchit à présent autour des activités et de la participation : les limitations d'activités peuvent, par exemple, concerner la capacité de l'enfant à se faire comprendre par des interlocuteurs non familiers, à répondre à des questions à l'oral ou à participer à des échanges spontanés. Ces difficultés peuvent à leur tour entraîner des restrictions de participation, telles qu'une implication réduite dans les interactions avec les pairs, une participation limitée aux activités scolaires ou encore une tendance à l'évitement de la prise de parole.

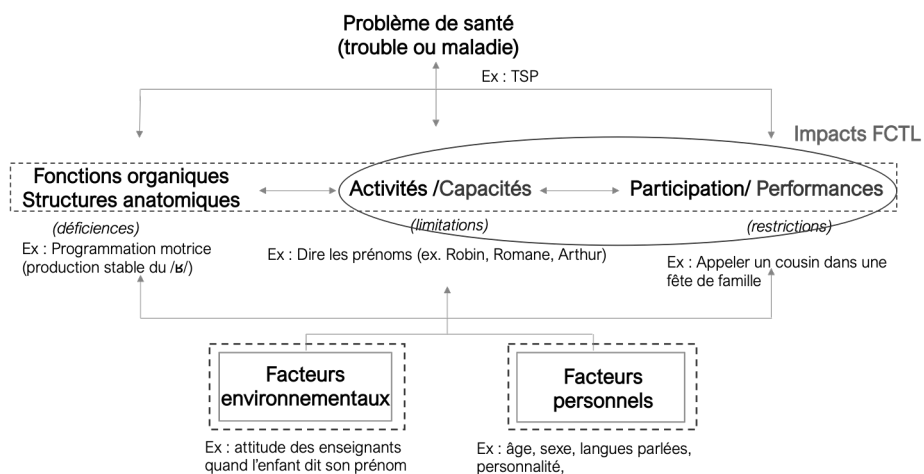


Figure 9. Adaptation du modèle de l'ICF-CY dans le cadre des TSP (repris de Martinez-Perez & Piron, 2025). Note : FCTL = fonctionnel.

L'ICF-CY souligne également que ces impacts fonctionnels ne résultent pas uniquement du trouble en lui-même, mais de l'interaction dynamique entre la condition de santé de l'enfant, les facteurs environnementaux et personnels (OMS, 2013). Les facteurs environnementaux incluent notamment les attitudes de l'entourage, le soutien apporté à la communication, les exigences du milieu scolaire ou encore la

tolérance face aux erreurs de parole, lesquels peuvent agir comme facilitateurs ou comme obstacles. Les facteurs personnels, tels que la confiance en soi, la motivation à communiquer ou les réactions émotionnelles face aux difficultés de parole, influencent également le fonctionnement et la participation de l'enfant (Maillart et al., 2024).

En résumé, l'ICF-CY offre un cadre pertinent pour appréhender les TSP selon une approche globale, en accordant une attention particulière aux limitations d'activités et aux restrictions de participation, c'est-à-dire aux impacts fonctionnels. Toutefois, si ce cadre permet d'identifier et de décrire les conséquences fonctionnelles associées aux TSP, le rôle exact de ces impacts dans la conceptualisation même du trouble demeure insuffisamment défini. En effet, bien que plusieurs études aient mis en évidence l'existence de conséquences fonctionnelles liées aux TSP, une compréhension aboutie de la manière dont ces impacts varient en fonction de l'âge, de la sévérité du trouble, des contextes de communication ou encore des sous-types de TSP fait encore défaut (McCormack et al., 2009 ; 2019 McLeod et al., 2013 ; Nakeva von Mentzer et al., 2025). Par ailleurs, le statut des impacts fonctionnels dans la définition même des TSP reste ambigu. Les définitions actuelles reconnaissent que les difficultés de parole « peuvent avoir un impact sur l'intelligibilité et l'acceptabilité de la parole », sans pour autant préciser si ces impacts constituent un critère diagnostique à part entière (International Expert Panel on Multilingual Children's Speech, 2012). Si les logopèdes intègrent généralement les impacts fonctionnels comme un indicateur de sévérité parmi d'autres dans leur raisonnement clinique, leur rôle dans la caractérisation et la définition des TSP reste encore peu investigué (van Doornik et al., 2025). Enfin, l'évaluation des impacts fonctionnels constitue un défi supplémentaire dans le champ des TSP. Les outils demeurent encore peu nombreux et hétérogènes, ce qui limite leur intégration systématique dans l'évaluation clinique et la recherche (Baker et al., 2022). Malgré ces limites, nous nous

attacherons à proposer une synthèse des impacts fonctionnels des TSP et de leurs modalités d'évaluation au départ de la littérature existante.

Un premier élément central mis en évidence dans la littérature est que les impacts fonctionnels dépendent en grande partie de la perception du trouble, tant par l'enfant lui-même que par son entourage (Krueger, 2019). Pour cette raison, les impacts fonctionnels sont par nature individuels et subjectifs, ce qui exclut l'existence d'une liste universelle et exhaustive. La présente synthèse rendra donc compte des impacts fonctionnels rapportés dans la littérature, ainsi que de leurs variations en fonction de l'âge, du contexte, de la sévérité du trouble et du niveau de conscience de celui-ci (de Simoni et al., 2019 ; Krueger, 2019 ; McCormack et al., 2009, 2010, 2019 ; McLeod et al., 2013).

À l'âge préscolaire, les enfants présentant un TSP manifestent généralement une attitude plutôt positive envers leur parole, bien que certains expriment déjà des perceptions négatives (par exemple l'idée que parler est difficile). La conscience du trouble demeure le plus souvent faible, les accidents de communication étant davantage attribués aux autres qu'à soi. Les incidences psychologiques et comportementales sont généralement modérées et peuvent inclure de la frustration, une estime de soi diminuée ou un certain retrait social. Les enfants peuvent également montrer une préférence pour les activités non verbales, ainsi que des impacts sur la participation et les relations sociales (de Simoni et al., 2019 ; Krueger, 2019 ; McCormack et al., 2009, 2010, 2019 ; McLeod et al., 2013). *À l'âge scolaire*, les impacts fonctionnels tendent à s'intensifier et à se diversifier. L'attitude envers la parole devient plus négative et la conscience du trouble s'affirme, avec une reconnaissance que les accidents de communication sont dus à soi et non aux autres. Sur le plan émotionnel, les enfants peuvent ressentir de la colère, de la honte, de la frustration ou de la tristesse, tandis que sur le plan comportemental, des manifestations telles que l'agressivité, le retrait social ou l'évitement des

situations de communication sont fréquemment rapportées. Les enfants peuvent également être confrontés à des moqueries ou à des situations de harcèlement, entraînant de la solitude, des difficultés amicales et des problèmes relationnels. Des impacts scolaires sont également décrits, notamment sur les apprentissages (langage écrit, mathématique), les relations avec les enseignants et la participation en classe. Afin de faire face à ces difficultés, les enfants développent diverses stratégies compensatoires, telles que la répétition, le remplacement de mots, l'utilisation de supports visuels ou le recours à un « traducteur » (de Simoni et al., 2019 ; Krueger, 2019 ; McCormack et al., 2009, 2010; McLeod et al., 2013 ; Rusiewicz et al., 2018).

Les impacts fonctionnels varient également selon le contexte de communication (McLeod et al., 2013). Le milieu familial constitue souvent un lieu sécurisant dans lequel l'enfant se sent à l'aise, les parents rapportant peu, voire pas, d'impacts fonctionnels et décrivant leur enfant comme « normal ». Les attitudes y sont généralement positives et les interactions se déroulent de manière naturelle. En revanche, dans des contextes moins familiers ou perçus comme plus exigeants, les impacts fonctionnels tendent à s'activer davantage (McLeod et al., 2013). Cette variabilité contextuelle peut conduire à un évitement progressif des situations non familières ou obligatoires, telles que l'école, renforçant ainsi la probabilité d'impacts fonctionnels à chaque nouvelle confrontation à ces contextes.

La sévérité du TSP constitue un autre facteur susceptible d'influencer les impacts fonctionnels. À l'âge préscolaire, la littérature suggère que la sévérité agit comme un catalyseur des impacts fonctionnels. McCormack et al. (2019) montrent notamment que les enfants TSP présentant un PCC plus faible manifestent davantage d'attitudes négatives envers leur parole et sont décrits par leurs parents comme moins intelligibles, tandis que les enfants TSP avec un PCC plus élevé présentent une attitude plus positive. À l'âge scolaire,

la relation entre sévérité et impacts fonctionnels a été moins étudiée. Si l'on pouvait s'attendre à une augmentation des impacts fonctionnels avec la sévérité, les études portant sur la dyspraxie verbale, considérée comme un sous-type plus sévère de TSP, ne rapportent pas d'impacts plus négatifs que dans d'autres formes de TSP (Keller & Maas, 2023 ; Krueger, 2019). L'effet croisé de la sévérité et de l'âge sur les impacts fonctionnels pourrait ainsi ne pas être linéaire et présenter un seuil. Néanmoins, les données actuelles ne permettent pas de conclure quant au rôle précis de la sévérité à l'âge scolaire.

Malgré l'importance accordée aux impacts fonctionnels dans la littérature, ceux-ci semblent encore peu évalués dans la pratique clinique en logopédie (Harding et al., 2024 ; Krueger, 2019). Ce constat contraste avec la place centrale que les impacts fonctionnels semblent occuper dans les cibles d'intervention (Harding et al., 2024). En effet, pour les parents, la dimension fonctionnelle constitue une priorité dans les objectifs thérapeutiques. Pour les enfants, des objectifs tels que « se faire des amis » sont jugés aussi importants que l'intelligibilité ou les compétences scolaires. Enfin, pour les logopèdes, l'interaction et la participation sociale occupent une place équivalente à celle de l'intelligibilité dans la hiérarchisation des cibles d'intervention.

L'une des raisons de ce contraste est que peu d'outils sont actuellement disponibles pour l'évaluation des impacts fonctionnels des TSP. Trois grandes catégories d'outils peuvent être distinguées : (1) les entretiens avec les parents, les enfants ou d'autres parties prenantes (fratrie, famille élargie, enseignants) ; (2) les questionnaires destinés aux parents et/ou aux enfants et (3) l'observation de l'enfant dans des contextes variés (familial, scolaire, interaction avec des inconnus). À notre connaissance, seul le Speech Participation and Activity Assessment for Children (SPAA-C, McLeod, 2004) évalue spécifiquement les impacts fonctionnels dans les TSP, mais présente des ambiguïtés conceptuelles quant à la distinction entre limitations d'activités et restrictions de participation, et ne dispose pas d'une version

francophone. D'autres outils poursuivent des objectifs plus larges ou ciblent des populations différentes. L'ICS (McLeod et al., 2012a) a été conçu comme un outil de dépistage des TSP plutôt que comme une mesure des impacts fonctionnels, bien qu'il soit parfois utilisé à cette fin en l'absence d'alternatives. Le FOCUS (Thomas-Stonell et al., 2010) évalue les impacts fonctionnels dans l'ensemble des troubles de la communication, mais a montré une certaine utilité pour les TSP (voir par exemple Neumann et al., 2017a).

La pénurie d'outils validés est particulièrement marquée dans le contexte francophone, où aucune étude n'a, à ce jour, exploré exhaustivement les impacts fonctionnels des TSP en raison de l'absence d'instruments adaptés. Cette situation entretient un cercle vicieux dans lequel les impacts fonctionnels demeurent peu pris en compte, tant dans l'évaluation que dans les mesures d'intervention, précisément en raison de l'absence d'outils.

4.2.2. Comorbidités avec le TDL

Le TDL est un trouble sévère et persistant affectant les habiletés langagières et ayant un impact significatif dans la vie quotidienne et scolaire des enfants (Bishop et al., 2017). Sa prévalence est estimée à environ 7,5 % dans la population générale (Norbury et al., 2016). Eadie et al. (2015), dans leur étude sur un échantillon australien, rapportent que près de 41 % des enfants de quatre ans présentant un TSP présentent également une atteinte langagière associée. En parallèle, on estime qu'environ 2/3 des enfants avec une difficulté langagière présentent un TSP co-occurent, quelle qu'en soit la nature (Broomfield & Dodd, 2004). Au total, on estime qu'environ un tiers des jeunes enfants présentant un TDL ou un TSP présentent des caractéristiques co-occurentes des deux troubles (Rodgers et al., 2023). Ce chevauchement s'explique par le fait que les difficultés phonologiques peuvent survenir aussi bien dans un contexte de TDL que dans un contexte de TSP (Bishop et al., 2017 ; Lancaster & Camarata, 2019 ; Stringer et al., 2023).

Selon les recommandations du projet CATALISE (Bishop et al., 2017), un TSP peut être posé chez un enfant d'âge préscolaire si les difficultés phonologiques apparaissent de manière isolée (c'est-à-dire sans atteinte langagière autre que la phonologie). Ces difficultés sont souvent résorbables grâce à une intervention logopédique appropriée, signe d'un pronostic favorable. On parlera en revanche de mauvais pronostic si le TSP persiste au-delà de 5 ans et si on observe des atteintes dans d'autres domaines du langage (le lexique et la morphosyntaxe, le plus souvent). Cette configuration évoquera un profil de TDL, parfois désigné sous l'appellation TDL (phonologie). Un double diagnostic dénommé « TDL+TSP » peut être envisagé lorsque le trouble du langage est associé à des difficultés de production des sons d'origine motrice ou structurelle (comme une dyspraxie verbale accompagnée d'un TDL). Par ailleurs, certaines études emploient la dénomination « TDL+TSP » pour désigner les enfants qui présentent des performances déficitaires en phonologie, indépendamment de la nature des erreurs produites, associées à des atteintes langagières (Liu & Chien, 2020 ; Roepke, 2020 ; Torres, 2020). En d'autres termes, ces études favorisent l'appellation « TDL+TSP » à la place de « TDL (Phonologie) ». Ainsi, les uns ont tendance à distinguer les deux troubles et les autres ont tendance à inclure les TSP directement dans la conception du TDL. Ce paragraphe introduit l'incohérence terminologique et le flou existant autour des comorbidités entre TDL et TSP. Dans la pratique, la distinction entre TDL (phonologie) et TDL+TSP est toutefois rarement opérée.

Afin de répondre à ces différences de terminologie, Stringer et al. (2023) ont retravaillé le modèle diagnostique du TDL (CATALISE ; Bishop et al., 2017). Cette version 2.0 du modèle identifie 3 « voies de sortie » (exit routes) où les enfants TSP ne répondent plus aux critères diagnostiques du TDL et prennent une trajectoire alternative (voir Figure 10). La première voie de sortie (TSP 1) serait celle initialement décrite par Bishop et al. (2017) à

savoir des difficultés phonologiques isolées et résorbables grâce à une intervention appropriée. La deuxième voie de sortie (TSP 2) concernerait les enfants dont les difficultés langagières sont la conséquence d'un TSP léger ou modéré sans condition biomédicale associée. Dans ce cas de figure, les difficultés langagières sont supposées se résorber après la résolution du TSP (spontanée ou avec une intervention adaptée). La troisième voie de sortie (TSP 3) regroupe deux profils d'enfants présentant à la fois un TDL et un TSP, sortant tous deux à la case « Recherche d'informations additionnelles » du flowchart CATALISE. (1) Les enfants présentant un TDL+TSP avec une condition biomédicale associée (surdité, IMC, trisomie 21) sortent du flowchart, car il n'existe pas de catégorie « *TDL + TSP associé à X* ». (2) Les enfants sans condition biomédicale identifiée, mais présentant un TSP si sévère qu'il empêche une évaluation fiable du langage, sortent également du flowchart. Chez ces enfants, un diagnostic de TDL ne peut être posé à ce stade en raison de l'inintelligibilité de la parole. Celui-ci pourra être envisagé ultérieurement, lorsque l'évaluation du langage deviendra possible, ou plus précocement en cas d'atteinte réceptive clairement identifiée.

Cette modélisation soutient l'usage de la terminologie TDL+TSP pour décrire ces profils cliniques complexes. Au-delà de cet apport, elle confère aux TSP une dimension à la fois fédératrice en englobant leur hétérogénité. En effet, alors que CATALISE distingue les profils à dominante « phonologique » des profils à dominante « structurelle ou motrice », l'adoption du terme TDL+TSP comme appellation unique pour les enfants présentant un double diagnostic permet de dépasser cette dichotomie « moteur versus linguistique. » Cette approche préserve ainsi la dimension méta et unifiée des TSP, indépendamment de l'origine des difficultés de production des sons. Plus globalement, ce choix terminologique permet d'aborder le double diagnostic sans recourir à une sous classification fine et souvent source de complexité clinique et théorique. Cette perspective

rejoint pleinement notre position en faveur d'une terminologie fédératrice des TSP et constitue un argument supplémentaire pour privilégier l'appellation TDL+TSP par rapport aux termes TDL ou TDL (phonologie).

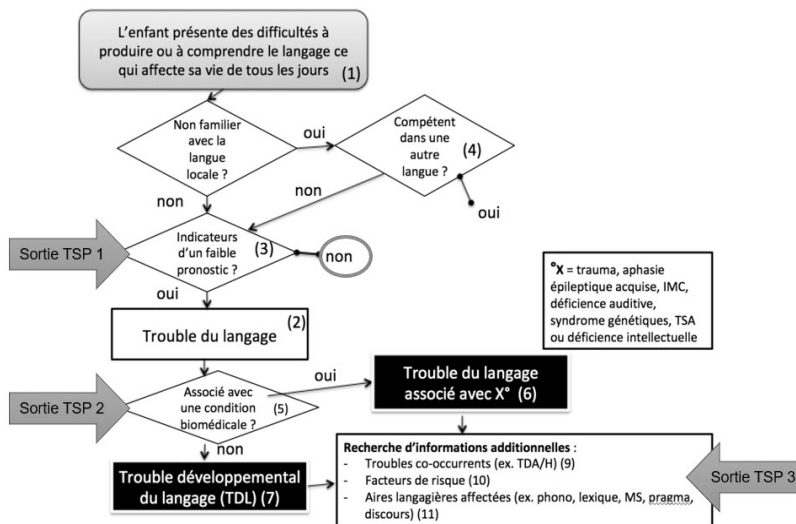


Figure 10. Organigramme diagnostique du TDL (CATALISE, Bishop et al., 2017) avec les voies de sortie pour les TSP (repris de Dupret, 2024).

Au-delà des considérations terminologiques, les TDL+TSP représentent également une réalité clinique différente du TDL ou TSP simples (Liu & Chien, 2020 ; Macrae & Tyler, 2014). L'utilisation de l'appellation TDL+TSP permet ainsi de mieux rendre compte de cette distinction tout en reflétant une réalité fréquemment rencontrée en pratique logopédique. Les enfants présentant ce double diagnostic se caractérisent en effet par des troubles phonologiques plus sévères et persistants que ceux observés dans les TSP isolés, avec une production accrue d'erreurs et des difficultés morphologiques spécifiques, mises en évidence notamment par des analyses qualitatives des productions (Liu & Chien, 2020 ; Macrae & Tyler, 2014). Ces atteintes combinées exposent ces enfants à un risque accru d'impacts fonctionnels à long terme, en particulier dans les domaines de la lecture et de l'écriture (Raitano et al., 2004).

4.3. Classifications des TSP

Les enfants avec TSP forment un groupe hétérogène en termes de symptômes, de sévérité, de causes sous-jacentes, de types d'erreurs de parole, de capacités associées, de réponse à l'intervention et d'impacts fonctionnels potentiels (Farquharson & Tambyraja, 2019 ; McCormack et al., 2010 ; Waring & Knight, 2013). Plusieurs modèles de classification ont tenté de capturer et de décrire l'hétérogénéité des TSP dans le but de faciliter le diagnostic et la sous-classification. Deux des systèmes de classification les plus courants sont le Speech Disorders Classification System (SDCS) de Shriberg et al. (2010) et le Model of Differential Diagnosis (MDD) de Dodd (2014). La Figure 11 synthétise ces classifications. Ces deux modèles reposent sur des philosophies différentes et conduisent à des regroupements cliniques partiellement convergents, mais conceptuellement distincts (Waring & Knight, 2013).

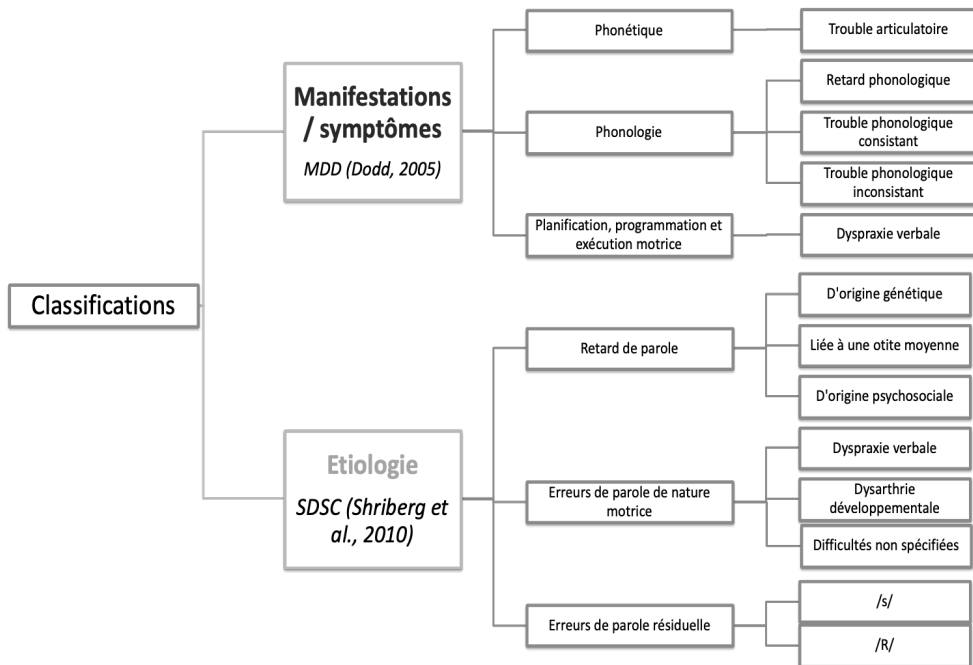


Figure 11. Classifications du TSP selon le MDD (Dodd, 2014) et le SDCS (Shriberg et al., 2010)

Le SDCS s'inscrit dans une perspective médicale et développementale (Diepeveen et al., 2022 ; Waring & Knight, 2013). Il vise à relier les manifestations observables de la parole (causes proximales) à des processus sous-jacents supposés (causes distales), d'ordre génétique, neurobiologique ou environnemental (Waring & Knight, 2013). Le SDCS articule quatre niveaux : processus étiologiques distaux, processus de parole proximaux, phénotypes cliniques et marqueurs diagnostiques. Au niveau de la typologie clinique, le SDCS distingue 3 profils principaux, subdivisés en 8 sous-profils (Diepeveen et al., 2022).

- Le premier profil est le **retard de parole** (Speech Delay, SD), caractérisé par des erreurs d'omission et de substitution développementales (Waring & Knight, 2013). Trois sous-profils sont distingués : le retard de parole d'origine génétique ; le retard de parole associé aux otites moyennes ; le retard de parole psychosocial.
- Le deuxième profil regroupe les **troubles moteurs de la parole** (Motor Speech Disorders, MSD), caractérisés par des déficits de précision, de stabilité et de coordination de la parole, affectant parfois la prosodie ou la voix (Shriberg et al., 2010 ; Diepeveen et al., 2022). Trois sous-profils sont distingués : la dyspraxie verbale ; la dysarthrie développementale ; le MSD non spécifié (Shriberg et al., 2010 ; Waring & Knight, 2013).
- Le troisième profil correspond aux **erreurs de parole résiduelles** (Speech Errors, SE), limitées à des distorsions spécifiques (/s/ ou /r/) et persistantes.

Le MDD s'inscrit dans une perspective descriptivo-linguistique (Diepeveen et al., 2022 ; Dodd, 2014). Il repose sur l'analyse qualitative des patterns d'erreurs observés lors de la production de parole, comparés au développement typique (Waring & Knight, 2013). L'objectif du modèle n'est pas d'inférer une cause sous-jacente, mais de différencier des profils cliniques sur la base de la nature, de la stabilité et de la manifestation des erreurs (Diepeveen et al., 2022). Le MDD identifie ainsi 5 profils principaux (Dodd, 2005 ; Waring & Knight, 2013). Ces profils sont conçus comme mutuellement

exclusifs et décrivent la parole de l'enfant à un moment donné, sans hypothèse explicite sur l'étiologie (Diepeveen et al., 2022).

- Le **trouble articulatoire** correspond à des erreurs motrices localisées affectant un ou quelques phonèmes spécifiques, généralement sous forme de distorsions ou de substitutions systématiques (par exemple, sigmatisme latéral). Les erreurs sont stables, présentes en isolation comme en contexte lexical, et ne s'accompagnent pas de PPS.
- Le **retard phonologique** se caractérise par la persistance de PPS typiques au-delà de l'âge attendu. Les systèmes phonologiques sont organisés de manière développementale, mais immature. Il s'agit du profil le plus fréquent dans les études utilisant le MDD (Ttohari Eecen et al., 2019 ; Diepeveen et al., 2022).
- Le **trouble phonologique consistant** regroupe des enfants présentant des PPS atypiques appliqués de manière stable. Ces profils suggèrent un déficit dans l'acquisition ou l'organisation des règles phonologiques plutôt qu'un simple retard (Waring & Knight, 2013).
- Le **trouble phonologique inconsistant** est défini par une variabilité marquée des productions pour un même item lexical, en l'absence de déficit oromoteur. Cette inconsistance est interprétée comme le reflet d'un déficit dans l'assemblage ou la sélection des représentations phonologiques (Diepeveen et al., 2022).
- Enfin, la **dyspraxie verbale** est identifiée sur la base d'un ensemble de marqueurs cliniques incluant une forte inconsistance, des erreurs touchant les voyelles, une prosodie atypique, une longueur réduite des énoncés et des difficultés en imitation. Ce profil est interprété comme relevant d'un trouble de la planification et de la programmation motrice de la parole (Waring & Knight, 2013).

Le MDD et le SDCS proposent ainsi deux lectures complémentaires des TSP (Diepeveen et al., 2022). Ces modèles sont largement utilisés tant en recherche qu'en pratique clinique, particulièrement dans les contextes anglophones. Au Royaume-Uni, par exemple, un consensus récent a conduit à l'adoption du modèle de Dodd dans les recommandations cliniques nationales (Cleland et al., 2025).

Malgré leur popularité, ils ont souvent été critiqués (Massen & Terband, 2024 ; Namasivayam et al., 2025 ; Terband et al., 2019 ; Waring & Knight, 2013). Les marqueurs diagnostiques proposés sont souvent considérés comme n'étant ni suffisamment sensibles ni suffisamment spécifiques, ce qui entraîne des chevauchements entre catégories (Diepeveen et al., 2020, 2022 ; Terband et al., 2019). Par exemple, un enfant peut présenter simultanément deux sous-types ou plus de ces classifications et certaines erreurs de parole sont difficiles à catégoriser dans un seul sous-type (comme un phonème absent du répertoire de parole). On note également une remise en question de la distinction entre « phonologie » et « articulation » par plusieurs travaux et auteurs (voir par exemple Namasivayam et al., 2020 ; Pathi & Mondal, 2021 ; Siemons-Lühning et al., 2021). Les motifs principaux pour ce décloisonnement seraient (1) la conception multi-dimensionnelle de la parole, (2) l'interprétation multiple (c'est-à-dire à la fois phonologique et articulatoire) d'une erreur de parole, (3) la complexité clinique à dissocier ces deux composantes et (4) l'efficacité des interventions hybrides, combinant phonologie et articulation (Diepeveen et al., 2020 ; Furlong et al., 2018 ; Namasivayam et al., 2020 ; Pathi & Mondal, 2021 ; Siemons-Lühning et al., 2021). Une autre limitation concerne le contexte francophone : les caractéristiques diagnostiques clés de certains sous-types sont spécifiques à la langue et ne peuvent être directement transférées. La dyspraxie verbale, par exemple, est caractérisée en partie par des erreurs d'accent lexical, un marqueur qui ne peut être évalué en français en raison de son système d'accentuation différent de l'anglais (Meloni, 2022). Cela souligne le besoin de critères diagnostiques spécifiques à chaque langue. Enfin, ces systèmes de classification ne mettent pas en évidence la nature multifactorielle et interactive des processus de parole sous-jacents et ils ne fournissent pas suffisamment d'informations sur les déficits au sein de ces processus (Massen & Terband, 2024 ; Terband et al., 2019). Par conséquent, une grande hétérogénéité et un chevauchement entre catégories et symptômes persistent,

ce qui signifie que les systèmes de classification échouent à démêler parfaitement l'hétérogénéité des sous-types de TSP et manquent d'exhaustivité (Furlong et al., 2018).

En conséquence, ces systèmes de classification guident modestement les décisions cliniques (Diepeveen et al., 2020, 2022 ; Siemons-Lühning et al., 2021). De plus, dans le contexte de la recherche, l'absence d'une classification consensuelle a conduit à une compétition entre les deux modèles. Cela a pu contribuer à réduire la portée des résultats de recherche et à ralentir les progrès vers une compréhension unifiée des TSP. Une autre conséquence est le manque de consensus sur la terminologie et les nombreuses incohérences dans le diagnostic des TSP. Par exemple, une étude néerlandaise a rapporté que jusqu'à 85 étiquettes diagnostiques différentes étaient utilisées par les cliniciens pour nommer et sous-classifier les enfants avec TSP (Diepeveen et al., 2020). Ce phénomène d'étiquettes multiples est également le cas dans le contexte francophone (Meloni, 2022). Cela appelle à un changement global dans la classification et l'étiquetage des sous-types de TSP.

Les limites des modèles de classification classiques basés sur les symptômes ou l'étiologie pourraient être surmontées en adoptant une approche basée sur les processus, théoriquement fondée, également appelée approche dimensionnelle (Massen & Terband, 2024 ; Namasivayam et al., 2025). Cette approche est pensée pour mieux capturer l'hétérogénéité des profils de TSP en identifiant systématiquement quels processus de parole sont préservés et lesquels sont altérés, allant au-delà de la catégorisation par causes ou par symptômes. Le modèle psycholinguistique décrit par Terband et al. (2019) et présenté dans le chapitre 3 offre un cadre théorique particulièrement adapté. Cette représentation de type « boîtes-flèches » des processus de parole fournit des perspectives précieuses pour expliquer le développement de la parole, comprendre les erreurs et caractériser les profils de TSP.

L'approche basée sur les processus au départ du modèle psycholinguistique de Terband et al. (2019) a été récemment implémentée dans une série d'études néerlando-américaines (Diepeveen et al., 2022 ; Littlejohn & Maas, 2023 ; Massen & Terband, 2024 ; van Haaften et al., 2024). L'étude de profilage de Diepeveen et al. (2022) constitue une bonne illustration. Les auteurs ont analysé des échantillons de parole provenant de 150 enfants néerlandophones présentant un TSP, âgés de 4 à 7 ans. À partir de cinq épreuves de parole couramment utilisées en clinique (dénomination d'images, répétition de non-mots, mesure de stabilité de répétition de mots et de non-mots et tâches de DDK), ils ont extrait 28 mesures quantitatives couvrant différents niveaux de la production de parole, telles que le PCC, le PVC, le pourcentage d'exactitude des structures syllabiques, le pourcentage de réduction des groupes consonantiques, la présence de PPS développementaux ou atypiques, ou encore la variabilité des productions de mots entiers. Ces mesures ont ensuite été soumises à des analyses en composantes principales, suivies d'une classification en groupes homogènes, permettant d'identifier trois profils de TSP cliniquement pertinents : (1) déficit phonologique ; (2) déficit phonologique avec déficit moteur ; (3) déficit phonologique et moteur sévère. Ces trois sous-types ne correspondaient pas parfaitement aux sous-types du MDD et du SDCS. Cette étude de Diepeveen et al. (2022) concrétise le dépassement des modèles de classification traditionnels, partant plutôt d'un cadre psycholinguistique.

4.3.1. Vers une harmonisation terminologique et classificatoire

Malgré l'existence de plusieurs modèles de classification des TSP depuis plus de vingt ans, aucun consensus international n'a à ce jour émergé. Cette absence d'harmonisation se traduit par une hétérogénéité terminologique persistante, tant au niveau macro (p. ex. TSP vs TDSP) qu'au niveau sous-spécifié, où les étiquettes et définitions des catégories cliniques varient selon les modèles. Ces divergences constituent un obstacle à la

comparabilité des études, à la transférabilité des résultats de la recherche vers la clinique et à l’harmonisation des pratiques, en particulier dans le contexte francophone.

À la lumière des avancées récentes, notamment le modèle psycholinguistique proposé par Terband et al. (2019), les méthodes de profilage (Diepeveen et al., 2022), ainsi que les retombées du projet CATALISE (Bishop et al., 2017) dans le champ du TDL, il apparaît nécessaire de repenser la conception terminologique et classificatoire des TSP dans notre contexte francophone. Dans un premier temps, nous encourageons l’adoption systématique du terme « Troubles des Sons de la Parole » en français, en cohérence avec la terminologie scientifique internationale, tant en recherche qu’en pratique clinique.

Au-delà de cette clarification terminologique, une réponse tangible aux limites des modèles existants réside dans le développement d’une classification fondée sur une approche bottom-up, guidée par les données et ancrée dans un cadre psycholinguistique adéquat. En d’autres termes, plutôt que d’adapter des modèles existants tels que le SDCS ou le MDD au contexte francophone, une approche alternative consisterait à partir directement des performances de parole d’enfants francophones et TSP afin d’identifier, des profils cliniquement pertinents. Une telle démarche, illustrée par Diepeveen et al. (2022), permettrait de générer des classifications empiriquement valides, adaptée à leur contexte linguistique et fondée sur un modèle psycholinguistique pensé pour les TSP, tel que celui de Terband et al. (2019). Cette classification basée sur les données et structurée par un cadre psycholinguistique présenterait plusieurs avantages pour le contexte francophone : elle permettrait (1) de produire des profils ancrés dans des données linguistiquement et culturellement pertinentes, (2) d’optimiser l’exploitation de données de parole souvent rares, et (3) de favoriser une évolution des pratiques cliniques grâce à une caractérisation plus fine des

profils et des décisions thérapeutiques mieux ciblées. La faisabilité de cette approche est renforcée par l'adoption croissante du modèle psycholinguistique de Terband et al. (2019) en recherche et en clinique francophones, comme mentionné dans le chapitre 3.

Dans l'attente de l'élaboration d'une telle classification, une solution transitoire, pragmatique et pertinente tant pour la recherche que pour la pratique clinique consiste à adopter la démarche proposée pour le TDL. C'est-à-dire poser un diagnostic « général » de TSP, tout en sous-spécifiant systématiquement les atteintes au niveau des processus de parole, au départ d'une évaluation complète et multidimensionnelle basée sur un modèle psycholinguistique pertinent comme celui de Terband et al. (2019). Cette démarche n'inclurait plus l'étape de sous-classification, mais à la place inclurait une approche de caractérisation détaillée et individualisée du profil. Cette approche permet de dépasser les limites des classifications actuelles tout en assurant une description exhaustive et fonctionnelle des profils.

4.4. Diagnostic des TSP

Le chapitre 3 a proposé une présentation détaillée et approfondie des modalités d'évaluation de la parole. La présente section ne vise donc pas à reprendre de manière exhaustive les outils, mesures et analyses disponibles. À la place, il aborde les pratiques et recommandations actuelles pour le diagnostic des TSP, à la lumière du contexte francophone, des contraintes de la pratique et des limites méthodologiques existantes.

L'identification des TSP chez l'enfant d'âge préscolaire repose sur une combinaison de sources d'information et de méthodes d'évaluation, plutôt que sur un outil unique. Des enquêtes récentes portant sur les pratiques professionnelles à divers endroits du monde montrent que les cliniciens s'appuient le plus souvent sur un ensemble d'indicateurs incluant l'anamnèse, l'estimation de l'intelligibilité, des tests standardisés (dont la dénomination

d'images ou la répétition de pseudo-mots), des échantillons de parole spontanée, des évaluations de la stimulabilité et un dépistage auditif (Diepeveen et al., 2020 ; McLeod & Baker, 2014 ; van der Straten Waillet et al., 2023 ; Wikse Barrow et al., 2021). Cette approche multimodale est également observée dans les contextes francophones (van der Straten Waillet et al., 2023). Les recommandations cliniques concernant les analyses à faire au départ de l'échantillon de parole récolté sont de réaliser 1) un inventaire phonétique des consonnes et des voyelles ; 2) un calcul du PCC et du PVC pour les plus jeunes ; 3) une analyse de la structure des mots ; 4) un relevé des erreurs de parole et des PPS ; 5) un calcul du pMLU ; 6) une estimation de la stimulabilité et 7) une estimation de l'intelligibilité (Bates & Titterington, 2017 ; Fabiano-Smith, 2019).

Les tests standardisés occupent manifestement une place centrale dans les pratiques évaluatives, tant en recherche qu'en clinique. Toutefois, plusieurs auteurs soulignent les limites d'une approche strictement normée, dont l'interprétation ne peut être pleinement valide que si ces outils sont solides d'un point de vue psychométrique (Fabiano-Smith, 2019 ; Kirk & Vigeland, 2014). Dans cette perspective, le diagnostic d'un TSP ne peut reposer uniquement sur les scores standardisés et doit intégrer des données complémentaires, notamment issues de l'anamnèse. Celle-ci, le plus souvent recueillie lors d'un entretien ou via un questionnaire parental, permet de documenter le développement langagier et moteur de l'enfant, son contexte familial et linguistique, son histoire médicale et auditive, ainsi que les préoccupations parentales (Bowen, 2015 ; Fabiano-Smith, 2019 ; McLeod & Baker, 2014). Ces informations jouent un rôle central, non seulement pour orienter l'évaluation et l'intervention, mais aussi pour mettre en évidence des facteurs de risque associés aux TSP, tels que les antécédents familiaux, le niveau socio-économique ou certaines inquiétudes précoces (Eadie et al., 2015).

La question de la qualité psychométrique des outils normés et standardisés mérite également une attention particulière dans le contexte francophone. En effet, les informations psychométriques des outils francophones d'évaluation de la parole demeurent souvent incomplètes (Cattini & Maillart, 2024). Il est donc complexe de déterminer si ceux-ci rencontrent ou non les recommandations actuelles (Fabiano-Smith, 2019 ; Kirk & Vigeland, 2014). Comme le rappellent Cattini et Maillart (2024), cette situation reflète plus largement l'état actuel des outils d'évaluation du langage et de la parole chez les enfants d'âge préscolaire, aucune batterie existante ne répondant pleinement aux standards psychométriques contemporains.

Parallèlement à ces limites méthodologiques, plusieurs études ont mis en évidence les contraintes temporelles importantes auxquelles sont confrontés les cliniciens. Dans différents contextes, une majorité de logopèdes rapporte consacrer moins de 60 minutes à l'analyse des données de parole et à la rédaction du dossier clinique (McLeod & Baker, 2014 ; Skahan et al., 2007). Malgré une absence de chiffres récents sur le temps consacré à l'analyse des données de parole, le manque de temps pour la passation de bilan, dont la réalisation d'anamnèses complètes, semble rester d'actualité (Diepeveen et al., 2020). Dans ce cadre, certaines analyses approfondies, telles que l'analyse de la structure syllabique ou les approches phonologiques non linéaires restent peu utilisées en pratique, au profit d'analyses plus rapides et plus accessibles, comme l'analyse des PPS.

Dans l'ensemble, on observe un certain décalage entre les exigences méthodologiques de l'évaluation des TSP, les recommandations cliniques et les ressources actuellement disponibles en contexte francophone. Un autre constat est que les recommandations actuelles mettent principalement l'accent sur l'identification ou le diagnostic initial des TSP. En revanche, elles fournissent peu d'indications concernant la détection précoce, le diagnostic différentiel ou l'évaluation de l'évolution des TSP (Cattini & Maillart, 2024).

Ces limites soulignent la nécessité de renforcer la qualité psychométrique des outils existants, tout en développant des approches évaluatives intégratives, capables de fournir des informations fiables, cliniquement pertinentes et compatibles avec les contraintes du terrain. Il est également nécessaire de travailler à renforcer la détection précoce des TSP, au vu de leurs impacts et comorbidités potentiels.

4.5. En synthèse

Ce chapitre a proposé une synthèse des TSP en ciblant particulièrement les questions de définition, description, classification, impacts, comorbidités, évaluation et terminologie. Nous y avons montré que les TSP constituent un trouble fréquent qui, avec le TDL, représentent les troubles les plus couramment pris en charge en logopédie pédiatrique. Nous avons également exposé les nombreux impacts et conséquences potentiels des TSP : risque accru de difficultés en lecture, difficultés de participation et d'intégration sociale, pouvant affecter significativement la qualité de vie et les apprentissages scolaires. Nous avons vu que les TSP s'accompagnent fréquemment de TDL, donnant lieu à un double diagnostic TDL+TSP qui configure un profil plus sévère.

Nous avons ensuite démontré la grande hétérogénéité des TSP, avec plusieurs propositions de classifications n'ayant pas fait consensus. Face à ce manque de classification unifiée, nous avons proposé une approche : poser un diagnostic « général » de TSP tout en sous-spécifiant systématiquement les atteintes au niveau des processus de parole, à partir d'une évaluation complète et multidimensionnelle basée sur un modèle psycholinguistique pertinent tel que celui de Terband et al. (2019).

Enfin, nous avons dressé un tableau des ingrédients nécessaires au diagnostic du TSP, en montrant la place centrale de l'anamnèse et des tests standardisés, tout en rappelant l'importance de leur qualité psychométrique. Paradoxalement, nous avons fait le constat de la nécessité de renforcer cette qualité psychométrique des outils existants dans le contexte francophone.

5. Chapitre 5 : Le dépistage et la prévention des troubles des sons de la parole

Après avoir abordé globalement l'évaluation des TSP au cours du précédent chapitre, nous souhaitons à présent nous pencher sur les questions de dépistage et de prévention des TSP. La logopédie s'inscrit au rang des professions paramédicales et recouvre, comme chaque profession de la santé, des enjeux de santé publique. Dans notre cas, ces intérêts prennent la forme d'actions préventives comme le dépistage et l'intervention précoce, l'identification des populations à risque et l'identification des facteurs de risque (National Research Council and Institute of Medicine, 2009). Rappelons que les TSP cumulent plusieurs conditions et caractéristiques qui confèrent au dépistage et à la prise en charge précoces un intérêt crucial : une prévalence importante, des comorbidités fréquentes non négligeables (TDL et des troubles de la lecture et/ou des apprentissages) et des conséquences à plus ou moins long terme sur la qualité de vie et l'intégration sociale (Harding et al., 2024 ; McCormack, 2009). En revanche, dans notre contexte francophone, force est de constater que nous possédons un éventail d'outils plus restreint que dans d'autres langues, avec des batteries qui rencontrent rarement les standards psychométriques contemporains (Cattini & Maillart, 2024). Nous possédons également un éventail de données développementales assez limité en ce qui concerne le développement typique et atypique de la parole francophone (Brosseau-Lapré et al., 2018 ; Warnier, 2022). À cela s'ajoute la notion que les recommandations actuelles ciblent principalement le diagnostic des TSP avant la prévention et le dépistage de celui-ci (Cattini & Maillart, 2024).

Cette situation représente un réel frein à la prévention des TSP dans la pratique logopédique francophone : d'une part, le manque de données limite la connaissance des TSP et d'autre part, elle ralentit le développement de moyens de prévention et de dépistage. À côté de cela, la logopédie avait

été déclarée comme une profession en pénurie à la rentrée 2022-23 et les statistiques nationales de 2024 montrent que le nombre de logopèdes en Belgique aurait une croissance plus faible qu'avant et que dans les autres professions paramédicales comme la kinésithérapie ou l'ergothérapie (Service Public Fédéral, 2016 ; 2025). Nous sommes dès lors dans une situation combinant un nombre d'acteurs qui croît moins et dont les moyens d'action sont restreints, freinant ainsi la portée préventive de leurs actes de soin. Si la recherche ne peut avoir d'action directe sur le nombre de logopèdes, elle peut par contre s'essayer à améliorer les moyens d'action pour la prévention des TSP, ce qui contribue finalement à diminuer la prévalence des TSP dans la population pédiatrique. Parallèlement, la diminution de la prévalence permettra un allègement des dépenses liées aux remboursements des soins de santé : en étant repérés plus tôt, les patients avec des TSP seront pris en charge de façon anticipée, ce qui diminuera leur temps de prise en charge et les préviendra également d'être à risque d'autres troubles à traitement de longue durée comme le TDL, les troubles de la lecture ou des apprentissages. Ainsi, l'amélioration de la prévention et de la détection précoce rencontre des enjeux de santé publique.

Ce chapitre clôturant notre partie sur la parole sert d'état des lieux des moyens actuels de prévention et de dépistage des TSP. Nous rappellerons tout d'abord quelques principes généraux de prévention, positionnerons le dépistage par rapport au diagnostic, avant d'évoquer les moyens actuels de prévention et leurs adaptations éventuelles dans le contexte francophone.

5.1. Principes de prévention

Quels que soient la tranche d'âge, le trouble ou encore le niveau de sévérité sur lequel un professionnel de la santé intervient, ses actions se placeront d'une manière ou d'une autre sur la pyramide de la prévention (voir Figure 12, National Research Council and Institute of Medicine, 2009).

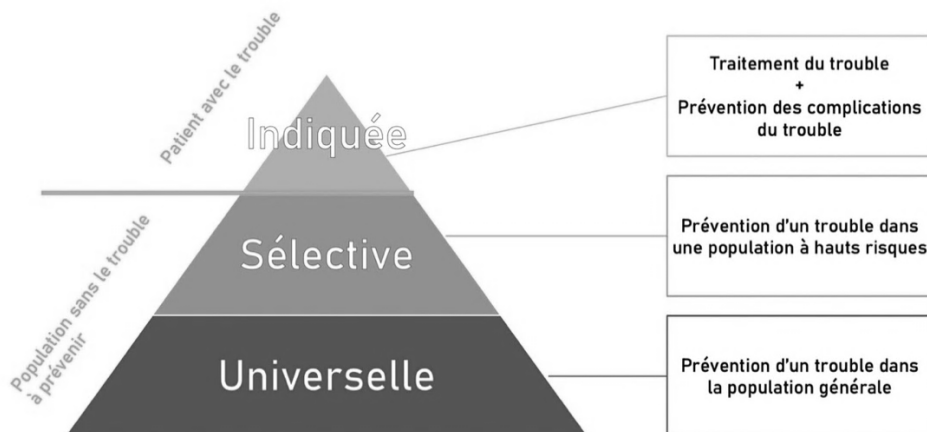


Figure 12. La pyramide de la prévention. Adaptée de Baumgartner et al. (2020).

La première couche et base de la pyramide correspond à la **prévention universelle**. Celle-ci cible la population générale, qui n'est pas nécessairement à risque de trouble de façon accrue et qui peut éviter l'apparition de ce trouble en respectant quelques règles de bonne conduite et en limitant les facteurs de risque. La deuxième couche et milieu de la pyramide renvoie à la **prévention sélective**. Elle cible une population déjà plus restreinte, car plus à risque de développer le trouble en question. Avec ces personnes dont le trouble ne s'est pas encore révélé, mais qui ont de grandes chances de le développer, la prévention restera préliminaire au trouble. Les actions préventives seront cependant plus intenses qu'au niveau de la prévention universelle et prendront principalement la forme de dépistage. La troisième couche et pointe de la pyramide concerne les personnes dont le trouble s'est déjà révélé. On parlera de **prévention indiquée**. La prévention prendra, à ce stade, la forme de traitement du trouble et ne sera de la prévention à proprement parler que des conséquences liées à la présence du trouble. Dans le cas de la prévention indiquée, la population cible est donc des individus avec le trouble, qui peuvent déjà être des patients.

La prévention universelle commence principalement par la connaissance des prédicteurs et facteurs de protection du trouble, afin de reconnaître et parfois d’agir directement sur ces derniers. Les facteurs de risque des TSP ont déjà été présentés dans le chapitre 4. À ce stade, il s’agira premièrement d’identifier la présence de ces facteurs, par exemple à l’aide d’une anamnèse ciblée. Ensuite, la principale action préventive au niveau universel consistera en l’éducation thérapeutique : conscientiser les parents/professionnels de santé ou de l’enfance à l’existence de ces facteurs et informer sur les TSP. En cas de doute ou d’apparition de signaux d’alerte, l’intervention se situera alors au niveau de la prévention sélective. Celle-ci cible des individus qui, en raison de la présence d’une ou plusieurs conditions, présentent un risque de TSP. Il sera alors pertinent de recourir à un dépistage afin de limiter ou retarder l’installation du trouble. Au niveau de la prévention indiquée, les actions consistent à diagnostiquer les TSP, tel que nous l’avons détaillé dans le chapitre 4, puis d’appliquer les principes et recommandations cliniques de prises en charge adaptées à chaque trouble et chaque profil, tout en surveillant les comorbidités connues des TSP. Ainsi, si les actions de prévention s’inscrivent à différents niveaux, le dépistage apparaît comme un levier central de la prévention précoce des TSP. En effet, le dépistage se trouve à l’interface entre la prévention universelle et la prévention indiquée : il permet d’identifier précocement des individus à risque, avant que le trouble ne soit pleinement constitué, et conditionne l’orientation vers une évaluation diagnostique ou une surveillance renforcée.

5.2. Distinction entre dépistage et diagnostic

Les modalités d’évaluation en logopédie varient selon l’objectif poursuivi (Youngstrom et al., 2017). Comme le soulignent Cattini et Maillart (2024) et Burnay et al. (2024), le contenu, la profondeur et les exigences méthodologiques d’une évaluation dépendent de sa fonction clinique. Le dépistage et le diagnostic constituent ainsi deux démarches complémentaires, mais relevant de niveaux d’intervention distincts.

Le diagnostic vise à confirmer ou infirmer la présence d'un trouble spécifique en documentant de manière approfondie les difficultés observées, afin de vérifier leur conformité à des critères formels et reconnus (Burnay et al., 2024). Il repose sur un jugement catégoriel fondé sur des données probantes, permettant d'accepter ou de rejeter l'hypothèse d'appartenance à un groupe clinique donné. Dans le domaine des TSP et comme nous l'avons vu, le diagnostic implique une évaluation multidimensionnelle visant à établir la nature, la sévérité et le profil du trouble, à en documenter idéalement l'impact fonctionnel, et à guider les décisions thérapeutiques (Cattini & Maillart, 2024). En raison des conséquences cliniques et sociales d'un diagnostic erroné, les outils d'évaluation doivent présenter des propriétés psychométriques élevées, incluant une haute sensibilité et une haute spécificité, une fidélité correcte (test-retest, inter-juges), ainsi qu'une validité théorique solide (Fabiano-Smith, 2019 ; Trevethan, 2017).

Le dépistage, également désigné par le terme *screening*, vise à détecter la présence possible d'un trouble ou à estimer le niveau de risque qu'un individu présente un trouble donné (Burnay et al., 2024). En d'autres termes, il ne permet pas de poser un diagnostic, mais consiste à juger la probabilité qu'un trouble soit présent afin de déterminer la nécessité d'investigations ultérieures. Son objectif principal est l'identification précoce d'individus à risque, dans une perspective de prévention et d'orientation (Burnay et al., 2024 ; Bowen, 2015 ; Youngstrom et al., 2017). Sur le plan opérationnel, le dépistage repose sur des outils rapides, standardisés et peu coûteux en temps, pouvant être ciblés ou à large spectre. Ces outils ont pour fonction de générer des hypothèses cliniques, sans viser une compréhension exhaustive du profil du patient. Les exigences psychométriques qui y sont associées privilégient avant tout une haute sensibilité, afin de repérer un maximum de cas à risque et d'éviter les faux négatifs, ainsi qu'une validité prédictive suffisante pour anticiper les difficultés futures. La spécificité y est secondaire, le risque de

faux positifs étant accepté dans la mesure où ceux-ci pourront être écartés lors d'une évaluation diagnostique ultérieure (Burnay et al., 2024). Ainsi, bien que distinctes par leurs objectifs, leurs modalités et leurs exigences psychométriques, les démarches de dépistage et de diagnostic s'inscrivent dans un continuum fonctionnel : le dépistage oriente vers le diagnostic, lequel permet ensuite la compréhension fine du profil du patient et le suivi de son évolution (Burnay et al., 2024).

5.3. Les moyens actuels de dépistage du TSP

Le dépistage des TSP sera dès lors plus succinct et moins exhaustif que le diagnostic. Cattini et Maillart (2024) ont récemment proposé une liste de composantes de la parole à évaluer selon l'objectif clinique poursuivi (c.-à-d. diagnostiquer, comprendre ou détecter). Pour la détection, ces auteures préconisent une estimation de l'intelligibilité ainsi qu'une mesure de la précision de la parole en contexte isolé (notamment, le calcul du PCC) via une tâche de dénomination d'images normée. Cette approche s'aligne sur les standards internationaux recommandant l'utilisation d'évaluations standardisées, et en particulier de tâche de dénomination d'images, pour le dépistage des TSP (Bowen, 2015).

Cattini et Maillart (2024) ont également analysé les qualités psychométriques de divers outils francophones en fonction de leur objectif d'évaluation. Pour la détection des TSP à l'aide d'une tâche de dénomination d'images, deux outils se distinguent (sans être parfait) : le DRAP (Kehoe et al., 2021) et l'ESPP (MacLeod et al., 2014), ce dernier affichant une sensibilité de 80 %. À l'inverse, pour des batteries globales telles que l'EVALO 2-6 (Coquet et al., 2009) ou l'Exalang 3-6 (Helloin & Thibault, 2006), l'absence de données spécifiques sur les épreuves de dénomination d'images n'a pas permis de juger leur qualité en tant qu'outil de dépistage. En effet, les batteries rapportent en général des données globales pour l'ensemble

des épreuves et non une épreuve spécifique. Nous compléterons les recommandations de Cattini & Maillart (2024) en citant une autre épreuve conçue pour le dépistage rapide : le Speakaboo (van der Zijden-Holstvoogd & Blumenthal, 2017).

Parmi les outils de dépistage des TSP, l'ICS (McLeod et al., 2012a, 2020) occupe une place singulière. Contrairement aux tâches de dénomination, l'ICS est un questionnaire parental évaluant l'intelligibilité fonctionnelle de l'enfant auprès de sept partenaires de communication (parents, famille proche, famille étendue, amis, connaissances, enseignants et inconnus/étrangers) via une échelle de Likert en 5 points. Traduit dans plus de 60 langues et validé dans 21 langues différentes, l'ICS s'est imposé comme un outil de dépistage efficace dans le monde (McLeod, 2020). Les études de validation menées auprès d'enfants d'âge préscolaire rapportent des indices de validité et de fidélité satisfaisants à excellents (par exemple, Kok & To, 2019 ; McLeod, 2020 ; Neumann et al., 2017b ; Ng et al., 2014). Ces études ont également pu mesurer le pouvoir discriminant des versions traduites de l'ICS. D'une manière générale, bien que les scores seuils varient selon les études, la sensibilité de l'outil demeure supérieure à 80 %, dépassant le seuil minimal et confirmant son utilité pour le dépistage des TSP (McLeod, 2020 ; Plante & Vance, 1994).

Malgré l'usage répandu de l'ICS à l'international, une enquête récente menée par van der Straten Waillet et al. (2023) révèle que cet outil est peu choisi pour évaluer l'intelligibilité en contexte francophone. En parallèle, notons qu'une version francophone existe, mais n'a pas encore fait l'objet d'une validation auprès d'un échantillon francophone. Ainsi, l'utilisation limitée de l'ICS en contexte francophone pourrait s'expliquer, en partie, par ce manque de validation, lequel réduit tant la fiabilité clinique de l'outil que son attractivité auprès des praticiens. Il s'agit d'un enjeu important qui a motivé l'une des études de la présente thèse.

L'utilisation de l'ICS met en lumière le rôle prépondérant des parents dans le processus de dépistage. Les parents sont des partenaires clés de l'évaluation : ils fournissent des informations contextuelles essentielles sur l'intelligibilité de leur enfant, ils détectent les difficultés de communication et déterminent si leur enfant semble avoir besoin d'intervention (Diepeveen et al., 2020 ; Skeat et al., 2010). Plusieurs travaux ont également étudié l'utilité des parents dans le dépistage des TSP et ont mis en évidence l'intérêt de l'inquiétude parentale concernant la parole pour identifier ce trouble (Harrison et al., 2017 ; McLeod et al., 2018 ; Skeat et al., 2014). En effet, l'inquiétude parentale constitue une source fréquente d'orientation vers les services de logopédie (Just et al., 2022 ; Skeat et al., 2014).

Cependant, la place des parents dans le dépistage relève d'une dynamique paradoxale. Si leur implication est un levier majeur pour l'accès aux soins, leur perception peut également constituer une barrière involontaire. En effet, dans le système actuel, l'accès au diagnostic repose notamment sur la prise de conscience du parent des difficultés de l'enfant : sans cette alerte initiale, l'enfant n'est généralement pas orienté vers un bilan logopédique. Or, cette prise de conscience est une mesure subjective dont l'émergence est variable. Elle est souvent alimentée par des comparaisons avec les pairs ou par des remarques de professionnels de la santé ou de l'éducation (Just et al., 2022 ; Skeat et al., 2014). Par conséquent, si le parent ne perçoit pas le trouble ou n'est pas alerté par son entourage, le processus de dépistage s'en trouve retardé, compromettant les bénéfices d'une intervention précoce. En ce sens, des recherches récentes soulignent l'intérêt de croiser les perspectives en prenant notamment en compte l'inquiétude des enseignants. Celle-ci constitue une source fréquente d'orientation vers les services logopédiques (Just et al., 2022) et a été identifiée comme une mesure pertinente pour le dépistage des TSP. Elle est par ailleurs positivement corrélée à l'inquiétude parentale (Harrison et al., 2017 ; McLeod et al., 2018).

Cela ouvre la voie à la prise en compte conjointe de l'inquiétude des parents et des enseignants dans l'identification des TSP chez les enfants d'âge préscolaire. Une étude menée en Australie auprès de 157 enfants âgés de 4 à 5 ans a montré que ces deux types d'inquiétude constituent des mesures pertinentes pour le dépistage des TSP (Harrison et al., 2017). Ces deux mesures subjectives ont été recueillies à l'aide de la question suivante : « *En tant que parent/enseignant, avez-vous des inquiétudes concernant la façon dont votre/cet enfant parle et produit les sons du langage ?* », issue du Parent Evaluation of Developmental Status (PEDS ; Glascoe, 2000). Les inquiétudes des parents et des enseignants ont été comparées à un score de PCC obtenu à partir d'un test de dénomination d'images standardisé. Les résultats ont montré des corrélations significatives (1) entre le score PCC et chacun des deux types d'inquiétude, et (2) entre l'inquiétude des parents et des enseignants. La sensibilité et la spécificité ont également été mesurées : le parent s'est révélé plus sensible que l'enseignant, avec des scores respectifs de 88,2 % et 71,2 %. En revanche, les enseignants se sont montrés plus spécifiques que les parents, avec des scores respectifs de 52 % et 36 %.

En conclusion, l'amélioration du dépistage précoce des TSP en contexte francophone ne dépend pas uniquement de la disponibilité et de la qualité des outils d'évaluation. Elle passe également par une validation et une valorisation de tous les acteurs de première ligne (médecins, services de l'enfance comme l'Office de la Naissance et de l'Enfance, enseignants) ainsi que des parents dans leur potentiel de détection précoce. Valoriser l'inquiétude de ces acteurs et les encourager à la communiquer permet de transformer une inquiétude isolée en un levier d'action concertée (Just et al., 2022 ; Skeat et al., 2014). Il s'agit d'un autre enjeu important qui a motivé une autre étude de la présente thèse visant à étudier l'utilité de l'inquiétude des parents et des enseignants pour la détection des TSP dans un but préventif.

5.4. En synthèse

Ce chapitre a d'abord rappelé les grands principes de prévention en distinguant les trois niveaux : universelle, sélective et indiquée. Nous avons ensuite positionné la prévention par rapport au diagnostic, en soulignant leurs complémentarités et leurs différences. Nous avons mis en évidence l'importance des actions préventives pour les TSP ainsi que les enjeux de santé publique qui en découlent, notamment en termes de détection précoce et d'intervention rapide. Nous avons ensuite proposé un état des lieux des moyens de prévention actuels pour les TSP. Nous avons mis en évidence les apports potentiellement précieux de l'inquiétude des parents et des enseignants, qui constituent des indicateurs importants à considérer. Nous avons également présenté l'outil ICS comme un moyen prometteur de prévention et de dépistage pour le contexte francophone.

Résumé de la partie 1

Cette première partie de la thèse s'est voulue exhaustive tout en respectant les balises et limites de ce travail doctoral. Cinq apprentissages clés se dégagent de cette introduction. Le premier chapitre a mis en évidence la nature complexe et multidimensionnelle de la parole, sous-tendue par de nombreuses compétences parmi lesquelles figurent les habiletés somatosensorielles et motrices. Le deuxième chapitre a dessiné la trajectoire du développement typique de la parole. Il a également caractérisé la parole francophone, en explorant les particularités du français de Belgique, et a souligné le besoin d'enrichir les données de parole tant dans le développement typique qu'atypique. Le troisième chapitre a présenté les méthodes d'évaluation de la parole en clinique et en recherche, en rebondissant sur le manque de données et d'outils cliniques actuels pour proposer des pistes de réponses concrètes à ces limites. Le quatrième chapitre a proposé une description exhaustive des TSP en brassant leur description générale, leurs comorbidités, leurs conséquences, leurs systèmes de classification, leur évaluation et leur situation complexe en ce qui concerne leur terminologie. Ce chapitre a également balisé le cadre conceptuel des TSP dans lequel cette thèse s'inscrit. Enfin, le cinquième chapitre a mis l'accent sur les enjeux liés à la prévention et au dépistage précoce des TSP en dressant un état des lieux des moyens actuels et des apports visés par cette thèse.

C'est à partir de cette conception théorique des TSP, des limites identifiées et des solutions envisagées que nous allons à présent poursuivre avec notre seconde partie, qui cherche à approfondir les connaissances fondamentales des TSP. En repartant du premier chapitre explorant les compétences sous-jacentes à la parole, mais également de notre conception des TSP et de leurs comorbidités, nous allons à présent questionner l'hypothèse controversée selon laquelle la parole serait liée aux fonctions orofaciales telles que la respiration, la mastication et la déglutition. Nous explorerons notamment dans quelle mesure la parole et les fonctions orofaciales sont sous-tendues par des mécanismes communs, dont les compétences motrices orales et par extension, l'intégration sensorimotrice.

Partie 2 : Vers une compréhension des liens entre la parole et les fonctions orofaciales

Si la parole connaît une évolution importante au cours de l'âge préscolaire, elle ne constitue pas la seule compétence à se développer rapidement durant cette période. De nombreux changements inhérents à l'enfance concernent le système stomatognathique dans son ensemble. La croissance orofaciale et les modifications anatomiques en représentent une partie, les évolutions au niveau de la somatosensibilité et de la motricité en représentent une autre. Ces transformations ont des répercussions qui dépassent le cadre de la parole et concernent l'ensemble des fonctions orofaciales. Ces fonctions sont généralement dissociées en deux catégories : d'un côté la parole représente la composante verbale de ces fonctions, de l'autre la respiration, la déglutition et la mastication constituent généralement les principales composantes non verbales.

Avant d'explorer les associations éventuelles entre la parole et les fonctions orofaciales, il convient de parcourir les aspects essentiels de ces dernières : leur développement, les déséquilibres qui peuvent engendrer des troubles ou des dysfonctionnements, ainsi que leur évaluation. Le premier chapitre de cette partie vise à apporter les éléments clés pour la compréhension de ce champ de compétences logopédique. Contrairement au premier chapitre consacré à la parole, il ne développera pas de section dédiée aux aspects sensorimoteurs des fonctions orofaciales. Ce choix reflète l'état actuel de la littérature, qui ne dispose pas encore d'un cadre théorique équivalent pour ces fonctions. Le second chapitre mettra en lumière les éléments qui justifient la pertinence d'interroger l'hypothèse d'un lien entre la parole et les fonctions orofaciales. Ce chapitre conclusif expliquera notamment les raisons pour lesquelles l'hypothèse d'un lien médié par les habiletés motrices orofaciales mérite d'être explorée.

6. Chapitre 6 : Développement et troubles des fonctions orofaciales

La façon d'aborder les fonctions orofaciales non verbales est source de multiples possibilités. Les fonctions orofaciales concernent en effet tout être humain, du nourrisson à la personne âgée, et regroupent plusieurs fonctions essentielles au maintien en vie : la respiration, la déglutition, la mastication, principalement. Leur étude peut ainsi s'envisager selon différents angles : une approche développementale, une approche par troubles, une perspective médicale, neurologique ou encore fonctionnelle. Ces divers angles d'approches sont notamment liés à la multidisciplinarité. En effet, les fonctions orofaciales relèvent du champ de compétences des logopèdes, mais concernent également d'autres professions comme les ORL, orthodontistes, chirurgiens maxillo-faciaux, kinésithérapeutes (en France), pour n'en citer que quelques-unes. Autrement dit, les fonctions orofaciales constituent un champ de compétences multidisciplinaire que chaque profession appréhende et enrichit à sa manière, appelant nécessairement à une intervention collaborative.

La littérature sur le développement et les troubles des fonctions orofaciales est dense, mais d'une qualité variable en ce qui concerne la logopédie. Comme nous le verrons tout au long de ce chapitre, il s'agit d'un domaine où, en logopédie, nous manquons encore de cadre, de définitions arrêtées, de consensus et de guidelines. Cette situation s'explique en partie par ce champ de compétences partagé, mais également par la relative jeunesse de ce domaine de recherche dans notre discipline. Face à ce constat, nous avons balisé notre présentation du développement et des troubles des fonctions orofaciales, afin de passer en revue les éléments clés et essentiels à la compréhension de notre travail de thèse. Ainsi, nous avons choisi d'adopter une vision fonctionnelle et développementale en nous focalisant sur l'âge préscolaire.

Nous présenterons d’abord les trois fonctions orofaciales principales (respiration, mastication et déglutition) et une synthèse de leurs étapes développementales, avant de passer à la présentation des Troubles Myofonctionnels Orofaciaux (TMO), puis de terminer par une synthèse de l’évaluation des fonctions orofaciales.

6.1. Le développement des fonctions orofaciales

La respiration, la mastication et la déglutition sont les fonctions orofaciales non verbales les plus fréquemment étudiées, souvent regroupées ensemble dans la clinique et la littérature scientifique. L’une de leurs particularités, qui les oppose à la parole, est leur rôle central dans les fonctions vitales de l’individu (Delaney & Arvedson, 2008). Bien que constituant des fonctions physiologiques distinctes, elles sont étroitement liées et reposent sur l’intégration coordonnée de structures anatomiques et neuromusculaires communes, ainsi que sur des contrôles sensorimoteurs centraux partagés (Delaney & Arvedson, 2008). Dès les premiers stades du développement, elles interagissent entre elles et évoluent en lien étroit avec la croissance cranio-faciale, les modifications naturelles qui y sont associées (comme les phénomènes dentaires), la maturation du système nerveux, les progrès des habiletés motrices et musculaires, ainsi que les transformations morphologiques de la sphère orofaciale (Delaney & Arvedson, 2008 ; Green et al., 2000 ; Kent, 2021). Cette organisation systémique justifie que ces fonctions soient fréquemment envisagées conjointement. Néanmoins, chacune connaît une trajectoire développementale singulière.

La respiration

La respiration⁴ est un processus physiologique essentiel qui assure l’apport en oxygène aux cellules et l’élimination du dioxyde de carbone. Nous nous y préparons tout au long du développement in utero via

⁴ En français, « respiration » et « ventilation » sont souvent utilisés comme synonymes pour référer à *Breathing*. Bien que « ventilation » soit plus exact (la « respiration » renvoyant à la respiration cellulaire), le terme « respiration » est le plus courant et correspond au terme MeSH *Breathing*.

des « mouvements respiratoires fœtaux », afin d'assurer une inspiration fonctionnelle dès les premiers instants de vie (Gauda & Martin, 2018 ; Joseph et al., 2021). La respiration nasale (RN) est le mode de respiration qui prend place dès la naissance. Le nez accomplit plusieurs actions importantes avant que l'air n'atteigne les régions trachéale et pulmonaire, dont les principales sont : le réchauffement de l'air, son humidification et sa filtration (Courtney et al., 2022 ; Elad et al., 2008). Nous soulignerons principalement le grand rôle du nez dans la filtration de l'air, empêchant de nombreux microbes, agents pathogènes et allergènes (comme les poussières, les acariens ou le pollen) d'atteindre les poumons, participant ainsi grandement à la défense immunitaire du corps (Courtney et al., 2022 ; Elad et al., 2008). En outre, en respirant par le nez, plusieurs phénomènes biochimiques s'enclenchent comme l'augmentation du taux d'oxygène et de dioxyde de carbone dans le sang et la production d'oxyde nitrique qui, par son action vaso et broncho-dilatatrice, catalyse l'efficacité des échanges respiratoires (Allen, 2020 ; Gozal & Kheirandish-Gozal, 2021). À cela s'ajoute un autre rôle essentiel de la RN : elle permet d'assurer un cycle nasal vaso-moteur (Hanif et al., 2000) en produisant une alternance équilibrée de congestion/décongestion nasale dans chaque narine. Ensuite, la RN participe grandement à la croissance harmonieuse de la face, au développement des tissus mous dont les sinus maxillaires et à la mise en place de fonctions orofaciales adéquates (Bueno et al., 2015 ; Harari et al., 2010 ; Milanese et al., 2018 ; Zicari et al. 2009).

Pour les nombreuses raisons physiologiques évoquées, la respiration au repos (c'est-à-dire en dehors d'un effort physique) est supposée rester nasale tout au long de la vie. Toutefois, des conditions que nous allons décrire plus en détail dans la suite de ce chapitre peuvent altérer le mode physiologique de respiration. Il peut alors se substituer plus ou moins fortement à un mode de respiration alternatif : la respiration buccale (RB).

La déglutition

La déglutition est un processus dépendant de nombreux facteurs, dont les habiletés somato-sensorielles, le tonus, les structures orofaciales et le système nerveux central. La déglutition est définie comme « *un processus complexe au cours duquel la salive, les liquides et les aliments sont transportés de la bouche à l'estomac tout en protégeant les voies respiratoires* » (ASHA, n.d-b). Nous nous intéresserons principalement à la phase orale de la déglutition qui est volontaire et se produit dans la région stomatognathique pour laisser de côté les phases pharyngée et œsophagienne qui sont plus réflexes et végétatives. La phase orale correspond à la préparation du bolus puis sa propulsion vers l'oropharynx et nécessite une grande intégration d'informations somatosensorielles et une coordination précise de la langue, des lèvres, des joues et des mâchoires (Delaney & Arvedson, 2008).

La déglutition apparaît tôt dans le développement : elle est généralement présente in utero dès 15 semaines de gestation et sert alors à déglutir le liquide amniotique (Delaney & Arvedson, 2008 ; Panara et al., 2022). Dès la 20^e semaine de gestation, les mouvements de langue deviennent plus complexes. À partir de la 28^e semaine de gestation, des mouvements antéro-postérieurs de la langue sont observés (Delaney & Arvedson, 2008). Ces mouvements correspondent à une succion de type « suckling, » qui se met en place in utero et constitue une étape préparatoire à l'alimentation du nouveau-né après la naissance. En plus des mouvements antérieurs et postérieurs de la langue, le suckling implique une coordination précise des mouvements d'ouverture et de fermeture de la mâchoire. À la naissance, et jusqu'à 4 mois, la succion réflexe (suckling), caractérisée par une coordination harmonieuse de la succion, de la respiration et de la déglutition, permet au nourrisson de respirer pendant qu'il est allaité (Morris & Klein, 2000). Dès l'âge de 4 mois, la succion volontaire (sucking) émerge. Par opposition au « suckling », la succion volontaire se caractérise par des

mouvements de langues verticaux. À partir de ce moment, les séquences de succion s'allongent, permettant au nourrisson de boire des quantités plus importantes de liquide sans se fatiguer (Morris & Klein, 2000).

Pour en revenir à la déglutition en tant que telle, à la naissance, l'enfant présente une déglutition primaire ou infantile, caractérisée par un mouvement antérieur de la langue, une interposition entre les procès alvéolaires, une contraction des muscles péribuccaux et une propulsion des lèvres pour favoriser l'étanchéité buccale (Peng et al., 2003 ; Schwemmlé & Arens, 2018 ; Van Dyck et al., 2016). À partir de l'âge de 6 mois, l'enfant adapte progressivement son schéma de déglutition aux modifications de l'environnement bucco-dentaire, notamment liées à l'éruption dentaire. Ces ajustements conduisent à une évolution graduelle du schéma de déglutition, qui transite d'abord par une phase intermédiaire dite de déglutition « inconsistante ». Cette transition est également favorisée par les changements somatosensoriels ainsi que par la diversification des textures alimentaires (Peng et al., 2003 ; Senez & Martinet, 2015). Progressivement, ces transformations aboutissent à l'acquisition d'un schéma de déglutition somatique, également qualifié de déglutition adulte ou secondaire. Celle-ci se caractérise par un appui lingual sur la papille palatine, une contraction labiale faible, voire absente, l'absence de contact avec les arcades dentaires ainsi qu'une absence de contraction des muscles péribuccaux (Peng et al., 2003 ; Schwemmlé & Arens, 2018). Notons que l'âge seuil de passage de cette déglutition infantile vers la déglutition adulte est débattu dans la littérature : certains auteurs évoquent l'âge de 4 ans (Peng et al., 2003 ; Schwemmlé & Arens, 2018) et d'autres 6 ans (Proffit et al., 2018 ; Senez & Martinet, 2015). Les troubles de la déglutition sont finalement caractérisés par un échec de la maturation du schéma de déglutition, qui se traduit par la persistance de la déglutition infantile, qualifiée alors de « déglutition atypique » (Gonçalves et al., 2022 ; Limme, 2010 ; Proffit et al., 2018).

La mastication

La mastication est « *l'habileté de broyer, moudre et mélanger la nourriture avec la salive, ainsi que l'habileté de créer le bolus alimentaire* » (Nagaiwa et al., 2016, p. 227). En d'autres termes, il s'agit de l'action d'écraser les aliments entre les dents pour former un bol alimentaire (Le Révérend et al., 2014). Contrairement aux deux premières fonctions, la mastication est une fonction « acquise », dans le sens où elle nécessite un apprentissage à des moments clés pour devenir fonctionnelle (Kalhoff et al., 2024). Ainsi, à l'inverse de la respiration et de la déglutition, la mastication n'apparaît pas dès la naissance. La période 0-6 mois correspond à la prédominance de la fonction succion-déglutition avec la transition du suckling vers le sucking dont nous avons déjà parlé (Morris & Klein, 2000). Entre 6 et 9 mois, l'enfant va pouvoir faire usage de la fonction de malaxage qui se compose de mouvements verticaux et latéraux de la mandibule, couplés à des mouvements de succion et des mouvements latéraux de la langue (Delaney & Arvedson, 2008). En parallèle, vers 6-8 mois, avec l'apparition des incisives lactéales, la fonction de préhension-morsure apparaît. Cette dernière correspond au fait d'amener les incisives en bout-à-bout pour pincer un aliment entre celles-ci (Le Révérend et al., 2014). Vers 7-8 mois, les premiers mouvements rotatoires de la mandibule apparaissent (Sampallo-Pedroza et al., 2014). Entre 9 et 12 mois, l'enfant montre des patterns de morsure et développe la capacité d'écraser les aliments sur le côté, entre ses gencives. Les mouvements masticatoires sont encore principalement verticaux, tout en transitant vers les mouvements rotatoires. Ces progrès continuent entre 12 et 18 mois, période dans laquelle apparaissent également le broyage et un meilleur contrôle des mouvements de la mandibule (Le Révérend et al., 2014). Vers 18 mois, avec l'apparition des premières molaires de lait, l'enfant utilise le mâchonnement. Progressivement, les mouvements vont s'affiner pour arriver à la mastication adulte, qu'on attend aux alentours de 24-30 mois. Cette dernière va toutefois

continuer d'évoluer et de se perfectionner entre 3 et 6 ans grâce aux expériences sensorimotrices et aux diverses textures proposées à l'enfant (Delaney & Arvedson, 2008 ; Green et al., 1997 ; Ross, 2022 ; Sampallo Pedroza et al., 2014). Notons que la force masticatoire des enfants est bien moindre que celle des adultes à ce stade (Almotairy et al., 2018). En parallèle, les compétences d'auto-alimentation se mettent en place (Ayano et al., 2000 ; Carruth et al., 2004 ; Kalhoff et al., 2024). En résumé, pour acquérir une fonction de mastication efficace, l'enfant devra passer par des phases d'apprentissage et d'expériences sensorimotrices variées (Kalhoff et al., 2024 ; Sampallo Pedroza et al., 2014).

La mastication physiologique est classiquement décrite comme unilatérale, symétrique et alternée (Almotairy et al., 2018 ; Limme, 2010 ; Wilson & Green, 2009). Elle se caractérise par l'existence d'un point occlusal stable associé à un mouvement mandibulaire de type rotatoire. Bien que cette mastication unilatérale soit théoriquement alternée d'un côté à l'autre, il est fréquent, en pratique, d'observer l'existence d'un côté préférentiel (Arai et al., 2022 ; de Felicio & Ferreira, 2008). En plus de ce critère, une mastication équilibrée et physiologique se caractérise de mouvements latéraux et rotatoires de la langue, de la présence de cycles symétriques de chaque côté, d'une durée masticatoire correcte et d'un nombre de cycles masticatoires adéquats (Le Révérend et al., 2014 ; Linas et al. 2022 ; Limme, 2010 ; Ross, 2022 ; Souto-Souza et al., 2020). Néanmoins, ces deux derniers points sont complexes à objectiver et à normer. En effet, la durée masticatoire est dépendante du nombre de cycles masticatoires et est propre à chacun : certains sont plus rapides et d'autres plus lents (Van der Bilt, 2011). Le nombre de cycles adéquats est lui aussi complexe à établir, étant donné qu'il dépend du contexte, de la texture de l'aliment, de l'âge et des individus (Bonnet et al., 2019 ; Engelen et al., 2005). Les troubles de la mastication, appelés également mastication dysfonctionnelle, correspondent à une mastication déséquilibrée ou inefficace (D'Onofrio, 2019).

6.2. Les Troubles Myofonctionnels Orofaciaux

Il existe actuellement plusieurs définitions des TMO, dont aucune n'a fait consensus. En effet, les TMO font l'objet d'un manque de précision dans la façon dont ils sont définis. On peut par retrouver diverses déclinaisons de la définition établie par Mason (2008) où les TMO sont vus comme « *des conditions ou des comportements spécifiques qui sont identifiés comme ayant un impact négatif sur les postures et les fonctions orales (...)* » dans lesquelles les troubles sont définis comme un recensement de manifestations qui impliquent la musculature orofaciale et qui interfèrent avec le développement normal des structures orofaciales (ASHA, n.d.-c. ; Billings et al. 2018 ; Wiemer, 2017). La plupart des définitions décrivent également les TMO par une liste non exhaustive de leurs manifestations, où causes et conséquences des troubles sont confondues (ASHA, n.d.-c. ; Billings et al., 2018 ; Mason, 2008 ; Wiemer, 2017). La définition de D'Onofrio (2019, p. 43) dépasse légèrement cette problématique, sans être pour autant exhaustive, validée et adoptée universellement : les TMO sont un « *dysfonctionnement des lèvres, de la mâchoire, de la langue et/ou de l'oropharynx qui interfère avec la croissance, le développement ou la fonction normale des autres structures buccales, conséquence d'une suite d'événements ou d'un manque d'intervention à des périodes critiques qui entraîne une malocclusion et un développement facial sous-optimal.* »

Le manque de définition universelle et consensuelle des TMO entraîne plusieurs conséquences, tant sur le plan clinique que sur le plan de la recherche. En l'absence d'un cadre conceptuel précis, la compréhension et la description des manifestations ou types de TMO demeurent hétérogènes. Ceci contribue à des différences dans les modalités d'évaluation et de diagnostic, de même que dans les orientations thérapeutiques proposées. Sur le plan scientifique, le manque de définition partagée limite la comparabilité des études et la généralisation des résultats. Enfin, l'absence de définition

commune rend complexe l'estimation de la prévalence des TMO. Concernant ce dernier point, on constate qu'actuellement la prévalence globale des TMO est indéterminée. Néanmoins, certaines données épidémiologiques suggèrent que ces troubles pourraient être fréquents au sein de la population pédiatrique. À titre d'exemple, une méta-analyse récente rapporte une fréquence de la respiration buccale (RB) chez 44 % des enfants (Savian et al., 2021). Toutefois, ce chiffre doit être interprété avec prudence, car il a été établi au départ de quatre études et il concerne un type spécifique de TMO, qui ne peut être extrapolé à l'ensemble des TMO. Ces éléments illustrent à la fois la fréquence probablement élevée des TMO et les limites actuelles pour estimer leur prévalence globale.

Parce que le continuum entre fonction et dysfonction est souvent flou, le premier point de ce chapitre a présenté le développement des trois fonctions orofaciales principales, en terminant volontairement par les troubles ou dysfonctions de chacune. Nous allons à présent poursuivre avec la description de ces dysfonctions et troubles, qui constituent les manifestations des TMO. Il convient de mentionner qu'il existe une asymétrie dans la littérature entre les dysfonctions : certaines, comme la RB, font l'objet d'une littérature abondante et bien documentée, tandis que les déglutitions atypiques et la mastication dysfonctionnelle disposent d'un corpus bien moins fourni. Notre travail se voulant un reflet fidèle de la littérature existante, cette asymétrie se retrouve naturellement dans notre synthèse.

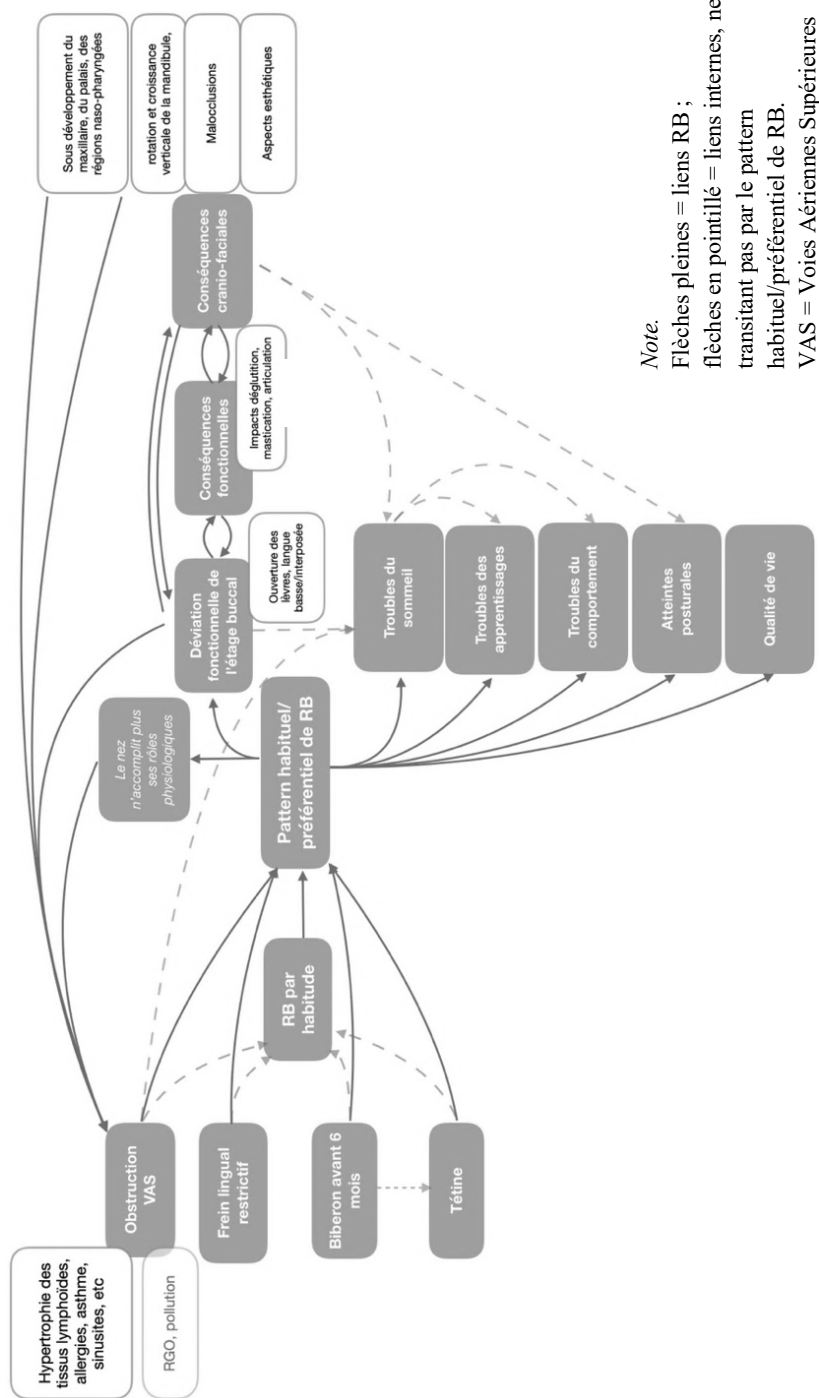
6.2.1. La Respiration Buccale

Dans sa forme la plus simple, la RB se définit comme une condition dans laquelle une personne supplée le pattern correct et physiologique qu'est la RN par un pattern de RB (Bandyopadhyay & Slaven, 2021 ; Costa et al., 2015). Quand elle se chronicise en pattern habituel ou préférentiel de respiration, certains parlent alors du fait que la respiration s'effectue par la

bouche ou par le nez et la bouche de façon continue (Costa et al., 2015) ou de façon prédominante (Andrada et al., 2012). D'autres auteurs encore utilisent plutôt cette définition-ci, plus complète : « *la RB renvoie à un ensemble de signes et symptômes prenant place chez un individu qui substitue, pour diverses raisons, totalement ou partiellement le pattern physiologique de respiration par un mode de respiration orale/buccale ou mixte, pendant plus de 6 mois consécutifs* » (Conti et al., 2011 ; Veron et al., 2016). Dans ce cas, la RB devient le pattern habituel ou préférentiel de respiration. Néanmoins, cette durée est arbitraire : elle reste discutée et débattue dans la littérature. Notons enfin qu'il n'existe actuellement aucun consensus sur une définition et celles qui ont été présentées ici ne sont pas systématiquement employées dans la recherche. Au cours de ce travail, nous traiterons exclusivement de la RB diurne (à l'éveil) et non de la RB durant le sommeil. Ces deux formes de RB ne sont pas totalement identiques, mais elles ont tendance à être traitées indifféremment dans la littérature (Izu et al., 2010 ; Milanesi et al., 2018 ; Pacheco et al., 2015). La définition proposée distingue deux patterns alternatifs de respiration : buccale ou mixte. Dans notre travail, nous emploierons le terme RB pour couvrir l'ensemble des patterns alternatifs à la RN. En effet, au vu de la difficulté à différencier la RB du pattern mixte, une partie de la littérature considère qu'il est plus adapté de ne retenir qu'un seul pattern alternatif (la RB) avec un continuum de gravité (Bandyopadhyay & Slaven, 2021 ; De Menezes et al., 2006 ; Saitoh et al., 2018 ; Warnier et al., 2024).

Le cercle vicieux auto-entretenu de la RB

Avant de poursuivre avec les causes et conséquences de la RB, il convient de clarifier un point clé : l'auto-entretien de la majorité des phénomènes causaux et consécutifs de la RB et la difficulté à situer parfois clairement la frontière entre les deux. Nous illustrons ce phénomène à travers la RB, mais ils touchent en fait tous les TMO. La Figure 13 illustre bien l'interdépendance de tous les phénomènes et guide la lecture de cette partie.



Note.
 Flèches pleines = liens RB ;
 flèches en pointillé = liens internes, ne transitant pas par le pattern habituel/préférentiel de RB.
 VAS = Voies Aériennes Supérieures

Figure 13. Le cercle vicieux auto-entretenu des facteurs de risque et conséquences de la RB.

Il existe plusieurs conditions favorisant l'obstruction des voies aériennes supérieures (VAS) : l'hypertrophie des tissus lymphoïdes, la déviation de la cloison nasale, la sinusite aiguë ou chronique, les allergies, l'asthme, les infections aiguës ou chroniques des VAS (Abreu et al., 2008 ; Guilleminault & Akthar, 2015). Parmi ces étiologies, la rhinite allergique et l'hypertrophie des végétations adénoïdes ressortent comme des prédicteurs majeurs de la RB (respectivement : 81,4 % et 79,22 % chez des enfants entre 3 et 9 ans ; Abreu et al., 2008). En plus de ces causes empiriquement établies, la littérature identifie également le reflux gastro-œsophagien (RGO) et la pollution comme d'autres causes potentielles d'obstruction des VAS (inflammation, allergies, etc.) et par conséquent, de RB (Kim et al., 2016 ; Sánchez et al. 2019 ; Tenero et al., 2017). Ces différentes causes obstructives n'empêchent pas seulement le passage de l'air par le nez à un instant déterminé. Elles favorisent à plusieurs niveaux l'apparition et le maintien d'un mode prédominant de RB. Voyons comment cela va se mettre en place.

Lorsque la RB s'ancre comme le mode de respiration principal, le nez n'accomplit plus ses rôles physiologiques (Hanif et al., 2000). Cela entraîne de premières modifications dans la physiologie et l'anatomie des VAS et des régions oropharyngées (Chung Leng Muñoz & Beltri Orta, 2014 ; Lee et al., 2007) : les régions nasopharyngées rétrécissent. Enfin, l'air inspiré par la bouche est moins réchauffé et filtré, majorant les risques d'une inflammation des tissus lymphoïdes (Kukwa et al., 2018 ; Ribeiro et al., 2016). Les VAS étant alors plus étroites, plus souvent inflammées et obstruées, cela peut favoriser la survenue et surtout le maintien la RB. Voici un premier mécanisme d'auto-entretien.

Ensuite, en s'ancrant comme mode principal de respiration, la RB enclenche une cascade de conséquences qui vont créer ensemble un cercle vicieux. Premièrement, la RB favorise une déviation fonctionnelle de l'étage buccal : la position de repos bouche ouverte est nécessaire pour permettre la

ventilation par la voie orale (Harari et al., 2010 ; Junqueira et al., 2010 ; Lopes et al., 2014). Par cette position s'ensuit une réponse adaptative de la langue (De Lemos et al., 2009 ; Harari et al., 2010 ; Junqueira et al., 2010) : elle devient soit basse, soit interposée (Milanesi et al., 2018). Deuxièmement, la RB, via cette déviation fonctionnelle de l'étage buccal, va favoriser la survenue de TMO. En effet, avec une langue dont la position s'est adaptée pour devenir basse ou interposée en réponse à la RB et avec la diminution de la force musculaire qui en découle, cela favorise le maintien d'une déglutition « atypique » (Azevedo et al., 2018 ; Gómez-González et al., 2024 ; Pereira et al., 2019). De plus, avec la déviation fonctionnelle de l'étage buccal, on constate aussi une moindre force musculaire lors des cycles masticateurs (Felicio et al., 2016 ; Ikenaga et al., 2013 ; Hsu & Yamaguchi, 2012). Plusieurs études associent le fait de mastiquer la bouche ouverte à un pattern de RB (Saitoh et al., 2018 ; Silva et al., 2007 ; Valera et al., 2003). Par ailleurs, l'efficacité masticatoire serait significativement diminuée en situation de ventilation buccale (Ikenaga et al. 2013 ; Hsu & Yamaguchi, 2012). Il est en effet plus difficile de mâcher et de respirer simultanément quand on ventile par la bouche, tandis que quand on ventile par le nez, les mouvements masticatoires se réalisent sans interruption (Ikenaga et al., 2013 ; Nagaiwa et al., 2016).

La RB interfère également avec la croissance orofaciale. En plus du fait que le non-fonctionnement de l'étage nasal favorise un sous-développement de l'espace nasopharyngé, la déviation fonctionnelle de l'étage buccal altère la croissance du complexe maxillaire et de la partie supérieure de la face (Badreddine et al., 2018 ; Lione et al., 2014). Lorsque la langue se retrouve basse, collée au plancher buccal, elle n'a ni l'occasion d'élargir et de modeler le palais dur, ni d'allonger et d'élargir le complexe maxillaire. Cela diminue la taille de l'arcade dentaire supérieure (Chung Leng Munoz & Beltri-Orta, 2014 ; Juliano et al., 2009 ; Lione et al., 2014). En

parallèle, quand l'enfant ne respire pas par le nez, il stimule moins sa cavité nasale : les os maxillaires et zygomatiques sont moins sollicités et moins pneumatés, ce qui conduit à un petit volume des sinus maxillaires et à des fosses nasales plus étroites (Agacayak et al., 2015 ; Holton et al., 2013 ; Mattar et al., 2012). Enfin, la déviation fonctionnelle de l'étage buccal altère aussi la position de repos mandibulaire et de ce fait la croissance de la mandibule (Bruwier & Limme, 2015 ; Chung Leng Muñoz & Beltri Orta, 2014 ; Juliano et al., 2009). On observe une rotation de la mandibule, se déplaçant vers l'arrière et vers le bas, couplée à une moindre expansion et une tendance à croître verticalement (Chung Leng Muñoz & Beltri Orta, 2014 ; Franco et al., 2015 ; Juliano et al., 2009), se marquant par un allongement de la partie inférieure de la face (Kawashima et al., 2002 ; Mattar et al., 2004 ; Souki et al., 2012).

Ensuite, la déviation fonctionnelle de l'étage buccal et les TMO sont décrites comme des causes fréquentes de malocclusions dentaires (Paolantonio et al., 2019 ; Zicari et al., 2009). Par exemple, on retrouve : l'articulé croisé latéral, la béance antérieure, la tendance à la rétrognathie (classe II), la protrusion et les malpositions dentaires (Mattar et al., 2012 ; Paolantonio et al., 2019 ; Souki et al., 2009 ; Zhou et al., 2016). Certains signes caractéristiques de la RB s'observent aussi directement sur l'esthétique du visage de l'enfant (Basheer et al., 2014 ; Bruwier & Limme, 2015 ; Chambi-Rocha et al., 2018) et participent à ce que l'on appelle le « faciès adénoïdien » ou « Long Face Syndrome » (Denotti et al., 2014).

Voyons maintenant comment, à leur tour, ces conséquences peuvent contribuer à maintenir une obstruction des VAS et donc une préférence pour le pattern de RB (Denotti et al., 2014 ; Zicari et al., 2009), bouclant ainsi le cercle vicieux. La déviation fonctionnelle de l'étage buccal, les TMO et les altérations cranio-faciales tendent à modifier la morphologie des VAS au cours du développement (Harari et al., 2010 ; Lee et al. 2007 ; Lione et al.,

2014). Si l'espace nasopharyngé, le maxillaire et l'étage supérieur de la face sont réduits en taille, ils diminuent l'efficacité des VAS et favorisent l'incompétence nasale. Voici déjà un premier aspect qui contribue à maintenir l'obstruction et à terme, la RB. Ensuite, si la mandibule croît verticalement et est moins allongée et si des malocclusions apparaissent, elles contribuent, elles aussi, à maintenir une préférence pour la ventilation orale (Harari et al., 2010 ; Zicari et al., 2009).

6.2.3. Les autres facteurs de risque de la RB

Plusieurs études identifient aussi un lien entre l'allaitement au biberon avant 6 mois et le développement d'un pattern habituel de RB (Limeira et al., 2013 ; Lopes et al., 2014). D'après Savian et al. (2021), les enfants qui n'ont pas été allaités au sein présenteraient 38 % de chances supplémentaires de développer une RB. En parallèle, les habitudes de succion non nutritives sont également fréquemment associées comme un facteur de risque de la RB (Lopes et al., 2014 ; Milanesi et al., 2018 ; Nihi et al., 2014). Ces deux modes de succion (nutritive et non nutritive) sont en fait liés : on observe que les enfants qui arrêtent l'allaitement au sein avant leurs 6 mois acquièrent plus facilement une habitude de succion non nutritive par la suite (Chen et al., 2015 ; Montaldo et al., 2011). Ainsi, Lopes et al. (2014) ont observé une association significative entre l'allaitement au biberon avant 6 mois, le développement d'un pattern de RB et l'habitude de succion non nutritive. En outre, le frein lingual restrictif est généralement cité comme un facteur de risque de RB (Guilleminault et al., 2016).

Entre causes et conséquences : la RB par habitude

En plus de ces différentes étiologies qui conduisent l'enfant à présenter une RB, il est tout à fait possible de voir le pattern habituel/préférentiel de RB persister et se chroniciser malgré l'absence ou la résolution des causes obstructives. On parle alors de RB par habitude (Costa et al., 2017 ; Pacheco et al., 2015 ; Sano et al., 2018). Cela serait partiellement

dû au cercle vicieux auto-entretenu des causes et conséquences (Denotti et al., 2014 ; Zicari et al., 2009). Une autre explication est que la ventilation buccale demande un moindre effort que la ventilation nasale (Elad et al., 2008). De surcroît, moins le nez est utilisé et plus il a tendance à être encombré, ce qui accentue la difficulté à retourner vers un pattern de RN (Lee et al., 2007).

Les conséquences connexes

La RB est fréquemment associée aux troubles respiratoires obstructifs du sommeil, s'étalant de la RB nocturne aux apnées du sommeil en passant par les ronflements (Archambault, 2018 ; Izu et al., 2010 ; Pacheco et al., 2015). Le lien entre RB et les troubles respiratoires du sommeil s'explique de deux manières. D'une part, ces deux troubles partagent des étiologies communes (Cao et al., 2018 ; Damianaki et al., 2019 ; Guilleminault & Akhtar, 2015 ; Izu et al., 2010) : l'hypertrophie des tissus lymphoïdes, les allergies, l'asthme, les infections des VAS et un frein lingual court. D'autre part, la RB elle-même, en entraînant une déviation fonctionnelle de l'étage buccal, favorise les lèvres ouvertes et la langue basse, le rétrécissement des régions nasopharyngées et la modification de la position de repos mandibulaire (Chung Leng Muñoz & Beltri Orta, 2014 ; Harari et al., 2010 ; Junqueira et al., 2010). Le cercle vicieux ainsi installé encourage l'enfant à maintenir un pattern de RB durant son sommeil, résultant en l'apparition d'un trouble du sommeil plus ou moins grave (Guilleminault & Huang, 2018), lequel renforce en retour les facteurs de risque et les conséquences de la RB (Felicio et al., 2016 ; Juliano et al., 2009) et alimente alors le cercle vieux.

Ces troubles du sommeil ont également des répercussions sur les apprentissages et le comportement. Les enfants avec RB présentent en effet une plus grande occurrence de troubles des apprentissages (Ribeiro et al., 2016), les difficultés de sommeil favorisant à terme l'apparition de difficultés d'apprentissage (Trosman & Trosman, 2017). En effet, en cas de troubles, le sommeil est perturbé et fragmenté par un nombre important micro-éveils,

ainsi que par l'hypoxie cérébrale qui en découle (Aubertin et al., 2013 ; Zhang et al., 2024). Ceci impacte la régénérescence neuronale et l'homéostasie, fragilisant les régions préfrontales (au contrôle des fonctions exécutives) et les capacités de mémorisation (Trosman & Trosman, 2017). En réaction à un sommeil inadapté et fragmenté, l'enfant peut également présenter des troubles du comportement tels que de l'irritabilité, de l'hyperactivité ou encore des difficultés de concentration qui peuvent parfois s'apparenter à un Trouble du Déficit de l'Attention avec ou sans Hyperactivité (TDAH, McKeown & Macaluso, 2017 ; Sedky et al., 2014). Au final, avec tous ces points exposés, il est assez logique de concevoir que la RB tend à diminuer la qualité de vie (Leal et al. 2016).

6.2.2. Les déglutitions atypiques

On parle en général de déglutition atypique lorsqu'on observe la persistance de la déglutition infantile, ce qui traduirait un échec de la maturation du schéma de déglutition. Toutefois, rappelons que l'âge de transition de la déglutition infantile à la déglutition adulte diffère entre les auteurs, certains choisissant le repère de 4 ans (Peng et al., 2003 ; Schwemmler & Arens, 2018) et d'autres de 6 ans (Proffit et al., 2018 ; Senez & Martinet, 2015). La déglutition atypique se manifeste par une langue basse ou des mouvements latéralisés, une interposition linguale, un contact avec les dents, un manque d'activation des muscles masticateurs et une implication excessive du muscle orbiculaire des lèvres (Chabre, 2019 ; Gómez-González et al., 2024 ; Gonçalves et al., 2022 ; Macedo & Bianchini, 2014). Notons toutefois qu'il existe plusieurs formes de déglutition atypique, si bien qu'on devrait parler de « déglutitions atypiques ».

On estime qu'environ 50 % des enfants de 5 ans présenteraient une déglutition infantile ou dysfonctionnelle (Begnioni et al., 2020). Rappelons qu'en l'absence d'un âge de transition fixe, il est complexe d'arrêter un

chiffre sur la prévalence de la déglutition atypique. À cela s'accumule le manque de données dans la littérature. On estime néanmoins que la fréquence de la déglutition atypique diminuerait progressivement avec l'âge : elle passerait à 38 % lors de la dentition mixte, puis à 25-30 % lors de la dentition définitive, pour persister chez 15 % les adultes (Begnoni et al., 2020).

La littérature évoque plusieurs étiologies possibles. Des anomalies des tissus mous tels que l'hypotonie linguale ou le frein lingual restrictif, ainsi que des troubles de la croissance cranio-faciale, tels que la prognathie mandibulaire ou les béances dentaires, peuvent entraîner une déglutition atypique (Bally, 2018 ; Ozturk et al., 2022 ; Van Dyck et al., 2016). Les habitudes prolongées de succion non nutritive et l'utilisation du biberon sont susceptibles d'engendrer des déséquilibres musculaires, à l'origine notamment d'une déglutition atypique (Bally, 2018 ; De Scudine et al., 2023 ; Ozturk et al., 2022). Enfin, la RB et les déséquilibres qu'elle peut causer sont susceptibles de favoriser la survenue d'une déglutition atypique, comme nous l'avions présenté au point précédent (Gómez-González et al., 2024).

Les conséquences de la déglutition dysfonctionnelle sont nombreuses. Celles-ci varient selon le type de déglutition présentée, c'est-à-dire, le schéma de déglutition qui est adopté et pérennisé, ainsi que le temps de maintien de ce schéma (Gonçalves et al., 2022). On retrouve des impacts sur la morphologie comme une faible croissance transversale de l'arcade supérieure, une rétrognathie mandibulaire, des protrusions des incisives supérieures ou inférieures, un palais étroit, des béances dentaires et des articulés croisés postérieurs, qui semble être la malocclusion la plus fréquente (Begnoni et al., 2020 ; Gómez-González et al., 2024 ; Gonçalves et al., 2022). On observe d'autres conséquences possibles dans la littérature comme l'altération de la posture de langue au repos, des troubles de l'articulation temporo-mandibulaire, des déséquilibres musculaires au niveau des muscles de la mimique et de la mastication (Maspero et al., 2014; Mozzanica et al., 2021).

6.2.3. La mastication dysfonctionnelle

Nous étions partis du principe que les troubles de la mastication, appelés également mastication dysfonctionnelle, correspondaient à une mastication déséquilibrée ou inefficace (D’Onofrio, 2019). Toutefois, il convient de souligner qu’il n’existe à ce jour, dans les approches logopédiques et myofonctionnelles, aucune définition consensuelle et clairement établie de ce que recouvre précisément la mastication dysfonctionnelle. Dans ce contexte, Warnier (2025) propose un travail de réflexion théorique visant à comprendre et dépasser cette absence de définition. Elle suggère que l’une des difficultés majeures réside dans le caractère réducteur du terme « mastication », lequel renvoie littéralement à l’acte de broyage et ne rend pas compte de l’ensemble des processus impliqués dans la préparation du bol alimentaire. Un argument central en faveur de cette position émerge de l’analyse de la littérature scientifique : l’usage du terme « chewing » conduit à ignorer une part importante des travaux existants, les auteurs employant une diversité de termes pour désigner les processus de préparation du bol alimentaire. Cette hétérogénéité terminologique engendre à la fois un phénomène de bruit conceptuel et une occultation partielle des publications.

Ainsi, Warnier (2025) propose de dépasser le terme « mastication » pour adopter plus largement le concept d’« Oral food processing ». Ce terme, largement utilisé en sciences alimentaires et en ingénierie agroalimentaire, apparaît plus approprié dans la mesure où il intègre l’ensemble des processus sous-jacents à la préparation orale des aliments, incluant la préhension et l’incision, le transport lingual, la mastication en elle-même, la formation du bol alimentaire et la phase orale de la déglutition. Dans cette perspective, les « troubles de la mastication » sont requalifiés, à titre de proposition théorique, en « *Troubles du traitement oral des aliments* » (Warnier, 2025).

S’inspirant du projet CATALISE (Bishop et al., 2017) dans le champ du TDL, Warnier (2025) poursuit sa réflexion en suggérant une reconsidération de la terminologie des troubles du traitement oral des aliments. Elle propose de distinguer (1) les troubles du traitement oral des aliments secondaires à X, regroupant les altérations qui sont expliquées par la présence d’une condition biomédicale, et (2) les formes idiopathiques (c’est-à-dire développementales) qui surviennent dans le cours du développement et qui ne sont pas expliquées par la présence d’une condition biomédicale. Cette distinction apparaît particulièrement pertinente dans la mesure où la mastication est une fonction acquise, construite progressivement au cours du développement de l’enfant (Kalhoff et al., 2024). Cette forme, qui intéresse tout particulièrement la pratique logopédique pédiatrique, est ainsi proposée sous le terme de « *Trouble développemental du traitement oral des aliments.* » (Warnier, 2025) Elle est définie comme « *l’altération de la préhension-incision, du transport lingual, la mastication, de la formation du bol alimentaire et/ou de la phase orale de la déglutition survenant au cours du développement et susceptible de persister à l’âge adulte.* » Cette proposition conceptuelle conduit également à une approche repensée de la pose du diagnostic, intégrant davantage la dimension développementale. Parmi les troubles développementaux, on différencierait les enfants dits vulnérables ou à risque, pour lesquels une démarche de prévention est privilégiée, des enfants plus âgés ou présentant un profil fonctionnel permettant de parler de troubles avérés, relevant alors davantage d’une logique d’intervention que de prévention. Par souci de cohérence terminologique et étant donné que la proposition de Warnier demeure, à ce jour, une proposition théorique, nous maintiendrons dans ce travail l’emploi du terme « mastication ».

La présentation des signes cliniques de la mastication dysfonctionnelle consiste le plus souvent en une description des comportements inadéquats au regard des critères de mastication

physiologique. Il s'agit par exemple d'un pattern masticatoire inadéquat (unilatéral non alterné, mastication impotente, absence de mastication), un temps de mastication trop long, une morsure inadéquate, un manque de coordination, etc. (Le Révérend et al., 2014 ; Ross, 2022 ; Souto-Souza et al., 2020). Dans les faits, la littérature est très peu fournie en ce qui concerne la description des signes cliniques de la mastication dysfonctionnelle au sein d'un échantillon présentant réellement des TMO. Néanmoins, quelques études ont tenté d'offrir une description un peu plus détaillée : par exemple, l'étude d'Ikeda et al. (2023) a observé la mastication de 15 enfants avec TMO et 26 enfants contrôles. Les résultats montrent que 80 % des enfants mastiquaient de façon unilatérale avec un côté préférentiel (indépendamment du groupe), indiquant qu'il n'y avait pas de différence entre les groupes sur le pattern masticatoire. Ensuite, les TMO étaient associés à une activité réduite des muscles masséters, très impliqués dans la mastication, et à des cycles plus longs, sans déficit de force maximale ni de durée totale de mastication. En plus de ces signes potentiels, d'autres études observent des difficultés ou signes de difficultés rapportés par les parents comme la présence d'inquiétude parentale concernant les capacités alimentaires, un long temps masticatoire, le fait d'avaler sans mâcher, la préférence de texture molle, la présence de fatigue musculaire ou encore le fait de boire beaucoup lors du repas (Billings et al., 2018 ; Ota et al., 2022). Néanmoins, il est complexe de tirer des généralités et de caractériser ce qu'est réellement une dysfonction masticatoire au départ d'un nombre si restreint d'études.

Paradoxalement au manque d'études qui détaillent précisément les signes d'une mastication dysfonctionnelle, il existe bien davantage d'études qui ont tenté d'expliquer les causes d'une mastication fonctionnelle ou dysfonctionnelle. Comme nous l'avions précédemment développé, la RB pourrait être l'une des origines des dysfonctions masticatoires. Plusieurs études associent en effet ces deux conditions (Saitoh et al., 2018 ; Valera et

al., 2003) et d'autres montrent que l'efficacité masticatoire tend à être moindre en cas de RB ou de respiration orale induite par une obstruction nasale forcée (Ikenaga et al. 2013 ; Hsu & Yamaguchi, 2012). Il est en effet plus difficile de mâcher et de respirer simultanément quand on ventile par la bouche, tandis que quand on ventile par le nez, les mouvements masticatoires se réalisent sans interruption (Ikenaga et al., 2013 ; Nagaiwa et al., 2016).

Pour la mastication aussi, la succion nutritive et succion non nutritive sembleraient favoriser la survenue de difficultés (Au Yeung et al., 2024 ; De Scudine et al., 2023 ; Pires et al., 2012 ; Souto-Souza et al. 2020). L'état bucco-dentaire est également susceptible d'influencer la fonction masticatoire, puisqu'une douleur ou une carie peut entraîner une mastication modifiée afin d'éviter la zone douloureuse (Au Yeung et al., 2024 ; Bally, 2018). Ensuite, la nature et la texture des aliments sont susceptibles d'influencer les capacités masticatoires chez les enfants. Par exemple, les aliments durs stimulent davantage les muscles masticateurs et favorisent des cycles masticatoires plus larges (Pereira et al., 2006 ; Limme, 2010). À l'inverse, une alimentation majoritairement composée d'aliments mous ou attendris limite cette stimulation. Enfin, il existe de nombreux paramètres et déterminants influençant les compétences alimentaires qui dépendent (1) de facteurs individuels, comme les préférences, la génétique, les choix alimentaires ou convictions des parents, l'environnement familial ou encore la santé mentale ; et (2) de facteurs socio-environnementaux comme la situation ou le milieu socio-économique, le contexte éducatif, la modélisation sociale, la culture et la façon de préparer, cuisiner et présenter les repas (Chow et al., 2024 ; Cruwys et al., 2015 ; Scaglioni et al., 2011). Nous n'explorerons pas davantage ces éléments dans le cadre de notre travail.

Tout comme la RB et la déglutition atypique, la mastication dysfonctionnelle s'accompagne de conséquences. Elle contribue également à

la survenue de malocclusions et malpositions dentaires (Au Yeung et al., 2024). À leur tour, ces malocclusions favorisent une modification des positions de repos, pouvant contribuer à un sous-développement du maxillaire et au maintien des dysfonctions orofaciales (D'Onofrio, 2019). Parmi les autres conséquences, il peut également y avoir une altération des processus de digestion (Remijn et al., 2014). Des troubles temporo-mandibulaires peuvent aussi apparaître à plus long terme (Godelar, 2017). Enfin, quelques études suggèrent également la potentielle association entre les dysfonctions masticatoires et la présence de troubles obstructifs du sommeil (de Felicio et al., 2016 ; Hoang et al., 2023).

6.3. L'évaluation des fonctions orofaciales

Conformément à notre vision logopédique, développementale et fonctionnelle, nous présenterons les évaluations qui sont applicables en recherche et adaptées en clinique logopédique. Rappelons que l'évaluation myofonctionnelle est multidisciplinaire et nécessite les évaluations de plusieurs professionnels (ORL et orthodontistes, principalement). Nous nous restreignons volontairement à la partie de l'évaluation fonctionnelle qui peut être mise en place dans le cadre logopédique. Nous détaillerons tout d'abord les tests « généraux ou globaux » qui évaluent conjointement plusieurs fonctions orofaciales ; avant de présenter quelques tests pour évaluer plus précisément chaque fonction.

Tests généraux

Tout comme c'est le cas pour la parole, on distingue différents types de tests adaptés pour chaque objectif d'évaluation (pour rappel : le screening, le diagnostic, la compréhension du profil et la mesure de l'évolution). Concernant le screening, le Nordical Orofacial Test Screening (NOT-S, Bakke et al., 2007) est un outil très répandu. Ce test est simple d'utilisation, a été traduit (mais pas validé) dans plusieurs langues, dont le français. Sa

version originale a été validée auprès d'une population de 3 à 86 ans et il a été normé (Bergendal et al., 2014). Au vu de la diversité des domaines évalués (mastication-déglutition, respiration, motricité orofaciale, apparence faciale, bavage, sécheresse buccale, parole, etc.), il obtient une bonne sensibilité (96 %), mais une spécificité limitée (63 %), le rendant plutôt adéquat pour objectiver un trouble fonctionnel massif. Le Berliner orofaciales Screening (BoS, Pollex-Fischer & Rohrbach, 2017) est un autre test de screening. Il est validé chez une population de 2;11 à 55 ans, mais uniquement disponible en allemand.

Concernant les tests de diagnostic et de compréhension du profil, le protocole MBGR (Marchesan et al., 2012) fait partie des évaluations exhaustives offrant la possibilité d'établir un plan thérapeutique bien fourni. Il existe uniquement en anglais et en portugais et est peu adapté en recherche puisque ses qualités psychométriques n'ont pas été vérifiées, qu'il n'est pas normé, que sa passation est longue et que ses consignes manquent parfois de clarté (Kilinc & Mansiz, 2023 ; Marchesan et al., 2012). La version pédiatrique du MBGR a été publiée en 2022 et s'intitule le MMBGR (Medeiros et al., 2022). Il s'agit d'un test adapté et validé pour les enfants de 6 à 71 mois, avec deux formes de protocoles (une pour les enfants de 6 à 23 mois et la seconde pour les enfants de 24 à 71 mois). Ce test très complet comprend une évaluation de l'apparence faciale, du tonus, de l'état buccal et des fonctions orofaciales reprises comme la respiration, la succion, la déglutition, la mastication et la parole (test de parole en portugais). Pour les mêmes raisons que le MBGR, ce test est peu transférable en recherche.

L'Orofacial Myofunctional Evaluation with Scores (OMES, de Felício & Ferreira, 2008) est le protocole le plus employé dans la littérature (Kilinc & Mansiz, 2023). Il est présent sous plusieurs variantes : la version italienne (I-OMES, Scarponi et al., 2018), la version informatisée (de Felício et al., 2014), la version web (Ataide et al., 2023), la version étendue (E-

OMES, de Felício et al., 2010), la version pour les enfants de 6 à 24 mois (OMES-E Infants, Medeiros et al., 2021), la version pour jeunes et adultes (de Felício et al., 2012) et la version pour personne âgée (de Felício et al., 2017). La tranche d'âge préscolaire n'est malheureusement pas encore disponible. Sa forme originale a été validée auprès de 80 enfants avec et sans TMO et âgés de 6 à 12 ans (de Felício & Ferreira, 2008). Le test a montré une très bonne validité concourante, fidélité test-retest et inter-juges. L'OMES est composé de différentes parties, à savoir : l'apparence et la posture (des lèvres, de la mandibule, des joues, du visage et du palais), la mobilité ou NSOMs (des lèvres, de la langue, de la mâchoire et des joues) et les fonctions orofaciales. Cette dernière section permet d'évaluer la respiration (nasale ou buccale), la déglutition (comportement lingual et labial, la présence de mouvements de tête, de tensions ou de fuites alimentaires, ainsi que l'efficacité de la déglutition), et la mastication (le type de morsure, le type de mastication, la présence de mouvements de tête, d'une posture altérée ou de fuites alimentaires). Chaque comportement est évalué à l'aide d'une échelle allant de 1 à 3 ou de 1 à 4. Le score total du test varie de 32 à 104. Plus les scores obtenus sont élevés, plus les fonctions sont efficaces et bien réalisées. La version traduite de l'OMES est disponible dans l'Annexe 1. La procédure de traduction sera décrite dans les études 4 & 5 de la partie expérimentale.

Tests spécifiques des fonctions

Respiration

Il existe également des tests destinés à évaluer une fonction en particulier ou à mettre en évidence une altération en particulier. Nous commencerons par les tests qui ciblent la respiration et cherchent à objectiver la RB. Celle-ci s'observe principalement par trois moyens : des questions issues de questionnaires anamnestiques, l'examen clinique visuel/fonctionnel et des tests respiratoires (Costa et al., 2017). On retrouve en premier lieu l'examen clinique visuel qui est à privilégier, car il propose une observation

visuelle directe de l'enfant et de son pattern respiratoire. En effet, ce type de tests permet une évaluation fonctionnelle de la respiration, et non une observation des conséquences et signes associés à la RB ou encore une évaluation de la RN sous contrainte (Costa et al., 2017 ; Warnier et al., 2023).

L'outil Awake Breathing Pattern Assessment (ABPA, Warnier et al., 2024) en constitue un exemple représentatif. Cette grille est un outil clinique récent, qui est née du constat que la détection du pattern habituel de respiration n'avait pas encore fait l'objet d'un consensus, qu'il existait un manque de recommandations claires sur les critères à employer pour détecter la présence d'un RB et par conséquent, qu'il existait un manque d'outil clinique valide et adapté pour l'évaluation de la RB à l'âge préscolaire (Warnier et al., 2023). Cette grille est née de la suite d'un processus de Delphi qui a établi et validé, à l'aide d'un consensus d'experts, les conditions, contextes et critères d'observation de la RB, ainsi que les signes associés à la présence de la RB (Warnier et al., 2023). L'ensemble des réponses et les consensus obtenus sur les critères ont abouti à la création de la grille ABPA qui ensuite fait l'objet d'une validation psychométrique auprès d'un échantillon de 133 enfants d'âge préscolaires (Warnier et al., 2024). Finalement, l'outil ABPA permet de classer le pattern préférentiel de respiration de l'enfant à l'éveil en deux groupes différents : la RN et la RB. Elle se base sur l'observation du pattern habituel de respiration à travers 6 critères (C1 à C6), regroupés en 3 contextes ou conditions d'observation. La respiration au repos est le premier contexte d'observation : on y évalue le temps passé par l'enfant à respirer dans une certaine position buccale (bouche ouverte/fermée, C1), la position qu'occupe la langue pour plus de la moitié du temps d'observation (haute, basse, basse et interposée, C2) et le degré d'ouverture des lèvres pour plus de la moitié du temps d'observation (fermées, légèrement ouvertes, semi-ouvertes, grandes ouvertes ou sans pattern principal, C3). La respiration lors de la mastication est le second

contexte d'observation : on y évalue le temps passé par l'enfant à respirer dans une certaine position buccale pendant la mastication (bouche ouverte/fermée, C4). Et enfin, la respiration après la déglutition est le troisième et dernier contexte d'observation : on y évalue la position de repos de la bouche juste après avoir dégluti (bouche fermée ou ouverte, C5) et le mode de reprise d'air juste après avoir dégluti (première prise d'air par la bouche ou par le nez, C6). Cet outil présente une sensibilité de 62.71 % et une spécificité de 82.43 %. Il présente également une excellente fiabilité inter-juges et une bonne cohérence interne. La grille ABPA détaillée se trouve dans l'Annexe 2 de cette thèse.

À côté des examens cliniques visuels et fonctionnels, la littérature fait état de plusieurs tests respiratoires et questionnaires anamnestiques. Les tests respiratoires reprennent un ensemble d'épreuves qui consistent à contraindre l'enfant à respirer par le nez : ce sont les tests d'étanchéité labiale, du miroir gradué (ou miroir de Glatzel), test de Rosenthal et test de rétention d'eau (Pacheco et al., 2015). Le test d'étanchéité labiale consiste à sceller complètement la bouche de l'enfant à l'aide d'un morceau de papier collant pendant 3 minutes. Pour le test de rétention d'eau, l'enfant doit garder un peu d'eau dans sa bouche pendant 3 minutes (Pacheco et al., 2015). Ces 2 tests nous permettent d'observer si l'enfant parvient à respirer par le nez, pendant 3 minutes à l'éveil (Pacheco et al., 2015) et ils permettraient de différencier la RB due à une obstruction, de la RB par habitude (Zaghi et al., 2020). En effet, un enfant qui a une RB par habitude peut réussir ces épreuves en faisant l'effort de respirer par le nez, ce qui n'est pas le cas de l'enfant avec une RB par obstruction (Costa et al., 2017). Le test de Rosenthal qui consiste à effectuer, lèvres scellées, 15 cycles inspiration-expiration par le nez. Enfin, un dernier test est le test du miroir. Il consiste à placer un miroir gradué sous les narines de l'enfant qui doit respirer comme à son habitude ; après la deuxième expiration, l'examineur mesure le halo de buée qui s'est formé suite à l'expiration nasale. Un halo de moins de 30 mm est associé à une RB chez l'enfant d'âge scolaire (Pacheco et al., 2015).

Les questionnaires anamnestiques permettent d'obtenir des informations sur l'obstruction nasale (Abreu et al., 2008 ; De Menezes et al., 2006 ; Milanesi et al., 2018), sur le sommeil (ronflements, dormir avec la bouche ouverte, baver sur l'oreiller, ...), sur les infections de la sphère ORL et enfin sur des aspects comportementaux (la somnolence diurne, l'irritabilité en journée, les habitudes orales, l'allaitement, les difficultés d'apprentissage, le manque d'attention et de concentration) (Abreu et al., 2008 ; Milanesi et al., 2011 ; Sano et al., 2018). Nous nous attarderons dans ce cas-ci sur le questionnaire « *Short Orofacial Myofunctional protocol* » (ShOM, Correia et al., 2020). Le ShOM est un instrument évaluant le mode de respiration, le tonus labial, la posture linguale, le tonus des muscles dilatateurs des ailes du nez, l'occlusion, ainsi que les tests de Glatzel et de Rosenthal. Au total, dix items sont cotés 0 (normal) ou 1 (altération), pour un score maximal de 10, indiquant que plus le score est élevé, plus les altérations sont nombreuses. Notons néanmoins qu'il existe peu de détail concernant le protocole et la passation de ce test dans l'article de validation (Correia et al., 2020). Le ShOM a été initialement mis au point pour évaluer la présence d'apnées obstructives du sommeil (SAOS) et non la RB, mais il est composé de nombreux items qui sont traditionnellement employés pour l'évaluation de la respiration à l'éveil et non dans le sommeil. Il s'agit de la raison pour laquelle nous avons choisi de l'aborder.

Ces tests, et surtout les tests respiratoires, ont fait l'objet de plusieurs critiques importantes. Bien qu'ils soient considérés comme des outils permettant de différencier la RB obstructive de la RB fonctionnelle, ils sont en réalité critiqués pour être insuffisamment discriminants et peu sensibles. En effet, l'étude de Zaghi et al. (2020) a montré que des RB sont capables de respirer confortablement par le nez lorsqu'ils y sont contraints. Contraindre à respirer par le nez ne constitue donc pas un indicateur fiable du mode habituel de respiration. Ce constat avait d'ailleurs été souligné par le processus Delphi

de Warnier et al. (2023), dans lequel les experts s'accordaient à considérer la RN forcée comme un indicateur peu fiable et représentatif du pattern habituel de respiration. Par ailleurs, la plupart des tests respiratoires ont été validés et étudiés principalement pour des spécialistes tels que les orthodontistes, les ORL ou les dentistes (Costa et al., 2017 ; Pacheco et al., 2015 ; Sano et al., 2018), ce qui limite leur transposabilité à la logopédie. En outre, les questionnaires et tests respiratoires ont été développés principalement pour des enfants d'âge scolaire, restreignant ainsi leur applicabilité à l'âge préscolaire. Enfin, Costa et al. (2017) soulignent qu'un manque d'accord inter-juges est fréquemment observé lors de l'identification du pattern de RB à partir de ces outils, ce qui interroge leur fiabilité diagnostique. Malgré ces critiques, ces tests sont pourtant encore largement utilisés en clinique.

Déglutition & Mastication

Nous abordons la mastication et la déglutition ensemble, car il existe finalement peu de tests qui évaluent spécifiquement l'aspect fonctionnel du temps oral de la déglutition. La plupart des tests vont soit permettre une évaluation globale de la déglutition (c'est-à-dire les trois temps de la déglutition) ; soit une évaluation conjointe de la déglutition et de la mastication. Nous avons choisi de présenter quelques tests qui correspondent davantage au second cas de figure, car ils adhèrent mieux à notre vision logopédique, développementale et fonctionnelle. Nous nous focaliserons sur les tests adaptés pour l'âge préscolaire.

Toutefois, avant de procéder à une évaluation de la fonction en soi, notons que la mastication peut s'évaluer à l'aide de questionnaires ou de questions anamnestiques à destination des parents. Il peut par exemple s'agir de question comme « *Votre enfant a-t-il des difficultés à mastiquer* » ; « *Coupez-vous la viande/les légumes/fruits de votre enfant avant qu'il ne la/les mange ?* » ; « *Votre enfant est-il sélectif/difficile pour manger ?* » ; « *Votre enfant a-t-il des préférences marquées à l'égard de*

certaines aliments ? » ; « Votre enfant accepte-t-il facilement de nouveaux aliments ? » (Au Yeung et al., 2024 ; Toyama & Agras, 2016). Ces questions donnent déjà une certaine indication de la présence d'une potentielle difficulté.

Parmi les tests spécifiquement destinés à l'évaluation de la mastication (et comprenant parfois l'évaluation de la déglutition), nous pouvons retrouver le Mastication Observation and Evaluation (MOE, Remijn et al., 2014). Ce test a fait l'objet d'une validation psychométrique au départ d'un groupe sain de 80 enfants âgés de 6 à 48 mois. Il se destine à l'évaluation de la mastication dans cette tranche d'âge, bien que ces items pourraient être adéquats, moyennant validation, pour des enfants de plus de 48 mois. Le MOE n'a pas encore été validé en français. La passation nécessite de filmer l'enfant pendant qu'il mastique (afin de pouvoir l'évaluer plus fidèlement plus tard) et de proposer deux consistances alimentaires : du pain et un biscuit croquant. Le test évalue la fonction masticatoire de la mise en bouche jusqu'à la déglutition et comprend 8 items : protrusion linguale, mouvements masticatoires de la langue, mouvements masticatoires de la mâchoire, durée de la mastication, présence de fuite alimentaire, nombre de déglutitions et fluidité ou coordination. Les items sont scorés sur une échelle ordinale de 4 points (de très inadéquat =1, à très adéquat = 4). Le score maximal est de 32, avec un meilleur comportement alimentaire qui se traduit par un score plus élevé. L'outil a montré une bonne consistance interne et une bonne fidélité inter-juges. En revanche, il ne fournit pas de normes, mais un score moyen de 24.7 (ET = 3.4).

Nous citerons ensuite le Test of Masticating and Swallowing Solids – Children (TOMASS-C, Frank et al., 2019). Il s'agit du seul outil quantitatif et normé pour évaluer la fonction masticatoire chez les enfants. Il se destine aux enfants âgés de 4 à 18 ans. Il a été validé et normé au départ de 638 enfants sains, répartis en 5 groupes d'âge : 4;0-5;11, 6;0-7;11, 8;0-9;11, 10;0-13;11,

14;0-17;11 ans. Il consiste à donner un biscuit salé standardisé (ex. : TUC Classic, LU®) et à demander à l'enfant de le manger aussi vite que possible, confortablement, en disant son nom à la fin. Il évalue 4 paramètres quantitatifs : nombre de bouchées, cycles masticatoires (mouvements haut-bas de la mâchoire), déglutitions (mouvement du cartilage thyroïdien) et temps total pour ingérer le biscuit (chronométré de la prise aux lèvres à la fin). Les propriétés psychométriques, dont la fidélité, sont excellentes ; les normes sont calculées selon l'âge et le type de biscuit. Chez les enfants avec un TMO, on observe généralement un score déficitaire dans au moins un des quatre items.

Le troisième test que nous aborderons est le Masticatory Profile (Silva et al., 2016). Il se destine aux enfants de 3 à 5 ans et a été validé sur son contenu auprès d'un groupe de 60 enfants sains. Il comprend 10 items qui abordent la posture des lèvres, le type d'incision, le mode de morsure, le pattern masticatoire, les mouvements mandibulaires, la contraction péribuccale, la quantité ingérée, la vitesse masticatoire, l'interposition de la lèvre inférieure et la présence de résidus (correspondant à la proprioception). Tous les items sont scorés de 1 (comportement inadéquat) à 3 (adéquat) pour un total variant de 10 à 30. La passation se réalise en proposant de la baguette à l'enfant. Sa mastication est observée directement et par vidéo, en comptant les cycles et le temps pour 3 portions. Bien qu'il soit validé sur son contenu, l'outil n'a pas fait l'objet d'une validation psychométrique et ne propose pas de norme.

Nous présenterons finalement un test qui aborde la performance masticatoire en tant que telle : le test du chewing-gum à changement de couleur (Masticatory Performance Evaluating Gum XYLITOL® ; Hama et al., 2017 ; Tarkowska et al., 2017). Ce test évalue la performance masticatoire via le changement de couleur du chewing-gum dû au pH salivaire après 60 cycles masticatoires. La couleur du chewing-gum est ensuite comparée à une

échelle colorimétrique (voir Figure 14) qui détermine si le chewing-gum a été mastiqué efficacement, appréciant ainsi la performance masticatoire. L'étude d'Hama et al. (2017) a montré que l'utilisation de ce protocole auprès d'enfants préscolaires (4-6 ans ; n= 259) était possible, efficace et fiable. Le score médian, sur l'échelle de colorimétrie, était de 8 pour les enfants ayant l'habitude de mâcher des chewing-gums et de 7 pour ceux qui n'en avaient jamais mâché. En parallèle, la revue de Tarkowska et al. (2017) a montré que ce test était valide et fiable, avec une bonne validité de construit et fidélité inter- et intra-juges, pour mesurer la performance masticatoire.

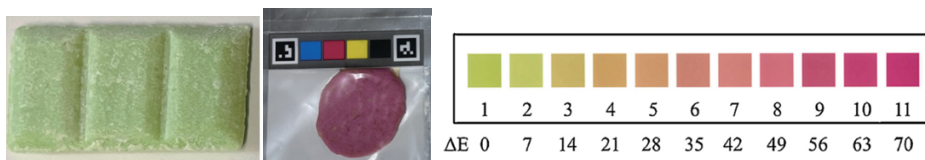


Figure 14. Masticatory Performance Evaluating Gum XYLITOL® et son échelle de colorimétrie (repris et adapté de Hama et al., 2024 ; Tarkowska et al., 2017)

6.4. En synthèse

Le chapitre 6 a porté sur le développement, les troubles et l'évaluation des trois principales fonctions orofaciales non verbales : la respiration, la mastication et la déglutition. Ce chapitre a notamment souligné les impacts considérables des TMO sur la santé, la croissance, les apprentissages et la qualité de vie. De plus, il a aussi mis en lumière le phénomène du cercle vicieux auto-entretenu qui lie causes, troubles et conséquences, mais qui complexifie également la compréhension de ces troubles. Ces répercussions et particularités font des fonctions orofaciales un domaine incontournable dans toutes les professions de la petite enfance, dont la logopédie.

En revanche, notre chapitre n'a eu de cesse de mettre en évidence plusieurs limites et défis actuels dans ce domaine. Tout d'abord, les TMO souffrent d'un manque de définitions claires, tant pour le trouble en général que pour ses manifestations spécifiques. Des questions terminologiques persistent et nécessitent des clarifications. Par ailleurs, la prévalence des TMO reste difficile à établir, que ce soit globalement ou pour chaque fonction prise isolément. Le manque d'outils adaptés à la tranche d'âge scolaire constitue également un obstacle majeur. Ainsi, pour la tranche d'âge préscolaire, nous identifions des enjeux de taille qui se concentrent sur l'amélioration des définitions, de la terminologie et surtout des outils d'évaluation.

Enfin, un constat notable émerge : certains tests et définitions considèrent les atteintes en parole comme faisant partie intégrante des TMO, que ce soit parmi leurs conséquences ou leurs manifestations. Plusieurs outils d'évaluation des fonctions orofaciales incluent d'ailleurs une composante dédiée à la parole. C'est notamment dans ce contexte que s'inscrit l'exploration des liens entre fonctions orofaciales et parole, que nous allons aborder au prochain et dernier chapitre de l'introduction théorique.

7. Chapitre 7 : Hypothèses et données empiriques d'un lien entre la parole et les fonctions orofaciales

En clinique, il est parfois postulé que la parole se développe en relation étroite avec les fonctions orofaciales non verbales, en particulier la respiration, la déglutition et la mastication. Une enquête a montré que 60 % des logopèdes considèrent que la parole se développe à partir de comportements moteurs oraux précoces (Lof & Watson, 2008). Cette conception se reflète également dans certaines définitions des TMO, qui incluent parfois les troubles de la parole comme composante du tableau clinique (ASHA, n.d-c. ; Billings et al., 2018). De même, nous avons vu que plusieurs tests, comme le NOT-S (Bakke et al., 2007) ou le MMBGR (Medeiros et al., 2022), incluent des évaluations de la parole dans l'évaluation des fonctions orofaciales. Cette conception a notamment émergé du constat que ces fonctions partagent une anatomie et une physiologie communes et qu'elles sont inhérentes au système stomatognathique (McFarland, 2022). Comme évoqué dans les chapitres 1 et 6, la mandibule, la langue, les lèvres et les dents sont sollicitées tant pour les fonctions orofaciales que pour la production de la parole. La mise en action de ces structures dans les diverses fonctions orofaciales, qu'elles soient verbales ou non, implique une coordination sensorimotrice fine et adaptative (Kent, 2024).

Toutefois, l'hypothèse d'un lien direct entre le développement de la parole et celui des fonctions orofaciales est loin de faire consensus dans la littérature scientifique. Les conceptions théoriques, données neurologiques, expérimentales et pathologiques disponibles apportent en effet des arguments à la fois en faveur et en défaveur de cette hypothèse. Ce chapitre vise dès lors à faire état des conceptions théoriques et des données empiriques actuelles permettant de suggérer ou réfuter un tel lien, tout en mettant en évidence les limites de ce champ de recherche. Il introduit ainsi la problématique centrale autour de laquelle s'articulent les objectifs de la présente thèse.

7.1. Fondements théoriques, physiologiques et conceptuels d'un lien entre la parole et les fonctions orofaciales

L'hypothèse d'un lien entre la parole et les fonctions orofaciales repose sur plusieurs niveaux d'analyse ou « porte d'entrée » complémentaires : le niveau anatomique et physiologique, le niveau théorique et développemental, ainsi que le niveau neurologique. Cette section présente une synthèse des différents fondements qui ont alimenté le débat scientifique au cours des dernières décennies.

Fondements anatomiques et physiologiques

La parole et les fonctions orofaciales reposent sur une anatomie commune, mobilisant des « effecteurs » partagés tels que la mandibule, la langue, les lèvres, les dents et les muscles faciaux (Lund & Kolta, 2006 ; MacFarland, 2022 ; Sampallo Pedroza et al., 2014). Le chapitre 1 a mis en évidence l'importance des habiletés somatosensorielles et du contrôle moteur dans le développement, le raffinement et la précision de la parole (Iuzzini-Seigler et al., 2015 ; Trudeau-Fisette et al., 2024 ; Vick et al., 2012). Le chapitre 6 a souligné les trajectoires développementales de chaque fonction orofaciale, en montrant leur dépendance au développement moteur et anatomique plus général. La synthèse de ces deux chapitres montre que la parole et les fonctions orofaciales émergent toutes deux dans le contexte plus large du développement moteur et reposent sur l'évolution graduelle de mécanismes de contrôle moteur fin (Wilson et al., 2008). Le complexe orofacial commence comme une unité intégrée, mais se différencie progressivement : d'abord la mâchoire par rapport à la tête, puis les lèvres par rapport à la mâchoire et enfin la langue par rapport à la mâchoire, permettant un contrôle moteur de plus en plus raffiné (Meyer, 2008 ; Sampallo-Pedroza et al., 2014). C'est en partie de ce cadre d'anatomie et de physiologie partagées que l'hypothèse d'une interdépendance développementale entre les fonctions orofaciales et la parole a émergé.

Fondements théoriques et développementaux : la théorie frame/content

Cette hypothèse d'une interdépendance développementale n'est pas récente et possède un historique de recherches remontant principalement aux années 1980-2000. Une théorie fréquemment citée et datant de cette période est la théorie « frame/content (cadre/contenu) » de MacNeilage (1998). Selon cette perspective développementale évoquée dans le chapitre 2, les schémas moteurs développés précocement pour les fonctions alimentaires, notamment la succion et la mastication, constitueraient des « cadres » moteurs (frames) sur lesquels viendraient progressivement se greffer les vocalisations, constituant le « contenu » (content). Les oscillations rythmiques de la mandibule observées lors de l'alimentation seraient ainsi réutilisées et adaptées pour le babillage, puis pour la parole (MacNeilage & Davis, 1990 ; MacNeilage et al., 2000).

Cette conception a été reprise et discutée par plusieurs auteurs (Green et al., 2000 ; Wilson et al., 2008) et plusieurs études ont cherché à la mettre à l'épreuve, avec des résultats divergents. Une série de travaux a comparé la coordination des mouvements de la mandibule et des lèvres lors de la parole, du babillage, de la mastication et de la succion chez des enfants en bas âge, à l'aide de données cinématiques et électromyographiques (Moore & Ruark, 1996 ; Ruark & Moore, 1997 ; Steeve & Moore, 2009 ; Steeve, 2010). En synthèse, ces recherches rapportent que les patterns moteurs et la coordination de la mandibule et des lèvres ne sont pas identiques entre la parole et les fonctions alimentaires. Moore et ses collaborateurs suggèrent que les mouvements de mastication seraient optimisés pour la production de force, tandis que ceux de la parole sont optimisés pour la rapidité et la coordination fine (Moore et al., 1988). Ces résultats pointent vers une indépendance plutôt qu'une relation entre la parole et la mastication. Toutefois, ces conclusions doivent être nuancées. D'autres travaux, utilisant des méthodologies différentes, suggèrent l'existence de relations plus subtiles. Dans sa thèse de

doctorat, Lemarchand (2018) a étudié les trajectoires développementales de 14 enfants francophones âgés de 8 à 14 mois, en combinant diverses données cliniques et expérimentales. Les résultats de sa thèse indiquent que le type de texture alimentaire auquel l'enfant est exposé influence le développement des productions syllabiques lors du babillage. Même si ces résultats suggèrent une interdépendance, notons toutefois que la taille d'échantillon limitée invite à la prudence. De façon similaire, Vick et al. (2012) ont montré que certains paramètres de la mastication, tels que l'amplitude des déplacements mandibulaires, participent à différencier les trajectoires développementales de la parole chez des enfants au développement typique.

Fondements neurologiques

L'hypothèse d'un lien entre la parole et les fonctions orofaciales découle également de considérations sur les réseaux neuronaux qui les sous-tendent (Barlow et al., 2010 ; Takai et al., 2010). Certains auteurs avancent l'existence d'une interdépendance au niveau neuronal, notamment assurée par le Central Pattern Generator (CPG). Il s'agit d'un réseau neuronal impliqué dans le contrôle semi-automatique de la mâchoire, de la langue et des muscles faciaux (Barlow & Estep, 2006 ; Barlow et al., 2010 ; Lund & Kolta, 2006). Le CPG reçoit des informations somatosensorielles issues des lèvres, de la muqueuse orale et des muscles et génère des patterns moteurs adaptés aux exigences fonctionnelles. Ce réseau serait continuellement modulé par la physiologie changeante (particulièrement marquée lors de l'enfance) ainsi que par les exigences spécifiques de la vocalisation et de la parole (Barlow et al., 2010).

À l'inverse, d'autres auteurs soutiennent que la parole possède ses propres patterns neuronaux spécifiques et pourrait être entièrement indépendante des fonctions orofaciales (Connaghan et al., 2004 ; Steeve & Moore, 2009). Les données expérimentales tendent aujourd'hui vers une position intermédiaire. Une étude de neuro-imagerie a montré que les

fonctions orofaciales verbales et non verbales reposent sur des réseaux neuronaux communs, mais que l'implication de ces réseaux varie en fonction de la tâche réalisée (Lancheros et al., 2020). Cette conception rejoint l'idée de configurations multiples du système moteur, recrutées différemment selon les contraintes et les objectifs fonctionnels (Ito et al., 2024 ; Whalen, 2019).

Fondements développementaux : expérience sensorimotrice précoce

Un dernier fondement de cette hypothèse, qui est plus récent, réside dans le rôle de l'expérience sensorimotrice précoce. Comme nous l'avons abordé au cours de cette introduction théorique, les fonctions orofaciales se développent en premier et précèdent la parole dans la trajectoire développementale. Par conséquent, elles façonneraient l'expérience sensorimotrice orale des articulateurs (Menn et al., 2013 ; Premkumar et al., 2011). L'enfant puiserait ensuite dans ses expériences précoces pour produire ses premiers mots (Menn et al., 2013). Nous raccrochons ces éléments à notre exposé du chapitre 1 montrant que plusieurs travaux ont en parallèle observé l'implication des compétences sensorimotrices pour le développement et le raffinement de la parole (voir Barbier et al., 2020 ; Kent, 2024 ; Trudeau-Fisette et al., 2019, 2024). Cet enchaînement développemental est également soutenu par des considérations neurobiologiques et théoriques. Kent (2021) suggère que des modules fonctionnels développementaux distincts (DFMs, Developmental Functional Modules), composés de structures embryologiquement et fonctionnellement liées (mandibule, langue, lèvres, larynx), établissent des fondations sensorimotrices précoces. Ces DFMs se réorganiseraient avec la maturation, reflétant l'interaction de comportements moteurs oraux tels que la succion, la déglutition et la respiration qui précèdent et soutiennent la production de la parole. Rappelons également que selon le modèle de Redford (2019), les informations somatosensorielles provenant des articulateurs seraient essentielles pour établir un feedback interne dans le contrôle moteur de la parole et favoriseraient l'amélioration de la production, particulièrement entre 18 mois et 4 ans.

Synthèse : un débat scientifique encore ouvert

En résumé, le débat autour d'un lien entre la parole et les fonctions orofaciales non verbales existe depuis de nombreuses années et semble toujours en cours. Plusieurs auteurs ont tenté de synthétiser les données disponibles à travers des revues narratives, mais les conclusions demeurent divergentes. Certaines études penchent vers l'absence de lien direct (Rvachew & Brosseau-Lapr , 2018 ; Wilson et al., 2008), tandis que d'autres présentent une vision davantage nuancée appuyant l'hypothèse d'un contrôle moteur commun (Redford, 2019 ; Smith, 2010) ou d'une conception développementale biologique (Kent, 2021 ; 2024).

Cette persistance du débat s'explique en partie par la complexité méthodologique inhérente à l'étude de ce lien. Il est en effet difficile de saisir, à travers une variable unique, valide et sensible, la grande diversité des compétences sous-tendant la parole et les fonctions orofaciales. Comme nous l'avons abordé dans le chapitre 1 pour la somatosensation, il est actuellement complexe (pour ne pas dire impossible), d'étudier ces construits multidimensionnels dans leur intégralité. Pour cette raison, ils sont toujours observés à travers des corrélats ou variables qui capturent une facette du concept global. De surcroît, les mesures utilisées en laboratoire, qui sont courantes pour, par exemple, les études en neurologie ou pour l'étude précise des implications musculaires, ne reflètent que partiellement le construit étudié et sont peu écologiques. Ce phénomène s'accompagne également d'une diversité des approches méthodologiques, si bien que chaque étude ne saisit qu'une facette du construit à l'étude, ce qui peut expliquer la variabilité des résultats.   cette diversité méthodologique s'ajoute la multiplicité des perspectives pour étudier ces liens : la voie neurologique, les modèles de production de la parole, la voie biologique (reprenant les étapes développementales ainsi que les concepts anatomiques et myologiques). Si ces fondements théoriques, physiologiques et neurologiques laissent

actuellement le débat ouvert, une autre piste encore non abordée dans cet état de l'art pourrait peut-être nous apporter davantage d'éléments de réponse. Il s'agit des apports des données empiriques issues de la clinique et des populations pathologiques. C'est précisément cette voie que nous explorerons dans la section suivante et que nous emprunterons dans nos études de thèse.

7.2. Données empiriques issues de la clinique et des populations pathologiques

Les données empiriques examinant les relations entre la parole et les fonctions orofaciales proviennent majoritairement d'études menées auprès de populations cliniques, plus particulièrement d'enfants présentant soit un TSP, soit un TMO. Ces études ont exploré cette relation dans les deux sens : d'une part, les conséquences orofaciales en présence d'un TSP et, d'autre part, les conséquences sur la parole en présence d'un TMO.

Plusieurs études ont exploré de manière directe les relations entre fonctions orofaciales et TSP, selon le sens « *Quelles sont les conséquences orofaciales en présence d'un TSP ?* ». Mogren et al. (2020) ont évalué 61 enfants et adolescents de 6 à 17 ans présentant un TSP persistant avec l'outil NOT-S (Bakke et al., 2007). Les résultats montrent une corrélation entre le score au test NOT-S et le PCC : plus le score au NOT-S traduit la présence de TMO, plus le PCC a tendance à baisser. Dans le détail : 41 % des enfants avec un TSP présentaient une atteinte en mastication/déglutition (Mogren et al., 2020). En revanche, contrairement au PCC, les auteurs n'ont pas observé de corrélation entre le NOT-S et l'ICS. Toutefois, l'interprétation de ces résultats doit être nuancée et appelle à la prudence, dans la mesure où l'outil utilisé (NOT-S) inclut une évaluation de la parole, introduisant un risque de biais circulaire. Quelques années plus tard, Björeljus et al. (2025) ont étudié l'efficacité masticatoire à l'aide d'un test de mastication de chewing-gum chez des enfants de 4 à 9 ans présentant un TSP moteur et des enfants au

développement typique (groupe contrôle). Les enfants avec un TSP présentaient une efficacité masticatoire réduite comparativement aux contrôles dans le sous-groupe des plus âgés (7-9 ans) ainsi que dans le groupe global (4-9 ans), tandis qu'aucune différence significative n'a été observée dans le sous-groupe des 4-6 ans. Les auteurs interprètent cela comme le reflet d'étapes de développement manquées qui ne deviennent apparentes que plus tardivement, suggérant une trajectoire atypique de maturation des fonctions orales chez les enfants dont les TSP persistent au-delà de 7 ans.

Les associations entre parole et fonctions orofaciales ont également été envisagées dans le sens inverse : « *Quelles sont les conséquences sur la production de la parole en présence d'un TMO ?* ». Nous avons peu abordé ce point dans le chapitre 6, mais il s'avère que les impacts sur la parole sont parfois cités dans la littérature comme faisant partie des conséquences des TMO (Borox et al., 2018 ; Hitos et al., 2013). Ils font également partie intégrante de certaines définitions des TMO, comme celles de l'ASHA (n.d-c) et de Billings et al. (2018).

En ce qui concerne les liens entre la RB, la déglutition dysfonctionnelle et la parole, ceux-ci ont été principalement explorés chez l'enfant d'âge scolaire. L'étude de Borox et al. (2018) rapporte une association significative entre la RB et les erreurs de parole. Cette même étude, de même que celles de Marinov et al. (2026), d'Hitos et al. (2013) et d'Alhamzi et al. (2022), détaillent les erreurs de parole concomitantes d'une RB. Les études rapportent la présence de sigmatismes latéraux et interdentaires en cas de RB. Les études de Borox et al. (2018) et d'Hitos et al. (2013) ont toutes deux identifié la présence d'interpositions linguales sur certains phonèmes (notamment /t/, /d/, /n/, /l/), mais seule l'étude d'Hitos et al. (2013) rapporte la présence d'omissions en cas de RB. Des associations entre la déglutition dysfonctionnelle et des erreurs articulatoires ont également été suggérées par des études qualitatives et observationnelles (Mikulášťíková &

Vitásková, 2018), ainsi que par des travaux menés auprès d'enfants âgés de 8 à 14 ans (Dixit & Shetty, 2013) et de 5 à 12 ans (Wadsworth et al., 1998). Ces derniers ont notamment mis en évidence des liens entre une posture linguale altérée, une déglutition dysfonctionnelle, une position buccale ouverte et des distorsions articulatoires, en particulier pour les phonèmes /s/, /z/, /t/ et /d/. Concernant la posture linguale au repos, Grudziąż-Sękowska et al. (2018) ont observé une association significative entre une posture linguale inadéquate et la présence de TSP chez des enfants âgés de 7 à 10 ans. Ces résultats doivent toutefois être interprétés avec prudence puisque certaines de ces études présentent quelques biais méthodologiques, comme l'absence d'un groupe contrôle. Dans un tel cas de figure, il est difficile de distinguer les erreurs développementales des erreurs éventuellement liées à un TMO.

D'une manière générale et malgré des résultats suggérant certaines associations, la littérature demeure divisée quant aux relations entre la parole et les fonctions orofaciales au sein des études cliniques. Une analyse critique des méthodologies employées s'impose afin d'évaluer la solidité des conclusions avancées.

Limites méthodologiques et lacunes de la recherche

Dans l'ensemble, bien que les études cliniques suggèrent une cooccurrence ou une association entre la parole et les fonctions orofaciales, les résultats demeurent hétérogènes et difficiles à interpréter. Les principales limites identifiées concernent la taille réduite des échantillons, l'absence fréquente de groupe contrôle, l'utilisation d'outils d'évaluation intégrant la parole dans la mesure des fonctions orofaciales, ainsi que la focalisation quasi exclusive sur des enfants d'âge scolaire. Concernant la tranche d'âge, notre introduction théorique a mis en lumière les grands changements inhérents à la période préscolaire tant pour la production de la parole que pour le fonctionnement orofacial, en passant par les compétences plus transversales (comme les habiletés sensorimotrices). La période préscolaire constitue ainsi

une période propice pour l'exploration des associations entre la parole et les fonctions orofaciales, mais elle reste largement sous-investiguée dans la littérature. Ces limites restreignent la portée des conclusions et rendent difficile l'identification de relations développementales précoces.

Un autre élément rarement abordé dans les études empiriques issues de la clinique et/ou des populations pathologiques est la potentielle médiation du lien parole-fonctions orofaciales par des compétences sous-jacentes, telles que le contrôle moteur ou les compétences sensorimotrices. La littérature nous a pourtant appris que la parole et les fonctions orofaciales émergent toutes deux dans le contexte plus large du développement moteur et reposent sur l'évolution graduelle de mécanismes de contrôle moteur fin (Wilson et al., 2008). De plus, comme nous l'avons vu dans les chapitres 3 et 6, les compétences motrices telles que les NSOMs font parfois partie des bilans logopédiques en parole et sont très souvent reprises comme sous-test dans l'évaluation des fonctions orofaciales.

7.3. L'hypothèse d'un lien médié par les compétences motrices

Ainsi, certains éléments théoriques et empiriques convergent vers une hypothèse alternative à celle d'un lien direct entre parole et fonctions orofaciales : celle d'un lien indirect, médié par des compétences motrices sous-jacentes et potentiellement communes aux deux domaines. Cette hypothèse s'appuie sur plusieurs constats. Tout d'abord, comme nous l'avons vu dans les chapitres précédents, la parole et les fonctions orofaciales reposent toutes deux sur des structures anatomiques, myologiques et des réseaux sensorimoteurs en partie communs, organisés de manière spécifique en fonction de la tâche (Barlow et al., 2010 ; Kent, 2021 ; Lancheros et al., 2020 ; McFarland, 2022). Ensuite, les deux domaines émergent dans le contexte plus large du développement moteur et s'appuient sur l'évolution graduelle du

contrôle moteur fin (Wilson et al., 2008). Enfin, au vu des résultats contradictoires des études portant sur les associations directes, l'idée d'explorer un lien indirect représente une piste différente qui pourrait éventuellement mieux rendre compte de la réalité développementale.

Dans la plupart des études explorant les compétences motrices orofaciales, ces dernières sont opérationnalisées à travers les NSOMs. Bien que le débat autour de la pertinence des NSOMs dans l'évaluation et le traitement des TSP soit intense (Maas, 2017), notre propos n'est nullement de contribuer à ce débat. Dans la présente thèse, les NSOMs ne sont ni envisagées comme un outil thérapeutique ni comme un substitut à l'évaluation de la parole. Elles sont mobilisées comme un indicateur des compétences motrices orofaciales sous-jacentes, susceptibles de jouer un rôle médiateur dans la relation entre la parole et les fonctions orofaciales.

Les études ayant exploré les relations entre les NSOMs et la parole chez des enfants au développement typique d'âge préscolaire rapportent des résultats divergents. Kehoe et Cretton (2021) n'ont trouvé aucune corrélation entre la production de NSOMs isolés et le PPC chez des enfants d'âge préscolaire. De Farias et al. (2006) ont quant à eux évalué 120 enfants d'âge préscolaire et ont obtenus des résultats variés. Nous retiendrons principalement qu'ils ont observé une corrélation entre la parole et les mouvements séquencés de la langue. En revanche, ils n'ont pas trouvé d'association avec les mouvements isolés. Dans une étude incluant 62 enfants de 2 ans au développement typique, Dodd et McIntosh (2010) ont étudié la précision de la parole mesurée par le PCC et les relations avec les NSOMs isolés et séquencés (de la langue et des lèvres). Tout comme chez de Farias et al. (2006) ils ont observé une relation entre le PCC et les mouvements séquencés, mais pas entre le PCC et les mouvements isolés. Notons néanmoins que les protocoles d'évaluation et la méthodologie de ces études restent assez flous et peu détaillés. En ce qui concerne les enfants avec un TSP

d'origine idiopathique, Bertagnolli et al. (2015) ont conduit une étude auprès de 82 enfants portugais (29 contrôles, 53 TSP) âgés de 4 à 8 ans. Plusieurs tâches d'évaluation isolée et séquencée des NSOMs ont été proposées. D'une façon générale, les enfants présentant un TSP avaient de moins bonnes performances que les enfants présentant un développement typique. D'autres études menées auprès d'enfants présentant un TSP suggèrent également une association entre la coordination des NSOMs et la précision articulatoire (Mogren et al., 2020), tandis que certaines n'ont pas mis en évidence de relation (Lau & Lee, 2013).

Très peu d'études ont directement exploré la relation entre les NSOMs et les fonctions orofaciales chez des enfants au développement typique. À l'aide du NOT-S, McAllister et Lundeborg (2014) ont montré que les NSOMs sont encore en cours de développement chez environ 25 % des enfants âgés de 3 à 4 ans, à l'instar de la mastication et de la déglutition. Toutefois, cette étude n'a pas établi de lien direct entre ces fonctions et les NSOMs. Les études concernant les enfants avec des TMO sont divergentes, rapportant parfois une absence de relation entre les fonctions orofaciales et les NSOMs (Andrada e Silva et al., 2012) ou parfois démontrant une relation (Azevedo et al., 2018 ; da Silva Dias, 2024 ; Mattos, 2018).

Les incohérences dans les résultats (autant pour la parole que les fonctions orofaciales) sont en partie dues à la variété des approches dans la définition, l'évaluation et la mesure des NSOMs à travers les études. Ces variations limitent la transférabilité des résultats et diminuent la portée de ce champ de recherche en développement.

En synthèse, les compétences motrices, telles qu'opérationnalisées par les NSOMs, pourraient constituer un médiateur potentiel entre la parole et les fonctions orofaciales. Toutefois, l'état actuel de la recherche ne permet pas encore de se prononcer définitivement sur cette hypothèse. Les résultats

sont divergents, les méthodologies variées, et surtout, très peu d'études ont testé explicitement un modèle de médiation incluant simultanément la parole, les NSOMs et les fonctions orofaciales. C'est précisément cette lacune que la présente thèse propose d'adresser.

7.4. En synthèse

Le chapitre 7 a proposé un aperçu des différents travaux, théories et conceptions qui ont longuement animé le débat autour d'un hypothétique lien entre les fonctions orofaciales non verbales et la parole. Force est de constater que malgré quarante ans de débat, la question demeure irrésolue. Les liens potentiels entre parole et fonctions orofaciales intriguent aussi bien les chercheurs en parole que ceux spécialisés dans d'autres domaines (neurologie, fonctions orofaciales, myologie, etc.). Cette diversité disciplinaire explique pourquoi deux sens d'étude de la question ont été observés, de même que quatre portes d'entrée pour aborder l'hypothèse d'une association directe :

1. La voie biologique s'appuie sur les anatomies et physiologies communes, ainsi que sur la séquence développementale, pour avancer l'hypothèse d'un lien. Toutefois, les résultats des travaux s'inscrivant dans cette démarche sont divergents.
2. La voie neurologique indique que fonctions orofaciales et parole reposeraient sur des réseaux neuronaux communs, dont l'implication varie toutefois en fonction de la tâche réalisée.
3. Les modèles de production de la parole invoquent le rôle de l'expérience sensorimotrice précoce et la séquence développementale des fonctions orofaciales qui précèdent et modèlent la parole, pour justifier l'existence d'un lien.
4. Les données empiriques issues de la clinique et des populations pathologiques donnent des résultats divergents, avec des qualités méthodologiques très variables rendant les travaux difficilement comparables.

Enfin, cette synthèse a également mis en évidence que les NSOMs pourraient constituer un médiateur potentiel entre parole et fonctions orofaciales. Toutefois, très peu d'études ont testé explicitement un modèle de médiation incluant simultanément ces trois composantes.

Section 2 : Partie expérimentale

Objectifs généraux

L'introduction théorique s'est articulée autour des deux volets complémentaires qui forment le squelette de cette thèse : (1) un volet de prévention visant à améliorer le dépistage et le diagnostic précoce des TSP dans le contexte francophone ; (2) un volet fondamental qui examine la relation potentielle entre la parole (dont les TSP) et les fonctions orofaciales non verbales. Chaque partie théorique a dressé un état de l'art de la recherche actuelle sur ces deux thématiques et a mis en lumière les lacunes ou questions en suspens. En miroir avec notre cadre théorique, cette partie expérimentale s'articulera également autour de ces deux volets. Nous allons reprendre les enseignements clés de chaque partie théorique pour ensuite présenter les objectifs de recherche et les études qui en découlent, avant d'intégrer ces deux volets et cinq études en une vision d'ensemble cohérente.

Partie théorique 1 : La parole et les troubles des sons de la parole

La première partie théorique a porté sur le développement de la parole et les TSP dans le contexte francophone. Cette revue de la littérature a mis en évidence les défis et les besoins actuels concernant le dépistage, le diagnostic précoce et différentiel des TSP. Elle a également souligné l'importance de la prévention et du dépistage précoce pour limiter les impacts des TSP, réduire leur prévalence et éviter la survenue de comorbidités. Cette partie a révélé que le contexte francophone est confronté à un manque de données, d'outils de dépistage et de moyens de prévention des TSP à l'âge préscolaire, bien que les recherches récentes travaillent grandement à pallier ces lacunes. En parallèle, les TSP présentent des comorbidités fréquentes avec lesquelles ils sont parfois confondus, tant d'un point de vue terminologique que clinique. Un besoin se fait également sentir de clarifier les frontières des TSP à l'aide de moyens efficaces de diagnostic différentiel. En résumé, il existe un besoin actuel de développer des normes développementales, des outils de dépistage

et des instruments de diagnostic différentiel adaptés aux enfants francophones. En réponse à ces besoins, les trois premières études de cette thèse s'inscrivent directement dans la continuité de la première partie théorique et visent respectivement à :

- Développer et valider des mesures de dépistage précoce efficaces et facilement applicables en clinique dans un objectif général de prévention des TSP
- Améliorer le diagnostic différentiel entre les TSP et leurs comorbidités fréquentes, participant également à la prévention générale des troubles de la communication et du langage
- Enrichir par conséquent les données sur le développement typique et atypique de la parole francophone

Partie théorique 2 : Les liens entre la parole et les fonctions orofaciales

La seconde partie théorique a fourni un état de l'art sur les liens potentiels entre la parole et les fonctions orofaciales non verbales. Cette synthèse a démontré que l'hypothèse d'une interaction entre les fonctions orofaciales et la production de la parole via les compétences motrices est plausible. En effet, la parole et les fonctions orofaciales se développent toutes au sein du système stomatognathique et partagent des structures anatomiques communes ainsi que des mécanismes de contrôle moteur similaires. Les modèles théoriques suggèrent que les expériences motrices orofaciales précoces pourraient façonner le développement de la parole.

Ce lien s'illustrerait toutefois particulièrement bien dans le contexte pathologique, ce qui en fait un terrain d'investigation idéal pour mettre à l'épreuve cette hypothèse théorique. Plusieurs études font effectivement état d'une interaction entre les TMO et les TSP (Björeljus et al., 2025 ; Mogren et al., 2020). Trois limites de la recherche actuelle justifient les travaux entrepris dans cette thèse. Premièrement, la période préscolaire reste largement sous-

investiguée. Or, c'est précisément durant cette période que s'opèrent des transformations majeures au niveau des compétences motrices, orofaciales et langagières, offrant une fenêtre unique pour observer leurs potentielles relations. Deuxièmement, l'hypothèse d'un lien médié par les compétences motrices, bien que théoriquement plausible n'a, à notre connaissance, jamais été testée de manière explicite à travers un modèle statistique intégrant simultanément la parole, les NSOMs et les fonctions orofaciales. Troisièmement, les études existantes adoptent presque exclusivement une approche transversale, limitant la compréhension de l'évolution développementale de ces relations à l'aide de trajectoires développementales. Les deux dernières études de la thèse s'inscrivent directement dans la continuité de la seconde partie théorique. Elles constituent le cœur de la thèse et incarnent l'objectif qui l'a principalement motivée. Ces deux études complémentaires visent respectivement à :

- Objectiver de façon transversale la présence d'associations entre la parole, les NSOMs et les fonctions orofaciales chez les enfants d'âge préscolaire, explorant ainsi la possibilité d'un lien médié.
- Approfondir notre compréhension des relations entre ces trois domaines de façon longitudinale et décrire leur trajectoire développementale

Nous avons fait le choix délibéré d'étudier cette même question à travers deux études quantitatives aux designs complémentaires : l'une transversale, l'autre longitudinale. Ce choix s'inscrit dans une logique de triangulation méthodologique (Denzin, 1978), stratégie scientifique qui consiste à approcher une même question de recherche sous plusieurs angles méthodologiques distincts afin d'en renforcer la validité et la complétude. Dans le cadre de deux études quantitatives, on parle plus précisément d'approche multi-méthodes (*multi-method research*).

Cette approche se justifie pour plusieurs raisons. Notons que l'étude transversale et l'étude longitudinale, bien qu'elles portent sur le même objet, ne répondent pas exactement à la même question. L'étude transversale offre une photographie du phénomène à un instant donné, permettant d'observer des associations entre variables à l'échelle d'une population. L'étude longitudinale introduit quant à elle la dimension temporelle, permettant d'examiner la stabilité, l'évolution ou la dynamique des liens observés dans le temps (Myers & Hansen, 2023 ; Singer & Willet, 2003). Ces deux niveaux de lecture sont non seulement différents, mais nécessaires l'un à l'autre pour appréhender un phénomène développemental dans toute sa complexité : l'un renseigne sur un *état*, l'autre sur un *processus* (Creswell & Plano Clark, 2018). Ainsi, cette approche multi-études permet de distinguer ce qui relève d'une association observée à un moment donné de ce qui relève d'une relation se construisant ou se modifiant dans le temps. Dans le champ du développement de la parole et des fonctions orofaciales, cette distinction est particulièrement pertinente, car les relations entre ces domaines sont susceptibles d'évoluer avec l'âge et la maturation.

Objectifs généraux de la thèse

L'objectif principal de cette thèse est d'explorer l'hypothèse d'un lien entre la parole et les fonctions orofaciales. Ce projet a pour vocation de pallier les manquements actuels des études portant sur cette interaction. Il s'agira de mettre en évidence cette interaction hypothétique et d'en définir la nature chez l'enfant d'âge préscolaire, approfondissant ainsi notre compréhension du développement de la parole et des TSP. Parallèlement, ce projet embrasse des objectifs d'amélioration de la prévention et du dépistage des TSP dans le contexte francophone. La récolte de données orchestrée pour l'exploration du lien entre la parole et les fonctions orofaciales a ainsi été pensée pour également répondre aux objectifs de prévention des TSP : valider des outils indispensables au dépistage des TSP en français ; améliorer le diagnostic

différentiel ; enrichir les données de parole francophone ; établir des normes spécifiques pour les enfants francophones d'âge préscolaire.

Présentation des études

Nous présentons à présent un aperçu des études, suivi de la description détaillée de chacune d'entre elles. L'ordre de présentation des études respecte à la fois l'ordre chronologique de leur rédaction/soumission et la répartition dans chacun des volets de la thèse. Nous abordons en premier lieu le dépistage et le diagnostic des TSP, puis la relation potentielle entre la parole et les fonctions orofaciales non verbales.

Aperçu des études

Étude 1

Objectifs

L'objectif de l'étude 1 est d'évaluer l'utilité et la précision des inquiétudes des parents et des enseignants pour le dépistage des TSP chez des enfants francophones d'âge préscolaire. Un objectif secondaire est d'examiner si la précision de ces inquiétudes varie selon le niveau scolaire en maternelle et si la combinaison des inquiétudes parentales et enseignantes améliore le dépistage.

Participants

Un total de 215 enfants francophones d'âge préscolaire a été recruté en milieu scolaire. Parmi eux, 80 enfants ont été classés comme présentant un TSP et 135 comme ayant un développement typique.

Mesures

Les enfants ont été évalués à l'aide d'une tâche de dénomination d'images standardisée. Les parents et les enseignants ont indiqué leur niveau d'inquiétude concernant le développement de la parole de chaque enfant. Une variable combinant l'inquiétude conjointe des parents et des enseignants a également été créée. Les analyses ont porté sur la validité et le pouvoir discriminant de ces inquiétudes pour le dépistage des TSP.

Étude 2

Objectifs

Le premier objectif de l'étude 2 est d'établir les propriétés psychométriques de la version francophone européenne de l'Intelligibility in Context Scale (ICS-EF). Le second objectif est d'examiner si l'ICS-EF peut servir de mesure de l'impact fonctionnel des TSP, en observant en particulier l'influence du contexte (représenté par la familiarité de l'interlocuteur) sur l'intelligibilité.

Participants

L'échantillon comprend 189 enfants francophones d'âge préscolaire recrutés en milieu scolaire, dont 42 enfants TSP et 147 enfants au développement typique.

Mesures

Les enfants ont été évalués à l'aide d'une tâche de dénomination d'images standardisée. Les parents ont complété l'ICS-EF, avec une seconde passation pour une partie de l'échantillon afin de mesurer la fidélité test-retest. Les analyses ont porté sur la validité, la fidélité, la sensibilité-spécificité et l'effet de la familiarité des partenaires de communication.

Étude 3

Objectifs

L'objectif de l'étude 3 est de déterminer l'utilité des tâches de répétition de phrases et de répétition de non-mots pour le diagnostic différentiel entre les TSP, les TDL et les profils présentant un double diagnostic (TDL+TSP) chez des enfants d'âge préscolaire.

Participants

Un total de 143 enfants francophones âgés de 48 à 67 mois a été recruté. Les enfants ont été répartis en quatre groupes : développement typique, TSP, TDL et TDL+TSP, sur la base d'évaluations standardisées du langage et de la parole.

Mesures

Tous les enfants ont réalisé une tâche de répétition de phrases et une tâche de répétition de non-mots. Les performances ont été comparées entre les groupes à l'aide d'analyses multivariées. Ensuite, la sensibilité-spécificité des tâches a été évaluée pour le diagnostic différentiel.

Étude 4

Objectifs

L'objectif de l'étude 4 est d'examiner les relations entre la parole, les fonctions orofaciales (respiration, déglutition, mastication) et les NSOMs chez des enfants d'âge préscolaire. L'étude vise également à déterminer si les NSOMs jouent un rôle médiateur entre les fonctions orofaciales et la parole.

Participants

L'échantillon est composé de 168 enfants francophones âgés de 36 à 69 mois, dont 118 enfants au développement typique et 50 enfants présentant un TSP.

Mesures

La précision de la parole a été évaluée à l'aide du PCC. Les fonctions orofaciales et les NSOMs ont été évalués à l'aide de protocoles standardisés (OMES). Les analyses ont porté sur les différences entre groupes (développement typique vs TSP), les associations entre les variables et leurs relations directionnelles à l'aide de régressions linéaires.

Étude 5

Objectifs

L'objectif de l'étude 5 est d'examiner longitudinalement les relations développementales entre la parole, les NSOMs et les fonctions orofaciales chez des enfants d'âge préscolaire et également de déterminer si ces relations reflètent des différences interindividuelles, des processus intra-individuels ou les deux.

Participants

Soixante-quatre enfants francophones monolingues tout-venant ont été suivis longitudinalement à trois temps de mesure, à 36, 48 et 54 mois.

Méthodes

Les enfants ont été évalués sur leurs habiletés de parole, de NSOMs et de fonctions orofaciales à chaque temps de mesure. Les trajectoires développementales et les associations entre domaines ont été analysées à l'aide de modèles linéaires multi-niveaux afin de distinguer les effets interindividuels et intra-individuels.

Étude 1

The utility of parent's and teacher's concerns for the screening of speech sound disorders: A study on French-speaking preschool children.

Léonor Piron^{ab*}, Andrea A.N. MacLeod^c and Christelle Maillart^a

^a*Département de Logopédie, RUCHE, Université de Liège, Liège, Belgique;*

^b *FRESH fund, F.R.S.-FNRS, Belgium*

^c*Communication Sciences & Disorders Department, University of Alberta, Edmonton, Canada*

Citation

Piron, L., MacLeod, A. A. N., & Maillart, C. (2025). The utility of parent's and teacher's concerns for the screening of speech sound disorders: A study on French-speaking preschool children. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 39(4–5), 330–351.
<https://doi.org/10.1080/02699206.2024.2446818>

Abstract

Speech sound disorders (SSD) are associated with difficulties in communication, social participation, literacy, and learning. An early identification process is therefore necessary. Our study was aimed at determining the utility and accuracy of parent's and teacher's concerns in screening for SSD. We also aimed to determine whether the accuracy of parent's and teacher's concern varied according to kindergarten grades. For this study, 215 French-speaking preschool children were recruited from preschools. 80 children were classified as SSD and 135 were classified as Typically Developing (TD). Children were assessed by a standardised single-word speech sound test. Parents and teachers expressed their level of concern about each child's speech development by answering "no", "a little" or "yes" to the same question about their concern. Parents' and teachers' concerns were also gathered in a variable called 'joint concern' to investigate the utility and accuracy of their combined concern. Analyses included tetrachoric correlations, logistic regressions, Kruskal-Wallis tests, and sensibility/specificity analyses. Analyses were employed across all children and within age groups. Results showed positive and significant correlations between the SSD-TD classification, parent's concern, teacher's concern and joint concern. Parents' and teachers' concerns both showed fair specificity rates (85.2 % and 88.1 %, respectively), but remained under 80 % on sensitivity. The joint concern was the most sensitive measure of all (87.3%) but showed a low specificity rate (76.3 %). In conclusion, parents' and teachers' concerns both emerged as useful measures for screening for SSD. The combination of their concern revealed how parents and teachers are complementary for SSD screening.

Keywords: Speech Sound Disorder, Screening, Parental concern, Teacher's concern, Discriminant accuracy, French-speakers

Background

Speech sound disorders (SSD) are some of the most frequent communication disorders in paediatric speech language pathology (SLP) (ASHA, 2022; Eadie et al., 2015). Prevalence of SSD in preschool children shows a high variability linked to the different classification systems, and the variability in definitions and the diagnosis criteria. SSD can be found in 3 to 15.6% of preschool children aged 3 to 6 years old (Eadie et al., 2015; McLeod & Harrison, 2009). Children with SSD form a heterogeneous group in terms of severity, cause, speech error characteristics, associated abilities and response to treatment (Dodd, 2011; Waring & Knight, 2013). These children ‘can have any combination of difficulties with perception, articulation/motor production, and/or phonological representation of speech segments (consonants and vowels), phonotactics (syllable and word shapes), and prosody (lexical and grammatical tones, rhythm, stress and intonation) that may impact speech intelligibility and acceptability’ (International Expert Panel on Multilingual Children’s Speech, 2012, p.1). In summary, the speech of children with SSD contains more errors than expected for the age and is less intelligible than the speech of their typically developing peers. SSD can be associated with several consequences, including long-term consequences, if not identified and treated during early childhood (Eadie et al., 2015; McCormack et al., 2009).

A substantial proportion of children with SSD may encounter concomitant language difficulties (Eadie et al., 2015), leading to a double diagnosis of SSD and developmental language disorder (DLD) (Stringer et al., 2023). Children with SSD also encounter poorer pre-literacy skills, and are at greater risks of reading difficulties (Hayiou-Thomas et al., 2017), which make them more likely to need additional support at school or to face learning challenges (McCormack et al., 2009). Children with SSD may also be at risk

of limitations in social participation, interpersonal relationship, that can have long-term effects into adulthood, such as acquiring and keeping a job (McCormack et al., 2009). Therefore, early identification of SSD is of high importance in preventing the diverse consequences in children with SSD.

The identification of SSD in preschool children relies on a variety of tests and indicators. Recent studies surveyed the types of practice that clinicians follow for the identification of SSD (Diepeveen et al., 2020; McLeod & Baker, 2014; van der Straten Waillet et al., 2023). According to those works, SLPs often rely on more than one assessment and indicator, among which the most popular are case history, intelligibility estimations, standardised single-word test of articulation and phonology and speech samples to observe children's speech characteristics (such as speech sound inventory, consistency, or phonological processes), a stimulability test and a hearing test. Standardised tests are often the most commonly used method for assessing children's speech and identifying SSD (Diepeveen et al., 2020; McLeod & Baker, 2014). This practice is also common in French-speaking contexts (van der Straten Waillet et al., 2023), although the panel of standardised tests available for the assessment of speech in preschool children is not as extensive as in other languages like English, Spanish or German (Brosseau-Lapr e et al., 2018; Kehoe et al., 2021). The French-speaking contexts have recently seen a new interest in increasing the number of developmental speech measures, and in enhancing the screening and the diagnosis of SSD in preschool children (Warnier et al., 2022). Several new tests for the diagnosis of SSD in French speakers have been launched in recent years, such as the D epistage Rapide Articulation et Phonologie [DRAP] (Kehoe et al., 2021), and the évaluation sommaire de la phonologie chez les enfants d' ge pr escolaire [ESPP] (Macleod, 2014), two standardised picture-naming tests designed for the identification of SSD in French speakers. The

latter tests can only confirm the widespread use of norm-referenced practice for diagnosing children with SSD.

Several authors have recently drawn attention to the fact that norm-referenced approach only provides accurate interpretations of the child's performance if the tests are well constructed, and have good psychometric properties (Fabiano-Smith, 2019; Kirk & Vigeland, 2014). According to these points, the SSD identification should also be based on assessment methods other than the standardised tests. In addition to the objective measures mentioned above, subjective data can provide complementary information for the identification of SSD in children. For example, case histories are commonly used and are recommended by many authors (Bowen, 2015; Fabiano-Smith, 2019; McLeod & Baker, 2014), but they are not always used systematically (Diepeveen et al., 2020). A case history is often performed through questionnaires or interviews with parents. Common topics include family and child's general background, child's speech and language development, child's medical background, child's hearing, and multilingualism (Bowen, 2015; Diepeveen et al., 2020; Fabiano-Smith, 2019; van der Straten Waillet et al., 2023). All the information gathered helps the SLP directing the assessment and the intervention, but it also helps highlighting SSD's consequences and significant bio-social predictors of SSD that cannot be retrieved from direct assessment of speech (Bowen, 2015; Fabiano-Smith, 2019). Such predictors include masculine gender, parental concerns about motor skills and about speech sounds at 24 months, family history of speech and language disorder, mother's vocabulary score, and low socio-economic status (SES) (Eadie et al., 2015).

Parents are important actors of the child's assessment (Diepeveen et al., 2020; Just et al., 2022; Skeat et al., 2010). Several tools designed for the assessment of general language development in preschool's children include

parents, such as the MacArthur-Bates Communicative Development Inventories (CDI, Fenson et al., 2007) or the Inventaire Français du Développement Communicatif (IFDC, Kern & Gayraud, 2010), a common tool in French. Regarding the acquisition of speech, an interesting parent-report tool to mention is the Intelligibility in Context Scale (ICS, McLeod, 2020). This parental questionnaire assesses functional intelligibility with seven conversational partners (including parents, family, teachers, strangers) on a 5-point Likert scale. The ICS has been translated into more than 60 languages and validated/normed in 18 languages. In the studies that validated and normed the ICS, this parent-report measure appeared as an interesting tool for screening for SSD (McLeod, 2020). Such findings underline the important roles parents play in the assessment of speech in preschool-aged children. A French version of the ICS exists, but has not been validated yet. The ICS is a tool widely used around the world, but according to the survey conducted by van der Straten Waillet et al. (2023) it did not emerge as common practice among French SLPs for intelligibility assessment.

Several other works have also investigated the usefulness of parents in screening for SSD and pointed out parental concern about speech as an interesting subjective measure to consider (Harrison et al., 2017; McLeod et al., 2018; Skeat et al., 2014). This type of concern is a common source of referral for accessing SLP services (Just et al., 2022; Skeat et al., 2014). However, parental concern depends on many stakeholders, such as whether health or education professionals help parents become aware of their child's communication difficulties (Just et al., 2022). Teacher's concern about speech sound development is another common source of referral for SLP services. Interestingly, at the same time, it has recently been recognised as a useful measure to screen for SSD, and it is positively correlated with parental concerns (Harrison et al., 2017; McLeod et al., 2018).

This opens the potential usefulness of taking both parent's and teacher's concerns into account when identifying SSD in preschool children. A study conducted in Australia on 157 children aged 4 to 5 years old found that those two types of concerns about speech sound development are valuable measures compared to direct assessment of speech when screening for SSD (Harrison et al., 2017). The two subjective measures were collected through the question 'As a parent/teacher, do you have any concerns about how your/this child talks and makes speech sounds?' from the Parent Evaluation of Developmental Status (PEDS, Glascoe, 2000). Parents' and teachers' concerns were compared to a percentage of consonants correct (PCC) score based on a standardised single-word speech sound test. Results showed significant correlations between (1) the PCC standard score and each type of concern, and (2) between parent's and teacher's concerns. Sensitivity and specificity were also investigated: parental concern appeared to be a more sensitive measure than the teacher's concern, with respective scores of 88.2% and 71.2%. However, teachers were more specific than parents, with respective scores of 52% and 36%. Such findings support the idea of systematically combining a measure of concern to the direct assessment of speech to screen for SSD (Harrison et al., 2017; Skeat et al., 2014). In the French-speaking context that requires an increase in the number of norm-referenced tools and criterion-referenced measures for screening for SSD, parents' and teacher's concerns seem to be interesting measures to investigate.

The present article partly replicates the study conducted in Australia by Harrison et al. (2017) in the French-speaking context and aims (1) to determine the utility and accuracy of parent's and teacher's concerns for screening for SSD in French-speaking preschool children, in comparison to a standardised assessment of speech. We also aim to (2) explore whether the accuracy of parent's and teacher's concern is related to kindergarten grades.

We finally aim to determine (3) whether the level and type of concern are related to the speech performance, and (4) whether the intensity of parent's and teacher's concerns is related to the type of disorder (i.e. SSD-Only or SSD+DLD) the child has. This article ultimately aims to enhance the screening for SSD in young children worldwide by investigating the value and accuracy of parent and teacher reports, which are common sources of referral for SLP services.

Method

The research was approved by the Research Ethics Committee of the University of Liege's Faculty of Psychology, Speech Therapy and Educational Sciences (reference 2122-068). All participants were part of a larger cross-sectional research project studying the potential link between orofacial myofunctional disorders and SSD in preschool children aged between 36 and 66 months. This present study focuses on part of the speech data and took place between October 2022 and June 2023.

Participants

Monolingual French-speaking children were recruited from 39 regular schools around Liège, Wallonia, a French-speaking region in Belgium. Parents returned consent forms and background questionnaires when they gave their agreement to their child's participation. Inclusion criteria for this study were to be aged between 36 and 66 months, to be a monolingual French-speaker, to not have a diagnosis of developmental disability (e.g. intellectual disability, autism), and to be born full term (≥ 37 weeks of gestation). All children completed the Primary Test of Nonverbal Intelligence (PTONI, Ehrler & McGhee, 2008) and were excluded if they scored below the 16th percentile. All children also passed a bilateral hearing screening (25dB HL at 0.5, 1, 2 and 4 kHz). Children were excluded if they

failed the test with a 25dB threshold. The flowchart in Figure 1 details how children were recruited and selected for our study.

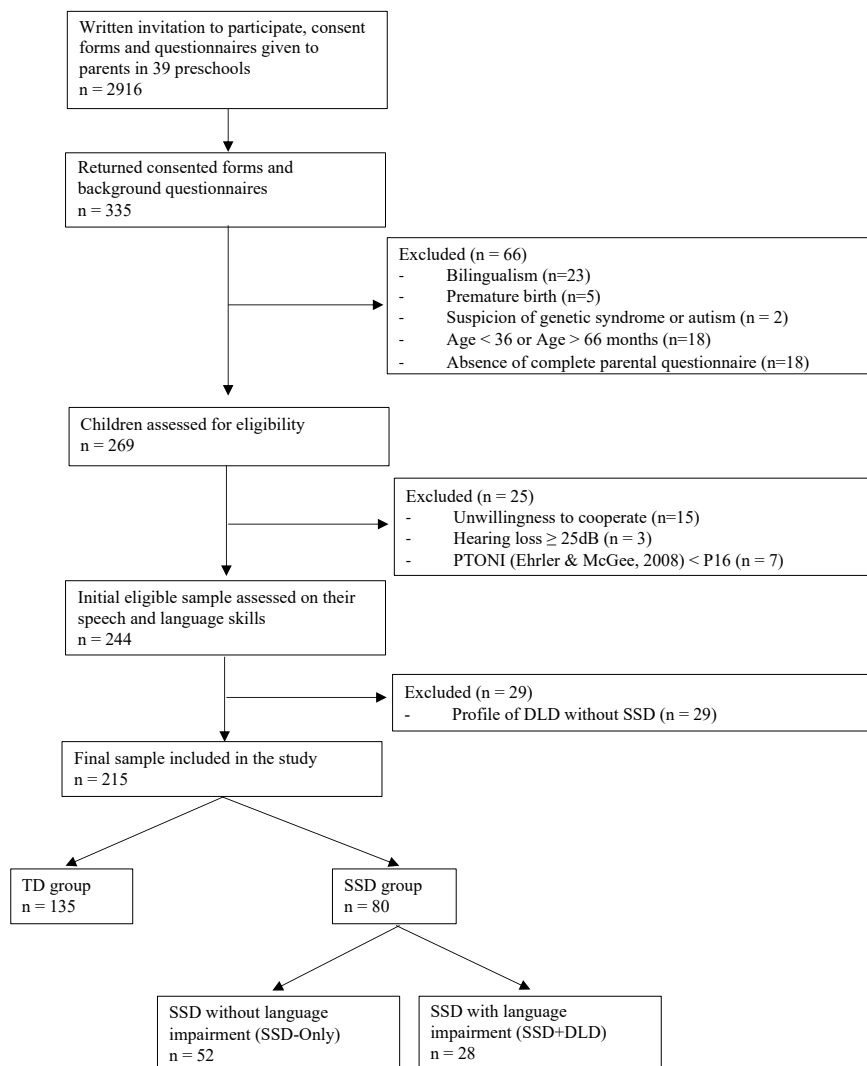
A total of 244 preschool children met our overall inclusion criteria. We described their speech and language profile using a screening approach. Indeed, as the overall aim of our article is to improve the screening for SSD in preschool children, we chose to apply a screening logic to categorise our sample. According to Daub et al. (2021) and Youngstrom et al. (2017), the content and nature of the assessment vary according to the objective of the assessment (screening, diagnosis, measurement of change, choice of treatment). In addition, the screening approach helps to determine whether further assessment is necessary, which corresponds to the aim of our study (Bowen, 2015 ; Youngstrom et al., 2017). Thus, in our sample classification, and more specifically for SSD, it was not necessary to describe the heterogeneity of our profiles, to carry out an in-depth categorization, nor to obtain a diagnosis supported by multiple and varied sources. The clinical diagnosis of SSD of our participants would have implied a thorough clinical assessment, with a measure of the functioning at the level of social participation (Diepeveen et al., 2020 ; McLeod & Baker, 2014). Here, we followed the recommendations that apply in screening, namely the use of standardised assessment and, more specifically, single-word speech sound test for SSD (Bowen, 2015 ; Cattini & Maillart, 2024). To describe our sample, we identified the profile to which each child had a high probability of belonging. This logic was followed for the different profiles we were likely to encounter (TD, SSD, DLD, SSD+DLD), after applying our global inclusion and exclusion factors. For the sake of clarity, we therefore called ‘SSD’ children with suspected SSD, ‘DLD’ children with suspected DLD, and ‘SSD+DLD’ children with suspected dual diagnosis.

Vocabulary skills were assessed by the French version of the Peabody Picture Vocabulary Test–Fifth Edition (PPVT-5; Dunn, 2019) and of the Expressive Vocabulary Test–Third Edition (EVT-3; Williams, 2019); grammatical skills were assessed by the subtests ‘Production d’énoncés’ and ‘Compréhension C1&C2’ from the French Battery ‘Evaluation du Langage Oral’ (Khomsî, 2001). The presence of SSD was assessed through the French single-word speech sound test ‘Dénomination d’images – Phonologie’ from Exalang 3-6 (Helloin & Thibault, 2006), a standardised test with normative scores. The presence of DLD was considered when children scored under predetermined thresholds ($-1.25SD$ for grammatical tests and $-1SD$ for lexical tests) at one language test at least. SSD was considered when children scored under $-1SD$ on the single-word speech sound test. As shown in Figure 1, a subset of 29 children showed a DLD profile with no SSD profile and were excluded from this study.

The final sample is composed of 215 children. 52 children out of the 215 met our general inclusion criteria (age between 36 and 66 months, monolingual French-speaker, absence of developmental disability and prematurity), did not show any hearing or cognitive impairment, scored above our predetermined thresholds on every language test, but scored under $-1SD$ on the single-word speech sound test. These 52 children were placed in the group SSD-Only. 28 children out of the 215 showed a similar profile but scored under our aforementioned thresholds on at least one language test. This profile echoes the recent body of research encouraging dual diagnosis of SSD+DLD (Stringer et al., 2023). With this in mind, we decided to keep the 28 children with both speech and language disorders in our study. These 28 children were placed in the group SSD+DLD. As visible in Figure 1, the SSD-Only ($n=52$) and SSD+DLD ($n=28$) groups were gathered in one global SSD group ($n=80$). Finally, 135 children out of the 215 met the inclusion criteria listed above and score above $-1SD$ on all speech and language tests. They

were classified as typically developing (TD, n =135). Table 1 provides descriptive data of the sample included in the study. Levels of maternal education were assessed on a scale ranging from 1 to 7, with 1 being the highest level of education and 7 the lowest (Genoud, n.d.). Children are presented according to their school grade: Kindergarten 1 (K1, ages from 3 to 4 years old, n = 104), Kindergarten 2 (K2, ages from 4 to 5 years old, n = 78) and Kindergarten 3 (K3, ages from 5 to 6 years old, n = 33).

Figure 1. Flowchart of participants recruitment, selection, and group assignment



Notes. TD = Typically Developing; SSD = Speech Sound Disorders; DLD = Developmental Language Disorder

Table 1. Descriptive statistics of number of children, age, gender, and maternal education level among the two mains groups and the two SSD’s subgroups, divided by kindergarten grades.

		TD				SSD			
		K1	K2	K3	T	K1	K2	K3	T
	<i>n</i>	73	45	17	135	31	33	16	80
Age	<i>Average</i>	43	55.3	64.2	49.8	42.2	53.7	64.1	51.3
	<i>SD</i>	4.66	4.71	2.35	9.02	4.08	4.43	2.87	9.16
Gender	<i>Boys</i>	35	24	9	68	17	18	9	44
	<i>Girls</i>	38	21	8	67	14	15	7	36
Maternal education	<i>Median</i>	2	2	2	2	2	3	3	3
		SSD-Only				SSD+DLD			
		K1	K2	K3	T	K1	K2	K3	T
	<i>n</i>	23	24	5	52	8	9	11	28
Age	<i>Average</i>	42.4	53.3	63.2	49.5	41.6	54.8	64.5	54.9
	<i>SD</i>	4.3	4.26	4.71	8.09	3.54	4.97	1.69	10.09
Gender	<i>Boys</i>	12	12	5	29	5	6	4	15
	<i>Girls</i>	11	12	0	23	3	3	7	13
Maternal education	<i>Median</i>	2	2	2	2	2.5	3	4	3

Notes. K1 = Kindergarten1; K2 = Kindergarten2; K3 = Kindergarten3; T = total; SD = Standard Deviation.

Stimuli or measures

Direct assessment of speech

The main focus of the direct assessment was to determine whether children had SSD, based on the French single-word speech sound test ‘Dénomination d’images – Phonologie’ from Exalang 3-6 (Helloin & Thibault, 2006). In this subtest, children were asked to name a series of 36 pictures and their performance was scored according to the instructions available in the manual. The 36 words vary in length with 12 monosyllabic words, 21 disyllabic words and 3 multisyllabic words. The list of words also varies in complexity, from simple syllable shapes such as CV and CVC to

syllables containing complex onsets and/or codas such as CCVC and CVVCC. A total of 16 consonant clusters and 162 phones, including 99 consonants and 63 vowels are targeted in these 36 words. The rating followed a thorough application of the standardised instructions available in the Exalang 3-6's manual (Helloin & Thibault, 2006) and consisted of calculating whole-word accuracy (defined as the correct production of the word in terms of speech sounds). Correctly produced words were summed and used as raw scores. The raw scores were then converted to standard scores using standardised test norms, distributed by 6-month intervals. The test offers a comprehensive sample of phonemes present in French, providing a representative profile of the child's speech.

Indirect assessment of speech – Teacher and parent questionnaire

Independently, parents and teachers were invited to estimate their degree of concern on children's speech development by answering either 'no', 'a little', or 'yes' to the question, 'En tant que parent/enseignant, avez-vous des inquiétudes concernant la façon dont votre/cet enfant parle et produit les sons du langage?' (As a parent/teacher, do you have any concerns about how your/this child talks and makes speech sounds?).

Test administration

Children's assessment was conducted at school by the first author, assisted by four trained SLP master's students. All experimenters were native French speakers. The full assessment lasted approximately half an hour. In addition to the standardised single-word speech sound test, as noted above, other tests were used to screen the children's receptive and expressive language, hearing, and cognitive development. These assessments informed the inclusion criteria and the detection of co-occurrence of SSD with DLD.

The direct assessment of children's speech was completed with the 'Dénomination d'images – Phonologie' from Exalang 3-6 (Helloin &

Thibault, 2006). This test was administered on a computer: children were invited to watch pictures on the laptop placed in front of them and were encouraged to name each picture. When a child could not name an image, they were asked to repeat the word after the experimenter. Children's speech was recorded with a directional microphone (i.e. Zoom H4nPro).

Immediately following the direct assessment, experimenters held a short and private interview with the child's preschool teacher. Teachers' concern about the child's speech development was collected during this time. Parents' concern about speech was obtained through paper questionnaires collected at the beginning of the study.

Analyses

Children's speech was analysed by listening to the child's recording in a quiet room, with a headphone Audio-Technica ATH-M50x. Children's performance was assessed and calculated by a thorough application of the standardised instructions of rating available in the Exalang 3-6's manual (Helloin & Thibault, 2006).

Binary scales were created for the purpose of the analyses. When parents or teachers answered 'yes' or 'a little' to the question of speech concern, the child was coded as 'Concern-yes'; when they answered 'no', the child was coded as 'Concern-no'. One binary scale was also designed to have a joint concern of parents' and teachers' concerns. When neither the parent, nor the teacher had concern, the child was coded as 'Concern-no', when the teacher, the parent or both had concerns, the child was coded as 'Concern-yes'. One last scale with three modalities was designed to appreciate the intensity of the joint concern: an absence of concern from both parents and teachers was coded '0', one concern from either parent or teacher was coded '1' and concerns from both was coded '2'. To avoid any confusion regarding the latter two measures, the 'joint concern' variable combines concerns

regardless of whether only one or two members of the pair expressed concerns, while the ‘intensity of the joint concern’ variable distinguishes how many members of the pair expressed concerns. For the sake of clarity, original and built-in variables are presented in Table 2.

Table 2. Summary of the original variables and made-in variables used in the study.

Original variables		Built-in variables		
Variables	Labels	Variables	Labels	Description
Clinical classification	<i>TD</i>	Clinical classification (binary)	<i>TD</i>	TD children, as classified originally
	<i>SSD-Only</i> <i>SSD+DLD</i>		<i>SSD</i>	SSD-Only + SSD+DLD children
Parents’ level of concern	<i>No</i>	Parents’ concern (binary)	<i>Concern-no</i>	Answers “no”
	<i>A Little</i> <i>Yes</i>		<i>Concern-yes</i>	Answers “a little” + “yes”
Teachers’ level of concern	<i>No</i>	Teachers’ concern (binary)	<i>Concern-no</i>	Answers “no”
	<i>A Little</i> <i>Yes</i>		<i>Concern-yes</i>	Answers “a little” + “yes”
		Joint concern	<i>Concern-no</i>	Absence of concern from both parents and teachers
			<i>Concern-yes</i>	Concern from parents, teachers, or both
		Joint concern intensity	<i>0</i> <i>1</i> <i>2</i>	Absence of concern from both parents and teachers Concern from parents or teachers Concerns form both

Note. TD = typically developing; SSD = Speech Sound Disorder ; DLD = Developmental Language Disorder

To determine the utility of concerns for screening for SSD, we used tetrachoric correlations and discriminant accuracy measures (i.e. sensitivity and specificity) between parents’ concern, teachers’ concern, joint concern (i.e. Concern-no or Concern-Yes) and children’s classification (i.e. SSD or TD). Sensitivity is the measure’s ability to correctly identify a disorder in the children who have it. Sensitivity is also known as the true-positive rate (=true positives/[true positives + false negatives]). Specificity is the measure’s ability to correctly identify the children who do not have the disorder. Specificity is also known as the true-negative rate (=true negatives/[true negatives + false positives]) (Carter et al., 2016; Trevethan, 2017). Sensitivity and/or specificity rates $\geq 90\%$ are qualified as good, rates between 80 and 89% are qualified as fair, rates $< 80\%$ indicate that misidentifications occur too often (Plante & Vance, 1994). We used non-parametric Kruskal-Wallis tests

and pairwise Mann–Whitney U-tests as post-hoc analyses to determine whether the level and type of concern were related to the speech performance on the single-word speech sound test. We used a logistic regression to determine whether the intensity of the joint concern could predict the presence of SSD in children. We also analysed whether the type of disorder (i.e. SSD-Only or SSD+DLN) was predicted by the level of concern of (1) parents alone and (2) teachers alone. We employed two ordinal logistic regressions. Statistical analyses were carried out using Jamovi version 1.6.23 and R Studio.

Results

Analyses were conducted in two steps. Initially, we first pursued aims 1, 2 and 3 of the study. These goals included the whole sample and focused on the two main groups: TD and SSD. Those results are described in the section ‘Results for the whole sample’. Subsequently, we addressed the fourth aim, focusing on the two SSD subgroups: SSD-Only and SSD+DLN. These subgroup results are presented in the section ‘Results by types of disorder’.

Results for the whole sample

The data and variables included in the whole sample analyses are available in Table 3.

Correlations

We used tetrachoric correlations to explore the strength of association between the clinical classification (i.e. SSD or TD) and classifications according to parents’ concern, teachers’ concern and joint concern (i.e. Concern-no or Concern-yes). Associations were computed for the whole sample and for each kindergarten grade. As visible in Table 4, parents’ concern, teachers’ concern, and joint concern were positively and significantly correlated with the clinical classification. Each correlation

between the clinical classification and the three types of concerns had a p-value <.001. Parents and teachers were also positively and significantly correlated with each other (p-value <.001) across the entire group and within each kindergarten grade.

Table 3. The frequencies of responses to the different variables, for TD and SSD children in the whole group and in the three kindergarten grades

Variables	Classifica- tion	Overall			K1			K2			K3		
		TD	SSD	T	TD	SSD	T	TD	SSD	T	TD	SSD	T
		135	80	215	73	31	104	45	33	78	17	16	33
Parents' concern	<i>Concern-no</i>	115	37	152	64	18	82	37	14	51	14	5	19
	<i>Concern-Yes</i>	20	43	63	9	13	22	8	19	27	3	11	14
Teachers' concern	<i>Concern-no</i>	119	20	139	64	7	71	41	8	49	12	4	16
	<i>Concern-Yes</i>	16	60	76	9	24	33	4	25	29	5	12	17
Joint concern	<i>Concern-no</i>	103	10	113	58	5	63	34	4	38	11	1	12
	<i>Concern-Yes</i>	32	70	102	15	26	41	11	29	40	6	15	21
Joint concern intensity	0	103	10	113	58	5	63	34	4	38	11	1	12
	1	25	36	61	12	15	27	10	14	24	3	7	10
	2	7	34	41	3	11	14	1	15	16	3	8	11

Note. TD = typically developing; SSD = Speech Sound Disorders ; T = total ; K1 = Kindergarten1; K2 = Kindergarten2; K3 = Kindergarten3 ; 0 = an absence of concern from both parents and teachers; 1 = one concern from either parent or teacher ; 2 = concerns from both parents and teachers

Table 4. Tetrachoric's rho correlations between TD-SSD categorisation according to clinical classification, parent's concern, teacher's concern and joint concern for all children and children divided by kindergarten grades

Variables		Parents' concern	Teachers' concern	Joint concern
Overall	Classification	.62**	.85**	.84**
	Teachers' concern	.58**	—	—
Kindergarten 1	Classification	.54**	0.85**	0.82**
	Teachers' concern	.57**	—	—
Kindergarten 2	Classification	.62**	.89**	.85**
	Teachers' concern	0.51**	—	—
Kindergarten 3	Classification	.73**	.66**	.85**
	Teachers' concern	.52**	—	—

Note. **p < .001

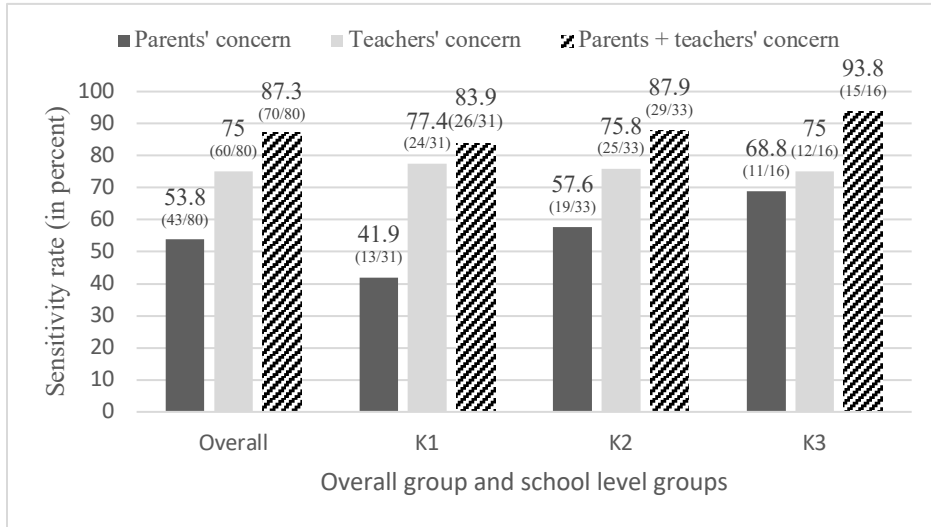
Sensitivity & specificity analyses

The discriminant accuracy of concerns from parents, teachers or both were assessed through sensitivity and specificity analyses, with the clinical classification (i.e. SSD or TD) as the gold-standard measure. We analysed the accuracy for the whole sample, then we repeated the calculations for the three grades, to explore whether the accuracy of parental and teacher concern changed as a function of education levels. Figure 2 illustrate sensitivity and Figure 3 depicts specificity for the three variables. Parents' concern appeared as the least sensitive variable for the whole group and over the grades. Sensitivity was very low in K1, enhanced in K2 and K3, but remained under the fair threshold ($Se < 80\%$). In contrast, parents' specificity was fair ($Spe \geq 80\%$) and stable over the grades. Teachers showed a stable, but low sensitivity over the grades and in the whole group. Just like the parents, they were also more specific: they had a fair specificity ($Spe \geq 80\%$) in the whole group and in K1, increased to a good specificity ($Spe \geq 90\%$) in K2, but then showed a lower specificity in K3 ($Spe < 80\%$). The joint concern appeared as the most sensitive variable for the whole sample, and over the grades. Sensitivity of the joint concern is good in K3 ($Se \geq 90\%$) and fair in the other groups ($Se \geq 80\%$). However, the joint concern of parents and teachers appeared as the least specific measure of the three variables.

Logistic regression

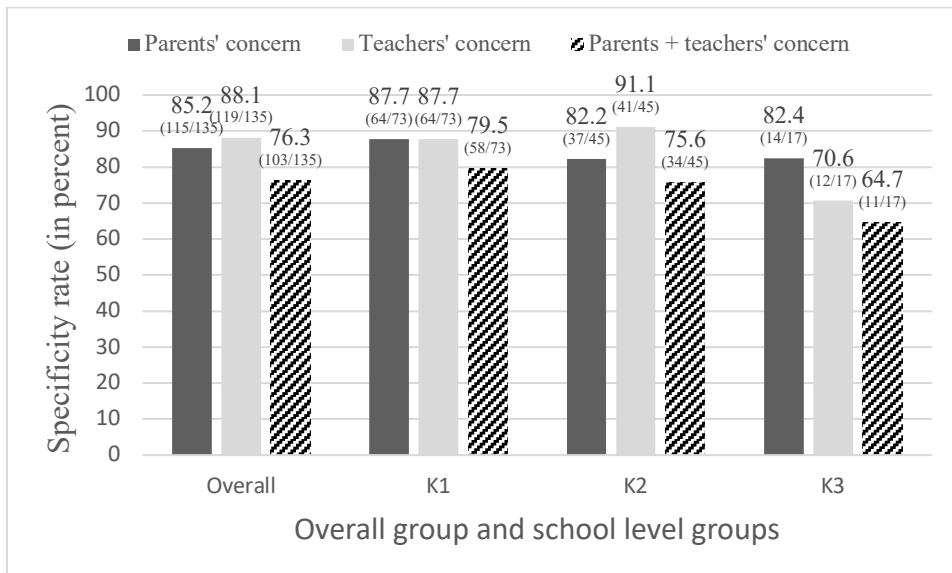
A logistic regression was performed to determine whether the intensity of the joint concern of parents and teachers (i.e. how many members of the pair expressed concern) could better predict the presence of SSD in children. The logistic regression model was statistically significant, ($X^2 [2, N = 215] = 97.5, p < .001$). When only one member of the parent-teacher tandem expressed concern, children were almost fourteen times more likely to present an SSD profile ($OR=13.92, 95\%CI [6.2, 31.28]$). When both parent and teacher expressed concerns, children were fifty-four times more likely to present an SSD profile ($OR=54.1, 95\%CI [18.61, 157.26]$).

Figure 2. Results for sensitivity, for all children and children divided by pre-school level.



Notes. K1 = Kindergarten1; K2 = Kindergarten2; K3 = Kindergarten3

Figure 3. Results for specificity, for all children and children divided by pre-school level.



Notes. K1 = Kindergarten 1; K2 = Kindergarten 2; K3 = Kindergarten 3

Speech performance according to the level and type of concerns

To verify if the level of concern was associated with the speech performance and SSD severity, we examined whether speech performance (measured as the standardised score on the single-word speech sound test) varied with the different levels of concern for parents, teachers, and the intensity of the joint concern. The descriptive statistics of the speech performance can be seen in Table 5. Non-parametric Kruskal-Wallis tests were employed for the three types of concern in the whole group (n=215). Post-hoc analyses of the significant results from Kruskal-Wallis tests were performed through Mann–Whitney U-tests. Analyses were also carried out according to the kindergarten grades and on the SSD group (n=80), and are visible in the supplementary material.

Analyses using the non-parametric Kruskal-Wallis test showed that the distributions of the standardised score for the single-word speech sound test varied significantly according to the level of parental concern ($X^2=42.9$, $ddl=2$, $p<0.001$) and the level of teacher concern ($X^2=92.3$, $ddl=2$, $p<0.001$). Distributions of the standardised score for the single-word speech sound test also varied significantly according to the intensity of the joint concern ($X^2=95.4$, $ddl=2$, $p<0.001$). We employed pairwise Mann–Whitney U-test to determine how exactly the standardised score on the single-word speech sound test differed between the levels of concern. Detailed results are available in Table 6. Except for parents for whom no significant difference was found between answers ‘a little’ and ‘yes’, significant differences on speech performance with a p-value $<.001$ appeared between the levels of concern for parents and teachers. When it comes to the intensity of joint concern, significant differences on speech performance with a p-value $<.001$ were found between the number of caregivers who expressed concerns (i.e. 0, 1 or 2).

Table 5. Speech performance scores of children in the TD, SSD, SSD-Only and SSD+DLD groups on the single-word speech sound test ‘*Dénomination d’images – Phonologie*’ from Exalang 3-6

		n	Mean	SD	Median	Minimum score	Maximum score	Range	Std score Mean
TD	<i>K1</i>	73	26.27	6.09	28	12	35	23	0.29
	<i>K2</i>	45	31.82	3.24	33	23	36	13	0.22
	<i>K3</i>	17	33.35	1.58	33	30	36	6	0.09
	<i>Total</i>	135	29.02	5.75	31	12	36	24	0.25
SSD	<i>K1</i>	31	10.61	5.08	10	0	18	18	-1.728
	<i>K2</i>	33	17.39	6.23	17	6	29	23	-2.770
	<i>K3</i>	16	22.5	4.47	22.5	13	29	16	-2.845
	<i>Total</i>	80	15.79	7.07	16	0	29	29	-2.38
SSD-Only	<i>K1</i>	23	10.83	4.67	10	4	18	14	-1.7
	<i>K2</i>	24	18.33	6.19	19	6	29	23	-2.47
	<i>K3</i>	5	22.8	4.76	22	17	29	12	-2.65
	<i>Total</i>	52	15.44	6.88	16	4	29	25	-2.14
SSD + DLD	<i>K1</i>	8	10	6.44	9.5	0	18	18	-1.82
	<i>K2</i>	9	14.89	5.95	15	7	25	18	-3.57
	<i>K3</i>	11	22.37	4.57	23	13	29	16	-2.94
	<i>Total</i>	28	16.43	7.5	17.5	0	29	25	-2.82

Notes. K1 = Kindergarten1; K2 = Kindergarten2; K3 = Kindergarten3; SD = Standard Deviation; Std score = Standardised Score (i.e. norm-referenced score according to the test’s norms).

Table 6. Mann-Withney U results for standardised scores on the single-word speech sound test according to the level of concern, in the whole group (n=215)

		n	Mean	SD	Median	Mann-Whitney U-test Statistic	p
Whole-group (n = 215)							
Parents	<i>No</i>	152	-0.25	1.2	0	1511	<.001
	<i>A Little</i>	44	-1.8	1.83	-1.38		
	<i>No</i>	152	-0.25	1.2	0	564	<.001
	<i>Yes</i>	19	-2.12	1.85	-2.14		
	<i>A Little</i>	44	-1.8	1.83	-1.38	380	0.574
	<i>Yes</i>	19	-2.12	1.85	-2.14		
Teachers	<i>No</i>	139	0.00	1	0.193	730	<.001
	<i>A Little</i>	29	-1.27	1.09	-1.25		
	<i>No</i>	139	0.00	1	0.193	477	<.001
	<i>Yes</i>	47	-2.58	1.69	-2.27		
	<i>A Little</i>	29	-1.27	1.09	-1.25	364	<.001
	<i>Yes</i>	47	-2.58	1.69	-2.27		
Intensity of the joint concern	<i>0</i>	113	0,160	0.85	0.251	1183	<.001
	<i>1</i>	61	-1.27	1.29	-1.38		
	<i>0</i>	113	0,160	1.29	0.251	270	<.001
	<i>2</i>	41	-2.53	1.8	-2.05		
	<i>1</i>	61	-1.27	0.85	-1.38	731	<.001
	<i>2</i>	41	-2.53	1.8	-2.05		

Notes. SD = Standard Deviation; 0 = an absence of concern from both parents and teachers; 1 = one concern from either parent or teacher ; 2 = concerns from both parents and teachers ; Bolded values = presence of significant differences on Mann-Withney U test

Results by types of disorder

The data and variables included in the analyses by types of disorder are available in Table 7, which details the frequencies of responses to the variables for the two types of profiles: SSD-Only and SSD+DLD.

Table 7. The frequencies of responses to the parents' and teachers' concern variables, for SSD and SSD+DLD children

Variables	Classification			
		SSD-Only	SSD+DLD	Total
		52	28	80
Degree of parents' concern for SSD children	<i>No</i>	25	12	37
	<i>A little</i>	20	9	29
	<i>Yes</i>	7	7	14
Degree of teachers' concern for SSD children	<i>No</i>	15	5	20
	<i>A little</i>	14	3	17
	<i>Yes</i>	23	20	43

Ordinal logistic regressions

Two ordinal logistic regressions were performed to determine whether the degree of parents' concern and teachers' concern was explained by the child's type of disorder (i.e. SSD-Only or SSD+DLD). The ordinal logistic regression model was statistically significant for teachers, $X^2(1, N = 80) = 4.62, p = .032$. But the regression was not statistically significant for parents, $X^2(1, N = 80) = .726, p = .394$. Teachers were almost three times more likely to express a great concern when the child presented an SSD+DLD profile (OR=2.78, 95%CI [1.09, 7.61]).

Discussion

Our study mainly aimed to determine the utility of parent's and teacher's concerns for screening for SSD in French speakers. Our results revealed that the SSD screening according to parents' and teachers' concerns were positively and significantly correlated with the clinical classification (i.e. SSD or TD). Results showed correspondences between subjective and objective methods of screening, in line with the findings presented in the

similar study conducted by Harrison et al. (2017). Findings from both studies underline the interest in using caregiver's concern to screen for SSD. Along with the utility of their concerns considered individually, their joint concern was also found to be positively and significantly correlated with the clinical classification in this study. While the joint concern was not included in the Australian study, this measure appears to be important to consider when screening for SSD in preschool children. Not only was the variable 'joint concern' correlated with the clinical classification with a similar strength to that of teachers, but the variable 'intensity of the joint concern' also appeared as a strong predictor of SSD. Such findings support the idea that systematically combining at least one measure of caregiver's concern (a subjective measure) with the direct assessment of speech (an objective measure) is a real asset for identifying SSD in pre-school children. (Harrison et al., 2017; Just et al., 2022; Skeat et al., 2014).

In addition to the overall agreement between subjective and objective methods of identification, the accuracy of the concern is critical information to consider. As far as the sensitivity is concerned for the whole group, parents revealed themselves to not be very sensitive when it comes to detecting if their child is at risk of SSD. In contrast, teachers showed a better sensitivity, yet remained under the threshold of 80%. Such gaps between parents and teachers could be explained by different expectations and representations of typical child development between parents and teachers (Bedore et al., 2011; Pua et al., 2017). In addition, teachers have many opportunities to observe children in their classroom and can share their concerns within their team (Brebner et al., 2016). Teachers also benefit from daily contact with young children who communicate with various levels of intelligibility. All this makes it possible for them to compare children with each other and likely influences their judgment. Another explanation is that parents also tend to understand their child better than teachers and get used to understanding their

child's speech (Piazzalunga et al., 2021). To complete our sensitivity analyses, we calculated the sensitivity rates of the joint concern of parents and teachers. The latter showed a fair sensitivity rate (87.3%) and was the most sensitive of the three concern measures. These results indicate that pairing parent's and teacher's concerns, regardless of whether only one or both members of the pair are concerned, reduces the number of false negatives and significantly improves the SSD screening in children. When pairing the concerns, regardless of whether the teacher, the parent or both express concerns about speech, the risk of missing a child with SSD is 12.7%, compared with 46.2% and 25% for parents and teachers alone, respectively. Therefore, by gathering the concerns of both parents and teachers and then pairing them, speech therapists can obtain the most sensitive measure among the three types of concerns.

When it comes to specificity for the whole sample, our results showed that both parents and teachers obtained a fair rate. However, the joint concern had a lower level of specificity than the separated concerns, as it fell below the fair threshold of 80%. Parents and teachers lacked agreement for children without SSD who raised concerns, which increased the rates of false positives and lowered the specificity rate. A possible explanation is that the TD sample had a higher median on maternal education level than the SSD group. Mothers with a higher education level have been reported to pay more attention to their children's health (Song et al., 2022), which may have raised their concern unnecessarily. Unlike sensitivity, when it comes to excluding SSD, it is not necessary for both parents and teachers to indicate a lack of concern; the lack of concern from just one of them is sufficient.

Our results for parents' and teachers' accuracy contrast with Harrison's results. In their study parents were more sensitive than teachers, specificity rates were under the fair threshold, and teachers were more specific

than parents (Se = 88.2%, Spe = 36% for parents; and Se = 71.2%, Spe = 51% for teachers). Such contrasts can be explained by the differences in age ranges: children in our whole sample were aged between 36 and 66 months versus 48 to 60 months in Harrison's study. Parents generally tend to be less worried for younger children, which may not be very surprising as younger children make more developmental speech errors (MacLeod et al., 2011; Skeat et al., 2010; Woolfenden et al., 2014). Another explanation is the difference in the ratio of SSD children to the total sample size: our proportion of children with SSD was 37% (80/215) versus 84% (132/157) in Harrison's study. The number of positive cases compared with control cases can somehow affect the accuracy rates (Hajian-Tilaki, 2014). Finally, our study was conducted in Belgium and thus the school system (e.g., age at which formal schooling begins) and teacher training differ from Australia.

We also aimed to explore whether the accuracy of parents' and teachers' concerns changed according to the kindergarten grades. Even though it remained insufficient and below teachers' sensitivity for the three grades, the level of concern from parents increased and gained in sensitivity with the pre-school grades. The trajectory for parents' sensitivity draws an ascending slope. This could be explained by the normal increasing in parental concern due to age and the subsequently increasing in social comparisons with other children (Glogowska & Campbell, 2004; Skeat et al., 2010; Woolfenden et al., 2014). However, when it comes to identifying children without SSD and being reassured, parents showed stable and fair specificity levels at every school grade. As far as teachers are concerned, their concern for children with SSD remained similar, irrespective of the kindergarten grades: they showed a stable sensitivity trajectory across the school levels yet remaining under the fair threshold of 80%. Regarding the ruling out of children without SSD, teachers were correctly reassured in K1 with a fair level of specificity, somewhat enhanced their specificity in K2, but were not

sufficiently reassured in K3. In the latter grade (i.e. K3), teachers raised unnecessary concerns for children without speech difficulties, increasing the number of false positives. The trajectory for teachers' specificity draws an ascending, then descending slope. The loss of specificity in K3 for teachers was an unexpected result. Two explanations came logically for this drop: the mathematical explanation is the number of children included in K3 (n=33), which dropped in comparison to K2 and K1. Moreover, we counted 16 children with SSD for 17 TD children in K3. As already mentioned above, the ratio between positive and control case affects the accuracy rates (Bujang & Adnan, 2016; Hajian-Tilaki, 2014). When the number of positive cases is very close or superior to the amount of control cases, it tends to affect and diminish the specificity. In our case where we had more SSD children than TD children in K3. In future research, this ratio should be controlled carefully. The contextual explanation is that K3 is the year before children start elementary school. Perhaps the forthcoming start of elementary school and the imminent introduction of reading raised the level of concern in teachers, who often added comments about elementary school when answering the question about concern. In addition, teachers tended to rely on their knowledge of normal speech and language acquisition; these two characteristics, along with literacy, often seem to be used interchangeably by teachers (Weadman et al., 2022). This might suggest that teachers may have confused speech with pre-literacy skills when asked about their concern. Adding a few questions to clarify our request and make the teacher focus on speech could perhaps have helped them not to confuse the two concepts.

The joint concern always remained over the fair threshold and climbed between the school levels for the sensitivity, but it remained below 80% and lowered across the school level for specificity. The fair sensitivity rates highlight how parents and teachers function as a complementary pair when it comes to SSD screening in children. The big gap between the

sensitivity of parental concern and joint concern at all grades highlights the important role teachers play in the SSD screening. The low specificity of the joint concern was an interesting result and was mostly due to the lack of agreement between parents and teachers for children without SSD who raised concerns. This situation is particularly salient in K3, where the specificity is the lowest of all measures. Again, the number of children included in K3 (n=33) and the ratio between children with SSD and TD children can have affected the specificity in K3 (Hajian-Tilaki, 2014).

We also analysed whether the level and type of concern were related to the speech performance on the single-word speech sound test. In the whole group, the speech performance differed significantly according to the level of concern from parents and teachers. These results are in line with our main point that identified caregiver's concern as useful measure for the screening of SSD. Regarding teacher's answers, speech performance becomes significantly lower as the level of concern increases. This was not the case of parents, as answers 'yes' and 'a little' did not differentiate speech performance. This can be explained by the fact parents tended to answer 'a little' rather than 'yes' to the question 'As a parent, do you have any concerns about how your child talks and makes speech sounds?'. Indeed, parents' concerns can be tinged with uncertainty, as they may wonder whether their worries are well founded (Mulcahy & Savage, 2016). This also underlines the interest of providing caregivers with gradation in their response options to express their level of concern, instead of yes/no questions. The proposition 'a little' provides parents with the opportunity to mention their worries and their uncertainties. Our analysis also highlighted that speech performance was associated with the number of caregivers who expressed concerns. It is interesting to note the significant difference in speech performance when two caregivers are concerned, compared to when only one caregiver is concerned. Children's scores deviated twice as much from the mean when two caregivers

expressed concern, compared with when only one caregiver expressed concern. This finding is in line with the result of our logistic regression on the whole sample, which showed that when only one caregiver expressed concern, children were almost fourteen times as likely to present an SSD profile, and when both expressed concerns, children were fifty-four times as likely to present an SSD profile. Once again, this highlights the importance of systematically collect both parent and teacher concerns.

We aimed to determine whether the level of concern from parents and teachers is related to the type of disorder a child has. Teachers' level of concern varied according to the type of disorder. They tended to express a significantly higher level of concern when children presented a more severe profile (i.e., SSD+DLN) compared to a less severe profile (SSD-Only). This may indicate that SSD-Only profiles do not alert teachers as much as SSD+DLN profiles. This may also reflect a tendency for teachers to be more sensitive to language difficulties rather than speech difficulties. This is congruent with the fact that Belgian preschool teachers are mostly trained to develop vocabulary and grammar in children, and echoes previous works that had already identified preschool teachers to be mostly knowledgeable about vocabulary and grammatical skills (Piasta et al., 2022). If teachers marked a difference on their degree of concern between SSD+DLN and SSD-Only children, it was not the case of parents. They tended to express absent or little concern about speech whether the child had a concomitant DLN profile or not. This result is in line with above discussed results and shows again the difference in representation between teachers and parents (Bedore et al., 2011; McLeod & Harrison, 2009; Pua et al., 2017). It also highlights that parents generally tend to not be alerted by severe speech and language disorders in the general population in preschool children. Our findings join the discussion point of Just et al. (2022) saying that parents look for SLP services once they realise that their child needs help. Parental awareness can be driven by

comparison with others or even by health and education professionals. This also highlights the need for a universal approach to prevention aimed at parents regarding speech and language development and disorders in young children.

Our research partially replicated the study conducted in Australia by Harrison et al. (2017), using the same single question centred on caregivers' concerns: "As a parent/teacher, do you have any concerns about how your/this child talks and makes speech sounds?" One might also question whether the usefulness and accuracy of parents' and teachers' concern for SSD screening might have differed had we not focused solely on their feelings of concern, but also gathered their appraisal of the child's speech. Such questions could have provided a more direct evaluation of the child's speech and added nuance to the nature of caregivers' concerns. For example, it could have clarified why the specificity of teachers' concerns declined in K3, or addressed the hypothesis that teachers were less sensitive to speech difficulties than to pre-literacy or language challenges. For parents, this approach could have shed light on the reasons why their sensitivity increased over time. Finally, regarding joint concerns, these questions could have helped us better understand why parents and teachers form a complementary pair for sensitivity, yet lack agreement regarding specificity. To gain these insights, future research on caregivers' concerns might consider including direct questions appraising the child's speech, such as: "Is your child pronouncing words correctly? Is your child speaking less/same/more clearly words than peers at the same age? Do you need to ask the child to repeat their message often? Do you need to repeat your child's words to strangers? Is your child understood by strangers?"

Clinical Implications & Conclusion

Parent's and teacher's concerns, used separately or together, showed significant correlations with the clinical classification (i.e. SSD or TD) and associations with speech performance on a standardised single-word speech sound test. This indicates the usefulness of parent's and teacher's concerns in screening for SSD in French-speaking preschool children and confirms our preliminary hypotheses. Parental concern, teacher's concern, and especially joint concern showed promising results and were particularly likely to detect children with more severe SSD. Caregiver's concern is therefore a useful starting point for SSD screening. However, none of these measures alone demonstrated both sufficient sensitivity and specificity to effectively screen for SSD in preschool children. Based on these findings, we recommend that SLPs screen for SSD in pre-schoolers by combining concern measures with an objective assessment of speech, such as a standardised single-word speech sound test. Combining subjective and objective measures will very likely detect most of the children requiring assessment and intervention.

Regarding collecting and using concern, SLPs should not only measure the degree of parental concern, but also systematically collect the degree of concern of the child's teacher when assessing speech. Indeed, except in K3, teachers appeared generally as a better predictor than parents, which aligns with previous research (McLeod & Harrison, 2009; Pua et al., 2017). Moreover, when crossing both sensitivity and specificity rates, the measure of joint concern of parents and teachers should be favoured in case of prevention, as it showed the highest sensitivity. According to Trevethan (2017), when in case of screening, sensitivity must be chosen over specificity. SLPs striving to screen for SSD should combine the concerns of parents and teachers. In addition, SLPs should particularly keep in mind that when both are concerned, a child is 54 times more likely to have SSD. We also strongly encourage SLPs to think of the teacher's concern and the joint concern when

screening for SSD and SSD+DLN in the youngest children, whose access to SLP services may be limited since parents show low concern at this young age. When in case of in-depth assessment and looking for ruling out children without SSD, SLPs should consider absence of concern from teachers in K1 and K2 and from parents in K3.

In conclusion, our results showed that parents' and teachers' concerns are useful for SSD screening in preschool children. Caregiver's joint concern is a promising SSD screening tool in French-speaking contexts that can easily be added to an objective screening method. You can start by asking: 'En tant que parent/enseignant, avez-vous des inquiétudes concernant la façon dont votre/cet enfant parle et produit les sons du langage?' (As a parent/teacher, do you have any concerns about how your/this child talks and makes speech sounds?)

Acknowledgements

The authors would like to thank the many children, parents, teachers and principals for their participation and support. They would also like to give special thanks to all the SLP students who helped in data collection: Marion Dupret, Eliesa Firquet, Vicky Flambeau and Marine Gerard.

Disclosure

No potential conflict of interest was reported by the author(s).

Funding

This work was supported by the Fond de la Recherche Scientifique F.R.S-FNRS under Grant FRESH FC49517.

Supplementary material

Supplemental data for this article can be accessed online at <https://doi.org/10.1080/02699206.2024.2446818>

Étude 1 - Supplementary material

Level of concern in the SSD group. Analyses using the non-parametric Kruskal-Wallis test showed that the distributions of the standard score for the picture naming task did not vary significantly according to the level of parental concern ($X^2=3.94$, $ddl=2$, $p=0.139$), nor the level of teacher concern ($X^2=5.15$, $ddl=2$, $p=0.076$) in the SSD group. Distributions of the standard score for the picture naming task however varied significantly according to the intensity of the joint concern ($X^2=6.85$, $ddl=2$, $p<0.05$) in the SSD group. We employed pairwise Mann–Whitney U-test to determine how significantly the standardised score on the single-word speech sound test differed between the level of concern. Detailed results are visible in Table S1.

Table S1. Mann-Whitney U results for standardised score on the single-word speech sound test according to the level of concern, in SSD group (n=80)

						Mann–Whitney U-test	
		n	Mean	SD	Median	Statistic	p
Parents	<i>No</i>	37	-1.97	0.88	-1.73	409	0.101
	<i>A Little</i>	29	-2.68	1.59	-2.3		
	<i>No</i>	37	-1.97	0.88	-1.73	183	0.109
	<i>Yes</i>	14	-2.86	1.55	-2.7		
	<i>A Little</i>	29	-2.68	1.59	-2.3	195	0.836
	<i>Yes</i>	14	-2.86	1.55	-2.7		
Teachers	<i>No</i>	20	-1.85	0.67	-1.79	146	0.474
	<i>A Little</i>	17	-1.97	0.8	-1.62		
	<i>No</i>	20	-1.85	0.67	-1.79	294	0.045
	<i>Yes</i>	43	-2.79	1.6	-2.33		
	<i>A Little</i>	17	-1.97	0.8	-1.62	273	0.129
	<i>Yes</i>	43	-2.79	1.6	-2.33		
Intensity of the joint concern	<i>0</i>	10	-1.61	0.55	-1.31	110	0.035
	<i>1</i>	36	-2.12	0.88	-1.87		
	<i>0</i>	10	-1.61	0.55	-1.31	103	0.027
	<i>2</i>	34	-2.9	1.69	-2.73		
	<i>1</i>	36	-2.12	0.88	-1.87	482	0.175
	<i>2</i>	34	-2.9	1.69	-2.73		

Notes. SD = Standard Deviation; 0 = an absence of concern from both parents and teachers; 1 = one concern from either parent or teacher ; 2 = concerns from both parents and teachers

Level of concern for the whole group among Kindergarten1. Analyses using the non-parametric Kruskal-Wallis test showed that the distributions of the standard score for the picture naming task in K1 varied significantly according to the level of parental concern ($X^2=14.6$, $ddl=2$, $p<0.001$) and the level of teacher concern ($X^2=43.9$, $ddl=2$, $p<0.001$). Distributions of the standard score for the picture naming task also varied significantly according to the intensity of the joint concern ($X^2=42.9$ $ddl=2$, $p<0.001$).

Level of concern for the whole group among Kindergarten2. Analyses using the non-parametric Kruskal-Wallis test showed that the distributions of the standard score for the picture naming task in K2 varied significantly according to the level of parental concern ($X^2=12.2$, $ddl=2$, $p<0.01$) and the level of teacher concern ($X^2=35.2$, $ddl=2$, $p<0.001$). Distributions of the standard score for the picture naming task also varied significantly according to the intensity of the joint concern ($X^2=30.3$, $ddl=2$, $p<0.001$).

Level of concern for the whole group among Kindergarten3. Analyses using the non-parametric Kruskal-Wallis test showed that the distributions of the standard score for the picture naming task in K3 varied significantly according to the level of parental concern ($X^2=12.7$, $ddl=2$, $p<0.01$) and the level of teacher concern ($X^2=15.8$, $ddl=2$, $p<0.001$). Distributions of the standard score for the picture naming task also varied significantly according to the intensity of the joint concern ($X^2=19.3$, $ddl=2$, $p<0.001$).

We employed pairwise Mann–Whitney U-test to determine how significantly the standardised score on the single-word speech sound test differed between the level of concern. Detailed results are visible in Table S2.

Table S2. Mann-Whitney U results for standardised score on the single-word speech sound test according to the level of concern, in the three kindergarten grades

		n	Mean	SD	Median	Mann-Whitney U-test	
						Statistic	p
Kindergarten 1 (n=104)							
Parents	<i>No</i>	82	-0.06	1	0.06		
	<i>A Little</i>	16	-1.02	1.32	-0.95	364	.005
	<i>No</i>	82	-0.06	1	0.06		
	<i>Yes</i>	6	-1.82	1.44	-1.08	73.5	.004
	<i>A Little</i>	16	-1.02	1.32	-0.95		
	<i>Yes</i>	6	-1.82	1.44	-1.08	34.5	.337
Teachers	<i>No</i>	71	0.21	0.85	0.22		
	<i>A Little</i>	11	-1.17	1.08	-1.14	102	<.001
	<i>No</i>	71	0.21	0.85	0.22		
	<i>Yes</i>	22	-1.55	1.01	-1.41	127	<.001
	<i>A Little</i>	11	-1.17	1.08	-1.14		
	<i>Yes</i>	22	-1.55	1.01	-1.41	85	.175
Intensity of the joint concern	0	63	0.271	0.82	0.371		
	1	27	-0.9	0.88	-1.14	269	<.001
	0	63	0.271	0.82	0.371		
	2	14	-1.79	1.29	-1.2	54	<.001
	1	27	-0.9	0.88	-1.14		
	2	14	-1.79	1.29	-1.2	137	.157
Kindergarten 2 (n=78)							
Parents	<i>No</i>	51	-0.49	1.44	-0.05		
	<i>A Little</i>	19	-1.96	1.97	-1.59	250	.002
	<i>No</i>	51	-0.49	1.44	-0.05		
	<i>Yes</i>	8	-2.38	2.43	-2.55	107	.033
	<i>A Little</i>	19	-1.96	1.97	-1.59		
	<i>Yes</i>	8	-2.38	2.43	-2.55	67.5	.670
Teachers	<i>No</i>	49	-0.17	1.09	0.06		
	<i>A Little</i>	11	-1.24	1.15	-1.41	131	.007
	<i>No</i>	49	-0.17	1.09	0.06		
	<i>Yes</i>	18	-3.48	1.77	-3.45	39	<.001
	<i>A Little</i>	11	-1.24	1.15	-1.41		
	<i>Yes</i>	18	-3.48	1.77	-3.45	31.5	.004
Intensity of the joint concern	0	38	-0.01	0.97	0.102		
	1	24	-1.44	1.61	-1.45	201	<.001
	0	38	-0.01	0.97	0.102		
	2	16	-3	2.02	-2.57	44.5	<.001
	1	24	-1.44	1.61	-1.45		
	2	16	-3	2.02	-2.57	105	.02
Kindergarten 3 (n=33)							
Parents	<i>No</i>	19	-0.428	1.19	0		
	<i>A Little</i>	9	-2.84	1.86	-2.74	19.5	<.001
	<i>No</i>	19	-0.428	1.19	0		
	<i>Yes</i>	5	-2.05	1.46	-2.14	16.5	.03
	<i>A Little</i>	9	-2.84	1.86	-2.74		
	<i>Yes</i>	5	-2.05	1.46	-2.14	18.5	.64
Teachers	<i>No</i>	16	-0.33	1.13	-0.02		
	<i>A Little</i>	8	-1.45	1.15	-1.25	26	.027
	<i>No</i>	16	-0.33	1.16	-0.02		
	<i>Yes</i>	9	-3.48	1.53	-3.41	8	<.001
	<i>A Little</i>	8	-1.45	1.15	-1.25		
	<i>Yes</i>	9	-3.48	1.53	-3.41	9	.032
Intensity of the joint concern	0	12	0.12	0.55	0.23		
	1	10	-1.95	1.15	-2.27	9.5	<.001
	0	12	0.12	0.55	0.23		
	2	11	-2.82	1.87	-2.82	5	<.001
	1	10	-1.95	1.15	-2.27		
	2	11	-2.82	1.87	-2.82	30.5	.253

Notes. SD = Standardised Deviation; 0 = an absence of concern from both parents and teachers; 1 = one concern from either parent or teacher ; 2 = concerns from both parents and teachers

Étude 2

The validity, reliability and accuracy of the European French version of the Intelligibility in Context Scale (ICS-EF)

Léonor Piron^{ab*}, Andrea A.N. MacLeod^c and Christelle Maillart^a

^aDépartement de Logopédie, RUCHE, Université de Liège, Liège, Belgique;

^bFRESH fund, F.R.S.-FNRS, Belgium

*^cCommunication Sciences & Disorders Department, University of Alberta,
Edmonton, Canada*

Status : Under review

The article was first submitted to the *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* on April 30, 2025, and resubmitted on July 30, 2025. On February 4, 2026, the editors issued a decision indicating interest in publication, pending further revisions. The revised article was submitted on February 21, 2026, and has been under consideration since February 23, 2026. The version presented in this thesis corresponds to the most recent version of the manuscript, namely the revised version submitted on February 21, 2026.

Abstract

Purpose: The Intelligibility in Context Scale (ICS) is a free parent-report questionnaire assessing functional intelligibility. While it has been translated into French, it lacks validation. This study addresses two main objectives. First, we aimed to establish the psychometric properties of the European French version of the ICS (ICS-EF). Second, we explored the ICS-EF as a measure of the functional impact of Speech Sound Disorders (SSD), specifically investigating how communication partner familiarity influences intelligibility ratings.

Method: A total of 189 French-speaking preschool children were recruited from preschools: 42 were classified as at risk for SSD, and 147 were classified as Typically Developing (TD). Children were assessed using a standardized single-word speech sound test. All parents completed the ICS-EF and one third completed it a second time for test-retest reliability. Validity was analyzed through Spearman's correlations, and an RM-ANCOVA. Reliability was analyzed using Cronbach's alpha and intraclass correlation coefficients. Age groups, cutoffs and discriminant accuracy were determined using K-means clustering and ROC curves. The effect of familiarity (intelligibility across communication partners) was examined using RM-ANCOVAs.

Results: The ICS-EF demonstrated good validity and reliability and was influenced by age. Three age groups were identified and revealed satisfactory sensitivity for the determined cutoffs. A significant effect of familiarity was found and was modulated by the presence/absence of SSD.

Conclusion: The ICS-EF demonstrated good psychometric properties and provides ready-to-use cutoffs. The ICS-EF can be considered both as a screening tool for SSD in French-speaking preschoolers and as a measure of SSD's functional impacts.

Keywords: Intelligibility in Context Scale ; Validity ; French

Introduction

Speech sound disorders (SSD) are among the most common communication disorders in pediatric speech-language pathology (SLP; American Speech-Language-Hearing Association, 2022; Eadie et al., 2015). The prevalence of SSD in preschool-aged children varies significantly due to differences in classification systems, definitions, and diagnostic criteria. The literature estimates that SSD affects between 3% and 15.6% of children aged 3 to 6 years (Eadie et al., 2015; McLeod & Harrison, 2009). Children with SSD represent a heterogeneous group in terms of severity, underlying causes, types of speech errors, associated abilities, and response to intervention (Farquharson & Tambyraja, 2019; Waring & Knight, 2013). These children ‘can have any combination of difficulties with perception, articulation/motor production, and/or phonological representation of speech segments (consonants and vowels), phonotactics (syllable and word shapes), and prosody (lexical and grammatical tones, rhythm, stress and intonation) that may impact speech intelligibility and acceptability’ (International Expert Panel on Multilingual Children’s Speech, 2012, p. 1). In summary, children with SSD produce more speech errors than expected for their age, resulting in less intelligible speech compared to typically developing (TD) peers. This reduced intelligibility can make it more challenging for children with SSD to engage in social activities (McCormack et al., 2009, 2019). Indeed, speech errors and lowered intelligibility increase the likelihood of communication breakdowns, which can lead to frustration and foster negative feelings toward speaking, sometimes resulting in speech avoidance (McCormack et al., 2019). These functional impacts may contribute to limitations in social participation and challenges in building relationships throughout life, potentially leading to long-term consequences in adulthood, such as difficulties in securing and maintaining employment (McCormack et al., 2009). In addition to functional impacts, a significant number of children with SSD may also present co-

occurring language difficulties (Eadie et al., 2015), which can result in a dual diagnosis of SSD and developmental language disorder (DLD; Stringer et al., 2023). Additionally, children with SSD often demonstrate weaker pre-literacy skills and face an increased risk of reading difficulties (Hayiou-Thomas et al., 2017), making them more likely to require additional academic support or to experience learning challenges (McCormack et al., 2009). As a result, early identification of SSD is crucial to prevent these potential consequences and support children's long-term development.

The identification of SSD in preschool children relies on multiple assessments and indicators. Studies indicate that speech-language pathologists (SLPs) commonly use a combination of methods, including standardized single-word articulation and phonology tests, speech samples, stimulability tests, and speech perception tests (Diepeveen et al., 2020; McLeod & Baker, 2014; van der Straten Waillet et al., 2023; Wikse Barrow et al., 2021). Among these, standardized tests and norm-reference approaches are generally favored; however, their accuracy relies on their psychometric properties (Fabiano-Smith, 2019; Kirk & Vigeland, 2014). Researchers emphasize the need for additional assessment approaches, including subjective measures like case histories, which provide valuable insights into a child's speech and language development, medical background, and socio-environmental factors (Bowen, 2015; Fabiano-Smith, 2019). Such information helps guide assessment and intervention while identifying significant predictors of SSD, such as male gender, parental concerns, family history of speech-language disorders, and low socio-economic status (SES; Eadie et al., 2015). In addition to the measures mentioned, intelligibility is traditionally recommended for speech assessment (McLeod & Baker, 2014). Intelligibility often refers to '*how understandable one's speech is to another*' and is considered as '*a functional indicator of oral communication competence*' (Hodge & Whitehill, 2010, p. 99). Speech intelligibility is a key

concept in SSD and a crucial factor influencing social and communicative participation across various settings (McCormack et al., 2019; Van Doornik et al., 2018). Consequently, intelligibility is regarded as a cornerstone of speech sound development assessment (Diepeveen et al., 2020; Farquharson & Tambyraja, 2019).

Parents and communicative partners play a key role in detecting children's communication difficulties and determining the need for assessment (Piron et al., 2025; Skeat et al., 2010). When it comes to speech, parents also play a crucial role in assessing their child's speech intelligibility through rating scales (Diepeveen et al., 2020; Piron et al., 2025; Skeat et al., 2010). A notable example is the Intelligibility in Context Scale (ICS; McLeod et al., 2012a; McLeod, 2020), a widely used parent-report tool for evaluating speech intelligibility. It was conceived and has been validated for the first time in 2012 by McLeod and her colleagues (McLeod et al., 2012a). This questionnaire assesses functional intelligibility across seven communication partners (parent, immediate family, extended family, friends, acquaintances, teachers and strangers) using a 5-point Likert scale (with 5 = '*always*' and 1 = '*never*'). With translations into over 60 languages and validation in 21 languages, the ICS has proven to be an effective screening tool for SSD (Abdulkader et al., 2024; Bathina et al., 2023; McLeod, 2020; Sommer et al., 2025). Among the 21 studies exploring the psychometric properties of the ICS across various languages, most have focused on preschool children, while a few have included older populations such as school-aged children or teenagers. The diversity in language environments and pathological populations under study is also noteworthy: the ICS has been validated in both monolingual and multilingual contexts, and for children with and without SSD (McLeod, 2020).

The many ICS validation studies focusing on preschool children in monolingual contexts (Bathina et al., 2023; Kok & To, 2019; Lee, 2019; Lousada et al., 2019; McLeod et al., 2012a, 2015; Neumann et al., 2017; Ng et al., 2014; Phạm et al., 2017; Piazzalunga et al., 2020, 2021; Sommer et al., 2025) reported satisfactory to excellent indices of validity (construct and criterion validity, mostly) and reliability (test-retest and internal consistency). Validation studies generally included a TD group and an atypically developing group (composed of children with SSD in most cases), which provided some studies with the opportunity to assess the discriminant accuracy of the ICS and to explore the construction of normative data (Kok & To, 2019; Lee, 2019; Lousada et al., 2019; McLeod, 2020; McLeod et al., 2015; Neumann et al., 2017; Ng et al., 2014; Piazzalunga et al., 2020). The latter studies have reported various cutoff scores for the ICS in preschool children, as well as different levels of sensitivity and specificity. However, they have generally found a satisfactory sensitivity level (i.e., >80%). These cross-linguistic validation studies further confirm the usefulness of the ICS as a screening tool for SSD, which has been its intended purpose from the outset. A more comprehensive synthesis of the psychometric properties of the different ICS versions can be found in the Discussion section and in McLeod's review (2020).

Additionally, several studies have explored the relationship between ICS scores and various external factors, such as age, gender, and SES. Findings have been inconsistent across studies, with one reporting an effect of gender (McLeod et al., 2015), others an effect of SES (Neumann et al., 2017; Phạm et al., 2017), and some finding no effect of gender or SES (Lousada et al., 2019). Among these factors, age is the most frequently studied and has been consistently associated with ICS scores (Lousada et al., 2019; McLeod et al., 2015; Neumann et al., 2017; Phạm et al., 2017). A recent study specifically examined the influence of age on ICS and modeled growth curves

to capture the developmental trajectory of 545 monolingual English-speaking TD children between 2;6 and 9;11 (Soriano et al., 2023). They found out that ICS mean (or composite) score changed as a function of age for TD children, with small increments on ICS score as age increased. ICS scores evolved from 3 to 5 with age. These findings are consistent with other studies that have explored the effect of age on the ICS across languages (Lousada et al., 2019; Neumann et al., 2017; Piazzalunga et al., 2020). Another common area of focus in ICS studies is the variation in scores across the seven communication partners. Familiar partners generally provide higher scores than unfamiliar partners, with parents understanding the child the best and strangers the least (Soriano et al., 2023; Van Doornik et al., 2018). This has been described as an effect of familiarity (Van Doornik et al., 2018). Interestingly, these differences tend to diminish over time as the child gets older and mostly after the age of 6 (Soriano et al., 2023). The differences between communication partners may also reflect how SSD's functional impact varies depending on the familiarity of the partners. Children with SSD would tend to communicate more easily and experience less impact from their speech difficulties with familiar or close partners, whereas they would face greater challenges and communicate less comfortably with unfamiliar partners (McLeod et al., 2013; Van Doornik et al., 2018). These findings also suggest the value of the ICS in measuring the functional impact of SSD in children.

Although the ICS has been translated into over 60 languages and validated in 21 languages, the French version has not yet been validated. Despite its widespread use in other languages, a recent survey by van der Straten Waillet et al. (2023) found that French-speaking SLPs do not commonly use the ICS to assess intelligibility. Similarly, to our knowledge, this tool has only recently begun to be recommended for SLP practice in French-speaking Europe (see, for example, Cattini & Maillart, 2024; Cattini et al., 2025). This limited use may be partly explained by the lack of

validation, which reduces its clinical reliability and appeal. At the same time, there is a need for more norm-referenced and criterion-referenced tools to improve SSD screening in French-speaking children. Compared to languages such as English, Spanish, or German, the range of standardized tests available in French for assessing speech in preschoolers remains limited (Brosseau-Lapré et al., 2018; Cattini & Maillart, 2024; Kehoe et al., 2021).

In this context, validating and evaluating the clinical utility of the French version of the ICS appears highly relevant. This study replicates the methodology of previous research that has validated the ICS in other monolingual contexts (e.g., Lee et al., 2019; Lousada et al., 2019; McLeod et al., 2015; Neumann et al., 2017) and is structured around two main objectives. The first objective serves a screening purpose: assessing the psychometric properties (i.e., validity, reliability and accuracy) of the ICS-EF as a screening tool and examining its applicability to French-speaking preschoolers and their parents. In parallel, the study aims to develop age-based cutoffs and to position the ICS-EF in relation to other validated ICS versions. The second objective concerns the measurement of the functional impacts of SSD. Specifically, the article examines how the familiarity of the communication partner influences functional intelligibility in a French-speaking context. It analyzes whether children are understood differently across the seven communication partners, and how this varies between TD children and those with SSD.

Such validation work may help address the relative scarcity of screening tools in French, promote the use of the ICS in French-speaking communities, and ultimately contribute to improved screening and identification of functional impacts of SSD—both for French-speaking children and in broader international contexts.

Method

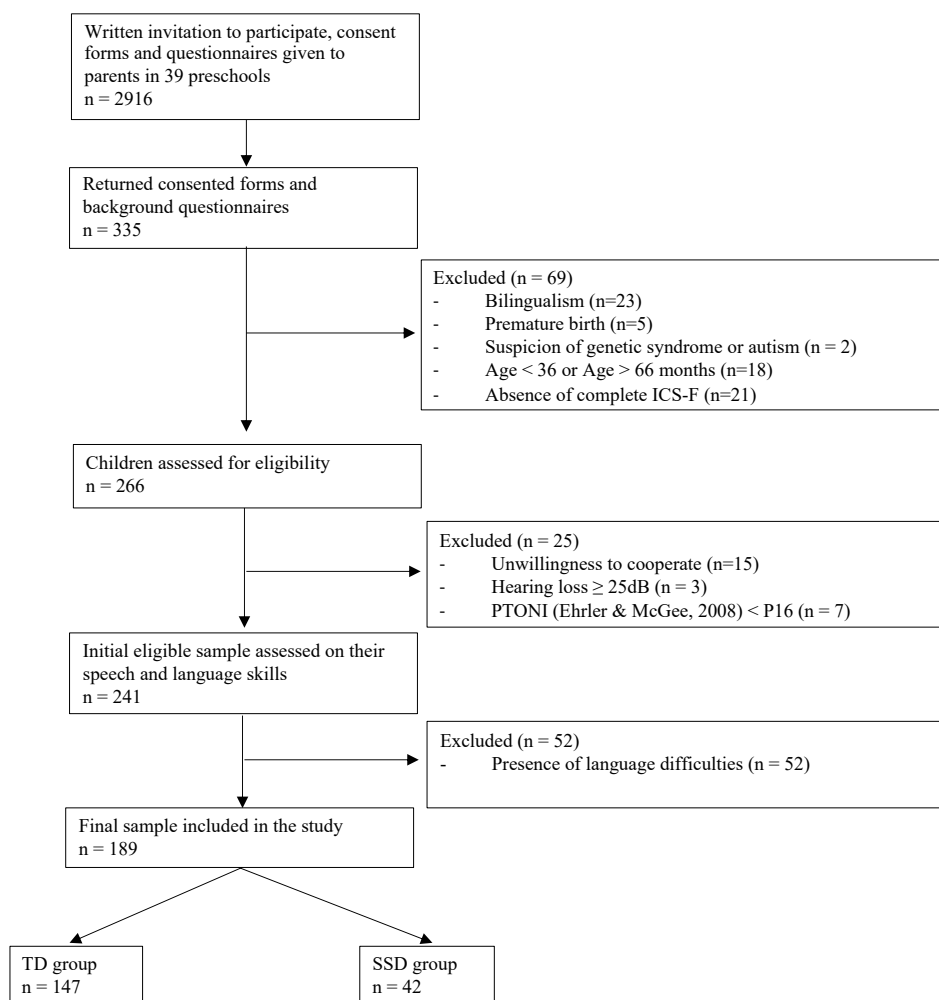
The research was approved by the Research Ethics Committee of the University of Liege's Faculty of Psychology, Speech Pathology and Educational Sciences (reference 2122-068). All participants were part of a larger cross-sectional research project studying the potential link between orofacial myofunctional disorders and SSD in preschool children aged between 36 and 66 months. This study focuses on part of the speech data and took place between October 2022 and June 2023.

Participants and Recruitment

Around 3000 invitations to take part in the present study were distributed to children and their parents in 39 schools from the district of Liege, a French-speaking region in Belgium. Invitations included a thorough information sheet about the study, a consent form and a parent questionnaire. A total of 335 parents returned consent forms and questionnaires with their full and informed agreement to their child's participation. Inclusion criteria for this study were to be aged between 36 and 66 months, to be a monolingual French-speaker, to not have a diagnosis of developmental disability (e.g., intellectual disability, autism), to be born full term (≥ 37 weeks of gestation), and to have fully responded to the seven questions of the ICS-EF. The corresponding children were assessed for eligibility during our initial meeting, which took place in a quiet room outside the main preschool classroom. All of them took the Primary Test of Nonverbal Intelligence (PTONI, Ehrler & McGhee, 2008) and those who scored below the 16th percentile were excluded. They also underwent a bilateral hearing screening (25dB HL at 0.5, 1, 2 and 4 kHz) and were excluded if they failed the test with a 25dB threshold. Children were also assessed for vocabulary and grammatical skills. Vocabulary skills were assessed by the French version of the Peabody Picture Vocabulary Test–Fifth Edition (PPVT-5; Dunn, 2019)

and of the Expressive Vocabulary Test–Third Edition (EVT-3; Williams, 2019) ; grammatical skills were assessed by the subtests ‘*Production d’énoncés*’ and ‘*Compréhension C1&C2*’ from the French Battery ‘*Evaluation du Langage Oral*’ (Khomsî, 2001). Children were excluded when they scored under predetermined thresholds ($-1.25SD$ for grammatical tests and $-1SD$ for lexical tests) for at least two language tests. The flowchart in Figure 1 illustrates how children were recruited and included in our study.

Figure 1. Flowchart of participants recruitment, selection, and group assignment



A total of 189 preschool children met our inclusion criteria. We described their speech profile using a screening approach. Indeed, as one of the main aims of our article is to contribute to improving the screening for SSD in preschool children, we chose to apply a screening logic to classify our sample. This approach helps determine whether further assessment is needed, which aligns with our study's goal (Bowen, 2015; Youngstrom et al., 2017). Unlike a full clinical diagnosis, which would have required a thorough clinical assessment and description of the heterogeneity of SSD profiles, the screening method focuses on identifying whether additional evaluation is necessary. Here, we followed the recommendations that apply in a screening process, namely the use of standardized assessment and, more specifically, a single-word speech sound test for SSD (Cattini & Maillart, 2024). To describe our sample, we identified the profile to which each child had a high probability of belonging (i.e., TD or SSD), after applying our inclusion and exclusion factors. The presence of SSD was assessed through the French single-word speech sound test '*Dénomination d'images – Phonologie*' from Exalang 3-6 (Helloin & Thibault, 2006), a standardized test with normative scores. SSD was considered when children scored below $-1SD$ on the single-word speech sound test. As shown in Figure 1, 42/189 children were classified as showing an SSD profile and 147/189 were classified as presenting a TD profile. Table 1 provides descriptive data of the sample included in the study. Maternal education levels were assessed on a scale ranging from 1 to 7, with 1 being the highest level of education and 7 being the lowest (Genoud, 2011).

Table 1. Descriptive statistics of number of children, age, gender, family history of communication disorders, maternal education level, and birth order of the participants (n = 189).

	n	Age		Gender		Family history of communication disorders		Maternal Education	Birth order
		Average (SD)	Range	Boys	Girls	Yes	No	Median	Average (SD)
TD	147	50.36 (8.94)	36-66	76	71	61 (of 122)	61 (of 122)	2	1.57 (0.69)
SSD	42	48.93 (8.33)	36-65	22	20	27 (of 41)	14 (of 41)	2	2.14 (1.01)
Total	189	50.04 (8.8)	36-66	98	91	88 (of 163)	75 (of 163)	2	1.69 (0.8)

Notes. TD = Typically Developing ; SSD = Speech Sound Disorders

Stimuli or measures

Indirect assessment of speech – ICS-EF

The ICS was first translated into French by Andrea A.N. MacLeod, a bilingual French-English researcher, in 2012 (McLeod et al., 2012b). The translation was validated through a rigorous cross-review process involving both experts (i.e., French-speaking colleagues) and non-experts (i.e., students). Two French versions of the ICS are now available online: the Canadian French version (ICS-CF) and the European French version (ICS-EF). The present study focuses on the European version (ICS-EF). Both versions can be downloaded from <https://www.csu.edu.au/research/multilingual-speech/ics>. ICS-EF only differs from its Canadian counterpart in question 3 “*Do extended members of your family understand your child?*” In the ICS-CF, the word “*parenté*” is used, whereas in the ICS-EF, it has been replaced by “*famille étendue*”, because the word ‘*parenté*’ is neither a frequent, nor a familiar term in European French (New et al., 2004).

The ICS-EF, like the original ICS and its many adaptations in other languages, invites parents to rate their child's intelligibility with seven different social communication partners on a 5-point Likert scale (the different partners are visible in Table 2). The scale ranges from 'Always' (5) to 'Never' (1), with intermediate options including 'Usually' (4), 'Sometimes' (3), and 'Rarely' (2). Specifically, the ICS asks parents to rate the extent to which their child *is understood* by different communication partners. Here are two ICS items with French translation: (1) '*Est-ce que vous comprenez votre enfant ?*' (Do you understand your child?); (2) '*Est-ce que les membres de votre famille comprennent votre enfant ?*' (Do immediate members of your family understand your child?).

All seven questions must be answered to obtain a final score. Questionnaires with unanswered questions are not considered valid. These seven scores (each ranging from 1 to 5) are summed to create a total score between 7 and 35. The total must finally be divided by 7 to obtain the average and final score varying between 1 and 5, with 5 corresponding to the highest intelligibility level (McLeod, 2020).

Direct assessment of speech

Speech was directly assessed on a French single-word speech sound test from Exalang 3-6 (Helloin & Thibault, 2006). This assessment battery demonstrates acceptable test-retest reliability ($r = .9-.99$) and shows theoretical validity through age-appropriate item selection and empirical validity via correlations with comparable measures, according to the manual (Helloin & Thibault, 2006). While comprehensive psychometric documentation remains limited, this is consistent with the current state of French language assessment tools for preschoolers, where no existing battery fully meets contemporary psychometric standards (Cattini & Maillart, 2024). The set of 36 words from the subtest '*Dénomination d'images – Phonologie*' includes 12 monosyllabic words, 21 disyllabic words and 3 multisyllabic

words. A total of 16 consonant clusters and 162 phonemes, including 99 consonants and 63 vowels are targeted in these 36 words. The syllable structure of the 36 words varies from simple syllable shapes such as CV and CVC to syllables containing complex onsets and/or codas such as CCVC and CVVCC. The test offers a comprehensive sample of phonemes available in French, providing a representative profile of the child's speech.

The objectives of the direct speech assessment were twofold. The first objective was to obtain children's standard scores and classify them into either the "TD" or "At risk for SSD" group based on whether they performed below or above our predetermined threshold (i.e., -1SD). To this purpose, the children were encouraged to name all 36 pictures of the '*Dénomination d'images – Phonologie*' test. The scoring of their productions followed the application of the standardized instructions available in the Exalang 3-6's manual (Helloin & Thibault, 2006) and consisted of calculating whole-word accuracy (defined as the correct production of the word in terms of speech sounds). Each word produced with 100% accuracy was considered correct and was worth one point. These correctly produced words were summed up and used as raw scores. The raw scores were then converted to standard scores using norms, distributed by 6-month intervals. The second objective was to complete phonetic transcriptions of the 36 produced words to calculate more detailed speech accuracy measures (i.e., the Percent of Consonants Correct (PCC), the Percent of Phonemes Correct (PPC), and the Percent of Vowels Correct (PVC).

Procedures

Parents or legal guardians of the 189 children received a paper version of the ICS-EF with the parent questionnaire distributed at the same time as the invitation to take part in our study. They received a letter explaining what the ICS-EF was intended to and how to complete it. Parents were asked to

contact the first author if they had any question about the ICS-EF's purpose or filling. To assess test-retest reliability, 63/189 parents filled the ICS-EF for the second time, 3 weeks after the first completion. The 3-week interval was selected to align with studies we are replicating (Lee et al., 2019; Neumann et al., 2017; Piazzalunga et al., 2021) and falls within the very common and accepted 2-4 weeks window for test-retest reliability (Devon et al., 2007; Quadri et al., 2013). The second completion was conducted on an online survey platform hosted by the University of Liège and displayed the same instructions as in the first completion.

As described in prior sections, the direct assessment of children's speech was completed with the 'Dénomination d'images – Phonologie' from Exalang 3-6 (Helloin & Thibault, 2006). In addition to it, other tests were used to screen the children's receptive and expressive language, hearing, and cognitive development. These assessments informed the inclusion criteria. The full assessment lasted approximately half an hour. Children's assessments took place in quiet rooms within their familiar preschool environments, with efforts made to evaluate children in calm and reassuring settings. Children were seated on child-sized chairs at appropriately sized tables, with reassuring elements provided to ensure comfort, including introductory presentations, initial play time, comfort objects, breaks and games when fatigue occurred. Two evaluators were sometimes present simultaneously to help children feel at ease. Speech assessment was conducted using a computer setup, with children positioned facing a 13-inch laptop at a distance of 50 cm. Children's speech was recorded with a directional microphone (Zoom H4nPro) positioned 30 cm from the child. Children were invited to watch and name pictures. Standardized instructions were given only in person. When children could not name an image (i.e., not naming it, producing a lexical error, or not responding/searching for more than 30 seconds), they were asked to repeat the word after the experimenter. Children's assessments were conducted by

the first author, assisted by four trained SLP master's students, all of whom were native French-speakers. The first author was the principal experimenter and was the most experienced in research and data collection. She trained the other experimenters specifically for data collection following a precise protocol that included observation of multiple videos demonstrating test administration, observation of several live administrations, supervised test administrations, and regular feedback on autonomous administration. Following this training, all experimenters contributed equally to data collection under the rigorous supervision of the first author.

Children's speech was transcribed using the International Phonetic Alphabet (IPA) by the first author and two trained master's students in SLP, who were involved in data collection. PHON (Hedlund & Rose, 2020), a piece of software specifically designed for speech transcription and analysis, was used to transcribe and analyze the phonological data. Broad transcription was performed on PHON by listening to the child's recordings in a quiet room using Audio-Technica ATH-M50x headphones. Phonemes accuracy was established by comparing the phonemes produced by the child to an adult target (Ingram, 2002). However, given that children were recruited from the Liège region in Belgium, regional dialect variations were considered when deciding on accuracy with reference to the adult target. Targets for some words were adapted in order to respect regional variations: for example, the final vowel in /velo/ and /rɔbo/ was changed to /ɔ/ and was considered accurate. The consonant R (/ʀ/) was changed to /ʀ/ and was considered accurate. A training phase was conducted with 10 sessions from children who were not part of the present study. These sessions were transcribed blindly by the three transcribers on PHON. This initial phase was used to integrate transcription rules and allowed for necessary adaptations. Following the training, the 189 sessions were transcribed through the pooled efforts of the three transcribers. All transcribers were native French-speakers. Transcriber 1

(i.e., the first author), and transcriber 3 were born and raised in the Liège region, while transcriber 2 originated from the north-eastern region of France but had been living in the region of Liege for several years and was familiar with regional variations. Sixteen percent of the sessions previously transcribed by transcribers 2 and 3 were blindly re-transcribed by the first author. A point-by-point agreement was applied to assess inter-transcriber reliability, resulting in an agreement of 89.11% between transcribers 1 and 2, of 92.23% between transcribers 1 and 3 and of 90.76% in total, all of which exceeded the 85% threshold commonly reported in the literature (Seifert et al., 2020). Finally, PCC, PPC and PVC were calculated using the ‘percent correct’ package among the multiple analyses available on the software PHON. Children’s standardized performance on the single-word speech sound test was assessed and calculated by a thorough application of the rating instructions available in the Exalang 3-6’s manual (Helloin & Thibault, 2006).

Analyses

Statistical analyses were performed using Jamovi (version 1.6.23) and R Studio software.

First objective: psychometric validation of the ICS-EF as a screening tool

We first examined associations between ICS-EF scores and demographic variables (i.e., gender, age, SES, and birth order) using a multiple linear regression to identify potential covariates for subsequent analyses.

To assess the validity of the ICS-EF, we conducted two analyses. Criterion validity was evaluated through Spearman correlations between ICS-EF mean scores and speech measures (PCC, PPC, PVC and standardized score on the single-word speech sound test). Known-group validity was assessed using a repeated-measures Analysis of Covariance (RM-ANCOVA), with “communication partners” (i.e., the seven partners) as a within-subject factor,

group (i.e., SSD vs. TD) as a between-subject factor, a Group \times Partner interaction term, and age as a covariate. Known-group validity was evaluated via the adjusted main effect of group, indicating whether the ICS-EF differentiates between TD and SSD children across the communication partners. Based on previous findings, we hypothesized that children with SSD would obtain lower ICS-EF scores than TD children when averaging across communication partners, with a large group effect expected (Bathina et al., 2023; Lousada et al., 2019; Neumann et al., 2017; Ng et al., 2014; Van Doornik et al., 2018).

To assess the reliability of the ICS-EF, we conducted two analyses: internal consistency was measured using Cronbach's alpha, while test-retest reliability was evaluated through intraclass correlations coefficient (ICC[2,1]).

In line with previous ICS studies, we suspected an age effect in our results. Therefore, applying a single cutoff was not recommended, as it would likely reduce discriminative accuracy across different age groups. The development of age-sensitive cutoffs first involved a K-means clustering analysis to determine the optimal number of age groups. The silhouette method was used to identify the number of latent age clusters in our sample. Finally, we assessed the discriminant accuracy (i.e., sensitivity and specificity) of the ICS-EF for both the overall sample and our age groups using Receiver Operating Characteristics (ROC) analysis. ROC curves are well known and validated methods for establishing the optimal sensitivity/specificity cutoff of diagnostic tools by comparing two outcomes (e.g., SSD and TD; Carter et al., 2016). Sensitivity is the measure's ability to correctly identify a disorder in the children who have it. Sensitivity is also known as the true-positive rate (=true positives/[true positives + false negatives]). Specificity is the measure's ability to correctly identify the children who do not have the disorder. Specificity is also known as the true-negative rate (=true negatives/[true negatives + false positives]; Carter et al., 2016; Trevethan,

2017). Sensitivity and/or specificity rates $\geq 90\%$ are considered good; rates between 80 and 89% are regarded as fair, rates $< 80\%$ suggest that misidentifications occur too often (Plante & Vance, 1994). ROC curve analyses were conducted and interpreted with an Area Under the Curve (AUC) and Youden's index analyses. The AUC of ROC curves and the Youden's index are both measures of the diagnostic accuracy of the assessed test. In other words, these two measures determine the test's ability to discriminate between two outcomes. The AUC values vary from 0.5 to 1, with values of 1 indicating a perfect discrimination, 0.9–0.99 a superior discrimination, 0.8–0.89 an excellent discrimination, 0.7–0.79 an acceptable discrimination, 0.5–0.69 a poor discrimination, and < 0.5 an absence of discrimination (Hosmer et al., 2013). The Youden index values range between 0 and 1, with 0 indicating that the test has no diagnostic value, and 1 indicating a perfect diagnostic accuracy (Carter et al., 2016).

Second objective: functional impacts and familiarity effects

The effect of familiarity (i.e., intelligibility across different communication partners) was examined using two RM-ANCOVAs with age as a covariate, followed by post hoc analyses. The first RM-ANCOVA assessed the familiarity effect across the entire sample ($n = 189$), with “communication partners” (i.e., the seven partners) as a within-subject factor. The second RM-ANCOVA is the same model described above for known-group validity. While the main effect of group from this model served to assess known-group validity, the main effect of communication partners and the Group \times Partner interaction were used to examine familiarity effects in relation to group membership. Specifically, the main effect of communication partners examined whether intelligibility varied across partners, while the Group \times Partner interaction assessed whether this familiarity effect differed between SSD and TD children. Pairwise comparisons were corrected using the Holm procedure.

Assumptions relevant to linear regression and RM-ANCOVAs (e.g., normality, homogeneity of variances) were assessed prior to analyses. Results of these checks are reported alongside the corresponding analyses.

Results

Descriptive statistics for speech measures (standardized scores, PCC, PPC, and PVC), along with ICS-EF ratings of children's intelligibility across seven communication partners, are presented in Table 2. The table shows individual and mean scores for the total sample, as well as for the TD and SSD subgroups. Our results are presented in line with the two main objectives of this study. First, we report the psychometric properties of the ICS-EF as a screening tool, including its validity, reliability, and accuracy (i.e., cutoff selection), after checking for associations between ICS-EF scores and demographic variables. Second, we present analyses addressing the effect of communication partner familiarity in relation to the functional impact of SSD.

Associations between ICS-EF scores and demographic variables

We employed a multiple linear regression model to determine the effect of age ($X1$), gender ($X2$), SES ($X3$) and birth order ($X4$) on the ICS-EF mean scores (Y). The specified model was $Y = \beta_0 + \beta_1X1 + \beta_2X2 + \beta_3X3 + \beta_4X4 + \varepsilon$. The regression was conducted using the full sample ($n = 189$). Before proceeding with the linear regression analysis, assumptions were checked. Normality (Kolmogorov-Smirnov: $D = 0.10$, $p = .053$) was respected but homoscedasticity (Breusch-Pagan test: $\chi^2 = 20.5$, $p = 0.009$) was violated. The Variance Inflation Factor (VIF) for each predictor was below the threshold of 5. Despite the violation of homoscedasticity, linear regression was retained due to the large sample size and the robustness of ordinary least squares estimates in such conditions.

The overall fit of the model was statistically significant ($F(8,177) = 4.3$, $p < .001$, adjusted $R^2 = .125$). However, only age emerged as a significant

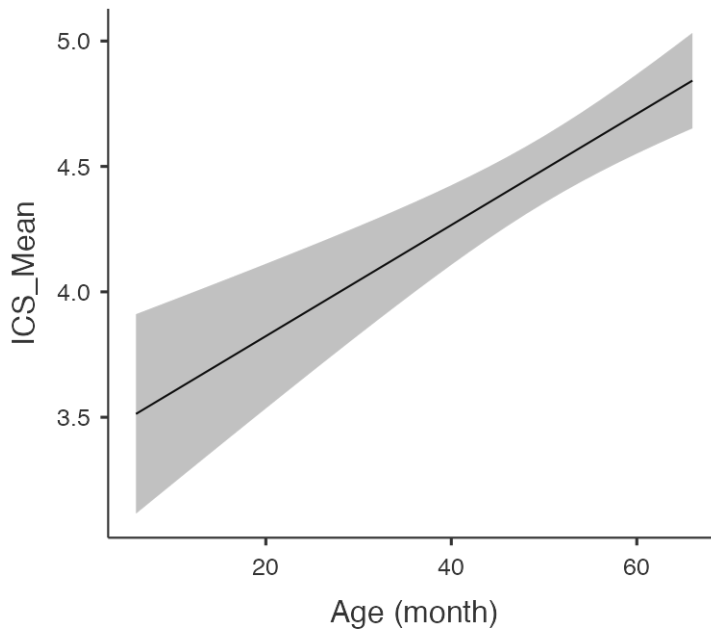
predictor ($p < .001$), while gender ($p = .70$), SES ($p = .06$), and birth order ($p = .60$) were not significant predictors. Figure 2 illustrates the relationship between ICS-EF and age (in months).

Table 2. Descriptive statistics of parent ratings on the ICS-EF and children's speech performance for the Total, TD and SSD groups.

ICS-EF MEAN AND SUB-SCORES									
	Total ($n = 189$)			TD ($n = 147$)			SSD ($n = 42$)		
	Mean	<i>SD</i>	Range	Mean	<i>SD</i>	Range	Mean	<i>SD</i>	Range
ICS-EF Mean	4.51	0.570	2.71-5	4.66	0.447	3-5	3.99	0.647	2.71-5
1. Parent (self)	4.76	0.451	3-5	4.86	0.351	4-5	4.43	0.590	3-5
2. Immediate family	4.56	0.595	3-5	4.71	0.483	3-5	4.00	0.625	3-5
3. Extended family	4.47	0.656	2-5	4.65	0.508	3-5	3.83	0.730	2-5
4. Friends	4.50	0.624	2-5	4.61	0.556	3-5	4.12	0.705	2-5
5. Acquaintances	4.42	0.737	2-5	4.59	0.594	2-5	3.81	0.862	2-5
6. Teachers	4.54	0.614	2-5	4.67	0.501	3-5	4.10	0.759	2-5
7. Strangers	4.32	0.809	2-5	4.52	0.623	2-5	3.62	0.987	2-5
SPEECH MEASURES									
	Total ($n = 189$)		TD ($n = 147$)		SSD ($n = 42$)				
	Mean	<i>SD</i>	Mean	<i>SD</i>	Mean	<i>SD</i>			
STD score	-0.285	1.21	0.221	0.633	-2.057	1.096			
PCC	81.557	14.33	86.211	9.970	65.271	15.424			
PPC	87.256	10.04	90.374	7.118	76.343	11.174			
PVC	96.334	4.28	97.007	3.463	93.981	5.826			

Note. TD = typically developing; SSD = Speech Sound Disorders ; SD = standard deviation ; STD Score = standardized score ; PCC = Percentage of Consonants Correct ; PPC = Percent of Phones Correct ; PVC = Percent of Vowels Correct.

Figure 2. Linear the relationship between ICS-EF mean score and age (in month), for the overall sample (n = 189)



Validity analyses

Correlations between ICS-EF mean scores and speech measures

The criterion validity of the ICS-EF was examined using Spearman's rho correlations between objective measures of speech (standardized score, PCC, PPC and PVC) and the ICS-EF mean scores. For the total group, ICS-EF means were strongly ($p < .001$) and positively correlated with standardized scores on the single-word speech sound test ($r = .47$), with PCC ($r = .67$), PPC ($r = .67$) and PVC ($r = .48$). In the TD group, ICS-EF means were strongly ($p < .001$) and positively correlated with standardized scores on the single-word speech sound test ($r = .27$), with PCC ($r = .57$), PPC ($r = .58$) and PVC ($r = .42$). In the SSD group, ICS-EF means were strongly ($p < .001$) and positively correlated with PCC ($r = .53$), PPC ($r = .51$) and PVC ($r = .43$). In contrast, standardized scores on the single-word speech sound test did not show a significant correlation ($r = -.17$, $p > .05$).

Group differences on ICS-EF

Known-group validity was assessed using an RM ANCOVA with “communication partners” (i.e., the seven partners) as a within-subject factor, group (SSD vs. TD) as a between-subject factor, a Group \times Partner interaction term, and age as a covariate. A violation of the sphericity assumption was observed ($W = 0.35$, $p < .001$); therefore, Greenhouse-Geisser corrections were applied ($\epsilon = 0.73$). Only the main effect of group was used for the assessment of known-group validity.

A significant main effect of group was found, $F(1, 186) = 63.6$, $p < .001$, partial $\eta^2 = .26$ (large effect). Age was also significant as a covariate ($F(1, 186) = 31.7$, $p < .001$, partial $\eta^2 = .15$). These results indicate the ability of the ICS-EF to discriminate between TD and SSD children across all seven communication partners, with TD children consistently rated higher across all ICS-EF variables (see Table 2).

Reliability analyses

Internal consistency

Internal consistency reflects the degree to which the items in a test or instrument measure the same concept and co-vary. Internal consistency of the ICS-EF was measured using Cronbach's alpha coefficient. Cronbach's alpha coefficient can range from 0 to 1, with 0.7 being considered as the acceptable threshold, but values over 0.8 being preferred (Boateng et al., 2018). The ICS-EF showed a high internal consistency for our total group ($n = 189$) with an excellent Cronbach's alpha ($\alpha = .96$).

Test-retest reliability

Test-retest reliability reflects the extent to which participants' scores, and in our case, parents' ratings, are consistent over time (Boateng et al., 2018). Test-retest reliability of the ICS-EF was analyzed based on 63 out of 189 parents, who agreed to complete the ICS-EF a second time, 3 weeks after the first completion. ICS-EF composite score at the second completion

reached an average of 4.61 (SD = .45). Intraclass correlation coefficients (Two-way random effects, absolute agreement, single rater/measurement; ICC[2,1]) were calculated for the seven ICS-EF sub-scores and the composite score, between the first and the second completion (Koo & Li, 2016). ICC(2,1) ranged between 0.68 (moderate reliability) and 0.79 (good reliability) for the communication partners. ICS-EF reached a higher reliability for the mean score (ICC[2,1] = .86, good reliability). Table 3 presents ICC(2,1) values for the ICS-EF.

Table 3. ICC (2,1) values for the ICS-EF mean score and the seven conversation partners, calculated on one third of the sample (63/189)

Item	ICC 2,1	Item	ICC 2,1
ICS-EF mean score	0.86	Friends	0.71
Parents	0.77	Acquaintances	0.73
Immediate Family	0.72	Teachers	0.68
Extended Family	0.75	Strangers	0.79

Cutoffs and discriminant accuracy analyses

In line with previous findings showing that ICS mean score was influenced by age in other languages (Soriano et al., 2023), and given that our linear regression results led to a similar conclusion, we have decided to account for the effect of age in our accuracy analyses and in the cutoffs development. The first step of this process was to determine the number of age groups and to identify our groups or clusters in our sample, since it is a prerequisite before applying the K-means clustering analysis.

Determining the number of age groups and clustering them: K-means clustering

We employed a silhouette method to determine the optimal number of age clusters between 1 and 5 in our overall sample (n = 189) and obtained an optimal number of 3. The K-means clustering analysis with 3 clusters

confirmed the silhouette score, producing three distinct age groups. The first group ranged from 36 to 44 months old ($n = 55$, mean = 39.71), the second group ranged from 45 to 55 months old ($n = 76$, mean = 49.88) and the third group was over 56 months old ($n = 58$, mean = 61.16). However, since conventional age groups are typically structured around whole and half-year increments (e.g., 36 months, 42 months, 48 months), we made a slight adjustment to the cluster centers to align with these standards. This realignment ensures compatibility with standard age groupings commonly employed in developmental assessments. By refining the cluster centers to align with these conventions, the results remain both statistically valid and practically applicable, facilitating their use in SLP's evaluation frameworks. The re-centered age groups for the ICS-EF are the following: the first modified group ranged from 36 to 47 months old ($n = 74$, mean = 41.01), the second group ranged from 48 to 53 months old ($n = 48$, mean = 50.1) and the third group was 54 months old or over ($n = 67$, mean = 59.98).

ROC curves and cutoffs selection

We conducted ROC curve analyses to determine the accuracy (sensitivity and specificity) of the ICS-EF to distinguish between TD children and children with suspected SSD. The ROC curves were interpreted with an AUC and a Youden's index analysis. This first ROC curve analysis was conducted on the whole group ($n = 189$), without taking age into account at this step. The analysis yielded an AUC of 0.8 for the composite score, indicating excellent discrimination. The optimal cutoff point, determined by both AUC and Youden's Index, was 4.43 (Youden's $J = 0.5$), corresponding to a sensitivity of 80.95% and specificity of 69.39%. Given that the ICS is designed as a screening tool, sensitivity is generally favored over specificity (McLeod, 2020; Trevethan, 2017). We then performed ROC curve analyses on the three age groups. The age-based ROC curve analyses produced different cutoffs that are presented in Table 4. Age-based cutoff scores

reached a satisfactory sensitivity rate (sensitivity >80%) but remained under the fair threshold for specificity (< 80%). Yet, AUC indicated excellent discrimination for the ICS-EF among the three age groups.

Table 4. ROC curves results for the three age groups and the overall group.

	Youngest group	Middle-old group	Eldest group	Overall group
Age range	36-47	48-53	54-66	36-66
<i>n</i>	74	48	67	189
Cut-off score on ICS-EF	4.14	4.29	4.86	4.43
Sensitivity	82.35%	86.49%	85.71%	80.95%
Specificity	56.14%	64.29%	71.7%	69.36%
AUC	0.8	0.84	0.82	0.8
Youden's <i>J</i>	0.39	0.68	0.57	0.5

Effect of familiarity

Effect of familiarity across the entire sample

For the total group ($n = 189$), an RM ANCOVA was conducted to determine whether parents rated their child's intelligibility differently according to the communication partners, with age as a covariate. A violation of the sphericity assumption was found ($W = 0.31$, $p < .001$), thus the Greenhouse-Geisser correction was applied ($\epsilon = 0.7$). The analysis revealed a significant main effect of communication partner, $F(4.22, 788.68) = 10.6$, $p < .001$, partial $\eta^2 = .06$, medium effect. Additionally, age was significant as a covariate ($F(1, 187) = 27.2$, $p < .001$, partial $\eta^2 = .13$, medium-to-large effect). Post-hoc analyses showed parents rated themselves as understanding their child significantly better, and strangers significantly lower than all other communication partners. Among the remaining partners, immediate family differed significantly from acquaintances and extended family, and acquaintances differed significantly from teachers, with no other pairwise comparisons reaching significance. Mean scores ranked partners'

understanding as follows: parents, immediate family, teachers, friends, extended family, acquaintances, and strangers (see Figure 3). Full details of the post-hoc analyses are provided in the Supplementary Data (S1).

Effect of familiarity according to group

Using the same RM-ANCOVA described above for known-group validity, the main effect of communication partners and the Group \times Partner interaction were extracted to examine familiarity effects in relation to group membership. A significant main effect of communication partners was observed ($F(4.42, 822.56) = 12.14, p < .001, \text{partial } \eta^2 = .06, \text{medium effect}$). In addition, a significant Group \times Partner interaction was found ($F(4.42, 822.56) = 9.56, p < .001, \text{partial } \eta^2 = .05, \text{small effect}$) and is presented in Figure 4. The details of the post hoc analyses can be found in the Supplementary Data (S2 and S3). The TD group ($n = 147$) showed a pattern similar to the overall sample, with parents and strangers having the highest and lowest means, respectively. Parents rated themselves as understanding their child significantly better than all other communication partners. However, strangers only differed significantly from parents, immediate and extended family, and teachers—not from friends or acquaintances. No significant difference was found among the remaining pairs (see S2). In contrast, ratings within the SSD group ($n = 42$) were more variable. Parents and strangers again had the highest and lowest means, respectively, with significant differences compared to all other partners. Only a few pairs—friends and immediate family, friends and teachers, immediate family and teachers, acquaintances and extended family—did not differ significantly. All other pairwise comparisons were statistically significant (see S3). Mean scores indicated that, within the SSD group, children were understood best by their parents, followed respectively by friends, teachers, immediate family, extended family, acquaintances, and strangers.

Figure 3. ICS-EF ratings across the seven communication partners, for the overall sample (n = 189)

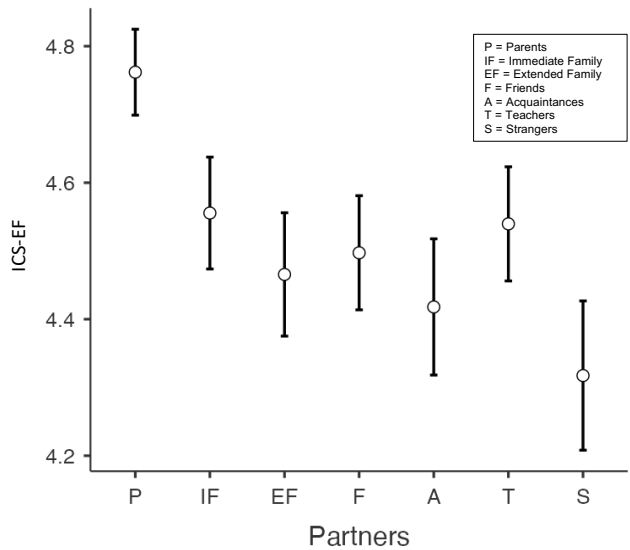
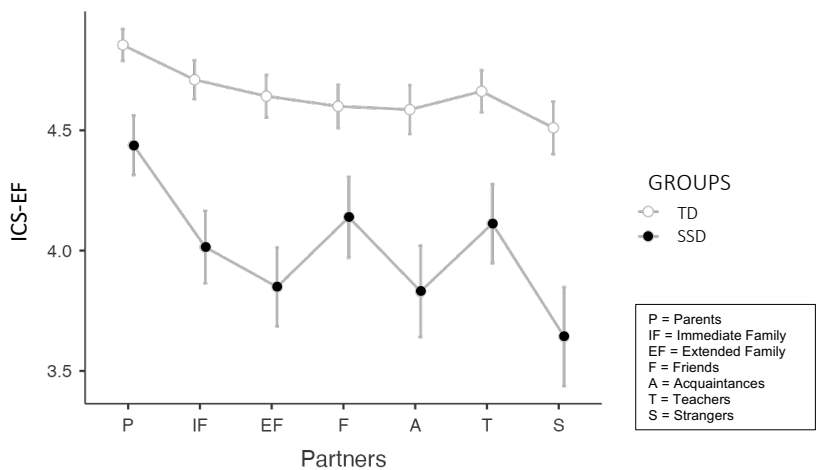


Figure 4. ICS-EF ratings across the seven communication partners, according to the group (i.e. TD [n=147] or SSD [n=42]).



Note. TD = Typically Developing; SSD = Speech Sound Disorders

Discussion

This study replicated similar research on the ICS in a monolingual context and aimed at two main objectives. The first objective served a screening purpose, focusing on the evaluation of the psychometric properties of the ICS-EF. The second objective addressed the measurement of functional impact of SSD, specifically investigating how a communication partner's familiarity influences functional intelligibility in a French-speaking context. This discussion will first review the psychometric qualities of the ICS-EF and compare them to those of existing versions. In the second part, we will address the observed familiarity effect and discuss the potential of the ICS-EF (along with other ICS versions) as a tool for measuring the functional impact of SSD.

ICS-EF as a screening tool: interpretation of psychometric properties

Table 5 summarizes the features, psychometric properties, and measures under study in 14 studies examining the ICS in monolingual contexts. It will guide the interpretation of the ICS-EF and its comparison with the 13 selected studies.

Central tendency measures

As visible in Table 5, the overall mean for the ICS-EF was 4.51 (.57), which closely matches the ICS mean reported by Lousada et al. (2019). For the TD group, the ICS-EF mean was 4.66 (.45), aligning with some studies (Lee, 2019; McLeod et al., 2012a, 2015; Phạm et al., 2017) while slightly exceeding the remaining others (except for Lousada et al., 2019). For the SSD group, the ICS-EF reached a global mean of 3.99 (.65), which aligns with findings from comparable studies (see Table 5). The ICS-EF showed very similar mean scores to those reported in other studies for both the whole group and the TD/SSD groups. Therefore, we can consider the central tendency measures of ICS-EF to be in line with previous research and comparable with other validated versions of the ICS.

Table 5. Comparisons of the features, psychometric properties, and measures under study in 14 studies examining the Intelligibility in Context Scale (ICS) in monolingual contexts, ordered by year of publication

1st author (year)	McLeod (2012a & 2015)	Ng (2014)	Neumann (2017b)	Pham (2017)	Van Doornik (2018)	Kok (2019)	Lee (2019)	Lousada (2019)	Piazzalunga (2020 & 2021)	Bathina (2023)	Sommer (2025)	The present study
Language / country	English / Australia	Cantonese / Hong Kong, SAR China	German / Germany	Vietnamese / Viet Nam	Dutch / The Netherlands	Cantonese / Hong Kong, SAR China	Korean / Korea	Portuguese / Portugal	Italian / Italy	Tamil / India	Spanish / Peru	French / Belgium
Age range	3;11–5;8 & 4;0–5;5	3;0–6;0	3;0–5;11	2;0–5;11	4;0–6;11	2;4–6;9	2;6–6;5	3;11–6;2	3;0–5;11	3;0–6;0	3;3–10;11	3;0–5;6
Sample size (Total)	120 & 803	72	181	181	67	789	178	76	355 & 364	170	40	189
Typical group	11 & 525	39	151	148	48	642	145	51	355 & 364	125	21	147
Atypical group	109 & 278	33	30	33	19	147	33	25	–	45	19 (18 with repaired cleft palate)	42
Atypical/Total (%)	90.83 & 34.61	45.83	16.56	18.23	28.36	18.62	18.54	32.89	–	26.5	45	22.2
Atypical/Typical	9.91 & .53	.85	.20	.22	.40	.23	.23	.49	–	.36	.88	.29
Identification of the atypical group	Parent concern & Parent/teacher concern	Speech assessment	SLP referral and speech assessment	Parent concern	Speech assessment	Speech assessment	Speech assessment	Parent/teacher concern	Parent report	Parent/teacher concern & SLP referral	Speech assessment	Speech assessment
ICS Total mean (SD)	– & 4.4 (.7)	–	4.4 (.76)	4.43 (.62)	–	3.96 (.71)	4.46 (.59)	4.49 (.60)	–	–	4	4.51 (.57)
ICS Typical mean (SD)	4.69 (.51) & 4.6	4.56 (.48)	4.49 (.47)	4.63 (.67)	4.50 (.44)	4.03 (.70)	4.64 (.41)	4.78 (.36)	Mothers: 4.52 (.46) & 4.51 (.47) Fathers: 4.47 (.49) & 4.46 (.5)	4.96 (.2)	4.4	4.66 (.45)
ICS Atypical mean (SD)	3.85 (.49) & 3.9	4.14 (.65)	3.97 (.63)	3.96 (.7)	4.01 (.56)	3.63 (.66)	3.67 (.62)	3.91 (.59)	–	4.67 (.44)	3.5	3.99 (.65)
Criterion validity - Total	PCC: r = .54* PPC: r = .54* PVC: r = .36*	PICC: r = .41*	PCC: r = .42* PPC: r = .46* PVC: r = .62*	PCC: r = .42*	–	–	PCC: r = .64*	PCC: r = .65* PPC: r = .59* PVC: r = .66*	PCC: rs = .43* PPC: rs = .44* PVC: rs = .33*	PCC: rs = .67* PPC: rs = .65* PVC: rs = .53*	PCC: r = .56*	PCC: r = .67* PPC: r = .67* PVC: r = .48*

External factors: age, SES & gender	Effect of age and gender. No effect of SES on ICS	–	Effect of age and gender. No effect of gender on ICS	Effect of age and SES. No effect of gender on ICS	–	Effect of age on ICS. SES and gender not tested.	–	Effect of age. No effect of gender or SES on ICS.	Effect of age. No effect of SES on ICS. Gender not tested	Effect of age on ICS in typical group. SES and gender not tested.	–	Effect of age. No effect of gender or SES on ICS.
Known-group validity	–	Typical > Atypical on ICS mean score* (Student t-test)	Typical > Atypical on ICS mean + individual score* (Levene's test)	No concern > concern groups on ICS mean + score* (ANOVA + posthoc)	Typical > Atypical on ICS mean score* (RM ANOVA)	Typical > Atypical on ICS mean score* (Student t-test)	Typical > Atypical on ICS mean + individual score* (Student t-test)	No concern ≠ concern groups on ICS mean score* (Chi-squared test)	–	Typical > Atypical on ICS mean score* (Mann-Whitney U)	Typical > Atypical on ICS mean score* (Wilcoxon rank-sum test)	Typical > Atypical on ICS mean + individual score* (RM-ANCOVA)
Internal consistency	$\alpha = .93$	Inter-item correlations : $r_s = .56^*$ to $.89^*$	$\alpha = .94$	$\alpha = .94$	–	–	$\alpha = .95$	$\alpha = .96$	Mothers $\alpha = .92$ Fathers $\alpha = .92$	$\alpha = .92$	$\alpha = .91$	$\alpha = .96$
Test-retest reliability	$r = .75^*$	ICC = .67 to .87	ICC = .98	–	–	–	$r = .853^*$	–	Mothers ICC = .89 Fathers ICC = .88	ICC = .99	–	ICC = .86
Se, Spe (Cutoff) – Total	0.82/0.58 (cutoff: 4.6)	0.58 / 0.72 (cutoff: 4.29)	–	–	–	Cutoffs for age groups only	0.91 / 0.78 (no cutoff reported)	0.80 / 0.84 (cutoff: 4.36)	–	0.93 / 0.8 (cutoff: 4.07)	–	0.81 / 0.69 (cutoff: 4.43)
Rating differences across partners?	Yes, ARM* P>IM>F>T >EM>A>S	Descriptive statistics only	Descriptive statistics only	Yes, ARM* P>IM>T>F >EM>A>S	Only assessed for the two groups	Descriptive statistics only	Descriptive statistics only	Descriptive statistics only	Descriptive statistics only	Descriptive statistics only	–	Yes, ARM* P>IF>T>F >EF>A>S
Rating differences across partners and groups?	–	–	–	–	Ratings varied significantly across partners and clinical groups (ARM*)	–	–	–	–	–	–	Ratings varied significantly across partners and clinical groups (ARM*)

Note. Asterisks (*) indicate statistical significance; Dash (—) : not reported/analyzed by the study ; ARM = analysis of variance with repeated measures; SES = socioeconomic status; Se = sensitivity ; Spe = Specificity ; PCC = percentage of initial consonants correct ; PCC = percentage of consonants correct; PVC = percentage of vowels correct; PPC = percentage of phonemes correct; α = Cronbach's alpha (internal consistency). Communication partners in the ICS are abbreviated as follows: P = Parents; IF = Immediate Family; EF = Extended Family; F = Friends; T = Teachers; A = Acquaintances; S = Strangers

Associations between ICS-EF scores and demographic variables

Another common area of focus regarding the ICS is the influence of external factors (e.g., age, gender and SES). We also chose to explore the influence of birth order, as this factor is classically cited as a predictor of speech and language development (Rudolph, 2017; Wren et al., 2016). Our multiple linear regression analysis revealed no significant effect of gender, SES, or birth order on ICS-EF scores, but did identify a strong effect of age ($p < .001$). The effect of age was an expected finding, consistent with previous ICS studies (see Table 5). Moreover, it aligns with evidence showing that the ICS mean score improves as a function of age (Soriano et al., 2023). The consistently observed age effect across the ICS validation studies can be attributed to the fact that the study population typically consists of preschoolers—a developmental stage characterized by rapid and natural progress in speech acquisition (Bowen, 2015). Our lack of effect from gender and SES is generally consistent with the variability and inconsistency reported in previous ICS studies. These factors appear to have a weaker influence than age on ICS scores, and in some studies including ours, they show no significant effect at all (see table 5).

Validity

Consistent with studies validating the ICS in other languages within monolingual contexts, the ICS-EF demonstrated satisfactory levels of criterion validity. A potential pattern in ICS studies is that correlations seem stronger with PCC and PPC than with PVC, and the ICS-EF for both the whole group and the TD/SSD groups aligns with this pattern, as shown in Table 5. Our study also examined correlations between the ICS-EF mean score and standardized scores from a single-word speech sound test. These correlations were positive and significant in the whole sample and the TD group, though weaker than those observed with PCC, PPC, and PVC. However, in the SSD group, standardized scores did not significantly

correlate with ICS-EF, and this was also the only negative correlation observed. Given the lack of statistical significance, this result should be interpreted with caution and cannot be considered meaningful. One possible explanation for the absence of significance is that the SSD group was smaller and that their standardized scores were clustered around -2 standard deviations, never exceeding -1 standard deviation. This reduced variability may have contributed to the lack of significance.

Group differentiation is another key indicator of validity explored in ICS research, reflecting known-group validity. The significant main effect of group in our RM-ANCOVA indicated that TD and SSD children differed significantly in their ICS-EF scores averaged across communication partners. The effect size was large, in line with our a priori hypothesis and indicating substantial group separation. Our findings align with previous studies consistently showing that SSD children have significantly lower ICS scores than their TD peers. Together, these results strongly support the known-group validity of the ICS-EF.

Reliability

The ICS-EF demonstrated excellent internal consistency ($\alpha > .9$). Our findings are comparable to 9 out of the 13 similar ICS cross-linguistic validation studies, in which Cronbach's alpha was consistently excellent (see Table 5). Test-retest reliability has been assessed using various methods among ICS studies and has generally been found to be good to excellent. Among studies using ICC, as in ours, differences in reliability across the seven communication partners have been observed (McLeod et al., 2015; Ng et al., 2014). Notably, teachers showed lower ICC levels compared to other communication partners, both in our study and in that of Ng et al. (2014), suggesting that ratings for this partner should potentially be interpreted with slightly more caution. Additionally, in our study, teachers were the most frequently omitted communication partner among children who were

excluded due to incomplete ICS-EF responses, suggesting that parents could feel less comfortable evaluating them. A logical explanation could be that parents also have fewer opportunities to observe teachers interacting with children compared to other communication partners. Indeed, teachers often interact with children in the absence of parents (i.e., at school), whereas other communication partners tend to interact with children in the presence of parents. Despite these variations, the composite ICS-EF score demonstrated a very good test-retest reliability ($ICC = .86$), aligning with previous ICS studies.

Accuracy

Despite a significant age effect, an initial analysis was conducted on the entire sample ($n = 189$) to benchmark the ICS-EF against existing ICS versions. The optimal cutoff point was 4.43, yielding satisfactory sensitivity but specificity below the 80% threshold. Although specificity did not meet the expected criteria, the 4.43 cutoff was adopted to prioritize sensitivity. The ICS is designed as a screening tool for SSD, where sensitivity is generally preferred over specificity (McLeod, 2020; Trevethan, 2017). Our ROC analysis indicated an excellent AUC and a satisfactory Youden index, demonstrating that despite specificity falling below 80%, the overall accuracy remained robust. As shown in Table 5, ICS studies have reported a variety of cutoff scores and sensitivity and specificity rates. Sensitivity is generally found to be adequate (above 80%) across studies, though one study (Ng et al., 2014) reported lower sensitivity values. Our cutoff closely aligns with the one reported by Lousada et al. (i.e., 4.36; 2019) and falls within the range of cutoffs identified in previous studies (see table 5). Variability across studies may be attributed to differences in sample sizes or in the balance between SSD and TD group sizes, which both vary considerably across studies as visible in Table 5 (Hajian-Tilaki, 2014). The variety of cutoffs and accuracy levels reported in previous studies underscores the ongoing need to validate and adapt the ICS across diverse linguistic and cultural contexts.

Given the observed age effect in our results, applying a single cutoff was not recommended, as it would pose a high risk of reducing discriminative accuracy across the different age groups (Kok & To, 2019). Several ICS studies have proposed age-based norms (means, standard deviations, or percentiles), but these were not validated through sensitivity and specificity analyses (Bathina et al., 2023; McLeod et al., 2015; Neumann et al., 2017; Piazzalunga et al., 2020; Soriano et al., 2023). To our knowledge, only Kok and To (2019) have proposed age-based cutoffs alongside measures of discriminant accuracy. Compared to their findings, the cutoffs identified in our study were higher, which may reflect cultural differences between China and Belgium. Nevertheless, the ICS-EF demonstrated correct discriminative validity across all three age groups, as indicated by the AUC and sensitivity rates exceeding 80%. In fact, sensitivity was even higher within age groups than in the overall sample, underscoring that age-based cutoff scores should be preferred over the general cutoff score (n=189) due to their higher sensitivity and better AUC values. For the same reasons stated above, the age-specific cutoffs were retained despite specificity remaining below the 80% threshold.

Positioning the ICS-EF as a valid adaptation among existing ICS versions

To date, the ICS-EF represents one of the latest validated versions of the ICS. It has proven to be a valid and reliable tool for assessing functional speech intelligibility in children both with and without SSD. Our study also provides age-based cutoffs that demonstrated fair accuracy for screening SSD. Thus, the ICS-EF exhibits solid psychometric properties, supporting and encouraging its use as a valid and sensitive screening instrument for SSD in French-speaking preschoolers.

Comparisons with other ICS versions indicate that the ICS-EF aligns well with existing tools, extending the ICS's applicability to a new linguistic context—French—which ranks among the world's most widely spoken

languages (Délégation permanente de la France auprès de l'ONU, 2023). Its validation further supports evidence that the ICS effectively measures functional speech intelligibility across diverse linguistic and cultural settings (McLeod, 2020). The variability in findings across different ICS versions, as shown in Table 5 and summarized by McLeod (2020), underscores the need for adaptation/validation of ICS across different languages and cultures, in both monolingual and multilingual settings. Indeed, the ICS is already widely used in multilingual speech assessments. Although the ICS-EF has not yet been validated in multilingual contexts, its validation paves the way for future studies in this area and supports broader use.

Finally, the differences in accuracy observed between our whole-sample cutoff and our three age-specific cutoffs highlight that a single cutoff across a broad age range is inadequate. Preschool years are a developmental stage characterized by rapid and natural progress in speech acquisition (Bowen, 2015). Therefore, we strongly encourage future ICS research to (1) continue adapting the tool to diverse linguistic and cultural contexts, and (2) adopt age-based cutoffs as standard practice.

Functional impact: the role of communication partner familiarity

The RM analysis on the full sample ($n = 189$) revealed a familiarity effect. As in previous studies, parents' responses on the ICS-EF varied across communication partners. The familiarity effect is a consistent descriptive finding in ICS research. While slight variations may emerge in how communication partners are ranked across studies, parents and strangers consistently occupy the highest and lowest positions, respectively (Lousada et al., 2019; McLeod et al., 2015; Neumann et al., 2017; Ng et al., 2014; Van Doornik et al., 2018).

The RM analysis with group as a between-subjects factor revealed a significant Group \times Partner interaction, suggesting that the familiarity effect

differs between children with and without SSD. We observed an effect of familiarity in TD children ($n = 147$), though weaker than in the whole or SSD group. The fewer significant differences between partners, even for strangers, suggest that TD children's intelligibility varies less across communication partners. In other words, in the absence of SSD, functional intelligibility seems less affected by whom the partner is. The familiarity effect was stronger in the SSD group, as shown by numerous significant post-hoc differences and a different partner ranking compared to TD children. Parents remained the highest rated, followed by friends, teachers, and immediate family (i.e., familiar listeners as in Soriano et al., 2023), and then extended family, acquaintances, and strangers (unfamiliar listeners). Notably, friends ranked second and immediate family fourth—contrasting with Van Doornik et al. (2018), where friends were ranked fifth and immediate family second. These differences may be explained by differences in sample sizes, cultural contexts or even sibling structure (i.e., number of siblings, birth order). Another possible explanation could lie in different interpretations: Van Doornik et al. (2018) described a familiarity effect in terms of “close relationships” (family) versus “more distant relationships” (outside of the family). Our findings for SSD children align more with the familiar/unfamiliar listener framework described by Soriano et al. (2023), with the four familiar listeners ranked as the first four and the three unfamiliar listeners ranked as the last three.

In any case, whether we adopt a relational or a familiar/unfamiliar listener perspective, our findings align with previous research: functional intelligibility in preschool-aged children with SSD varies depending on the context. For example, strangers, acquaintances, and extended family were rated as understanding children nearly a full point lower than parents (0.81, 0.62, and 0.6, respectively). This means that while parents understood their child between “often” and “always,” less familiar partners understood them only “sometimes” to “often.” For children with SSD, this gap in perceived

intelligibility across contexts poses substantial communication challenges. SSD involves communication barriers, including reduced intelligibility and a higher frequency of speech errors. These difficulties can limit a child's ability to express their wants and needs effectively and can lead to more frequent communication breakdowns. Consequently, children with SSD often struggle to engage in conversation, make friends, integrate socially, and participate in social and learning activities. These consequences or functional impacts can also lead to psychological (e.g., low self-esteem, frustration) or behavioral issues (e.g., withdrawal, avoidance, or aggressive behavior), and learning difficulties (McCormack et al., 2009, 2019; McLeod et al., 2013).

The familiarity effect observed in our ICS-EF results—also reported in previous work such as Van Doornik et al. (2018)—clearly reflects how the functional impacts of SSD vary depending on context (i.e., familiar/unfamiliar partners). These findings also echo McLeod et al.'s (2013) concept of a 'public' versus 'private' world for children with SSD. Altogether, they suggest that children with SSD communicate more effectively with familiar partners and face greater communication challenges with unfamiliar ones. Functional impacts are therefore more likely to emerge in unfamiliar contexts. This highlights the value of the ICS in capturing the functional impact of SSD, by giving us the opportunity to observe a difference in functional intelligibility between familiar/unfamiliar contexts. Furthermore, less familiar partners/listeners seem to be sensitive to children's communication difficulties (Skeat et al., 2010; Sprunt & Marella, 2018) and may offer a valuable perspective when assessing the severity and functional consequences of SSD. In this sense, the ICS-EF (along with other ICS versions) can capture the functional impact of SSD by highlighting differences across familiar and unfamiliar contexts. We strongly encourage future ICS research to further investigate the familiarity effect in order to strengthen the existing evidence base.

Limitations and future direction

While the present study validated the ICS-EF as a screening tool for SSD and suggested it could be used as an assessment tool for functional intelligibility in French, several limitations should be acknowledged. The sample was limited to children from French-speaking regions of Belgium, in Europe. This could somewhat restrict the generalizability of the findings to other French-speaking regions such as Québec, or francophone African countries, since cultural and phonological differences may appear. Additionally, the sample was relatively homogeneous and did not include bilingual children, which is an important consideration given the high prevalence of bilingualism in many French-speaking communities. It also excluded children with co-occurring DLD+SSD, DLD alone, or any other communication disorders, which is noteworthy given the significant functional impacts associated with such conditions. For this reason, the ICS-EF is currently most appropriate for children with SSD-only profiles. Furthermore, diagnoses were based on speech assessments conducted during testing rather than comprehensive clinical evaluations. As a result, while the study aligns with the screening purpose of the ICS-EF, the presence of SSD was screened rather than diagnosed. Future research should aim to replicate these findings in more diverse populations, particularly among bilingual children, DLD and/or DLD+SSD children, to enhance the tool's applicability across different linguistic and cultural contexts and different communication disorders.

Conclusion

The European French version of the ICS, or ICS-EF, performed comparably to other versions of the ICS and demonstrated strong psychometric properties in terms of validity (criterion and known-group validity) and reliability (test-retest reliability and internal consistency). Therefore, the ICS-EF emerged as a valid tool for assessing functional speech

intelligibility in French-speaking preschoolers and is now suitable for clinical purposes. Moreover, the ICS-EF includes cutoffs with established discriminant accuracy, which turned out to be satisfactory for screening SSD. Given the observed age effect on ICS-EF scores, age-based cutoffs were applied. Specifically, children aged 3 to 4 years with an ICS-EF score below 4.14, children aged 4 to 4;6 years with a score below 4.29, and children older than 4;6 years with a score below 4.86 should undergo further evaluation or monitoring, as they may be at risk for SSD.

One of the key advantages of the ICS-EF is its ease of use and efficiency, as well as its open-access availability. In addition to providing insight into functional speech intelligibility, the ICS-EF may capture functional impacts in different communication contexts. Notably, intelligibility varies depending on the communication partner, with less familiar listeners (e.g., strangers, acquaintances, extended family) generally understanding children less frequently than familiar partners (e.g., parents, close family, friends, and teachers). This variability is particularly pronounced in children with SSD, who experience significant differences in intelligibility depending on context and listener familiarity.

Therefore, we strongly encourage French-speaking SLPs to add the ICS-EF into their assessment routines whether for SSD screening and/or for evaluating the functional impact of speech disorders. We also encourage all other health-related professionals (e.g., family doctors, pediatricians, ENT) to use the ICS-EF as a screening tool for speech and language disorders, thereby facilitating appropriate referrals to SLPs.

Acknowledgments

This work was supported by the Fond de la Recherche Scientifique F.R.S-FNRS under Grant FRESH FC49517, awarded to Léonor Piron. The authors would like to thank the many children, parents, teachers and principals for their participation and support. They would also like to give special thanks to all the speech-language therapy students who helped with data collection: Marion Dupret, Eliesa Firquet, Vicky Flambeau and Marine Gerard. The first author gratefully acknowledges the support of Wallonie-Bruxelles International.

Disclosure

No potential conflict of interest is reported by the authors.

Data Availability Statement

The data that support the findings of this study are available from the corresponding author, upon reasonable request.

Artificial Intelligence Statement

As the first author (and main writer) is not a native English speaker, ChatGPT was used during parts of the writing process (mainly parts of the Introduction and Discussion section) to revise wording and grammatical accuracy. In addition the manuscript was thoroughly reviewed and revised by the remaining authors (including one native English speaker). Reference: OpenAI. (2025). ChatGPT (July 2025 version) [Large language model]. OpenAI. <https://openai.com/chatgpt>

Author Contributions

Léonor Piron was responsible for the literature review, study design, project preparation, data collection, database preparation, data analysis, and manuscript writing. Andrea A.N. MacLeod contributed to the study design, supervised the study, assisted with the project and the development of the European-French version of the ICS, and reviewed and revised the manuscript. Christelle Maillart contributed to the study design, supervised the study, assisted with the project, and reviewed and revised the manuscript.

Étude 2 - Supplementary material

Table S1. Pairwise post hoc comparisons between the seven communication partners for the whole group (n = 189), with Holm correction

	Parents	Immediate Family	Extended Family	Friends	Acquaintances	Teachers
<i>Parents</i>	-					
<i>Immediate family</i>	≠**	-				
<i>Extended Family</i>	≠**	≠**	-			
<i>Friends</i>	≠**	=	=	-		
<i>Acquaintances</i>	≠**	≠**	=	=	-	
<i>Teachers</i>	≠**	=	=	=	≠*	-
<i>Strangers</i>	≠**	≠**	≠**	≠**	≠*	≠**

Note. ≠** are used for significant differences between partners with $p < .001$; ≠* are used significant differences between partners with $p < .005$; = are used for an absence of significant difference between partners

Table S2. Pairwise post hoc comparisons between the seven communication partners for the TD group (n = 147), with Holm correction

	Parents	Immediate Family	Extended Family	Friends	Acquaintances	Teachers
<i>Parents</i>	-					
<i>Immediate family</i>	≠**	-				
<i>Extended Family</i>	≠**	=	-			
<i>Friends</i>	≠**	=	=	-		
<i>Acquaintances</i>	≠**	=	=	=	-	
<i>Teachers</i>	≠**	=	=	=	=	-
<i>Strangers</i>	≠**	≠**	≠*	=	=	≠*

Note. ≠** are used for significant differences between partners with $p < .001$; ≠* are used for significant differences between partners with $p < .005$; = are used for an absence of significant difference between partners

Table S3. Pairwise post hoc comparisons between the seven communication partners for the SSD group (n = 42), with Holm correction

	Parents	Immediate Family	Extended Family	Friends	Acquaintances	Teachers
<i>Parents</i>	-					
<i>Immediate family</i>	≠**	-				
<i>Extended Family</i>	≠**	≠*	-			
<i>Friends</i>	≠*	=	≠*	-		
<i>Acquaintances</i>	≠**	≠*	=	≠**	-	
<i>Teachers</i>	≠**	=	≠*	=	≠**	-
<i>Strangers</i>	≠**	≠**	≠*	≠**	≠*	≠**

Note. ≠** are used for significant differences between partners with $p < .001$; ≠* are used for significant differences between partners with $p < .005$; = are used for an absence of significant difference between partners

Étude 3

Les épreuves de répétition de pseudo-mots et de phrases au service du diagnostic différentiel entre le trouble développemental du langage et les troubles des sons de la parole

Léonor Piron^{ab*}, Marion Dupret^a et Christelle Maillart^a

^aDépartement de Logopédie, RUCHE, Université de Liège, Liège, Belgique;

^b FRESH fund, F.R.S.-FNRS, Belgium

Citation

Piron, L., Dupret, M., & Maillart, C. (2026). Les épreuves de répétition de pseudo-mots et de phrases au service du diagnostic différentiel entre le trouble développemental du langage et les troubles des sons de la parole. *ANAE: Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*, 199 (Janvier), 842-852.

Résumé

Cette étude évalue l'intérêt clinique des tâches de répétition de pseudo-mots (RPM) et de phrases (RP) pour identifier et dissocier le trouble développemental du langage (TDL), les troubles des sons de la parole (TSP) et le double diagnostic (TDL+TSP). La RPM se révèle particulièrement sensible aux difficultés phonologiques. La RP, quant à elle, détecte la présence de ces trois troubles avec une haute précision. Les deux épreuves sont complémentaires pour identifier et différencier ces pathologies.

Mots-clés : Répétition de Pseudo-Mots ; Répétition de Phrases ; Diagnostic ; Trouble Développemental du Langage (TDL) ; Troubles des Sons de la Parole (TSP)

Introduction

Le trouble développemental du langage (TDL) affecte approximativement 7,5 % de la population (Norbury et al., 2016) ; les troubles des sons de la parole (TSP) touchent entre 3,4 % (Eadie et al., 2015) et 15,6 % (Campbell et al., 2003) des enfants d'âge préscolaire. Ensemble, le TDL et les TSP représentent la majorité des pathologies rencontrées en orthophonie développementale. Cette grande prévalence et les nombreuses répercussions qu'ils peuvent engendrer sur le plan social, émotionnel ou encore scolaire (Bishop et al., 2017 ; McCormack et al., 2009, 2019) rendent leur identification précoce cruciale.

Dans cette optique, les épreuves de répétition de pseudo-mots (RPM) et de phrases (RP) sont classiquement utilisées dans les évaluations orthophoniques et sont particulièrement prometteuses. Concernant le TDL, un grand nombre d'études a pu démontrer l'utilité diagnostique des RP (Leclercq et al., 2014 ; Rujas et al., 2021 ; Ward et al., 2024). La méta-analyse de Ward et al. (2024), basée sur 46 études monolingues, montre notamment que les RP distinguent correctement les enfants TDL des neurotypiques (NT), ces derniers performant en moyenne 2,08 écarts-types au-dessus des TDL. En parallèle, les RPM sont reconnues depuis longtemps comme un marqueur fiable du TDL. La méta-analyse de Graf Estes et al. (2007) avait déjà montré des déficits nets chez les enfants TDL par rapport aux enfants NT. Plus récemment, Schwob et al. (2021) ont confirmé, via une méta-analyse portant sur 35 études, la forte valeur diagnostique de cette tâche : les enfants TDL réussissent systématiquement moins bien que les enfants NT. Les méta-analyses de Ward et al. (2024) et de Schwob et al. (2021) confirment que les RPM et les RP sont des épreuves sensibles à la pathologie langagière et pertinentes pour le diagnostic du TDL. Toutefois, les auteurs s'accordent pour dire que leur utilisation isolée ne suffit pas : la combinaison avec d'autres tâches renforce le pouvoir discriminant et la fiabilité du diagnostic.

Bien que les RPM et les RP présentent un potentiel diagnostique reconnu et une sensibilité avérée à la pathologie langagière, peu d'études ont examiné leur capacité à établir un diagnostic différentiel entre TDL et TSP. Ce manque de données soulève pourtant un enjeu clinique majeur, compte tenu de la prévalence élevée des deux troubles et de leurs fréquentes comorbidités (Eadie et al., 2015). Vuolo et Goffman (2020) ont observé que le pourcentage de consonnes correctes (PCC) dans une tâche de RPM ne différenciait pas les enfants TDL et TSP. Cette absence de discrimination pourrait s'expliquer par le fait que les RPM sollicitent fortement la mémoire de travail phonologique, un déficit commun aux TSP et à certains profils de TDL (Afshar et al., 2017). Concernant la RP, l'étude de Seeff-Gabriel et al. (2010) constitue l'une des rares recherches à avoir exploré le pouvoir discriminant de cette épreuve entre les TDL et les TSP. Leurs résultats montrent que les enfants TSP avec erreurs stables se distinguent des TDL par de meilleures performances sur les mots fonctionnels et de contenu, tandis qu'aucune différence n'apparaît entre TSP avec erreurs instables et TDL. A ce jour, Aguado et al. (2018) restent les seuls à avoir comparé directement la RP et la RPM pour distinguer les enfants TDL des TSP. La RPM différencie difficilement ces deux profils, tandis que la RP présente une meilleure précision diagnostique, mais une spécificité limitée. Ainsi, malgré sa haute sensibilité à la pathologie langagière, la RPM ne parviendrait pas à distinguer un TDL d'un TSP (Aguado et al., 2018 ; Vuolo & Goffman, 2020). À l'inverse, les résultats concernant le pouvoir discriminant de la RP semblent être davantage encourageants (Aguado et al., 2018 ; Seeff-Gabriel et al., 2010).

Par ailleurs, il est important de relever qu'aucune étude ne semble réaliser une distinction claire entre les enfants TDL sans atteinte phonologique et ceux présentant à la fois des difficultés sur le plan du langage et de la parole (TDL+TSP). Un double diagnostic TDL+TSP a longtemps été

considéré comme le fait que l'enfant présente un TDL associé à des difficultés de production des sons d'origine motrice ou structurelle uniquement. On préférerait alors l'appellation TDL (phonologie) pour désigner les enfants porteurs de TDL avec une atteinte en phonologie. Toutefois, dans des études récentes (Liu & Chien, 2020 ; Stringer et al., 2023), un double diagnostic TDL+TSP est considéré lorsque les enfants présentent des scores déficitaires dans des épreuves évaluant la phonologie (indépendamment de la nature des erreurs effectuées) ainsi que dans d'autres domaines langagiers (lexique et/ou morphosyntaxe, le plus souvent). Ce chevauchement s'explique par le fait que les difficultés phonologiques peuvent apparaître tant dans un contexte de TDL que de TSP (Stringer et al., 2023). Le double diagnostic TDL+TSP (à la place de l'appellation TDL phonologie) colle à une réalité très fréquemment rencontrée en orthophonie. De plus, il permet de rendre compte des différences subtiles, mais significatives entre les profils des enfants TSP, TDL et TDL+TSP, différences mieux identifiables par l'analyse qualitative des erreurs que par la seule récolte de données quantitatives (Liu & Chien, 2020 ; Macrae & Tyler, 2014). Les enfants présentant ce double diagnostic se caractérisent par des troubles phonologiques plus sévères et persistants que ceux avec un TSP isolé, se manifestant par une production accrue d'erreurs et des difficultés morphologiques spécifiques (Liu & Chien, 2020 ; Macrae & Tyler, 2014). Ces atteintes combinées engendrent un risque d'impacts fonctionnels à long terme, particulièrement en ce qui concerne la lecture et l'écriture.

Ces distinctions entre profils TSP, TDL (sans atteinte phonologique) et TDL+TSP soulignent la nécessité d'évaluer le pouvoir discriminant des épreuves de RPM et RP non plus seulement entre deux, mais entre trois populations cliniques distinctes. En effet, au vu de la variété des profils, mais également de leur grande fréquence, il devient crucial de déterminer si les épreuves de répétition peuvent capturer ces nuances diagnostiques. Un autre

facteur limitant la généralisation des résultats existants concerne la spécificité linguistique des études, principalement menées auprès d'enfants anglophones ou hispanophones. Les spécificités linguistiques propres à chaque langue influençant les performances aux tâches de RPM et RP (Schwob et al., 2021 ; Ward et al., 2024), il s'avère nécessaire d'investiguer l'utilité diagnostique de ces épreuves chez les enfants francophones.

Face à ces constats et aux manquements identifiés dans la littérature, cette étude vise à déterminer dans quelle mesure l'appartenance des enfants à un des groupes diagnostiques suivants, TSP, TDL, TDL+TSP, influence leur performance aux tâches de RPM et RP. Le deuxième objectif consiste à étudier la validité de ces deux épreuves dans l'optique de prédire (1) la présence d'une pathologie langagière et (2) l'appartenance des enfants présentant un trouble à un de ces trois groupes diagnostiques. Cette recherche contribuera à l'identification d'outils diagnostiques capables de détecter la présence d'un TSP, TDL ou TDL+TSP auprès d'enfants d'âge préscolaire francophones.

Méthode

Cette étude a reçu l'aval du comité d'éthique de la faculté de psychologie, logopédie et sciences de l'éducation de l'Université de Liège (référence 2122-068). La présente étude s'est déroulée d'octobre 2022 à juin 2023.

Participants

143 enfants (70 filles, 49 %), âgés de 48 à 67 mois, ont été recrutés dans des écoles maternelles de la province de Liège (Belgique). Le niveau socio-économique, contrôlé par le niveau d'études maternel, est réparti comme suit : 26 masters (18,2 %), 58 bacheliers (40,6 %), 35 diplômes secondaires (24,5 %) et 24 niveaux d'études inférieurs au secondaire (16,8 %). Les enfants prématurés, multilingues, suivis en orthophonie (autre motif que TSP/TDL), sans données anamnestiques, refusant la participation ou ne pouvant réaliser les épreuves ont été exclus.

Une audiométrie tonale a été réalisée à 500, 1000, 2000 et 4000 Hz, excluant les enfants avec une perte auditive moyenne bilatérale ≥ 25 dB. Les capacités intellectuelles non verbales ont été évaluées par le PTONI (Ehrlér & McGhee, 2008), une tâche de reconnaissance d'intrus par pointage. Les enfants avec une performance \leq percentile 16 ont été exclus. Une évaluation langagière a complété ces premiers tests (voir Tableau 1). Les habiletés lexicales expressives et réceptives ont été évaluées respectivement par l'EVT-3 (Williams, 2019) et le PPVT-5 (Dunn, 2019). Les habiletés morphosyntaxiques expressives et réceptives ont été mesurées par les épreuves « Production d'Énoncés » et « Compréhension » de l'ELO (Khomsî, 2001). Les habiletés phonologiques expressives ont été évaluées par l'épreuve « Dénomination d'images » de l'Exalang 3-6 (Helloin & Thibault, 2006). Cette évaluation langagière a permis de classer les participants dans quatre catégories diagnostiques distinctes :

1. NT (n=79) : scores $> -1,25$ ET aux épreuves langagières et > -1 ET en phonologie expressive ;
2. TDL (n=21) : scores $\leq -1,25$ ET dans au moins deux domaines langagiers sans atteinte phonologique (> -1 ET) ;
3. TSP (n=27) : score ≤ -1 ET en phonologie expressive, sans atteinte langagière ($> -1,25$ ET) ;
4. TDL+TSP (n=16) : scores ≤ -1 ET en phonologie expressive et $\leq -1,25$ ET aux épreuves langagières.

Matériel

Les performances en RPM ont été évaluées à l'aide de l'épreuve « répétition de pseudo-mots » de la batterie EULALIES, disponible et décrite en open access (Meloni et al., 2025b). Cette épreuve comporte seize items de faible fréquence phonotactique, de longueur et structure syllabique variables. Les performances en RP ont été récoltées via l'épreuve « Répétition

d'énoncés » de la batterie ELO (Khomsî, 2001), comportant quinze phrases de longueur et complexité variables. Les phrases ciblent des structures syntaxiques simples et complexes ainsi que différents morphèmes grammaticaux adaptés pour l'âge préscolaire. L'inventaire des cibles grammaticales et structures syntaxiques est disponible en ligne et open access dans le matériel supplémentaire (Piron et al., 2025).

Tableau 1. Caractéristiques des participants.

GROUPE	n	<u>AGE</u>		<u>SEXE</u>		<u>EVT</u>	<u>PPVT</u>	<u>ELO</u>	<u>ELO</u>	<u>ELO</u>	<u>EXALANG</u>
		M (ET)	Nbr M (%)	Nbr F (%)	M (ET)	M (ET)	M (ET)	M (ET)	M (ET)	M (ET)	
NT	79	55.8 (6.1)	40 (50.6)	39 (49.4)	55.9 (11.3)	80.8 (21)	9.6 (2.9)	16.2 (2.1)	16.3 (1.4)	32 (2.8)	
TDL	21	57.6 (6.1)	10 (47.6)	11 (52.4)	51.8 (9.2)	73 (25)	6.8 (3.6)	13 (3.7)	14.4 (3.9)	30.9 (2.8)	
TSP	27	54.6 (4.9)	16 (59.3)	11 (40.7)	55.7 (6.7)	83.1 (16.1)	7.4 (2.9)	15.4 (2.1)	16.2 (1.5)	18.6 (6.9)	
TSP + TDL	16	60.3 (5.6)	7 (43.7)	9 (56.3)	49.4 (10.3)	83.7 (18.4)	5.6 (2.6)	14.3 (2.9)	13.7 (2.5)	19.1 (7.1)	

Note. Effectif (n), moyenne (M) et écart-type (ET) de l'âge (mois), des scores bruts EVT-3 / PVT-5 / ELO production d'énoncés (PE) / ELO compréhension (C1 et C2) / Exalang 3-6 (dénomination d'images) ; NT = Neurotypique ; TDL = Trouble développemental du langage ; TSP = Trouble des sons de la parole

Procédure

Les 143 participants ont été évalués dans une pièce calme de leur établissement scolaire par la première auteure assistée de 4 étudiantes de master en orthophonie entraînées. Les échantillons de production verbale ont été enregistrés via un enregistreur audio ZOOM H4n Pro positionné à maximum 30 cm. Pour la RPM, l'enfant répétait les pseudo-mots (sous forme de noms de monstres) diffusés via un enregistrement audio intégré à une présentation PowerPoint, avec possibilité de deux écoutes et trois essais préalables. Pour la RP, l'enfant répétait les phrases énoncées par l'examineur à débit normal. Les épreuves étaient présentées dans l'ordre suivant : (1) RPM, (2) RP. Chaque passation durait environ 15 minutes.

Traitement des données et mesures

Le logiciel Phon (Hedlund & Rose, 2020) a été utilisé afin de transcrire et d'analyser les épreuves de RPM et de RP. Trois opérations ont été réalisées : segmentation, transcription phonétique (pour la RPM uniquement) et analyse via les mesures de cotation sélectionnées. La transcription phonétique de la RPM a été effectuée avec les symboles de l'Alphabet Phonétique International (API) selon les règles détaillées dans Cattini (2023). Différentes mesures ont ensuite été calculées et sont reprises ci-dessous (et dans le matériel supplémentaire pour un détail complet). Les épreuves de RPM et RP ont été analysées et transcrites par une locutrice native du français, rigoureusement entraînée pour ces tâches.

Pour la RPM :

- Cotation binaire (PMOk) : production correcte sans distorsion, ni substitution (total = 16)
- PCC : nombre de consonnes correctes divisé par le total des consonnes, multiplié par 100 (maximum = 100)
- Whole-Word Proximity (WWP) : rapport entre le Phonological Mean Length of Utterance (pLMU) de l'item cible et celui obtenu par l'enfant (maximum = 1)

Pour la RP :

- Cotation binaire (RepOk) : répétition correcte de la phrase entière (total = 15)
- Nombre de mots (NMots) : nombre de mots correctement restitués, indépendamment de leur position dans la phrase (total = 87)
- Exactitude syntaxique (Synt) : respect de la forme syntaxique de l'énoncé (total = 15).
- Exactitude sémantique (Sem) : respect du sens de l'énoncé (total = 15)

- Morphologie verbale (Morph) : réussite sur le plan de la morphologie verbale (total = 19)
- Mots fonctionnels (MFonct) : nombre de mots fonctionnels (c'est-à-dire, les pronoms, les prépositions, les articles, ...) correctement restitués (total = 37)
- Mots lexicaux (MLex) : nombre de mots lexicaux (c'est-à-dire les noms, les verbes et les adjectifs) correctement restitués (total = 47)

La fidélité inter-juges a été vérifiée sur 16% des échantillons de productions verbales par un second évaluateur expérimenté. Les trois indices de la RPM ont montré des niveaux de fidélité inter-juges bons à excellents (PCC : ICC = .85 ; WWP : ICC = .97 ; RepOK : ICC = .8). Le degré d'accord des transcriptions phonétiques de la RPM atteignait 80,6 %, légèrement sous le seuil habituel (85 %). Ce résultat demeure acceptable compte tenu de la complexité de transcrire des pseudo-mots et des caractéristiques des participants, certains enfants présentant une grande inintelligibilité. Les différences de transcription n'impactent cependant pas les degrés d'accord des mesures de cotation de la RPM. Les indices de la RP ont également révélé des ICC modérés à excellents : RepOK : ICC = .7 ; NMots : ICC = .84 ; Synt : ICC = .9 ; Sem : ICC = .84 ; Morph : ICC = .87 ; MFonct : ICC = .97 ; MLex : ICC = .67.

Analyses statistiques

Deux analyses de covariance multivariée (MANCOVAs) ont comparé les groupes sur (1) les trois mesures de la RPM et (2) les sept mesures de cotation de la RP, en contrôlant l'âge et le niveau socioéconomique. En cas de significativité, des comparaisons par paires ont été effectuées via les tests post hoc de Sidak.

Au-delà de ces comparaisons de performance, nous avons évalué l'efficacité des dix mesures de la RPM et de la RP pour identifier la présence

d'une pathologie langagière et distinguer les différents profils cliniques. Dans une première étape, chaque mesure a d'abord été dichotomisée (c'est-à-dire, transformée en score pathologique/normal) en déterminant un score seuil optimal. Ce seuil a été choisi pour maximiser à la fois la sensibilité et la spécificité, grâce à l'indice J de Youden. Cet indice présente l'avantage de fournir un seuil unique même lors des comparaisons entre groupes pathologiques. Dans un second temps, les courbes ROC (Receiver Operating Characteristic) ont été établies pour visualiser l'efficacité diagnostique des différentes mesures. L'aire sous la courbe (AUC) a été calculée comme indicateur de performance globale. Les indices diagnostiques obtenus incluent la sensibilité (capacité à identifier correctement la présence d'un trouble), la spécificité (capacité à identifier correctement l'absence de trouble) et l'efficacité (moyenne de la sensibilité et de la spécificité). Selon Plante et Vance (1994), des taux de sensibilité et spécificité >90 % témoignent d'un excellent pouvoir discriminant, 80-89 % d'un pouvoir correct, et <80 % d'un risque élevé d'erreurs diagnostiques. Les analyses ont été effectuées via Jamovi (The jamovi project, 2023) et SPSS (IBM Corp., 2021).

Résultats

Le tableau 2 présente les statistiques descriptives (moyennes et écarts-types) des performances de chaque groupe aux différentes mesures des tâches de RPM et de RP.

Performance aux tâches de RPM et RP

Deux MANCOVA ont été conduites pour examiner l'effet du groupe (NT, TDL, TSP, TDL+TSP) sur les performances aux tâches de répétition, en contrôlant les effets de l'âge et du niveau socio-économique. L'analyse multivariée révèle un effet principal statistiquement significatif du groupe sur l'ensemble des mesures de cotation de la RPM ($F(9, 411) = 6,37, p < 0.001, \eta^2p = 0.12$) et de la RP ($F(21, 399) = 9.60, p < 0.001, \eta^2p = 0.34$). Les analyses

univariées pour la RPM conservent cet effet significatif pour les dix mesures évaluées (voir Tableau 3), confirmant que les quatre groupes performant différemment sur l'ensemble des mesures évaluées dans les deux tâches de répétition. Des tests post hoc de Sidak (voir Tableau 4) ont été effectués pour permettre une comparaison deux à deux des groupes.

Tableau 2. Statistiques descriptives (moyennes et écarts-types) des performances aux tâches de RPM et RP par groupe

Groupe	NT	TDL	TSP	TDL + TSP
n	79	21	27	16
PMOk	2.91 (2.37)	2.62 (1.69)	0.74 (1.06)	1.13 (1.71)
PCC	67.7 (12)	67.8 (9.7)	47.9 (15)	49 (16.2)
WWP	0.857 (0.07)	0.861 (0.05)	0.733 (0.14)	0.739 (0.1)
RepOk	4.61 (2.44)	1.52 (1.21)	0.704 (1.35)	0.5 (0.89)
NMots	67.2 (9.14)	53.6 (8.48)	45.9 (16.2)	37.5 (16.5)
Synt	13.2 (1.41)	9.67 (2.69)	10 (4.19)	5.38 (3.58)
Sem	12.7 (1.81)	9.38 (22.11)	9.26 (3.91)	6.75 (4.37)
Morph	16.5 (1.94)	10.9 (3.12)	12.3 (4.59)	9.75 (4.37)
MFonct	33.2 (2.71)	27.7 (4.33)	27.1 (7.08)	21.1 (9.55)
MLex	43.9 (2.95)	39.9 (5.39)	39 (9.3)	33.9 (8.89)

Note. NT = Neurotypique ; TDL = Trouble développemental du langage ; TSP = Trouble des sons de la parole

Tableau 3. Tests univariés issus des deux MANCOVA

Mesure	F(3,137)	p	η^2p	Taille d'effet
PMOk (cotation binaire)	10.14	< 0.001	0.18	Modérée
PCC	25.18	< 0.001	0.36	Importante
WWP	22.15	< 0.001	0.33	Importante
RepOk (cotation binaire)	46.37	< 0.001	0.50	Importante
NMots (mots corrects)	51.58	< 0.001	0.53	Importante
Synt (syntaxiques)	48.49	< 0.001	0.52	Importante
Sem (sémantiques)	34.43	< 0.001	0.43	Importante
Morph (morphologiques)	40.86	< 0.001	0.47	Importante
MFonct (mots fonctionnels)	33.15	< 0.001	0.42	Importante
MLex (mots lexicaux)	18.04	< 0.001	0.28	Importante

Note. La taille d'effet (η^2p , *éta-carré partiel*) est interprétée selon Cohen (1988) : $\approx .02$ = petite, $\approx .13$ = modérée, $\geq .26$ = importante

Les comparaisons post hoc pour la RPM montrent une hiérarchie dans les performances. Les groupes NT et TDL présentent des scores supérieurs aux groupes TSP et TDL+TSP sur toutes les mesures. Plus spécifiquement, $NT > TSP$ et $NT > TDL+TSP$ (toutes mesures, $p < .01$), $TDL > TSP$ (toutes mesures, $p < .05$) et $TDL > TDL+TSP$ (PCC et WWP uniquement, $p < .001$). Les comparaisons NT vs TDL et TSP vs TDL+TSP ne révèlent aucune différence significative.

Les comparaisons post hoc pour les RP montrent des différences systématiques entre le groupe NT et tous les groupes diagnostiques (toutes mesures, $p < .05$). Parmi les groupes cliniques, $TSP > TDL+TSP$ ($p < .01$, toutes mesures sauf « RepOK ») et $TDL > TDL+TSP$ ($p < .01$, toutes mesures sauf « RepOk » et « Morph »). Les comparaisons TDL vs TSP ne révèlent aucune différence significative.

En synthèse, ces analyses révèlent des profils de performance distincts selon la tâche évaluée. Pour la RPM, les performances suivent le pattern $NT = TDL > TSP = TDL+TSP$, à l'exception de la mesure PMOk où aucune différence n'est observée entre TDL et TDL+TSP. Pour la RP, la hiérarchie observée est $NT > TDL = TSP > TDL+TSP$, avec deux exceptions : la mesure RepOk où tous les groupes cliniques présentent des performances équivalentes et la mesure Morph où TDL et TDL+TSP ne diffèrent pas significativement.

Efficacité diagnostique des tâches de RPM et RP

L'efficacité diagnostique de la RPM varie selon les paires et les mesures considérées (voir Tableau 4). En ce qui concerne les paires TDL/NT et TSP/TDL+TSP, les trois mesures se sont avérées inefficaces, ce qui était attendu compte tenu des performances équivalentes observées entre ces groupes (voir tableau 4, tests post hoc de Sidak).

Tableau 4. Tests post hoc de Sidak (MANCOVA) et résultats de l'analyse discriminante par groupe et mesure

Groupes	Mesures	Tests post hoc MANCOVA		Analyse discriminante			
		Différence moyenne	Valeur de p	Score seuil (valeur J/AUC)	Sensibilité	Spécificité	Efficacité
TSP vs NT (n = 106)	PMOK	2.04	<.001*	1 (.53/.82)	81.48	72.15	76.82
	PCC	19.07	<.001*	55.3 (.65/.85)	81.5	83.5	82.50
	WWP	.12	<.001*	.81 (.6/.85)	81.48	78.5	79.99
	RepOK	3.79	<.001*	2 (.77/.93)	92.6	84.8	88.70
	NMots	20.55	<.001*	57 (.66/.89)	81.5	84.8	83.15
	Synt	3.05	<.001*	11 (.57/.78)	66.7	89.9	78.30
	Sem	3.26	<.001*	11 (.48/.78)	59.26	88.61	73.94
	Morph	4.02	<.001*	13 (.5/.78)	59.3	91.1	75.20
	MFonct	5.84	<.001*	30 (.55/.81)	70.37	84.81	77.59
MLex	4.55	.003*	43 (.34/.7)	70.4	63.3	66.85	
TDL vs NT (n= 100)	PMOK	.46	.924	2 (.07/.51)	61.9	44.3	53.10
	PCC	1.01	1	72.2 (.15/.5)	76.19	36.71	56.45
	WWP	.002	1	.89 (.13/.49)	76.19	36.71	56.45
	RepOK	3.25	<.001*	2 (.71/.88)	85.7	84.8	85.25
	NMots	14.77	<.001*	59 (.71/.87)	90.5	81	85.75
	Synt	3.65	<.001*	11 (.71/.91)	80.95	89.9	85.43
	Sem	3.56	<.001*	11 (.7/.9)	95.2	74.7	84.95
	Morph	5.88	<.001*	11 (.78/.92)	81	97.47	89.24
	MFonct	5.77	<.001*	30 (.71/.88)	85.7	84.8	85.25
MLex	4.4	.013*	42 (.43/.77)	66.67	75.9	71.29	
TDL+TSP vs NT (n = 95)	PMOK	2.09	.002*	1 (.53/.78)	81.25	72.15	76.70
	PCC	21.45	<.001*	54.76 (.65/.84)	81.3	83.54	82.42
	WWP	.13	<.001*	.81 (.71/.87)	87.5	82.3	84.90
	RepOk	4.55	<.001*	2 (.79/.96)	93.8	84.8	89.30
	NMots	32.63	<.001*	50 (.89/.96)	93.8	94.9	94.35
	Synt	8.18	<.001*	7 (.8/.93)	81.3	98.73	90.02
	Sem	6.55	<.001*	9 (.69/.89)	75	88.6	81.80
	Morph	7.39	<.001*	14 (.7/.89)	87.5	82.5	85.00
	MFonct	12.85	<.001*	29 (.67/.92)	81.3	86.08	83.69
MLex	11	<.001*	41 (.62/.88)	81.3	81	81.15	
TSP vs TDL (n = 48)	PMOK	1.58	.042*	1 (.58/.85)	81.48	76.19	78.84
	PCC	18.06	<.001*	55.33 (.77/.87)	81.5	94.2	87.85
	WWP	.12	<.001*	.81 (.68/.87)	77.8	90.48	84.14
	RepOk	.54	.921	1 (.34/.72)	81.5	52.38	66.94
	NMots	5.78	.390	52 (.42/.68)	70.37	71.43	70.90
	Synt	-6	.965	10 (.14/.41)	33.3	52.38	42.84
	Sem	-2.9	.999	7 (.24/.49)	33.3	90.48	61.89
	Morph	-1.86	.220	10 (.28/.38)	33.3	38.1	35.70
	MFonct	.07	1	28 (.15/.5)	48.15	66.67	57.41
MLex	.15	1	40 (.03/.47)	44.4	61.9	53.15	
TSP vs TDL+TSP (n = 43)	PMOK	.06	1	1 (.01/.57)	81.8	18.52	49.89
	PCC	2.39	.992	54.75 (.07/.45)	77.8	18.8	53.59
	WWP	.01	.99	.79 (.2/.45)	59.26	18.8	39.03
	RepOk	.76	.788	1 (.06/.48)	81.48	12.5	46.99
	NMots	12.08	.006*	50 (.38/.65)	93.75	44.44	69.10
	Synt	5.13	<.001*	9 (.665/.77)	87.5	77.8	82.65
	Sem	3.28	.001*	8 (.35/.67)	68.75	66.67	67.71
	Morph	3.37	.005*	10 (.22/.65)	56.25	66.67	61.46
	MFonct	7.02	<.001*	22 (.41/.7)	56.3	85.19	70.75
MLex	6.45	.004*	37 (.5/.72)	68.8	81.48	75.14	

TDL vs TDL+TSP (n = 37)	PMOK	1.64	.085	1 (.57/.81)	81.25	76.19	78.72
	PCC	20.44	<.001*	55.84 (.71/.86)	81.3	90.5	85.90
	WWP	.13	<.001*	.81 (.77/.88)	87.5	90.48	88.99
	RepOk	1.03	.249	1 (.39/.75)	87.5	52.4	69.95
	NMots	17.86	<.001*	50 (.7/.85)	93.8	76.19	85.00
	Synt	4.53	<.001*	7 (.27/.82)	81.3	76.2	78.75
	Sem	2.99	.005*	8 (.49/.7)	68.75	80.95	74.85
	Morph	1.51	.6	9 (.3/.58)	50	81	65.50
	MFonct	7.09	<.001*	27 (.4/.7)	38.75	66.7	52.73
	MLex	6.6	.004*	36 (.43/.73)	62.5	80.95	71.73

Note. NT = Neurotypique ; TDL = Trouble développemental du langage ; TSP = Trouble des sons de la parole ; J = indice de Youden ; AUC : Aire sous la courbe ; les valeurs en **gras** indiquent les mesures efficaces (>80%) l'analyse discriminante ; l'astérisque (*) indique la présence de significativité.

En ce qui concerne les autres paires, la mesure PMOK, bien que présentant une sensibilité généralement élevée (>80 %), reste peu discriminante (efficacité < 80 %). Le WWP démontre une efficacité suffisante (>80 %) pour détecter la présence d'un double diagnostic (TDL+TSP) et discriminer les profils TSP/TDL et TDL/TDL+TSP. Le PCC présente la meilleure performance (efficacité >80 %) : il identifie correctement les enfants TSP et TDL+TSP parmi les enfants NT et distingue les profils TSP/TDL et TDL/TDL+TSP.

L'efficacité diagnostique de la RP varie elle aussi selon les paires et les mesures considérées (voir Tableau 4). Les sept mesures démontrent une efficacité diagnostique optimale (>80 %) pour identifier les enfants TDL (sauf MLex) et les enfants TDL+TSP parmi les NT. En revanche, seuls le nombre de mots (NMots) et la cotation binaire (RepOK) repèrent efficacement (>80 %) les enfants TSP parmi les NT. Concernant la paire TSP/TDL, les sept mesures de RP sont insuffisamment discriminantes (efficacité <80 %). La mesure Synt est la seule à atteindre le seuil d'efficacité de 80 % pour la paire TSP/TDL+TSP, tandis que RepOk et NMots montrent une sensibilité satisfaisante (>80 %) et que MFonct et MLex présentent une spécificité acceptable (>80 %). Pour la distinction TDL/TDL+TSP, seule la mesure NMots ressort comme efficace (>80 %). À noter que RepOk et Synt présentent une bonne sensibilité (>80 %), tandis que Sem et MLex offrent une

spécificité satisfaisante (>80 %). Les mesures efficaces (voir en gras dans le Tableau 4) s'accompagnent de valeurs d'AUC et de Youden satisfaisantes, voire bonnes. À l'inverse, les mesures sous le seuil d'efficacité présentent généralement des valeurs d'AUC et de Youden faibles, voire critiques.

Discussion

Cette étude est née du constat qu'à ce jour, aucun travail ne s'est intéressé à la qualité des RPM et RP pour différencier ces trois profils cliniques : TDL, TSP et TDL+TSP. Dans cette discussion, nous interpréterons d'abord l'influence du groupe sur les performances aux tâches de RPM et RP. Nous discuterons ensuite l'efficacité de ces épreuves pour identifier une pathologie langagière et établir un diagnostic différentiel entre les profils cliniques.

Effet des groupes sur les mesures de la RPM et RP

Nos résultats révèlent des différences substantielles entre les groupes pour toutes les mesures de RPM et RP, avec l'âge et le niveau socio-économique contrôlés. Les tailles d'effet obtenues témoignent de l'ampleur des écarts de performance observés. Ces résultats confirment d'une part que les quatre profils langagiers se traduisent par des patterns de performance clairement différenciés sur l'ensemble des mesures de cotation, soulignant la sensibilité de ces tâches aux variations pathologiques. D'autre part, ils mettent en évidence l'importance de distinguer les trois groupes cliniques et d'examiner la capacité diagnostique des épreuves de répétition à identifier ces profils spécifiques. Contrairement aux rares études comparables menées jusqu'ici (Aguado et al., 2018 ; Seef-Gabriel et al., 2010 ; Vuolo & Goffman, 2020), nos résultats suggèrent que les épreuves de RPM et de RP permettent de différencier les profils cliniques. Ils soulignent par ailleurs la nécessité d'adapter et de répliquer ce type d'étude dans divers contextes linguistiques, dont le français.

Efficacité diagnostique : sensibilité à la pathologie langagière

Les performances inférieures des enfants TSP aux indices de RPM confirment l'impact attendu des fragilités phonologiques. Le PCC émerge comme l'indice le plus discriminant (82,5 %), confirmant sa valeur clinique pour identifier les troubles phonologiques. Pour la RP, un résultat inattendu concerne les déficits observés aux indices spécifiques autres que la morphosyntaxe, soulignant la sensibilité de la RP à la pathologie langagière, y compris pour les profils TSP. Malgré des différences significatives observées sur toutes les mesures, seules les mesures générales atteignent une précision diagnostique satisfaisante (RepOk : 88.7 % ; NMots : 83.2 %). Cette spécificité s'explique par leurs modalités de cotation qui comptabilisent les erreurs phonologiques.

Les enfants TDL présentent des performances similaires aux NT sur les trois mesures de la RPM. Ce résultat était attendu de la part des enfants TDL sans atteinte phonologique et confirme l'intégrité de leurs capacités phonologiques. Les mêmes arguments expliquent pourquoi aucune des mesures de RPM n'atteint une précision diagnostique suffisante pour dissocier NT et TDL. En revanche, les moyennes des groupes NT et TDL diffèrent significativement pour l'ensemble des mesures de RP. À l'exception de la MLex, chacune de ces mesures présente un pouvoir prédictif suffisant pour identifier la présence d'un TDL. L'indice Morph ressort comme le plus discriminant avec le taux d'efficacité diagnostique le plus élevé, révélant ainsi une faiblesse plus importante à cet indice chez les enfants TDL. La morphologie verbale est en effet un domaine linguistique particulièrement altéré chez ces enfants, ce qui en fait un marqueur clinique fréquent (Bishop et al., 2017). En revanche, l'indice MLex constitue une exception : son efficacité diagnostique est plus faible (71%), en raison d'une plus grande facilité de la tâche qui conduit à des scores proches du plafond dans tous les groupes (voir tableau 2). Cette moindre efficacité, généralisable à toutes les

comparaisons sauf NT/TDL+TSP, ainsi que sa fidélité inter-juges plus modérée (ICC = .67), limitent son utilité clinique par rapport aux autres indices.

Le profil TDL+TSP présente les déficits les plus sévères, avec des performances inférieures aux NT à toutes les mesures des deux épreuves. Ce profil de performance était attendu compte tenu des fragilités phonologiques et langagières combinées. Une précision diagnostique bonne à excellente caractérise l'ensemble des mesures (à l'exception de PMok), positionnant les deux épreuves comme particulièrement sensibles à ce profil. Une explication logique tient dans le fait que ce profil clinique est également plus sévère que les deux autres (voir tableau 2). L'indice NMots de la RP atteint la plus haute efficacité diagnostique (94.35 %), résultat s'expliquant par sa sensibilité aux altérations phonologiques et langagières, qui caractérisent ce groupe.

En conclusion, la RPM (indices PCC et WWP) se révèle spécifiquement sensible aux difficultés phonologiques, identifiant efficacement les enfants TSP et TDL+TSP, tandis que les enfants TDL, dont les compétences phonologiques sont préservées, présentent des performances comparables à celles des NT. La RP, en revanche, reflète sa nature multidimensionnelle : elle se montre sensible aux trois profils pathologiques, confirmant son statut d'épreuve complexe sollicitant simultanément les compétences phonologiques, lexicales et morphosyntaxiques. Ces résultats s'inscrivent dans la continuité de travaux antérieurs (Aguado et al., 2018), qui soulignaient déjà la supériorité de la RP sur la RPM en termes de valeur diagnostique et positionnent les deux tâches comme des outils diagnostiques distincts, mais complémentaires, confirmant l'intérêt de les combiner pour améliorer leur fiabilité diagnostique (Schwob et al., 2021 ; Ward et al., 2024). Toutefois, notre étude apporte un élément nouveau en distinguant les enfants avec TDL de ceux avec un double diagnostic TDL+TSP, ce qui met en évidence la sensibilité accrue de la RP à la sévérité des profils cliniques.

Efficacité diagnostique : diagnostic différentiel entre les trois profils cliniques

Nos résultats montrent que les enfants TDL obtiennent de meilleures performances que les enfants TSP à l'ensemble des mesures de RPM. Le PCC et le WWP distinguent également ces deux conditions. À l'inverse, les analyses menées sur la RP révèlent des performances similaires entre TDL et TSP, sans qu'aucune mesure n'atteigne une précision diagnostique suffisante. Ces observations contredisent la littérature existante : plusieurs études suggèrent en effet que la RPM ne différencie pas efficacement TSP et TDL (Aguado et al., 2018 ; Vuolo & Goffman, 2020), tandis qu'Aguado et al. (2018) attribuent au contraire à la RP un meilleur pouvoir discriminant. Ces divergences s'expliquent probablement par des choix méthodologiques : dans notre étude, les enfants TDL (sans atteinte phonologique) ont été distingués des enfants TDL+TSP, alors qu'ils étaient regroupés dans l'étude d'Aguado. En ce qui concerne la RP, cette distinction a eu pour effet de réduire la sévérité du profil des enfants TDL : on observe en effet sur le Tableau 2 que leurs performances en RP s'écartent moins du plafond, des NT et des TSP que le profil TDL+TSP. Les moindres écarts complexifient dès lors la sélection d'un score seuil efficace. En revanche dans le cas de la RPM, cette dissociation TDL/TDL+TSP a eu pour effet d'accentuer les écarts entre TDL et TSP et de favoriser l'identification d'un score seuil efficace. Enfin, l'adoption d'un système de cotation plus détaillé que le score binaire utilisé par Aguado a pu également influencer la sensibilité discriminante des épreuves.

Les moyennes des groupes TSP et TDL+TSP ne diffèrent pas significativement sur les mesures de RPM. Aucune mesure n'atteint une précision diagnostique suffisante pour les distinguer. Bien que la littérature rapporte des troubles phonologiques plus sévères et persistants chez les enfants présentant un double diagnostic (Liu & Chien, 2020 ; Macrae & Tyler, 2014), TSP et TDL+TSP semblent posséder un profil phonologique similaire

dans notre échantillon. Ces divergences peuvent s'expliquer par les mesures à l'étude : nous avons eu recours à des mesures quantitatives, alors que les études précédentes ont employé des analyses détaillées des erreurs pour distinguer les deux profils. Enfin, la taille réduite du groupe TDL+TSP (n = 16) comparée au groupe TSP (n = 27) peut également avoir limité la détection de différences significatives. Pour la RP, les enfants TSP obtiennent de meilleures performances que les TDL+TSP sur la plupart des mesures, sauf RepOk. L'analyse discriminante montre que seule la mesure Synt distingue efficacement les deux groupes. Le manque de pouvoir discriminant des autres indices (en particulier RepOk, NMots et Morph) s'explique probablement par l'interférence des difficultés phonologiques, ce qui semble moins être le cas de Synt.

A ce jour, aucune étude n'avait comparé les enfants TDL (sans atteinte phonologique) aux enfants TDL+TSP sur ces deux épreuves. Nos résultats indiquent que la RPM, via le PCC et le WWP, discrimine efficacement ces deux groupes (avec une performance significativement supérieure pour le groupe TDL). À nouveau, la séparation volontaire de ces deux profils tend, dans le cas de la RPM, à accentuer les écarts de performance entre TDL et TDL+TSP. Pour la RP, le groupe TDL obtient également des moyennes supérieures au groupe TDL+TSP sur les indices NMots, Synt, Sem, MFonct et MLex, tandis que RepOk et Morph ne présentent aucune différence significative. Parmi les mesures ayant montré une différence significative, NMots apparaît comme la plus efficace pour discriminer les deux groupes (85%). Cette supériorité diagnostique s'explique par le fait que NMots, avec ses modalités de cotation comptabilisant toutes les erreurs, est particulièrement sensible aux difficultés phonologiques et langagières. Ainsi, les difficultés phonologiques inhérentes aux enfants TDL+TSP deviennent particulièrement saillantes sur cet indice, expliquant sa capacité à distinguer ces deux profils.

En conclusion, la RPM est un outil clinique pertinent pour mettre en évidence les difficultés phonologiques au sein des profils pathologiques (TDL/TSP et TDL/TDL+TSP). Cependant, elle ne permet pas de distinguer les difficultés phonologiques isolées (TSP) de celles accompagnées de difficultés langagières (TDL+TSP). Par ailleurs, nos résultats démontrent que la notation binaire, traditionnellement utilisée dans les tâches de RPM, s'avère peu efficace comparativement aux mesures PCC et WWP pour établir un diagnostic fiable. Le PCC et le WWP doivent donc être privilégiés pour noter la RPM. De son côté, la RP complète utilement la RPM grâce à son score global (NMots) et à son indice syntaxique (Synt), qui permettent de différencier les diagnostics simples (TDL et TSP, respectivement) du double diagnostic (TDL+TSP). Néanmoins, elle demeure inefficace pour distinguer les deux diagnostics simples. Enfin, ces résultats confirment l'intérêt d'une terminologie cohérente pour distinguer plus clairement le TDL avec et sans difficulté phonologique associée. Nous soutenons l'idée que l'appellation « TDL+TSP » représente plus justement les spécificités phonologiques de ces enfants que les termes génériques « TDL » ou « TDL (phonologie) », considérés comme trop réducteurs (Stringer et al., 2023).

Limites et perspectives

La répartition des enfants dans les groupes s'est basée sur une évaluation langagière préalable à la récolte des données et la présence d'impacts fonctionnels n'a pas été évaluée, ce dernier point constitue une limite non négligeable, puisque cet aspect fait désormais partie intégrante du diagnostic de TDL (Bishop et al., 2017). Par conséquent, bien que des précautions aient été prises pour limiter les erreurs de classification, le risque zéro n'existe pas, comme en contexte clinique. Par ailleurs, la taille inégale des groupes, notamment le faible effectif du groupe TDL+TSP (n = 16), a pu influencer les taux d'efficacité diagnostique. Enfin, l'applicabilité clinique de ces résultats suppose de respecter au mieux les conditions expérimentales de l'étude, en particulier l'utilisation des mêmes tâches et indices.

Conclusions et implications cliniques

Cette étude met en évidence l'intérêt clinique des tâches de RPM et de RP pour l'identification et le diagnostic différentiel de trois troubles fréquents en orthophonie pédiatrique (TSP, TDL et TDL+TSP). La RPM, via les indices PCC et WWP, se révèle particulièrement sensible aux difficultés phonologiques : elle permet de repérer efficacement TSP et TDL+TSP et de différencier le TDL du TSP et du TDL+TSP. La RP, quant à elle, détecte la présence d'un trouble avec une haute précision grâce aux indices généraux (RepOk et NMots). Les indices NMots et Synt sont les plus performants, respectivement, pour différencier le double diagnostic (TDL+TSP) des diagnostics simples (TDL et TSP). L'usage conjoint des deux tâches optimise l'identification des profils cliniques et révèle des patterns diagnostiques distincts.

Application pratique en clinique

La tâche de RPM d'Eulalies étant disponible en open access et la tâche de RP de l'ELO étant largement répandue, le transfert de ces résultats en pratique clinique est envisageable. Nous recommandons l'utilisation prioritaire des indices PCC et WWP pour la RPM et des indices RepOK, NMots et Synt pour la RP. Les autres indices peuvent compléter l'analyse en cas de profil peu clair.

L'association des deux tâches permet de dégager les patterns suivants : de bonnes performances pour les enfants NT, un déficit en RPM et sur les indices généraux de la RP pour les enfants TSP, des difficultés centrées sur la RP (dont les mesures spécifiques) pour les enfants TDL et un double déficit (RPM et RP) avec des difficultés plus marquées en RP pour les enfants TDL+TSP. Le tableau 4 fournit les scores seuils optimaux pour le diagnostic des trois troubles. Une attention particulière doit être portée à la taille de notre échantillon : elle est acceptable pour les comparaisons entre enfants NT et

chacun des groupes pathologiques, mais s'avère insuffisante pour les comparaisons entre les trois troubles. En conséquence, les scores seuils ne doivent être utilisés en clinique que pour ces comparaisons : NT vs TSP, NT vs TDL, et NT vs TDL+TSP.

Exemples d'application clinique

La démarche consiste à comparer les scores de l'enfant aux trois seuils disponibles pour chaque indice, afin d'identifier le profil le plus probable. Prenons un enfant avec PCC = 50.35, RepOK = 3, NMots = 54, Synt = 12. Ses scores se situent sous les trois seuils pour le PCC et NMots (indiquant une atteinte), mais au-dessus des trois seuils pour RepOK et Synt, évoquant un profil TSP. Prenons un cas moins évident : enfant avec PCC = 80.35, RepOK = 2, NMots = 52, Synt = 6. Il présente des scores au-dessus des trois seuils pour le PCC (préservation phonologique), proche du seuil NT vs TDL pour RepOK, sous le seuil NT vs TDL et NT vs TSP pour NMots et sous les seuils pour Synt, suggérant un TDL. L'analyse complémentaire (WWP = .87, Morph = 12, Sem = 10, Mfonct = 30) confirme cette hypothèse avec une préservation phonologique et une atteinte langagière.

Ces cas illustrent l'intérêt de combiner les deux tâches pour une identification fine des profils cliniques, chaque épreuve s'avérant insuffisante à elle seule pour un diagnostic différentiel précis.

Conflit d'intérêt : aucun

Disponibilité des données

Les données ayant servi à la réalisation des analyses sont disponibles en libre accès sur l'Open Science Framework (OSF) : <https://osf.io/wx7a6>

Étude 3 – Matériel supplémentaire

Matériel supplémentaire 1. Inventaire des cibles grammaticales et structures syntaxiques de la tâche de répétition de phrases (ELO, Khomsi, 2001).

Morphologie verbale	
Présent	
Verbes à la 3 ^e personne du singulier	1, 3, 4, 7, 15
Verbes à la 3 ^e personne du pluriel	2, 7, 9, 11, 14
Passé composé	
Verbe à la 2 ^e personne du singulier	14
Verbes à la 3 ^e personne du singulier	5, 6, 12
Verbe à la 3 ^e personne du pluriel	13
Futur simple	
Verbes à la 3 ^e personne du singulier	8, 10
Mots fonctionnels	
Prépositions	1, 2
Articles définis	1,2,4,6,7,9,11,12,13,14
Articles indéfinis	10,15
Article contracté	8
Pronoms personnels sujets	3, 4, 7, 8, 14, 15
Pronoms possessifs	3, 5, 11, 13
Structures syntaxiques	
Phrases simples	
• sujet + verbe	4
• sujet + verbe + complément	1,2,3,8,9,11
Phrases relatives avec	
• Le pronom relatif « qui »	4, 7
• Le pronom relatif « que »	14
• Le pronom relatif « dont »	15
Phrases passives	6, 12
Nombre de mots	
4 mots	3, 5, 10
5 mots	8, 9, 11
6 mots	1,2,4,6,7,13
7 mots	12
8 mots	14
9 mots	15

Matériel supplémentaire 2. Mesures de cotation de la répétition de phrases ELO.

Mesures	Tiers dans Phon	Description de la mesure
Répétition verbatim	RepOK	Indice mesurant la répétition correcte de la phrase dans son entièreté. Cotation : 0 ou 1 - Total : 15
Nombre de mots	Nmots_target	Indice mesurant le nombre de mots dans la phrase cible.
	Nmots_Actual	Indice mesurant le nombre de mots correctement restitué par l'enfant, indépendamment de sa position dans la phrase. Une erreur de nature phonologique fait partie des erreurs comptabilisées. Cotation : nombre de mots répétés - Total : 87
Exactitude syntaxique	Synt	Indice mesurant le respect de la forme syntaxique de l'énoncé. Phrases simples Un point est accordé : <ul style="list-style-type: none"> - En cas de présence de la structure syntaxique suivante : (1) sujet, (2) verbe (pas nécessairement conjugué comme attendu ou sans que celui-ci soit pour autant grammaticalement correct sur le plan morphologique) et (3) complément - Si ces éléments syntaxiques figurent dans le bon ordre. Phrases complexes Les phrases sont dites « complexes » lorsqu'elles sont constituées d'une phrase principale et d'une subordonnée (soit les phrases 4, 14 et 15). Un point est accordé : <ul style="list-style-type: none"> - En cas de présence des deux verbes (pas nécessairement conjugués comme attendus ou sans que ceux-ci soient pour autant grammaticalement corrects sur le plan morphologique) - En cas de présence de la marque de subordination à savoir les pronoms relatifs qui / que / dont - Si éléments syntaxiques figurent dans le bon ordre à savoir : <ul style="list-style-type: none"> - Sujet, verbe, complément + phrase subordonnée enchâssée à droite (pronom relatif + verbe) = 4 - Sujet + phrase subordonnée enchâssée au centre (pronom relatif + verbe) + verbe et complément = 14 - Sujet, verbe, complément + phrase subordonnée enchâssée à droite (pronom relatif + sujet + verbe + complément) = 15 Cotation : 0 ou 1 - Total : 15
Exactitude sémantique	Sem	Un point est attribué en cas de respect du sens de l'énoncé même si la forme exacte n'a pas été conservée (changements au niveau syntaxique ou morphologique). Un point est retiré en cas de production de phrases sous le seuil de l'intelligibilité. Cotation : 0 ou 1 - Total : 15
Morphologie verbale	Morph	Indice mesurant la réussite de la phrase sur le plan de la morphologie verbale. Phrases simples Un point est attribué si le verbe est correctement conjugué (temps et personne) même si ce dernier n'est pas celui attendu. Cotation : 0 ou 1 Phrases complexes Les phrases sont dites « complexes » lorsqu'elles sont constituées d'une phrase principale et d'une subordonnée (soit les phrases 4, 14 et 15).

		Un point est attribué si le verbe est correctement conjugué (temps et personne) même si ce dernier n'est pas celui attendu. La note de deux est attribuée si les deux verbes sont correctement conjugués (temps et personnes) même si ces derniers ne sont pas ceux attendus. Cotation : 0, 1, 2 - Total : 19
Mots fonctionnels	MFonct_target	Indice mesurant le nombre de mots fonctionnels dans la phrase cible (cfr. tableau 2) à savoir : les pronoms personnels, les pronoms relatifs, les prépositions, les articles et les adjectifs possessifs.
	MFonct_Actual	Indice mesurant le nombre de mots fonctionnels correctement restitués par l'enfant à savoir : les pronoms personnels, les pronoms relatifs, les prépositions, les articles et les adjectifs possessifs. Cotation : 0 (mot absent, mot produit avec une/des erreur(s) qui donne(nt) une ambiguïté sur la fonction dans la phrase) et 1 (mot correct, mot(s) altéré(s), mais remplissant la fonction attendue) Total : 37
Mots lexicaux	MLex_target	Indice mesurant le nombre de mots lexicaux dans la phrase cible à savoir : les noms, les verbes et les adjectifs.
	MLex_Actual	Indice mesurant le nombre de mots lexicaux correctement restitué par l'enfant à savoir : les noms, les verbes et les adjectifs. Ne coder que les aspects lexicaux « purs ». Ne pas tenir compte des erreurs phonologiques (sauf cas particuliers décrits dans le matériel supplémentaire 3). En d'autres termes, si un mot est présent, même très mal prononcé, on accorde 1 point. Cotation : 0 (mot absent, autre mot qu'attendu, réduction syllabique importante décrit dans le matériel supplémentaire 3), 1 (mot présent) Total : 47

Matériel supplémentaire 3. Nombre de mots fonctionnels, lexicaux et total.

	Mots fonctionnels	Mots lexicaux	Nbr mots
1. La confiture est sur la table.	3	3	6
2. Les enfants sont dans le train.	3	3	6
3. Il mange sa brioche.	2	2	4
4. Il voit l'avion qui passe.	3	3	6
5. Mon cartable est ouvert.	1	3	4
6. Le bol est cassé par le garçon.	3	3	6
7. Il entend les oiseaux qui chantent.	3	3	6
8. Dimanche, on ira au cinéma.	2	3	5
9. Les enfants prennent le car.	2	3	5
10. Paul prendra un taxi.	1	3	4
11. Les enfants boivent leur lait.	2	3	5
12. La voiture est lavée par le garagiste.	3	3	7
13. Les chiens ont mangé leur viande.	2	3	6
14. Les images que tu as vues sont belles.	3	4	8
15. J'ai un copain dont le père est facteur.	4	5	9

Quelques cas particuliers :

- Le cas de la reprise pronominale
 - o Exemple : *Les chiens i zont mangé leur viande*
 - o Décompter le point de la syntaxe

- Le cas des articles « le », « les, pronom « il », etc. dont le « l » n'est pas prononcé
 - Exemples : *è images que tu as vues sont belles, i mange sa brioche, ya confiture est sur la table*
 - Enlever le point dans NMot_actual
 - Garder le point dans MFonct, si la fonction du mot est conservée et qu'elle n'est pas ambiguë

- Le cas du pronom relatif « qui » :
 - Prononcé « ti » (*il entend les oiseaux ti chantent*) : on laisse le point aux cotations MFonct et Synt car la fonction est remplie malgré l'antériorisation du phonème.
 - Prononcé « i » (*il entend les oiseaux i chantent*) : pas de point à la mesure MFonct car ambiguïté sur la fonction du « i »

- Le cas d'un mot comportant une grosse réduction syllabique (// mots plurisyllabiques)
 - Exemple : *La voiture est lavée par le gar*
 - Pas de point pour le mot « garagiste » en MLex car la réduction du mot trop importante

- Le cas des phrases trop peu intelligibles :
 - Retirer le point à la mesure « Sem » car impossibilité à comprendre le sens de la phrase.

- Cas particulier pour la phrase 14 si produite : « les images que t'as vues sont belles »
 - La phrase est considérée comme correcte pour les indices RepOk et Nmots

Étude 4

Exploring Developmental Interactions Between Speech and Orofacial Functions in Preschoolers: A Cross-Sectional Study

Running title : Speech and Orofacial Functions in Preschoolers

Léonor Piron^{ab*}, Andrea A.N. MacLeod^c and Christelle Maillart^a

^a*Département de Logopédie, RUCHE, Université de Liège, Liège, Belgique;*

^b*FRESH fund, F.R.S.-FNRS, Belgium*

^c*Communication Sciences & Disorders Department, University of Alberta, Edmonton, Canada*

Status : Major revisions

Article under review in the *International Journal of Language & Communication Disorders (IJLCD)*. History: our article was submitted for the first time on December 26, 2025 and entered revision in early January 2026. On February 26, 2026, following the first review, we received the editors' decision requesting major revisions. The version presented in this thesis corresponds to the initial submitted manuscript, prior to the major revisions requested by the reviewers.

Abstract

Background: Speech and orofacial functions (breathing, swallowing, and chewing) both develop within the stomatognathic system and share common anatomical structures and motor control mechanisms. Theoretical models suggest that early orofacial motor experiences may shape speech development. However, empirical evidence examining these relationships during the preschool years remains scarce.

Aims: This study aimed to explore potential interactions between speech and orofacial functions in preschool children; it is hypothesised that their relationship may be partly mediated by non-speech orofacial movements (NSOMs). Specifically, we investigated (a) whether group differences exist between typically developing (TD) children and those with speech sound disorders (SSD) in orofacial functions and NSOMs, (b) the relationships among speech accuracy, NSOMs, and orofacial functions, and (c) whether NSOMs predict both speech accuracy and orofacial functions, and whether orofacial functions directly predict speech accuracy.

Methods & Procedures: A cross-sectional study was conducted with 168 French-speaking preschool children aged 36–69 months (118 TD, 50 SSD). Speech accuracy was measured using percentage of consonants correct (PCC). NSOMs and orofacial functions (breathing, swallowing, chewing) were evaluated using standardised protocols (OMES, ABPA). Group comparisons were performed using MANCOVA, relationships were examined through partial correlations controlling for age, and directionality was tested using multiple linear regression analyses.

Outcomes & Results: Children with SSD demonstrated significantly lower scores than TD peers on both NSOMs ($F(1,162) = 11.45, p = .001$) and orofacial functions ($F(1,162) = 11.66, p < .001$). Partial correlations revealed significant associations among all three variables (NSOMs-orofacial functions: $r = .36, p < .001$; NSOMs-PCC: $r = .36, p < .001$; orofacial

functions-PCC: $r = .19$, $p < .05$). Regression analyses demonstrated that NSOMs significantly predicted both speech accuracy ($\beta = .87$, $p < .001$) and orofacial functions ($\beta = .21$, $p < .001$), whilst orofacial functions also predicted speech accuracy ($\beta = .78$, $p = .015$).

Conclusions & Implications: This study suggest that speech and orofacial functions might be interconnected early in the preschool years, with both direct and indirect pathways mediated by NSOMs. If replicated, our findings suggest that evaluating orofacial functions could provide complementary information in speech assessment. Therefore, orofacial screening in children referred for speech difficulties could become part of clinical assessment. Conversely, speech screening could be considered when OMDs are suspected. However, longitudinal research is needed to establish developmental causality and inform evidence-based approaches.

Keywords: Speech, Orofacial Functions, Oral Movement, Child, Preschool, Speech Sound Disorders ; Orofacial Myofunctional Disorders

What this paper adds

Section 1: What is already known on this subject

Theoretical models propose that speech and orofacial functions share underlying motor control mechanisms and that early orofacial motor experiences shape speech development. Previous research in school-age children has identified associations between speech and orofacial functions, mainly in pathological contexts. However, very few studies have examined these relationships during the preschool period, despite this being a critical developmental window for both speech refinement and orofacial motor maturation.

Section 2: What this study adds

This study demonstrates for the first time that speech production and orofacial functions seems significantly interconnected in preschool children

aged 3–5 years. Both direct and indirect pathways were observed, with non-speech orofacial movements serving as a mediating process between orofacial functions and speech accuracy. This suggests a potential triangle pattern: children with lower NSOMs scores tended to exhibit poorer orofacial functions and reduced speech accuracy, whilst those with poorer orofacial functions also tended to demonstrate lower speech accuracy. These findings extend previous school-age research to younger children and lend empirical support to theoretical models.

Section 3: Clinical implications of this study

If replicated, our findings suggest that evaluating orofacial functions could provide complementary information in speech assessment. From a clinical perspective, this supports a more integrative approach: orofacial screening could enhance assessment protocols for children with speech difficulties, while speech screening may be warranted in cases of suspected OMDs. Longitudinal research remains necessary to establish developmental causality and inform evidence-based practice

Introduction

Speech acquisition represents a major developmental milestone in early childhood, reflecting rapid maturation of cognitive, motor, and linguistic systems. Iuzzini-Seigel et al. (2015) identified three developmental phases of speech motor control: the emergence of speech (3 to 15 months), rapid lexical growth (15 to 21 months), and the phase of speech refinement (21 to 60 months). This latter phase overlaps with the preschool period, which represents a major milestone in consonant acquisition and mastery according to the cross-linguistic review by McLeod and Crowe (2018). Most consonants across all languages are acquired at ages 3 and 4, with the majority mastered by 5. It is worth noting that the Percentage of Consonants Correct (PCC) increases on average from 86% at 3 years to reach 95% at 6 years, approaching an adult-like speech accuracy (McLeod & Crowe, 2018).

However, not all children present a typical trajectory of speech development. A subset of children may deviate from this developmental trajectory and be at risk of Speech Sound Disorders (SSD). SSD are among the most common communication disorders in paediatric speech-language therapy (SLT; American Speech-Language-Hearing Association, 2022; Eadie et al., 2015), with a prevalence revolving around 4% (Eadie et al., 2015). Children with SSD produce more speech errors than expected for their age, resulting in less intelligible speech compared to typically developing (TD) peers. This reduced intelligibility can hinder social engagement and increase communication breakdowns, potentially leading to frustration, negative attitudes toward speaking, and speech avoidance (McCormack et al., 2009). In addition to functional impacts, a significant number of children with SSD (i.e., 40%) may also present co-occurring language difficulties (Eadie et al., 2015) and an increased risk of reading difficulties (Hayiou-Thomas et al., 2017), making them more likely to experience learning challenges (McCormack et al., 2009).

The preschool period is also the setting for other key developments in the stomatognathic system. While speech covers the verbal sphere of orofacial functions, breathing, swallowing, and chewing are generally considered the main non-verbal ones. These three functions are often grouped under the terms ‘oral functions’, ‘stomatognathic functions’, or ‘orofacial functions.’ Terminology remains inconsistent. In this study, the term ‘orofacial functions’ refers specifically to breathing, swallowing, and chewing, ensuring alignment with their role in orofacial myofunctional disorders (OMDs; de Felício & Ferreira, 2008; Marchesan et al., 2012). Nasal breathing (NB) is known to be the physiological and preferred breathing pattern from birth and is not expected to change during development, except in cases of mouth breathing (MB; Borox et al., 2018). Swallowing function develops progressively, shaped by sensory processing, neuromotor maturation, orofacial anatomical evolution, and transitions in food consistency (Kahloff et al., 2024; Sampallo-Pedroza et al., 2014). Therefore, swallowing evolves from an ‘infantile’ to an ‘adult’ pattern around the age of 4, though exact timing remains uncertain (Peng et al., 2003; Van Dyck et al., 2016). The infantile pattern involves perioral muscle contraction, anterior tongue positioning, and is associated with sucking function. The adult pattern is characterized by a non-forced lip contact, tongue-palate contact to propel the bolus, and no orofacial muscle contraction (Peng et al., 2003). Finally, chewing develops through progressive stages: sucking-swallowing until 6 months, kneading and biting between 6-9 months, and rotatory jaw movements around 7-8 months (Delaney & Arvedson, 2008; Sampallo-Pedroza et al., 2014). True chewing emerges around 18 months and refines between 3-6 years through sensorimotor experiences, orofacial development, motor maturation, and self-feeding practice (Almotairy et al., 2018; Delaney & Arvedson, 2008; Sampallo-Pedroza et al., 2014).

Similarly, not all children show typical development of orofacial functions. Some children may deviate from developmental trajectory and be at risk of OMDs. Although OMDs lack a universally accepted, empirically validated definition, they are commonly described as a set of disorders of the stomatognathic system that interferes with the normal development and/or functioning of orofacial structures and functions (D’Onofrio, 2019; Mason, 2008). Frequently documented OMDs include MB, atypical swallowing, chewing disorders, obstructive sleep-disordered breathing, and abnormal tongue resting posture. OMDs often co-occur due to interdependence between orofacial functions, where dysfunction in one area disrupts others. While overall prevalence remains undetermined, recent epidemiological data suggest substantial frequency—for instance, a meta-analysis documented MB in 44% of children (Savian et al., 2021). However, this figure represents the frequency of children experiencing at least one episode of MB during development rather than overall prevalence as traditionally understood in SLT. Despite receiving less empirical attention than other paediatric communication disorders within SLT, OMDs carry significant clinical consequences. For instance, children with OMDs demonstrate an increased risk risk of learning impairments (Ribeiro et al., 2016), with demonstrated negative effects on academic performance (Hitos et al., 2013) and quality of life (Leal et al., 2016).

Speech and orofacial functions both emerge within the broader context of motor development and rely on the gradual evolution of fine motor control mechanisms (Wilson et al., 2008). The orofacial complex begins as an integrated unit but progressively differentiates: first the jaw from the head, then the lips from the jaw, and finally the tongue from the jaw, allowing increasingly refined motor control (Meyer, 2008; Sampallo-Pedroza et al., 2014). Oral motor maturation reaches stability around age 6 (Bearzotti et al., 2007). The underlying motor competencies supporting both speech and

orofacial functions are often investigated through non-speech orofacial movements (NSOMs). Kent (2015) defined NSOMs as ‘motor acts performed by various parts of the speech musculature to accomplish specified movement or postural goals that are not sufficient in themselves to have phonetic identity’.

NSOMs are sometimes part of SLTs assessment for speech, mainly in children with dysarthria or childhood apraxia of speech. This component of the assessment aims to determine whether oral structures and functions are adequate for speech (Van Haaften et al., 2024), yet this assumed link remains debated (Maas, 2017). Empirical support for an NSOM-speech association mainly comes from studies on children with SSD (e.g., Bertagnolli et al., 2015; Gubiani et al., 2015; Mogren et al., 2020). For instance, de Farias et al. (2006) found that sequenced NSOMs coordination was related to speech accuracy in preschoolers, though only tongue movements showed significance. In contrast, other studies did not find such association (e.g., Lau & Lee, 2013). The assumption of an NSOM-speech link has led to decades of debate over whether NSOM exercises benefit SSD treatment (Maas, 2017). A detailed discussion of this controversy is beyond the scope of this article.

NSOMs are also incorporated into SLTs' assessment of orofacial functions. This is evidenced and illustrated by their inclusion in common assessment tools for OMDs: MBGR (Marchesan et al., 2012), Protocol of Orofacial Myofunctional Evaluation with Scores (OMES; de Felício & Ferreira, 2008), and Nordic Orofacial Test-Screening (NOT-S; Bakke et al., 2007). However, very few studies have directly explored the relationship between NSOMs and orofacial functions in TD children. Using the NOT-S, McAllister and Lundeborg, 2014 found that NSOMs are still developing in approximately 25% of children aged 3-4 years, similar to chewing and swallowing. However, this study did not directly link these functions to

NSOMs. Studies concerning children with OMDs are inconsistent, sometimes finding an absence of a relationship between orofacial functions and NSOMs (Andrada e Silva et al., 2012), and sometimes demonstrating a relationship (Azevedo et al., 2018; da Silva Dias, 2024; Mattos, 2018). The inconsistencies surrounding links between NSOMs and speech/orofacial functions are partly due to varied approaches in how NSOMs are defined, assessed, and measured across studies. These variations limit the transferability of findings and diminish the scope of this developing research field.

Considering the oral motor competencies that underlie both speech and orofacial functions, it is often postulated that speech production develops in close relation to orofacial functions. This assumption partly stems from the shared anatomy, myology, and motor neural networks supporting both speech and orofacial functions (Barlow et al., 2010; McFarland, 2022; Takai et al., 2010). Conversely, other authors argue that speech has its own specific neural patterns and could be entirely independent (Connaghan et al., 2004; Steeve & Moore, 2009). Experimental data have supported both theories, suggesting the probable existence of several configurations of the motor system that are recruited differently according to the task (Ito et al., 2024; Whalen, 2019). Therefore, orofacial functions and speech are thought to share an underlying common structure and neuromotor control with a task-specific organisation (Lancheros et al., 2020). A second basis for this assumption lies in somatosensory and motor skills. Following the developmental trajectory, orofacial functions develop first and precede speech. As a result, they shape the sensorimotor oral experience of the articulators (Menn et al., 2013; Premkumar et al., 2011). The child then draws on these early experiences to produce their first words (Menn et al., 2013). This developmental cascade is supported by neurobiological considerations. Kent (2021) suggests that distinct developmental functional modules (DFMs), composed of embryologically and functionally linked structures (mandible, tongue, lips,

larynx), establish early sensorimotor foundations. These DFMs are thought to reorganize with maturation, reflecting the interplay of oral motor behaviors like sucking, swallowing, and breathing that precede and scaffold speech production. According to Redford's model (2019), somatosensory information from the articulators is essential for establishing internal feedback in speech motor control and drives improvement in production, particularly between 18 months and 4 years.

On this basis, OMDs, which are often attributed to deficits in orofacial musculature (de Felício & Ferreira, 2008; Thijs et al., 2022), could result in poor oral placement and inappropriate oral development, interfering with speech (Billings et al., 2018). This relationship is already suggested in clinical contexts: OMDs definitions sometimes include speech symptoms (Billings et al., 2018). In addition, speech assessment is part of some OMDs tests (e.g., Bakke et al., 2007; Marchesan et al., 2012). Empirical studies have reported interactions between OMDs and speech (Björelíus et al., 2025 ; Borox et al., 2018; Grudziąż-Sękowska et al., 2018; Hitos et al., 2013; Mogren et al., 2020). For instance, Mogren et al. (2020) found a significant correlation between the PCC and the NOT-S score in children with persistent SSD, with the most affected domains being "chewing and swallowing," "masticatory muscles and jaw function," and "sensory function." Björelíus et al. (2025) investigated chewing efficiency using a chewing gum test in children with motor SSD and TD children aged 4–9 years. Children with SSD exhibited reduced chewing efficiency compared to controls in the older subgroup (7–9 years) and the overall group (4–9 years), while no significant differences were observed in the 4–6 years subgroup. Other studies similarly showed high rates of speech errors in individuals with various types of OMDs (Grudziąż-Sękowska et al., 2018; Hitos et al., 2013; Thijs et al., 2022).

Despite growing interest in the relationship between speech and orofacial functions, studies directly examining this link remain scarce and often limited by methodological constraints (e.g., sample size), which weakens the strength and the reliability of their findings. Furthermore, most available research has focused on school-age children, with very few studies addressing this relationship in preschoolers. Crucially, the preschool years represent a critical developmental window for investigating this relationship, as this period is marked by rapid maturation and refinement of motor, orofacial, and speech abilities.

Therefore, the purpose of the present study was to explore the potential interactions between speech production and orofacial functions, including breathing, swallowing, and chewing, in preschool children. Clarifying this relationship may have both fundamental and clinical implications. From a developmental perspective, it would contribute to a better understanding of how speech and non-speech orofacial functions interact in early childhood. The rationale of this study rests on the shared anatomical and myological structures that underlie both speech and orofacial functions. As a result, it is hypothesised that their relationship may be partly mediated by NSOMS.

A cross-sectional study was conducted in TD children and those with SSD to address four main objectives. (a) To determine whether group (i.e., TD & SSD) differences exist in orofacial functions, and NSOMS ; (b) to examine more precisely the existing relationships among speech accuracy, NSOMS, and orofacial functions ; (c) to investigate whether NSOMS predict speech accuracy and orofacial functions, and (d) to determine whether orofacial functions directly predict speech accuracy.

Methods

The research was approved by the Research Ethics Committee of the University of Liège's Faculty of Psychology, Speech Pathology and Educational Sciences (reference 2122-068). This study took place between October 2022 and February 2024.

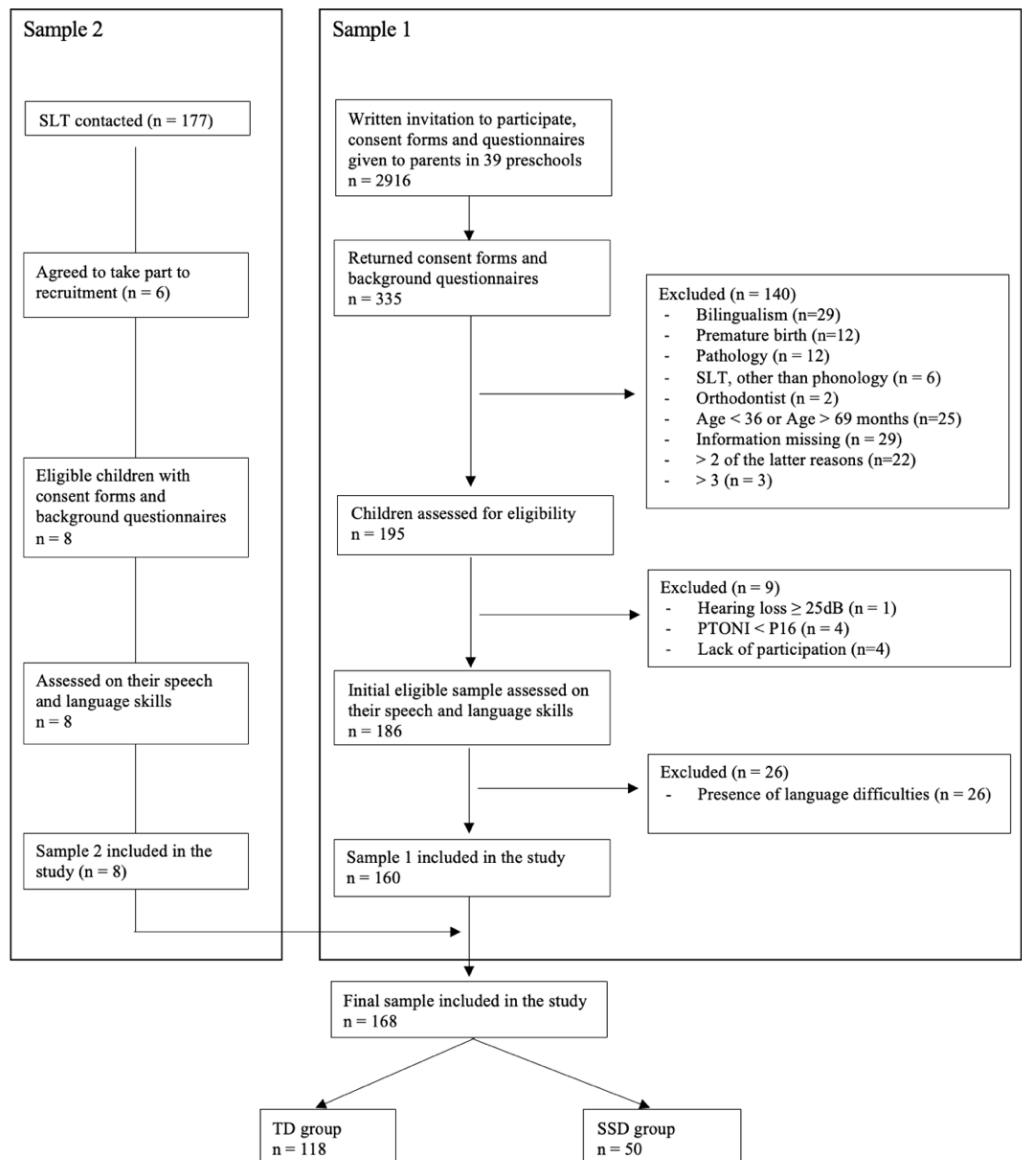
Participants and Recruitment

Participants were recruited and included through two distinct approaches, described as two "samples". The first sample focused on recruiting TD children and children with SSD. The second sample was designed to increase the number of children with SSD by recruiting them via SLTs. Figure 1 details the procedure for recruitment of both samples. Inclusion criteria were as follows: aged between 36 and 69 months; monolingual French speaker; no diagnosis of developmental disability (e.g., intellectual disability, autism); born full term (≥ 37 weeks of gestation); no craniofacial anomaly, pulmonary, neurological, or cardiac pathology; no past or current orthodontic intervention; no past or current SLT intervention for reasons other than speech ; and, for children with SSD receiving SLT intervention for speech reasons only (e.g., children from sample 2), having started speech treatment no more than three months prior to participation in the study.

Children meeting these initial criteria were assessed for eligibility during an initial meeting conducted either in a quiet room at preschool or at the child's home. All children completed the Primary Test of Nonverbal Intelligence (PTONI; Ehrlér & McGhee, 2008) and underwent bilateral hearing screening (25 dB HL at 0.5, 1, 2, and 4 kHz). Language abilities were also assessed. Vocabulary skills were evaluated using the French version of the Peabody Picture Vocabulary Test–Fifth Edition (PPVT-5; Dunn, 2019) and the Expressive Vocabulary Test–Third Edition (EVT-3; Williams, 2019).

Grammatical skills were assessed using the 'Production d'énoncés' and 'Compréhension C1&C2' subtests from the French battery 'Évaluation du Langage Oral' (Khomsî, 2001). Children were excluded if they scored below -1.25 SD for grammatical tests and 16th percentile for lexical tests on at least two language tests.

Figure 1. Flowchart of participants recruitment, selection, and group assignment



A total of 168 preschool children fully met our inclusion criteria. The presence of SSD was assessed using the French picture-naming test 'Dénomination d'images – Phonologie' from Exalang 3-6 (Helloin & Thibault, 2006), a standardised test with normative scores. SSD was considered present when children scored below -1 SD on this test. To ensure classification accuracy, two additional measures were used: (1) the presence of parental and/or teacher concern regarding the child's speech, and (2) a mean score on the Intelligibility in Context Scale (ICS, McLeod, 2020) below the French threshold. These two measures have demonstrated validity and accuracy for SSD identification (Harrison et al., 2017 ; McLeod, 2020 ; Piron et al., 2025). Initial classification was thus validated by verifying that children with SSD also exhibited concern and/or an ICS score below the threshold. Three children initially classified as SSD did not meet these additional criteria. One child with a borderline score (-1.06 SD; CHI-82) was reclassified as TD, whereas the remaining two children with more severe scores (CHI-56, -1.31 SD; CHI-151, -2.15 SD) were retained in the SSD group.

As illustrated in Figure 1, 50 children were classified as SSD and 118 as TD. Descriptive statistics for the sample are presented in Table 1. Maternal education (socio-economic status, SES) level was assessed on a 7-point scale, with 1 representing the highest level of education and 7 the lowest (Genoud, n.d.).

Assessment setting and Equipment

Assessments took place either in a quiet room at preschool (sample 1) or at the child's home (sample 2). The full assessment lasted approximately 30 minutes. Data collection was conducted using a computer setup, with children positioned facing a 13-inch laptop at 50 cm. All assessments were conducted by the first author, assisted by five intensively trained SLP master's

students. Children's speech was recorded with a directional microphone (Zoom H4nPro) positioned 30 cm from the child. NSOMs and orofacial functions were filmed using an HD camera (Canon LEGRIA HF G10) placed on a stand 60 cm from the child's face.

Table 1. Descriptive statistics of number of children, age, gender, maternal education level, and Standardised score on Exalang 3-6 (n = 168).

	n	Age		Gender		Maternal Education (SES)	Standardised score on Exalang 3-6
		Mean (SD)	Range	Boys	Girls	Median	Mean (SD)
TD	118	50.57 (8.76)	36-68	57	61	2	.2 (.62)
SSD	50	49.72 (7.93)	36-68	22	28	2	-2.21 (1.24)
Total	168	50.32 (8.51)	36-68	79	89	2	-.53 (1.4)

Notes. TD = Typically Developing ; SSD = Speech Sound Disorders ; SD = Standard Deviation

Speech Production

Speech production was assessed using the picture-naming test from the French battery EULALIES 3-5 (Meloni et al., 2025a). The 43 stimuli elicit all French phonemes across all positions and provide a fair range of phonological complexities. Task features and details have been introduced in prior research (Warnier et al., 2022). Children were asked to name pictures displayed on a computer. When children could not name an image spontaneously, the experimenter gave cues to help elicitation: first a semantic cue, then a phonemic cue, and finally an imitation model.

Children's speech was transcribed using the International Phonetic Alphabet (IPA). Broad transcription was performed on PHON (Hedlund & Rose, 2020) by listening to the child's recordings in a quiet room using Audio-Technica ATH-M50x headphones. Phonemes accuracy was established by comparing the phonemes produced by the child to an adult target. Finally, PCC was calculated using the 'percent correct' package.

Orofacial functions and NSOMs

Orofacial functions (breathing, swallowing, and chewing) and NSOMs were assessed using the ‘Functions’ and ‘Mobility’ subtests of OMES (de Felício & Ferreira, 2008). The OMES is a valid, reliable and common tool to quantitatively assess orofacial functions and structures in children. The OMES test was translated from English into French, following international scientific recommendations (World Health Organization, n.d.).

NSOMs were administrated in strict accordance with the OMES protocol. Children were asked to perform isolated movements of the lips (protrusion, retrusion, lateral to right, lateral to left), tongue (protrusion, retrusion, lateral to right, lateral to left, upward movement, downward movement), jaws (opening, closing, lateral to right, lateral to left, protrusion), and cheeks (inflating, sucking, retraction, transfer air from right to left). Because the OMES was not originally intended for young children, we decided to add a visual model on a prerecorded video on a computer to clarify verbal requests, as indicated in young children (Bearzotti et al., 2007). We gave the following instructions to children : ‘This is my friend Marie. Marie makes funny faces. We are going to make the same faces as my friend Marie, are you ready?’. When the video demonstration was not sufficient, experimenters modelled themselves the movement and requested an imitation of the child. Each isolated movement was scored on a scale of 1 to 3 and summed to obtain a global score (max 57 points). Scoring followed the OMES protocol, with minor adaptations to accommodate the developmental abilities of young children (see Supplementary Materials).

The swallowing subtest was first assessed with a liquid bolus and then with a solid bolus in conjunction with the chewing subtest, as requested by the OMES applications. For the chewing task, we used a cookie (Biscoff, Lotus®) whose texture is similar to the cookie used in the original protocol.

Children were instructed to look at the camera while chewing. Breathing was assessed using both the OMES and the Awake Breathing Pattern Assessment (ABPA, Warnier et al., 2024). This approach allowed us to preserve the integrity of the composite OMES score and adhere to the testing protocol, while benefiting from the ABPA's capacity to provide a more fine-grained analysis of breathing patterns. Accordingly, the OMES breathing score was included solely to complete the total function score, whereas the ABPA score was used for the detailed evaluation of breathing.

The ABPA is a clinical observation grid designed to classify children's preferred awake breathing pattern as either NB or MB. It assesses awake breathing through six criteria across three observational contexts (i.e. breathing at rest, after swallowing and during chewing). For 'breathing at rest' condition, children were observed while watching a 3-minute silent cartoon, followed by a 3-minute colouring, and another 3-minute silent cartoon. Silent cartoons were selected to minimise speech or laughter, and children were instructed not to speak. Cartoons were displayed on a computer and colouring activity was displayed on a tablet (iPad, 6th generation) inclined at 45 degrees. Breathing at rest also informed the OMES breathing task, whilst 'breathing after swallowing' and 'breathing during chewing' were observed through the OMES swallowing and chewing tasks, respectively (see Supplementary Materials for more details).

Scoring of the OMES functions subtest followed the recommendations previously described by de Felício & Ferreira (2008). Swallowing scores ranged from 4 to 16, chewing scores from 2 to 10, and breathing from 1 to 3. Total function score was the addition of swallowing, chewing and breathing and ranged between 7 and 29. To ensure scoring reliability, additional instructions were developed for breathing patterns (see Supplementary Materials). Scoring of the ABPA followed instructions

detailed in its validation article (Warnier et al., 2024) and was based on video recordings. For each criterion (C1 to C6), the observed behaviour was classified as corresponding to either NB or MB. At the end of the grid, a percentage for each pattern was calculated, thereby classifying the child as either NB or MB.

Reliability

NSOMS, OMES, and ABPA were analysed from video recordings, while children's speech production was transcribed from audio recordings. The 168 videos and 168 speech samples were analysed through the pooled efforts of the experimenters (see Supplementary Materials for repartition details). Regarding speech transcription, point-by-point agreement between transcribers reached 91.89%. For OMES, point-by-point agreement reached 94.74% for NSOMS and 87.77% for functions. ABPA inter-rater reliability, assessed using Cohen's kappa, was .81 ($p < .001$), indicating strong agreement

Statistical analysis

The purpose of this study was to investigate potential interactions between speech production and orofacial functions, including breathing, swallowing, and chewing, in preschool children. To address this overarching goal, we conducted analyses targeting several specific objectives.

Group Comparisons. To address the first aim of determining whether TD children and children with SSD differed in NSOMS and orofacial functions, three analyses were conducted. First, a multivariate analysis of covariance (MANCOVA) was performed with NSOMS and orofacial functions subscales as dependent variables, group (SSD vs TD) as the independent variable, and age, gender, and SES as covariates. Second, if a significant main effect of group was identified, a follow-up MANCOVA was conducted with swallowing and chewing scores as dependent variables to determine which specific functions contributed to the overall effect. Third, a

chi-square test of independence examined the association between breathing, as measured by ABPA, and group (SSD vs TD).

Correlational Analyses. To address the second aim of examining the relationships among speech accuracy, NSOMS, and orofacial functions in greater detail, partial correlations were calculated between these variables, controlling for age.

Regression Analyses. To address the third and fourth aims investigating whether NSOMS would predict speech accuracy and orofacial functions, and whether orofacial functions would in turn directly predict speech accuracy, three separate multiple linear regression analyses were performed with age, gender, and SES as covariates in all models. The first regression examined whether NSOMS predicted speech accuracy (PCC). The second regression investigated whether NSOMS predicted orofacial functions. The third regression assessed whether orofacial functions predicted speech accuracy (PCC). Together, these regressions allowed us to explore whether speech and orofacial functions are directly related or whether their association is mediated by NSOMS.

All statistical analyses were performed using Jamovi (version 1.6.23). The significance level was set at $p < .05$ for all tests.

Results

Descriptive statistics for speech, NSOMS and orofacial functions measures are presented in Table 2. The table shows mean scores, standard deviation, range and MB/NB repartition for the total sample, as well as for the TD and SSD subgroups.

Table 2. Descriptive statistics of children's speech, NSOMS and orofacial functions performances for the Total, TD and SSD groups.

CONTINUOUS VARIABLES									
	TD (n = 118)			SSD (n = 50)			Total (n = 168)		
	Mean	SD	Range	Mean	SD	Range	Mean	SD	Range
Speech (PCC)	83.4	11.8	45.3-98.5	60.9	16.8	19.7-91.7	77.1	16.6	19.7-98.5
NSOMS	46.22	6.71	29-57	43.08	6.02	28-56	45.29	6.71	28-57
Orofacial functions	24.16	3.35	12-29	22.26	3.24	16-28	23.6	3.42	12-29
<i>Breathing (OMES)</i>	2.47	0.68	1-3	2.4	0.67	1-3	2.45	0.667	1-3
<i>Swallowing</i>	13.28	2.17	7-16	12.12	1.95	8-16	12.93	2.16	7-16
<i>Chewing</i>	8.41	1.48	3-10	7.74	1.75	4-10	8.21	1.59	3-10
DISCRETE VARIABLE									
	TD (n = 118)		SSD (n = 50)		Total (n = 168)				
	N	Row %	N	Row %	N	Row %			
Breathing (ABPA)									
<i>Nasal Breathing (NB)</i>	72	71.3	29	28.7	101	100			
<i>Mouth Breathing (MB)</i>	46	68.7	21	31.3	67	100			

Note. TD = typically developing; SSD = Speech Sound Disorders ; PCC = Percentage of Consonants Correct .

Our results are organised in two main points. First, we explore whether group differences exist in orofacial functions and mobility, thereby confirming a meaningful effect to explore. This is followed by analyses addressing the next objectives, which examined the direct/indirect relationships among speech accuracy, NSOMs, and orofacial functions.

Group differences

NSOMS and Orofacial Functions

A one-way MANCOVA was conducted to compare the performances of TD and SSD children on NSOMS, and orofacial functions. Assumptions verification revealed a fair covariance homogeneity ($\chi^2 = 5.46$, $df = 9$, $p = .793$), but a violation of normality ($W = .95$, $p < .001$). Given the robustness of MANCOVA to non-normality with adequate sample sizes, the analysis was

retained. To limit any risk, Pillai's trace was used, as it is more robust to assumption violations (Tabachnick & Fidell, 2007).

The multivariate analysis revealed a significant effect of Group (Pillai's Trace = .10, $F(2,161) = 8.62$, $p < .001$, partial $\eta^2 = .1$, medium effect) and Age (Pillai's Trace = .29, $F(2,161) = 33.89$, $p < .001$, partial $\eta^2 = .3$, large effect), indicating that NSOMS, and orofacial functions differed significantly between TD and SSD groups. Gender and SES were not significant. Univariate F tests showed significant group differences on both NSOMS ($F(1,162) = 11.45$, $p = .001$, partial $\eta^2 = .07$) and orofacial functions ($F(1,162) = 11.66$, $p < .001$, partial $\eta^2 = .07$), with TD children consistently scoring higher across all variables (see Table 2). Age also showed a univariate effect on both NSOMS ($F(1,162) = 68.04$, $p < .001$, partial $\eta^2 = .3$) and orofacial functions ($F(1,162) = 4.85$, $p = .029$, partial $\eta^2 = .03$).

Given the significant group difference on orofacial functions, we further examined the group effect across the three specific functions: swallowing, chewing, and breathing.

Swallowing and chewing

A one-way MANCOVA was conducted to compare the performances of TD and SSD children on swallowing and chewing. Assumptions verification revealed a fair covariance homogeneity ($\chi^2 = 9.8$, $df = 9$, $p = .367$), but a violation of normality ($W = .94$, $p < .001$). Consistent with the rationale outlined above, we decided to proceed with a MANCOVA despite the normality violation.

The multivariate analysis revealed significant effects of Group (Pillai's Trace = .07, $F(2,161) = 6.18$, $p = .003$, partial $\eta^2 = .07$, medium effect) and SES (Pillai's Trace = .04, $F(2,161) = 3.18$, $p = .044$, partial $\eta^2 = .04$, small effect), indicating that swallowing and chewing differed significantly

between TD and SSD groups. Gender and Age were not significant. Univariate F tests for Group showed significant differences on both swallowing ($F(1,162) = 10.79, p = .001, \text{partial } \eta^2 = .06$) and chewing ($F(1,162) = 6.40, p = .012, \text{partial } \eta^2 = .04$), with TD children scoring higher across all variables (see Table 2). SES showed no significant effect on either function in univariate analyses. Separating the two functions eliminated the effect initially observed in the multivariate analysis. Given the modest magnitude of the original effect, this loss of significance when transitioning to univariate testing was to be expected.

Breathing

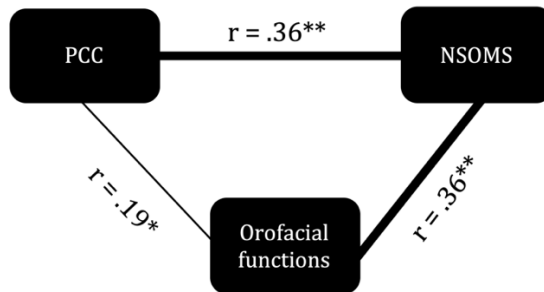
A chi-square test of independence examined the association between breathing pattern, as measured by the ABPA, and the speech groups (i.e., SSD vs TD groups). The results indicated no significant difference in the distribution of awake breathing patterns between the two groups ($\chi^2 = .13, df = 1, p = .715$), suggesting that breathing mode was not associated with speech profiles in this sample.

Relationships between speech accuracy, NSOMs, and orofacial functions

Highlighting the existence of relationships

Partial correlations controlling for age were calculated to examine the relationships among speech accuracy (PCC), NSOMS, and orofacial functions. The results are presented in Figure 2. After controlling for age, NSOMS and orofacial functions were moderately correlated ($r = .36, p < .001$), NSOMS and PCC also showed a moderate correlation ($r = .36, p < .001$), and orofacial functions and PCC displayed a smaller but significant correlation ($r = .19, p < .05$).

Figure 2. Illustration of the partial correlations results among speech accuracy, NSOMS, and orofacial functions



Note. * = $p < .05$; ** = $p < .001$

Determining the directionality of relationships

To examine whether fine oral motor skills serve as a common mechanism underlying both speech production and non-speech orofacial functions, we conducted three separate multiple linear regression analyses. We first tested whether NSOMS predicted speech accuracy (Model 1) and orofacial functions (Model 2), examining the potential indirect pathway. We then tested whether orofacial functions directly predicted speech accuracy (Model 3). Before proceeding with the linear regression analysis, assumptions were checked. Normality and homoscedasticity were violated for the three models (see Table 3). The Variance Inflation Factor (VIF) for each predictor of each model was below the threshold of 5. Despite these violations, linear regressions were retained due to the large sample size and the robustness of ordinary least squares estimates in such conditions. All three models were significant. Model 1 ($F(4, 163) = 26, p < .001$) explained 39% of the variance in speech accuracy ($R^2 = .39, \text{Adjusted } R^2 = .38$). Model 2 ($F(4, 163) = 7.41, p < .001$) accounted for 15% of the variance in orofacial functions ($R^2 = .15, \text{Adjusted } R^2 = .13$). Model 3 ($F(4, 163) = 19.9, p < .001$) explained 33% of the variance in speech accuracy ($R^2 = .33, \text{Adjusted } R^2 = .31$). Results indicated that NSOMS significantly predicted speech accuracy, $\beta = .87, p < .001$, as well as orofacial functions, $\beta = .21, p < .001$. In turn, orofacial functions also significantly predicted speech accuracy, $\beta = .78, p = .015$. Predictors' details are presented in Table 3.

Table 3. Summary of Multiple Linear Regression Analyses Predicting Speech Accuracy and Orofacial Functions

	MODEL 1 : SPEECH ACCURACY (PCC)	MODEL 2 : OROFACIAL FUNCTIONS	MODEL 3 : SPEECH ACCURACY (PCC)
ASSUMPTIONS CHECK			
NORMALITY <i>(Shapiro-Wilk)</i>	W = .98*	W = .98*	W = .98*
HETEROSKEDASTICITY <i>(Breusch-Pagan)</i>	X ² = 20.3**	X ² = 12.5*	X ² = 19.8**
PREDICTORS			
INTERCEPT	$\beta = 18.75$; $t = 2.34^*$	$\beta = 15.13$; $t = 7.83$	$\beta = 24.76$; $t = 2.6^*$
NSOMS	$\beta = .18$; $t = 4.8^{**}$	$\beta = .21$; $t = 4.81^{**}$	-
OROFACIAL FUNCTIONS	-	-	$\beta = .78$; $t = 2.46^*$
AGE	$\beta = .57$; $t = 3.98^{**}$	$\beta = -.02$; $t = -.55$	$\beta = .89$; $t = 6.29^{**}$
SES	$\beta = -4.38$; $t = -4.11^{**}$	$\beta = .01$; $t = .03$	$\beta = -4.72$; $t = -4.241^*$
GENDER	$\beta = 0.08$; $t = 0.04$	$\beta = -.26$; $t = -.51$	$\beta = -.44$; $t = -.2$

Note. * = $p < .05$; ** = $p < .001$.

Discussion

The results demonstrated that NSOMs predicted both speech accuracy and orofacial function scores, while orofacial functions also predicted speech accuracy, albeit more modestly. This pattern suggests a dual pathway (one direct and one indirect) linking speech and orofacial functions in a triangle pattern: children with lower NSOMs scores tended to exhibit poorer orofacial functions and reduced speech accuracy, whilst those with poorer orofacial functions also tended to demonstrate lower speech accuracy. This triangular relationship was not entirely expected given the variation in findings described in our introduction. Nevertheless, the convergence of results across our analyses brings support to this pattern. We will now discuss each “side” of the triangle, or each relationship, before proceeding with a concise theoretical integration.

Speech and NSOMs

Children with SSD demonstrated significantly lower NSOMs scores than their TD peers with a medium effect size, corroborating previous findings (e.g., Bertagnolli et al., 2015; Gubiani et al., 2015). Crucially, this relationship remained significant when examining children as a continuous group rather than categorical diagnostic groups, with age effects consistent with other studies (Gubiani et al., 2015). Our sample extends existing research by focusing on a younger age range than typically investigated (most studies recruit children from 4 to 9 years). The speech-NSOMs association in our results persisted after rigorous age control across all three analyses, suggesting that oral motor abilities could contribute to speech outcomes from early development.

Without entering the debate regarding their clinical utility, we suggest that motor-speech relationships may already be present in early childhood, warranting further research specifically targeting preschool populations. We share Björeljus's point of view that "the limited empirical support for such tasks (i.e., NSOMs) may have contributed to a relative underemphasis on oral motor development within speech research" (p. 8). The ongoing debate surrounding NSOMs should not impede the investigation of broader developmental motor-speech relationships.

NSOMs and Orofacial Functions

Whilst research remains scarce and inconsistent, our results seem to align with several studies (Azevedo et al., 2018; da Silva Dias, 2024; Mattos, 2018). Unexpectedly, age showed inconsistent effect on orofacial functions, contrary to McAllister & Lundeborg (2014) and despite the known developmental changes between 3 and 6 years (Almotairy et al., 2018; Sampallo-Pedroza et al., 2014). We attribute this discrepancy to the OMES being designed primarily for school-age children, potentially reducing its

sensitivity to developmental changes in preschool populations. Indeed, apart from the MMBGR (Medeiros et al., 2022), which also incorporates speech assessment, no comprehensive international tool exists for this age range. This calls for validation and adaptation of the OMES for preschool children. In other words, the limited availability of preschool-focused OMDs assessments highlights the methodological hurdles in assessing orofacial development during the preschool years.

Orofacial functions and speech

Our results somewhat parallel those of Mogren et al. (2020), who found a significant correlation between orofacial dysfunctions and PCC in school-age children with persistent SSD. As in Mogren's study, chewing and swallowing were also functions in which our preschool SSD group performed significantly lower than TD peers. Although the NOT-S employed in Mogren's study includes a speech dimension that may have influenced the observed association, our findings based on a test without a speech score corroborated the speech-orofacial functions relationship. Interestingly, the fact that methodological differences (NOT-S versus OMES) did not hinder a comparable effect pattern lends support to the robustness of this relationship.

Similarly, our study observed significant differences in chewing function between TD and SSD groups. These findings seem to partially converge with those of Björelid et al. (2025), though important distinctions must be acknowledged. While Björelid et al. did not observe differences in their younger cohort (4–6 years), they did identify significant effects in their overall sample (4–9 years). Several methodological variations may explain the divergent findings in younger children. First, the TD/SSD ratio differed between studies: Björelid et al. included more children with SSD than TD children. Second, our preschool sample was larger (168 vs. 116 children). Third, Björelid et al. focused on motor SSD, while we did not classify SSD

into further subtypes. Finally, the chewing assessment differed: we employed the subjective OMES protocol, while they used an objective chewing gum test measuring chewing efficiency. Although OMES is a subjective tool, it evaluates several dimensions including masticatory patterns and biting function but it does not quantify chewing efficiency. This highlights the substantial variability in orofacial function assessment methods. Furthermore, as discussed above, the OMES was not specifically designed for preschool-age children, which may have affected its sensitivity to detect subtle differences in this age group.

In contrast, our results do not corroborate research on MB (Borox et al., 2018; Grudziąż-Sękowska et al., 2018; Hitos et al., 2013), since we observed no association between SSD and MB. Notably, Borox et al. (2018) and Hitos et al. (2013) investigated the prevalence of SSD within children already diagnosed with MB, a fundamentally different directional approach. To our knowledge, only the study by Grudziąż-Sękowska et al. (2018) employed the same direction as ours, though their scarcely detailed methodology and school-age sample limit comparison. Additionally, we employed the ABPA, a newly published instrument not yet used in comparable literature. Finally, the speech measures differ: whilst the PCC score has the advantage of being highly comparable across studies (McLeod & Crowe, 2018), it is less precise than measures targeting specific consonant categories or error types. Since comparable studies found links between MB and certain types of speech error, a more fine-grained analysis of speech may better capture potential links between MB and speech outcome.

Interpretation & Theoretical Integration

The observed triangular relationship in our sample seem to align with developmental theories proposing that orofacial motor experience may underpin early speech acquisition (Kent, 2021; Menn et al., 2013; Redford,

2019; Wilson et al., 2008). Moreover, the stronger indirect pathway, mediated by NSOMs, lend supports to the role of fine motor control and sensorimotor integration as shared foundations underpinning both speech and orofacial functions (Björeljus et al., 2025; Kent, 2015; 2021; Wilson et al., 2008). This aligns well with Kent's (2021) DFMs concept, which hypothesises that early orofacial motor experiences such as sucking and swallowing may shape the sensorimotor architecture of speech through biologically and functionally linked structures that mature and interact across infancy.

To date, most empirical studies addressing the speech–orofacial relationship have focused on school-age children. The present findings extend this line of research to younger children. The convergence of research across preschool and school-age groups empirically suggest that interactions may start in early developmental stages, as proposed by theoretical models (Menn et al., 2013; Redford, 2019). The preschool period, characterised by rapid refinement in speech, orofacial functions and oral motor control (McLeod & Crowe, 2018; Sampallo-Pedroza et al., 2014; Wilson et al., 2008), thus seems to be a sensitive window for observing these interactions.

Limitations and perspectives

Several limitations must be acknowledged. First, even though our results and some existing research seem to align well with theoretical frameworks, suggesting a developmental interaction between speech and orofacial functions, we must remain cautious in our interpretation. Future longitudinal data are needed to confirm empirical findings and theoretical conceptions. Only longitudinal tracking could determine whether orofacial functions influence speech development, whether the relationship is reciprocal, or whether both systems co-develop. Consequently, future research should prioritise longitudinal designs, tracking children from infancy to school age to clarify developmental trajectories.

Second, although the French translation and adaptation of the OMES followed standardised procedures, applying this tool to preschoolers may have introduced scoring variations, as it was not originally designed for this age group. Nevertheless, the high interrater reliability supports the robustness of our measurements. This methodological challenge reflects a broader limitation: the considerable variability in how orofacial functions are assessed across clinical and research contexts. Future investigations should therefore select assessment tools with greater caution, prioritising protocols specifically adapted to the preschool population wherever feasible.

Third, while our sample size was adequate, replication in larger and more diverse cohorts is needed to strengthen generalisability. Fourth, speech accuracy was measured using a global PCC score and orofacial functions as a composite score, limiting our understanding of the interaction's specificity. Future work should adopt more fine-grained analyses linking specific speech production processes to each orofacial function. Finally, the children with SSD included in our study were not further classified into subtypes. Much of the comparable research focuses specifically on persistent SSD or motor SSD. This may also limit the generalisability and comparability of our findings. One last future direction would be to examine the prevalence of OMDs in children with SSD, to determine the extent of overlap between these conditions.

Clinical implications & Conclusion

The findings of this study hold several potential clinical implications for SLTs. If our observations are further confirmed, evaluating orofacial functions could provide useful complementary information during preschool speech assessments, beyond evaluations focused solely on childhood apraxia of speech or dysarthria. Clinicians should also be aware of the possible co-occurrence between SSD and OMDs, which could justify incorporating

orofacial screening in children referred for speech difficulties and, conversely, including speech screening when OMDs are suspected. However, such evaluations should not replace comprehensive analyses of speech. Instead, they should enrich the diagnostic process by highlighting potential motor constraints that may shape speech production. Finally, clinicians should resist overgeneralising NSOMs or myofunctional exercises as direct treatments for speech, as we did not investigate treatment effects.

This study provides empirical support that speech production and orofacial functions may be interconnected as early as the preschool years. Both direct and indirect pathways were observed, with NSOMs playing a mediating role from preschool age. These findings suggest that fine motor control and sensorimotor could constitute shared foundations for both speech and orofacial functions, aligning with developmental theoretical models. Our findings extend previous research conducted in school-age children. If our results are replicated and confirmed through longitudinal studies, these findings could further clarify the developmental interactions between speech and orofacial functions.

Acknowledgments

Data Availability Statement

The data that support the findings of this study are available in the Open Science Framework (OSF) via a private view-only link for review purposes:

https://osf.io/qmf58/overview?view_only=61e8b427406f4ae3974bc75e7d8c6095. This link will become public upon acceptance.

Funding statement

This work was supported by the Fond de la Recherche Scientifique F.R.S-FNRS under Grant FRESH FC49517, awarded to Léonor Piron.

Conflict of Interest Disclosure

No potential conflict of interest is reported by the authors.

Ethics approval statement

The research was approved by the Research Ethics Committee of the University of Liège's Faculty of Psychology, Speech Pathology and Educational Sciences (reference 2122-068).

Acknowledgments

The authors would like to thank the many children, parents, SLTs, teachers and principals for their participation and support. They would also like to give special thanks to all the speech-language therapy students who helped with data collection: Marion Dupret, Eliesa Firquet, Vicky Flambeau, Marine Gerard and Claire Harlet.

Artificial Intelligence Statement

As the first author (and main writer) is not a native English speaker, ChatGPT was used during parts of the writing process (mainly parts of the Introduction and Discussion section) to revise wording and grammatical accuracy. In addition the manuscript was thoroughly reviewed and revised by the remaining authors (including one native English speaker). Reference: OpenAI. (2025). ChatGPT (Octobre 2025 version) [Large language model]. OpenAI. <https://openai.com/chatgpt>

Author Contributions

Léonor Piron was responsible for the literature review, study design, project preparation, data collection, database preparation, data analysis, and manuscript writing. Andrea A.N. MacLeod and Christelle Maillart contributed equally to the study design, supervised the study, assisted with the project, and reviewed and revised the manuscript.

Étude 4 - Supplementary material

Scoring details and adaptations

NSOMS – OMES

Each isolated movement was scored on a scale of 1 to 3 and summed to obtain a global score (max 57 points). We followed the scoring protocol but had to refine it to adapt it to young children and to reach sufficient inter-judge reliability. Three points were awarded if the movement was precise without stumbling, even if the child groped for the movement and then succeeded. Two points were awarded if a movement was performed but imprecise, incomplete, or incorrect, with or without tremors, in the presence of associated movements, and if the child groped for the movement for a long time before succeeding. The lowest score, one point, was attributed when the child initiated the movement and intended to perform it but did not achieve the expected result or did not perform the movement at all.

Breathing – OMES

To ensure scoring reliability, additional instructions were developed for breathing patterns. Nasal breathing (3 points) was defined as maintenance of mouth closure for at least 3/4 of the observation time, with effortless labial seal and absence of signs of dyspnoea. Mild mouth breathing dysfunction (2 points) was characterised by mouth opening for more than half the observation time, whilst the participant demonstrated the capacity for nasal breathing without signs of fatigue or dyspnoea. Severe mouth breathing dysfunction (1 point) was defined as mouth opening for most of the observation time, accompanied by observable signs of dyspnoea.

Breathing – ABPA

Breathing at rest assessed the time spent breathing with a particular mouth posture (mouth open/closed) (C1), tongue position (C2), and degree of lip opening (C3) for more than half the observation time. Breathing during

mastication evaluated the time spent breathing with a particular mouth posture whilst chewing (C4). Breathing after swallowing assessed resting mouth position (C5) and the mode of air intake immediately post-deglutition (nasal or oral) (C6).

Reliability between experimenters, training and repartition

NSOMS, OMES, and ABPA were analysed from video recordings, while children's speech production was transcribed from audio recordings. The first author, assisted by three intensively trained master's students in SLT, was responsible for data analysis. All experimenters were native French speakers.

An intensive training phase was conducted with 10 OMES and ABPA videos and 10 EULALIES speech samples from children not included in the present study. These 20 recordings were analysed blindly by all experimenters to integrate transcription and assessment rules and allow for necessary adaptations. Following training, the 168 videos and 168 speech samples were analysed through the pooled efforts of the experimenters.

Regarding speech transcription, the first author and experimenters 2 and 3 were responsible for analysis. Seventeen percent of sessions previously transcribed by experimenters 2 and 3 were blindly re-transcribed by the first author. Point-by-point agreement assessed inter-transcriber reliability, yielding 91.89% agreement, which exceeded the 85% threshold commonly reported in the literature (Seifert et al., 2020).

Regarding OMES and ABPA, the first author and experimenters 2 and 4 were responsible for OMES and NSOMS analysis, whilst the first author and experimenter 4 were responsible for ABPA analysis. OMES inter-judge reliability was calculated by the first author for 19% of videos assessed by experimenters 2 and 4 using the same point-by-point agreement method, reaching 94.74% agreement for NSOMS, and 87.77% for functions. ABPA inter-judge reliability was calculated for 19% of videos assessed by experimenter 4 using Cohen's kappa and reached .81 ($p < .001$).

Étude 5

Exploring Developmental Interactions Between Speech and Orofacial Functions in Preschoolers: A Longitudinal Study

Running title: Speech and Orofacial Functions in Preschoolers: A Longitudinal Study

Léonor Piron^{ab*s}, Morgane Warnier^{ab§}, Andrea A.N. MacLeod^c and Christelle Maillart^a

^aDépartement de Logopédie, RUCHE, Université de Liège, Liège, Belgique;

^bFRESH fund, F.R.S.-FNRS, Belgium

^cCommunication Sciences & Disorders Department, University of Alberta, Edmonton, Canada

§Léonor Piron and Morgane Warnier should be considered joint first author

Status : under review

Article under review in *Developmental Science*. History: our article was submitted for the first time on January 24, 2026, and entered revision on January 30, 2026.

Abstract

This longitudinal study examined the assumption that speech may be related to orofacial functions (i.e., breathing, chewing and swallowing), and that this relationship may be underpinned by motor processes, such as voluntary non-speech orofacial movements (NSOMs). This suggests potential interdependencies between speech, NSOMs, and orofacial functions. Using a longitudinal framework, we examine whether these interdependencies were observable and assessed whether the cross-domain associations reflect between-child differences, within-child processes, both, or neither. Sixty-four monolingual French-speaking preschoolers (33 boys; 31 girls) were assessed at three timepoints (36, 48, and 54 months) using tasks that focused on their speech, NSOMs and orofacial functions skills. Developmental change was modeled using Hierarchical Linear Modeling (HLM). Unconditional HLM models described baseline developmental trajectories for speech, NSOMs, and orofacial functions without predictors. Conditional HLM models with time-varying covariates examined within-child associations. Between-child associations were evaluated through correlations among intercepts and slopes from unconditional models. Results showed that speech, NSOMs, and orofacial functions improved over time with substantial interindividual variability. Distinct patterns of association emerged. (1) Children with stronger NSOMs exhibited better speech outcomes, and improvements in NSOMs were associated with corresponding improvements in speech (2) within-child improvements in NSOMs were associated with corresponding improvements in orofacial functions, whereas this pattern was not observed for between-child differences. (3) Speech and orofacial functions showed no association. These findings do not support complete interdependence among the three domains: developmental associations between speech, NSOMs, and orofacial functions appear domain-specific and depend critically on the level of analysis. **Keywords:** Speech, Orofacial Functions, Oral Movement, Preschooler, Development, Longitudinal Study

Research Highlights

- 1) This represents the first study to examine longitudinal associations between speech and nonverbal orofacial functions using standardized measures while disentangling within-child from between-child effects.
- 2) This study assessed 64 preschoolers at three timepoints on speech, NSOMs and orofacial functions and analyzed domains development and connections using Hierarchical Linear Modeling
- 3) Speech, NSOMs, and orofacial functions follow positive developmental courses with substantial interindividual variability
- 4) NSOMs and speech were strongly related; NSOMs and orofacial functions showed coupling only within individuals; and speech and orofacial functions showed no association

Introduction

Before mastering all the sounds of their native language, children undergo a long process of learning to speak. Notably, speech development involves learning to convert abstract linguistic information into motor movements through internal models (Lancheros et al., 2020 ; Redford, 2019). These models include somatosensory and motor information provided by speech articulators (Menn et al., 2013; Parrell et al., 2019) and are thought to develop throughout childhood (Barbier et al., 2020; Redford, 2019). The role of somatosensory information in speech development remains relatively underexplored in the literature, whereas speech motor control has been well documented. During the emergence of speech, oral motor movements (e.g., coordinated movements of lips, tongue, velopharyngeal port) are unrefined and poorly coordinated. Moreover, jaw movements mainly dominate speech motor control (Green et al., 2000). Speech motor skills in young children are variable and slower than those in adults (Barbier et al., 2020). Consistent with theoretical models, a longitudinal study conducted by Iuzzini-Seigel et al. (2015) described three developmental phases of speech motor control: the emergence of speech (3 to 15 months), rapid lexical growth (15 to 21 months), and the phase of speech refinement (21 to 60 months). This latter phase corresponds to the preschool period, characterized by a progressive improvement in oral motor skills consistent with the increasing need of mastering speech sound production (Iuzzini-Seigel et al., 2015). During this phase, coordination of speech articulators increases allowing for further refinement, since lips, jaw, and tongue control continue to develop (Green, 2000). As a result, the preschool period represents a major milestone in consonant acquisition: most consonants across languages are acquired at ages 3 and 4, with the majority mastered by 5 and the Percentage of Consonants Correct (PCC) increases on average from 86.39% at 3 years to 95.12% at 6 years, approaching an adult-like speech accuracy in single-word production

(McLeod & Crowe, 2018), with continued fine tuning through childhood (Glaspey et al., 2022). However, this period is also marked by great variability among children (Glaspey et al., 2022; Hustad et al., 2021).

Non-Speech Oral Motor Skills and Speech

The underlying oral motor skills supporting speech are often investigated, though controversially, through non-speech orofacial movements (NSOMs). Kent (2015) defines NSOMs as ‘motor acts performed by various parts of the speech musculature to accomplish specified movement or postural goals that are not sufficient in themselves to have phonetic identity’. In this paper, we will restrict the “speech musculature” to the lips, cheeks, jaws, and tongue. NSOMs are sometimes part of speech assessment of speech-language pathologists (SLPs), particularly for children with dysarthria or childhood apraxia of speech, to evaluate whether oral structures and functions are adequate for speech (Van Haaften et al., 2024). However, their clinical relevance for idiopathic speech sound disorders (SSD) remains questionable (Maas, 2017). Only a limited number of studies have investigated the relationship between NSOMs and speech, mainly in children with SSD (e.g., Bertagnolli et al., 2015; Gubiani et al., 2015). For instance, de Farias et al. (2006) found sequenced NSOMs coordination was related to speech accuracy in preschoolers, though only tongue movements showed significance. In contrast, other studies found no association (e.g., Kehoe & Cretton, 2021; Lau & Lee, 2013). It is important to acknowledge that most studies on NSOMs are characterized by substantial methodological shortcomings and limited reproducibility, largely due to inconsistencies in definitions and measurements. The assumption of a link between NSOMs and speech has led to decades of debate regarding the effectiveness of NSOM-based exercises in SSD treatment (Maas, 2017), but this goes beyond the scope of this article.

Non-Speech Oral Motor Skills and Non-Speech Orofacial Functions During Development

Oral motor skills and orofacial functions are sometimes treated as developmentally interdependent. Throughout this work, the term 'orofacial functions' is used to refer to breathing, swallowing and chewing, which are considered together given their well-documented interrelated involvement in orofacial myofunctional disorders (OMDs; de Felício & Ferreira, 2008; Marchesan et al., 2012). Like speech, the development of these functions requires extensive coordination of orofacial somatosensory and motor systems (Avivi-Arber et al., 2011).

Nasal breathing is known to be the physiological and preferred breathing pattern from birth and is not expected to change during development (Borox et al., 2018). Swallowing function develops progressively, shaped by sensory processing, neuromotor maturation, orofacial anatomical evolution, and transitions in food consistency (Kahloff et al., 2024; Sampallo-Pedroza et al., 2014). Although there is no consensus on the age of maturation (Peng et al., 2003), the main developmental change is the evolution from primary swallowing (characterized by anterior tongue position and perioral muscle contraction) to adult swallowing (characterized by tongue-palate contact and no orofacial muscle participation). Finally, chewing is the result of coordinated actions of the masticatory muscles (Almotairy et al., 2018). The role of motor control in mastication is crucial, which translates into lower stability and efficiency of mandibular movements in preschool-aged children compared to school-aged children (Almotairy et al., 2018). Like swallowing, it increases with the development of orofacial structures and motor maturation (Piancino et al., 2017).

Orofacial functions are therefore believed to be underpinned by fine oral motor skills and rely on complex physiological and neurological systems (Avivi-Arber et al., 2011). For these reasons, assessments of orofacial functions commonly include NSOMs as indicators of underlying oral motor skills. This practice is illustrated by the integration of NSOM tasks into several well-known tools for identifying OMDs, such as the MBGR (Marchesan et al., 2012), the Protocol of Orofacial Myofunctional Evaluation with Scores (OMES; de Felício & Ferreira, 2008), and the Nordic Orofacial Test–Screening (NOT-S; Bakke et al., 2007). Research directly examining the connection between NSOMs and orofacial functions in children remains scarce. Using the NOT-S, one cross-sectional study inferred that NSOMs continue to mature in 25% of 3-4-year-olds, paralleling the development of chewing and swallowing, though no direct association was established between these functions and NSOMs (McAllister & Lundeborg, 2014). Findings in children with OMDs show contradictory results, with some research reporting no direct link between orofacial functions and NSOMs (Andrada e Silva et al., 2012), and others finding a clear association (Azevedo et al., 2018; da Silva Dias, 2024; Mattos, 2018). As with speech, these contradictory findings largely stem from variability in how NSOMs are defined and measured.

Relationship Between Orofacial Functions and Speech During Development

It is often postulated that speech production develops in close relation to orofacial functions. This assumption is partially based on the shared anatomical and myological structures (McFarland, 2022). Conversely, some researchers argue that speech is supported by distinct neural pathways and may function completely independently, despite shared anatomy (Connaghan et al., 2004; Steeve & Moore, 2009). The available evidence supports both perspectives, suggesting the existence of multiple motor system

configurations that manifest differently depending on the task demands (Ito et al., 2024; Whalen, 2019). A middle-ground perspective proposes that orofacial functions and speech share an underlying common structure and neuromotor control, while exhibiting task-specific functional organization (Lancheros et al., 2020).

Additional support for the assumed link between speech and orofacial function lies in somatosensory and motor skills. Both speech and orofacial functions develop within the broader context of motor development and rely on the evolution of oral motor control (Wilson et al., 2008). In development, orofacial functions emerge prior to speech, thereby shaping the sensorimotor oral experience of the articulators (Menn et al., 2013; Premkumar et al., 2011). Children may subsequently build on these primary experiences when producing their first words (Menn et al., 2013). This developmental progression is supported by neurobiological considerations from Kent (2021), who suggests that distinct developmental functional modules (DFMs) composed of embryologically and functionally linked structures (mandible, tongue, lips, larynx) may establish early sensorimotor foundations. These DFMs are thought to reorganize, reflecting interactions among oral motor behaviors such as sucking, swallowing, and breathing that precede and may scaffold speech production.

If NSOMs underpin both speech and orofacial functions, potential interdependencies between these three domains may exist, with mutual influences across development. Several studies support interactions between OMDs (i.e., orofacial dysfunctions) and speech (e.g., Björeljus et al., 2025 ; Borox et al., 2018; Mogren et al., 2020). Mogren et al. (2020), for instance, found a significant correlation between the PCC and the NOT-S score in children with persistent SSD, with the most affected domains being "chewing and swallowing", and "masticatory muscles and jaw function." Bjoreljus et

al. (2025) found that children with motor SSD exhibited reduced chewing efficiency compared to controls. Our recent cross-sectional study examined preschool-aged children with and without SSD and identified a preliminary triadic relationship among speech production, NSOMs, and orofacial functions (Piron et al., under review). A direct association between speech and orofacial functions, along with an indirect association mediated by NSOMs were observed. Altogether, these findings suggest intertwined development among the three domains, yet cross-sectional data cannot determine whether these links reflect actual developmental coupling or static correlations. Moreover, the current literature predominantly focuses on pathological populations, which may limit the generalizability of these findings to typically developing children.

Although interest in the relationship between speech and orofacial functions is growing, research directly addressing this connection remains limited and is often hindered by methodological issues (e.g., sample size). Additionally, existing studies mainly focus on school-age children, with very few examining preschoolers. However, the preschool years are a critical period for investigating this relationship, as motor, orofacial, and speech abilities develop and refine rapidly during this time. Finally, no longitudinal study has yet explored how speech and orofacial functions develop together in preschool-age children.

Rationale and aims of the current study

Longitudinal data are needed to further examine the existence of a potential link between speech and orofacial functions. In this context, the primary objective of the present study is to explore the presence of the proposed triadic relationship among speech, NSOMs, and orofacial functions using a longitudinal, multilevel design. The study seeks to examine whether this triadic pattern is observable across development. Furthermore, it assesses

whether the associations among these domains reflect between-child differences, within-child processes, a combination of both, or neither. Specifically, the study aims to:

1. Characterize developmental trajectories of speech, NSOMs, and orofacial functions by modeling individual growth curves and quantifying variability in developmental trajectories.
2. Examine between-child associations by testing whether children's developmental trajectories in one domain (e.g., NSOMs) are associated with their trajectories in another domain (e.g., speech).
3. Assess within-child associations by determining whether changes within a child over time in one domain tend to occur alongside changes in another domain. Building on the theoretical arguments supporting hypothesized links among these three domains, we evaluated three specific relations: speech predicted by NSOMs, orofacial functions predicted by NSOMs, and speech predicted by orofacial functions.
4. Evaluate the robustness of the proposed triadic relationship by integrating evidence from between-child and within-child associations in order to explore how links among speech, NSOMs, and orofacial functions may emerge over development.

Methods

The longitudinal observational study was approved by the Research Ethics Committee of the University of Liège's Faculty of Psychology, Speech Pathology and Educational Sciences (reference 2122-068) and the Research Ethics Committee of the University of Liège (B707201940403).

Participants and Recruitment

Participants in this study were enrolled at two distinct times: the first cohort in 2019 and the second cohort in 2023. They were followed longitudinally until 2021 and 2025, respectively. Both groups were recruited in schools from the district of Liege (a French-speaking region in Belgium) using the same procedure. Invitations to take part in the present study were distributed to children and their parents and included a detailed information sheet about the study, a consent form and a parent questionnaire. Parents who agreed to their child's participation returned the completed consent form and questionnaire.

Inclusion criteria for this study were as follows: aged 36 months (± 3 months) at the onset of the study; monolingual French speaker; born full term (≥ 37 weeks of gestation). Participants were not included if they showed a diagnosis of developmental disability (e.g., intellectual disability, autism); a craniofacial anomaly, pulmonary or cardiac pathology and a past or current orthodontic or SLP intervention. Eighty children met the initial criteria. These children were followed from 36 to 54 months of age and took part in the study at three time points (36; 48 and 54 months). Children were subsequently excluded (see Exclusion Tests below) if they (a) initiated SLP or orthodontic treatment during the time of the study; (b) failed the hearing screening; (c) failed the nonverbal intelligence test and (d) showed insufficient participation. Sixteen children were retroactively excluded.

The final sample included 64 monolingual French-speaking preschoolers (33 boys; 31 girls), with 45 children from the first cohort and 19 from the second one. Children in the study mostly came from families with high levels of maternal education (median of 2), ranging from 1 to 5 on a scale of 1 to 7 (Genoud, 2011), with 1 representing the highest level of education and 7 the lowest. Included children lived in suburban and rural environments.

All children who participated were white, although ethnicity was not a specific criterion for the study. On average, children were aged 37.5-month-old (SD = 1.43) at the first assessment time; 49.5-month-old (SD = 1.85) at the second assessment time and 55.8-month-old (SD = 1.63) at the last assessment time.

Materials and procedures

Children were assessed on three occasions between 36 and 54 months of age. Each session included the same set of tasks, and followed an identical procedure to ensure optimal standardization. We began with an assessment of orofacial functions and NSOMs and concluded with the evaluation of speech. All assessments were conducted in a quiet room within the preschool and the sessions lasted approximately one hour.

Equipment

Data collection was conducted using a computer setup, with children positioned facing a 13-inch laptop at 50 cm. Children's assessments were conducted by the two first authors and rigorously-trained SLP master's students. Children's speech was recorded with a directional microphone (Zoom H4nPro) positioned 30 cm from the child. Children were filmed for the assessment of NSOMs and orofacial functions using an HD camera (Canon LEGRIA HF G10) placed on a stand 60 cm from the child's face.

Exclusion tests

All children underwent bilateral hearing screening (25 dB HL at 0.5, 1, 2, and 4 kHz). Regarding nonverbal intelligence: children from the first recruitment group completed the short version of the Wechsler Nonverbal Scale of Ability (WNV), including matrices and recognition subtests (Wechsler & Naglieri, 2006); children from the second recruitment group completed the Primary Test of Nonverbal Intelligence (PTONI; Ehrler & McGhee, 2008). Children from both cohorts were excluded if their nonverbal IQ was below the normal range.

Speech Production

We administered the picture-naming task from the French EULALIES 3–5 battery (Meloni et al., 2025a). The 43 items included in this test elicited all French phonemes in every word position and cover a balanced range of difficulty. Details of the task have been outlined in previous work (Warnier et al., 2022). Children were shown each image on a computer screen and asked to name it. If no spontaneous response was given, the experimenter offered successive prompts to help production: first a semantic hint, then a phonemic cue, and finally an imitation model.

Children’s speech was transcribed using the International Phonetic Alphabet (IPA). Broad transcription was completed in PHON (Hedlund & Rose, 2020) by listening to the recordings in a quiet room with Audio-Technica ATH-M50x headphones. Phoneme accuracy was determined by comparing the child’s productions with the expected adult targets. PCC was then calculated using the percent correct package in Phon.

Orofacial functions and NSOMs

NSOMs were assessed using the “Mobility” subtest of the OMES, whereas breathing, swallowing, and chewing functions were assessed using the “Functions” subtest (de Felício & Ferreira, 2008). The OMES is a valid, reliable and common tool to quantitatively assess orofacial functions in children. The OMES was translated into French following international guidelines (World Health Organization, n.d.). The test was first translated from English into French and reviewed by four French-speaking clinicians specialized in OMDs. A professional translator then produced a back-translation, which the authors compared with the original to ensure fidelity.

Regarding NSOMs, we carefully followed the OMES protocol. Children were asked to perform isolated movements of the lips (protrusion, retrusion, lateral to right, lateral to left), tongue (protrusion, retrusion, lateral

to right, lateral to left, upward movement, downward movement), jaws (opening, closing, lateral to right, lateral to left, protrusion), and cheeks (inflating, sucking, retraction, transfer air from right to left). Because the test was not originally intended for young children, we decided to add a standardized visual model on a prerecorded video on a computer to clarify verbal cues, as indicated in young children (Bearzotti et al., 2007). We gave the following instructions to children: ‘This is my friend Marie. Marie makes funny faces. We are going to make the same faces as my friend Marie; are you ready?’. Experimenters sometimes needed to produce themselves the movement and to request an imitation of the child when the video was not sufficient. Each isolated movement was scored on a scale of 1 to 3 and summed to obtain a global score (max 57 points). The scoring protocol was applied with slight modifications to ensure suitability for young children (see Supplementary Materials).

Breathing, swallowing, and chewing functions were assessed following the OMES protocol. According to the conditions of application of the OMES, no specific instructions should be given for the breathing subtest because it is observed throughout the test. However, we decided to standardize the conditions of observation in our sample by asking the child to watch a 3-minute silent cartoon displayed on a computer. Cartoon was selected to minimize speech or laughter, and children were instructed not to speak. The swallowing subtest was first assessed with a liquid bolus and then with a solid bolus in conjunction with the chewing subtest, as requested by the OMES applications. As far as chewing is concerned, we used a cookie (Biscoff, Lotus®) whose texture is similar to the cookie used by the authors of OMES. We ensured that the children always looked at the camera during assessment.

The OMES Functions subtest was scored in accordance with the recommendations provided by de Felício & Ferreira (2008). Swallowing scores ranged from 4 to 16; Chewing scores from 2 to 10 and Breathing from 1 to 3. Total functions score was the addition of swallowing, chewing and breathing and ranged between 7 and 29. To ensure scoring reliability, additional instructions were developed for breathing patterns (see Supplementary Materials).

Reliability

NSOMs and Orofacial functions were analyzed from video recordings, while children's speech production was transcribed from audio recordings. After exclusion of missing assessment times, a total of 186 videos and 188 speech samples were analyzed through the pooled efforts of the experimenters (see Supplementary Materials for repartition details). Regarding speech transcription, point-by-point agreement between transcribers reached over 90%. For OMES, agreement reached over 90% for both NSOMS and functions.

Statistical analyses

We focused on three developmental domains or variables: speech production (SPEECH), NSOMs, and orofacial functions (FCT). Developmental change was modeled using Hierarchical Linear Modeling (HLM), also known as longitudinal multilevel modeling or growth curve modeling. This statistical approach is designed to analyze longitudinal data with a hierarchical structure by modeling developmental trajectories over time while distinguishing within-individual change from between-individual variability. Time was coded in months and centered at 48 months (Time = 0) so that the intercept represents each child's level at that age. Centering at the middle time point (rather than baseline) improves model estimation, reduces collinearity between intercept and slope parameters and is a recommended

practice in longitudinal modeling (Raudenbush & Bryk, 2002). The full mathematical equations for all unconditional and conditional HLM models (Level 1, Level 2, and mixed forms) are provided in the Supplementary Materials.

Two types of models were estimated. Unconditional HLM models were used to describe baseline developmental trajectories for SPEECH, NSOMS, and FCT (Aim 1) without including predictors. Conditional HLM models, which incorporated time-varying covariates (TVC), were used to examine within-child associations by assessing whether changes in one domain co-occurred with changes in another over time (Aim 3). To assess between-child associations, we also computed correlations among the intercepts and slopes obtained from the unconditional models. These correlations tested whether children who differed in their growth trajectories in one domain also differed in another (Aim 2).

All multilevel models were estimated in HLM 8.0 using full maximum likelihood and robust standard errors. Level-1 missing data were deleted when running analyses. Data collection initially occurred at five timepoints: 36, 42, 48, 54, and 60 months of age. Preliminary data screening revealed missing data exceeding 50% at the 42- and 60-month assessments. Therefore, analyses were restricted to the three remaining timepoints (36, 48, and 54 months), where missing data were minimal (2-3% across measures). Correlations among intercepts and slopes were computed in R. The significance level was set at $\alpha = .05$. We will now provide specific details and goals of each analysis.

The three unconditional models addressing Aim 1 were estimated by specifying TIME as the only predictor, thereby allowing characterization of developmental trajectories. Gender and SES were not added as Level 2 covariates, as they did not account for significant variability in the

unconditional models. Therefore, they were excluded from the final models. The three growth curve models estimated both the individual and overall average level at the centered time point (48 months; intercept) and the rate of change over time (slope). The variances of the intercepts and slopes were examined to confirm meaningful between-child variability at 48 months and in growth rates.

Pearson correlations addressing Aim 2 (between-children relationships among the developmental trajectories) were computed between the Empirical Bayesian Estimates (EBEs) of intercepts and slopes derived from the unconditional models. Correlations across domains were computed for intercepts, slopes, and cross-correlations between intercepts and slopes. Intercept correlations assess whether children who have higher (or lower) scores in one domain at 48 months also tend to have higher (or lower) scores in another domain. Slope correlations test whether children who develop more quickly in one domain also tend to develop more quickly in another, reflecting coordinated growth across skills. Cross correlations evaluate whether children's level in one domain at 48 months is associated with faster or slower subsequent growth in another domain.

The three conditional models addressing Aim 3 (within-child associations) were computed by adding a TVC at Level 1 to unconditional models, for each link in the triadic relationship: SPEECH predicted by NSOMS, FCT predicted by NSOMS, and SPEECH predicted by FCT. In each model, the TVC parameter quantified whether changes within a child over time in one domain were associated with simultaneous changes within the same child in another domain, while accounting for overall growth. Variance components were initially examined to determine whether the within-child association varied across children and thus required a random slope. However, the variance of the random TVC slope was unstable, and its χ^2 test

in HLM relied on only a small subset of children due to pairwise-complete data requirements. As a result, the random TVC effect could not be estimated reliably. Consistent with recommendations for parsimonious mixed-effects modeling, the TVC was therefore included as a fixed within-child effect only.

In the final step, findings from Aims 2 and 3 were integrated to evaluate how the relationships among speech, NSOMS, and orofacial functions unfold across development, thereby addressing Aim 4. A relationship was considered fully supported when both between-child and within-child associations were significant. It was considered purely dynamic (intra-individual) when only within-child covariation reached significance. Finally, a relationship was considered unsupported when neither between-child nor within-child associations were significant.

Results

Descriptive statistics for SPEECH, NSOMS and FCT are presented in Table 1. The table shows mean scores, standard deviation and for each age. The results are presented in four sections, each corresponding to one of the study aims.

Table 1. Descriptive statistics of children's speech, NSOMS and orofacial functions performances at each age

	Ages		
	36 months	48 months	54 months
Speech (PCC) - SPEECH			
<i>N (missing)</i>	61 (3)	64 (0)	63(1)
<i>Mean (SD)</i>	62.7 (18.58)	78.4 (11.39)	84.3 (9.64)
<i>Min-Max</i>	22.1-95.5	45.1-95.4	47-97.7
NSOMS			
<i>N (missing)</i>	61 (3)	63 (1)	62(2)
<i>Mean (SD)</i>	35.4 (8.9)	43.1 (5.47)	45.5 (5.36)
<i>Min-Max</i>	24-53	31-57	34-56
Orofacial functions - FCT			
<i>N (missing)</i>	61(3)	63 (1)	62 (2)
<i>Mean (SD)</i>	21.5 (3.43)	23.9 (2.71)	25.1 (1.85)
<i>Min-Max</i>	12-28	13-28	21-29

Note. PCC = Percentage of Consonants Correct; SD = Standard Deviation.

Characterization of developmental trajectories – Unconditional HLM

Table 2 summarizes the statistical results describing the developmental trajectories of SPEECH, NSOMS, and FCT, and Figure 1 provides a visual representation of these trajectories. Although time was centered at 48 months in the statistical models Figure 1 displays children's actual ages for clarity.

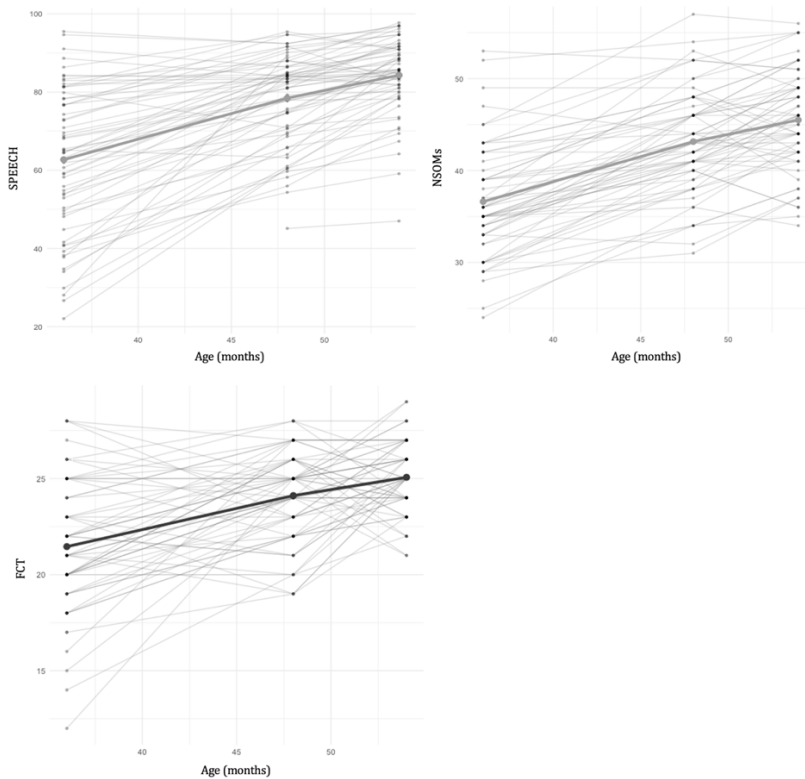
At 48 months, the predicted average scores were 75% for PCC (SPEECH), 41.42 for NSOMS, and 23.51 for FCT. The predicted growth per measurement interval was 10.95% for SPEECH, 4.95 points for NSOMS, and 1.76 points for FCT, yielding predicted scores at 36 and 54 months of 64.05% and 85.94% for SPEECH, 36.46 and 46.36 for NSOMS, and 21.74 and 25.26 for FCT, respectively. The variance component for the intercepts and slopes were all significant, meaning a significant between-child variability was observed for all domains in both intercepts and slopes. This indicates that children differed in their levels at 48 months as well as in their developmental trajectories over time. The intercept–slope covariances were negative for all three domains (SPEECH: -55.85, $r = -0.993$; NSOMS: -8.19, $r = -0.58$; FCT: -1.57, $r = -0.997$). The estimated intercept-slope correlation in univariate growth models was extremely negative ($\tau \approx -0.99$) for both SPEECH and FCT. With only three measurement occasions, this well-documented pattern occurs when scores systematically improve and interindividual variability decreases. This does not indicate model misspecification or threaten validity; all other parameters remain fully interpretable. Overall, these results indicate substantial heterogeneity across children in both their intercepts and developmental trajectories for SPEECH, NSOMS, and FCT.

Table 2. Unconditional HLM models of growth (centered at 48 months) for SPEECH, NSOMS and FCT.

	Fixed effects					Random effects				
	Coeff	SE	t	d.f.	p	SD	S ²	d.f.	X ²	p
SPEECH										
Intercept	75	1.15	49.37	63	<.001	11.38	129.46	63	470.45	<.001
Slope	10.95	.89	12.39	63	<.001	4.94	24.42	63	133.97	<.001
NSOMS										
Intercept	41.42	.67	62.12	63	<.001	4.68	21.86	63	272.86	<.001
Slope	4.95	.55	9.03	63	<.001	3.03	9.16	63	121.69	<.001
FCT										
Intercept	23.51	.24	97.29	63	<.001	1.49	2.22	63	153.611	<.001
Slope	1.76	.23	7.83	63	<.001	1.06	1.13	63	87.62	.022

Note. SPEECH = speech accuracy (PCC) ; NSOMS = NSOMs performance ; FCT = orofacial functions

Figure 1. Spaghetti plots of individual and overall developmental trajectories for SPEECH, NSOMS and FCT.



Note. The fine lines represent individual trajectories; the bold lines represent group average trajectories.

Between-children relationships – correlations between domains

At the between-child level, associations reflect stable individual differences in overall performance and developmental pace. Importantly, these correlations capture between-child differences rather than within-child, time-specific interactions. Correlations among intercepts and slopes indicate a strong developmental link between SPEECH and NSOMS. At 48 months, SPEECH and NSOMS scores are strongly associated ($r = .52, p < .001$), meaning that children who exhibit higher SPEECH scores at this age are also those who show higher NSOMS scores. Their developmental trajectories also show associations ($r = .33, p = .008$). Children who progress more rapidly in SPEECH also tend to progress more rapidly in NSOMS. Cross-correlations reveal additional convergence dynamics: children with higher SPEECH levels at 48 months show less growth in NSOMS ($r = -.33, p = .008$), and children with higher NSOMS scores at 48 months show less improvement in speech ($r = -.52, p < .001$). In contrast, at this same between-children level, FCT does not exhibit robust associations with either SPEECH or NSOMS. Intercept–intercept correlations were small and non-significant, slope–slope correlations were weak, and no significant cross-correlations emerged. Correlation coefficients and their significance are presented in Table 3. Post-hoc power analyses using G*Power 3.1 indicated that with 64 children and $\alpha = .05$ (two-tailed), our study achieved excellent power ($1-\beta > .99$) to detect strong associations ($r \geq .50$), adequate power ($1-\beta > .74$) for moderate correlations ($r \geq .33$), but limited power ($1-\beta < .35$) to detect small correlations ($r \leq .20$).

Within-children relationships - conditional HLM with TVC

At the within-child level of analysis, the models examine whether, for an individual child, an increase in one skill at a given time point is accompanied by a corresponding increase or decrease in another skill at that same time, beyond the overall effect of development. Three conditional HLM

models including a TVC were estimated: (1) SPEECH predicted by NSOMS, (2) FCT predicted by NSOMS, and (3) SPEECH predicted by FCT. Table 4 summarizes the fixed and random effects for these models.

Fixed and random effects for time were consistent with those from the unconditional models, for Models 2 and 3. Regarding Model 1 (i.e., SPEECH predicted by NSOMS), the fixed intercept and slope were moderately reduced compared to the unconditional model. This is expected with the addition of a TVC (i.e., NSOMS) that captures part of the within-child change previously attributed to time. Importantly, random effects were highly similar across models, indicating stable growth dynamics.

A significant within-child association emerged between SPEECH and NSOMS, and between FCT and NSOMS. When a child's NSOMS score increases by one unit, their SPEECH score increases by .35 units at the same moment ($p=.001$). When a child's NSOMS score increases by one unit, their FCT score increases by .07 units at the same moment ($p=.026$). However, no within-child association between FCT and SPEECH was found ($p = .82$). Post-hoc power analyses for the conditional models (within-child effects) were conducted using G*Power 3.1. Achieved power was adequate for Model 1 (Speech \leftarrow NSOMS: $1-\beta = .87$), but limited for Models 2 and 3 (FCT \leftarrow NSOMS: $1-\beta = .54$; Speech \leftarrow FCT: $1-\beta = .53$).

Hypothesized Triadic Relationships

Figure 2 provides an integrated summary of these findings by illustrating, from a longitudinal perspective, the relationships among domains within the hypothesized triadic framework, at both the between- and within-person levels.

Table 3. Pearson correlations across domains for intercepts, slopes, and cross-correlations between intercepts and slopes

Level	Relationships	r	Interpretation	p
Intercept	Speech ↔ NSOMS	0.518	Strong	<.001
	Speech ↔ FCT	0.15	Weak	.237
	NSOMS ↔ FCT	0.239	Weak	.058
Slopes	Speech ↔ NSOMS	0.329	Moderate	.008
	Speech ↔ FCT	0.145	Weak	.252
	NSOMS ↔ FCT	0.199	Weak	.115
Cross	Int Speech × Slope NSOMS	-0.33	Moderate	.008
	Int Speech × Slope FCT	-0.149	Weak	.241
	Int NSOMS × Slope Speech	-0.517	Strong	<.001
	Int NSOMS × Slope FCT	-0.238	Weak	.058
	Int FCT × Slope Speech	-0.146	Weak	.248
	Int FCT × Slope NSOMS	-0.198	Weak	.116

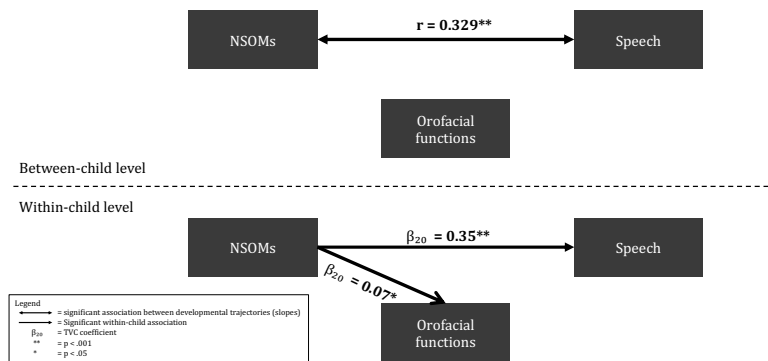
Note. SPEECH = speech accuracy (PCC) ; NSOMS = NSOMs performance ; FCT = orofacial functions

Table 4. Conditional HLM models of growth (centered at 48 months) with a TVC

	Fixed effects					Random effects				
	Coeff	SE	t	d.f.	p	SD	S ²	d.f.	χ ²	p
SPEECH										
Intercept	60.39	4.88	12.39	63	<.001	10.38	107.77	63	383.28	<.001
Slope	9.3	1.06	8.73	63	<.001	4.98	24.86	63	132.07	<.001
NSOMS	.35	.10	3.67	55	.001					
FCT										
Intercept	20.72	1.25	16.44	63	<.001	1.44	2.09	63	144.22	<.001
Slope	1.43	0.24	5.84	63	<.001	1.05	1.11	63	83.93	.04
NSOMS	.07	0.03	2.29	57	.026					
SPEECH										
Intercept	73.25	7.85	9.33	63	<.001	11.34	128.66	63	431.17	<.001
Slope	10.93	1	10.91	63	<.001	4.88	23.86	63	126.09	<.001
FCT	.07	.32	.231	55	.818					

Note. SPEECH = speech accuracy (PCC) ; NSOMS = NSOMs performance ; FCT = orofacial functions

Figure 2. Longitudinal Relationships Between NSOMs, Speech, and Orofacial Functions at Within-Child and Between-Child Levels



Discussion

This study was motivated by the contentious hypothesis that speech is related to orofacial functions such as breathing, chewing and swallowing and that this relationship is underpinned by motor processes. Using a longitudinal framework, we first characterized developmental trajectories, showing that speech, NSOMs, and orofacial functions follow positive developmental courses with substantial interindividual variability.

Beyond domain-specific trajectories, we examined whether cross-domain associations reflect between-child differences, within-child developmental coordination, both, or neither. Specifically, whether children who perform well in one domain also tend to perform well in another, and whether improvements within a child in one domain are matched by improvements in another over time. Distinct patterns of association emerged across levels of analysis: NSOMs and speech were related both between and within children; NSOMs and orofacial functions showed coupling only within individuals; and speech and orofacial functions showed no association at either level. Overall, these results do not support the existence of a triadic relationship among speech, NSOMs, and orofacial functions, but instead point to more nuanced patterns of association that are discussed below.

Global developmental trajectories

In line with the first aim of this study, results indicate that speech, orofacial functions, and NSOMs, when examined independently, show significant positive developmental trajectories over time. However, children do not follow identical developmental paths. While these skills improve on average, children differ both in their developmental levels and in how quickly they progress, highlighting substantial individual variability across all three domains. The observed improvement and variability in speech were expected and is consistent with previous findings highlighting a period of speech refinement during the preschool years (Iuzzini-Seigel et al., 2015; Vick et al., 2012). Comparable developmental progress was also expected for NSOMs, in line with earlier work documenting ongoing maturation of oral motor skills in childhood (Bearzotti et al., 2007; Ozanne, 1992). In contrast, evidence on the development of orofacial functions remains limited and has, to date, relied on cross-sectional data (McAllister & Hammarström, 2014), whereas longitudinal designs are essential for characterizing developmental change and individual variability. Developmental changes in orofacial functions likely reflect the progressive refinement of underlying oral motor skills, including gains in muscle control, coordination, and precision of movement execution as children mature.

NSOMs and Speech Relationship

Our findings indicate that NSOMs and speech are closely linked across development, both across children and within individual developmental trajectories. Children with stronger oral motor skills tend to show better speech outcomes overall, and changes in oral motor performance within a child are associated with parallel changes in speech. This pattern suggests a dynamic coupling between NSOMs and speech during development, consistent with models proposing that progressive refinement of oral motor control is driven by the demands of speech sound production and increasing articulatory coordination (Green, 2000; Iuzzini-Seigel et al., 2015).

From a broader developmental perspective, the within-child coupling appears to contribute to growing differences between children over time: children who progress more rapidly in oral motor skills also accrue greater speech gains, placing them on higher developmental trajectories in both domains. In contrast, slower progress in one domain is associated with fewer cumulative gains in the other. Together, these results point to a cascading developmental process in which early, coordinated changes in speech and NSOMs within individuals act as a catalyst for the emergence of increasingly differentiated developmental trajectories across children. This interpretation aligns with developmental cascades theory (Masten & Cicchetti, 2010). Building on previous research examining the development of NSOMs in typically developing preschool children and in children with SSD (Bertagnolli et al., 2015; Newmeyer et al., 2007; Ozanne, 1992), our findings underscore the central role of voluntary motor control beyond speech-specific movements, supported by excellent statistical power.

From this standpoint, phonological representations encompass linguistic, phonetic, and speech motor control processes, grounded in non-speech motor coordination of the lips, cheeks, jaw, and tongue. Despite this, motor aspects have received relatively limited emphasis within speech research. Björeljus et al. (2025) propose that the limited empirical support for NSOM-based interventions may have contributed to this underrepresentation. Importantly, our data do not allow for inferences regarding the clinical effectiveness of NSOM-based interventions for speech disorders. Rather, these findings clearly demonstrate that motor aspects of speech warrant closer consideration within a developmental framework.

NSOMs and Orofacial Functions Relationship

Moving on to the relationship between NSOMs and orofacial functions, the results reveal a more nuanced pattern. Children's overall developmental trajectories in NSOMs and orofacial functions were not significantly related: children who show stronger oral motor skills were not necessarily those who showed stronger orofacial functioning.

Because the study was well powered to detect strong effects, the absence of a strong association between NSOMs and orofacial development across children suggests that such a relationship is unlikely, although more subtle associations cannot be ruled out. One possible explanation for the absence of a robust association is that oral movements performed on request may not accurately reflect the more implicit and procedural oral motor skills involved in functions such as breathing, chewing, and swallowing. This finding challenges the widely accepted, yet rarely empirically demonstrated, assumption that NSOMs are robust indicators of orofacial function. By extension, it also calls into question the view that NSOMs are closely linked to, or even fully constitute, OMDs. These results highlight an urgent need to disentangle NSOMs from core orofacial functions such as breathing, swallowing, and chewing and, consequently, to refine current assessment methods, terminology, and the underlying conceptual framework of OMDs.

At the within-child level, improvements in a child's oral motor skills tended to occur alongside simultaneous improvements in their orofacial functions. However, as noted above, this does not extend to differences between children. In other words, when a child improved in their oral motor skills, their own orofacial functioning improved as well; however, these improvements were purely within-child changes rather than improvements that distinguished them from other children. Put differently, this purely within-child association indicates that interindividual variability in the

developmental trajectories of NSOMs and orofacial functions cannot be explained by one another. Clinically, this suggests that these measures are useful when used together to monitor an individual child's progress or understand their clinical profile, but they have limited value for classification or screening purposes, since within-child patterns do not translate to between-child differences. These results will require replication, given the modest statistical power to detect this association. We propose two hypotheses for this dissociation. First, changes observed within a given child may reflect child-specific developmental processes that are constrained by their own orofacial configuration, including anatomical characteristics. In this sense, improvements in oral motor skills and orofacial functions tend to co-develop within the same child over time. Second, in contrast, when comparing children to one another, this relationship may be obscured because variability in orofacial functions is largely influenced by other factors that outweigh the contribution of NSOMs. For example, the persistent use of non-nutritive sucking is a well-established and highly prevalent factor affecting orofacial functions in this age group (Scudine et al., 2021), with variability in these habits across children. Thus, between children, other factors likely account for most of the variability in orofacial functions.

Speech and Orofacial Functions Relationship

Finally, regarding the relationship between speech and orofacial functions, no clear association was observed, either between children or within the same child over time. This suggests that, in this sample, speech and orofacial functions are not strongly linked, although subtle associations cannot be entirely ruled out given the statistical configurations used. Indeed, the power achieved indicates that our study was not well suited to detect small effects. This contrasts with earlier cross-sectional reports showing weak but significant associations (Piron et al., under review) between speech and orofacial functions.

Although several theoretical accounts have proposed a direct link between speech and orofacial functions (Barlow et al., 2010; MacNeilage, 1998), the present results do not support the view that orofacial functions account for variability in speech outcomes at this stage of development. Instead, the results suggest that speech and nonverbal orofacial functions may be, at least to some extent, developmentally dissociable. This interpretation is consistent with the idea that multiple motor system configurations may exist, and that these systems may be recruited differently depending on task demands (Ito et al., 2024; Whalen, 2019). Again, this calls for a more fundamental reconsideration of how OMDs are conceptualized, particularly given the frequent inclusion of speech within this framework (e.g., Bakke et al., 2007). This points to the need for a more nuanced theoretical and clinical framework, in which orofacial functions are viewed as partially independent systems that may interact under specific conditions, rather than as a single, unified domain.

Two important points should be noted. First, it remains possible that any contribution of nonverbal orofacial functions to variability in speech development emerges earlier in development, before the age of 3. Second, speech was assessed here using the PCC as a global measure, encompassing all types of speech errors. It therefore remains possible that nonverbal orofacial functions are related to more specific aspects of speech performance, such as fine-grained phonetic accuracy, particularly constant distortion errors that reflect precise articulatory positioning. These specific error types were not isolated in the present study.

Limitations and future directions

This study faced several methodological constraints due to the limited availability of tools for assessing orofacial functions. Although interrater reliability was high, the OMES used in this study was not originally

developed for preschool-aged children and was translated into French for research purposes. In addition, the OMES was divided into separate sections to assess NSOMs and orofacial functions independently, a modification that may have reduced its reliability.

Moreover, breathing, swallowing, and chewing were combined into a single composite score. Although these functions are interrelated and commonly grouped in OMDs (de Felício and Ferreira, 2008; Marchesan et al., 2012), they differ in their developmental trajectories and physiological purposes. Namely, nasal breathing is supposed to stay stable across development, whereas swallowing and chewing continue to refine over time (Almotairy et al., 2018; Borox et al., 2018; Sampallo-Pedroza et al., 2014). Although the composite score may obscure function-specific patterns and distinct associations with speech outcomes, it was retained to preserve sufficient statistical power given the present sample size. Finally, the OMES targets observable behaviors that may not fully represent functional development. For instance, chewing is not assessed through direct measures of masticatory performance, potentially limiting its relevance to speech development.

The selection of a general population sample may be viewed as a limitation, as effects might be stronger in children with identified disorders, and different pathologies might follow distinct developmental trajectories. For example, speech development in children with SSD is unlikely to evolve in the same way as in children with OMDs. However, the choice of a general population sample was deliberate and aimed at capturing a heterogeneous and representative range of developmental variability. The sample includes children with very low to very high performance as well as diverse developmental trajectories, as illustrated by the spaghetti plots. This broad variability likely strengthens the robustness of the statistical model and

enhances the generalizability of the findings. Moreover, the sample size is substantial for a longitudinal study in early childhood and is well suited to the multilevel modeling approach adopted here, which is specifically designed to accommodate smaller samples with repeated measures.

Future research should primarily aim to improve the assessment of orofacial functions through more comprehensive and developmentally appropriate measures. Subsequent studies may extend this work by targeting younger populations or by examining developmental trajectories within the same age range using at least five measurement occasions. This design would allow the evaluation of nonlinear time effects, while larger samples would facilitate more advanced longitudinal analyses, and support replication in clinical populations, including children with SSD or OMDs.

Implications & Conclusion

To our knowledge, this study is among the first to examine longitudinal associations between speech development and nonverbal orofacial functions in young children using standardized observational measures, and to disentangle within-child from between-child effects. Taken together, these findings challenge the widespread assumption that speech, NSOMs, and orofacial functions are tightly linked in early development.

Although all three domains show positive developmental trajectories, their interrelations are selective rather than global. Speech and non-speech voluntary movements are dynamically coupled both across children and within individual developmental trajectories, suggesting that speech development is embedded in broader oral motor control processes. In contrast, orofacial functions show no systematic association with speech and relate to NSOMs only at the within-child level, indicating that shared developmental change within individuals does not translate into stable differences between children. From a theoretical and clinical standpoint, these findings also call

for a reconsideration of how OMDs are conceptualized and assessed. The absence of a robust association between orofacial functions and both speech and NSOMs questions the frequent inclusion of those variables within the OMD framework. More broadly, this study underscores that developmental associations between speech, NSOMs, and orofacial functions are domain-specific and critically dependent on the level of analysis.

Overall, these results do not support the hypothesized triadic model but instead point to partially independent and interdependent oral motor systems that are flexibly organized according to task demands. Further progress in this field will require more reliable assessment methods and larger samples to adequately capture the development of speech, NSOMs, and orofacial functions in early childhood.

Acknowledgments

Data Availability Statement

The data that support the findings of this study are openly available in the Open Science Framework (OSF) at https://osf.io/tgbmp/overview?view_only=043503ab52ad41d1b0f0b367a5b5510a. This link will become public upon acceptance.

Funding & Acknowledgments

This work was supported by the Fond de la Recherche Scientifique F.R.S.-FNRS under Grant FRESH FC49517, awarded to Léonor Piron and Grant FRESH FC40004234 awarded to Morgane Warnier. The authors would like to thank the many children, parents, teachers and principals for their participation and support. They would also like to give special thanks to all the speech-language therapy students who helped with data collection and analysis: Claire Harlet, Elodie Perrin, Laurie Chantry, Fanny Dieu, Victoria Lanero, Gabrielle Mercier, Marguerite Herbillon, and Laure Gigiel. The joint

first authors gratefully acknowledge the support of Wallonie-Bruxelles International for funding both their research stay.

Conflict of Interest Disclosure

No potential conflict of interest is reported by the authors.

Ethics approval statement

The longitudinal observational study was approved by the Research Ethics Committee of the University of Liège's Faculty of Psychology, Speech Pathology and Educational Sciences (reference 2122-068) and the Research Ethics Committee of the University of Liège (B707201940403). All procedures conformed to the Declaration of Helsinki. Informed consent was obtained from parents/guardians prior to participation.

Artificial Intelligence Statement

As the first authors, and main writers, are not native English speakers, ChatGPT was used in a limited and responsible manner during parts of the writing process, primarily to improve wording and grammatical accuracy. No scientific content was generated by artificial intelligence. In addition, the manuscript was thoroughly reviewed and revised by the remaining authors (including one native English speaker). Reference: OpenAI. (2025). ChatGPT (December 2025 version) [Large language model]. OpenAI. <https://openai.com/chatgpt>

Author Contributions

Léonor Piron and Morgane Warnier were responsible for the literature review, study design, project preparation, data collection, database preparation, data analysis, and manuscript writing. Andrea A.N. MacLeod and Christelle Maillart contributed equally to the study design, supervised the study, assisted with the project, and reviewed and revised the manuscript.

Étude 5 - Supplementary material

Scoring details and adaptations

NSOMS – OMES

Each isolated movement was scored on a scale of 1 to 3 and summed to obtain a global score (max 57 points). We followed the scoring protocol but had to refine it to adapt it to young children and to reach sufficient inter-judge reliability. Three points were awarded if the movement was precise without stumbling, or if the child groped for the movement and then succeeded. Two points were awarded if a movement was performed but imprecise, incomplete, or incorrect, with or without tremors, in the presence of associated movements, and if the child groped for the movement for a long time before succeeding. The lowest score, one point, was attributed when the child initiated the movement and intended to perform it but did not achieve the expected result or did not perform the movement at all.

Breathing – OMES :

To ensure scoring reliability, additional instructions were developed for breathing patterns. Nasal breathing (3 points) was defined as maintenance of mouth closure for at 3/4 of the observation time, with effortless labial seal and absence of dyspnoea signs. Mild mouth breathing dysfunction (2 points) was characterised by mouth opening for more than half the observation time, whilst the participant demonstrated the capacity for nasal breathing without signs of fatigue or dyspnoea. Severe mouth breathing dysfunction (1 point) was defined as mouth opening for most of the observation time, accompanied by observable signs of dyspnoea.

Reliability between experimenters, training and repartition

NSOMS and Orofacial Functions were analysed from video recordings, while children's speech productions were transcribed from audio recordings. The two first authors, together with four master's students in speech and language pathology who had received intensive training, were responsible for the full set of analyses. All experimenters were native French speakers.

A dedicated training phase was carried out using 10 OMES videos and 10 EULALIES speech samples drawn from children not included in the study. All experimenters analyzed these 20 recordings blindly, enabling them to consolidate transcription and scoring procedures and to harmonize their application of the criteria.

After training, the 186 video recordings and 188 speech samples were distributed across the team and analyzed collaboratively. To establish inter-rater reliability, 20% of the speech samples—originally transcribed by two of the trained students—were independently re-transcribed by both first authors, who served jointly as reliability raters. Point-by-point agreement was calculated, yielding values above 90%, which is higher than the 85% benchmark commonly reported in the literature (Seifert et al., 2020).

For the OMES assessments, inter-judge reliability was established in the same manner: 20% of the videos rated by the trained students were independently re-assessed by the first authors. Point-by-point agreement again exceeded 90% for both NSOMs and Orofacial Functions.

Summary of Statistical Models

The specific equations used to characterize the developmental trajectories and test for synchronous co-variation are presented below. T_CENTR_{ti} represents the time-centered variable. VD_{ti} represents the score of the dependent variable.

Unconditional (Individual growth curves)	
Model = SPEECH, MOB, or ORO	
Level 1 (Within-Child)	$VD_{ti} = \pi_{0i} + \pi_{1i}(T_CENTR_{ti}) + e_{ti}$
Level 2 (Between-Child)	$\pi_{0i} = \beta_{00} + \gamma_{0i} \quad \pi_{1i} = \beta_{10} + \gamma_{1i}$
Mixed/Combined Equation	$VD_{ti} = \beta_{00} + \beta_{10}(T_CENTR_{ti}) + \gamma_{0i} + \gamma_{1i}(T_CENTR_{ti}) + e_{ti}$
Conditional Model with TVC	
Model = SPEECH ← MOB	
Level 1 (Within-Child)	$SPEECH_{ti} = \pi_{0i} + \pi_{1i}(T_CENTR_{ti}) + \pi_{2i}(MOB_{ti}) + e_{ti}$
Level 2 (Between-Child)	$\pi_{0i} = \beta_{00} + \gamma_{0i} \quad \pi_{1i} = \beta_{10} + \gamma_{1i} \quad \pi_{2i} = \beta_{20}$
Mixed/Combined Equation	$SPEECH_{ti} = \beta_{00} + \beta_{10}(T_CENTR_{ti}) + \beta_{20}(MOB_{ti}) + \gamma_{0i} + \gamma_{1i}(T_CENTR_{ti}) + e_{ti}$
Model = ORO ← MOB	
Level 1 (Within-Child)	$ORO_{ti} = \pi_{0i} + \pi_{1i}(T_CENTR_{ti}) + \pi_{2i}(MOB_{ti}) + e_{ti}$
Level 2 (Between-Child)	$\pi_{0i} = \beta_{00} + \gamma_{0i} \quad \pi_{1i} = \beta_{10} + \gamma_{1i} \quad \pi_{2i} = \beta_{20}$
Mixed/Combined Equation	$ORO_{ti} = \beta_{00} + \beta_{10}(T_CENTR_{ti}) + \beta_{20}(MOB_{ti}) + \gamma_{0i} + \gamma_{1i}(T_CENTR_{ti}) + e_{ti}$
Model = SPEECH ← ORO	
Level 1 (Within-Child)	$SPEECH_{ti} = \pi_{0i} + \pi_{1i}(T_CENTR_{ti}) + \pi_{2i}(ORO_{ti}) + e_{ti}$
Level 2 (Between-Child)	$\pi_{0i} = \beta_{00} + \gamma_{0i} \quad \pi_{1i} = \beta_{10} + \gamma_{1i} \quad \pi_{2i} = \beta_{20}$
Mixed/Combined Equation	$SPEECH_{ti} = \beta_{00} + \beta_{10}(T_CENTR_{ti}) + \beta_{20}(ORO_{ti}) + \gamma_{0i} + \gamma_{1i}(T_CENTR_{ti}) + e_{ti}$

The specific equations used to characterize the developmental trajectories and test for synchronous co-variation are presented below. T_CENTR_{ti} represents the time-centered variable. VD_{ti} represents the score of the dependent variable.

Notation and Key Parameters

The following notation is used throughout the model specifications (detailed below in the summary table):

Symbol	Description	Level
VD_{ti}	Dependent Variable score (SPEECH, MOB, or ORO) for child i at time t .	
T_CENTR_{ti}	Time, centered at 48 months	1
π_{0i}	Level 1 Intercept: predicted value of VD_{ti} at $T_CENTR_{ti}=0$ child i (median status)	1
π_{1i}	Level 1 slope: rate of change/growth over time for child i	1
π_{2i}	Level 1 TVC coefficient: coefficient for time-varying TVC_{ti} for child i	1
β_{00} (fixed)	Fixed intercept: Average median status across all children (Mean of π_{0i})	2
β_{10} (fixed)	Fixed slope: Average rate of change/growth across all children (Mean of π_{1i})	2
β_{20} (fixed)	Fixed effect for the Time-Varying Covariate (TVC). Represents the average synchronous co-variation (the dynamic link)	2
r_{0i} (random)	Random intercept : Variation in medium status (π_{0i}) between participants (Inter-subject variability) $\tau_{00}=\text{Var}(r_{0i})$.	2
r_{1i} (random)	Random slope (Time): Variation in the rate of change/growth (π_{1i}) over time between participants. $\tau_{11}=\text{Var}(r_{1i})$.	2
e_{ti}	Residual error (unexplained variance) at the within-child level	1
TVC_{ti}	The Time-Varying Covariate (e.g., MOB score when SPEECH is the dependent variable)	1

Section 3 : Discussion générale

1. Synthèse des résultats généraux

Les cinq études présentées dans ce travail ont chacune répondu à des objectifs spécifiques, qui rejoignent les deux grands axes de cette thèse : d'une part, explorer l'hypothèse d'un lien entre la parole et les fonctions orofaciales et d'autre part, améliorer la prévention et le dépistage des TSP dans le contexte francophone. D'une façon générale, elles permettent d'approfondir nos connaissances fondamentales de la parole, des fonctions orofaciales et des TSP, mais également d'améliorer notre pratique clinique dans la gestion de ces troubles.

Les trois premières études ont répondu aux objectifs de prévention des TSP. Plus spécifiquement, les études 1 et 2 ont permis de valider des outils pensés pour le dépistage des TSP en français. La validation de l'inquiétude des parents et des enseignants a mis en évidence la force d'une question aussi simple que « se dire inquiet », a démontré l'intérêt de prendre en compte l'avis des enseignants et de le croiser avec celui des parents. Cette question a été pensée pour compléter les bilans, qui observent la parole de façon objective, avec des informations subjectives permettant de détailler davantage les observations. Elle prendra principalement sa place dans l'anamnèse et dans le dépistage des TSP, en amont du bilan.

La deuxième étude s'est consacrée à la validation et au développement de scores seuils de la version francophone de l'ICS. Cette contribution enrichit l'évaluation des TSP sur deux plans : elle fournit un nouveau moyen de dépistage valide, normé et facile d'utilisation, tout en offrant un premier moyen d'observer les impacts fonctionnels des TSP. Ici aussi, cet outil a été pensé pour compléter les bilans avec des informations subjectives permettant de détailler davantage les observations. Ce questionnaire trouvera principalement son utilité dans les anamnèses, où il peut être proposé aux parents lors du premier entretien. Il peut également

participer aux routines d'évaluation. Les études 1 et 2 se complètent : les deux outils développés et validés facilitent le dépistage précoce des TSP. En mettant ces outils entre les bonnes mains, ils ont le potentiel d'améliorer notre détection précoce de l'un des troubles les plus fréquents de la pratique logopédique.

L'étude 3 s'est consacrée à une autre dimension de l'évaluation des TSP : le diagnostic différentiel. Elle a mis en évidence et rappelé l'importance de multiplier les sources d'observation pour pouvoir dissocier des troubles proches. Qu'il s'agisse de la multiplication des outils ou des indices, il est généralement plus efficace et fiable de s'appuyer sur un ensemble d'informations que sur une source unique. Cette étude a particulièrement mis en évidence la supériorité des indices globaux, mais précis, tels que le PCC ou le nombre de mots corrects, par rapport à la cotation binaire traditionnelle. Elle a surtout montré la présence réelle de trois profils distincts : les TDL, les TSP et les TDL+TSP, justifiant de conférer aux doubles profils une appellation qui ne les englobe ni sous « TDL » ni sous « TSP » uniquement, mais qui est représentative de leurs caractéristiques : « TDL+TSP ». Enfin, nous voyons dans cette étude un exemple de valorisation des tests existants : plutôt que de créer une nouvelle tâche, cette étude a développé de nouvelles normes et métriques applicables aux tâches déjà disponibles.

En résumé, les trois premières études ont participé à la prévention des TSP : ils ont fourni des moyens de dépistage, établi des normes spécifiques pour les enfants francophones d'âge préscolaire et amélioré le diagnostic différentiel. Toutefois, leur portée peut dépasser ce cadre. En effet, une contribution majeure de cette thèse est le corpus d'échantillons de parole constitué : 215 échantillons validés et transcrits (52 TSP, 28 TSP avec comorbidités, 135 enfants au développement typique) seront prochainement disponibles sur PhonBank, une plateforme d'accès libre dédiée au partage de

corpus de parole. Notre corpus pourra encore servir dans de futures études sur le développement de la parole et les TSP, notamment pour la création de normes pour l'outil EULALIES version courte (Meloni et al., 2025a).

Les études 4 et 5 revêtaient un objectif et une approche de nature plus fondamentale : explorer l'hypothèse d'un lien entre la parole et les fonctions orofaciales. Elles constituent en ce sens les travaux qui ont principalement motivé cette thèse et rendu possible la réalisation des études 1, 2 et 3. Bien que les études 4 et 5 explorent la même question et partagent un fondement commun, elles proposent des approches différentes et aboutissent à des résultats divergents. L'étude 4 a adopté une méthodologie transversale, à partir d'un échantillon composé d'enfants au développement typique et d'enfants présentant des TSP. Les résultats rapportent un fonctionnement orofacial différent selon la présence ou l'absence de TSP, suggérant que les enfants avec des TSP montrent de moins bonnes compétences orofaciales. De même, les résultats suggèrent un potentiel lien direct entre la parole et les fonctions orofaciales, ainsi qu'une médiation plus robuste via les NSOMs. L'étude 5 a adopté une méthodologie longitudinale, à partir d'un échantillon diversifié et écologiquement représentatif, où le développement typique n'a pas été dissocié du développement atypique. Par son design longitudinal, l'étude 5 permet une observation des relations entre la parole, les fonctions orofaciales et les NSOMs *au cours du développement*. Les résultats témoignent d'une relation développementale solide entre la parole et les NSOMs et d'un couplage dynamique entre les NSOMs et les fonctions orofaciales. En revanche, les fonctions orofaciales ne semblent pas influencer le développement de la parole. Les études 4 et 5 peuvent ainsi sembler contradictoires ; notre discussion argumentera en quoi elles sont en réalité complémentaires. De façon plus générale, ces deux études sont, à notre connaissance, la première série de travaux et le premier projet qui explorent cette question sous un axe transversal et longitudinal.

À partir de ces cinq études, nous allons à présent livrer une interprétation plus globale de nos résultats, en discutant leurs implications générales sur l'état actuel des connaissances, tout en considérant leurs limites et leurs perspectives. En suivant une progression du fondamental vers l'appliqué, à l'inverse de la façon dont nous avons présenté nos objectifs et études, nous discuterons tout d'abord des résultats et études qui ont exploré les liens entre la parole et les fonctions orofaciales, puis des résultats et études qui répondaient à nos objectifs de prévention, de dépistage et d'évaluation des TSP. Nous terminerons ensuite par la conclusion de cette thèse.

2. De recherche fondamentale : explorer les liens entre la parole et les fonctions orofaciales

La question de recherche principale de cette thèse a abordé une hypothèse parfois rencontrée en clinique, et encore largement débattue dans la littérature scientifique : l'idée que la parole et les fonctions orofaciales se développent en étroite relation. Quarante années de recherche, de multiples études aux méthodologies et conceptualisations variées n'ont pas encore permis de répondre définitivement à cette question. Notre revue de la littérature a notamment mis en évidence la multiplicité des approches : la voie biologique, la voie neurologique, les modèles de production de la parole et les données empiriques issues de la clinique. Notre introduction a également soulevé des perspectives pour explorer cette question sous un angle différent : privilégier la tranche d'âge préscolaire, qui offre une fenêtre d'étude particulièrement pertinente, explorer la possibilité d'un lien indirect médié par les compétences motrices sous-jacentes, adopter une approche empirique rigoureuse, choisir des outils évitant les biais circulaires et examiner cette question sous diverses facettes afin d'en obtenir l'observation la plus complète possible. C'est à travers l'identification de ces perspectives que notre projet de thèse a pris sens : *l'hypothèse d'un lien entre la parole et les fonctions orofaciales trouverait-elle davantage de réponses en modifiant ces paramètres ?*

Pour intégrer ces perspectives, nous avons fait le choix délibéré d'étudier cette question à travers une approche multi-méthodes, comprenant deux études quantitatives aux designs complémentaires. Pour rappel, cette approche permet d'appréhender le phénomène via deux niveaux de lecture complémentaires : l'un renseignant sur un état (étude transversale), l'autre sur un processus évolutif (étude longitudinale), offrant ainsi une vision plus complète qu'une étude unique n'aurait pu fournir. Néanmoins, cette approche comporte des risques qu'il convient de reconnaître. Le premier est la potentielle divergence des résultats entre les deux études qui peut

complexifier l'interprétation. Le deuxième est la variabilité introduite par des différences méthodologiques entre les deux études qui peuvent constituer une source de confusion dans la lecture des résultats. Enfin, l'interprétation de résultats non convergents exige une prudence analytique accrue.

Les conclusions de l'étude 4 et de l'étude 5 ne convergent pas uniformément vers l'existence d'un lien entre la parole et les fonctions orofaciales, l'étude 5 ne corroborant pas pleinement les résultats de l'étude 4. Nous choisissons néanmoins de ne pas nous en tenir à ce seul constat de divergence. Au contraire, nous voyons dans ces résultats une certaine complémentarité : plutôt que de s'annuler, ils s'articulent pour offrir une vision plus nuancée et plus complète du phénomène.

2.1. Des résultats divergents : quelles explications ?

Avant d'aborder la complémentarité des deux études et d'en proposer une lecture commune, nous souhaitons revenir sur leurs points de divergence. Pour mettre en parallèle nos deux études, nous confronterons les données statistiquement comparables, basées sur les mêmes variables globales (PCC, fonctions orofaciales et NSOMs) : d'une part, les corrélations partielles et régressions multiples (Étude 4) ; d'autre part, les corrélations et modèles TVC conditionnés (Étude 5). Ces analyses livrent en effet des résultats qui portent sur l'ensemble de l'échantillon, sans le dissocier en groupes.

Transversal et longitudinal

Abordons tout d'abord l'évidence que, par leur nature intrinsèquement différente, les approches transversale et longitudinale offrent des lectures distinctes d'un même phénomène. Selon le prisme adopté, il est donc compréhensible que les associations entre la parole, les fonctions orofaciales et les NSOMs ne s'expriment pas de manière identique. En effet, la modélisation du temps dans les deux études est une différence fondamentale, qui se répercute sur l'interprétation des résultats.

L'étude transversale (étude 4) traite l'âge comme une co-variable et donc une « variable de contrôle » (Shadish et al., 2002). Dans notre cas, elle cherche à savoir si le lien entre la parole, les fonctions orofaciales et les NSOMs existe *indépendamment* de l'âge. L'âge est « lissé » dans l'échantillon pour comparer les individus comme s'ils avaient tous le même âge (Shadish et al., 2002). Pour cette raison, les analyses transversales capturent une « photographie » des associations inter-individuelles au sein d'un échantillon, mais restent par définition silencieuses sur la dynamique des liens. À l'inverse, les modèles mixtes longitudinaux ne se contentent pas d'ajuster l'effet de l'âge comme une co-variable. Ils s'appuient sur une modélisation multi-niveaux où l'âge est traité de façon continue. Dans ce cas, l'âge constitue le niveau de variation principal et est le support de la trajectoire. Selon l'approche de Singer et Willett (2003), cette méthode permet de dissocier la variabilité *inter-individuelle* (les différences entre les enfants) de la dynamique *intra-individuelle* (le changement propre à chaque enfant). Cela aura comme conséquence que nous pourrions observer la trajectoire de chaque enfant à travers le temps (voir Figure 1, Étude 5) et tester la synchronie entre les domaines. Cette approche par modèles mixtes est mathématiquement plus exigeante (Raudenbush & Bryk, 2002) : elle impose que le lien soit assez robuste pour ne pas seulement se manifester comme une co-occurrence statistique au sein d'un groupe, mais comme un véritable moteur de changement au cœur du développement individuel.

Ainsi, à la différence de l'étude transversale qui identifie une structure d'association globale, l'approche longitudinale éprouve la stabilité de ces liens au cours de la maturation. Cette distinction est fondamentale : une association peut être significative dans l'étude 4 sans pour autant être confirmée dans l'étude 5, si l'évolution de l'un ne dicte pas strictement la trajectoire de l'autre au fil du temps. En d'autres termes, là où l'étude 4 nous indique que « *qui se ressemble s'assemble* » en figeant une proximité de compétences, l'étude 5 interroge : « *est-ce qu'ils grandissent ensemble ?* ». C'est précisément cette nuance que la modélisation TVC permet de capturer.

Population et méthode

Au-delà du choix des modèles statistiques (longitudinal vs transversal), les divergences de résultats peuvent également être liées aux choix méthodologiques. Nous avons volontairement cherché à limiter les biais de confusion en procédant à une harmonisation rigoureuse de nos deux études. Ainsi, le même matériel et le même protocole d'évaluation ont été scrupuleusement appliqués dans les deux volets (mêmes tests, même ordre de passation). Nous avons également ciblé des échantillons comparables en termes d'âge, de niveau socio-économique et de répartition de genre. Cette volonté d'unification s'est étendue aux critères d'inclusion et d'exclusion, ainsi qu'aux tests de contrôle. Enfin, la procédure de traitement des données a été standardisée, depuis la phase d'entraînement jusqu'au traitement effectif, ce qui nous a permis d'obtenir des niveaux de fidélité inter-juges très satisfaisants et constants d'une étude à l'autre (se maintenant autour de 90 %).

En revanche, une différence structurelle majeure réside dans la dissociation (ou non-dissociation) de nos échantillons en sous-groupes. L'étude 4 a été délibérément construite sur un contraste entre un groupe d'enfants présentant un TSP ($n=50$) et un groupe au développement typique ($n=118$). À l'inverse, l'étude 5 a volontairement évité cette scission afin de privilégier une approche plus écologique et de capturer une étendue représentative de la variabilité développementale. Si cette large variabilité est un atout pour la robustesse des modèles et la généralisabilité des résultats, la composition de l'échantillon reste une piste pour expliquer nos divergences.

En effet, l'une des hypothèses subsidiaires concernant l'association entre les fonctions orofaciales et la parole est que ce lien s'exprimerait de façon plus saillante dans la pathologie, faisant de celle-ci le terrain idéal pour son observation. En ce sens, l'étude 4 semble confirmer cette intuition : d'une part, les résultats sur l'ensemble de l'échantillon font davantage ressortir un

lien potentiel ; d'autre part, les analyses prenant en compte le facteur « groupe » (comme les MANCOVA) révèlent une différence des performances orofaciales entre les enfants TSP et ceux au développement typique, avec une taille d'effet moyenne. Ainsi, la concentration de profils pathologiques dans l'étude 4 pourrait expliquer pourquoi un lien direct et indirect ressort dans ce volet et non dans l'étude 5.

Toutefois, ce constat doit être nuancé. Même si l'étude 5 n'a pas décomposé son échantillon en groupes distincts, elle inclut des enfants aux performances très contrastées et aux trajectoires diverses, comme l'illustrent les graphiques en « spaghetti plots » (Figure 1, Étude 5). Nous avons d'ailleurs identifié une dizaine d'enfants dont le profil était évocateur d'un TSP. Pour respecter notre volonté d'observer la variabilité dans toute son hétérogénéité, nous avons fait le choix de ne pas dissocier les 64 enfants en deux groupes. Dès lors, si notre échantillon n'a pas officiellement identifié de groupe pathologique, il présente une variabilité similaire à celle de l'étude 4. L'Annexe 3 présente d'ailleurs une comparaison des indices de variabilité pour les trois domaines dans les deux études. Les deux échantillons offrent une dispersion analogue (voir les écarts-types globaux) malgré leurs différences de structure.

Puissance

Une dernière manière d'interpréter les divergences entre les deux études consiste à envisager la puissance atteinte et les risques d'erreurs statistiques de modèle, en lien avec leurs tailles d'effet (voir Tableau 3⁵). Dans l'étude 4, les modèles transversaux ont bénéficié d'un échantillon large ($n = 168$) et d'un cadre statistique relativement simple. Cette configuration permettait de détecter des effets faibles avec une puissance correcte.

⁵ La taille d'effet est exprimée en r partiel, qui reflète la relation entre chaque prédicteur spécifique et la variable dépendante, en contrôlant l'effet des autres prédicteurs du modèle. Il ne s'agit donc pas d'une estimation de la variance totale expliquée par le modèle, mais bien de la contribution propre de chaque prédicteur. La puissance statistique ($1-\beta$) a été estimée a posteriori à partir des tailles d'effet et des degrés de liberté de chaque modèle.

Cependant, certaines hypothèses de la régression linéaire étaient violées (notamment l'homoscédasticité). Cette violation rend les estimations des erreurs standard peu fiables, ce qui peut compromettre la validité des tests de significativité et introduire une incertitude sur la robustesse des effets détectés. À l'inverse, dans l'étude 5, les modèles TVC longitudinaux reposaient sur un échantillon plus restreint ($n = 64$) et sur une modélisation multiniveau plus exigeante. Le tableau 3 ci-dessous leur confère d'ailleurs une puissance plus modérée, sauf pour le modèle TVC 1. Dans ce contexte, les modèles longitudinaux sont moins exposés au risque d'erreur de type I, mais présentent en revanche un risque accru d'erreur de type II pour les effets faibles, c'est-à-dire de ne pas détecter un lien lorsque celui-ci existe.

Tableau 3. Tailles d'effet et puissance des 3 modèles de régression linéaires multiples (Étude 4) et des 3 modèles TVC (Étude 5)

Modèle	Relation testée	Valeur p	Taille d'effet (r partiel)	Puissance (1-β)	Interprétation
Étude 4					
1	NSOMS → SPEECH	<.001	.35	>.95	Effet modéré, puissance élevée.
2	NSOMS → FCT	<.001	.35	>.95	Effet modéré, puissance élevée.
3	FCT → SPEECH	.015	.19	0.70	Effet faible, mais significatif ; puissance modérée.
Étude 5					
1 (TVC)	NSOMS → SPEECH	.001	.35	.87	Effet modéré, puissance correcte.
2 (TVC)	NSOMS → FCT	.026	.18	.54	Effet faible, puissance limitée ; risque type II élevé.
3 (TVC)	FCT → SPEECH	.82	.02	.53	Effet très faible ou absent ; puissance insuffisante pour petits effets ; risque type II élevé.

2.2. Les liens entre la parole et les fonctions orofaciales : une proposition d'interprétation

Compte tenu de la multiplicité des facteurs expliquant les divergences entre l'étude 4 et l'étude 5, il apparaît délicat d'adopter une position assertive quant à l'existence ou la non-existence de certains liens. Ces éléments nous invitent à une certaine prudence. Nous présenterons les résultats de nos analyses non comme des conclusions définitives, mais comme des propositions d'interprétation fondées sur la mise en perspective de nos données.

Compétences motrices orales et parole

Commençons par le plus univoque : les compétences motrices orales, étudiées au travers des NSOMs, ont montré dans les deux études une influence, tant statique que dynamique, sur la production de la parole à l'âge préscolaire. Que ce soit dans les analyses transversales ou longitudinales, aux niveaux inter- et intra-individuel, les NSOMs et la parole présentent des interdépendances. Nous avons posé une direction hypothétique à ce lien qui était que les NSOMs influenceraient la parole, et non l'inverse. Les résultats des études 4 et 5 semblent aller dans ce sens, ce qui rejoint plusieurs travaux. Tout d'abord, nos observations soutiennent les données empiriques et les théories qui suggèrent un rôle du contrôle moteur fin et des habiletés sensorimotrices dans la production de la parole (Kent, 2015, 2024 ; Menn et al., 2013 ; Wilson et al., 2008). Ensuite, l'influence des compétences motrices orales sur la production de la parole s'inscrit dans le cadre des représentations phonologiques multidimensionnelles (McAllister et al., 2016 ; Munson et al., 2005 ; Pathi & Mondal, 2021 ; Redford, 2019).

Sans entrer dans le débat relatif à l'utilité clinique des NSOMs, nous suggérons que les relations entre les compétences motrices orales et la parole pourraient être présentes dès la petite enfance, justifiant ainsi des recherches spécifiquement ciblées sur les populations préscolaires. Nous partageons le

point de vue de Björeljus et al. (2025) suggérant que le manque de soutien empirique pour ces tâches (c'est-à-dire les NSOMs) a pu contribuer à une sous-représentation et une sous-investigation du rôle des compétences motrices orales dans la recherche sur la parole. Le débat en cours autour des NSOMs ne devrait pas entraver l'investigation des relations développementales plus larges entre motricité et parole.

En conclusion, sur la base de la convergence des deux études, nous soutenons l'existence d'un lien développemental entre les compétences motrices orales et la parole à l'âge préscolaire.

Compétences motrices orales et fonctions orofaciales

Les compétences motrices orales ont également montré des associations avec les fonctions orofaciales, bien que celles-ci soient moins univoques. L'étude 4 a mis en évidence que les NSOMs prédisaient les fonctions orofaciales. L'étude 5 a quant à elle révélé une relation au niveau intra-individuel, mais une absence de relation au niveau inter-individuel : lorsqu'un enfant progressait dans ses compétences motrices orales, ses fonctions orofaciales s'amélioraient parallèlement. Cependant, ces améliorations restaient propres à chaque enfant et ne permettaient pas d'expliquer les différences de trajectoires entre enfants. Autrement dit, dans l'étude 5, la variabilité inter-individuelle dans le développement des NSOMs et des fonctions orofaciales ne s'expliquerait pas mutuellement.

Bien que ces résultats ne soient pas entièrement convergents et que l'étude 5 ne met pas en évidence de lien au niveau inter-individuel, nous considérons qu'ils vont globalement dans le sens d'une potentielle relation entre les NSOMs et les fonctions orofaciales. Dans l'article 5, nous avons expliqué pourquoi la relation au niveau intra-individuel ne différenciait pas, à terme, les enfants dans leur développement. Toutefois, nous n'avons pas encore mis en perspective les résultats de l'étude 4.

Nous commencerons par aborder l'absence de lien significatif au niveau inter-individuel dans l'Étude 5. Sur le plan statistique, ce résultat peut être attribué à un manque de puissance pour ce niveau d'analyse et cette relation spécifiquement. Les corrélations obtenues entre les fonctions orofaciales et les NSOMs étaient en effet faibles ($.19 < r < .23$) et la puissance calculée s'avère insuffisante pour détecter des effets de cette magnitude (voir étude 5, partie « Results »). Ce déficit de puissance majore le risque d'erreur de type II, suggérant que l'étude aurait pu échouer à mettre en évidence un lien existant, mais ténu. La relation quasi significative observée entre les intercepts ($p=.058$) est encourageante en ce sens : elle indique une tendance qui plaide davantage pour une question de seuil de significativité non atteint que pour une absence réelle d'association. En d'autres termes, il est possible qu'un échantillon un peu plus large puisse favoriser l'émergence du lien.

Cette interprétation prend d'ailleurs tout son sens lorsqu'on la met en perspective avec les autres résultats. L'Étude 4 a mis en évidence une relation avec une puissance robuste et une taille d'effet modérée (r partiel = $.35$) pour la régression linéaire, bien que la violation de l'homoscédasticité impose une certaine prudence dans l'interprétation. Ensuite, le modèle TVC 2 de l'étude 5 a mis en évidence une relation intra-individuelle significative ($p=.026$). Le fait que cette relation émerge malgré une puissance limitée ($1-\beta = .54$) est un indice de robustesse : un effet capable de franchir le seuil de significativité avec une chance sur deux de détection est rarement le fruit du hasard, ce qui limite ici le risque d'erreur de type I.

L'ensemble de ces observations nous encourage à considérer comme plausible l'interdépendance entre les compétences motrices orales et les fonctions orofaciales. L'absence de lien au niveau inter-individuel dans l'Étude 5 peut ainsi être interprétée comme une tendance réelle, mais dont l'expression statistique reste trop fragile pour être capturée de manière systématique par nos modèles de corrélations actuels.

Il convient de souligner que les études 4 et 5 ont postulé un lien directionnel allant des NSOMs vers les fonctions orofaciales. Conformément à nos hypothèses et par analogie pour les résultats NSOMs-parole, ces observations semblent refléter l'influence déterminante du contrôle moteur fin et des habiletés sensorimotrices (Green et al., 1997 ; Meyer, 2008 ; Sampallo-Pedroza et al., 2014 ; Wilson et al., 2008). Ce phénomène s'inscrirait dans la dynamique globale de maturation motrice caractéristique de l'âge préscolaire. Toutefois, bien que nous ayons adopté ce sens de causalité, une influence réciproque reste envisageable : les fonctions orofaciales pourraient, en retour, participer à l'affinement des compétences motrices globales. Tester cette bidirectionnalité dans de futures recherches permettrait de déterminer si ce lien relève d'une maturation systémique du développement ou d'une influence exclusive des compétences motrices.

En conclusion, nous jugeons plausible l'existence d'un lien entre les compétences motrices orales et les fonctions orofaciales. Le couplage dynamique au niveau intra-individuel est un indicateur important de relations développementales qu'entretiennent ces deux domaines.

Parole et fonctions orofaciales

Nos deux études livrent des résultats davantage divergents en ce qui concerne le lien entre la parole et les fonctions orofaciales. L'étude 4 rapporte un lien faible, mais significatif entre ces deux domaines, tandis que l'étude 5 n'observe aucune relation, ni au niveau intra-individuel, ni au niveau inter-individuel. En d'autres termes, les fonctions orofaciales ne semblent exercer aucune influence sur la trajectoire développementale de la parole ni pour chaque enfant individuellement ni à l'échelle de l'échantillon. Plusieurs interprétations peuvent être envisagées.

Une première piste consiste à considérer que le résultat de l'étude 4 reflète un effet statistiquement fragile. L'association observée est d'une taille d'effet faible ($r_{\text{partiel}}=.19$) et repose sur un modèle dont certains postulats n'étaient pas pleinement respectés, comme l'homoscédasticité. Si les coefficients de régression demeurent théoriquement non biaisés dans ce contexte, l'hétéroscédasticité peut compromettre la validité des tests de significativité et introduire une incertitude sur la robustesse des effets détectés. Le fait que l'hétéroscédasticité et la non-normalité n'aient pas été interprétées comme des obstacles pour les précédentes associations s'explique par deux raisons : d'une part, les résultats de l'étude 4 présentaient une taille d'effet et une puissance bien plus grandes pour les autres associations ; d'autre part, ces résultats étaient très significatifs et corroborés par l'étude 5. Dans le cas présent, l'étude 4 est la seule à mettre en évidence un lien entre la parole et les fonctions orofaciales, qui s'avère fragile et doté d'une puissance plus faible que les autres relations. En effet, contrairement à la relation entre les NSOMs et les fonctions orofaciales qui persistait sous la forme de tendance ou d'effet intra-individuel dans l'étude 5, le lien entre les fonctions orofaciales et la parole ne se maintient pas lorsque l'on change de méthodologie.

Il est donc envisageable que l'effet observé dans l'étude 4 corresponde à une surestimation statistique d'une association en réalité inexistante ou négligeable. L'absence d'association dans l'étude 5, couplée à un effet observé pratiquement nul ($r \approx .02$), avec une puissance de .53, suggère que l'influence des fonctions orofaciales sur la trajectoire de la parole est probablement inexistante. Dans cette perspective, les conclusions de l'étude 5 semblent refléter la réalité biologique et développementale plus fidèlement que ne le font celles de l'étude 4. Ces observations de non-association s'inscrivent dans la lignée de travaux remettant en question l'interdépendance directe de ces deux domaines (Ito et al., 2024 ; Moore et al., 1988 ; Rvachew & Brosseau-Lapré, 2018 ; Whalen, 2019).

Une deuxième lecture consiste à repartir de la distinction entre approche transversale et longitudinale exposée au point 2.1. L'étude transversale identifie une structure d'association globale (« qui se ressemble s'assemble »), tandis que l'approche longitudinale interroge la stabilité de ce lien au cours du développement (« est-ce qu'ils grandissent ensemble ? »). Appliquée à la relation entre la parole et les fonctions orofaciales, cette distinction suggère que nous serions face à un phénomène de co-occurrence sans lien développemental proprement dit. Les enfants qui performant bien en parole auraient également tendance à bien performer en fonctions orofaciales, et inversement, non parce qu'un domaine influence l'autre, mais parce qu'un fond commun les avantage ou les désavantage simultanément dans les deux. Ce fond partagé pourrait être d'ordre biologique (muscles et fonctions sensorielles impliqués à la fois dans la parole et dans les fonctions orofaciales), développemental (maturité globale plus ou moins avancée), ou encore refléter une comorbidité de fragilités. Cette lecture est d'ailleurs cohérente avec les autres résultats de l'étude 4, qui montrent que les enfants avec un TSP présentaient des performances significativement inférieures en déglutition et en mastication. Dans cette perspective, les difficultés ne s'influenceraient pas nécessairement, elles coexisteraient à cause de fonds partagés. Ceci fait écho à la notion de comorbidités. De même que le TDL, les difficultés en lecture et la dyslexie développementale ont été identifiées comme des comorbidités des TSP (Eadie et al., 2015 ; Hayiou-Thomas et al., 2017 ; Rodgers et al., 2023 ; Tambyraja et al., 2020), les atteintes des fonctions orofaciales pourraient en constituer une nouvelle.

Une troisième explication combine le niveau de granularité des variables choisies pour la parole et les fonctions orofaciales et la sensibilité statistique respective des deux études. Les modèles principaux des deux études (c'est-à-dire les régressions et corrélations partielles dans l'étude 4 ainsi que l'ensemble des modèles de l'étude 5) ont analysé la parole via le

PCC, un indice global de précision, et non des mesures plus fines comme la précision d'un phonème spécifique, d'une classe de phonèmes ou l'analyse d'erreurs particulières. De même, les fonctions orofaciales ont été évaluées au moyen d'un score composite généraliste, sans analyse isolée de fonctions spécifiques. Ainsi, parole et fonctions orofaciales ont été appréhendées à travers des indices globaux, offrant une vision synthétique des performances plutôt qu'une analyse détaillée des mécanismes sous-jacents. Le choix du niveau d'analyse a néanmoins une influence sur notre interprétation.

L'étude 4, avec un échantillon large ($n = 168$) et un cadre statistique relativement simple, disposait d'une puissance modérée, mais suffisante pour identifier un effet de petite taille entre deux variables globales (puissance = .70, Tableau 1, Modèle 3). L'étude 5, en revanche, était plus exigeante statistiquement. Or, avec une puissance de .53 (Tableau 1, Modèle 3 TVC), le dispositif longitudinal n'était probablement pas suffisamment calibré pour mettre en évidence un lien au départ de variables composites. Dans cette perspective, il est possible que la relation ne soit pas absente, mais que les conditions de détection n'aient pas été réunies dans l'Étude 5 pour la révéler. Il n'est dès lors pas à exclure qu'une association existe à un niveau plus fin comme entre une fonction orofaciale particulière et une catégorie phonétique spécifique, par exemple.

En conclusion, face à la complexité des divergences observées, nous nous positionnons en faveur d'une absence de lien causal direct entre les fonctions orofaciales et la parole. L'absence de toute association développementale dans l'étude 5 est cohérente avec cette interprétation, même si la puissance limitée du modèle invite à ne pas la tenir pour définitive. Nous suggérons plutôt que la relation observée entre ces deux domaines serait de nature concomitante : les deux systèmes partageraient un fond commun qui les associe à un temps T, sans qu'il existe pour autant une influence

développementale directe des fonctions orofaciales sur la parole. On rejoindrait davantage la notion de comorbidité qu'une relation développementale.

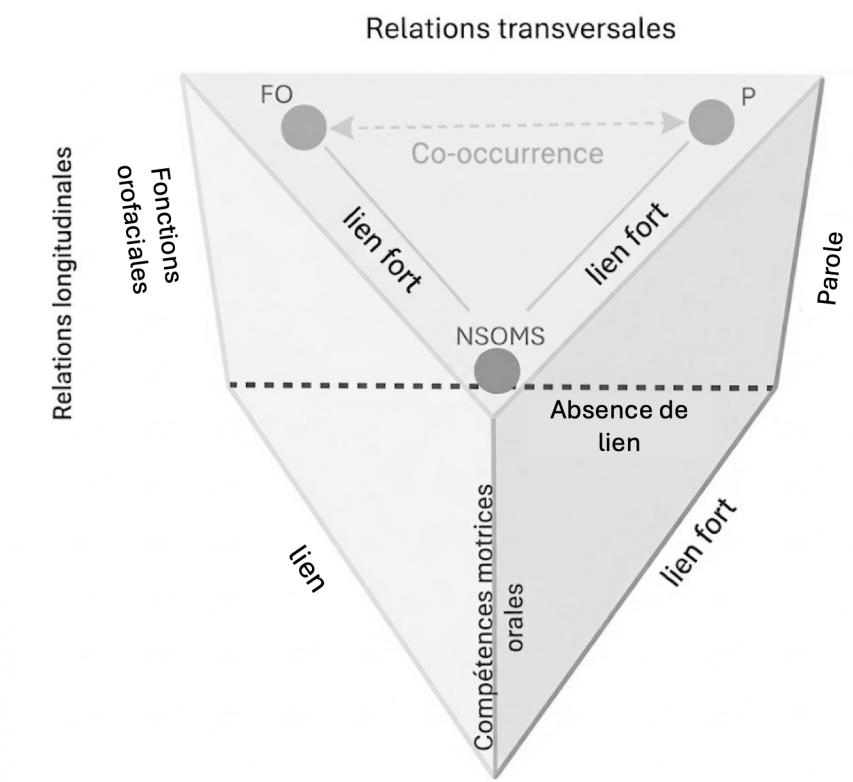
Pour conclure

En résumé, la confrontation des études 4 et 5 permet de dégager une interprétation distincte pour chaque relation considérée :

- 1) Le lien entre les compétences motrices orales et la parole est le plus robuste : convergent dans les deux études, aux niveaux inter- et intra-individuel, il soutient l'existence d'un lien développemental entre les compétences motrices orales et la production de la parole à l'âge préscolaire.
- 2) La relation entre les compétences motrices orales et les fonctions orofaciales est plus nuancée, mais reste plausible. Le couplage dynamique intra-individuel observé dans l'étude 5, conjugué à la prédiction significative de l'étude 4, suggère une interdépendance développementale entre ces deux domaines. Les limites de puissance des modèles longitudinaux invitent à ne pas écarter cette association.
- 3) C'est la relation entre la parole et les fonctions orofaciales qui appelle le plus de réserves. En l'absence de toute association développementale dans l'étude 5 et face à la fragilité statistique du lien observé dans l'étude 4, nous concluons à l'absence probable d'un lien causal direct entre ces deux domaines. La co-occurrence observée reflèterait davantage une comorbidité ou un fond commun, biologique ou développemental, qu'une influence directe des fonctions orofaciales sur la parole.

Ainsi, nous proposerons que les liens entre la parole et les fonctions orofaciales ne soient pas directs, mais médiés : ils semblent transiter au moins par les compétences motrices orales, que nous avons identifiées comme des compétences sous-jacentes au développement de la parole et des fonctions orofaciales (Wilson et al., 2008). Nous avons modélisé notre proposition dans la figure 15. Ces conclusions restent des propositions interprétatives ; des recherches futures, avec des échantillons plus larges et des mesures plus fines, permettront de les éprouver.

Figure 15. Modélisation des relations transversales et longitudinales entre la parole, les fonctions orofaciales et les compétences motrices orales



Notes. La surface supérieure du prisme représente les relations transversales et les surfaces latérales, les relations longitudinales. FO = fonctions orofaciales ; P = parole ; NSOMS = compétences motrices orales.

2.3. Positionner nos propositions dans le débat actuel

Le débat autour d'une association entre les fonctions orofaciales et la parole reste à ce jour ouvert et investigué par des approches multiples. Dans ce contexte, nous avons fait le choix de suivre l'approche par les données empiriques issues de la clinique et des populations pathologiques. Ce cadre nous a conduite à ne pas explorer uniquement l'hypothèse d'un lien direct entre ces deux domaines, mais également celle d'un lien indirect, médié par des compétences motrices orales sous-jacentes. C'est depuis cette position que nous proposons de situer nos résultats dans la littérature existante. Pour ce faire, nous limiterons la comparaison aux études similaires, qui ont exploré cette association à partir de mesures applicables en clinique, comme les nôtres. Dans cette approche, nous nous limiterons plus particulièrement aux études qui ont abordé la question dans le même sens que notre étude 4 : *quelles sont les conséquences orofaciales observables en présence d'un TSP ?*

Divergences autour du lien direct : une lecture nuancée

Mises ensemble, nos deux études n'ont pas soutenu l'hypothèse d'un lien développemental direct entre les fonctions orofaciales et la parole. Ce résultat ne converge pas avec celui de Mogren et al. (2020) qui avaient observé des associations directes entre ces deux domaines. En revanche, il converge partiellement avec celui de Björeljus et al. (2025). Avant d'interpréter ces divergences, il convient de pointer les caractéristiques méthodologiques des études.

L'étude de Mogren et al. (2020) partage avec nos études l'utilisation du PCC comme mesure de la parole, mais diffère dans le choix de l'outil d'évaluation des fonctions orofaciales. Là où nous avons eu recours à l'OMES (de Felício & Ferreira, 2008), Mogren et al. ont utilisé le NOT-S (Bakke et al., 2007). Ces deux instruments se distinguent non seulement par leur finalité clinique (diagnostic versus dépistage), mais aussi par leur contenu. De façon

notable, le NOT-S intègre une évaluation de la parole, ce qui introduit un risque de biais circulaire dans l'étude du lien entre parole et fonctions orofaciales. Par ailleurs, les deux études divergent sur la tranche d'âge ciblée et les profils de TSP inclus. Mogren et al. ont recruté des enfants d'âge scolaire et des adolescents, une population qui inclut nécessairement des profils de TSP persistants. Nos études, en revanche, portaient sur une population préscolaire aux profils de TSP variés et non persistants par définition, puisque la persistance ne peut s'évaluer qu'avec le recul du temps. Ces différences rendent délicate toute conclusion tranchée sur une convergence ou une divergence des résultats.

L'étude de Björeljus et al. (2025) s'est concentrée spécifiquement sur la fonction de mastication. Ici aussi, nous notons des différences importantes au niveau de la méthodologie. Björeljus et al. ont ciblé l'efficacité masticatoire à l'aide du test du chewing-gum. Nos études ont donné une observation globale et subjective de la mastication via l'OMES (et le sous-test « mastication » de l'OMES dans l'étude 4). Une autre différence notable concerne la composition de l'échantillon : l'étude de Björeljus et al. a intégré majoritairement des TSP de type « moteur » alors que nous n'avons pas imposé de sous-classification dans notre échantillon. Si notre étude 4 avait bien identifié une association entre la parole et la mastication, nous l'avons finalement interprétée comme une co-occurrence plutôt que comme une association développementale. En parallèle, Björeljus et al. n'ont pas retrouvé de lien direct entre la mastication et la parole dans la tranche d'âge préscolaire, mais ont mis en évidence une association significative chez les enfants plus âgés (7–9 ans) et sur l'ensemble de l'échantillon. (4–9 ans). Ce résultat rejoint par ailleurs celui de Mogren et al. (2020).

La comparaison de nos études avec celles de Mogren et al. (2020) et de Björeljus et al. (2025) met en évidence une hétérogénéité méthodologique

importante, y compris au sein d'une même approche empirique et d'un même sens d'exploration. Cette diversité autour des outils, populations et tranches d'âge complexifie l'interprétation univoque des résultats. Elle met également en évidence que la tranche d'âge préscolaire reste très peu explorée, lacune que nos études ont cherché à combler. Björeljus et al. (2025) s'y sont partiellement intéressés, mais en se limitant à la seule fonction de mastication. En revanche, l'âge scolaire a été davantage documenté et c'est dans ces groupes plus âgés que des associations significatives ont été rapportées. À l'âge préscolaire, aucune des études disponibles, dont les nôtres, ne met en évidence de lien développemental direct entre les fonctions orofaciales et la parole. Ce contraste entre les âges mérite dès lors une lecture attentive.

Ce contraste pourrait suggérer que l'association entre la parole et les fonctions orofaciales se renforcerait avec l'âge, et serait donc saillante plus tardivement qu'à l'âge préscolaire. Nous proposons une interprétation différente. Nous suggérons que si les associations ont été plus saillantes dans les études de Mogren et al. et de Björeljus et al. (et donc dans les tranches d'âge scolaire), c'est probablement parce que le lien tendrait à s'exprimer davantage chez des enfants dont le trouble est plus sévère. En effet, à l'âge préscolaire, les échantillons de TSP sont naturellement hétérogènes en termes de sévérité, ce qui tend à invisibiliser son effet. En revanche, les TSP qui persistent à l'âge scolaire ou au-delà représentent le plus souvent des profils initialement plus sévères, dont le décalage sur la courbe de développement était déjà plus marqué dès le départ (Lewis et al., 2019 ; Wren et al., 2016). Dans cette perspective, l'effet observé dans ces études refléterait ainsi moins un effet du temps qu'un effet de la sévérité du trouble. Cette suggestion rejoint par ailleurs deux propositions déjà abordées dans notre introduction et dans cette discussion : d'une part, que le lien s'exprimerait davantage dans la pathologie ; d'autre part, qu'il existerait une notion de co-occurrence et de fonds partagés entre les TSP et les fonctions orofaciales.

Ainsi, pour les raisons développées dans notre introduction théorique et à travers notre interprétation, nous restons convaincues que l'âge préscolaire constitue la fenêtre développementale la plus pertinente pour observer ces associations. Nos études dégagent comme perspective que l'hypothèse de sévérité à l'âge préscolaire mériterait d'être mise à l'épreuve dans de futures études, en distinguant des profils TSP légers à sévères pour évaluer si le lien est plus robuste chez les profils les plus atteints, et plus largement pour mieux comprendre dans quelles conditions ce lien s'exprime et dans lesquelles il ne s'exprime pas

Un lien médié plutôt que direct : apports et limites de notre proposition

Si l'hypothèse d'un lien développemental direct semble plutôt réfutée, les associations observées ressembleraient davantage à un phénomène de co-occurrence. Nos résultats soutiennent en revanche notre hypothèse alternative : celle d'un lien indirect entre la parole et les fonctions orofaciales, médié par des compétences motrices orales sous-jacentes. En l'absence d'études à la méthodologie directement comparable, il nous est délicat de trouver un appui empirique immédiat pour confronter nos résultats. Nous nous appuyons néanmoins sur des fondements théoriques pour soutenir la cohérence de nos observations.

L'association médiée par les compétences motrices orales semble faire sens pour plusieurs raisons, dont principalement le fait que la parole et les fonctions orofaciales suivent toutes les deux le développement moteur et s'appuient sur l'évolution graduelle du contrôle moteur fin (Smith & Zelaznik, 2004 ; Wilson et al., 2008). En d'autres termes, la parole et les fonctions orofaciales partagent les mêmes principes de développement moteur : on observe en effet pour les deux fonctions une réduction progressive de la variabilité au cours de l'âge préscolaire. Les spaghetti plots et le Tableau 1 de l'étude 5 illustrent une réduction progressive et synchrone de la

variabilité de la parole, des fonctions orofaciales et des compétences motrices orales à mesure que l'âge augmente. À nos yeux, ceci témoigne d'un développement moteur qui s'affine et se perfectionne au cours du temps. Cette réduction de la variabilité comme témoin du raffinement progressif est un point bien documenté dans la littérature pour la parole (Barbier et al., 2020 ; Trudeau-Fisette et al., 2019, 2024 ; Hustad et al., 2020, 2021). En revanche, elle reste particulièrement peu décrite pour les fonctions orofaciales. En ce sens, l'étude 5 offre l'une des premières observations simultanées de trois domaines qui semblent partager une synergie développementale commune.

Au-delà de cette évolution synchrone entre les trois domaines, nos résultats ont mis en évidence un premier couplage dynamique entre les compétences motrices orales et la parole et un second entre les compétences motrices orales et les fonctions orofaciales. Cette double association intra-individuelle montre que les trajectoires de ces trois domaines ne se contentent pas d'évoluer en parallèle de façon fortuite. Leur évolution synchrone dépasse la simple co-occurrence et suggère une interdépendance au sein de chaque individu. En d'autres termes, parole et fonctions orofaciales ne se développeraient pas chacune de leur côté, mais seraient corégulées par un système moteur oral partagé qui se raffine progressivement au cours de l'enfance et qui modulerait le raffinement de la parole et des fonctions orofaciales. Cette évolution synchrone et interdépendante rejoint le concept d'un contrôle moteur commun à la parole et aux fonctions orofaciales (Smith, 2010) ainsi que celui des synergies motrices orofaciales (Smith & Zelaznik, 2004).

Par ailleurs, nos résultats s'inscrivent dans une réflexion plus large sur l'intégration sensorimotrice dans la parole. Rappelons que la production de la parole résulte d'un apprentissage moteur progressif, impliquant un mapping sensorimoteur qui lie les commandes motrices aux somatosensations

correspondantes (Guenther, 2016 ; Parrell et al., 2019). Bien que nous n'ayons pas exploré directement la somatosensation dans nos études, l'influence des compétences motrices orales sur la parole et les fonctions orofaciales éclaire une partie de ce phénomène : elle rend compte du raffinement des voies efférentes ou mécanismes de feedforward que décrivent les modèles de production de la parole comme le DIVA (Tourville & Guenther, 2011) ou le linked-attractor (Menn et al., 2013). La mesure dans laquelle ce raffinement est alimenté par celui des somatosensations reste cependant une question ouverte que nos données ne permettent pas de trancher.

En somme, nos résultats ne prétendent pas clore le débat sur l'association entre les fonctions orofaciales et la parole. Ils invitent plutôt à en modifier le cadre d'analyse. La perspective d'un lien médié par les compétences motrices orales pourrait en effet constituer un élément de réponse à ce débat et invite à repenser le cadre d'études. Plutôt que d'axer la recherche sur l'hypothèse d'un lien direct entre deux domaines, il semble judicieux de les prendre en compte dans leur globalité, c'est-à-dire en prenant en compte les autres phénomènes développementaux qui amènent ces fonctions à se raffiner et à se perfectionner, parmi lesquels se trouvent les habiletés motrices et somatosensorielles. Des recherches futures, avec des échantillons plus larges, des profils de sévérité différenciés et des mesures intégrant la somatosensation, permettront de mettre ces propositions à l'épreuve.

2.4. Limites et perspectives

Bien que nos deux études semblent être, à notre connaissance, la première série de travaux à explorer la question d'une association entre les fonctions orofaciales et la parole sous un axe transversal et longitudinal, quelques limitations générales et communes aux deux études doivent être soulignées. Les articles 4 et 5 et notre discussion générale ont déjà proposé

une revue partielle des limites de chaque étude, avec certaines thématiques centrales comme la composition et la catégorisation de l'échantillon ou encore l'emploi de scores composites plutôt que de scores spécifiques. Nous souhaitons à présent mettre en évidence d'autres limitations importantes.

Un focus sur les NSOMs

Nous reviendrons premièrement sur le type de NSOMs évaluées. Nous nous sommes tournées vers des NSOMs isolées plutôt que séquencées. Rappelons que les NSOMs regroupent des actes moteurs produits par les muscles orofaciaux pour « *accomplir des mouvements ou des objectifs posturaux spécifiques qui ne sont pas suffisants en eux-mêmes pour avoir une identité phonétique* » (Kent, 2015, p.765). Dans les faits, les NSOMs prennent soit la forme de mouvements isolés, soit la forme de mouvements réalisés en combinaison, c'est-à-dire séquencés. Il s'agit alors de mouvements isolés répétés de manière enchaînée, comme la latéralisation rapide de la langue pendant dix secondes.

Bien que nous ayons observé des influences significatives des NSOMs isolées sur la parole et les fonctions orofaciales dans nos deux études, nous pensons que l'inclusion de NSOMs séquencées aurait permis d'affiner et de compléter notre compréhension des associations. En effet, la plupart des études qui observent un lien entre la parole et les NSOMs obtiennent des résultats plus probants pour les séquences que pour les mouvements isolés. Tant De Farias et al. (2006) que Dodd et McIntosh (2010) ont observé une relation entre la parole et les NSOMs séquencées, mais pas entre la parole et les NSOMs isolées. Bertagnolli et al. (2015) ont quant à eux montré que les enfants avec un TSP présentaient de moins bonnes performances que les enfants au développement typique pour les deux types de NSOMs.

L'étude longitudinale comportait initialement des mesures de NSOMs séquencées, auxquelles nous avons finalement renoncé pour plusieurs raisons. Premièrement, nous souhaitions maintenir une méthodologie et des mesures identiques entre les études 4 & 5. Deuxièmement, les NSOMs séquencées présentaient un taux d'attrition plus élevé que les NSOMs isolées, avec une attrition particulièrement marquée au temps 1, lequel était conservé dans nos modèles longitudinaux définitifs. Troisièmement, au vu de la difficulté d'évaluation à un si jeune âge, les données du temps 1 pour les NSOMs séquencées s'avéraient peu valides. Enfin, le pourcentage de fidélité des NSOMs séquencées était plus faible que celui des NSOMs isolées, révélant une certaine incertitude dans nos évaluations, attribuable à un manque de critères dans la littérature (87,7 % contre 95,32 %).

Ces choix méthodologiques, bien que justifiés, ont potentiellement limité la portée de nos observations sur le contrôle moteur oral. Nos résultats restent néanmoins encourageants et invitent à ce que de futures études intègrent les NSOMs séquencées comme une mesure complémentaire. Cette distinction est d'autant plus pertinente que les NSOMs isolées et séquencées ne renseignent pas sur les mêmes aspects du contrôle moteur oral. Les NSOMs isolées renseigneraient davantage sur la précision et l'exécution motrice, soit la capacité à produire un mouvement orofacial ciblé dans la bonne amplitude et avec le bon effecteur (Kent, 2015). Les NSOMs séquencées renseigneraient quant à elles davantage sur la coordination et le contrôle moteur dynamique, soit la capacité à enchaîner des mouvements de façon fluide et précise dans le temps (Kent, 2015). Inclure ces deux types de mesures dans de futures études permettrait d'élargir le tableau d'observation des compétences motrices orales et d'affiner la compréhension de leurs associations avec la parole et les fonctions orofaciales, notamment dans le cadre d'une hypothèse de lien médié. Les NSOMs séquencées pourraient éventuellement participer à la différenciation des sous-types de TSP.

Un focus sur l'évaluation des fonctions orofaciales

Une autre limite abordée dans les deux articles et sur laquelle nous souhaitons davantage insister est l'emploi de l'OMES (de Felício & Ferreira, 2008) pour l'évaluation des fonctions orofaciales à l'âge préscolaire. Notre revue de la littérature a mis en évidence que cette tranche d'âge est particulièrement peu représentée parmi les tests disponibles pour évaluer les fonctions orofaciales. Cette absence nous a conduite à sélectionner un outil calibré pour l'âge scolaire, dans une version traduite en français. Nos données ont donc été récoltées au départ d'un test dont la validité psychométrique pour notre tranche d'âge et notre langue de passation n'avait pas été établie au préalable, ce qui a pu introduire certaines incertitudes dans l'évaluation des fonctions. Il reste probable que nos résultats auraient gagné en précision et en profondeur si nous avions disposé d'un outil adapté à la maturation des fonctions orofaciales à l'âge préscolaire. Nous restons néanmoins convaincues que nos données apportent une première observation précieuse des associations entre les fonctions orofaciales et la parole sous un axe transversal et longitudinal. Par ailleurs, les mesures de fidélité inter-juges obtenues dans nos deux études sont rassurantes quant à la fiabilité de nos observations.

L'outil alternatif le plus évident aurait été le MMBGR (Medeiros et al., 2022), calibré pour l'âge préscolaire. Nous avons néanmoins choisi de ne pas y recourir pour plusieurs raisons. Cet outil inclut une évaluation de la parole, ce qui aurait introduit un risque de biais circulaire identique à celui que nous avons identifié pour le NOT-S (Bakke et al., 2007). Sa passation est par ailleurs longue et ses consignes manquent parfois de clarté, ce qui le rend peu adapté à un contexte de recherche. À cela s'ajoute le fait que nous disposions d'une traduction française de l'OMES établie par consensus d'experts (Warnier, 2022), travail qui aurait dû être réalisé intégralement pour le MMBGR. Enfin, une partie des données longitudinales avait déjà été récoltée au départ de l'OMES avant la publication du MMBGR, ce qui rendait indispensable l'uniformisation des mesures entre les deux temps de l'étude.

Au-delà des implications pour nos propres résultats, cette situation soulève une réflexion plus large. Le manque d'outils validés pour l'âge préscolaire témoigne d'une tendance générale à favoriser l'âge scolaire dans les recherches comme dans le développement des outils d'évaluation. Or, comme nous l'avons défendu tout au long de cette thèse, l'âge préscolaire constitue la fenêtre développementale idéale pour observer les interdépendances entre nos domaines d'intérêt. Nos résultats semblent d'ailleurs aller dans ce sens. D'un point de vue clinique, cette fenêtre est également le lieu privilégié de la prévention et du dépistage précoce. Les TMO présentent une prévalence élevée chez le jeune enfant et souffrent d'un manque criant d'outils de dépistage adaptés à cette tranche d'âge. Tout comme nous l'avons pointé pour les TSP, améliorer la détection précoce passe nécessairement par le développement d'outils diagnostiques ciblés et calibrés pour l'âge préscolaire. Nous encourageons vivement les futures recherches à s'y consacrer.

Une réflexion plus globale porte sur les fondements conceptuels des outils d'évaluation des fonctions orofaciales. Les tests les plus utilisés regroupent mastication, déglutition et respiration sous un même sous-test. Pourtant, comme nous l'avons souligné dans notre introduction théorique, ni les TMO ni les fonctions orofaciales ne disposent à ce jour d'une définition partagée et validée par consensus. Ce flou définitionnel soulève une question légitime : sur quels fondements repose ce regroupement de la mastication, déglutition et respiration sous un même chapeau ? Sur le plan anatomophysiologique, ces trois fonctions partagent les mêmes effecteurs et s'inscrivent dans un développement moteur commun (MacFarland, 2022 ; Kent, 2024 ; Wilson et al., 2008). Sur le plan neurologique, bien que chaque fonction soit sous-tendue par son propre générateur de pattern central dans le tronc cérébral, ces générateurs ne partagent que partiellement leurs noyaux moteurs et leurs populations neuronales, leur activité se modulant

mutuellement sans pour autant constituer un système unifié (Davenport et al., 2011 ; Kaku et al., 2025). D'un point de vue clinique, il est par contre commun, voire conventionnel, de considérer que ces trois fonctions sont associées et que cela justifie de les inclure ensemble de la définition des TMO et dans l'évaluation (ASHA, n.d.-c. ; Billings et al. 2018 ; D'Onofrio, 2019 ; Wiemer, 2017). En résumé, ce regroupement semblerait autant dû à une tradition clinique longuement perpétuée qu'à de potentiels fondements empiriques. Les outils d'évaluation en auraient simplement hérité sans que cela n'ait été remis en question au moment de leur création.

Dans cette configuration, les tests généralistes fréquents comme l'OMES ou l'E-OMES (de Felício & Ferreira, 2008 ; de Felício et al., 2010 ; Kilinc & Mansiz, 2023) offrent dès lors une vue d'ensemble des fonctions, mais tendent à moins bien capter les subtilités propres à chacune d'elles. Les qualités psychométriques des tests sont par ailleurs établies pour le score global. Elles ne renseignent pas sur la validité et le pouvoir discriminant pour chaque fonction prise séparément. Nous pensons qu'il y aurait davantage d'intérêt à multiplier les outils spécifiques, un par fonction voire plusieurs, afin d'obtenir un tableau plus complet et plus précis des performances orofaciales. Pour faire le parallèle avec les évaluations logopédiques en langage, utiliser un unique test généraliste pour évaluer les fonctions orofaciales revient un peu à vouloir diagnostiquer un TDL via un seul outil. On obtient une impression globale, mais sans la profondeur ni la précision que permettrait une multiplicité d'outils et d'épreuves normées.

Cette même logique de regroupement des fonctions/habilités dans les tests généralistes d'évaluation orofaciale s'applique aussi aux NSOMs et à la parole. Des outils comme le NOT-S ou l'OMES ont été développés dans les années 2000-2010, soit avant que les associations entre NSOMs et fonctions orofaciales ne soient réellement étudiées dans la littérature. Ces associations

font toujours l'objet de débat, tout comme celles entre la parole et les fonctions orofaciales. Leur inclusion dans ces outils semble donc davantage ancrée dans une tradition clinique que fondée sur des bases empiriques solides. Précisons à cet égard que nos études ont eu recours aux NSOMs pour approcher les compétences motrices orales sous-jacentes et non pour évaluer les fonctions orofaciales en tant que telles. Si leur utilité diagnostique pour l'évaluation des fonctions venait à être démontrée, nous suggérons de privilégier des outils entièrement dédiés aux NSOMs et à la parole plutôt que de les intégrer comme sous-tests dans un outil généraliste, conformément à la logique défendue ici.

En définitive, les limites liées aux outils d'évaluation des fonctions orofaciales ne sont pas propres à nos études : elles reflètent un état du domaine. L'absence d'outils validés pour l'âge préscolaire, le manque de consensus définitionnel sur les TMO et la construction souvent implicite des tests généralistes constituent des obstacles réels au développement de la recherche dans ce domaine. Nos études s'inscrivent dans ce contexte, avec ses contraintes et ses lacunes, tout en cherchant à en éclairer certaines. Nous espérons que les perspectives que nous dégageons contribueront à orienter les efforts futurs, tant sur le plan du développement des outils que sur celui de la clarification des fondements conceptuels qui doivent les sous-tendre, comme la définition des TMO et les fonctions/habilités incluses.

Un focus sur une partie du phénomène

Une dernière limite, plus transversale, tient à la nature même de toute démarche empirique : elle ne capture jamais qu'une partie du phénomène qu'elle cherche à éclairer. Comme nous l'avons souligné dans notre introduction théorique, il est difficile de saisir, à travers des variables cliniquement mesurables, tant la grande diversité des compétences sous-tendant la parole et les fonctions orofaciales que la complexité intrinsèque de

ces deux habiletés. Ces construits multidimensionnels ne peuvent être observés que par leurs corrélats, chacun n'en capturant qu'une facette. Nos études ne font pas exception à cette réalité. En choisissant une approche clinique et empirique, nous avons délibérément privilégié la mesurabilité et l'applicabilité clinique au détriment d'une vision plus large du phénomène. D'autres approches, neurologiques, biologiques ou expérimentales, ont exploré ces mêmes questions sous des angles différents et ont parfois obtenu des résultats divergents des nôtres. Nos résultats constituent une contribution parmi d'autres, et c'est la complémentarité des études, dans leurs approches et leurs méthodologies, qui permettra progressivement d'avancer dans la compréhension du phénomène.

Parmi les éléments que nos études n'ont pas capturés, la somatosensation occupe une place centrale. Nos études ont éclairé la partie efférente de cette boucle, en montrant l'influence des compétences motrices orales sur la parole et les fonctions orofaciales. La partie afférente de la boucle, soit le rôle des somatosensations dans ce raffinement, reste en revanche une question ouverte que nos données ne permettent pas de trancher. Notons que des mesures de somatosensation avaient initialement été récoltées dans l'étude longitudinale, mais n'ont pas été intégrées aux analyses finales pour des raisons méthodologiques similaires à celles qui ont conduit à écarter les NSOMs séquencées. Des études futures intégrant conjointement les dimensions motrices et somatosensorielles permettraient d'obtenir une vision plus complète de la boucle sensorimotrice et de son rôle dans le développement de la parole et des fonctions orofaciales.

Enfin, nos études ont abordé la question des associations entre la parole et les fonctions orofaciales dans un seul sens : celui des conséquences orofaciales observables en présence d'un TSP. L'autre sens de la question, à savoir les conséquences sur la parole en présence d'un TMO, n'a pas été

exploré dans nos travaux. Ces deux directions d'étude sont pourtant complémentaires et toutes deux nécessaires pour cerner l'ensemble du phénomène. Explorer ce second sens, constitue une perspective de recherche importante pour mieux comprendre l'étendue du chevauchement entre ces deux conditions et les conditions dans lesquelles il s'exprime.

2.5. Synthèse des implications générales

Nos deux études et la discussion générale qui les accompagne ont permis de dégager plusieurs implications que nous avons abordées à divers endroits de ce travail de thèse. Nous souhaitons les rassembler dans cette conclusion du point 2 pour en clarifier la portée.

La première implication concerne la pertinence de l'âge préscolaire comme fenêtre d'étude. Nos résultats confirment qu'il y a bien des effets développementaux à saisir dans cette période et que les associations entre les compétences motrices orales, la parole et les fonctions orofaciales s'y expriment de façon observable et mesurable. En ce sens, nous encourageons les futures recherches dans ce domaine d'études à sélectionner les enfants d'âge préscolaire comme population d'étude. Au-delà de cette retombée, nos travaux ont également mis en évidence que cette tranche d'âge reste particulièrement démunie en termes d'outils d'évaluation des fonctions orofaciales. Cette situation appelle à développer et valider des outils adaptés à cette période charnière, tant pour améliorer la qualité de la recherche que pour renforcer la prévention et le dépistage précoce des troubles.

Un deuxième apport que nous considérons comme précieux est la richesse de l'approche multi-méthodes. La combinaison d'une étude transversale et d'une étude longitudinale nous a permis d'obtenir un tableau du phénomène étudié que nous jugeons plus complet et plus nuancé que ce qu'une étude unique n'aurait pu fournir. C'est précisément cette

complémentarité qui a permis de mettre en évidence que les liens entre la parole et les fonctions orofaciales ne seraient pas directs, mais médiés, et que les associations directes observées entre ces deux domaines relèveraient davantage de la co-occurrence que d'un lien développemental. Sans la confrontation des deux études, cette lecture aurait été impossible. Nous encourageons dès lors les futures recherches à multiplier les méthodes d'investigation et à privilégier les études longitudinales lorsqu'une seule approche est envisageable.

Un troisième apport concerne le changement de paradigme que nos études invitent à opérer dans l'étude des associations entre la parole et les fonctions orofaciales. Plutôt que d'axer la recherche sur l'hypothèse d'un lien direct entre ces deux domaines, nos résultats suggèrent qu'il est plus judicieux de les considérer dans leur globalité. Il s'agit alors d'intégrer les phénomènes développementaux qui les sous-tendent et qui amènent ces fonctions à se raffiner et à se perfectionner. Parmi ces phénomènes, les habiletés motrices et somatosensorielles occupent une place centrale. En ce sens, les associations observées entre les compétences motrices orales et la parole d'une part, et les fonctions orofaciales d'autre part, rejoignent et nourrissent selon nous plusieurs concepts théoriques qui avançaient l'idée de synergies motrices orofaciales et d'un contrôle moteur commun à ces fonctions (Kent, 2021, 2024 ; Smith, 2010 ; Smith & Zelaznik, 2004 ; Wilson et al., 2008). Les couplages dynamiques intra-individuels observés dans l'étude 5 sont particulièrement en faveur de ces théories, en suggérant que les compétences motrices orales sous-jacentes réguleraient et moduleraient la parole et les fonctions orofaciales.

La notion de co-occurrence, voire de comorbidité, entre la parole et les fonctions orofaciales est une réflexion que nous avons nourrie tout au long de notre discussion. Nous suggérons en effet que si une relation existe entre

ces deux domaines, elle refléterait davantage un fond partagé ou une co-occurrence, qu'une influence mutuelle directe. Les observations avancées autour de la sévérité comme facteur modulateur de cette association vont dans le même sens : le lien tendrait à s'exprimer davantage chez les enfants dont le TSP est plus sévère, chez lesquels le décalage développemental est plus marqué. En ce sens, les atteintes des fonctions orofaciales pourraient constituer une nouvelle comorbidité des TSP, au même titre que le TDL, les troubles de la lecture. Nous invitons les études futures à mettre cette hypothèse à l'épreuve et à en préciser la possibilité.

Deux dernières implications concernent l'évaluation. La première découle de l'association robuste observée entre les compétences motrices orales et la parole. Nos résultats justifient et encouragent à rouvrir la porte aux compétences motrices orales dans l'étude de la parole. Nous considérons que le débat en cours autour des NSOMs ne devrait pas entraver l'investigation des relations développementales entre motricité et parole. D'un point de vue clinique, nos résultats encouragent les futures études à réinvestiguer l'utilité des NSOMs, tant isolées que séquencées, pour l'évaluation de la parole. Une étude rigoureuse, au départ d'outils bien conçus et adaptés, pourrait dégager de nouvelles perspectives. Nos premiers résultats invitent notamment à investiguer si l'intégration des dimensions motrices dans l'évaluation de la parole permettrait de mieux décrire le profil des enfants présentant un TSP et d'affiner le diagnostic. La seconde implication évaluative concerne les fonctions orofaciales. Nos recherches se sont heurtées aux limites de l'état actuel des outils disponibles pour l'âge préscolaire. Nous avons mis en évidence un ensemble d'éléments qui réduisent la portée des études cliniques et empiriques employant ces outils ainsi que la qualité de l'évaluation offerte en clinique. Nous avons également identifié des pistes pour améliorer cette situation, parmi lesquelles la validation et le développement d'outils adaptés à chaque fonction et calibrés pour l'âge préscolaire.

Nous concluons en soulignant que, malgré ses limites, cette recherche contribue à approfondir nos connaissances fondamentales sur la parole et les TSP. Ces connaissances nourrissent en retour nos pratiques cliniques et la façon dont nous interprétons et appliquons les résultats de la recherche. C'est précisément ce mouvement, du fondamental vers l'appliqué, que nous souhaitons poursuivre dans la partie suivante, en abordant les implications concrètes de nos travaux pour le dépistage et la prévention des TSP dans le contexte francophone.

3. À recherche appliquée : améliorer le dépistage et la prévention des TSP dans le contexte francophone

Les travaux présentés dans cette thèse ne visaient pas uniquement à approfondir notre connaissance fondamentale des TSP. Ils poursuivaient également un objectif résolument appliqué : celui d'améliorer le dépistage, le diagnostic et la prévention des TSP. C'est précisément l'ambition commune aux articles 1, 2 et 3, qui ont chacun fait l'objet d'une discussion approfondie de leurs résultats respectifs. Il s'agit désormais de prendre du recul par rapport à ces contributions individuelles pour en dégager, dans une perspective transversale et clinique, leurs implications pratiques. Cette section discutera ainsi successivement les retombées envisageables, les potentielles répercussions sociétales, les limites générales de ces travaux, ainsi que les perspectives de recherche qu'ils ouvrent.

3.1. Deux nouveaux outils de prévention

Les articles 1 et 2 ont été conçus en réponse directe aux limites identifiées dans notre revue de la littérature. D'une part, le contraste entre la haute prévalence des TSP et le manque de moyens de dépistage disponibles en contexte francophone constituait un constat préoccupant. L'étude de van der Straten Waillet (2023) avait notamment mis en évidence que l'ICS, pourtant largement utilisé à l'international, restait peu mobilisé dans la pratique logopédique francophone. Nous avons estimé que cela était probablement lié au manque de validation, ce qui limitait son utilité clinique et freinait sa diffusion auprès des praticiens. D'autre part, le rôle des parents et des enseignants dans le processus de dépistage, bien que prépondérant, demeurait sous-exploité. Ces deux constats ont directement motivé les articles 1 et 2, dont les résultats permettent aujourd'hui d'envisager des retombées concrètes pour la pratique clinique.

Ensemble, ces deux articles répondent à des besoins actuels dans la pratique clinique en logopédie. Ils fournissent deux nouveaux outils de dépistage valides, sensibles et normés pour les enfants francophones d'âge préscolaire : d'une part la mesure de l'inquiétude conjointe des parents et des enseignants et d'autre part, l'ICS-EF. Ces outils présentent l'avantage d'être rapides et faciles d'administration, ce qui leur confère une place naturelle dans l'anamnèse. Ils s'inscrivent ainsi dans les contraintes temporelles actuelles de l'évaluation en parole, où le temps consacré aux analyses et à la rédaction est estimé à une soixantaine de minutes (Diepeveen et al., 2020 ; McLeod & Baker, 2014 ; Skahan et al., 2007). Par ailleurs, ils contribuent à valoriser la place de l'anamnèse, qui tend à être négligée par faute de temps (Diepeveen et al., 2020), en offrant la possibilité d'amorcer le dépistage de manière normée dès cette étape, sans représenter une charge supplémentaire significative pour le clinicien.

À la lumière de ces résultats, nous souhaitons compléter les recommandations cliniques de Cattini et Maillart (2024). Ces auteures préconisent de combiner une estimation de l'intelligibilité et une mesure de précision de la parole en contexte isolé, notamment via le calcul du PCC à partir d'une tâche de dénomination d'images normée. Nous proposons d'enrichir ce protocole en y intégrant systématiquement la passation de l'ICS-EF ainsi que la récolte de l'inquiétude des parents et des enseignants. La détection des TSP reposerait ainsi sur une triade d'informations : une estimation de l'intelligibilité en contexte via l'ICS-EF, une mesure de précision de la parole via le PCC obtenu à partir d'une tâche de dénomination d'images normée et la récolte de l'inquiétude des parents et des enseignants. Cette proposition s'aligne sur les recommandations internationales qui encouragent à combiner des mesures objectives et des mesures subjectives issues de l'anamnèse (Bowen, 2015 ; Diepeveen et al., 2020 ; Fabiano-Smith, 2019 ; McLeod & Baker, 2014).

Toutefois, il est important de souligner que la simple existence de ces outils ne suffit pas à garantir leur impact sur le terrain. Encore faut-il parvenir à atteindre les enfants concernés pour améliorer concrètement le dépistage précoce des TSP. Leur mise en œuvre suppose donc une implémentation à différents niveaux.

Au niveau de la pratique logopédique, une première étape consiste à encourager activement l'utilisation de ces outils. Un travail de diffusion serait nécessaire pour les faire connaître auprès des logopèdes francophones en Europe. Cela pourrait passer par des articles en accès libre à destination des professionnels, des webinaires gratuits tels que ceux organisés par les Conférences en Ligne Orthophonie et Recherche (CLOR) ou encore une intégration de ces outils dans la formation initiale des logopèdes. En Belgique, nous suggérons par ailleurs que l'ajout de l'ICS-EF à la liste limitative (liste B) en logopédie constituerait une piste prometteuse pour encourager son utilisation à plus grande échelle.

Au niveau des parents et des enseignants, l'une des principales actions préventives envisageables consiste à conscientiser ces acteurs aux TSP et à leur capacité de détection. Nous suggérons de systématiser, dans la pratique logopédique, la récolte de l'inquiétude des parents et des enseignants. Au-delà du cabinet, nos résultats invitent à aller plus loin en rendant les enseignants véritablement acteurs du dépistage. Bien que notre première étude montre que l'inquiétude des enseignants seule n'atteint pas le seuil de sensibilité optimal de 80 %, nous jugeons qu'elle s'en approche suffisamment pour jouer un rôle déclencheur : une inquiétude exprimée par un enseignant pourrait suffire à inciter un parent à consulter un logopède pour un dépistage. Cette démarche s'avérerait très préventive. En parallèle, sensibiliser les parents à la valeur de leur propre inquiétude, ainsi qu'à celle de l'inquiétude conjointe, contribuerait à valoriser les signaux d'alerte émis par les enseignants de l'enfant. À ce

niveau, des actions de sensibilisation ciblées seraient variées. Elles s'adresseraient en priorité aux parents, aux équipes des écoles maternelles (enseignants et directions) ainsi qu'aux centres Psycho-Médico-Sociaux, qui entretiennent un contact régulier avec les familles et les équipes éducatives. Ces actions pourraient prendre la forme d'ateliers en milieu scolaire, d'articles ou de conférences à destination du grand public, ou encore de formations continues proposées via des instances telles que Wallonie-Bruxelles Enseignement ou le centre d'autoformation et de formation continuée (CAF).

Au niveau des autres professionnels de santé, nous encourageons la diffusion de ces outils auprès des pédiatres, des médecins généralistes et des ORL. Ces professionnels occupent en effet une position stratégique dans le parcours de soin : ils sont souvent l'un des premiers interlocuteurs des parents et peuvent jouer un rôle d'orientation vers la logopédie (Just et al., 2022 ; Skeat et al., 2014). Plusieurs actions pourraient être envisagées à leur intention : des formations continues via des instances telles que la Société Scientifique de Médecine Générale (SSMG) ou les facultés de médecine, des articles dans des revues médicales spécialisées, l'intégration d'un module de sensibilisation aux TSP dans la formation initiale en médecine, en ORL et en pédiatrie ou encore la création d'une fiche synthétique utilisable en consultation. Par ailleurs, l'ICS-EF pourrait être intégré aux bilans de santé systématiques proposés en troisième maternelle en Fédération Wallonie-Bruxelles, via les services de promotion de la santé à l'école ou les centres Psycho-Médico-Sociaux. Qu'il soit administré dans ce cadre collectif ou lors d'une consultation médicale à la demande du parent, cet outil offre une modalité de dépistage accessible et peu coûteuse en temps, susceptible de majorer sensiblement la portée préventive du dispositif.

En résumé, l'ICS-EF et la mesure de l'inquiétude des parents et des enseignants constituent deux outils prometteurs pour améliorer le dépistage précoce et la prévention des TSP. Leur validation représente une étape nécessaire et concrète dans cette démarche. Il appartient désormais de poursuivre cette dynamique en assurant leur diffusion et leur implémentation à différents niveaux, afin que ces outils trouvent pleinement leur place sur le terrain.

3.2. Ouvrir la porte aux impacts fonctionnels

À travers la validation de l'ICS-EF, nous avons également exploré un aspect de l'évaluation des TSP qui demeure particulièrement démunie en termes d'outils : l'évaluation des impacts fonctionnels. Notre revue de la littérature avait en effet mis en évidence que ces impacts sont rarement évalués dans la pratique logopédique clinique, ce qui contraste avec le fait qu'ils peuvent pourtant figurer parmi les cibles d'intervention (Harding et al., 2024). Ce paradoxe s'explique en grande partie par la pénurie d'outils d'évaluation disponibles, une situation particulièrement marquée en contexte francophone. Il en résulte un cercle vicieux dans lequel les impacts fonctionnels demeurent peu pris en compte, tant dans l'évaluation que dans la mesure d'efficacité des interventions, précisément en raison de l'absence d'instruments de mesure adaptés.

C'est dans ce contexte que nous avons saisi l'opportunité, dans le cadre de la validation de l'ICS-EF, d'explorer de manière complémentaire la capacité de cet outil à renseigner sur les impacts fonctionnels liés aux TSP. Nous avons notamment examiné dans quelle mesure la familiarité du partenaire de communication influence l'intelligibilité fonctionnelle en contexte francophone. Les résultats obtenus montrent que l'ICS-EF est utile pour observer la présence d'impacts fonctionnels en mettant en évidence une différence d'intelligibilité selon le degré de familiarité. Ces résultats font de

l'ICS-EF le premier outil francophone à permettre une telle exploration. En ce sens, l'ICS-EF fait double emploi : il permet d'une part un dépistage quantitatif des TSP, et offre d'autre part une appréciation qualitative de la présence d'impacts fonctionnels selon le contexte communicatif. Les canaux de diffusion identifiés dans la section précédente s'appliquent également à cet usage qualitatif : la sensibilisation des logopèdes francophones à cette dimension de l'évaluation pourra emprunter les mêmes voies, qu'il s'agisse d'articles en accès libre, de webinaires ou de la formation initiale.

Ces résultats ouvrent des perspectives cliniques encourageantes à plusieurs égards. Premièrement, ils légitiment et encouragent un changement de pratique en incitant à rechercher plus systématiquement les impacts fonctionnels au moment de l'évaluation. Deuxièmement, ils permettent de considérer ces impacts comme des cibles d'intervention à part entière, en offrant une possibilité de mesure d'efficacité. Troisièmement, ils ouvrent la voie à la validation et au développement d'autres outils d'évaluation des impacts fonctionnels mieux calibrés à cette fin.

Il convient en effet de reconnaître que l'ICS-EF n'est à l'origine pas conçu pour évaluer les impacts fonctionnels. Il renseigne sur leur présence sans en apprécier la nature, l'étendue complète ni l'ensemble des dimensions recensées dans notre introduction théorique. Son usage à cette fin constitue une première approche, une première solution pour enrayer le cercle vicieux dans lequel les impacts fonctionnels ne sont pas évalués faute de moyens. En revanche, il ne répond pas pleinement au besoin d'une évaluation exhaustive en contexte francophone. Au-delà de cette question d'évaluation, rappelons que des questions fondamentales restent ouvertes dans la littérature : si les impacts fonctionnels des TSP sont documentés, leur variabilité selon l'âge, la sévérité du trouble, le contexte ou le sous-type de TSP reste insuffisamment comprise. Leur rôle dans la définition même des TSP demeure par ailleurs

ambigu : les définitions actuelles reconnaissent que les TSP peuvent affecter l'intelligibilité et l'acceptabilité, sans pour autant trancher sur la question de savoir si les impacts fonctionnels constituent un critère diagnostique obligatoire ou un marqueur de sévérité parmi d'autres. Ce sont précisément ces questions, auxquelles s'ajoute celle des outils disponibles, qui devraient être explorées pour améliorer l'évaluation et la prise en compte des impacts fonctionnels au sein des TSP. Ceci ouvre la voie à des développements futurs, parmi lesquels nous identifions une piste particulièrement prometteuse.

Une étude de consensus de type Delphi permettrait en effet d'aller plus loin dans cette direction. Un tel projet réunirait cliniciens, chercheurs et autres parties prenantes, notamment des parents, des enseignants, ainsi que des adolescents et adultes présentant ou ayant présenté des TSP. Ce panel élargi est essentiel, dans la mesure où les expériences des TSP et les priorités d'intervention varient selon les acteurs et selon les étapes de la vie. Une telle démarche poursuivrait trois objectifs complémentaires. Elle permettrait d'abord d'établir un consensus sur le statut conceptuel des impacts fonctionnels dans les TSP : constituent-ils un critère diagnostique à part entière ou un marqueur de sévérité ? Elle viserait ensuite à clarifier leur typologie et leur variabilité selon l'âge, la sévérité du trouble, le contexte communicatif ou encore le sous-type de TSP. Enfin, elle permettrait d'évaluer la pertinence des modalités d'évaluation disponibles, qu'il s'agisse de questionnaires destinés aux parents, d'auto-évaluations par l'enfant ou d'observations cliniques, et d'examiner dans quelle mesure un outil existant tel que le SPAA-C (McLeod, 2004) serait adapté au contexte francophone et pourrait faire l'objet d'une validation en français.

En résumé, l'ICS-EF constitue le premier outil francophone à ouvrir la porte à l'évaluation des impacts fonctionnels des TSP. S'il ne représente qu'une première approche, il s'agit d'un apport concret qui légitime une prise

en compte plus systématique de ces impacts dans la pratique clinique et qui trace la voie vers des développements futurs nécessaires en contexte francophone.

3.3. Un nouvel élan dans le diagnostic différentiel

L'étude 3 a cherché à améliorer une autre facette du diagnostic : celle du diagnostic différentiel entre les profils TDL, TSP et TDL+TSP. Cette étude a trouvé sa justification à un carrefour de plusieurs problématiques : (1) la grande comorbidité entre TDL et TSP, qui amène la nécessité de les dissocier ; (2) les considérations terminologiques concernant les enfants qui présentent simultanément un TDL et un TSP ; (3) et le contraste entre l'efficacité reconnue des épreuves de répétition de phrases et de pseudo-mots pour le diagnostic des TDL et le manque de preuves quant à leur capacité à établir un diagnostic différentiel entre ces trois profils. À notre connaissance, aucune étude n'avait jusqu'alors examiné le pouvoir discriminant de ces deux épreuves, pourtant classiquement utilisées en logopédie, pour dissocier trois profils aussi fréquents en clinique.

Les résultats de l'article 3 offrent plusieurs retombées cliniques importantes. Premièrement, les trois profils identifiés confirment et enrichissent les travaux de Stringer et al. (2023), qui encouragent à privilégier l'appellation TDL+TSP. Nos résultats apportent des preuves empiriques que cette proposition théorique correspond à une réalité clinique, y compris en contexte francophone. Nous encourageons donc l'actualisation de nos pratiques en adoptant une terminologie représentative de ces doubles profils, sans les englober ni sous « TDL » ni sous « TSP » uniquement. Par ailleurs, l'adoption de cette appellation encourage nécessairement à généraliser le terme « TSP » pour désigner l'ensemble des troubles de la parole, à l'instar du « TDL » qui représente l'ensemble des troubles du langage. TDL et TSP acquerraient ainsi un statut équivalent : deux termes génériques placés au

même niveau hiérarchique, couvrant chacun une réalité clinique hétérogène. Cette symétrie terminologique faciliterait non seulement la désignation des doubles profils, mais contribuerait à une conceptualisation plus cohérente de ces deux grandes catégories diagnostiques. Elle ouvrirait également la porte au développement de normes dans d'autres outils, qui prendraient en compte cette réalité du diagnostic différentiel et ne se limiteraient plus à la seule sensibilité à la pathologie langagière.

Une deuxième retombée de l'étude 3 concerne la valorisation des outils existants. Cette étude constitue en effet un exemple de réemploi de deux tests, dont un très courant en pratique clinique : plutôt que de concevoir une nouvelle tâche, de nouvelles mesures ont été conçues à partir d'items déjà existants. Une problématique récurrente dans cette thèse est le manque d'outils disponibles ainsi que le caractère peu récent des normes. Cette étude illustre qu'il serait plus économique et efficient de renormer des tests à partir d'un échantillon plus récent, ou d'en développer de nouvelles mesures, plutôt que de concevoir systématiquement de nouveaux outils. Notre propre projet en est un exemple : nous avons eu recours à la tâche de dénomination d'images de l'Exalang 3-6 (Helloin & Thibault, 2006), dont les normes ont aujourd'hui près de vingt ans. Plutôt que de développer un nouvel outil, il serait plus écologique de proposer de nouvelles normes pour cet outil à partir de notre échantillon. Cette logique dépasse largement le cadre des TSP et s'applique à de nombreux projets de recherche, qu'il s'agisse de thèses, d'études ou de mémoires qui mobilisent des tests cliniques dans des domaines variés. Actualiser plutôt que réinventer permettrait de maintenir à jour nos outils et nos pratiques de manière plus rapide et plus efficiente.

Une troisième retombée concerne l'intérêt de multiplier les sources d'information, à deux niveaux distincts. Le premier niveau est celui des tests eux-mêmes. Nos résultats montrent que les deux épreuves étaient nécessaires

pour dissocier les trois profils : aucune ne suffisait à elle seule. Le second niveau est celui des métriques employées pour évaluer la performance. La notation classique des tests est généralement binaire : soit l'item est réussi, soit il est raté. Si cette approche est rapide et facile à mettre en œuvre, nos résultats suggèrent qu'elle laisse de nombreuses informations de côté. Le diagnostic différentiel entre les trois profils n'a en effet pu être établi que grâce à la multiplication des mesures. Nous suggérons donc qu'il pourrait être judicieux de dépasser cette notation binaire pour de nombreux tests, pas uniquement pour les épreuves de répétition, en proposant des métriques complémentaires. Pour la dénomination d'images, les normes pourraient par exemple être établies sur la base du PCC plutôt que sur la notation binaire, comme c'est déjà le cas dans le Diagnostic Evaluation of Articulation and Phonology (DEAP, Dodd et al., 2002). Les versions courte et longue d'Eulalies (Meloni et al., 2025a, 2025b) proposent également d'autres indices tels que le PCC ou le nombre moyen d'erreurs par mot. Cette approche trouve d'ailleurs tout son sens au regard des travaux de Warnier et al. (2022), qui montrent que le PCC varie en fonction de la difficulté et de la complexité phonologique de la tâche proposée, soulignant ainsi l'importance de disposer de normes spécifiques à chaque outil. Pour la répétition de phrases, nous encourageons la multiplication des indices au-delà de la notation binaire, dans la lignée des travaux de Leclercq et al. (2014), dont l'épreuve de répétition de phrases de la L2MA2 (Chevrie-Muller et al., 2010) constitue un bon exemple.

En résumé, l'étude 3 a mis en évidence que les profils TDL, TSP et TDL+TSP correspondent à une réalité clinique distincte et qu'il est possible de les dissocier à l'aide d'épreuves existantes. Elle a également dégagé des perspectives qui dépassent le cadre des épreuves de répétition : (1) l'intérêt de l'appellation TDL+TSP et de la symétrie terminologique qu'elle instaure ; (2) la valorisation et le réemploi des tests existants plutôt que la conception permanente de nouveaux outils ; (3) et le dépassement de la notation binaire au profit d'une multiplication des indices pour affiner le diagnostic différentiel.

3.4. Limites et perspectives

Bien que ces trois études aient permis plusieurs avancées, dont nous avons dégagé les retombées potentielles dans les sections précédentes, certaines limites doivent être considérées.

Une première limite concerne le choix d'une évaluation volontairement non exhaustive de la parole. Le diagnostic de TSP a été réalisé avec les conditions minimales requises, à savoir une épreuve de dénomination d'images, ce qui se rapproche davantage d'une démarche de dépistage que d'un diagnostic complet. L'un des risques de cette démarche est la possibilité de faux-positifs : nous ne pouvons exclure que quelques enfants aient été catégorisés comme TSP alors qu'ils présentaient un profil tout-venant. De plus, comme dans toute étude transversale, la performance est mesurée à un temps T, qui peut ne pas être représentative des capacités générales de l'enfant. Ces limites ont été assumées et calibrées en fonction de nos objectifs de validation d'outils de dépistage, pour lesquels notre démarche demeurerait valide. Nous concédons néanmoins que cette méthode de classification était plus risquée dans le cadre de l'article 3. Nos résultats semblent toutefois indiquer une dissociation correcte entre les trois groupes diagnostiques, suggérant que les classifications ont été bien établies.

Une deuxième limite, liée à la précédente, concerne l'hétérogénéité de notre échantillon, que notre approche globale des TSP ne nous a pas permis de décrire. Nous aurions pu enrichir notre principale base de données avec des épreuves supplémentaires, comme par exemple une épreuve de répétition de pseudo-mots normée (nous avons employé l'épreuve de répétition de pseudo-mots d'Eulalies dans un but expérimental), une épreuve de DDK, ainsi qu'une ou deux épreuves évaluant le versant réceptif de la parole et les représentations lexico-phonologiques, telles que des épreuves de discrimination phonologique de non-mots et de jugement phonologique. Il est

impossible de déterminer dans quelle mesure ces informations supplémentaires auraient modifié la catégorisation de notre échantillon. Il est certain, en revanche, qu'elles auraient permis de compléter davantage notre base de données sur le développement de la parole et de décrire l'hétérogénéité de notre échantillon. Ces perspectives doivent toutefois être replacées dans le contexte des contraintes réalistes de notre récolte de données : l'ensemble du protocole durait déjà entre 1 h 30 et 2 h pour des enfants d'âge préscolaire. Augmenter encore le nombre de tests n'était pas réaliste. Nous avons donc fonctionné au prorata de nos objectifs, qui ont bien été accomplis.

Une troisième limite concerne l'exclusion des enfants multilingues. Il s'agit d'un choix méthodologique délibéré, visant à favoriser l'homogénéité de notre échantillon, ce qui est préférable dans le cadre de la validation d'outils. Inclure des enfants multilingues aurait conféré une dimension supplémentaire à nos études, nécessitant de systématiquement doubler nos analyses. La charge de travail additionnelle qu'aurait représentée cette démarche dépassait largement le cadre de nos objectifs de recherche, pour lesquels elle n'était pas requise. Nous reconnaissons néanmoins que ce choix a volontairement omis une partie de la population, qui n'est dès lors pas représentée dans nos résultats. Nous considérons la validation de nos outils sur une population monolingue comme une première étape nécessaire et encourageons les études futures, notamment sur l'ICS-EF, à inclure des enfants multilingues afin d'améliorer leur représentativité.

Une quatrième considération méthodologique concerne le fait que les échantillons des études 1, 2, 3 et 4 sont issus de la même récolte de données. Ce choix visait à rentabiliser l'effort de recrutement et à adopter une approche plus écologique de récolte de données. Des critères d'inclusion et d'exclusion différents ont été appliqués selon les études, expliquant les variations dans le nombre de participants. Néanmoins, un chevauchement entre les échantillons

est probable, ce qui génère un risque d'augmentation de l'erreur de première espèce. Nous reconnaissons ce risque, mais nos résultats, qui affichent très souvent des valeurs de $p < .001$ accompagnées de tailles d'effet correctes, suggèrent que nos observations demeurent fiables et robustes. Au-delà de ce risque, nous voyons surtout un avantage non négligeable à cette démarche : l'ensemble des enfants a été évalué dans les mêmes conditions, au même moment et avec le même protocole, ce qui renforce la comparabilité de nos résultats entre études.

Cet avantage ouvre d'ailleurs une perspective directe. Si l'ICS-EF et l'inquiétude des parents et des enseignants ont chacun démontré leur utilité individuelle pour le dépistage des TSP, leur efficacité conjointe n'a pas encore été évaluée. Puisque les échantillons ayant servi à valider ces deux outils sont issus de la même récolte de données, il sera possible d'explorer leur utilité conjointe sans réaliser une nouvelle récolte de données. Nous formulons l'hypothèse que leur combinaison ne pourra que majorer leur pouvoir discriminant. En effet, l'une des lacunes communes à ces deux outils est leur manque de spécificité. Tous deux présentent une bonne sensibilité, ce qui est attendu et souhaitable pour des outils de dépistage, dont l'objectif est de repérer un maximum de cas à risque (Trevethan, 2017). Nous suggérons que l'utilisation conjointe de l'ICS-EF, de l'inquiétude parentale et de l'inquiétude des enseignants constitue une piste prometteuse pour obtenir un dépistage à la fois sensible et spécifique, la mise en parallèle de trois sources d'information tendant à réduire simultanément le risque de faux-positifs et de faux-négatifs. Une étude complémentaire explorant le pouvoir discriminant de ces trois sources combinées représente ainsi une perspective prioritaire.

Par ailleurs, plusieurs de nos suggestions encouragent l'emploi de métriques plus fines dans l'évaluation clinique, telles que le PCC, le WWP ou des indices spécifiques pour les épreuves de répétition de phrases. Si ces

métriques sont prometteuses, nous reconnaissons qu'elles peuvent être fastidieuses à implémenter dans la pratique logopédique, où le temps disponible pour les analyses de parole est déjà limité. Une solution récente à ces difficultés est SpeechCatcher (<https://www.speechcatcher.ca>). Il s'agit d'une plateforme digitale qui cherche précisément à répondre à ces contraintes, en facilitant la passation, la transcription et l'analyse des données de parole. Cet outil a été conçu pour poursuivre les mêmes objectifs que Phon et en offrir tout le pouvoir analytique dans un format optimisé pour la pratique clinique et la recherche. Avec une interface plus rapide et plus accessible, SpeechCatcher représente une solution concrète pour réduire l'écart entre les recommandations cliniques et leur mise en œuvre sur le terrain. Elle est également une solution prometteuse pour faciliter les analyses de parole en recherche.

Enfin, une dernière contribution mérite d'être soulignée, bien qu'elle ait été peu abordée dans cette thèse. Le corpus d'échantillons de parole constitué au cours de ce travail représente en lui-même une ressource précieuse : 215 échantillons validés et transcrits, dont 52 enfants TSP, 28 enfants TSP avec comorbidités et 135 enfants au développement typique, seront prochainement disponibles sur PhonBank, une plateforme en accès libre dédiée au partage de corpus de parole. Ce corpus pourra servir dans de futures études sur le développement de la parole et les TSP, notamment pour la création de normes pour l'outil Eulalies version courte (Meloni et al., 2025a).

En résumé, les trois études qui ont poursuivi des objectifs d'amélioration du dépistage, du diagnostic et de la prévention des TSP ont généré des retombées importantes, avec le potentiel d'améliorer la pratique clinique si elles sont implémentées de manière réfléchie. Nous avons également identifié les limites générales de ces travaux et avancé de

nombreuses pistes pour en assurer la suite et maximiser leur portée sociétale. Nous espérons sincèrement que ces résultats rencontreront les objectifs auxquels ils se destinent depuis le départ : améliorer la prévention et le dépistage des TSP, ainsi que nos pratiques d'évaluation de la parole en contexte francophone.

Conclusions

Cette thèse était animée par deux motivations et objectifs complémentaires qui ont façonné l'ensemble de ce travail. D'une part, explorer, sur le plan fondamental, l'hypothèse d'un lien entre la parole et les fonctions orofaciales à l'âge préscolaire. D'autre part, contribuer, sur le plan appliqué, à améliorer la prévention, le diagnostic et le dépistage des TSP dans le contexte francophone. Cinq études aux méthodologies et approches variées ont été conduites pour répondre à ces objectifs.

L'originalité de ce projet réside d'abord dans la façon dont nous avons abordé l'hypothèse d'un lien entre la parole et les fonctions orofaciales. Plutôt que de rechercher un lien direct, nous avons exploré la possibilité d'un lien médié par les compétences motrices orales. Nous avons également adopté une approche multi-méthodes combinant une étude transversale et une étude longitudinale, permettant d'observer ce potentiel lien à la fois comme un état et comme un processus évolutif. À notre connaissance, cette thèse constitue la première série de travaux à explorer la question des associations entre la parole, les fonctions orofaciales et les compétences motrices orales sous ce double prisme transversal et longitudinal. Elle se distingue également par le choix de l'âge préscolaire comme population d'étude. Cette fenêtre développementale, que nous avons défendue tout au long de ce travail, nous apparaît comme particulièrement pertinente pour observer ces interdépendances.

Les résultats issus des deux études sur cette question ne convergent pas uniformément, mais leur confrontation s'est avérée prometteuse. Leur mise en parallèle a généré une proposition interprétative que nous considérons comme l'une des contributions majeures de cette thèse : les liens entre la parole et les fonctions orofaciales ne seraient pas directs, mais médiés par les compétences motrices orales sous-jacentes. Le lien développemental entre les compétences motrices orales et la parole est le plus robuste et le plus

convergent des deux études. Celui entre les compétences motrices orales et les fonctions orofaciales est probable, principalement porté par un couplage dynamique intra-individuel significatif. En revanche, l'absence de toute association développementale entre les fonctions orofaciales et la parole dans l'étude longitudinale, conjuguée à la fragilité statistique du lien observé dans l'étude transversale, nous conduit à conclure à l'absence probable d'un lien développemental direct entre ces deux domaines. La relation observée entre eux refléterait davantage une co-occurrence, voire une comorbidité, due à un fond développemental commun, qu'une influence directe. Ces résultats invitent à un changement de paradigme : plutôt que de continuer à chercher un lien direct entre deux domaines, il semble plus judicieux d'intégrer à nos analyses les mécanismes moteurs, et probablement somatosensoriels, qui sous-tendent leur développement commun.

Ces propositions restent interprétatives et appellent à être mises à l'épreuve. Plusieurs limites encadrent nos conclusions. Le nombre restreint d'outils validés pour l'évaluation des fonctions orofaciales à l'âge préscolaire a contraint nos choix méthodologiques et a probablement limité la portée de nos observations. L'emploi de scores composites plutôt que de mesures spécifiques à chaque fonction a pu offrir une vision synthétique du phénomène. Le recours exclusif aux NSOMs isolées, au détriment des NSOMs séquencées, constitue une limite assumée qui ouvre directement la voie à des études futures. D'une manière générale, ces limites ne sont pas propres à nos travaux : elles reflètent l'état actuel d'un domaine qui ne dispose pas encore d'une définition partagée ni d'outils adaptés à la petite enfance. Ils ouvrent la voie à de nombreuses recherches futures.

La récolte de données conduite dans le cadre de ce projet fondamental a également rendu possibles trois études poursuivant des objectifs résolument appliqués. Les études 1 et 2 ont permis de valider deux nouveaux outils de dépistage des TSP pour les enfants francophones d'âge préscolaire : la mesure de l'inquiétude des parents et des enseignants, d'une part, et la version francophone de l'Intelligibility in Context Scale (ICS-EF), d'autre part. Ces outils rapides, sensibles et faciles d'administration, trouvent naturellement leur place dans l'anamnèse et enrichissent le protocole d'évaluation recommandé en contexte francophone. L'ICS-EF constitue par ailleurs le premier outil francophone à ouvrir la porte à l'évaluation des impacts fonctionnels des TSP, dimension jusqu'alors quasi absente de l'évaluation clinique par faute de moyens adaptés. L'étude 3, quant à elle, a apporté des preuves empiriques que les profils TDL, TSP et TDL+TSP constituent trois réalités cliniques distinctes et dissociables à partir d'épreuves existantes, tout en plaidant pour une terminologie représentative de ces doubles profils.

Ces retombées ne prendront leur pleine mesure que si elles sont implémentées de façon réfléchie. Cela suppose un travail actif de diffusion auprès des logopèdes francophones, mais aussi des parents, des enseignants, des médecins et d'autres professionnels de santé qui constituent les premiers maillons du dépistage. La sensibilisation des enseignants et parents à leur rôle de dépistage, l'intégration de l'ICS-EF dans les bilans de santé systématiques, ou encore son inscription dans la liste limitative en logopédie en Belgique, sont autant de leviers concrets pour amplifier l'impact sociétal de ces travaux. Car derrière chaque outil validé, chaque norme établie, chaque pratique améliorée, c'est la trajectoire développementale d'un enfant qui peut être modifiée par une détection plus précoce.

Enfin, cette thèse laisse derrière elle une dernière ressource : un corpus de 215 échantillons de parole d'enfants francophones transcrits et validés, qui seront prochainement disponibles sur PhonBank. Dans un contexte où les données de parole en français restent rares, cette contribution augmente significativement le volume de ressources disponibles pour la recherche. Elle ouvre également la porte à de futures études sur le développement de la parole, notamment pour la création de nouvelles normes.

Au terme de ce parcours, nous espérons sincèrement que ces cinq études, dans leurs apports comme dans leurs limites, contribuent à faire avancer deux fronts indissociables : notre compréhension fondamentale du développement de la parole et notre capacité collective à mieux détecter, évaluer et accompagner les enfants qui en ont besoin. La recherche dans ce domaine est loin d'être close, ce travail n'en constitue que le commencement à plusieurs égards.

Bibliographie générale

- Abdulkader, D. M., Washington, K. N., Kokotek, L. E., Al-tuwairqi, A., & Al-tamimi, A. (2024). Intelligibility in Context Scale: Psychometric evidence and implications for Saudi Arabic-English-speaking preschoolers. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 26(4), 544–555. <https://doi.org/10.1080/17549507.2023.2240040>
- Abreu, R. R., Rocha, R. L., Lamounier, J. A., & Guerra, Â. F. M. (2008a). Etiology, clinical manifestations and concurrent findings in mouth-breathing children. *Jornal de Pediatria*, 84(6), 529–535. <https://doi.org/10.2223/JPED.1844>
- Afshar, M., Zarifian, T., Khorrani Banaraki, & Noroozi, M. (2022). Executive functions in Persian speaking preschool children with speech sound disorders and comparison with their typically developing peers. *Applied Neuropsychology: Child*, 11(4), 702–712. <https://doi.org/10.1080/21622965.2021.1937169>
- Agacayak, K. S., Gulsun, B., Kopal, M., Atalay, Y., Aksoy, O., & Adiguzel, O. (2015). Alterations in maxillary sinus volume among oral and nasal breathers. *Medical Science Monitor*, 21, 18–26. <https://doi.org/10.12659/MSM.891371>
- Aguado, G., Ripoll, J.C., Tapia, M.M., & Gibson, M. (2018). Marcadores del trastorno específico del lenguaje en español: comparación entre la repetición de oraciones y la repetición de pseudopalabras. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, 38(3), 105–112. <https://doi.org/10.1016/j.rlfa.2018.04.003>
- Alhazmi, W. (2022). Mouth breathing and speech disorders: A multidisciplinary evaluation based on the etiology. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 14(5), 911. https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_235_22
- Allen, R. (2020). The health benefits of nose breathing. *Nursing in General Practice*, 40–42. <http://hdl.handle.net/10147/559021>
- Almotairy, N., Kumar, A., Trulsson, M., & Grigoriadis, A. (2018). Development of the jaw sensorimotor control and chewing - a systematic review. *Physiology & Behavior*, 194, 456–465. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.06.037>
- Amayreh, M. M., & Dyson, A. T. (1998). The acquisition of Arabic consonants. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 41(3), 642–653. <https://doi.org/10.1044/jslhr.4103.642>
- American Speech-Language-Hearing Association. (2022). *Schools survey report: Caseload characteristics trends, 2004–2022*. <https://www.asha.org/siteassets/surveys/2022-schools-survey-caseload-characteristics-trends.pdf>
- American Speech-Language-Hearing Association. (n.d.-a). *Speech sound disorders: Articulation and phonology* [Practice portal]. <https://www.asha.org/practice-portal/clinical-topics/articulation-and-phonology/>
- American Speech-Language-Hearing Association. (n.d.-b). *Pediatric feeding and swallowing* [Practice portal]. <https://www.asha.org/practice-portal/clinical-topics/pediatric-feeding-and-swallowing/>
- American Speech-Language-Hearing Association. (n.d.-c). *Orofacial myofunctional disorders: Overview* [Practice portal]. <https://www.asha.org/PRPSpecificTopic.aspx?folderid=8589943975§ion=Overview>

- Andrada e Silva, M. A., Marchesan, I. Q., Ferreira, L. P., Schmidt, R., & Ramires, R. R. (2012). Posture, lips and tongue tone and mobility of mouth breathing children. *Revista CEFAC*, *14*(5), 853–860. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2011.04.005>
- Arai, S., Kato, C., Watari, I., & Ono, T. (2022). Does orthodontic treatment change the preferred chewing side of patients with malocclusion? *Journal of Clinical Medicine*, *11*(21), Article 6343. <https://doi.org/10.3390/jcm11216343>
- Archambault, N. (2018). Healthy breathing, 'round the clock. *The ASHA Leader*, *23*(2), 48–54. <https://doi.org/10.1044/leader.FTR1.23022018.48>
- Archibald, L. (2008). The promise of nonword repetition as a clinical tool. *Canadian Journal of Speech-Language Pathology and Audiology*, *32*(1), 21–28. https://cjslpa.ca/files/2008_CJSLPA_Vol_32/No_01_1-68/Archibald_CJSLPA_2008.pdf
- Ashokumar, M., Guichet, C., Schwartz, J. L., & Ito, T. (2022). Correlation between the Effect of Orofacial Somatosensory Inputs in Speech Perception and Speech Production Performance. *Auditory Perception & Cognition*, *6*(1–2), 97–107. <https://doi.org/10.1080/25742442.2022.2134674>
- Ataide, M. C. G., Bernardi, F. A., Marques, P. M. A., & Felício, C. M. (2023). Web version of the protocol of the orofacial myofunctional evaluation with scores: Usability and learning. *CoDAS*, *35*(2), Article e20220026. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20232022026>
- Au Yeung, K. S. R., Shan, Z., Sum, F. H. K. M. H., Wong, K. W. F., Lee, H. M. G., & Yang, Y. (2024). Association between occlusal features and masticatory function in Hong Kong preschool children: A survey with one-year longitudinal follow-up. *BMC Oral Health*, *24*(1), Article 187. <https://doi.org/10.1186/s12903-024-03895-6>
- Aubertin, G. (2013). Le syndrome d'apnées obstructives du sommeil chez l'enfant [Obstructive sleep apnea syndrome in children]. *Revue de pneumologie clinique*, *69*(4), 229–236. <https://doi.org/10.1016/j.pneumo.2013.05.004>
- Auger, D. (1994). *Casse-tête d'évaluation de la phonologie*.
- Avivi-Arber, L., Martin, R., Lee, J. C., & Sessle, B. J. (2011). Face sensorimotor cortex and its neuroplasticity related to orofacial sensorimotor functions. *Archives of oral biology*, *56*(12), 1440–1465. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2011.04.005>
- Ayano, R., Tamura, F., Ohtsuka, Y., & Mukai, Y. (2000). The development of normal feeding and swallowing: Showa University study of the feeding function. *International Journal of Orofacial Myology*, *26*(1), 24–29. <https://doi.org/10.52010/ijom.2000.26.1.3>
- Azevedo, N. D., Lima, J. C., Furlan, R. M. M. M., & Motta, A. R. (2018). Tongue pressure measurement in children with mouth-breathing behaviour. *Journal of Oral Rehabilitation*, *45*(8), 612–617. <https://doi.org/10.1111/joor.12653>
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, *4*(11), 417–423. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2)
- Badreddine, F. R., Fujita, R. R., Alves, F. E. M. M., & Cappelletto, M. (2018). Rapid maxillary expansion in mouth breathers: A short-term skeletal and soft-tissue effect on the nose. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, *84*(2), 196–205. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2017.01.009>

- Baker, E. (2006). Management of speech impairment in children: The journey so far and the road ahead. *Advances in Speech Language Pathology*, 8, 156–163. <https://doi.org/10.1080/14417040600701951>
- Baker, E., Masso, S., Huyn, K., & Sugden, E. (2022). Optimizing outcomes for children with phonological impairment: A systematic search and review of outcome and experience measures reported in intervention research. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 53(3), 732–748. https://doi.org/10.1044/2022_LSHSS-21-00132
- Bakke, M., Bergendal, B., McAllister, A., Sjögreen, L., & Åsten, P. (2007). Development and evaluation of a comprehensive screening for orofacial dysfunction. *Swedish Dental Journal*, 31(2), 75–84.
- Bally, F. (2018). Fonctions, dysfonctions, parafonctions : comment favoriser un développement harmonieux ? *Revue d'Odonto-Stomatologie*, 47(3), 196–210.
- Bandyopadhyay, A., & Slaven, J. E. (2021). Health outcomes associated with improvement in mouth breathing in children with OSA. *Sleep and Breathing*, 25(3), 1635–1639. <https://doi.org/10.1007/s11325-020-02247-2>
- Barbier, G. (2016). *Contrôle de la production de la parole chez l'enfant de 4 ans : l'anticipation comme indice de maturité motrice*. Université Grenoble Alpes.
- Barbier, G., Perrier, P., Payan, Y., Tiede, M. K., Gerber, S., Perkell, J. S., & Ménard, L. (2020). What anticipatory coarticulation in children tells us about speech motor control maturity. *PLoS ONE*, 15(4), Article e0231484. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231484>
- Barlow, S. M., & Estep, M. (2006). Central pattern generation and the motor infrastructure for suck, respiration, and speech. *Journal of Communication Disorders*, 39(5), 366–380. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2006.06.011>
- Barlow, S. M., Radder, J. P. L., Radder, M. E., & Radder, A. K. (2010). Central pattern generators for orofacial movements and speech. In S. M. Brudzynski (Ed.), *Handbook of Behavioral Neuroscience* (pp. 351–369). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2006.06.011>
- Basheer, B., Hegde, K. S., Bhat, S. S., Umar, D., & Baroudi, K. (2014). Influence of mouth breathing on the dentofacial growth of children: A cephalometric study. *Journal of International Oral Health*, 6(6), 50–55. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25628484>
- Bates, S., & Titterton, J. (2017). *Good practice guidelines for the analysis of child speech*. [Organisation non précisée].
- Bathina, S., Garibaldi, A., & Venkatesh, L. (2023). Validation of the Intelligibility in Context Scale in Tamil (ICS-Tamil) and insights into children's speech sound accuracy. *Speech, Language and Hearing*, 26(1), 61–73. <https://doi.org/10.1080/2050571X.2022.2064112>
- Bauman-Waengler, J. A. (2015). *Articulation and phonological impairments: A clinical focus* (5th ed.). Pearson.
- Baumgartner, S., Bruckert, E., Gallo, A., & Plat, J. (2020). The position of functional foods and supplements with a serum LDL-C lowering effect in the spectrum ranging from universal to care-related CVD risk management. *Atherosclerosis*, 311, 116–123. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2020.07.019>

- Bearzotti, F., Tavano, A., & Fabbro, F. (2007). Development of orofacial praxis of children from 4 to 8 years of age. *Perceptual and Motor Skills*, *104*(3), 1355–1366. <https://doi.org/10.2466/PMS.104.4.1355-1366>
- Bédard, P., Audet, A. M., Drouin, P., Roy, J. P., Rivard, J., & Tremblay, P. (2017). SyllabO+: A new tool to study sublexical phenomena in spoken Quebec French. *Behavior Research Methods*, *49*(5), 1852–1863. <https://doi.org/10.3758/s13428-016-0829-7>
- Bedore, L. M., Peña, E. D., Joyner, D., & Macken, C. (2011). Parent and teacher rating of bilingual language proficiency and language development concerns. *International Journal of Bilingual Education and Bilingualism*, *14*(5), 489–511. <https://doi.org/10.1080/13670050.2010.529102>
- Begnoni, G., De Llano-Pérula, M. C., Dellavia, C., & Willems, G. (2020). Cephalometric traits in children and adolescents with and without atypical swallowing: A retrospective study. *European Journal of Paediatric Dentistry*, *21*(1), 46–52. <https://doi.org/10.23804/ejpd.2020.21.01.09>
- Bergendal, B., Bakke, M., McAllister, A., Sjögreen, L., & Åsten, P. (2014). Profiles of orofacial dysfunction in different diagnostic groups using the Nordic Orofacial Test (NOT-S)—A review. *Acta Odontologica Scandinavica*, *72*(8), 578–584. <https://doi.org/10.3109/00016357.2014.942874>
- Bernhardt, B. (1992). The application of nonlinear phonological theory to intervention with one phonologically disordered child. *Clinical Linguistics & Phonetics*, *6*, 283–316. <https://doi.org/10.3109/02699209208985537>
- Bernhardt, B. M. (1990). *Application of nonlinear phonological theory to intervention with six phonologically disordered children*. University of British Columbia.
- Bernhardt, B., & Stoel-Gammon, C. (1994). Nonlinear phonology: Introduction and clinical application. *Journal of Speech and Hearing Research*, *37*, 123–143. <https://doi.org/10.1044/jshr.3701.123>
- Bernthal, J. E., Bankson, N. W., & Flipsen, P. JR. (2016). *Articulation and Phonological Disorders Speech Sound Disorders in Children* (Pearson, Ed.; 8th ed.).
- Bernthal, J. E., Bankson, N. W., & Flipsen, P., Jr. (2013). *Articulation and phonological disorders: Speech sound disorders in children* (7th ed.). Pearson.
- Bertagnolli, A. P. C., Gubiani, M. B., Ceron, M., & Keske-Soares, M. (2015). Orofacial praxis abilities in children with speech disorders. *International Archives of Otorhinolaryngology*, *19*(4), 286–292. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1551550>
- Bérubé, D., & Macleod, A. A. N. (2022). A comparison of two phonological screening tools for French-speaking children. *International Journal of Speech-Language Pathology*, *24*(1), 22–32. <https://doi.org/10.1080/17549507.2021.1936174>
- Bérubé, D., Bernhardt, B. M., & Stemberger, J. P. (2013). Un test de phonologie du français : construction et utilisation. *Revue canadienne d'orthophonie et d'audiologie*, *37*(1), 26–40. <https://cjslpa.ca/detail.php?ID=1120&lang=en>
- Billings, M., Gatto, K., D'Onofrio, L., Merkel-Walsh, R., & Archambault, N. (2018). *Orofacial myofunctional disorders*. IAOM. <http://iaom.com/wp-content/uploads/2018/10/OMD-Overview-IAOM.pdf>

- Bishop, D. V. M., Snowling, M. J., Thompson, P. A., Greenhalgh, T., Adams, C., Archibald, L., Baird, G., Bauer, A., Bellair, J., Boyle, C., Brownlie, E., Carter, G., Clark, B., Clegg, J., Cohen, N., Conti-Ramsden, G., Dockrell, J., Dunn, J., Ebbels, S., ... Whitehouse, A. (2017). Phase 2 of CATALISE: a multinational and multidisciplinary Delphi consensus study of problems with language development: Terminology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 58(10), 1068–1080. <https://doi.org/10.1111/jcpp.1272>
- Björelidius, H., Tsilingaridis, G., Johansson, F., Trang, J., Grigoriadis, A., Thorman, R., & Terband, H. (2025). Chewing efficiency in children with motor speech disorders. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 1. <https://doi.org/10.1007/s40368-025-01095-6>
- Boateng, G. O., Neilands, T. B., Frongillo, E. A., Melgar-Quiñonez, H. R., & Young, S. L. (2018). Best practices for developing and validating scales for health, social, and behavioral research: a primer. *Frontiers in Public Health*, 6, 149. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2018.00149>
- Bonnet, G., Batisse, C., Peyron, M.-A., Nicolas, E., & Hennequin, M. (2019). Which variables should be controlled when measuring the granulometry of a chewed bolus? A systematic review. *Journal of Texture Studies*, 50(3), 194–216. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12376>
- Borox, T., Leite, A. P. D., Bagarollo, M. F., Alencar, B. L. F., & Czulniak, G. R. (2018). Speech production assessment of mouth breathing children with hypertrophy of palatines and/or pharyngeal tonsils. *Revista CEFAC*, 20(4), 468–477.
- Bowen, C. (2015). *Children's speech sound disorders* (2nd ed.). Wiley-Blackwell, Wiley.
- Brebner, C., Jovanovic, J., Lawless, A., & Young, J. (2016). Early childhood educators' understanding of early communication: Application to their work with young children. *Child Language Teaching and Therapy*, 32(3), 277–292. <https://doi.org/10.1177/0265659016630034>
- Brin, F., Courrier, C., Lederle, E., & Masy, V. (2004). *Dictionnaire d'orthophonie* (2d ed.). Ortho-Edition.
- Broomfield, J., & Dodd, B. (2004). The nature of referred subtypes of primary speech disability. *Child Language Teaching and Therapy*, 20(2), 135–151. <https://doi.org/10.1191/0265659004ct267oa>
- Brousseau-Lapr e, F. (2013). *Underlying and surface manifestations of developmental phonological disorder in French-speaking preschoolers aged 4 to 6 years*. McGill University.
- Brousseau-Lapr e, F., Rvachew, S., Macleod, A. A. N., Findlay, K., B erub e, D., Bernhardt, B., & Findlay, K. (2018). Une vue d'ensemble : les donn ees probantes sur le développement phonologique des enfants francophones canadiens. *Revue Canadienne d'orthophonie et d'audiologie*, 42(1), 1–19.
- Brousseau-Lapr e, F., Rvachew, S., Macleod, A. A. N., Findlay, K., B erub e, D., Bernhardt, B., & Findlay, K. (2018).
- Bruwier, A., & Limme, M. (2015). Ventilation buccale et SAOS chez l'enfant. *L'Orthodontiste*, 5(4), 25–35.
- Bueno, D. de A., Grechi, T. H., Trawitzki, L. V. V., Anselmo-Lima, W. T., Felicio, C. M., & Valera, F. C. P. (2015). Muscular and functional changes following

- adenotonsillectomy in children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 79(4), 537–540. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2015.01.024>
- Bujang, M. A., & Adnan, T. H. (2016). Requirements for minimum sample size for sensitivity and specificity analysis. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 10(10), YE01–YE06. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2016/18129.8744>
- Burnay, J., Grégoire, J., Monseur, C., & Willems, S. (2024). Lutter contre les freins à l’Evidence-Based Assessment : création d’une grille pour examiner la qualité des outils d’évaluation en psychologie, neuropsychologie et orthophonie. *ANAE : Approche neuropsychologique des apprentissages chez l’enfant*, 36(3), 247–256.
- Burr, S., Harding, S., Wren, Y., & Deave, T. (2021). The relationship between feeding and non-nutritive sucking behaviours and speech sound development: A systematic review. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 73(2), 75–88. <https://doi.org/10.1159/000505266>
- Cabbage, K. L., Farquharson, K., Iuzzini-Seigel, J., Zuk, J., & Hogan, T. P. (2018). Exploring the overlap between dyslexia and speech sound production deficits. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 49(4), 774–786. https://doi.org/10.1044/2018_LSHSS-DYSLC-18-0008
- Campbell, T. F., Dollaghan, C. A., Rockette, H. E., Paradise, J. L., Feldman, H. M., Shriberg, L. D., Sabo, D. L., & Kurs-Lasky, M. (2003). Risk factors for speech delay of unknown origin in 3-year-old children. *Child Development*, 74(2), 346–357. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.7402002>
- Campbell, T.F., Dollaghan, C.A., Rockette, H.E., Paradise, J.L., Feldman, H.M., Shriberg, L., Sabo, D.L., & Kurs-Lasky, M. (2003). Risk factors for speech delay of unknown origin in 3-year-old children. *Child development*, 74(2), 346-57. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.7402002>
- Cao, Y., Wu, S., Zhang, L., Yang, Y., Cao, S., & Li, Q. (2018). Association of allergic rhinitis with obstructive sleep apnea: A meta-analysis. *Medicine*, 97(51), Article e13783. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000013783>
- Carruth, B. R., Ziegler, P. J., Gordon, A., & Hendricks, K. (2004). Developmental milestones and self-feeding behaviors in infants and toddlers. *Journal of the American Dietetic Association*, 104(Suppl. 1), 51–56. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2003.10.019>
- Carter, J. V., Pan, J., Rai, S. N., & Galandiuk, S. (2016). ROC-ing along: Evaluation and interpretation of receiver operating characteristic curves. *Surgery (United States)*, 159(6), 1638–1645. <https://doi.org/10.1016/j.surg.2015.12.029>
- Cattaneo, C., Liu, J., Bech, A. C., Pagliarini, E., & Bredie, W. L. P. (2020). Cross-cultural differences in lingual tactile acuity, taste sensitivity phenotypical markers, and preferred oral processing behaviors. *Food Quality and Preference*, 80, Article 103803.
- Cattini, J. (2023). *Analyse des erreurs de production de la parole chez des enfants francophones âgés de 3 ans à 5 ans : Étude longitudinale* [master’s thesis, University of Liège]. MatheO. <https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/17117>
- Cattini, J., & Maillart, C. (2024). Analyse critique des caractéristiques psychométriques des outils francophones évaluant la production et/ou la perception des sons de la parole chez les enfants d’âge préscolaire [Critical analysis of the psychometric

- properties of French-language tools assessing speech sound production and/or perception in preschool-age children]. *ANAE - Approche Neuropsychologique Des Apprentissages Chez l'Enfant*, 190, 257-269.
- Cattini, J., Duboisdindien, G., & Maillart, C. (2025a). L'évaluation psycholinguistique de la parole chez les enfants d'âge préscolaire : un inventaire des outils francophones [Psycholinguistic assessment of speech in preschool children: an inventory of French-language tools]. *Glossa*, 145, 47–77. <https://doi.org/10.61989/xrrhg144>
- Cattini, J., Duboisdindien, G., & Maillart, C. (2025b). L'évaluation psycholinguistique de la parole chez les enfants d'âge préscolaire : un inventaire des outils francophones. *Glossa*, (145), 47–77. <https://doi.org/10.61989/xrrhg144>
- Catts, H. W., Adlof, S. M., Hogan, T. P., & Weismer, S. E. (2005). Are specific language impairment and dyslexia distinct disorders? *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 48(6), 1378–1396. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2005/096\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2005/096))
- Chabre, C. (2019). *Orthodontie interceptive*. Parresia.
- Chambi-Rocha, A., Cabrera-Domínguez, M. E., & Domínguez-Reyes, A. (2018). Breathing mode influence on craniofacial development and head posture. *Jornal de Pediatria*, 94(2), 123–130. <https://doi.org/10.1016/j.jpmed.2017.05.007>
- Charron, L., Duchesne, L., & Meloni, G. (2022, septembre 1–2). *Les troubles des sons de la parole : ça vous parle ?* [Communication]. AQOA.
- Chen, X., Xia, B., & Ge, L. (2015). Effects of breast-feeding duration, bottle-feeding duration and non-nutritive sucking habits on the occlusal characteristics of primary dentition. *BMC Pediatrics*, 15(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s12887-015-0364-1>
- Chevrie-Muller, C., Maillart, C., Simon, A. M., & Fournier, S. (2010). *L2MA-2 : Batterie d'évaluation du langage oral, du langage écrit, de la mémoire et de l'attention (2e éd.)*. Pearson (ECPA).
- Chomsky, N., & Halle, M. (1968). *The Sound Pattern of English*. Harper & Row.
- Chow, C. Y., Bech, A. C., Sørensen, H., Olsen, A., & Bredie, W. L. P. (2024). Food texture preferences in early childhood: Insights from 3–6 years old children and parents. *Food Quality and Preference*, 113, Article 105063. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2023.105063>
- Chung Leng Muñoz, I., & Beltri Orta, P. (2014). Comparison of cephalometric patterns in mouth breathing and nose breathing children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 78(7), 1167–1172. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2014.04.046>
- Clark, H. M., Robin, D. A., McCullagh, G., & Schmidt, R. A. (2001). Motor control in children and adults during a non-speech oral task. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 44(5), 1015–1025. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2001/080\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2001/080))
- Clausen, M. C., & Fox-Boyer, A. V. (2022). Diagnostic validity, accuracy and inter-rater reliability of a phonological assessment for Danish-speaking children. *Journal of Communication Disorders*, 95, Article 106168. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2021.106168>
- Cleland, J., Burr, S., Harding, S., Stringer, H., & Wren, Y. (2025). Towards an agreed labelling system and protocol for the diagnosis of speech sound disorder subtypes in the United Kingdom. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 60(3), Article e70052. <https://doi.org/10.1111/1460-6984.70052>

- Connaghan, K. P., Moore, C. A., & Higashakawa, M. (2004). Respiratory kinematics during vocalization and nonspeech respiration in children from 9 to 48 months. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 47*(1), 70. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2004/007\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2004/007))
- Connaghan, K. P., Moore, C. A., & Higashakawa, M. (2004). Respiratory kinematics during vocalization and nonspeech respiration in children from 9 to 48 months. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 47*(1), 70. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2004/007\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2004/007))
- Conti, P. B. M., Sakano, E., Ribeiro, M. Â. G. D. O., Schivinski, C. I. S., & Ribeiro, J. D. (2011). Assessment of the body posture of mouth-breathing children and adolescents. *Jornal de Pediatria, 87*(4), 357–363. <https://doi.org/10.2223/JPED.2102>
- Coquet, F., Ferrand, P., & Roustit, J. (2009). *EVALO 2-6*. Ortho Edition.
- Corrêa, C. de C., Weber, S. A. T., Evangelisti, M., & Villa, M. P. (2020). The short evaluation of orofacial myofunctional protocol (ShOM) and the sleep clinical record in pediatric obstructive sleep apnea. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology, 137*, Article 110240. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2020.110240>
- Costa, J. G., Costa, G. S., Costa, C., Vilella, O. de V., Mattos, C. T., & Cury-Saramago, A. de A. (2017). Clinical recognition of mouth breathers by orthodontists: A preliminary study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 152*(5), 646–653. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2017.03.025>
- Costa, M. da, Valentim, H. M. B., Ferreira, A. G., & Motta, A. R. (2015). Findings of multiprofessional evaluation of mouth breathing children. *Revista CEFAC, 17*(3), 864–878.
- Courtney, R., Engel, R., Grace, S., Potts, A., Riordan, B., Ireland, K., Osbourne, C., & Sukhtankar, A. (2022). Functional nasal breathing rehabilitation: Effectiveness and feasibility of an online integrative breathing therapy protocol. *International Journal of Orofacial Myology and Myofunctional Therapy, 48*(1), 1–14. <https://doi.org/10.52010/ijom.2022.48.1.2>
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Cruwys, T., Bevelander, K. E., & Hermans, R. C. (2015). Social modeling of eating: A review of when and why social influence affects food intake and choice. *Appetite, 86*, 3–18. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2014.08.035>
- Cuccia, A., & Caradonna, C. (2009). The relationship between the stomatognathic system and body posture. *Cranio, 27*(1), 37–42.
- D'Onofrio, L. (2019). Oral dysfunction as a cause of malocclusion. *Orthodontics and Craniofacial Research, 22*(S1), 43–48. <https://doi.org/10.1111/ocr.12277>
- da Silva Dias, F. V., Trawitzki, L. V. V., Garcia, D. M., Eckeli, A. L., Valera, F. C. P., Anselmo-Lima, W. T., & de Felício, C. M. (2024). Comprehensive analysis of orofacial motor skills in children with obstructive sleep apnea. *Sleep & Breathing, 29*(1), Article 8. <https://doi.org/10.1007/s11325-024-03178-y>

- Damianaki, A., Vagiakis, E., Sigala, I., Pataka, A., Rovina, N., Vlachou, A., Krietsepi, V., Zakyntinos, S., & Katsaounou, P. (2019). The co-existence of obstructive sleep apnea and bronchial asthma: Revelation of a new asthma phenotype? *Journal of Clinical Medicine*, 8(9), Article 1476. <https://doi.org/10.3390/jcm8091476>
- Daub, O., Cunningham, B. J., Bagatto, M. P., Johnson, A. M., Kwok, E. Y., Smyth, R. E., & Cardy, J. O. (2021). Adopting a conceptual validity framework for testing in speech-language pathology. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 30(4), 1894–1908. https://doi.org/10.1044/2021_AJSLP-20-00032
- Davenport, M., & Hannahs, S. J. (2010). *Introducing phonetics and phonology* (3rd ed.). Hodder Education.
- Davenport, P. W., Bolser, D. C., & Morris, K. F. (2011). Swallow remodeling of respiratory neural networks. *Head & neck*, 33 Suppl 1(Suppl 1), S8–S13. <https://doi.org/10.1002/hed.21845>
- Daviault, D. (2011). *L'émergence et le développement du langage chez l'enfant*. Chenelière Education.
- Davis, B. L., MacNeilage, P. F., & Matyear, C. L. (2002). Acquisition of Serial Complexity in Speech Production: A Comparison of Phonetic and Phonological Approaches to First Word Production. *Phonetica*, 59(2–3), 75–107. <https://doi.org/10.1159/000066065>
- de Farias, S. R., de Avila, C. R., & Vieira, M. M. (2006). Relação entre fala, tónus e praxia não-verbal do sistema estomatognático em pré-escolares [Relationship between speech, tonus and non-verbal praxis of the stomatognathic system in preschoolers]. *Pro-fono : revista de atualizacao cientifica*, 18(3), 267–276. <https://doi.org/10.1590/s0104-56872006000300006>
- de Felício, C. M., da Silva Dias, F. V., Folha, G. A., de Almeida, L. A., de Souza, J. F., Anselmo-Lima, W. T., Trawitzki, L. V. V., & Valera, F. C. P. (2016). Orofacial motor functions in pediatric obstructive sleep apnea and implications for myofunctional therapy. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 90, 5–11. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2016.08.019>
- de Felício, C. M., & Ferreira, C. L. P. (2008). Protocol of orofacial myofunctional evaluation with scores. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 72(3), 367–375. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2007.11.012>
- de Felício, C. M., Folha, G. A., Ferreira, C. L. P., & Medeiros, A. P. M. (2010). Expanded protocol of orofacial myofunctional evaluation with scores: Validity and reliability. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 74(11), 1230–1239. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2010.07.021>
- de Felício, C. M., Folha, G. A., Gaido, A. S., Dantas, M. de M. M., & Azevedo-Marques, P. M. de. (2014). Computerized protocol of orofacial myofunctional evaluation with scores: Usability and validity. *CoDAS*, 26(4), 322–327. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/201420140021>
- de Felício, C. M., Lima, M. do R. F., Medeiros, A. P. M., & Ferreira, J. T. L. (2017). Orofacial myofunctional evaluation protocol for older people: Validity, psychometric properties, and association with oral health and age. *CoDAS*, 29(6), 1–12. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20172017042>

- de Felício, C. M., Medeiros, A. P., & de Oliveira Melchior, M. (2012). Validity of the 'Protocol of oro-facial myofunctional evaluation with scores' for young and adult subjects. *Journal of Oral Rehabilitation*, 39(10), 744–753. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2012.02336.x>
- De Lemos, C. M., Wilhelmsen, N. S. W., Mion, O. D. G., & De Mello, J. F. (2009). Functional alterations of the stomatognathic system in patients with allergic rhinitis: Case-control study. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 75(2), 268–274. [https://doi.org/10.1016/s1808-8694\(15\)30789-8](https://doi.org/10.1016/s1808-8694(15)30789-8)
- De Letter, M., Criel, Y., Lind, A., Hartsuiker, R., & Santens, P. (2020). Articulation lost in space: The effects of local orobuccal anesthesia on articulation and intelligibility of phonemes. *Brain and Language*, 207, 104813. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2020.104813>
- De Menezes, V. A., Leal, R. B., Pessoa, R. S., & Pontes, R. M. E. S. (2006). Prevalence and factors related to mouth breathing in school children at the Santo Amaro project—Recife, 2005. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 72(3), 394–398. [https://doi.org/10.1016/s1808-8694\(15\)30975-7](https://doi.org/10.1016/s1808-8694(15)30975-7)
- De Scudine, K. G. O., De Moraes, K. N., Miyagui, S. A., Lamy, E., Lopes, M. F., Mamani, M. H., & Castelo, P. M. (2023). Understanding the relationship between orofacial structures and feeding habits of preschoolers: A multivariate analysis. *Journal of Texture Studies*, 54(4), 470–480. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12748>
- de Simoni, S. N., Leidow, I. C., Britz, D. L., Moraes, D. A. de O., & Keske-Soares, M. (2019). Impact of the speech sound disorders: Family and child perception. *Revista CEFAC*, 21(3), Article e310718. <https://doi.org/10.1590/1982-0216/201921310718>
- Delaney, A. L., & Arvedson, J. C. (2008). Development of swallowing and feeding: Prenatal through first year of life. *Developmental Disabilities Research Reviews*, 14(2), 105–117. <https://doi.org/10.1002/ddrr.16>
- Denotti, G., Ventura, S., Arena, O., & Fortini, A. (2014). Oral breathing: New early treatment protocol. *Journal of Pediatric and Neonatal Individualized Medicine*, 3(1), 1–7. <https://doi.org/10.7363/030108>
- Denzin, N. K. (1978). Triangulation: A Case for Methodological Evaluation and Combination. *Sociological Methods*, 339-357.
- Devon, H. A., Block, M. E., Moyle-Wright, P., Ernst, D. M., Hayden, S. J., Lazzara, D. J., Savoy, S. M., & Kostas-Polston, E. (2007). A psychometric toolbox for testing validity and reliability. *Journal of Nursing Scholarship*, 39(2), 155–164. <https://doi.org/10.1111/j.1547-5069.2007.00161.x>
- Dewey, D. (1995). What is developmental dyspraxia? *Brain and Cognition*, 29(3), 254–274. <https://doi.org/10.1006/brcg.1995.1281>
- Díaz, C. B., Soto-Barba, J., Valdés, H. L., & Carrillo, K. S. (2022). Behavior of the oral diadochokinetic parameters in primary school students and its relationship with the sociocultural level and phonetic-phonological performance. *Revista Chilena de Fonoaudiología*, 21, 2–16. <https://doi.org/10.5354/0719-4692.2022.61275>
- Diepeveen, S., Terband, H., van Haften, L., van de Zande, A. M., Megens-Huigh, C., de Swart, B., & Maassen, B. (2022). Process-oriented profiling of speech sound disorders. *Children*, 9(10), Article 1502. <https://doi.org/10.3390/children9101502>

- Diepeveen, S., van Haften, L., Terband, H., de Swart, B., & Maassen, B. (2020). Clinical reasoning for speech sound disorders: Diagnosis and intervention in speech-language pathologists' daily practice. *American Journal of Speech-Language Pathology*, *29*(3), 1529–1549. https://doi.org/10.1044/2020_AJSLP-19-00040
- Dixit, U. B., & Shetty, R. M. (2013). Comparison of soft-tissue, dental, and skeletal characteristics in children with and without tongue thrusting habit. *Contemporary Clinical Dentistry*, *4*(1), 2–6. <https://doi.org/10.4103/0976-237X.111585>
- Dodd, B. (2011). Differentiating speech delay from disorder: Does it matter? *Topics in Language Disorders*, *31*(2), 96–111. <https://doi.org/10.1097/TLD.0b013e318217b66a>
- Dodd, B. (2014). Differential diagnosis of pediatric speech sound disorder. *Current Developmental Disorders Reports*, *1*(3), 189–196. <https://doi.org/10.1007/s40474-014-0017-3>
- Dodd, B., & McIntosh, B. (2010). Two-year-old phonology: Impact of input, motor and cognitive abilities on development. *Journal of Child Language*, *37*(5), 1027–1046. <https://doi.org/10.1017/S0305000909990171>
- Dodd, B., Hua, Z., Crosbie, S., Holm, A., & Ozanne, A. (2002). *Diagnostic Evaluation of Articulation and Phonology (DEAP)*. Psychological Corporation.
- Dunn, L. M. (2019). *PPVT-5: Peabody picture vocabulary test* (5th ed.). Pearson.
- Dupret, M. (2024). *Les épreuves de répétition de phrases et de répétition de non-mots au service du diagnostic différentiel entre le trouble développemental du langage et les troubles des sons de la parole* [Mémoire de master non publié]. Université de Liège. <https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/21965>
- Eadie, P., Morgan, A., Ukoumunne, O. C., Ttofari Eecen, K., Wake, M., & Reilly, S. (2015). Speech sound disorder at 4 years: prevalence, comorbidities, and predictors in a community cohort of children. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *57*(6), 578–584. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12635>
- Ebrahimi, S., Bahrami, F., & Hossein-Zadeh, G.-A. (2024). The human somatosensory cortex contributes to the encoding of newly learned movements. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *121*(6), e2316294121.
- Edwards, J., & Beckman, M. E. (2008). Methodological questions in studying consonant acquisition. *Clinical Linguistics & Phonetics*, *22*, 937–956. <https://doi.org/10.1080/02699200802330223>
- Edwards, M. L. (1997). Historical overview of clinical phonology. In B. Hodson & M. Edwards (Eds.), *Perspectives in applied phonology* (pp. 1–18). Aspen Publishers.
- Ehrler, D. J., & McGhee, R. L. (2008). *Primary Test of Nonverbal Intelligence*. Pro-Ed.
- Eisenberg, L. S., & Hitchcock, E. R. (2010). Using standardized tests to inventory consonant and vowel production: A comparison of 11 tests of articulation and phonology. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, *41*(4), 488–503. [https://doi.org/10.1044/0161-1461\(2009/08-0125\)](https://doi.org/10.1044/0161-1461(2009/08-0125))
- Elad, D., Wolf, M., & Keck, T. (2008). Air-conditioning in the human nasal cavity. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, *163*(1–3), 121–127. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2008.05.002>

- Ellis Weismer, S., Tomblin, J. B., Zhang, X., Buckwalter, P., Chynoweth, J. G., & Jones, M. (2000). Nonword repetition performance in school-age children with and without language impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 43(4), 865–878. <https://doi.org/10.1044/jslhr.4304.865>
- Engelen, L., Fontijn-Tekamp, A., & van der Bilt, A. (2005). The influence of product and oral characteristics on swallowing. *Archives of Oral Biology*, 50(8), 739–746. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2005.01.004>
- Fabiano-Smith, L. (2019). Standardized tests and the diagnosis of speech sound disorders. *Perspectives of the ASHA Special Interest Groups*, 4(1), 58–66. https://doi.org/10.1044/2018_PERS-SIG1-2018-0018
- Farquharson, K., & Tambyraja, S. R. (2019). Describing how school-based SLPs determine eligibility for children with speech sound disorders. *Seminars in Speech and Language*, 40(2), 105–112. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1677761>
- Farquharson, K., Hogan, T. P., & Bernthal, J. E. (2018). Working memory in school-age children with and without a persistent speech sound disorder. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 20(4), 422–433. <https://doi.org/10.1080/17549507.2017.1293159>
- Fenson, L., Marchman, V., Thal, D., Dale, P., Reznick, J., & Bates, E. (2007). *The MacArthur-Bates Communicative Development Inventories: User's Guide and Technical Manual*. 2nd edn. (Paul Brook).
- Flipsen, P., & Ogiela, D. A. (2015). Psychometric characteristics of single-word tests of children's speech sound production. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 46(2), 166–178. https://doi.org/10.1044/2015_LSHSS-14-0055
- Fox, A. V., Dodd, B., & Howard, D. (2002). Risk factors for speech disorders in children. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 37(2), 117–131. <https://doi.org/10.1080/13682820110116776>
- Franco, L. P., Souki, B. Q., Cheib, P. L., Abrão, M., Pereira, T. B. J., Becker, H. M. G., & Pinto, J. A. (2015). Are distinct etiologies of upper airway obstruction in mouth-breathing children associated with different cephalometric patterns? *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 79(2), 223–228. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2014.12.013>
- Frank, U., van den Engel-Hoek, L., Nogueira, D., Schindler, A., Adams, S., Curry, M., & Huckabee, M. L. (2019). International standardisation of the test of masticating and swallowing solids in children. *Journal of Oral Rehabilitation*, 46(2), 161–169. <https://doi.org/10.1111/joor.12728>
- Franken, M. K., Liu, B. C., & Ostry, D. J. (2022). Towards a somatosensory theory of speech perception. *Journal of Neurophysiology*, 128(6), 1683–1695.
- Franklin, A., & McDaniel, L. (2016). The development of English as a second language with and without specific language impairment: Clinical implications. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 25(2), 172–182. https://doi.org/10.1044/2015_AJSLP-14-0172
- Furlong, L., Serry, T., Erickson, S., & Morris, M. E. (2018). Processes and challenges in clinical decision-making for children with speech-sound disorders. *International Journal of Language and Communication Disorders*, 53(6), 1124–1138. <https://doi.org/10.1111/1460-6984.12426>

- Gathercole, S. E., Willis, C. S., Baddeley, A. D., & Emslie, H. (1994). The children's test of nonword repetition: A test of phonological working memory. *Memory*, 2(2), 103–127. <https://doi.org/10.1080/09658219408258940>
- Gatignol, P., Martel, C., & Robert-Jahier, A.-M. (2013). *M.B.L.F. Enfants*. Éditions Mot à Mot.
- Gauda, E. B., & Martin, R. J. (2018). Control of breathing. In E. H. Benitz & P. S. Davis (Eds.), *Avery's diseases of the newborn* (10th ed., pp. 600–617). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-40139-5.00043-7>
- Genoud, P. A. (2011). Indice de position socioéconomique: Un calcul simplifié [Socioeconomic Position Index: A simplified calculation]. Université de Fribourg. <https://hal.science/hal-05415215>
- Giovanni, A., Lagier, A., & Henrich Bernardoni, N. (2014). Physiologie de la phonation. *EMC Oto-Rhino-Laryngologie*, 9(2), 1–15. [https://doi.org/10.1016/S0246-0351\(13\)58559-X](https://doi.org/10.1016/S0246-0351(13)58559-X)
- Glascoe, F. P. (2000). *Parents' Evaluation of Developmental Status: Authorized Australian version*. Centre for Community Child Health.
- Glaspey, A. M., Wilson, J. J., Reeder, J. D., Tseng, W. C., & MacLeod, A. A. N. (2022). Moving beyond single word acquisition of speech sounds to connected speech development with dynamic assessment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 65(2), 508–524. https://doi.org/10.1044/2021_JSLHR-21-00188
- Glogowska, M., & Campbell, R. (2004). Parental views of surveillance for early speech and language difficulties. *Children and Society*, 18(4), 266–277. <https://doi.org/10.1002/CHI.806>
- Godelar, Y. (2017). *Rôles du chirurgien-dentiste omnipraticien dans la prévention et l'interception des malocclusions par éducation fonctionnelle* [Thèse de doctorat, Université de Lorraine]. HAL. <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01932056>
- Gómez-González, C., González-Mosquera, A., Alkhraisat, M. H., & Anitua, E. (2024). Mouth breathing and its impact on atypical swallowing: A systematic review and meta-analysis. *Dentistry Journal*, 12(2), Article 21. <https://doi.org/10.3390/dj1202021>
- Gonçalves, F. M., Taveira, K. V. M., Araujo, C. M. D., Ravazzi, G. M. N. C., Guariza Filho, O., Zeigelboim, B. S., Santos, R. S., & Stechman Neto, J. (2022). Association between atypical swallowing and malocclusions: A systematic review. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 27(6), Article e2221285. <https://doi.org/10.1590/2177-6709.27.6.e2221285.oar>
- Gozal, D., & Kheirandish-Gozal, L. (Eds.). (2021). *Pediatric sleep medicine: Mechanisms and comprehensive guide to clinical evaluation and management* (1st ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-65574-7>
- Graf Estes, K., Evans, J.L., & Else-Quest, N.M. (2007). Differences in the nonword repetition performance of children with and without specific language impairment: a meta-analysis. *Journal of speech, language, and hearing research*, 50 (1), 177-95 . [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2007/015\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2007/015))
- Green, J. R., Moore, C. A., Ruark, J. L., Rodda, P. R., Morvée, W. T., & Van Witzenburg, M. J. (1997). Development of chewing in children from 12 to 48 months: longitudinal

- study of EMG patterns. *Journal of neurophysiology*, 77(5), 2704–2716.
<https://doi.org/10.1152/jn.1997.77.5.2704>
- Green, J. R., Moore, C. A., Higashikawa, M., & Steeve, R. W. (2000). The physiologic development of speech motor control: Lip and jaw coordination. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 43(1), 239–255.
<https://doi.org/10.1044/jslhr.4301.239>
- Grévisse, M., & Goosse, A. (2016). *Le Bon Usage* (16th ed.). De Boeck Supérieur.
- Grudziąż-Sękowska, J., Olczak-Kowalczyk, D., & Zadurska, M. (2018). Correlation between functional disorders of the masticatory system and speech sound disorders in children aged 7–10 years. *Dental and Medical Problems*, 55(2), 161–165.
<https://doi.org/10.17219/dmp/86006>
- Gubiani, M. B., de Carli, C. M., & Keske-Soares, M. (2015). Phonological disorder and alterations of orofacial praxis and the stomatognathic system. *Revista CEFAC*, 17(1), 134. <https://doi.org/10.1590/1982-0216201517513>
- Guenther, F. H. (2016). *Neural Control of Speech*. MIT Press.
- Guenther, F. H., & Perkell, J. S. (2004). A neural model of speech production and its application to studies of the role of auditory feedback in speech. In B. Maassen, R. Kent, H. F. Peters, P. H. M. M. van Lieshout, & W. Hulstijn (Eds.), *Speech motor control in normal and disordered speech* (pp. 29–50). Oxford University Press.
- Guenther, F. H., & Vladusich, T. (2012). A Neural Theory of Speech Acquisition and Production. *Journal of Neurolinguistics*, 25(5), 408–422.
<https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2009.08.006>
- Guilleminault, C., & Akhtar, F. (2015). Pediatric sleep-disordered breathing: New evidence on its development. *Sleep Medicine Reviews*, 24, 46–56.
<https://doi.org/10.1016/j.smrv.2014.11.008>
- Guilleminault, C., Huseni, S., & Lo, L. (2016). A frequent phenotype for paediatric sleep apnoea: Short lingual frenulum. *ERJ Open Research*, 2(3), 1–8.
<https://doi.org/10.1183/23120541.00043-2016>
- Haggard, P., & de Boer, L. (2014). Oral somatosensory awareness. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 47, 469–484.
- Hajian-Tilaki, K. (2014). Sample size estimation in diagnostic test studies of biomedical informatics. *Journal of Biomedical Informatics*, 48, 193–204.
<https://doi.org/10.1016/j.jbi.2014.02.013>
- Hama, Y., Hosoda, A., Komagamine, Y., Gotoh, S., Kubota, C., Kanazawa, M., & Minakuchi, S. (2017). Masticatory performance-related factors in preschool children: Establishing a method to assess masticatory performance in preschool children using colour-changeable chewing gum. *Journal of Oral Rehabilitation*, 44(12), 948–956.
<https://doi.org/10.1111/joor.12553>
- Hama, Y., Sasaki, Y., Soeda, H., Yamaguchi, K., Okada, M., Komagamine, Y., Sakanoshita, N., Hirota, Y., Emura, K., & Minakuchi, S. (2024). Accuracy of newly developed color determination application for masticatory performance: Evaluating color-changeable chewing gum. *Journal of Prosthodontic Research*, 68(4), 650–657.
https://doi.org/10.2186/jpr.JPR_D_23_00140

- Hambye, P. (2005). *La prononciation du français contemporain en Belgique : variation, normes et identités*. Université catholique de Louvain.
- Hanif, J., Jawad, S. S. M., & Eccles, R. (2000). The nasal cycle in health and disease. *Clinical Otolaryngology & Allied Sciences*, 25(6), 461–467. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2273.2000.00432.x>
- Harari, D., Redlich, M., Miri, S., Hamud, T., & Gross, M. (2010). The effect of mouth breathing versus nasal breathing on dentofacial and craniofacial development in orthodontic patients. *The Laryngoscope*, 120(10), 2089–2093. <https://doi.org/10.1002/lary.20991>
- Harding, S., Burr, S., Cleland, J., Stringer, H., & Wren, Y. (2024). Outcome measures for children with speech sound disorder: An umbrella review. *BMJ Open*, 14(4), Article e081446. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2023-081446>
- Harrison, L. J., McLeod, S., McAllister, L., & McCormack, J. (2017). Speech sound disorders in preschool children: correspondence between clinical diagnosis and teacher and parent report. *Australian Journal of Learning Difficulties*, 22(1), 35–48. <https://doi.org/10.1080/19404158.2017.1289964>
- Hayiou-Thomas, M. E., Carroll, J. M., Leavett, R., Hulme, C., & Snowling, M. J. (2017). When does speech sound disorder matter for literacy? The role of disordered speech errors, co-occurring language impairment and family risk of dyslexia. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 58(2), 197–205. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12648>
- Hazan, V., & Barrett, S. (2000). The development of phonemic categorization in children aged 6–12. *Journal of Phonetics*, 28(4), 377–396.
- Hedlund, G., & Rose, Y. (2020). *Phon* (Version 3.1) [Computer Software]. <https://phon.ca>.
- Helloin, M.-C., & Thibault, M.-P. (2006). *EXALang 3-6. Batterie d'examen des fonctions langagières chez l'enfant de 3 à 6 ans [EXALang 3-6. Battery for examining language functions in children aged 3 to 6 years]*. Happyneuron.
- Hickok, G. (2012). The cortical organization of speech processing: Feedback control and predictive coding the context of a dual-stream model. *Journal of Communication Disorders*, 45(6), 393–402. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2012.06.004>
- Hitos, S. F., Arakaki, R., Solé, D., & Weckx, L. L. M. (2013). Oral breathing and speech disorders in children. *Jornal de Pediatria*, 89(4), 361–365. <https://doi.org/10.1016/j.jpmed.2012.12.007>
- Hoang, D. A., Le, V. N. T., Nguyen, T. M., & Jagomägi, T. (2023). Orofacial dysfunction screening examinations in children with sleep-disordered breathing symptoms. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 47(4), 25–34. <https://doi.org/10.22514/jocpd.2023.032>
- Hodge, M., & Whitehill, T. (2010). Intelligibility impairments. In J. S. Damico, N. Müller, & M. J. Ball (Eds.), *The Handbook of Language and Speech Disorders* (pp. 99–114). Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781444318975.ch4>
- Hodson, B. W. (1998). Research and practice: Applied phonology. *Topics in Language Disorders*, 18, 58–70.

- Holton, N., Yokley, T., & Butaric, L. (2013). The morphological interaction between the nasal cavity and maxillary sinuses in living humans. *The Anatomical Record*, 296(3), 414–426. <https://doi.org/10.1002/ar.22655>
- Hosmer, D. W., Lemeshow, S., & Sturdivant, R. X. (2013). *Applied logistic regression*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118548387>
- Howard, I. S., & Messum, P. (2011). Modeling the development of pronunciation in infant speech acquisition. *Motor Control*, 15(1), 85–117.
- Hsu, H. Y., & Yamaguchi, K. (2012). Decreased chewing activity during mouth breathing. *Journal of Oral Rehabilitation*, 39(8), 559–567. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2012.02306.x>
- Hustad, K. C., Mahr, T. J., Natzke, P., & Rathouz, P. J. (2021). Speech Development Between 30 and 119 Months in Typical Children I: Intelligibility Growth Curves for Single-Word and Multiword Productions. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 64(10), 3707–3719. https://doi.org/10.1044/2021_JSLHR-21-00142
- Hustad, K. C., Mahr, T., Natzke, P. E. M., & Rathouz, P. J. (2020). Development of Speech Intelligibility Between 30 and 47 Months in Typically Developing Children: A Cross-Sectional Study of Growth. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 63(6), 1675–1687. https://doi.org/10.1044/2020_JSLHR-20-00008
- IBM Corp. (2020). *IBM SPSS Statistics for Windows* (Version 27.0) [logiciel].
- Ikeda, R., Ishizaki, A., Yamaguchi, S., Utsumi, A., Kimoto, S., Hironaka, S., & Funatsu, T. (2023). Investigation of the mechanism of chewing movement in children with developmental insufficiency of oral function. *Pediatric Dental Journal*, 33(1), 61–68. <https://doi.org/10.1016/j.pdj.2023.02.001>
- Ikenaga, N., Yamaguchi, K., & Daimon, S. (2013). Effect of mouth breathing on masticatory muscle activity during chewing food. *Journal of Oral Rehabilitation*, 40(6), 429–435. <https://doi.org/10.1111/joor.12055>
- Ingram, D. (2002). The measurement of whole-word productions. *Journal of Child Language*, 29(4), 713–733. <https://doi.org/10.1017/S0305000902005275>
- International Expert Panel on Multilingual Children's Speech. (2012). *Multilingual children with speech sound disorders: Position paper* (pp. 1–5). <https://www.csu.edu.au/research/multilingual-speech/position-paper>
- Ito, T., Bouguerra, M., Bourhis, M., & Perrier, P. (2024). Tongue reflex for speech posture control. *Scientific Reports*, 14(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-56813-9>
- Ito, T., Tiede, M., & Ostry, D. J. (2009). Somatosensory function in speech perception. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(4), 1245–1248.
- Iuzzini-Seigel, J., Hogan, T. P., Rong, P., & Green, J. R. (2015). Longitudinal development of speech motor control: Motor and linguistic factors. *Journal of Motor Learning and Development*, 3(1), 53–68. <https://doi.org/10.1123/jmld.2014-0054>
- Izu, S. C., Itamoto, C. H., Pradella-Hallinan, M., Pizarro, G. U., Tufik, S., Pignatari, S., & Fujita, R. R. (2010). Obstructive sleep apnea syndrome (OSAS) in mouth breathing children. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 76(5), 552–556. <https://doi.org/10.1590/S1808-86942010000500003>

- James, D. G. H. (2001). An item analysis of Australian English words for an articulation and phonological test for children aged 2 to 7 years. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 15(6), 457–485. <https://doi.org/10.1080/02699200110045344>
- Joseph, V., Bairam, A., & Carroll, J. L. (2021). Control of breathing during sleep and wakefulness in the fetus, newborn, and child. In D. Gozal & L. Kheirandish-Gozal (Eds.), *Pediatric sleep medicine* (pp. 3–18). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-65574-7_2
- Juliano, M. L., Machado, M. A. C., de Carvalho, L. B. C., Zancanella, E., Santos, G. M. S., Fernandes do Prado, L. B., & Fernandes do Prado, G. (2009). Polysomnographic findings are associated with cephalometric measurements in mouth-breathing children. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 5(6), 554–561. <https://doi.org/10.5664/jcsm.27657>
- Junqueira, P., Marchesan, I. Q., de Oliveira, L. R., Ciccone, E., Haddad, L., & Rizzo, M. C. (2010). Speech-language pathology findings in patients with mouth breathing: Multidisciplinary diagnosis according to etiology. *International Journal of Orofacial Myology*, 36, 27–32.
- Jusczyk, P. W., Houston, D. M., & Newsome, M. (1999). The beginnings of word segmentation in English-learning infants. *Cognitive Psychology*, 39(3–4), 159–207.
- Just, E., Pearce, W. M., & Crosbie, S. (2022). Pathways to paediatric speech pathology services in Australia. *Speech, Language and Hearing*, 25(2), 192–203. <https://doi.org/10.1080/2050571X.2020.1846837>
- Kaku, H., Liu, L. D., Gao, R., West, S., Liao, S. M., Finkelstein, A., Kleinfeld, D., Thomas, A., Tipparaju, S. L., Svoboda, K., & Li, N. (2025). A brainstem map of orofacial rhythms. *bioRxiv : the preprint server for biology*, 2025.01.27.635041. <https://doi.org/10.1101/2025.01.27.635041>
- Kalhoff, H., Kersting, M., Sinnigen, K., & Lücke, T. (2024). Development of eating skills in infants and toddlers from a neuropsychiatric perspective. *Italian journal of pediatrics*, 50(1), 110. <https://doi.org/10.1186/s13052-024-01683-0>
- Karlsson, F., Schalling, E., Laakso, K., Johansson, K., & Hartelius, L. (2020). Assessment of speech impairment in patients with Parkinson's disease from acoustic quantifications of oral diadochokinetic sequences. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 147(2), 839–851. <https://doi.org/10.1121/10.0000581>
- Kawashima, S., Peltomäki, T., Sakata, H., Mori, K., Happonen, R. P., & Rönning, O. (2002). Craniofacial morphology in preschool children with sleep-related breathing disorder and hypertrophy of tonsils. *Acta Paediatrica*, 91(1), 71–77. <https://doi.org/10.1080/080352502753457996>
- Keenan, J. M., Betjemann, R. S., & Olson, R. K. (2008). Reading comprehension tests vary in the skills they assess: Differential dependence on decoding and oral comprehension. *Scientific Studies of Reading*, 12(3), 281–300. <https://doi.org/10.1080/10888430802132279>
- Kehoe, M., & Cretton, E. (2021). Intraword variability in French-speaking monolingual and bilingual children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 64(7), 2453–2471. https://doi.org/10.1044/2021_JSLHR-20-00558

- Kehoe, M., & Girardier, C. (2020). What factors influence phonological production in French-speaking bilingual children, aged three to six years? *Journal of Child Language*, 47(5), 945–981. <https://doi.org/10.1017/S0305000919000874>
- Kehoe, M., Niederberger, N., & Bouchut, A. L. (2021). The development of a speech sound screening test for European French-speaking monolingual and bilingual children. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 23(2), 135–144. <https://doi.org/10.1080/17549507.2020.1750699>
- Keller, S., & Maas, E. (2023). Self-reported communication attitudes of children with childhood apraxia of speech: An exploratory study. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 32(4S), 1806–1824. https://doi.org/10.1044/2022_AJSLP-22-00163
- Kent, R. D. (2015). Nonspeech Oral Movements and Oral Motor Disorders: A Narrative Review. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 24(4), 763–789. https://doi.org/10.1044/2015_AJSLP-14-0179
- Kent, R. D. (2020). Normal aspects of articulation. In J. Bernthal, N. W. Bankson, & P. Flipsen Jr. (Eds.), *Articulation and phonological disorders: Speech sound disorders in children* (8th ed., pp. 77–111). Pearson.
- Kent, R. D. (2021). Developmental functional modules in infant vocalizations. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 64(5), 1581–1604. https://doi.org/10.1044/2021_JSLHR-20-00703
- Kent, R. D. (2024). The Feel of Speech: Multisystem and Polymodal Somatosensation in Speech Production. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 67(5), 1424–1460. https://doi.org/10.1044/2024_JSLHR-23-00575
- Kern, S., & Gayraud, F. (2010). *L'inventaire français du développement communicatif* (La Cigale).
- Khomsi, A. (2001). *ELO: évaluation du langage oral [ELO: Oral Language Assessment]*. ECPA.
- Kilinc, D. D., & Mansiz, D. (2023). Myofunctional orofacial examination tests: A literature review. *BMC Oral Health*, 23(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03056-1>
- Kim, Y. S., Kim, N., & Kim, G. H. (2016). Sex and gender differences in gastroesophageal reflux disease. *Journal of Neurogastroenterology and Motility*, 22(4), 575–588. <https://doi.org/10.5056/jnm16138>
- Kirk, C., & Vigeland, L. (2014). A psychometric review of norm-referenced tests used to assess phonological error patterns. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 45(4), 365–377. https://doi.org/10.1044/2014_LSHSS-13-0053
- Kirk, C., & Vigeland, L. (2015). Content coverage of single-word tests used to assess common phonological error patterns. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 46(1), 14–29. https://doi.org/10.1044/2014_LSHSS-13-0054
- Kok, E., & To, C. K. S. (2019). Revisiting the cutoff criteria of intelligibility in context scale—traditional chinese. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 50(4), 629–638. https://doi.org/10.1044/2019_LSHSS-18-0073

- Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of Chiropractic Medicine*, *15*(2), 155-163. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>
- Krueger, B. I. (2019). Eligibility and speech sound disorders: Assessment of social impact. *Perspectives of the ASHA Special Interest Groups*, *4*(1), 85–90. https://doi.org/10.1044/2018_PERS-SIG1-2018-0016
- Kuhl, P. K., & Rivera-Gaxiola, M. (2008). Neural substrates of language acquisition. *Annual Review of Neuroscience*, *31*, 511–534.
- Kuhl, P. K., Conboy, B. T., Padden, D., Nelson, T., & Pruitt, J. (2005). Early Speech Perception and Later Language Development: Implications for the “Critical Period.” *Language Learning and Development*, *1*(3–4), 237–264. <https://doi.org/10.1080/15475441.2005.9671948>
- Kukwa, W., Guilleminault, C., Tomaszewska, M., Kukwa, A., Krzeski, A., & Migacz, E. (2018). Prevalence of upper respiratory tract infections in habitually snoring and mouth breathing children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, *107*, 37–41. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2018.01.022>
- Kumar, A., Zubair, M., Gulraiz, A., Kalla, S., Khan, S., Patel, S., Fleming, M. F., Oghomitse-Omene, P. T., Patel, P., & Qavi, M. S. S. (2022). An assessment of risk factors of delayed speech and language in children: A cross-sectional study. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.29623>
- Kwong, K. M. (2015). Current Updates on Choanal Atresia. *Frontiers in Pediatrics*, *3*, 1–7. <https://doi.org/10.3389/fped.2015.00052>
- Lagerberg, T. B., Åsberg, J., Hartelius, L., & Persson, C. (2014). Assessment of intelligibility using children's spontaneous speech: Methodological aspects. *International Journal of Language and Communication Disorders*, *49*(2), 228–239. <https://doi.org/10.1111/1460-6984.12067>
- Lancaster, H. S., & Camarata, S. (2019). Reconceptualizing developmental language disorder as a spectrum disorder: Issues and evidence. *International Journal of Language and Communication Disorders*, *54*(1), 79–94. <https://doi.org/10.1111/1460-6984.12433>
- Lancheros, M., Jouen, A. L., & Laganaro, M. (2020). Neural dynamics of speech and non-speech motor planning. *Brain and Language*, *203*, Article 104742. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2020.104742>
- Lancheros, M., Pernon, M., & Laganaro, M. (2022). Is there a continuum between speech and other oromotor tasks? Evidence from motor speech disorders. *Aphasiology*, *37*(7), 1–20. <https://doi.org/10.1080/02687038.2022.2038367>
- Lau, T. H., & Lee, K. Y. (2013). Oral motor performance in children with suspected speech sound disorders: A comparison with children with typically developing speech. *Speech, Language and Hearing*, *16*(3), 139–148. <https://doi.org/10.1179/2050572813Y.0000000009>
- Lau, T. H., & Lee, K. Y. (2013). Oral motor performance in children with suspected speech sound disorders: A comparison with children with typically developing speech. *Speech, Language and Hearing*, *16*(3), 139–148. <https://doi.org/10.1179/2050572813Y.0000000009>

- Le Révérend, B. J. D., Edelson, L. R., & Loret, C. (2014). Anatomical, functional, physiological and behavioural aspects of the development of mastication in early childhood. *British Journal of Nutrition*, *111*(3), 403–414. <https://doi.org/10.1017/S0007114513002699>
- Leal, R. B., Gomes, M. C., Granville-Garcia, A. F., Goes, P. S. A., & De Menezes, V. A. (2016). Impact of breathing patterns on the quality of life of 9- to 10-year-old school children. *American Journal of Rhinology and Allergy*, *30*(5), 147–152. <https://doi.org/10.2500/ajra.2016.30.4363>
- Leclercq, A. L., Quémart, P., Magis, D., & Maillart, C. (2014). The sentence repetition task: A powerful diagnostic tool for French children with specific language impairment. *Research in Developmental Disabilities*, *35*(12), 3423–3430. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.08.026>
- Lee, S. H., Choi, J. H., Shin, C., Lee, H. M., Kwon, S. Y., & Lee, S. H. (2007). How does open-mouth breathing influence upper airway anatomy? *The Laryngoscope*, *117*(6), 1102–1106. <https://doi.org/10.1097/MLG.0b013e318042aef7>
- Lee, Y. (2019). Validation of the Intelligibility in Context Scale for Korean-speaking preschool children. *International Journal of Speech-Language Pathology*, *21*(4), 395–403. <https://doi.org/10.1080/17549507.2018.1485740>
- Lemarchand, L. (2018). *Babillage et diversification alimentaire : pratiques et influence de l'exposition aux textures sur le contrôle oromoteur* [Thèse de doctorat, Université Lumière Lyon 2 & Université de Montréal]. <http://hdl.handle.net/1866/22554>
- Levelt, W. J. (1993). *Speaking: From intention to articulation* (413 MIT Press, Ed.; Vol. 1).
- Levelt, W. J. M., Roelofs, A., & Meyer, A. S. (1999). A theory of lexical access in speech production. *Behavioral and Brain Sciences*, *22*(1), 1–38. <https://doi.org/10.1017/S0140525X99001776>
- Lewis, B. A., Freebairn, L., Tag, J., Igo, R. P., Ciesla, A., Iyengar, S. K., Stein, C. M., & Gerry Taylor, H. (2019). Differential long-term outcomes for individuals with histories of preschool speech sound disorders. *American Journal of Speech-Language Pathology*, *28*(4), 1582–1596. https://doi.org/10.1044/2019_AJSLP-18-0247
- Lieberman, D. E., McCarthy, R. C., Hiiemae, K. M., & Palmer, J. B. (2001). Ontogeny of postnatal hyoid and larynx descent in humans. *Archives of Oral Biology*, *46*(2), 117–128.
- Lieberman, P., & Blumstein, S. E. (1988). *Speech physiology, speech perception, and acoustic phonetics*. Cambridge University Press.
- Limeira, A. B., Aguiar, C. M., De Lima Bezerra, N. S., & Câmara, A. C. (2013). Association between breastfeeding and the development of breathing patterns in children. *European Journal of Pediatrics*, *172*(4), 519–524. <https://doi.org/10.1007/s00431-012-1919-x>
- Limme, M. (2010). *Éléments d'orthodontie* (Vol. 117). Presses Universitaires de Liège.
- Linás, N. (2022). *Évolution de la mastication au cours de l'ontogenèse et impact des altérations de la santé orale* [Thèse de doctorat, Université Clermont Auvergne]. HAL. <https://theses.hal.science/tel-04529359>

- Lione, R., Buongiorno, M., Franchi, L., & Cozza, P. (2014). Evaluation of maxillary arch dimensions and palatal morphology in mouth-breathing children by using digital dental casts. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, *78*(1), 91–95. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2013.09.028>
- Littlejohn, M., & Maas, E. (2024). How to cut the pie is no piece of cake: Toward a process-oriented approach to assessment and diagnosis of speech sound disorders. *International Journal of Language and Communication Disorders*, *59*(6), 2158–2180. <https://doi.org/10.1111/1460-6984.12934>
- Liu, H. M., & Chien, H. Y. (2020). Speech sound errors of Mandarin-speaking preschool children with cooccurring speech sound disorder and developmental language disorder. *Clinical Linguistics and Phonetics*, *34*(12), 1130–1148. <https://doi.org/10.1080/02699206.2020.1724334>
- Liu, J., Cattaneo, C., Papavasileiou, M., Methven, L., & Bredie, W. L. P. (2022). A review on oral tactile sensitivity: Measurement techniques, influencing factors and its relation to food perception and preference. *Food Quality and Preference*, *100*, Article 104624.
- Lof, G. L., & Watson, M. M. (2008). A nationwide survey of nonspeech oral motor exercise use: Implications for evidence-based practice. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, *39*(3), 392–407. [https://doi.org/10.1044/0161-1461\(2008/037\)](https://doi.org/10.1044/0161-1461(2008/037))
- Lopes, T. S. P., Moura, L. F. A. D., & Lima, M. C. M. P. (2014). Association between breastfeeding and breathing pattern in children: A sectional study. *Jornal de Pediatria*, *90*(4), 396–402. <https://doi.org/10.1016/j.jpmed.2013.12.011>
- Lousada, M., Jesus, L. M. T., Hall, A., & Joffe, V. (2014). Intelligibility as a clinical outcome measure following intervention with children with phonologically based speech-sound disorders. *International Journal of Language & Communication Disorders*, *49*(5), 584–601. <https://doi.org/10.1111/1460-6984.12095>
- Lousada, M., Sa-Couto, P., Sutre, D., Figueiredo, C., Fazenda, M., Lousada, M. J., & Valente, A. R. (2019). Validity and reliability of the Intelligibility in Context Scale: European Portuguese version. *Clinical Linguistics and Phonetics*, *33*(12), 1125–1138. <https://doi.org/10.1080/02699206.2019.1589579>
- Lund, J. P., & Kolta, A. (2006). Brainstem circuits that control mastication: Do they have anything to say during speech? *Journal of Communication Disorders*, *39*(5), 381–390. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2006.06.014>
- Maas, E. (2017). Speech and nonspeech: What are we talking about? *International Journal of Speech-Language Pathology*, *19*(4), 345–359. <https://doi.org/10.1080/17549507.2016.1221995>
- Maassen, B., & Terband, H. (2024). Toward process-oriented, dimensional approaches for diagnosis and treatment of speech sound disorders in children: Position statement and future perspectives. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *67*(10S), 4115–4136. https://doi.org/10.1044/2024_JSLHR-23-00591
- Macchi, L., Casalis, S., & Schelstraete, M. (2016). La lecture chez les enfants avec des troubles spécifiques d'articulation, de parole et/ou de langage oral : une revue narrative de littérature. *L'Année psychologique*, *116*(4), 547–595. <https://doi.org/10.3917/anpsy.164.0547>

- Macchi, L., Descours, C., Girard, E., Guitton, E., Morel, C., Timmermans, N., & Boidein, F. (2012). *ELDP : Épreuve lilloise de discrimination phonologique destinée aux enfants de 5 ans à 11 ans 6 mois*. Université de Lille. <https://ufr3s.univ-lille.fr/medecine/orthophonie/reseau-professionnel>
- Macedo, P. F., & Bianchini, E. M. (2014). Myofunctional orofacial examination: Comparative analysis in young adults with and without complaints. *CoDAS*, 26(6), 464–470. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20142014015>
- MacLeod, A. (2019). Chapitre 3: Des premiers sons aux premiers sons dans les mots. In *Le développement du langage chez le jeune enfant* (pp. 67–84). De Boeck Supérieur.
- MacLeod, A. A. N., Sutton, A., Sylvestre, A., Thordardottir, E., & Trudeau, N. (2014). Outil de dépistage des troubles du développement des sons de la parole : bases théoriques et données préliminaires. *Revue Canadienne d'Orthophonie et d'Audiologie*, 38, 40–56.
- MacLeod, A. A. N., Sutton, A., Trudeau, N., & Thordardottir, E. (2011). The acquisition of consonants in Québécois French: A cross-sectional study of pre-school aged children. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 13(2), 93–109. <https://doi.org/10.3109/17549507.2011.487543>
- MacNeilage P. F. (1998). The frame/content theory of evolution of speech production. *The Behavioral and brain sciences*, 21(4), 499–546. <https://doi.org/10.1017/s0140525x98001265>
- MacNeilage, P. F., & Davis, B. (1990). Acquisition of speech production: Frames, then content. In M. Jeannerod (Ed.), *Attention and performance XIII: Motor representation and control* (pp. 453–476). Psychology Press.
- MacNeilage, P. F., & Davis, B. L. (2000). Deriving speech from nonspeech: A view from ontogeny. *Phonetica*, 57(2–4), 284–296.
- Macrae, T. (2016). Comprehensive assessment of speech sound production in preschool children. *Perspectives of the ASHA Special Interest Groups*, 1(1), 39–56. <https://doi.org/10.1044/persp1.sig1.39>
- Macrae, T., & Tyler, A. A. (2014). Speech abilities in preschool children with speech sound disorder with and without co-occurring language impairment. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 45(4), 302–313. https://doi.org/10.1044/2014_LSHSS-13-0081
- Mahr, T. J., Rathouz, P. J., & Hustad, K. C. (2025). Speech Development Between 30 and 119 Months in Typical Children III: Interaction Between Speaking Rate and Intelligibility. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 68(1), 79–90. https://doi.org/10.1044/2024_JSLHR-24-00356
- Mahr, T. J., Soriano, J. U., Rathouz, P. J., & Hustad, K. C. (2021). Speech Development Between 30 and 119 Months in Typical Children II: Articulation Rate Growth Curves. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 64(11), 4057–4070. https://doi.org/10.1044/2021_JSLHR-21-00206
- Maillart, C. (2018). Le projet CATALISE, phase 2 « Terminologie » : Impacts sur la nomenclature des prestations de logopédie en Belgique. *UPLF-Info*, 35(2), 4–17.
- Maillart, C., & Piron, L. (2022, octobre 20). *Les troubles des sons de la parole chez l'enfant* [Communication]. 2èmes journées scientifiques d'orthophonie, Paris, France.

- Maillart, C., Vangeebergen, Z., & Leclercq, A.-L. (2024). Trouble développemental du langage : identifier les impacts fonctionnels et les stratégies déployées pour les atténuer. *ANAE : Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant*, (190), 271–279.
- Marchesan, I. Q., Berretin-Félix, G., & Genaro, K. F. (2012). MBGR protocol of orofacial myofunctional evaluation with scores. *International Journal of Orofacial Myology*, 38, 38–77.
- Marinov, V., Boycheva, T., Todorova, E., et al. (2026). Pilot study: A multidisciplinary assessment of oral breathing, speech disorders, and dentofacial deformities in children with adenoid hypertrophy. *Egyptian Pediatric Association Gazette*, 74, Article 4. <https://doi.org/10.1186/s43054-025-00472-6>
- Martinez Perez, T., & Piron, L. (2025, juillet 2). *Les troubles des sons de la parole (de type « dyspraxie verbale ») chez l'enfant : quels impacts fonctionnels rechercher, quand, comment et avec qui les identifier ?* [Communication]. 10ème édition de l'École internationale d'été en logopédie/orthophonie, Neuchâtel, Suisse.
- Mason, R. M. (2008). A retrospective and prospective view of orofacial myology. *International Journal of Orofacial Myology*, 34, 5–14.
- Maspero, C., Prevedello, C., Giannini, L., Galbiati, G., & Farronato, G. (2014). Atypical swallowing: A review. *Minerva Stomatologica*, 63(6), 217–227.
- Masson, P. (2017). *Étude de la spécificité d'épreuves langagières chez des enfants présentant une dyspraxie verbale versus un trouble phonologique* [Mémoire de master en logopédie, Université de Liège]. <https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/2321>
- Masten, A. S., & Cicchetti, D. (2010). Developmental cascades. *Development and psychopathology*, 22(3), 491–495. <https://doi.org/10.1017/S0954579410000222>
- Mattar, S. E. M., Matsumoto, M. A. N., Valera, F. C. P., Anselmo-Lima, W. T., & Faria, G. (2012). The effect of adenoidectomy or adenotonsillectomy on occlusal features in mouthbreathing preschoolers. *Pediatric Dentistry*, 34(2), 108–112.
- Mattos, F. M. G. F. (2018). Orofacial myofunctional characteristics of oral and oronasal breathers. *Revista CEFAC*, 20(4), 459–467. <https://doi.org/10.1590/1982-021620182042818>
- McAllister, A., & Lundeborg Hammarström, I. (2014). Oral sensorimotor function in typically developing children 3 to 8 years old as assessed by the Nordic orofacial test, NOT-S. *Journal of Medical Speech-Language Pathology*, 21(1), 51–59.
- McAllister, T., Ineklas, S., & Rose, Y. (2016). The A-map model: Articulatory reliability in child-specific phonology. *Language*, 92(1), 141–178. <https://www.jstor.org/stable/24672201>
- McCormack, J., McLeod, S., & Crowe, K. (2019). What do children with speech sound disorders think about their talking? *Seminars in Speech and Language*, 40(2), 94–104. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1677760>
- McCormack, J., McLeod, S., McAllister, L., & Harrison, L. J. (2009). A systematic review of the association between childhood speech impairment and participation across the lifespan. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 11(2), 155–170. <https://doi.org/10.1080/17549500802676859>

- McCormack, J., McLeod, S., McAllister, L., & Harrison, L. J. (2010). My speech problem, your listening problem, and my frustration: The experience of living with childhood speech impairment. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools, 41*(4), 379–392. [https://doi.org/10.1044/0161-1461\(2009/08-0129\)](https://doi.org/10.1044/0161-1461(2009/08-0129))
- McFarland, D. H. (2022). *Netter's atlas of anatomy for speech, swallowing, and hearing* (E-book). Elsevier Health Sciences.
- McKeown, P., & Macaluso, M. (2020). Mouth breathing: Physical, mental and emotional consequences. *Oral Health Group*. <https://www.oralhealthgroup.com/features/mouth-breathing-physical-mental-emotional-consequences/>
- McLeod, S. (2004). Speech pathologists' application of the ICF to children with speech impairment. *International Journal of Speech-Language Pathology, 6*(1), 75–81. <https://doi.org/10.1080/14417040410001669516>
- McLeod, S. (2020). Intelligibility in Context Scale: cross-linguistic use, validity, and reliability. *Speech, Language and Hearing, 23*(1), 9–16. <https://doi.org/10.1080/2050571X.2020.1718837>
- McLeod, S., & Baker, E. (2014). Speech-language pathologists' practices regarding assessment, analysis, target selection, intervention, and service delivery for children with speech sound disorders. *Clinical Linguistics and Phonetics, 28*(7–8), 508–531. <https://doi.org/10.3109/02699206.2014.926994>
- McLeod, S., & Baker, E. (2016). *Children's speech: An evidence-based approach to assessment and intervention*. Pearson.
- McLeod, S., & Bleile, K. (2004). The ICF: A framework for setting goals for children with speech impairment. *Child Language Teaching and Therapy, 20*(3), 199–219. <https://doi.org/10.1191/0265659004ct272oa>
- McLeod, S., & Crowe, K. (2018). Children's consonant acquisition in 27 languages: A cross-linguistic review. *American Journal of Speech-Language Pathology, 27*(4), 1546–1571. https://doi.org/10.1044/2018_AJSLP-17-0100
- McLeod, S., & Harrison, L. J. (2009). Epidemiology of speech and language impairment in a nationally representative sample of 4- to 5-year-old children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 52*(5), 1213–1229. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2009/08-0085\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2009/08-0085))
- McLeod, S., Crowe, K., & Shahaecian, A. (2015). Intelligibility in Context Scale: Normative and validation data for English-speaking. *Language, Speech and Hearing Services in Schools, 46*(3), 266–276. <https://doi.org/10.1044/2015>
- McLeod, S., Crowe, K., McCormack, J., White, P., Wren, Y., Baker, E., Masso, S., & Roulstone, S. (2018). Preschool children's communication, motor and social development: Parents' and educators' concerns. *International Journal of Speech-Language Pathology, 20*(4), 468–482. <https://doi.org/10.1080/17549507.2017.1309065>
- McLeod, S., Daniel, G., & Barr, J. (2013). "When he's around his brothers...he's not so quiet": The private and public worlds of school-aged children with speech sound disorder. *Journal of Communication Disorders, 46*(1), 70–83. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2012.08.006>

- McLeod, S., Harrison, L. J., & McCormack, J. (2012a). The intelligibility in context scale: Validity and reliability of a subjective rating measure. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 55(2), 648–655. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2011/10-0130\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2011/10-0130))
- McLeod, S., Harrison, L. J., & McCormack, J. (2012b). *Échelle d'intelligibilité en contexte: Français [Intelligibility in Context Scale: French]*. (A. MacLeod, Trans.). Charles Sturt University. <https://www.csu.edu.au/research/multilingual-speech/speech-assessments/ics>.
- Medeiros, A. M. C., Marchesan, I. Q., Genaro, K. F., Barreto, Í. D. C., & Berretin-Felix, G. (2022). MMBGR Protocol - infants and preschoolers: Instructive and Orofacial Myofunctional Clinical History. *CoDAS*, 34(2), e20200324. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20212020324>
- Medeiros, A. M. C., Nobre, G. R. D., Barreto, Í. D. de C., Jesus, E. M. S. de, Folha, G. A., Matos, A. L. dos S., Nascimento, S. C. S. do, & Felício, C. M. de. (2021). Protocolo de Avaliação Miofuncional Orofacial com Escores Expandido: AMIOFE-E lactentes (6–24 meses). *CoDAS*, 33(2). <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20202019219>
- Meloni, G. (2022). *Speech sound disorders assessment within a psycholinguistic approach in French-speaking children* [Thèse de doctorat, Université de Montréal].
- Meloni, G., Maillart, C., Cattini, C., Piron, L., & Warnier, M. (2025a). *Batterie EULALIES 3-5 ans - Version Audio Courte - Français Belgique - Documentation* (Version 2) [Data set]. NAKALA - <https://nakala.fr> (Huma-Num - CNRS). <https://doi.org/10.34847/NKL.F26443RH>
- Meloni, G., Gillet-Perret, E., Løevenbruck, H., Machart, L., MacLeod, A., Puissant, C., Rose, Y., Van Bogaert, L., & Vilain, A. (2025b). *Batterie EULALIES 5–11 ans – version audio – français France – fiches descriptives des tâches* (Version 3) [Ensemble de données]. NAKALA – Huma-Num – CNRS. <https://doi.org/10.34847/NKL.BE3B2F21>
- Menn, L., Schmidt, E., & Nicholas, B. (2013). Challenges to theories, charges to a model: the Linked-Attractor model of phonological development. In M. M. Vihman & T. Keren-Portnoy (Eds.), *The Emergence of Phonology: Whole-word Approaches and Cross-linguistic Evidence* (pp. 460–502). Cambridge University Press.
- Meyer, P. (2008). Tongue lip and jaw differentiation and its relationship to orofacial myofunctional treatment. *The International Journal of Orofacial Myology*, 26(1), 38–46. <https://doi.org/10.52010/ijom.2000.26.1.5>
- Mikuláščíková, J., & Vitásková, K. (2018). Orofacial myofunctional disorders in preschool-age children and their influence on oral speech. *Listy klinické logopedie*, 2(1), 45–55. <https://doi.org/10.36833/lkl.2018.010>
- Milanesi, J. de M., Berwig, L. C., Marquezan, M., Schuch, L. H., de Moraes, A. B., da Silva, A. M. T., & Corrêa, E. C. R. (2018). Variables associated with mouth breathing diagnosis in children based on a multidisciplinary assessment. *CoDAS*, 30(4), 1–9. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20182017071>

- Miles, B. L., Ang, S. L., & Simons, C. T. (2020). Development of a “pure-tactile” assessment of edge discrimination in the hands and oral cavity. *Physiology & Behavior*, *224*, 113035. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.113035>
- Miller, N. (2013). Measuring up to speech intelligibility. *International Journal of Language and Communication Disorders*, *48*(6), 601–612. <https://doi.org/10.1111/1460-6984.12061>
- Moayedi, Y., Michlig, S., Park, M., Koch, A., & Lumpkin, E. A. (2021). Somatosensory innervation of healthy human oral tissues. *Journal of Comparative Neurology*, *529*(11), 3046–3061. <https://doi.org/10.1002/cne.25148>
- Moeschler, J., & Auchlin, A. (2016). *Introduction à la linguistique contemporaine*. Armand Colin.
- Mogren, Å., Sjögreen, L., Barr Agholme, M., & McAllister, A. (2020). Orofacial function in children with speech sound disorders (SSD) persisting after the age of six years. *International Journal of Speech-Language Pathology*, *22*(5), 526–536. <https://doi.org/10.1080/17549507.2019.1701081>
- Montaldo, L., Montaldo, P., Cuccaro, P., Caramico, N., & Minervini, G. (2011). Effects of feeding on non-nutritive sucking habits and implications on occlusion in mixed dentition. *International Journal of Paediatric Dentistry*, *21*(1), 68–73. <https://doi.org/10.1111/j.1365-263X.2010.01092.x>
- Moore, C. A., & Ruark, J. L. (1996). Does speech emerge from earlier appearing oral motor behaviors? *Journal of Speech and Hearing Research*, *39*(5), 1034–1047.
- Moore, C. A., Smith, A., & Ringel, R. L. (1988). Task-specific organization of activity in human jaw muscles. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *31*(4), 670–680. <https://doi.org/10.1044/jshr.3104.670>
- Morgan, A. T., Amor, D. J., St John, M. D., Scheffer, I. E., & Hildebrand, M. S. (2024). Genetic architecture of childhood speech disorder: A review. *Molecular Psychiatry*, *29*(5), 1281–1292. <https://doi.org/10.1038/s41380-024-02409-8>
- Morley, M. (1957). *The development and disorders of speech in childhood*. E. & S. Livingstone.
- Morris, S. E., & Klein, M. D. (2000). *Pre-Feeding Skills: A comprehensive resource for mealtime development* (2nd ed.). Pro-Ed.
- Mozzanica, F., Pizzorni, N., Scarponi, L., Crimi, G., & Schindler, A. (2021). Impact of oral myofunctional therapy on orofacial myofunctional status and tongue strength in patients with tongue thrust. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, *73*(5), 413–421. <https://doi.org/10.1159/000510908>
- Mu, L., & Sanders, I. (2010). Human tongue neuroanatomy: Nerve supply and motor endplates. *Clinical Anatomy*, *23*(7), 777–791.
- Mulcahy, H., & Savage, E. (2016). Uncertainty: A little bit not sure. Parental concern about child growth or development. *Journal of Child Health Care*, *20*(3), 333–343. <https://doi.org/10.1177/1367493515587059>
- Mullen, R., & Schooling, T. (2010). The National Outcomes Measurement System for pediatric speech-language pathology. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, *41*(1), 44–60. [https://doi.org/10.1044/0161-1461\(2009/08-0051\)](https://doi.org/10.1044/0161-1461(2009/08-0051))

- Munson, B., Edwards, J., & Beckman, M. E. (2005). Phonological knowledge in typical and atypical speech-sound development. *Topics in Language Disorders, 25*(3), 190–206.
- Myers, A., & Hansen, C. (2023). *Psychologie expérimentale* (3e éd.). De Boeck.
- Nagaiwa, M., Gunjigake, K., & Yamaguchi, K. (2016). The effect of mouth breathing on chewing efficiency. *The Angle Orthodontist, 86*(2), 227–234. <https://doi.org/10.2319/020115-80.1>
- Nakeva von Mentzer, C., Ranjbar, P., & Strandberg, T. (2025). Communicative activity and participation in children with speech sound disorder: A case series using the ICF framework. *Logopedics, Phoniatrics, Vocology, 50*(3), 157–168. <https://doi.org/10.1080/14015439.2025.2480108>
- Namasivayam, A. K., Coleman, D., O'Dwyer, A., & van Lieshout, P. (2020). Speech sound disorders in children: An articulatory phonology perspective. *Frontiers in Psychology, 10*, 1–22. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02998>
- Namasivayam, A. K., Kent, R., Preston, J. L., Maassen, B. A. M., Hagedorn, C., Nip, I. S. B., McAllister, A., Wang, J., Hustad, K., Ménard, L., Bahar, N., Moore, J. G., Petrosov, J., & van Lieshout, P. (2025). Reevaluating the classification of pediatric speech sound disorders: A ground truthing perspective. *Frontiers in Human Neuroscience, 19*, Article 1700505. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2025.1700505>
- National Research Council & Institute of Medicine. (2009). *Preventing mental, emotional, and behavioral disorders among young people: Progress and possibilities*. The National Academies Press.
- Neumann, S., Salm, S., Rietz, C., & Stenneken, P. (2017a). The German Focus on the Outcomes of Communication Under Six (FOCUS-G): Reliability and validity of a novel assessment of communicative participation. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 60*(3), 675–681. https://doi.org/10.1044/2016_JSLHR-L-15-0219
- Neumann, S., Rietz, C., & Stenneken, P. (2017b). The German Intelligibility in Context Scale (ICS-G): Reliability and validity evidence. *International Journal of Language and Communication Disorders, 52*(5), 585–594. <https://doi.org/10.1111/1460-6984.12303>
- New, B., Pallier, C., Brysbaert, M., & Ferrand, L. (2004). Lexique 2 : A new French lexical database. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers, 36*(3), 516–524. <https://doi.org/10.3758/BF03195598>
- Newmeyer, A. J., Grether, S., Grasha, C., White, J., Akers, R., Aylward, C., Ishikawa, K., & Degrauw, T. (2007). Fine motor function and oral-motor imitation skills in preschool-age children with speech-sound disorders. *Clinical pediatrics, 46*(7), 604–611. <https://doi.org/10.1177/0009922807299545>
- Newport, E. L., & Aslin, R. N. (2004). Learning at a distance I: Statistical learning of non-adjacent dependencies. *Cognitive Psychology, 48*(2), 127–162.
- Ng, K. Y. M., To, C. K. S., & McLeod, S. (2014). Validation of the intelligibility in context scale as a screening tool for preschoolers in Hong Kong. *Clinical Linguistics and Phonetics, 28*(5), 316–328. <https://doi.org/10.3109/02699206.2013.865789>
- Nihi, V. S. C., Maciel, S. M., Jarrus, M. E., Nihi, F. M., Salles, C. L. F. de, Pascotto, R. C., & Fujimaki, M. (2015). Pacifier-sucking habit duration and frequency on occlusal

- and myofunctional alterations in preschool children. *Brazilian Oral Research*, 29(1), 1–7. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2015.vol29.0013>
- Norbury, C. F., Gooch, D., Wray, C., Baird, G., Charman, T., Simonoff, E., Vamvakas, G., & Pickles, A. (2016). The impact of nonverbal ability on prevalence and clinical presentation of language disorder: evidence from a population study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 57(11), 1247–1257. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12573>
- Olswang, L. B., Stoel-Gammon, C., Goggins, E., & Carpenter, R. L. (1987). *Assessing pre-linguistic and early speech skills in developmentally young children*. University of Washington Press.
- Organisation internationale de la Francophonie. (2022, March 24). *La langue française rayonne avec 321 millions de locuteurs dans le monde*. <https://www.francophonie.org/La-Langue-Francaise-Rayonne-Avec-321-Millions-de-Locuteurs-Dans-Le-Monde-2140>. <https://www.francophonie.org/la-langue-francaise-rayonne-avec-321-millions-de-locuteurs-dans-le-monde-2140>
- Organisation mondiale de la santé. (2007). *Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé : version pour enfants et adolescents (CIF-EA)*. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43737/9789241547321_eng
- Organisation mondiale de la santé. (2013). *How to use the ICF: A practical manual for using the International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF)*. WHO.
- Ortiz, J. A. (2021). Using nonword repetition to identify language impairment in bilingual children: A meta-analysis of diagnostic accuracy. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 30(5), 2275–2295. https://doi.org/10.1044/2021_AJSLP-20-00237
- Ota, C., Ishizaki, A., Yamaguchi, S., Utsumi, A., Ikeda, R., Kimoto, S., Hironaka, S., & Funatsu, T. (2022). Predictors of developmental insufficiency of oral function in children. *Pediatric Dental Journal*, 32(1), 6–15. <https://doi.org/10.1016/j.pdj.2021.12.002>
- Ozanne, A. E. (1992). Normative Data for Sequenced Oral Movements and Movements in Context for Children aged Three to Five Years. *Australian Journal of Human Communication Disorders*, 20(2), 47–63. <https://doi.org/10.3109/asl2.1992.20.issue-2.04>
- Ozturk, S., Ozsin Ozler, C., Serel Arslan, S., Demir, N., Olmez, M. S., & Uzamis Tekcicek, M. (2022). Orofacial functions and oral health: An analysis on children aged 5–8 years old. *Journal of Texture Studies*, 53(1), 31–40. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12628>
- Pacheco, M. C. T., Casagrande, C. F., Teixeira, L. P., Finck, N. S., & de Araújo, M. T. M. (2015). Guidelines proposal for clinical recognition of mouth breathing children. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 20(4), 39–44. <https://doi.org/10.1590/2176-9451.20.4.039-044.oar>
- Panara, K., Ramezanpour Ahangar, E., & Padalia, D. (2022). Physiology, swallowing. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.

- Paolantonio, E. G., Ludovici, N., Saccomanno, S., La Torre, G., & Grippaudo, C. (2019). Association between oral habits, mouth breathing and malocclusion in Italian preschoolers. *European Journal of Paediatric Dentistry*, 20(3), 204–208. <https://doi.org/10.23804/ejpd.2019.20.03.07>
- Parrell, B., Lammert, A. C., Ciccarelli, G., & Quatieri, T. F. (2019). Current models of speech motor control: A control-theoretic overview of architectures and properties. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 145(3), 1456. <https://doi.org/10.1121/1.5092807>
- Pathi, S., & Mondal, P. (2021). The mental representation of sounds in speech sound disorders. *Humanities and Social Sciences Communications*, 8(1), 1–12. <https://doi.org/10.1057/s41599-021-00706-z>
- Paul, R., Norbury, C. F., & Gosse, C. (2018). *Language disorders from infancy through adolescence: Listening, speaking, reading, writing, and communicating* (5th ed.). Elsevier/Mosby.
- Penfield, W., & Boldrey, E. (1937). Somatic motor and sensory representation in the cerebral cortex of man as studied by electrical stimulation. *Brain: A Journal of Neurology*, 60, 389–443.
- Peng, C. L., Jost-Brinkmann, P. G., Yoshida, N., Miethke, R. R., & Lin, C. T. (2003). Differential diagnosis between infantile and mature swallowing with ultrasonography. *European journal of orthodontics*, 25(5), 451–456. <https://doi.org/10.1093/ejo/25.5.451>
- Pereira, L. J., Duarte Gaviao, M. B., & Van Der Bilt, A. (2006). Influence of oral characteristics and food products on masticatory function. *Acta Odontologica Scandinavica*, 64(4), 193–201. <https://doi.org/10.1080/00016350600703459>
- Pereira, T. C., Furlan, R. M. M. M., & Motta, A. R. (2019). Relationship between mouth breathing etiology and maximum tongue pressure. *CoDAS*, 31(2), 6–11. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20182018099>
- Perichon, J., Paul, M. J., Chabanal, D., & Maïonchi-Pino, N. (2025). A scoping review of the observed and perceived functional impacts associated with language and learning disorders in school-aged children. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 60(4), Article e70086. <https://doi.org/10.1111/1460-6984.70086>
- Peterson, R. L., Pennington, B. F., Shriberg, L. D., & Boada, R. (2009). What influences literacy outcome in children with speech sound disorder? *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 52(5), 1175–1188. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2009/08-0024\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2009/08-0024))
- Pham, B., McLeod, S., & Harrison, L. J. (2017). Validation and norming of the Intelligibility in Context Scale in Northern Viet Nam. *Clinical Linguistics and Phonetics*, 31(7–9), 665–681. <https://doi.org/10.1080/02699206.2017.1306110>
- Piancino, M. G., Isola, G., Cannavale, R., Cutroneo, G., Vermiglio, G., Bracco, P., & Anastasi, G. P. (2017). From periodontal mechanoreceptors to chewing motor control: A systematic review. *Archives of oral biology*, 78, 109–121. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2017.02.010>
- Piasta, S. B., Bridges, M. S., Park, S., Nelson-Strouts, K., & Hikida, M. (2022). Teachers' content knowledge about oral language: measure development and evidence of initial

- validity. *Reading and Writing*, 35(9), 2131–2153. <https://doi.org/10.1007/s11145-021-10242-6>
- Piazzalunga, S., Salerni, N., Ambrogi, F., Limarzi, S., Visconti, G., & Schindler, A. (2020). Normative data and construct validity of a cross-linguistic functional speech outcome, the Intelligibility in Context Scale: Italian (ICS-I). *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 132, 109924. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2020.109924>
- Piazzalunga, S., Salerni, N., Limarzi, S., Fassina, S., & Schindler, A. (2021). Can you understand your child? reliability and validity of a parent questionnaire: the Intelligibility in Context Scale: Italian. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 73(4), 265–276. <https://doi.org/10.1159/000506475>
- Piérart, B. (2024). *Les praxies oro-faciales : épreuves audiovisuelles et étalonnages – enfants et adultes*. OrthoÉdition.
- Piérart, B., Comblain, A., Grégoire, J., & Mousty, P. (2012). *Batterie ISADYLE*. Solal.
- Pires, S. C., Giugliani, E. R., & Carames da Silva, F. (2012). Influence of the duration of breastfeeding on quality of muscle function during mastication in preschoolers: A cohort study. *BMC Public Health*, 12(1), Article 934. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-934>
- Piron, L., & Maillart, C. (2023). *Vidéo explicative et traduction du modèle de Terband et al. (2019)* [Support de cours]. Cours de troubles et prises en charge du langage oral, Université de Liège.
- Piron, L., Dupret, M., & Maillart, C. (2025). *Les épreuves de répétition de pseudo-mots et de phrases au service du diagnostic différentiel entre le trouble développemental du langage et les troubles des sons de la parole (Matériel supplémentaire)*. <https://hdl.handle.net/2268/335497>
- Piron, L., MacLeod, A. A. N., & Maillart, C. (2025). The utility of parent’s and teacher’s concerns for the screening of speech sound disorders: A study on French-speaking preschool children. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 39(4–5), 330–351. <https://doi.org/10.1080/02699206.2024.2446818>
- Piron, L., MacLeod, A. A. N., & Maillart, C. (under review). Exploring developmental interactions between speech and orofacial functions in preschoolers: A cross-sectional study.
- Plante, E., & Vance, R. (1994). Selection of Preschool Language Tests. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 25(1), 15–24. <https://doi.org/10.1044/0161-1461.2501.15>
- Pollex-Fischer, D., & Rohrbach, S. (2017). Berliner orofaziales Screening BoS. *Forum Logopädie*, 31(4), 6–11.
- Pommée, T., Balaguer, M., Maclair, J., Pinquier, J., & Woisard, V. (2022). Intelligibility and comprehensibility: A Delphi consensus study. *International Journal of Language and Communication Disorders*, 57(1), 21–41. <https://doi.org/10.1111/1460-6984.12672>
- Premkumar, S., Avathvadi Venkatesan, S., & Rangachari, S. (2011). Altered oral sensory perception in tongue thrusters with an anterior open bite. *European Journal of Orthodontics*, 33(2), 139–142. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjq042>

- Proffit, W. R., Fields, H. W., Larson, B., & Sarver, D. M. (2018). *Contemporary orthodontics* (6th ed.). Elsevier Health Sciences.
- Pua, E. P. K., Lee, M. L. C., & Rickard Liow, S. J. (2017). Screening bilingual preschoolers for language difficulties: Utility of teacher and parent reports. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 60(4), 950–968. https://doi.org/10.1044/2016_JSLHR-L-16-0122
- Quadri, N., Wild, D., Skerritt, B., Muehlhausen, W., & O'Donohoe, P. (2013). A literature review of the variance in interval length between administrations for assessment of test retest reliability and equivalence of pro measures. *Value in Health*, 16(3), A40–A41. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2013.03.230>
- Raitano, N. A., Pennington, B. F., Tunick, R. A., Boada, R., & Shriberg, L. D. (2004). Pre-literacy skills of subgroups of children with speech sound disorders. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 45(4), 821–835. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2004.00275.x>
- Raudenbush, S. W., & Bryk, A. S. (2002). *Hierarchical linear models: Applications and data analysis methods* (2nd ed.). Sage Publications.
- Redford, M. A. (2019). Speech production from a developmental perspective. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 62(8S), 2946–2962. https://doi.org/10.1044/2019_JSLHR-S-CSMC7-18-0130
- Remijn, L., Speyer, R., Groen, B. E., van Limbeek, J., & Nijhuis-van der Sanden, M. W. G. (2014). Validity and reliability of the Mastication Observation and Evaluation (MOE) instrument. *Research in Developmental Disabilities*, 35(7), 1551–1561. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.03.035>
- Riantiningtyas, R. R., Dougkas, A., Kwiecien, C., Carrouel, F., Giboreau, A., & Bredie, W. L. P. (2024). A review of assessment methods for measuring individual differences in oral somatosensory perception. *Journal of Texture Studies*, 55(4), Article e12849. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12849>
- Ribeiro, G. C. A., dos Santos, I. D., Santos, A. C. N., & Paranhos, L. R. (2016). Influence of the breathing pattern on the learning process: A systematic review of literature. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 82(4), 466–478. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2015.08.026>
- Rodgers, L., Botting, N., Cartwright, M., Harding, S., & Herman, R. (2023). Shared characteristics of intervention techniques for oral vocabulary and speech comprehensibility in preschool children with co-occurring features of developmental language disorder and a phonological speech sound disorder: Protocol for a systematic review with narrative synthesis. *BMJ Open*, 13(6), Article e071262. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-071262>
- Roepke, E., Bower, K. E., Miller, C. A., & Brosseau-Lapr e, F. (2020). The speech "banana": Using the syllable repetition task to identify underlying phonological deficits in children with speech and language impairments. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 63(7), 2229–2244. https://doi.org/10.1044/2020_JSLHR-20-00027
- Ross, E. S. (2022). Eating development in young children: The complex interplay of developmental domains. In S. E. Koletzko (Ed.), *Early nutrition and long-term*

- health: Mechanisms, consequences, and opportunities* (2nd ed.). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824389-3.00022-2>
- Royal College of Speech and Language Therapists. (2024). *Speech sound disorders—overview*. <https://www.rcslt.org/speech-and-language-therapy/clinical-information/speech-sound-disorders/>
- Ruark, J. L., & Moore, C. A. (1997). Coordination of lip muscle activity by 2-year-old children during speech and nonspeech tasks. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 40(6), 1373–1385. <https://doi.org/10.1044/jslhr.4006.1373>
- Rudolph, J. M. (2017). *Case History Risk Factors for Specific Language Impairment: A Systematic Review and Meta-Analysis*. <https://doi.org/10.23641/asha.5150122>
- Rujas, I., Mariscal, S., Murillo, E., & Lázaro, M. (2021). Sentence Repetition Tasks to Detect and Prevent Language Difficulties: A Scoping Review. *Children (Basel, Switzerland)*, 8(7), 578. <https://doi.org/10.3390/children8070578>
- Rusiewicz, H. L., Maize, K., & Ptakowski, T. (2017). Parental experiences and perceptions related to childhood apraxia of speech: Focus on functional implications. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 20(5), 569–580. <https://doi.org/10.1080/17549507.2017.1359333>
- Rvachew, S., & Brosseau-Lapr e, F. (2018). *Developmental Phonological Disorders: Foundations of Clinical Practice* (2nd edition). Plural Publishing, Inc.
- Rvachew, S., Marquis, A., Brosseau-Lapr e, F., Paul, M., Royle, P., & Gonnerman, L. M. (2013). Speech articulation performance of francophone children in the early school years: Norming of the Test de D epistage Francophone de Phonologie. *Clinical Linguistics and Phonetics*, 27(12), 950–968. <https://doi.org/10.3109/02699206.2013.830149>
- Saitoh, I., Inada, E., Kaihara, Y., Nogami, Y., Murakami, D., Kubota, N., Sakurai, K., Shirazawa, Y., Sawami, T., Goto, M., Nosou, M., Kozai, K., Hayasaki, H., & Yamasaki, Y. (2018). An exploratory study of the factors related to mouth breathing syndrome in primary school children. *Archives of Oral Biology*, 92, 57–61. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2018.03.012>
- Sampallo-Pedroza, R. M., Cardona-L opez, L. F., & Ramírez-G omez, K. E. (2014). Description of oral-motor development from birth to six years of age. *Revista de la Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia*, 62(4), 593–604. <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v62n4.45211>
- Sánchez, T., Gozal, D., Smith, D. L., Foncea, C., Betancur, C., & Brockmann, P. E. (2019). Association between air pollution and sleep disordered breathing in children. *Pediatric Pulmonology*, 54(5), 544–550. <https://doi.org/10.1002/ppul.24256>
- Sanders, I., Mu, L., & Biller, H. F. (2013). Human tongue muscle architecture: A review. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 65(2), 53–60.
- Sano, M., Sano, S., Kato, H., Arakawa, K., & Arai, M. (2018). Proposal for a screening questionnaire for detecting habitual mouth breathing, based on a mouth-breathing habit score. *BMC Oral Health*, 18(1), Article 216. <https://doi.org/10.1186/s12903-018-0672-6>
- Savian, C. M., Bolsson, G. B., Botton, G., Antoniazzi, R. P., de Oliveira Rocha, R., Zanatta, F. B., & Santos, B. Z. (2021). Do breastfed children have a lower chance of

- developing mouth breathing? A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Investigations*, 25, 1641–1654. <https://doi.org/10.1007/s00784-021-03791-1>
- Scaglioni, S., Arrizza, C., Vecchi, F., & Tedeschi, S. (2011). Determinants of children's eating behavior. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 94(6 Suppl.), 2006S–2011S. <https://doi.org/10.3945/ajcn.110.001685>
- Scarponi, L., de Felicio, C. M., Sforza, C., Pimenta Ferreira, C. L., Ginocchio, D., Pizzorni, N., Barozzi, S., Mozzanica, F., & Schindler, A. (2018). Reliability and validity of the Italian version of the Protocol of Orofacial Myofunctional Evaluation with Scores (I-OMES). *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 70(1), 8–12. <https://doi.org/10.1159/000488027>
- Schwemmler, C., & Arens, C. (2018). Fütter-, Ess- und Schluckstörungen bei Säuglingen und Kindern. *HNO*, 66(7), 515–526. <https://doi.org/10.1007/s00106-017-0388-y>
- Schwob, S., Eddé, L., Jacquin, L., Leboulanger, M., Picard, M., Oliveira, P. R., & Skoruppa, K. (2021). Using nonword repetition to identify developmental language disorder in monolingual and bilingual children: A systematic review and meta-analysis. *Journal of speech, language, and hearing research*, 64(9), 3578–3593. https://doi.org/10.1044/2021_JSLHR-20-00552
- Scudine, K. G. O., de Freitas, C. N., Nascimento de Moraes, K. S. G., Bommarito, S., Possobon, R. F., Boni, R. C., & Castelo, P. M. (2021). Multidisciplinary Evaluation of Pacifier Removal on Oro-Dentofacial Structures: A Controlled Clinical Trial. *Frontiers in pediatrics*, 9, 703695. <https://doi.org/10.3389/fped.2021.703695>
- Sedky, K., Bennett, D. S., & Carvalho, K. S. (2014). Attention deficit hyperactivity disorder and sleep disordered breathing in pediatric populations: A meta-analysis. *Sleep Medicine Reviews*, 18(4), 349–356. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2013.12.003>
- Seeff-Gabriel, B., Chiat, S., & Dodd, B. (2010). Sentence imitation as a tool in identifying expressive morphosyntactic difficulties in children with severe speech difficulties. *International Journal of Language and Communication Disorders*, 45(6), 691–702. <https://doi.org/10.3109/13682820903509432>
- Seifert, M., Morgan, L., Gibbin, S., & Wren, Y. (2020). An alternative approach to measuring reliability of transcription in children's speech samples: extending the concept of near functional equivalence. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 72(2), 84–91. <https://doi.org/10.1159/000502324>
- Senez, C., & Martinet, M. (2015). *Rééducation des troubles de l'alimentation et de la déglutition* (2e éd.). De Boeck Solal.
- Service public fédéral Santé publique, Sécurité de la Chaîne alimentaire et Environnement. (2025). *HWF statistiques annuelles 2024*. <https://organesdeconcertation.sante.belgique.be/fr/documents/hwf-statistiques-annuelles-2024>
- Service public fédéral Santé publique, Sécurité de la Chaîne alimentaire et Environnement. (2016). *HWF statistiques annuelles 2016*. <https://organesdeconcertation.sante.belgique.be/fr/documents/hwf-statan-2016>
- Shadish, W. R., Cook, T. D., & Campbell, D. T. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Houghton, Mifflin and Company.

- Shriberg, L. D., & Kwiatkowski, J. (1982). Phonological disorders III. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 47(3), 256–270. <https://doi.org/10.1044/jshd.4703.256>
- Shriberg, L. D., Austin, D., Lewis, B. A., McSweeney, J. L., & Wilson, D. L. (1997). The percentage of consonants correct (PCC) metric. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 40(4), 708–722. <https://doi.org/10.1044/jslhr.4004.708>
- Shriberg, L. D., Fourakis, M., Hall, S. D., Karlsson, H. B., Lohmeier, H. L., McSweeney, J. L., Potter, N. L., Scheer-Cohen, A. R., Strand, E. A., Tilkens, C. M., & Wilson, D. L. (2010). Extensions to the Speech Disorders Classification System (SDCS). *Clinical Linguistics and Phonetics*, 24(10), 795–824. <https://doi.org/10.3109/02699206.2010.503006>
- Shriberg, L. D., Kwiatkowski, J., & Mabie, H. L. (2019). Estimates of the prevalence of motor speech disorders in children with idiopathic speech delay. *Clinical Linguistics and Phonetics*, 33(8), 679–706. <https://doi.org/10.1080/02699206.2019.1595731>
- Siemons-Lühring, D. I., Euler, H. A., Mathmann, P., Suchan, B., & Neumann, K. (2021). The effectiveness of an integrated treatment for functional speech sound disorders—a randomized controlled trial. *Children*, 8(12), Article 1190. <https://doi.org/10.3390/children8121190>
- Silva, A. S., Carminatti, M., Lavra-Pinto, B. de, Franzon, R., Araújo, F. de B., & Gomes, E. (2016). Masticatory profile in children from three to five-years old. *Revista CEFAC*, 18(3), 568–580. <https://doi.org/10.1590/1982-0216201618316615>
- Silva, G. M., Couto, M. I., & Molini-Avejonas, D. R. (2013). Risk factors identification in children with speech disorders: Pilot study. *CoDAS*, 25(5), 456–462. <https://doi.org/10.1590/S2317-17822013000500010>
- Silva, M. A., Natalini, V., Ramires, R. R., & Ferreira, L. P. (2007). Análise comparativa da mastigação de crianças respiradoras nasais e orais com dentição decídua. *Revista CEFAC*, 9(2), 190–198. <https://doi.org/10.1590/s1516-18462007000200007>
- Singer, J. D., & Willett, J. B. (2003). *Applied longitudinal data analysis: Modeling change and event occurrence*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195152968.001.0001>
- Skahan, S. M., Watson, M., & Lof, G. L. (2007). Speech-language pathologists' assessment practices for children with suspected speech sound disorders: Results of a national survey. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 16(3), 246–254. [https://doi.org/10.1044/1058-0360\(2007\)029](https://doi.org/10.1044/1058-0360(2007)029)
- Skeat, J., Eadie, P., Ukoumunne, O., & Reilly, S. (2010). Predictors of parents seeking help or advice about children's communication development in the early years. *Child: Care, Health and Development*, 36(6), 878–887. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2214.2010.01093.x>
- Skeat, J., Wake, M., Ukoumunne, O. C., Eadie, P., Bretherton, L., & Reilly, S. (2014). Who gets help for pre-school communication problems? Data from a prospective community study. *Child: Care, Health and Development*, 40(2), 215–222. <https://doi.org/10.1111/cch.12032>
- Smith, A. (2010). Development of Neural Control of Orofacial Movements for Speech. In *The Handbook of Phonetic Sciences* (pp. 251–296). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781444317251.ch7>

- Smith, A., & Goffman, L. (1998). Stability and patterning of speech movement sequences in children and adults. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 41(1), 18–30. <https://doi.org/10.1044/jslhr.4101.18>
- Smith, A., & Zelaznik, H. N. (2004). Development of functional synergies for speech motor coordination in childhood and adolescence. *Developmental Psychobiology*, 45(1), 22–33.
- Sommer, C. L., Cummings, C. A., Cáceres-Nano, E., Romero-Narváez, C., & Pollard, S. H. (2025). Psychometric properties of the Intelligibility in Context Scale in monolingual Spanish-speaking children with and without speech sound disorders from Peru. *Journal of Communication Disorders*, 115, 106511. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2025.106511>
- Song, Z., Huang, J., Qiao, T., Yan, J., Zhang, X., & Lu, D. (2022). Association between Maternal Anxiety and Children’s Problem Behaviors: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(17). <https://doi.org/10.3390/ijerph191711106>
- Soriano, J. U., Mahr, T. J., Rathouz, P. J., & Hustada, K. C. (2023). Intelligibility in Context Scale: Growth Curves for Typically Developing English-Speaking Children Between Ages 2;6 and 9;11. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 32(5), 2021–2039. https://doi.org/10.1044/2023_AJSLP-22-00392
- Sosa, A. V., & Stoel-Gammon, C. (2006). Patterns of intra-word phonological variability during the second year of life. *Journal of Child Language*, 33(1), 31–50. <https://doi.org/10.1017/S0305000905007166>
- Souki, B. Q., Pimenta, G. B., Souki, M. Q., Franco, L. P., Becker, H. M. G., & Pinto, J. A. (2009). Prevalence of malocclusion among mouth breathing children: Do expectations meet reality? *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 73(5), 767–773. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2009.02.006>
- Souto-Souza, D., Soares, M. E. C., Primo-Miranda, E. F., Pereira, L. J., Ramos-Jorge, M. L., & Ramos-Jorge, J. (2020). The influence of malocclusion, sucking habits and dental caries in the masticatory function of preschool children. *Brazilian Oral Research*, 34, Article e059. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2020.vol34.0059>
- Sprunt, B., & Marella, M. (2018). Measurement accuracy: Enabling human rights for Fijian students with speech difficulties. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 20(1), 89–97. <https://doi.org/10.1080/17549507.2018.1428685>
- Stampe, D. (1973). *A dissertation on natural phonology*. University of Chicago.
- Steeve, R. W. (2010). Babbling and chewing: Jaw kinematics from 8 to 22 months. *Journal of Phonetics*, 38(3), 445–458. <https://doi.org/10.1016/j.wocn.2010.05.001>
- Steeve, R. W., & Moore, C. A. (2009). Mandibular motor control during the early development of speech and nonspeech behaviors. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 52(6), 1530–1554. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2009/08-0020\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2009/08-0020))
- Stemberger, J. P., & Bernhardt, B. M. (2020). Phonetic transcription for speech-language pathology in the 21st century. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 72(2), 75–83. <https://doi.org/10.1159/000500701>

- Stemberger, J. P., & Bernhardt, B. M. (2022). Individual profiles in protracted phonological development across languages: introduction to the special issue. *Clinical Linguistics and Phonetics*, 36(7), 597–616. <https://doi.org/10.1080/02699206.2022.2057871>
- Stoel-Gammon, C. (1985). Phonetic inventories, 15-24 months: A longitudinal study. *Journal of Speech and Hearing Research*, 28, 505–512. <https://doi.org/10.1044/jshr.2804.505>
- Stoel-Gammon, C. (2011). Relationships between lexical and phonological development in young children. *Journal of Child Language*, 38(1), 1–34. <https://doi.org/10.1017/S0305000910000425>
- Stringer, H., Cleland, J., Wren, Y., Rees, R., & Williams, P. (2023). Speech sound disorder or DLD (phonology)? Towards a consensus agreement on terminology. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 1–15. <https://doi.org/10.1111/1460-6984.12989>
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2007). *Using multivariate statistics* (5th ed.). Pearson Education.
- Takai, O., Brown, S., & Liotti, M. (2010). Representation of the speech effectors in the human motor cortex: Somatotopy or overlap? *Brain and Language*, 113(1), 39–44. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2010.01.008>
- Tambyraja, S. R., Farquharson, K., & Justice, L. (2020). Reading risk in children with speech sound disorder: Prevalence, persistence, and predictors. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 63(11), 3714–3726. https://doi.org/10.1044/2020_JSLHR-20-00108
- Tarkowska, A., Katzer, L., & Ahlers, M. O. (2017). Assessment of masticatory performance by means of a color-changeable chewing gum. *Journal of Prosthodontic Research*, 61(1), 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2016.04.004>
- Tenero, L., Piacentini, G., Nosetti, L., Gasperi, E., Piazza, M., & Zaffanello, M. (2017). Systematic review on indoor/outdoor non-voluptuary-habit pollution and sleep-disordered breathing in children. *Translational Pediatrics*, 6(2), 104–110. <https://doi.org/10.21037/tp.2017.03.04>
- Terband, H., Maassen, B., & Maas, E. (2019). A Psycholinguistic Framework for Diagnosis and Treatment Planning of Developmental Speech Disorders. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 71(5–6), 216–227. <https://doi.org/10.1159/000499426>
- The Academy of Prosthodontics. (1999). The glossary of prosthodontic terms. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 81(1), 39–110.
- The jamovi project. (2023). *Jamovi* (version 2.3.28) [logiciel].
- Thijs, Z., Bruneel, L., De Pauw, G., & Van Lierde, K. M. (2022). Oral myofunctional and articulation disorders in children with malocclusions: A systematic review. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 74(1), 1–16. <https://doi.org/10.1159/000516414>
- Thomas-Stonell, N. L., Oddson, B., Robertson, B., & Rosenbaum, P. L. (2010). Development of the FOCUS (Focus on the Outcomes of Communication Under Six), a communication outcome measure for preschool children. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 52(1), 47–53. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2009.03410.x>

- Torres, F., Fuentes-López, E., Fuente, A., & Sevilla, F. (2020). Identification of the factors associated with the severity of the speech production problems in children with comorbid speech sound disorder and developmental language disorder. *Journal of Communication Disorders*, 88, Article 106054. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2020.106054>
- Tourville, J. A., & Guenther, F. H. (2011). The DIVA model: A neural theory of speech acquisition and production. *Language and Cognitive Processes*, 26(7), 952–981.
- Toyama, H., & Agras, W. S. (2016). A test to identify persistent picky eaters. *Eating Behaviors*, 23, 66–69. <https://doi.org/10.1016/j.eatbeh.2016.07.003>
- Trevethan, R. (2017). Sensitivity, Specificity, and Predictive Values: Foundations, Pliabilities, and Pitfalls in Research and Practice. *Frontiers in Public Health*, 5(November), 1–7. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00307>
- Trosman, I., & Trosman, S. J. (2017). Cognitive and behavioral consequences of sleep disordered breathing in children. *Medical Sciences*, 5(4), Article 30. <https://doi.org/10.3390/medsci5040030>
- Trudeau-Fisette, P., Ito, T., & Ménard, L. (2019). Auditory and Somatosensory Interaction in Speech Perception in Children and Adults. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00344>
- Trudeau-Fisette, P., Vidou, C., & Ménard, L. (2024). Speech sensorimotor relationships in francophone preschoolers and adults: Adaptation to real-time auditory feedback perturbations. *PLoS ONE*, 19(8), e0306246. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0306246>
- Trulsson, M., & Johansson, R. S. (2002). Orofacial mechanoreceptors in humans: encoding characteristics and responses during natural orofacial behaviors. *Behavioural Brain Research*, 135(1–2), 27–33.
- Ttofari Eecen, K., Eadie, P., Morgan, A. T., & Reilly, S. (2019). Validation of Dodd's model for differential diagnosis of childhood speech sound disorders: A longitudinal community cohort study. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 61(6), 689–696. <https://doi.org/10.1111/dmcn.13993>
- Vacher, C., & Cyna-Gorse, F. (2015). *Anatomie clinique de la tête et du cou* (2nd ed.). Elsevier Masson.
- Valera, F. C. P., Travitzki, L. V. V., Mattar, S. E. M., Matsumoto, M. A. N., Elias, A. M., & Anselmo-Lima, W. T. (2003). Muscular, functional and orthodontic changes in pre-school children with enlarged adenoids and tonsils. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 67(7), 761–770. [https://doi.org/10.1016/S0165-5876\(03\)00095-8](https://doi.org/10.1016/S0165-5876(03)00095-8)
- Van Der Bilt, A. (2011). Assessment of mastication with implications for oral rehabilitation: A review. *Journal of Oral Rehabilitation*, 38(10), 754–780. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2010.02197.x>
- Van der Merwe, A. (2009). A theoretical framework for the characterization of pathological speech sensorimotor control. In M. R. McNeil (Ed.), *Clinical management of sensorimotor speech disorders* (2nd ed., pp. 3–18). Thieme Medical Publishers.
- van der Straten Waillet, P., Crowe, K., Charlier, B., & Colin, C. (2023). Assessing the speech production of multilingual children: A survey of speech-language therapists in

- French-speaking Belgium. *International Journal of Language and Communication Disorders*, March, 1–14. <https://doi.org/10.1111/1460-6984.12875>
- van der Zijden-Holstvoogd, L., & Blumenthal, M. (2017). *Speakaboo: An observation instrument for (speech) development in the home language* (Manuel, version 1.4). Royal Dutch Kentalis. <https://www.kentalis.com/resources/speakaboo>
- van Doornik, A., Gerrits, E., McLeod, S., & Terband, H. (2018). Impact of communication partner familiarity and speech accuracy on parents' ratings of their child for the Intelligibility in Context Scale: Dutch. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 20(3), 350–360. <https://doi.org/10.1080/17549507.2018.1472808>
- van Doornik, A., Welbie, M., McLeod, S., Gerrits, E., & Terband, H. (2025). Speech and language therapists' insights into severity of speech sound disorders in children for developing the speech sound disorder severity construct. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 60(3), Article e70022. <https://doi.org/10.1111/1460-6984.70022>
- Van Dyck, C., Dekeyser, A., Vantricht, E., Manders, E., Goeleven, A., Fieuws, S., & Willems, G. (2016). The effect of orofacial myofunctional treatment in children with anterior open bite and tongue dysfunction: A pilot study. *European Journal of Orthodontics*, 38(3), 227–234. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjv044>
- van Haaften, L., Lagarde, M., van Gerven, M., de Groot, S., Harding, C., van den Engel-Hoek, L., & van Hulst, K. (2024). The Non-Speech Oral Movement Assessment for Children. *Folia phoniatrica et logopaedica*, 76(6), 521–528. <https://doi.org/10.1159/000536485>
- Vaupot, S. (2017). Phonetic and phonological characteristics of French spoken in Europe and Quebec. *Linguistica*, 57(1), 331–342.
- Veron, H. L., Antunes, A. G., Milanese, J. de M., & Corrêa, E. C. R. (2016). Implicações da respiração oral na função pulmonar e músculos respiratórios. *Revista CEFAC*, 18(1), 242–251. <https://doi.org/10.1590/1982-0216201618111915>
- Vibert, J.-F., Sébille, A., Lavallard-Rousseau, M.-C., Mazières, L., & Boureau, F. (2011). *Neurophysiologie : De la physiologie à l'exploration fonctionnelle* (2d ed.). Elsevier Masson.
- Vick, J. C., Campbell, T. F., Shriberg, L. D., Green, J. R., Abdi, H., Rusiewicz, H. L., Venkatesh, L., & Moore, C. A. (2012). Distinct developmental profiles in typical speech acquisition. *Journal of Neurophysiology*, 107(10), 2885–2900. <https://doi.org/10.1152/jn.00337.2010>
- Vuolo, J., & Goffman, L. (2020). Vowel accuracy and segmental variability differentiate children with developmental language disorder in nonword repetition. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 63(12), 3945–3960. <https://doi.org/10.1044/2020.JSLHR-20-00166>
- Wadsworth, D. D., & Maul, C. A. (1998). The prevalence of orofacial myofunctional disorders among children identified with speech and language disorders in grades kindergarten through six. *International Journal of Orofacial Myology*, 24, 1–19.
- Waine, H., Bates, S., Frizelle, P., & Oh, T. M. (2023). UK speech and language therapists' assessment of children's expressive language, and functional impairment and impact, following the CATALISE publications. *International Journal of Language &*

- Communication Disorders*, 58(5), 1570–1587. <https://doi.org/10.1111/1460-6984.12883>
- Wang, Y.-T., Kent, R. D., Duffy, J. R., & Thomas, J. E. (2009). Analysis of diadochokinesis in ataxic dysarthria using the Motor Speech Profile Program™. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 61(1), 1–11. <https://doi.org/10.1159/000184539>
- Ward, L., Polišíenská, K., & Bannard, C. (2024). Sentence repetition as a diagnostic tool for developmental language disorder: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 67(7), 2191–2221. https://doi.org/10.1044/2024_JSLHR-23-00490
- Waring, R., & Knight, R. (2013). How should children with speech sound disorders be classified? A review and critical evaluation of current classification systems. *International Journal of Language and Communication Disorders*, 48(1), 25–40. <https://doi.org/10.1111/j.1460-6984.2012.00195.x>
- Warnier, M. (2022). *Étude de l'interaction entre le développement de la parole et le développement myofonctionnel orofacial par le biais des habiletés somatosensorielles et motrices chez les enfants tout-venant d'âge préscolaire* [Université de Liège]. <https://hdl.handle.net/2268/295814>
- Warnier, M. (2025). *La mastication, le cœur de la rééducation* [Cours en ligne]. www.myo-inspire.com
- Warnier, M., Maillart, C., Rose, Y., & MacLeod, A. A. N. (2022). Exploring word production in three-year-old monolingual French-speaking children. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 1–19. <https://doi.org/10.1080/02699206.2022.2092424>
- Warnier, M., Maillart, C., Rose, Y., & MacLeod, A. A. N. (2023). Exploring word production in three-year-old monolingual French-speaking children. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 37(4–6), 454–472. <https://doi.org/10.1080/02699206.2022.2092424>
- Warnier, M., Piron, L., Morsomme, D., & Maillart, C. (2024). Towards a better diagnosis of mouth breathing : validity and reliability of a protocol for assessing the awake breathing pattern in preschool children. *CoDAS*, 36(3), e20220330. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20242022330en>
- Weadman, T., Serry, T., & Snow, P. C. (2022). The oral language and emergent literacy skills of preschoolers: Early childhood teachers' self-reported role, knowledge and confidence. *International Journal of Language and Communication Disorders*, 58(1), 154–168. <https://doi.org/10.1111/1460-6984.12777>
- Wechsler, D., & Naglieri, J. A. (2006). *Wechsler Nonverbal Scale of Ability*. Pearson.
- Weerathunge, H. R., Voon, T., Tardif, M., Cilento, D., & Stepp, C. E. (2022). Auditory and somatosensory feedback mechanisms of laryngeal and articulatory speech motor control. *Experimental Brain Research*, 240(7–8), 2155–2173. <https://doi.org/10.1007/s00221-022-06395-7>
- Weismer, G. (2023). Oromotor Nonverbal Performance and Speech Motor Control: Theory and Review of Empirical Evidence. *Brain Sciences*, 13(5), 768.
- Werker, J. F. (2018). Perceptual beginnings to language acquisition. *Applied Psycholinguistics*, 39(4), 703–728. <https://doi.org/10.1017/S0142716418000152>

- Werker, J. F., & Gervain, J. (2013). Speech perception in infancy: A foundation for language acquisition. In P. D. Zelazo (Ed.), *The Oxford handbook of developmental psychology, Vol. 1: Body and mind* (pp. 909–925). Oxford University Press.
- Wernicke, M. (2016). Hierarchies of authenticity in study abroad: French from Canada versus French from France? *Canadian Journal of Applied Linguistics, 19*(2), 1–21.
- Whalen, D. H. (2019). The motor theory of speech perception. In M. Aronoff (Ed.), *Oxford research encyclopedia of linguistics*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199384655.013.404>
- Whalen, D. H. (2019). The motor theory of speech perception. In M. Aronoff (Ed.), *Oxford research encyclopedia of linguistics*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199384655.013.404>
- Whittier, T. T. (2023). Somatosensory Information in Skilled Motor Performance. *Journal of Motor Behaviour, 55*(1), 87–103.
- Wiemer, H. (2017). Orofacial myofunctional disorders. EBSCO. https://www.ebscohost.com/assets-sample-content/Orofacial_Myofunctional_Disorders.pdf
- Wikse Barrow, C., Körner, K., & Strömbergsson, S. (2021). A survey of Swedish speech-language pathologists' practices regarding assessment of speech sound disorders. *Logopedics Phoniatrics Vocology, 48*(1), 23–43. <https://doi.org/10.1080/14015439.2021.1977383>
- Williams, A. L., McLeod, S., & McCauley, R. J. (Eds.). (2020). *Interventions for speech sound disorders in children* (2nd ed.). Brookes Publishing.
- Williams, K. T. (2019). *Expressive vocabulary test* (3rd ed.). Pearson.
- Williams, P., & Stackhouse, J. (2000). Rate, accuracy, and consistency: Diadochokinetic performance of young, normally developing children. *Clinical Linguistics & Phonetics, 14*(4), 267–293. <https://doi.org/10.1080/02699200050023985>
- Wilson, E. M., & Green, J. R. (2009). The development of jaw motion for mastication. *Early Human Development, 85*(5), 303–311. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2008.12.003>
- Wilson, E. M., Green, J. R., Yunusova, Y., & Moore, C. A. (2008). Task specificity in early oral motor development. *Seminars in speech and language, 29*(4), 257–266. <https://doi.org/10.1055/s-0028-1103389>
- Wolk, L., & Meisler, A. W. (1998). Phonological assessment: A systematic comparison of conversation and picture naming. *Journal of Communication Disorders, 31*(4), 291–313. [https://doi.org/10.1016/S0021-9924\(97\)00092-0](https://doi.org/10.1016/S0021-9924(97)00092-0)
- Woolfenden, S., Eapen, V., Williams, K., Hayen, A., Spencer, N., & Kemp, L. (2014). A systematic review of the prevalence of parental concerns measured by the Parents' Evaluation of Developmental Status (PEDS) indicating developmental risk. *BMC Pediatrics, 14*(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/1471-2431-14-231>
- World Health Organization. (n.d.). *WHO process of translation and adaptation of instruments*. https://www.who.int/substance_abuse/research_tools/translation/en
- Wren, Y., Miller, L. L., Peters, T. J., Emond, A., & Roulstone, S. (2016). Prevalence and predictors of persistent speech sound disorder at eight years old: Findings from a

- population cohort study. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 59(4), 647–673. https://doi.org/10.1044/2015_JSLHR-S-14-0282
- Yeh, L. L., & Liu, C. C. (2021). Comparing the informativeness of single-word samples and connected speech samples in assessing speech sound disorders. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 64(11), 4071–4084. https://doi.org/10.1044/2021_JSLHR-20-00172
- Youngstrom, E. A., Van Meter, A., Frazier, T. W., Hunsley, J., Prinstein, M. J., Ong, M. L., & Youngstrom, J. K. (2017). Evidence-Based Assessment as an Integrative Model for Applying Psychological Science to Guide the Voyage of Treatment. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 24(4), 331–363. <https://doi.org/10.1111/cpsp.12207>
- Zaghi, S., Peterson, C., Shamtoob, S., Fung, B., Kwok-Keung Ng, D., Jagomagi, T., Archambault, N., O'Connor, B., Winslow, K., Peeran, Z., Lano, M., Murdock, J., Valcu-Pinkerton, S., Morrissey, L., & Assessment, L. M. (2020). Assessment of nasal breathing using lip taping: A simple and effective screening tool. *International Journal of Otorhinolaryngology*, 6(1), 10–15. <https://doi.org/10.11648/j.ijo.20200601.13>
- Zhang, W., Shen, Y., Ou, X., Wang, H., & Liu, S. (2024). Sleep disordered breathing and neurobehavioral deficits in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *BMC Pediatrics*, 24(1), Article 70. <https://doi.org/10.1186/s12887-023-04511-2>
- Zhou, X., Yeomans, M., Thomas, A., Wilde, P., Linter, B., & Methven, L. (2021). Individual differences in oral tactile sensitivity and gustatory fatty acid sensitivity and their relationship with fungiform papillae density, mouth behaviour and texture perception of a food model varying in fat. *Food Quality and Preference*, 90, Article 104116. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.104116>
- Zhou, Z., Liu, F., Shen, S., Shang, L., Shang, L., & Wang, X. (2016). Prevalence of and factors affecting malocclusion in primary dentition among children in Xi'an, China. *BMC Oral Health*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-016-0285-x>
- Zicari, A. M., Albani, F., Ntrekou, P., Rugiano, A., Duse, M., Mattei, A., & Marzo, G. (2009). Oral breathing and dental malocclusions. *European Journal of Paediatric Dentistry*, 10(2), 59–64.

ANNEXES

Annexe 1

Version francophone de l'Orofacial Myofunctional Evaluation with Score traduite par un groupe de logopèdes/orthophonistes experts et approuvée par les auteurs (de Felício & Ferreira, 2008). Travail de traduction réalisé au sein de la thèse de Warnier (2022).

APPARENCE ET POSTURE		
Posture labiale		Scores
Fermeture labiale normale	Normal	(3)
Fermeture labiale avec effort	Augmentation de l'activité des lèvres et du muscle mentonnier	(2)
Absence de fermeture labiale (incompétence labiale)	Dysfonction légère	(2)
	Dysfonction sévère	(1)
Posture mandibulaire verticale		Scores
Posture normale	Avec espace libre inter-dentaire	(3)
Occlusion des dents (ou)	Sans espace libre inter-dentaire	(2)
Ouverture buccale	Dysfonction légère	(2)
Ouverture buccale excessive	Dysfonction sévère	(1)
Apparence des joues		Scores
Normal		(3)
Augmentation du volume ou flasques/affaissées	Dysfonction légère	(2)
	Dysfonction sévère	(1)
Apparence du visage		Scores
Symétrie entre les côtés droits et gauches	Normal	(3)
Asymétrie	Dysfonction légère	(2)
	Dysfonction sévère	(1)
Posture linguale		Scores
Contenue dans la cavité orale	Normal	(3)
Entre les arcades dentaires	Adaptation ou dysfonction	(2)
	Protrusion excessive	(1)
Apparence du palais		Scores
Diminution de la largeur	Normale	(3)
	Légère	(2)
	Sévère	(1)
Total des résultats Apparence et Posture (max 18)		

MOBILITÉ						
<i>(Des dysfonctions ou des altérations ont été considérées comme présentes lorsqu'un manque de précision dans le mouvement, un tremblement, des mouvements associés d'autres composants (ex. : les lèvres accompagnent le mouvement de la langue), et une incapacité à effectuer le mouvement ont été observés) Si on observe des tremblements seuls ou un mouvement inexact avec ou sans tremblement, on attribue le score de 2.</i>						
Performance	Mouvements des lèvres					
	Protrusion	Rétrusion	Latéral à droite	Latéral à gauche		
Précis	(3)	(3)	(3)	(3)		
Manque de précision	(2)	(2)	(2)	(2)		
Incapacité sévère	(1)	(1)	(1)	(1)		
Résultat (somme)						
Performance	Mouvements de la langue					
	Protrusion	Rétrusion	Latéral à droite	Latéral à gauche	Monter	Descendre
Précis	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)
Manque de précision	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Incapacité sévère	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
Résultat (somme)						
Performance	Mouvements de la mandibule					
	Ouverture	Fermeture	Latéral à droite	Latéral à gauche	Protrusion	
Précis	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	
Manque de précision	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	
Incapacité sévère	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	
Résultat (somme)						
Performance	Mouvements des joues					
	Gonfler	Aspirer	Rétracter	Transférer l'air de droite à gauche		
Précis	(3)	(3)	(3)	(3)		
Manque de précision	(2)	(2)	(2)	(2)		
Incapacité sévère	(1)	(1)	(1)	(1)		
Résultat (somme)						
Résultat total mobilité (max 57 pts)						

FONCTIONS		
Respiration		Scores
Respiration nasale	Normal (<i>l'inspiration se fait par le nez avec une fermeture labiale effectuée sans effort</i>)	(3)
Respiration buccale	Dysfonction légère (<i>le sujet a la bouche ouverte, les inspirations sont oronasales mais il est capable de respirer par le nez sans montrer de signes de fatigue et de dyspnée</i>)	(2)
	Dysfonction sévère (<i>lorsque le sujet essaye d'inspirer uniquement par le nez, il montre des signes de fatigue et de dyspnée et ouvre la bouche pour inspirer pendant quelques secondes</i>)	(1)
Résultat		
Déglutition		
<i>D'abord évaluée avec un bolus liquide puis avec un bolus solide → sauf pour l'efficacité de la déglutition, on cote les items de cette fonction sur base de la pire condition.</i>		
Déglutition : comportement labial		Scores
Fermeture labiale normale	Sans effort (<i>pas de contraction apparente</i>)	(4)
Fermeture labiale avec effort	Dysfonction légère (<i>contraction légère</i>)	(3)
	Dysfonction modérée (<i>contraction modérée ou sévère</i>)	(2)
Absence de fermeture labiale (incompétence labiale)	Dysfonction sévère	(1)
Déglutition : comportement lingual		Scores
Contenue dans la cavité orale	Normal	(3)
Entre les arcades dentaires	Adaptation ou dysfonction (<i>interposition linguale à la limite des surfaces incisives</i>)	(2)
	Protrusion excessive (<i>langue placée au-delà des surfaces incisives</i>)	(1)
Résultat		
Déglutition : autres comportements et changements de signaux		Scores
Mouvement de tête (ou de mâchoire)	Absent	(1)
	Présent	(0)
Tension des muscles de la face	Absent	(1)
	Présent	(0)
Fuites d'aliments	Absent	(1)
	Présent	(0)
Résultat		
Item complémentaire – efficacité de la déglutition		Scores
Bolus solide		
Pas de répétition de la déglutition		(3)
Une répétition		(2)
Déglutitions multiples		(1)
Bolus liquide		
Pas de répétition de la déglutition		(3)
Une répétition		(2)
Déglutitions multiples		(1)
Résultat		
Résultat total de déglutition (somme) (max 16 pts)		Scores

Mastication : morsure		Scores
Avec les incisives		(3)
Avec les dents postérieures		(2)
Coupé en morceaux avec les mains		(1)
Résultat		
Mastication : type		Scores
<i>On évalue ici le pourcentage de mastications qui ont lieu de chaque côté de la cavité buccale. Ce pourcentage est déterminé sur base de l'observation de la localisation du bolus (volume au niveau des joues) mais aussi à partir des mouvements orofaciaux tels que les déplacements de la mâchoire, des lèvres et des joues.</i>		
Bilatéral	Alterné (mastications uniformément distribuées de chaque côté ou jusqu'à 65% du temps du même côté)	(4)
	Simultané (deux côtés en même temps 95% du temps)	(3)
Unilatéral (effectue la fonction du même côté de la cavité orale)	Préférence (66-94% du temps du même côté)	(2)
	Chronique (95-100% du temps du même côté)	(1)
Antérieure	Trituration avec les incisives et/ou les canines	(1)
N'effectue pas la fonction		(1)
Résultat		
Mastication : autres comportements et changements de signaux		Scores
Mouvement de tête	Absent	(1)
	Présent	(0)
Posture altérée	Absent	(1)
	Présent	(0)
Fuites d'aliments	Absent	(1)
	Présent	(0)
Résultat		
Résultat total de mastication (somme) (max 10 pts)		
RESULTAT TOTAL POUR LES FONCTIONS (max 29 points)		

Annexe 2

Présentation de l’outil Awake Brathing Pattern Assessment, version pour la recherche (ABPA, Warnier et al., 2024)

Respiration au repos		Sélectionnez l'item de votre choix	Resultat
C1 - Le temps passé à respirer dans une certaine position buccale			Mode de respiration habituel à l'éveil
Observer une position bouche ouverte pour plus de la moitié du temps	RB		0.00
Observer une position bouche fermée pour plus de la moitié du temps	RN		0.00
Observer une position bouche ouverte pour l'intégralité du temps	RB		
Observer une position bouche fermée pour l'intégralité du temps	RN		
C2 - La position qu'occupe la langue pour plus de la moitié du temps d'observation			
Observer une langue en position haute pour plus de la moitié du temps	RN		
Observer une langue en position basse pour plus de la moitié du temps	RN	pattern vide (= n'est associé à rien, ne rien met	
Observer une langue en position basse et interposée pour plus de la moitié du temps	RB		
Ne pas pouvoir observer la langue (car les lèvres sont closes) pour plus de la moitié du temps	RN		
C3 - Le degré d'ouverture des lèvres pour plus de la moitié du temps d'observation			
Observer des lèvres fermées pour plus de la moitié du temps	RN		
Observer des lèvres légèrement ouvertes pour plus de la moitié du temps	RB		
Observer des lèvres semi-ouvertes pour plus de la moitié du temps	RB		
Observer des lèvres grandes ouvertes pour plus de la moitié du temps	RB		
Ne pas observer de pattern principal (parfois les lèvres sont ouvertes, parfois elles sont fermées)	RB		
C4 - Le temps passé à mastiquer la bouche ouverte ou fermée			
Observer une position bouche ouverte pour plus de la moitié des mouvements masticatoires	RB		
Observer une position bouche fermée pour plus de la moitié des mouvements masticatoires	RN		
Observer une position bouche ouverte pour l'intégralité des mouvements masticatoires	RB		
Observer une position bouche fermée pour l'intégralité des mouvements masticatoires	RN		
C5 - La position de repos de la bouche juste après avoir dégluti (regarder si l'enfant garde la bouche fermée juste après avoir dégluti ou s'il ouvre directement la bouche)			
Observer, dans la plupart des cas, une position bouche fermée juste après avoir dégluti	RN		
Observer, dans la plupart des cas, une position bouche ouverte juste après avoir dégluti	RB		
C6 - Le mode de reprise d'air juste après avoir dégluti (première prise d'air par la bouche ou par le nez)			
Observer, dans la plupart des cas, que l'enfant reprend sa respiration par la bouche après avoir dégluti	RB		
Observer, dans la plupart des cas, que l'enfant reprend sa respiration par le nez après avoir dégluti	RN		

Annexe 3

Tableau A1. Comparaison de la variabilité des échantillons entre l'étude transversale (Étude 4) et l'étude longitudinale (Étude 5)

	Étude 4 (transversale)	Étude 5 (longitudinale)
N	168	64x3
Etendue de l'âge	36-68	35-59
Parole		
Etendue	19.7-98.5	22.1-97.7
Ecart-type T1	-	18.58
Ecart-type T2	-	11.39
Ecart-type T3	-	9.64
Ecart-type global	16.6	16.4
NSOMs		
Etendue	28-57	31-57
Ecart-type T1	-	8.9
Ecart-type T2	-	5.47
Ecart-type T3	-	5.36
Ecart-type global	6.71	6.74
Fonctions orofaciales		
Etendue	12-29	12-29
Ecart-type T1	-	3.43
Ecart-type T2	-	2.71
Ecart-type T3	-	1.85
Ecart-type global	3.42	3.11