



**HAL**  
open science

# Evolution de la mastication au cours de l'ontogenèse et impact de l'état dentaire

Natacha Linas

► **To cite this version:**

Natacha Linas. Evolution de la mastication au cours de l'ontogenèse et impact de l'état dentaire. Pédiatrie. Université Clermont Auvergne, 2022. Français. NNT : 2022UCFAC119 . tel-04529359

**HAL Id: tel-04529359**

**<https://theses.hal.science/tel-04529359v1>**

Submitted on 2 Apr 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**UNIVERSITE CLERMONT AUVERGNE**  
**ECOLE DOCTORALE DES SCIENCES DE LA VIE, SANTE, AGRONOMIE,**  
**ENVIRONNEMENT**  
**CENTRE DE RECHERCHE EN ODONTOLOGIE CLINIQUE (CROC) - UNITE DE**  
**RECHERCHE 4847**

**THESE**

Pour obtenir le grade de  
**Docteur de l'Université Clermont Auvergne**  
**Discipline : Odontologie**

**Natacha LINAS**

**EVOLUTION DE LA MASTICATION AU COURS DE L'ONTOGENESE ET**  
**IMPACT DE L'ETAT DENTAIRE**

**Thèse codirigée par Mme le Professeur Martine HENNEQUIN**  
**& Mme le Docteur Valérie COLLADO**

Soutenue le 16 Décembre 2022

**JURY**

Madame le Professeur Corinne TARDIEU	Rapporteur externe
Monsieur le Professeur Yves BOUCHER	Rapporteur externe
Monsieur le Docteur Rémi ESCLASSAN	Examineur
Madame le Docteur Valérie COLLADO	Directrice
Madame le Professeur Martine HENNEQUIN	Directrice, membre invité

## **Remerciements**

## Résumé

En lien avec la diversification alimentaire, de nombreuses études ont été menées concernant les fonctions antérieures à la mise en place de la mastication chez les très jeunes enfants. Cependant très peu de données sont disponibles chez l'enfant concernant la mastication, terme qui ne peut être employé qu'à partir du moment où les dents postérieures sont en occlusion. De plus, alors que l'objectif de la mastication est de former un bol alimentaire plastique, cohésif et visqueux, apte à être dégluti puis digéré par la suite, aucune étude n'a évalué la capacité masticatoire chez l'enfant, caractérisée par l'état du bol alimentaire au moment de la déglutition.

Ce travail a pour objectif de définir un protocole adapté à l'enfant pour évaluer la capacité masticatoire. Les études réalisées ont pour objectifs principaux de décrire le comportement et la capacité masticatoires analysés pour des aliments naturels au cours du développement physiologique, et d'analyser l'impact de différents types d'altérations de la santé orale et de leur traitement sur ces paramètres masticatoires. Les objectifs secondaires sont d'évaluer l'état staturo-pondéral, la qualité de vie, la fréquence de dysfonctions orofaciales et les sélections alimentaires au domicile des différents groupes d'enfants étudiés.

Dans la première partie, après présentation des résultats ayant permis de vérifier la répétabilité du nombre de cycles masticatoires avant déglutition, un protocole de recueil du bol alimentaire à déglutition est proposé pour les enfants à partir de trois ans. La deuxième partie, concernant l'évolution physiologique des paramètres masticatoires, montre l'importance de la présence d'unités fonctionnelles postérieures, à la fois sur le plan sensoriel et en tant que surfaces d'écrasement de l'aliment. La capacité à dégrader les aliments est particulièrement améliorée lorsque toutes les dents définitives sont fonctionnelles sur l'arcade. En troisième partie, les résultats concernant l'impact des altérations bucco-dentaires, à savoir la présence de caries précoces multiples de l'enfance et la présence d'agénésies multiples, et de leurs traitements, sur la mastication sont présentés. Un an après traitement de caries précoces multiples sous anesthésie générale, la capacité à dégrader les aliments semble se normaliser, bien que les valeurs de fréquence masticatoire n'atteignent pas celles des enfants sans altération. Cette amélioration de la capacité masticatoire est particulièrement observée pour les enfants n'ayant reçu que des traitements conservateurs. La réalisation de prothèses amovibles en cas d'agénésies ne permet pas d'obtenir une capacité masticatoire similaire à celle d'enfants ne présentant pas d'altération. Ainsi, l'importance de la présence et de la conservation d'unités fonctionnelles postérieures entre dents naturelles semble être mise en évidence.

Il semble essentiel de promouvoir des protocoles d'évaluation de la fonction de mastication et de l'état nutritionnel, en particulier pour les patients dont les contacts inter-arcades postérieurs sont susceptibles d'être modifiés. La détermination de seuils permettant de distinguer les patients nécessitant une rééducation fonctionnelle, ou pour lesquels l'alimentation doit être adaptée, restent à définir, afin de limiter les conséquences nutritionnelles à long terme sur le développement des enfants.



## Summary

Many studies have been conducted concerning the development of oral functions prior to the establishment of mastication in infants, in connection with food diversification. However, very few data are available in children concerning mastication, a term which only can be used once the posterior teeth are in occlusion. Furthermore, while the objective of mastication is the formation of a plastic, cohesive and viscous food bolus, suitable for subsequent swallowing and digestion, no study has assessed masticatory capacity in children, defined as the state of degradation of the food bolus as recorded at the moment of swallowing.

This work aimed at developing a protocol adapted to children to evaluate their masticatory capacity. The main objectives of the subsequent studies were to describe the masticatory behavior and capacity analyzed for natural foods during physiological development, and to evaluate the impact of different types of oral health alterations and their treatment on these masticatory parameters. The secondary objectives were to evaluate the height and weight status, quality of life, frequency of orofacial dysfunctions and food selection at home of different groups of children.

In the first part, after presentation of the results verifying the repeatability of the kinematic parameters of mastication, and particularly the number of masticatory cycles before swallowing, a protocol to collect food bolus at the moment of swallowing in children over three years old is proposed. The second part, concerning the physiological evolution of the masticatory parameters, shows the importance of the presence of posterior functional units, that are at the origin of sensorial information and also representing crushing surfaces for food. The capacity to reduce food is particularly improved when all permanent teeth are functional on the arch. In the third part, the results concerning the impact of oral alterations, namely the presence of early childhood caries and the presence of multiple agenesis, and their rehabilitation are presented. One year after comprehensive dental treatment of early childhood caries under general anesthesia, the ability to reduce food seems to normalize, although the masticatory frequency values do not reach those of children without oral alterations. Masticatory capacity is particularly improved in children who have received only conservative treatments. Moreover, the masticatory capacity of children with agenesis and wearing removable dentures is not similar to that of children without oral alterations. These results highlight the importance of the presence and preservation of posterior functional units between natural teeth.

It seems essential to promote protocols for the evaluation of chewing function and nutritional status, especially for patients with potentially altered posterior inter-arch contacts. The determination of a threshold from which patients would require a functional rehabilitation, or for whom diet must be adapted, remains to be defined, in order to limit long-term nutritional consequences.

## Table des matières

<b>Résumé.....</b>	<b>1</b>
<b>Summary.....</b>	<b>2</b>
<b>Table des illustrations.....</b>	<b>5</b>
<b>Liste des tableaux.....</b>	<b>6</b>
<b>Liste des abréviations.....</b>	<b>7</b>
<b>Valorisation par la publication et la communication.....</b>	<b>8</b>
<b>A. Etat de la question.....</b>	<b>10</b>
<b>B. Objectifs de la thèse.....</b>	<b>14</b>
<b>C. Traitement de la question.....</b>	<b>15</b>
<b>C.1. Première partie : Elaboration d'un protocole global d'évaluation de la fonction masticatoire chez l'enfant d'âge pré-scolaire.....</b>	<b>15</b>
<b>1. Problématique.....</b>	<b>15</b>
<b>2. Etude de faisabilité d'un protocole de recueil de bols alimentaires au seuil de déglutition en vue de l'analyse de la capacité masticatoire chez l'enfant.....</b>	<b>15</b>
<b>3. Proposition d'un protocole global d'évaluation de la fonction masticatoire chez l'enfant.....</b>	<b>17</b>
3.1. Modalités de recueil des données.....	17
3.2. Caractéristiques sociodémographiques, de santé générale et orale du groupe d'étude.....	18
3.2.1. Critères sociodémographiques et de santé générale.....	18
3.2.2. Critère de santé orale.....	18
3.2.2.1. Etat bucco-dentaire.....	18
3.2.2.2. Paramètres occlusaux.....	19
3.3. Critères d'évaluation de l'étude.....	19
3.3.1. Evaluation de la qualité de vie en lien avec la santé orale.....	19
3.3.2. Critère d'évaluation de la fréquence des dysfonctions orofaciales.....	19
3.3.3. Sélections alimentaires au domicile.....	20
3.3.4. Critères d'évaluation recueillis lors des tests masticatoires.....	20
3.3.4.1. Comportement masticatoire.....	20
3.3.4.2. Capacité masticatoire.....	20
<b>4. Conclusion.....</b>	<b>21</b>
<b>C.2. Deuxième partie. Evolution de la fonction masticatoire en fonction du développement physiologique.....</b>	<b>22</b>
<b>1. Problématique.....</b>	<b>22</b>
<b>2. Caractéristiques des groupes étudiés.....</b>	<b>23</b>

<b>3. Evolution des paramètres fonctionnels et masticatoires en fonction du stade de développement physiologique : Résultats &amp; Discussion .....</b>	<b>24</b>
<b>4. Synthèse de l'évolution des paramètres fonctionnels et masticatoires pendant le développement physiologique .....</b>	<b>29</b>
<b><i>C.3. Troisième partie : Impact de la présence d'altérations de l'état dentaire et de leurs traitements sur la mastication chez l'enfant.....</i></b>	<b>30</b>
<b>1. Impact de la présence de caries précoces multiples de l'enfance et de leurs réhabilitations sur la fonction masticatoire .....</b>	<b>30</b>
1.1. Impact de la présence de caries précoces multiples de l'enfance sur la fonction masticatoire .....	30
1.1.1. Problématique .....	30
1.1.2. Impact de la présence de caries précoces multiples de l'enfance sur les paramètres fonctionnels et masticatoires : Résultats & Discussion .....	31
1.1.3. Synthèse de l'impact de la présence de caries précoces multiples de l'enfance sur les paramètres fonctionnels et la fonction masticatoire .....	34
1.2. Impact du traitement global des caries précoces de l'enfance sur la fonction masticatoire .....	36
1.2.1. Problématique .....	36
1.2.2. Description de la santé orale des sujets inclus .....	38
1.2.3. Impact du traitement global des caries précoces de l'enfance sur les paramètres fonctionnels et masticatoires : Résultats & Discussion.....	38
1.2.4. Synthèse de l'impact du traitement de caries précoces multiples de l'enfance sur les paramètres fonctionnels et masticatoires.....	44
<b>2. Impact de la présence d'agénésies multiples et de la réalisation de prothèses amovibles sur la fonction masticatoire.....</b>	<b>45</b>
2.1. Problématique .....	45
2.2. Description de la prise en charge bucco-dentaire des enfants .....	46
2.3. Modalités de recueil des données fonctionnelles au cours du suivi .....	48
2.3. Impact de la présence d'agénésies multiples et de la réalisation de prothèses amovibles sur les paramètres fonctionnels et masticatoires : Résultats & Discussion .....	49
2.4. Synthèse de l'impact de la présence d'agénésies multiples et de la réalisation de prothèses amovibles sur les paramètres fonctionnels et masticatoires .....	54
<b><i>D. Synthèse et perspectives .....</i></b>	<b>56</b>
<b><i>E. Conclusion.....</i></b>	<b>59</b>
<b><i>F. Références bibliographiques.....</i></b>	<b>60</b>
<b><i>Annexes.....</i></b>	<b>71</b>
<b>Annexe 1 : PI01.....</b>	<b>71</b>
<b>Annexe 2 : PI02.....</b>	<b>84</b>

## Table des illustrations

<b>Figure 1 :</b> Fréquences des dysfonctions orofaciales domaine par domaine pour les trois stades de développement dentaire.....	25
<b>Figure 2 :</b> Représentations des valeurs de D50 pour les trois aliments-tests et pour les trois stades de développement dentaire.....	28
<b>Figure 3 :</b> Représentations des valeurs de D50 pour les deux groupes de sujets et pour les trois aliments (PI02).....	33
<b>Figure 4 :</b> Schéma expérimental pour les deux groupes d'enfants, avec et sans CPE (PI03). ....	37
<b>Figure 5 :</b> Fréquence des dysfonctions orofaciales domaine par domaine, évaluée par le questionnaire NOT-S, pour les deux groupes de sujets au cours de l'étude PI03. ....	40
<b>Figure 6 :</b> Evolution des valeurs de D50 moyennes pour les deux groupes de sujets, avec et sans altérations dentaires, au cours de l'étude PI03. ....	42
<b>Figure 7 :</b> Examens radiologiques des deux patients présentant des agénésies multiples (162). ....	46
<b>Figure 8 :</b> Examens cliniques exo-buccaux et endobuccaux au cours de l'année suivant la réalisation des premières prothèses amovibles pour le patient Ev (Le Goubey 2014 (162)). ....	47
<b>Figure 9 :</b> Examens cliniques exo-buccaux et endobuccaux lors de la réalisation des prothèses amovibles ultérieures pour le patient Ev. ....	48

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 :</b> Comparaison des valeurs des paramètres masticatoires entre les trois échantillons pour chaque aliment-test pour l'ensemble des sujets de l'étude.....	16
<b>Tableau 2 :</b> Données sociodémographiques, de santé générale et de santé orale pour les trois groupes de développement dentaire étudiés.....	24
<b>Tableau 3 :</b> Paramètres cinématiques pour les trois aliments-tests dans les trois groupes de développement dentaire étudiés. ....	26
<b>Tableau 4 :</b> Valeurs de D50 moyennes pour les trois aliments-tests et pour les trois stades de développement dentaire.....	28
<b>Tableau 5 :</b> Valeurs moyennes des paramètres cinématiques pour chaque test et pour chaque groupe de sujets dans les études PI01 et PI02.....	33
<b>Tableau 6 :</b> Evolution des paramètres occlusaux pour les deux groupes de sujets, avec et sans CPE, au cours de l'étude PI03.....	38
<b>Tableau 7 :</b> Paramètres cinématiques pour les deux groupes de sujets, avec et sans altérations dentaires au cours de l'étude PI03. ....	41
<b>Tableau 8 :</b> Evolution de la distribution du nombre d'enfants dans les catégories d'IMC pour les deux groupes de sujets, avec et sans altération, au cours de l'étude PI03.....	43
<b>Tableau 9 :</b> Détail de l'évolution des items du domaine « mastication & déglutition » du NOT-S au cours de la prise en charge des agénésies multiples par réhabilitation prothétique pour les deux patients Ev et Ba. ....	51
<b>Tableau 10 :</b> Evolution des valeurs des paramètres cinématiques pour les patients Ev et Ba au cours de la prise en charge des agénésies multiples par réalisation de prothèses amovibles.....	53
<b>Tableau 11 :</b> Evolution des valeurs de D50 pour les patients Ev et Ba au cours de la prise en charge des agénésies multiples par réalisation de prothèses amovibles.....	54

## Liste des abréviations

**AG** : Anesthésie Générale

**caod/CAOD** : nombre de dents temporaires/DEFINITIVES cariées, absentes, obturées à cause de lésions carieuses

**CAR** : Carotte

**CER** : Céréales

**CIF** : Classification Internationale du Fonctionnement

**CPE** : Caries Précoces de l'Enfance

**CROC** : Centre de Recherche en Odontologie Clinique

**D50** : Valeur de maille de tamis théorique qui laisserait passer 50% du poids des particules pour la technique de tamisage et 50% de l'aire totale des particules pour la technique par analyse d'image

**DAJ** : Denture Adulte Jeune

**DEA** : Dysplasie Ectodermique Anhidrotique

**DM** : Denture Mixte

**DT** : Denture Temporaire

**ECOHIS** : Early Childhood Oral Health Impact Scale

**ET** : Ecart Type

**Fq** : Fréquence masticatoire

**FRO** : Fromage

**IMC** : Indice de Masse Corporelle

**IOTN** : Index of Orthodontic Treatment Need

**IOTF** : International Obesity Task Force

**MNI** : Masticatory Normative Indicator

**Nc** : Nombre de Cycles masticatoires

**NOT-S** : Nordic Orofacial Test-Screening

**NS** : non significatif

**PI** : Publication Internationale

**pufa/PUFA** : atteintes Pulpaire, Ulcérations traumatiques, Fistules ou Abscesses respectivement sur dents temporaires/DEFINITIVES

**SAD** : Sans Altération Dentaire

**Tps** : Temps de mastication

**UF** : Unité Fonctionnelle

**UFA** : Unité Fonctionnelle Antérieure

**UFP** : Unité Fonctionnelle Postérieure

## Valorisation par la publication et la communication

### Publications internationales

**PI01 : Linus N, Peyron M-A, Hennequin M, Eschevins C, Nicolas E, Delfosse C, Collado V.** Masticatory behavior for different solid foods in preschool children according to their oral state. *J Texture Stud.* 2019; 50(3):224-236. doi: 10.1111/jtxs.12387.

**PI02 : Linus N, Peyron M-A, Eschevins C, Hennequin M, Nicolas E, Collado V.** Natural food mastication capability in preschool children according to their oral condition. *J Texture Stud.* 2020; 51(5):755-765. doi: 10.1111/jtxs.12536.

**PI03 : Linus N, Peyron M-A, Cousson P-Y, Decerle N, Nicolas E, Collado V.** Comprehensive dental treatment under general anesthesia improves mastication capability in children with early childhood caries – a one-year follow-up study. *J Dent.* Soumis Sept 2022.

### Communications internationales

**Collado V, Linus N, Nicolas E, Peyron M-A.** Impact des Caries Précoces de l'Enfance sur le développement de la mastication. Journées Dentaires Internationales du Québec, Montréal, Mai 2018. *Communication affichée.*

**Linus N, Peyron MA, Nicolas E, Collado V.** Impact of oral health on masticatory efficiency and kinematics in young children. 5<sup>th</sup> International Conference on Food Oral Processing, Nottingham, Juillet 2018. *Communication orale.*

**Linus N, Hennequin M, Collado V.** Impact of severe Early Childhood caries and its treatment on masticatory parameters in 3-6 years children. Journées de l'Ecole Doctorale (JED). Clermont-Ferrand, 2020. *Communication orale. 1<sup>er</sup> prix*

**Linus N, Peyron MA, Nicolas E, Collado V.** A one-year follow-up study of the evolution of masticatory capability and behavior after global dental treatment for early childhood caries: preliminary results. 6<sup>th</sup> International Conference on Food Oral Processing, Online, Juillet 2021. *Flash poster.*

**Linus N, Peyron MA, Eschevins C, Hennequin M, Nicolas E, Collado V.** Improvement of masticatory capability after full-mouth comprehensive dental treatment under general anesthesia for severe early childhood caries. IADH (International Association for Disability & Oral Health) Paris 2022. *Communication orale. Invited speaker.*

## **Communications nationales**

**Linus N, Peyron MA, Hennequin M, Nicolas E, Collado V.** Impact de la maladie carieuse précoce sévère sur le comportement et l'efficacité masticatoires des enfants d'âge préscolaire. Congrès de la Société Française d'Odontologie Pédiatrique (SFOP), Brest 2018. *Communication orale.*

**Linus N, Peyron MA, Hennequin M, Nicolas E, Collado V.** Impact des réhabilitations bucco-dentaires sur la mastication d'enfants d'âge préscolaire. Session e-poster. 49<sup>e</sup> Journées Internationales de la Société Française d'Odontologie Pédiatrique (SFOP), Paris 2019. *E-poster.*

**Collado V, Linus N, E Silva M, Eschevins C, Peyron M-A.** Evolution fonctionnelle et staturopondérale des enfants traités pour caries précoces. Congrès de la Société Française d'Odontologie Pédiatrique (SFOP), Paris 2019. *Communication orale.*



## A. Etat de la question

La mastication correspond à la première étape de la digestion (1). Elle fait partie des fonctions d'ingestion et est décrite par la Classification Internationale du Fonctionnement (CIF) comme l'ensemble des « fonctions relatives au fait d'écraser et de travailler les aliments avec les dents postérieures » (2). L'objectif de la fonction de mastication, fruit d'une coordination neuromusculaire complexe, est de réduire les aliments en particules de plus petites tailles, d'insaliver ces particules et de former un bol alimentaire plastique, cohésif et visqueux, apte à être dégluti puis digéré (1). A chaque bouchée, la transformation de l'aliment en un bol alimentaire se déroule au cours d'une séquence masticatoire, qui est constituée d'une série de cycles masticatoires comprenant chacun un mouvement d'abaissement puis d'élévation mandibulaire (3). Chaque séquence débute au moment de l'introduction de l'aliment dans la cavité buccale (fonction d'ingestion) et se termine par la déglutition du bol alimentaire (1,3).

La maturation des fonctions nécessaires à l'ingestion s'effectue progressivement au cours des premières années de la vie. Cette progression se fait en parallèle du développement psychomoteur général de l'enfant, alors que sa posture évolue, que sa coordination motrice s'améliore (4–6), et que son régime alimentaire se diversifie (7–9). Elle se fait également parallèlement à l'évolution anatomique, qui à la fois permet l'évolution fonctionnelle et en est la conséquence (10). L'enfant passe ainsi des fonctions de succion passive et active (« suckling », « sucking »), qui ont débuté in-utéro, aux fonctions de « machouiller » (« munching ») puis « préhension/morsure » (« grasping-biting »), jusqu'au développement de la fonction de mastication (« chewing ») (9,11). La fonction de succion passive est une fonction réflexe et fait appel à des mouvements linguaux antéro-postérieurs et un mouvement d'abaissement de la mandibule créant une pression négative à l'intérieur de la cavité buccale qui permet l'écoulement de lait (12–14). Chez le nourrisson, cette fonction est exécutée de manière synergique avec les fonctions de déglutition et de respiration. Après la naissance, progressivement, le larynx, l'os hyoïde et la partie postérieure de la langue s'abaissent tandis que le pharynx s'allonge (15,16). Cet abaissement permet le développement de la fonction de succion active, action volontaire néanmoins régulée par des automatismes, qui met en jeu des mouvements linguaux et mandibulaires verticaux (9,16,17). En parallèle, la régression des réflexes primaires se fait au profit d'une motricité plus volontaire (11). A partir du moment où l'enfant peut maintenir une posture assise et un bon contrôle de la tenue de la tête, la diversification alimentaire est possible (9). Elle commence avec l'introduction d'aliments semi-liquides, qui sont gérés grâce à la fonction de succion, en utilisant la langue contre le palais pour écraser puis pour déglutir l'aliment (17). Ce moment correspond également à l'arrivée des premières dents temporaires dans la région antérieure vers l'âge de six mois, qui initie le développement de la fonction « préhension/morsure », permettant la consommation de textures alimentaires de plus en plus variées (16). Cette fonction met en jeu des mouvements verticaux de la mandibule et de la langue et le contact entre incisives maxillaires et mandibulaires, nécessitant une avancée mandibulaire (16,18). La

croissance de la langue, des muscles élévateurs et abaisseurs de la mandibule et la croissance osseuse entraînent alors une augmentation de la taille et du volume du pharynx et de la cavité buccale (11,19). La croissance osseuse est en partie induite par la mise en place de la denture temporaire complète qui s'effectue parallèlement entre six et 36 mois environ (11,20). L'augmentation du volume de la cavité buccale permet le développement de mouvements horizontaux et diagonaux de la mandibule pour aboutir à des mouvements mandibulaires circulaires (17,18). Les mouvements linguaux existants, essentiellement antéro-postérieurs et verticaux, s'enrichissent de mouvements latéraux et en rotation, afin de transférer le bol alimentaire entre les arcades dentaires, mouvements signant l'apparition de la fonction de mastication (11,16). Ces mouvements ne peuvent survenir qu'après la mise en occlusion des molaires temporaires, qui assure une stabilité mandibulaire par rapport au maxillaire et donc au crâne et permet l'écrasement des aliments entre les faces occlusales dentaires (18). Au-delà de cette action mécanique, les dents participent à la régulation sensorimotrice de la mastication. En effet, les récepteurs proprioceptifs parodontaux et pulpaux, qui se développent avec la mise en fonction des dents, transmettent les informations sensorielles concernant les propriétés physiques de l'aliment et permettent ainsi d'adapter le programme moteur à l'aliment consommé (18,21,22). Dès lors, les dents sont des organes sensoriels qui jouent un rôle majeur dans la maturation des fonctions orales, qui dépend ainsi de la texture et dureté des aliments consommés (23,24) et s'effectue donc parallèlement à la diversification alimentaire. La maturation des fonctions d'ingestion se conclut donc par l'apparition et le développement de la mastication, terme qui ne peut être employé qu'à partir du moment où les dents postérieures sont en occlusion (2).

Différentes méthodes d'évaluation ont été utilisées pour l'étude de la mastication et de nombreuses études sont disponibles chez l'adulte (1,25). Toutefois, il existe peu de données permettant de décrire le développement physiologique de la mastication, entre la mise en contact des dents postérieures jusqu'à l'installation de l'occlusion en denture permanente (10). Des difficultés de différentes natures peuvent expliquer cette absence de données. Certaines techniques d'évaluation de la mastication par la caractérisation du bol à déglutition demandent un bon niveau de coopération, qui peut être difficile à obtenir des enfants d'âge préscolaire (26–28). Par ailleurs, le pattern de mastication étant dépendant de l'aliment, l'analyse des données et les synthèses qui pourraient être faites à partir de la littérature souffre de l'absence de consensus concernant le protocole et les aliments tests à utiliser (10,29).

Plusieurs auteurs ont évalué l'activité électrique musculaire pendant la mastication en utilisant l'électromyographie de surface au niveau des muscles masticateurs accessibles, à savoir les muscles temporaux et masséters droits et gauches (3,25). Chez l'adulte, l'activité musculaire est hautement variable entre les individus mais il y a peu de variabilité intra individuelle (3,30). Cette activité est influencée par la taille, la dureté et le comportement rhéologique de l'échantillon alimentaire consommé (3,31–33). Entre 0 et 30 mois, les études menées chez les enfants en très bas âge montrent une diminution de la variabilité intra individuelle de l'activité musculaire (4,34). Vers l'âge de 30 mois, âge où le terme

de « mastication » peut être employé, il semblerait que la coordination musculaire soit acquise et qu'elle dépende de la dureté de l'aliment (4,5,34). Par la suite, l'activité électromyographique augmente pour atteindre des valeurs similaires à celles de l'adulte vers l'âge de 12 ans (34).

Certains auteurs se sont également intéressés à l'évaluation de la force de morsure par l'utilisation de dynamomètre à jauge de contrainte (25). Chez l'adulte la force de morsure est corrélée à l'activité électromyographique, ce qui permet d'étudier les forces développées lors de la mastication (35). La force de morsure maximale augmente aussi jusqu'à 12 ans puis semble rester stable durant l'âge adulte (34).

Les mouvements mandibulaires peuvent être enregistrés grâce à des techniques reposant sur un principe magnétique, optique ou vidéoscopique (34,35). Chez l'adulte, l'amplitude et la direction des mouvements mandibulaires présentent une large variabilité interindividuelle mais une faible variabilité intra individuelle et sont également influencés par la taille des aliments, leur dureté et leur comportement rhéologique (31). Le pattern masticatoire chez l'enfant est différent de celui de l'adulte et varie au cours du développement (34,36–40). Entre 0 et 30 mois, une amélioration de la coordination des mouvements mandibulaires est observée, se traduisant par le développement de mouvements latéraux indistincts puis distincts aboutissant à des mouvements de rotation mandibulaire coordonnés (4,11,34,38,41). Le pattern masticatoire devient similaire à celui de l'adulte en termes de forme et d'amplitude vers l'âge de 12 ans (34).

Les stratégies permettant l'adaptation du pattern de mastication aux caractéristiques de l'aliment peuvent également être évaluées en analysant les paramètres cinématiques. L'enregistrement vidéo des séquences masticatoires a été validé en comparaison avec l'électromyographie chez l'adulte, et présente l'avantage d'être plus facilement utilisable que cette dernière pour les patients présentant des difficultés de coopération (42). Les paramètres cinématiques généralement étudiés sont : le nombre de cycles masticatoires réalisés au cours d'une séquence masticatoire, la durée de la séquence, la durée moyenne d'un cycle (ratio durée/nombre de cycles) et/ou la fréquence masticatoire (ratio nombre de cycles/unité de temps). Chez l'adulte, pour un aliment donné, il existe une grande variabilité inter-individuelle des paramètres cinématiques mais très peu de variabilité intra individuelle (31). Il a été suggéré que la mastication atteindrait une certaine maturité lorsque le temps nécessaire à mastiquer un aliment donné reste stable dans le temps (43). Cependant, les différentes méthodologies utilisées dans les études chez l'enfant rendent la détermination de cet âge de maturité difficile (4,34,43–45).

L'objectif de la mastication étant la formation d'un bol alimentaire apte à être dégluti, l'analyse des paramètres cinématiques seuls ne permet pas d'appréhender l'aptitude d'un sujet à effectuer cette dégradation de l'aliment. Elle doit donc être couplée à celle des propriétés du bol alimentaire. Chez l'adulte, deux paramètres du bol alimentaire ont été évalués, la rhéologie et la granulométrie. D'une part, les études rhéologiques permettent d'évaluer les propriétés physiques du bol (46–49). Chez

l'adulte, ces études ont montré que la dureté du bol diminue rapidement au cours de la séquence masticatoire alors que la cohésion, l'élasticité et l'adhésivité augmentent graduellement au cours de cette séquence (46–49). Ces propriétés semblent être responsables du déclenchement de la mastication (3). Aucune donnée concernant la rhéologie du bol alimentaire chez l'enfant n'est disponible dans la littérature scientifique. D'autre part, la capacité d'un sujet à fragmenter l'aliment en particules suffisamment petites pour être dégluties en sécurité peut être évaluée par l'analyse granulométrique du bol après mastication (1,3,25). Celle-ci s'effectue après tamisage manuel ou électronique ou par analyse d'image à l'aide d'un scanner optique. Elle permet le calcul de la valeur médiane D50 ou X50, correspondant à la valeur de maille de tamis théorique qui laisserait passer 50% du poids des particules pour la technique de tamisage et 50% de l'aire totale des particules pour la technique par analyse d'image (1,25,50). Cette valeur représente la valeur médiane de la taille des particules du bol alimentaire ; plus la valeur est faible, plus les particules composant le bol sont petites.

Certains auteurs se sont intéressés à la **performance masticatoire** en analysant la granulométrie du bol obtenu après mastication pendant un nombre de cycles prédéfini (1,3,25,28,51–53). Dans les études réalisées chez l'enfant, ce sont des échantillons de matériau silicone qui sont utilisés, qui n'ont pas vocation à être consommés (28,51–53). Cependant, le résultat obtenu après un nombre de cycles donné, et qui plus est avec des échantillons-tests non alimentaires, ne permet pas d'extrapoler ces résultats à la capacité des individus à produire un bol apte à être dégluti.

Cet état de dégradation du bol alimentaire au moment de la déglutition, ou **capacité masticatoire** (54), a été mesuré chez l'adulte à l'aide d'échantillons-tests d'aliments naturels (carotte, céréales...) (1,3,25). Les valeurs de D50 obtenues pour un aliment donné varient peu en interindividuel malgré une variabilité des paramètres cinématiques (3). Chez l'adulte, pour l'aliment carotte crue, l'indicateur de normalité masticatoire (MNI), défini comme la valeur seuil de D50 au-dessus de laquelle la capacité masticatoire est déficiente, a été estimée à 4mm (50). Chez l'enfant, aucune donnée de capacité masticatoire n'était disponible au moment où ces travaux ont commencé et une seule étude récente a évalué l'effet de la taille d'échantillon sur la granulométrie du bol au moment de la déglutition, utilisant aussi des échantillons de silicone (55). La granulométrie du bol a été analysée pour un « seuil de déglutition » déterminé par l'enfant lui-même. Dans de telles conditions expérimentales, on ignore si le comportement masticatoire observé peut être assimilé à un comportement naturel avec de vrais aliments (1,3), et si le bol recueilli correspond bien à un bol prêt à être dégluti puis digéré par la suite. De plus, aucune donnée n'était disponible concernant l'influence de facteurs physiologiques (âge, stade de développement dentaire) ou pathologiques sur la capacité masticatoire chez l'enfant.

## **B. Objectifs de la thèse**

Dans ce contexte, l'étude du développement de la mastication au cours de l'ontogénèse implique en préliminaire indispensable l'élaboration de protocoles adaptés à l'enfant pour la caractérisation de la mastication. Par la suite, les études réalisées ont eu pour objectifs principaux de décrire le comportement et la capacité masticatoires analysés pour des aliments naturels au cours du développement physiologique, et d'analyser l'impact de différents types d'altérations de la santé orale et de leurs traitements sur ces paramètres masticatoires. Les objectifs secondaires ont été d'évaluer l'état staturo-pondéral, la qualité de vie, la fréquence de dysfonctions orofaciales et les sélections alimentaires au domicile des différents groupes d'enfants étudiés.

Ce mémoire comprend trois parties. La première partie décrit la mise au point d'une méthodologie adaptée à l'étude de la fonction masticatoire chez l'enfant. La deuxième partie analyse l'évolution des paramètres masticatoires, et pour la première fois de la granulométrie du bol à déglutition obtenue avec des aliments naturels, et ce, chez l'enfant au cours du développement physiologique. Enfin, la dernière partie évalue l'impact de la présence d'altérations et de traitements bucco-dentaires sur les paramètres masticatoires, caractérisant ainsi différents types de développements physiopathologiques.

## **C. Traitement de la question**

### **C.1. Première partie : Elaboration d'un protocole global d'évaluation de la fonction masticatoire chez l'enfant d'âge pré-scolaire**

#### **1. Problématique**

Aucun consensus n'existe concernant le protocole ou les aliments tests à utiliser pour l'étude de la mastication chez l'enfant (10). Pour l'étude granulométrique du bol en particulier, le protocole utilisé chez l'adulte implique de faire mastiquer et déglutir un échantillon-test, et de demander ensuite au sujet de recracher le bol alimentaire formé pour les échantillons suivants au moment où il ressent le besoin de déglutir (29,56,57). Cette procédure ne peut être appliquée chez les plus jeunes en raison de leur immaturité fonctionnelle et cognitive (27). Dans le but de mettre au point un protocole adapté à l'enfant pour l'analyse de la capacité masticatoire, une première étude (PI 01 ; Annexe 1) a notamment eu pour objectif de décrire le comportement cinématique adopté pour trois aliments différents par des enfants d'âge préscolaire et de vérifier si ce comportement est reproductible pour un aliment donné, témoignant d'une certaine reconnaissance des propriétés de l'aliment, suivie d'une adaptation motrice.

#### **2. Etude de faisabilité d'un protocole de recueil de bols alimentaires au seuil de déglutition en vue de l'analyse de la capacité masticatoire chez l'enfant**

Cette étude observationnelle a obtenu l'accord du comité d'éthique local (CECIC, 2010/06 ; IRB Numéro 5044). Quarante-quatre enfants d'âge préscolaire en denture lactéale stricte (présence de toutes les dents temporaires, sans aucune mobilité, absence des dents définitives) ont été inclus dans l'étude. Vingt-trois d'entre eux ont consulté l'unité de Soins Spécifiques pour le traitement d'une maladie carieuse précoce, et 21 ont consulté dans le cadre de leur suivi préventif et avaient un état bucco-dentaire sain. Les critères secondaires décrits dans l'article et l'évaluation de l'impact de la maladie carieuse précoce sur le comportement masticatoire ne sont pas développés dans la présente partie car ils le seront plus en détail dans la troisième partie de ce manuscrit (paragraphe C.3.).

Trois aliments de différentes textures utilisés pour l'étude de la mastication au laboratoire CROC (Centre de Recherche en Odontologie Clinique) ont été retenus : la carotte (CAR), le fromage (FRO) et des céréales (CER). Pour chaque participant, neuf échantillons calibrés ont été préparés : trois de carotte (diamètre=2cm, épaisseur=1cm, 3g (+/-10%)), trois de fromage (longueur=2cm, largeur=1cm, 3g (+/-10%)), et trois de céréales (1g (+/-10%)).

Les séances de mastication ont été programmées à distance d'un repas et filmées en totalité. Trois séquences de mastication ont été réalisées pour chacun des trois aliments. L'analyse des enregistrements vidéo à posteriori par deux observateurs différents a permis de déterminer les valeurs des trois paramètres cinématiques étudiés :

- le Temps de mastication (Tps, en secondes) : durée entre la mise en bouche de l'échantillon et la dernière manipulation du bol alimentaire avant déglutition complète, en soustrayant les moments de parole, le cas échéant ;

- le Nombre de cycles masticatoires (Nc) : nombre de coups de dents, lèvres fermées ou non, pendant le temps de mastication ;

- et la Fréquence masticatoire (Fq) : ratio Nc/Tps.

Cette étude est la première à montrer la répétabilité du nombre de cycles masticatoires (Nc) chez des enfants d'âge préscolaire pour un aliment donné lors d'une même séance, puisqu'il n'y a pas de différence significative entre les trois échantillons de chacun des trois aliments testés (tests t de Student appariés, NS) (Tableau 1). L'analyse groupe par groupe a confirmé la répétabilité du nombre de cycles masticatoires quel que soit l'état dentaire.

Tableau 1 : Comparaison des valeurs des paramètres masticatoires entre les trois échantillons pour chaque aliment-test pour l'ensemble des sujets de l'étude.

Aliment	Paramètre cinématique	Echantillon	moy ± ET (n=44 enfants)
CAR	Tps (s)	1	46,34 ± 24,95
		2	41,90 ± 21,19
		3	44,96 ± 28,00
	Nc (n)	1	57,41 ± 29,31
		2	56,58 ± 39,84
		3	58,00 ± 41,83
	Fq (n/s)	1	1,27 ± 0,20
		2	1,31 ± 0,23
		3	1,28 ± 0,20
FRO	Tps (s)	1	22,56 ± 9,94
		2	21,25 ± 9,40
		3	21,23 ± 10,83
	Nc (n)	1	24,16 ± 10,04
		2	23,72 ± 10,08
		3	24,03 ± 12,02
	Fq (n/s)	1	1,13 ± 0,28
		2	1,17 ± 0,26
		3	1,18 ± 0,22
CER	Tps (s)	1	32,71 ± 12,36
		2	28,20 ± 10,09 <sup>\$\$\$</sup>
		3	27,46 ± 10,42 <sup>\$\$\$</sup>
	Nc (n)	1	32,61 ± 12,38
		2	30,83 ± 10,71
		3	31,12 ± 13,71
	Fq (n/s)	1	1,05 ± 0,29
		2	1,13 ± 0,27 <sup>\$\$\$</sup>
		3	1,15 ± 0,23 <sup>\$\$</sup>

<sup>\$\$</sup>:  $p \leq 0,01$ , <sup>\$\$\$</sup>:  $p \leq 0,001$ : Différence statistiquement significative avec le 1<sup>e</sup> échantillon, analysée à l'aide de tests t de Student appariés.

Ce résultat a permis d'envisager un recueil du bol alimentaire au plus près du seuil de déglutition pour analyse granulométrique et détermination de la capacité masticatoire. Il est en effet possible de stopper l'enfant au nombre de cycles préalablement déterminé pour un aliment donné lors de séquences masticatoires incluant la déglutition de l'échantillon. Ce protocole de recueil du bol est également envisageable chez des enfants présentant une altération de la santé orale.

### **3. Proposition d'un protocole global d'évaluation de la fonction masticatoire chez l'enfant**

Cette partie vise à décrire le protocole global mis en place au laboratoire CROC pour étudier la mastication au cours du développement, chez des enfants aptes à recracher un bol alimentaire, présentant ou non une altération de la santé bucco-dentaire.

Ce protocole est celui qui a été adopté pour les études d'analyse de la fonction masticatoire en fonction de l'état oral chez l'enfant qui seront détaillées dans les deuxième et troisième parties de ce manuscrit (paragraphe C.2. et C.3.).

#### 3.1. Modalités de recueil des données

Les données concernant la santé générale et la santé orale du sujet ainsi que les données relatives aux fonctions orofaciales et aux sélections alimentaires au domicile sont relevées lors de l'entretien et de l'examen clinique.

Les tests masticatoires ont toujours lieu à distance d'un repas. Le sujet est assis à une table adaptée à sa taille avec les pieds bien posés au sol. L'ensemble de la séance de mastication est filmé. Le sujet est invité à mastiquer quatre échantillons calibrés de chacun des trois aliments-tests : carotte (CAR) (carotte crue, diamètre=2cm, épaisseur=1cm, 3g (+/-10%)), fromage (FRO) (Emmental Cœur de Meule®, Président, longueur=2cm, largeur=1cm, 3g (+/-10%)), céréales (CER) (céréales Fitness® nature, Nestlé, 1g (+/-10%)). Le sujet est libre de choisir l'ordre dans lequel il souhaite mastiquer les trois aliments-tests mais doit mastiquer les quatre échantillons de chaque aliment à la suite. Le sujet est libre d'accepter ou de refuser tout aliment ou tout échantillon. En cas de refus, la cause est recherchée.

Lors des deux premières séquences masticatoires de chaque aliment, le nombre de cycles masticatoires avant déglutition (Nc) est noté en direct pour chaque sujet. Ce nombre de cycles, relevé pour chaque aliment, est ensuite utilisé pour stopper le sujet afin de recueillir le bol au plus près de son seuil de déglutition.

Afin de collecter un bol alimentaire le plus complet possible, il est demandé au sujet de recracher le bol alimentaire dans un pot pour échantillon et de se rincer avec une petite quantité d'eau sans déglutir. L'eau de rinçage est également recueillie dans le pot pour échantillon. Si l'un des bols recueillis semble incomplet, l'enfant est invité à mastiquer un nouvel échantillon. Si le deuxième recueil est également incomplet, les bols sont exclus. Le bol alimentaire est ensuite congelé à -18°C au moins 24h.



Le nombre de cycles masticatoires relevé en direct au cours des tests (Nc) est vérifié par visionnage ultérieur de la vidéo par deux examinateurs différents, après séquençage par aliment et par échantillon (LossLessCut® software). Le visionnage de chaque séquence permet également de mesurer le temps de mastication (Tps) et de calculer la fréquence masticatoire ( $Fq=Nc/Tps$ ). Lorsque les valeurs Tps et/ou Nc diffèrent de plus de 10% entre les deux observateurs, une concertation est organisée avec un troisième examinateur et l'échantillon est exclu lorsqu'un doute subsiste.

### 3.2. Caractéristiques sociodémographiques, de santé générale et orale du groupe d'étude

#### *3.2.1. Critères sociodémographiques et de santé générale*

L'âge, le sexe, le poids, la taille, l'état de santé générale et les antécédents médicaux sont relevés.

L'état staturo-pondéral est évalué en calculant l'indice de masse corporelle (IMC), en utilisant la formule suivante :  $IMC = \frac{\text{poids (kg)}}{(\text{taille (m)})^2}$ . La valeur d'IMC de chaque sujet est ensuite reportée sur la courbe de croissance correspondante en fonction de son âge et de son sexe, décrite par l'International Obesity Task Force (IOTF) (58). Le sujet est ensuite classé dans l'une des catégories suivantes décrite par l'IOTF, selon le protocole utilisé au CROC dans une étude précédente (59):

- Sous poids (IMC < IOTF 17)
- Corpulence normale (IOTF 17  $\geq$  IMC  $\leq$  IOTF 25)
- Surpoids (IOTF 25 > IMC  $\leq$  IOTF 30)
- Obésité (IOTF 30 < IMC)

#### *3.2.2. Critère de santé orale*

##### *3.2.2.1. Etat bucco-dentaire*

Le score caod/CAOD (nombre de dents temporaires/DEFINITIVES cariées, absentes, obturées à cause de lésions carieuses) est relevé (60).

L'indice pufa/PUFA (atteintes Pulpaires, Ulcérations traumatiques, Fistules ou Abscesses respectivement sur dents temporaires/DEFINITIVES) est utilisé pour apprécier les conséquences cliniques des lésions carieuses (61).

La présence de défauts de structures non carieux, le nombre d'agénésie dentaire et le nombre de dents remplacées par une prothèse amovible sont notés le cas échéant.

La présence de dysmorphies orofaciales (dysharmonies dento-maxillaires, anomalies dans le sens sagittal, vertical et transversal) peut modifier l'occlusion dentaire et altérer la mastication (62). Elle est donc évaluée par une version simplifiée de l'IOTN (Index of Orthodontic Treatment Need) (63).

### 3.2.2.2. Paramètres occlusaux

Le nombre d'Unités Fonctionnelles ou UF (couples de dents antagonistes en contact) postérieures (post-canines) (UFP) et antérieures (incisives et canines) (UFA) est relevé à l'aide de papier à articuler 200µm d'épaisseur, mastiqué pendant 2-3 cycles masticatoires. Ce nombre correspond au nombre de dents mandibulaires avec au moins une marque colorée franche. Lorsque l'unité fonctionnelle fait intervenir une dent prothétique (prothèse amovible) ou lorsque la mise en occlusion n'est pas possible, cela est précisé.

## 3.3. Critères d'évaluation de l'étude

### 3.3.1. Evaluation de la qualité de vie en lien avec la santé orale

L'évaluation de l'impact de la santé orale sur la qualité de vie des sujets est réalisée pour les jeunes enfants en utilisant la version française du questionnaire ECOHIS (Early Childhood Oral Health Impact Scale) (64). Ce questionnaire regroupe 17 items dont la fréquence exprimée par les parents est relevée sur une échelle de Likert de 1 à 5 (de « jamais » à « très souvent »). Les 13 premiers items correspondent à l'impact de la maladie carieuse sur l'enfant lui-même et sont regroupés en 4 domaines : les symptômes, les fonctions, l'aspect psychologique et les interactions sociales. La deuxième partie (quatre items) correspond à l'impact de la maladie carieuse sur la famille et regroupe deux domaines : la détresse parentale et l'impact sur la vie familiale. Le score obtenu pour chaque item est pondéré en fonction de la fréquence de survenue, le score global variant de 0 (aucun impact de la santé orale sur la qualité de vie) à 52 (maximum d'impact).

### 3.3.2. Critère d'évaluation de la fréquence des dysfonctions orofaciales

La version française du questionnaire NOT-S (Nordic Orofacial Test-Screening) est utilisée pour évaluer la fréquence des dysfonctions orofaciales (65). Le questionnaire est divisé en deux parties, un entretien avec les parents et un examen de l'enfant regroupant chacun six domaines. L'entretien explore les domaines suivants : la fonction sensorielle (I), la respiration (II), les habitudes (III), la mastication et la déglutition (IV), le bavage (V) et la sécheresse buccale (VI). L'examen explore les domaines suivants : face au repos (1), respiration nasale (2), expression faciale (3), fonction des muscles masticatoires et des mâchoires (4), fonction motrice orale (5) et articulation de la parole (6). Chaque domaine comporte un ou plusieurs items. Il est scoré 1 s'il y a présence d'au moins une dysfonction (soit un item altéré) dans le domaine (0 si absence de dysfonction). Le score global est ainsi compris entre 0 et 12.

### *3.3.3. Sélections alimentaires au domicile*

Un questionnaire alimentaire regroupant les refus de l'enfant au domicile et les adaptations des textures proposées par les parents (cuisson, mixage...) est complété, pour chacune des sept catégories d'aliments décrites dans le guide alimentaire du Programme National Nutrition Santé (66).

### *3.3.4. Critères d'évaluation recueillis lors des tests masticatoires*

#### *3.3.4.1. Comportement masticatoire*

##### *Refus des aliments-tests*

Lors des tests de mastication, pour chaque aliment, le nombre d'enfants refusant l'aliment-test est noté et les causes des refus sont classées parmi les catégories suivantes : « n'aime pas », « n'a jamais goûté », « provoque des douleurs » et « trop difficile à manger ».

##### *Qualité de la fonction musculaire pendant la mastication*

La qualité de la fonction musculaire est évaluée sur les enregistrements vidéo par deux évaluateurs à l'aide d'un outil développé par des orthophonistes (67). La présence d'une altération de chacun des cinq items regroupés dans l'outil est notée : incision altérée, incompetence labiale, mastication unilatérale, mouvements masticatoires altérés et utilisation prédominante de la musculature péri-orale. L'utilisation prédominante de la langue pour manipuler et/ou écraser l'aliment a été rajoutée comme altération.

##### *Paramètres cinématiques de la mastication*

Pour chaque échantillon, trois paramètres cinématiques sont évalués sur les enregistrements vidéo des deux premières séquences de mastication :

- Le temps de mastication (Tps, en secondes) : temps entre la mise en bouche de l'échantillon et la dernière manipulation du bol alimentaire avant déglutition complète du bol.
- Le nombre de cycles masticatoires (Nc) : nombre de coups de dent, lèvres fermées ou non ; pendant le temps de mastication.
- Et la fréquence masticatoire (Fq) : ratio Nc/Tps.

#### *3.3.4.2. Capacité masticatoire*

Pour chaque bol alimentaire recueilli juste avant déglutition, la capacité masticatoire est évaluée par analyse granulométrique.

La distribution des particules de chaque bol alimentaire est déterminée par tamisage manuel pour les études exposées dans ce travail. Les échantillons de carotte et de fromage sont analysés par tamisage par voie humide. Le rinçage de chaque bol à l'eau courante à débit constant et à température ambiante, sur une colonne de neuf tamis de maille 7,1 ; 6,3 ; 4 ; 2,5 ; 2 ; 1,4 ; 1 ; 0,8 et 0,4 mm (Saulas, France), permet sa décongélation et la séparation des particules. Chaque tamis est, par la suite, séché à l'aide de

papier absorbant et inséré dans une étuve ventilée à 37°C pendant 6 minutes. Les échantillons de céréales sont analysés par tamisage par voie semi-humide. Chaque bol alimentaire est versé sur un voile en nylon de maille 0,3 mm puis rincé avec de l'eau courante à débit constant et température ambiante dans le but de décongeler le bol, d'éliminer la salive et d'étaler les particules. Le voile est ensuite placé dans une étuve ventilée à 37°C pendant une heure. Le bol séché est finalement tamisé à travers la colonne de tamis précédemment décrite à l'aide d'un pinceau. Pour les deux protocoles de tamisage, les particules retenues par chaque tamis sont pesées puis une courbe de poids des particules passants cumulés est dessinée.

La valeur médiane de tamis théorique (D50) est déterminée graphiquement sur la courbe de poids des particules passants cumulés. La valeur D50 correspond à la valeur de maille de tamis théorique, qui laisse passer 50% des particules en termes de poids. Ainsi, plus la valeur de D50 est élevée, plus le bol alimentaire est constitué de larges particules.

#### **4. Conclusion**

L'étude de faisabilité a permis de montrer la répétabilité du nombre de cycles masticatoires avant déglutition chez les enfants d'âge préscolaire, qu'ils présentent des altérations de la santé orale ou non, permettant d'envisager le recueil du bol alimentaire juste avant la déglutition. Le protocole global exposé propose, outre l'analyse de la capacité masticatoire (aptitude à réduire l'aliment pour la déglutition), d'évaluer la qualité de vie en lien avec la santé orale, la fréquence des dysfonctions orofaciales et le comportement masticatoire. Les liens avec la santé générale et la santé orale pourront être recherchés.

## **C.2. Deuxième partie. Evolution de la fonction masticatoire en fonction du développement physiologique**

### **1. Problématique**

De nombreuses études détaillent l'évolution des différents paramètres masticatoires pendant la diversification et le passage de l'alimentation liquide à l'alimentation solide (4,11,34,38,41) mais très peu de données sont disponibles chez les enfants à partir de 30 mois, âge à partir duquel les dents postérieures sont en occlusion (11,20). Les données concernant l'évolution physiologique des paramètres masticatoires après trois ans suggèrent une augmentation de l'activité des muscles masticateurs en parallèle de l'augmentation du nombre de dents en fonction, avec globalement une augmentation progressive de l'activité électromyographique de trois à 10 ans puis fortement jusqu'à l'âge de 12 ans (34,68). La force de morsure maximale, mesurée en secteur postérieur, augmente aussi globalement de trois ans jusqu'à l'adolescence (34,69). Elle se situe autour de 200 Newtons (N) à l'âge préscolaire, évolue vers 300 à 400N à l'âge scolaire, pour se stabiliser vers l'âge de 12 ans autour de 450N (34). Concernant la cinétique mandibulaire, chez les enfants d'âge préscolaire, les mouvements mandibulaires sont plus latéralisés, plus variables, moins fluides et moins stables que chez les enfants de plus de six ans et chez les adultes (34,36). De six à 12 ans, l'amplitude des mouvements latéraux se réduit et celle des mouvements verticaux augmente (34). Une étude récente suggère que la dureté de l'aliment n'influencerait pas les mouvements mandibulaires quel que soit l'âge de l'enfant de trois ans à l'âge adulte (45). Ainsi, vers 12 ans, l'activité électromyographique et la force de morsure maximale atteignent des valeurs similaires à celles de l'adulte et le pattern masticatoire devient aussi similaire à celui de l'adulte, avec une ouverture médiane du cycle masticatoire et une fermeture latéralisée (34).

En ce qui concerne les paramètres cinématiques, chez l'enfant comme chez l'adulte (31,34), la durée de la séquence de mastication et le nombre de cycles augmentent avec la dureté de l'aliment. Toutefois, les résultats concernant l'évolution des paramètres cinématiques masticatoires en fonction de l'âge sont discordants. Une récente revue de la littérature (34) ainsi qu'une étude des mêmes auteurs (45) suggèrent une relative stabilité de la durée de la séquence masticatoire et du nombre de cycles masticatoires tout au long du développement jusqu'à l'âge adulte. Les études de performance masticatoire réalisées chez l'enfant montrent une amélioration avec l'âge de la dégradation de morceaux standardisés de silicone mastiqués pendant un nombre de cycles donné (34,51,52), qui semble liée à l'augmentation de l'étendue de l'aire de contact occlusale des dents postérieures. Toutefois, comme évoqué dans l'introduction, le nombre de cycles étant très variable d'un individu à l'autre (3), ces données ne permettent pas de connaître l'état du bol au moment où il « aurait été » dégluti.

Par conséquent, la deuxième partie de cette thèse, a analysé l'évolution physiologique de cette fonction au cours du développement. Le recueil des données s'est déroulé entre mars 2016 et mars 2020 et n'a pas pu être complété entièrement compte tenu de la période de pandémie mondiale liée au COVID-19. Après finalisation des inclusions, cette étude fera l'objet d'une publication internationale, toutefois les résultats préliminaires sont détaillés dans ce mémoire.

## 2. Caractéristiques des groupes étudiés

Des enfants sans trouble du développement psychomoteur et aptes à participer aux tests, c'est à dire coopérants et capables de « cracher » ont été inclus. Trois groupes, correspondant à différents stades de développement dentaire ont été constitués :

- les enfants du groupe en denture temporaire (DT) sont âgés de trois à six ans et 11 mois et présentent toutes les dents temporaires en occlusion, sans aucune mobilité, et aucune dent permanente ;
- les enfants du groupe en denture mixte (DM) sont âgés de sept à neuf ans et 11 mois et présentent les canines et molaires temporaires, sans aucune mobilité, et les incisives et premières molaires permanentes en occlusion ;
- les adolescents du groupe en denture adulte jeune (DAJ) sont âgés de 12 à 17 ans et 11 mois et ne présentent aucune dent temporaire, avec toutes les dents permanentes en occlusion (exceptées les troisièmes molaires) ;

Le nombre de sujets nécessaires a été estimé à au moins 14 sujets par groupe, avec un recueil de données complet pour la carotte ( $\alpha = 5\%$ ,  $\beta = 10\%$ , epiR package 0.9-30), grâce à une étude préliminaire comparant la valeur moyenne D50 pour l'aliment-test carotte entre des sujets correspondant aux groupes DAJ et DT (respectivement  $D50CAR=2,24mm$  versus  $2,95mm$ ,  $ET=0,64$ ).

Entre mars 2016 et mars 2020, 19 enfants ont été inclus dans le groupe DT, 14 dans le groupe DM et 8 dans le groupe DAJ (groupe à compléter). Le Tableau 2 présente les données générales et bucco-dentaires des sujets inclus. Les trois groupes sont comparables en termes de sexe, de présence de dysmorphies orofaciales (tests exacts de Fisher, NS). Les trois groupes sont comparables en termes de catégories d'IMC (test exact de Fisher, NS). Un seul sujet appartenant au groupe DM présente un IMC au-dessus de la normale, classé en catégorie « surpoids ». L'IMC de l'ensemble des autres sujets est situé dans la catégorie « corpulence normale ».

Tableau 2 : Données sociodémographiques, de santé générale et de santé orale pour les trois groupes de développement dentaire étudiés.

Critère	Groupe DT (n=19 sujets)	Groupe DM (n=14 sujets)	Groupe DAJ (n=8 sujets)
<b>Critères sociodémographiques et de santé générale</b>			
	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>
Ratio filles/garçons	8/11	8/6	4/4
	<i>moy ± ET</i> ( <i>min-max</i> )	<i>moy ± ET</i> ( <i>min-max</i> )	<i>moy ± ET</i> ( <i>min-max</i> )
Age (mois)	58,8 ± 8,5 (44-75)	107,7 ± 6,9 (94-118)	184,6 ± 22,0 (144-207)
Poids (kg)	18,4 ± 2,7 (14-23)	30,1 ± 5,2 (23-41)	52,9 ± 9,4 (36-64)
Taille (cm)	108,1 ± 6,4 (96-120)	134,6 ± 5,3 (125-141)	163,3 ± 13,7 (141-180)
<b>Critère d'évaluation de la santé orale</b>			
	<i>moy ± ET</i> ( <i>min-max</i> )	<i>moy ± ET</i> ( <i>min-max</i> )	<i>moy ± ET</i> ( <i>min-max</i> )
<u>Unités Fonctionnelles (UF)</u>			
UF postérieures (UFP)	4 ± 0 (4-4)	5,86 ± 0,53 (4-6)	8 ± 0 (8-8)
<i>dont UFP sur dents permanentes</i>	0	2 ± 0 (2-2)	8 ± 0 (8-8)
UF antérieures (UFA)	5,26 ± 1,52 (2-6)	4,79 ± 1,48 (2-6)	5,5 ± 1,41 (2-6)
<i>dont UFA sur dents permanentes</i>	0	2,64 ± 1,65 (0-4)	5,5 ± 1,41 (2-6)
<u>Anomalie de structure</u>			
Hypo-minéralisation molaire incisive	0	1	0
<u>Dysmorphies orofaciales et traitements</u>			
Anomalie crânio-faciale	0	0	0
Anomalie de nombre ou d'éruption	0	0	0
Dysharmonie dento-maxillaire / encombrement	0	1	0
Anomalie de la dimension sagittale	2	1	0
Anomalie de la dimension transversale	3	1	0
Anomalie de la dimension verticale	4	1	0

### 3. Evolution des paramètres fonctionnels et masticatoires en fonction du stade de développement physiologique : Résultats & Discussion

Les résultats sont présentés de manière à décrire les différences observées entre les trois stades de développement dentaire, représentés par les trois groupes d'enfants étudiés, des paramètres suivants : la fréquence des dysfonctions orofaciales, les sélections alimentaires au domicile, le comportement et la capacité masticatoire.

En ce qui concerne la fréquence des dysfonctions orofaciales, les sujets du groupe DT tendent à avoir un score NOT-S global supérieur à celui des groupes DM et DAJ ( $0,89 \pm 0,94$  pour le groupe DT versus  $0,36 \pm 0,63$  pour le groupe DM et  $0,25 \pm 0,46$  pour le groupe DAJ) mais la différence n'est pas significative entre les groupes (ANOVA et test t de Dunnett comparant le groupe DT avec les autres groupes de développement dentaire (DM et DAJ), NS). La Figure 1 présente la fréquence des dysfonctions orofaciales domaine par domaine pour les trois groupes.

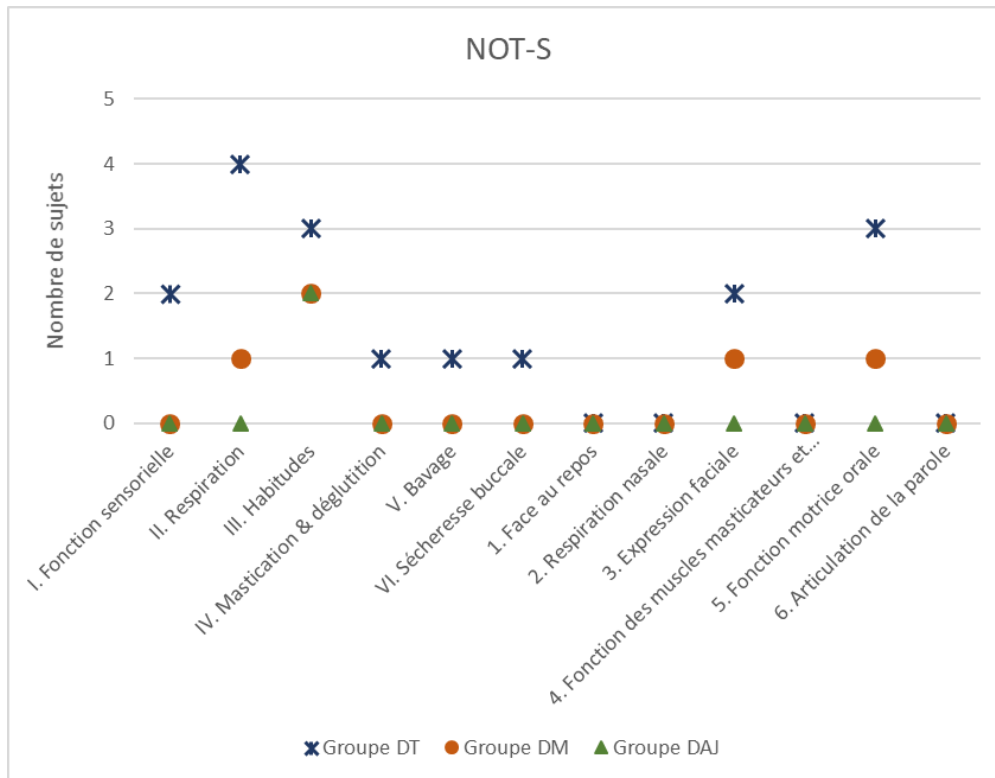


Figure 1 : Fréquences des dysfonctions orofaciales domaine par domaine pour les trois stades de développement dentaire.

L'analyse des sélections alimentaires au domicile montre également que le nombre de refus alimentaires déclarés est un peu plus important pour le groupe d'enfants en denture temporaire (groupe DT) que dans les deux autres groupes de sujets (7 refus/19 enfants versus 2/14 dans le groupe DM et 1/8 dans le groupe DAJ). Ces refus concernent surtout les fruits et légumes (5 refus sur 7 dans le groupe DT). La seule adaptation de texture déclarée concerne un enfant du groupe DM qui ne consomme du fromage que sous forme cuite.

De même, l'analyse du comportement masticatoire semble montrer une évolution entre les trois groupes de développement dentaire. Le nombre de refus d'aliments-tests tend en effet à diminuer entre les groupes DT (n=6 refus dont 5 pour la carotte), DM (n=3 refus de fromage) puis DAJ (n=0). Ces refus sont exclusivement déclarés comme étant dus au goût. Lors des tests de mastication, la seule altération de la fonction musculaire relevée correspond à une incompétence labiale, uniquement retrouvée dans le groupe DT, pour sept enfants sur 19. Dans ce groupe d'enfants en denture temporaire, une certaine immaturité retrouvée en âge préscolaire peut expliquer les tendances à une fréquence plus élevée des dysfonctions orofaciales, à un nombre de refus alimentaires plus élevés et à une fréquence de l'incompétence labiale lors de la mastication plus élevée (27). Les données de la littérature rapportent que les néophobies alimentaires, notamment concernant les fruits et légumes, présentent un pic entre deux et six ans (70).



En ce qui concerne les paramètres cinématiques, le temps de mastication et le nombre de cycles masticatoires sont globalement plus importants dans le groupe en denture temporaire pour les trois aliments-tests (ANOVA,  $p \leq 0,001$  pour TpsCAR, TpsFRO, TpsCER, NcCAR et NcCER et  $p \leq 0,01$  pour NcFRO) (Tableau 3). Excepté pour le fromage, la fréquence masticatoire (Fq), quant à elle, semble peu évoluer entre les groupes.

Tableau 3 : Paramètres cinématiques pour les trois aliments-tests dans les trois groupes de développement dentaire étudiés.

Aliment	Paramètre	Groupe DT (n=19 sujets)	Groupe DM (n=14 sujets)	Groupe DAJ (n=8 sujets)	ANOVA	
		moy ± ET	moy ± ET	moy ± ET	F	p
CAR		n=14	n=14	n=8		
	Tps (s)	32,39 ± 14,41	20,89 ± 9,48***	17,75 ± 6,48***	11,30	≤0,001
	Nc (n)	45,04 ± 16,47	30,32 ± 11,81***	26,69 ± 9,96***	12,44	≤0,001
	Fq (n/s)	1,45 ± 0,23	1,50 ± 0,30	1,50 ± 0,14	0,35	NS
FRO		n=18	n=11	n=8		
	Tps (s)	18,78 ± 6,26	13,73 ± 3,71**	12,81 ± 4,81***	9,81	≤0,001
	Nc (n)	25,58 ± 8,35	21,95 ± 6,28	18,44 ± 6,15**	5,53	≤0,01
	Fq (n/s)	1,39 ± 0,26	1,60 ± 0,17**	1,46 ± 0,15	6,13	≤0,01
CER		n=19	n=14	n=8		
	Tps (s)	19,58 ± 5,49	15,86 ± 4,37**	13,19 ± 5,31***	10,04	≤0,001
	Nc (n)	26,61 ± 7,37	22,18 ± 4,51*	18,00 ± 6,50***	11,12	≤0,001
	Fq (n/s)	1,37 ± 0,20	1,43 ± 0,25	1,38 ± 0,16	0,78	NS

\*:  $p \leq 0,05$ , \*\*:  $p \leq 0,01$ , \*\*\*:  $p \leq 0,001$ : Différence statistiquement significative entre le groupe DT et les autres groupes de sujets (DM et DAJ) (tests t de Dunnett).

NS : pas de différence statistiquement significative ( $p > 0,05$ ).

Une récente revue de littérature indique que l'évolution des paramètres cinématiques en fonction de l'âge n'est pas sans équivoque (34), certains auteurs concluant à une diminution du temps de mastication et du nombre de cycles masticatoires avec l'âge (26,27,41,43–45,71,72) alors que d'autres montrent plutôt une augmentation de ces valeurs (37,38,73,74). Cependant, certaines limites méthodologiques dans ces études ne permettent pas de conclure concernant les changements des paramètres cinématiques au cours du développement. En effet, certaines études suggérant plutôt une augmentation du temps et du nombre de cycles utilisent en fait la mastication d'un chewing-gum pendant un nombre de cycles donné pour évaluer l'évolution du temps de mastication (37,38,74). D'autre part, dans l'ensemble des études, l'occlusion n'est pas vérifiée. Certaines ont inclus des enfants de moins de trois ans, dont les dents ne sont pas encore en occlusion (27,41,44,72). Les inclusions dans les autres études sont réalisées en fonction de l'âge ou de la formule dentaire mais sans précision sur les dents en occlusion et les mobilités de dents temporaires (26,37,38,43,45,71,73,74). Toutefois, les données cinématiques des études canadiennes obtenues dans les années 80 (26,43,71), lors de la mastication de vrais aliments par des enfants entre deux et huit ans, et celles d'une étude plus récente obtenues lors de la mastication de gelées de duretés différentes chez des enfants de trois à 17 ans, suggèrent une diminution du temps de mastication et du nombre de cycles avec l'âge. Cette évolution a lieu à partir de l'âge de six ans, ce qui est conforme à nos résultats et peut correspondre à l'arrivée des premières molaires permanentes (34).

Nous avons vu que la transmission d'informations sensorielles se fait via les récepteurs périodentaires lorsque les dents sont en occlusion (18,21,22). Une récente étude a énoncé un raisonnement extrapolé de résultats d'études animales qui suggère que les informations issues des récepteurs proprioceptifs périodentaires de dents temporaires et de dents en cours d'éruption pourraient être immatures et donc potentiellement moins efficaces (45). Ceci pourrait expliquer une amélioration du pattern masticatoire avec l'augmentation progressive du nombre de dents permanentes en occlusion fonctionnelle.

Bien que des comparaisons directes ne puissent pas être faites entre les différents aliments-tests utilisés, dans la présente étude, il semble que la carotte nécessite un temps de mastication et un nombre de cycles plus important avant déglutition que les deux autres aliments, quel que soit le groupe de développement dentaire. Cette observation va dans le sens des résultats d'études réalisées chez l'adulte où ces paramètres augmentent avec la dureté des gélatines utilisées (31). Plusieurs études réalisées chez des très jeunes enfants suggèrent que cette capacité d'adaptation à l'aliment serait présente dès la diversification (26,27,41,43,44,71). Cependant, le type d'aliments utilisés pour ces études, notamment l'usage de biscuit comme aliment de dureté la plus élevée, ne permet pas d'établir de conclusions. En effet, le recours à certaines praxies infantiles, comme le fait de laisser fondre l'aliment en bouche et de l'écraser avec la langue contre le palais, peut expliquer un temps de mastication plus élevé chez les plus jeunes (27,75). Une récente étude évaluant la mastication de gélatines de différentes duretés en fonction du développement dentaire montre qu'à la différence des adultes, les enfants et adolescents, quel que soit leur stade de dentition, ne présentent pas d'adaptation de leur comportement masticatoire à la dureté (45). Cependant, une nouvelle fois, l'occlusion des sujets inclus dans cette étude n'est pas renseignée. C'est la raison pour laquelle dans la présente étude, les groupes ont été constitués en fonction de stades de développement dentaire stables, caractérisés par l'occlusion dentaire. Le suivi de sujets tout au long de leur développement, de la denture temporaire à la denture adulte, pourrait permettre de clarifier l'évolution des paramètres cinématiques au cours du développement, de vérifier l'impact des mobilités des dents temporaires et de la mise en fonction graduelle des dents permanentes et d'évaluer la dynamique d'évolution de l'adaptation à l'aliment. L'analyse de la répétabilité des paramètres cinématiques dans le temps permettrait de préciser à quel moment du développement la mastication devient mature (43).

En ce qui concerne la capacité masticatoire évaluée dans notre étude, la granulométrie des bols alimentaires ne varie entre les stades de développement dentaire que pour l'aliment-test carotte (ANOVA,  $p \leq 0,01$ ,  $F=4,93$  pour D50CAR) (Tableau 4 et Figure 2). Pour cet aliment, les valeurs de D50 diminuent significativement entre le groupe en denture temporaire et le groupe en denture adulte jeune (test t de Dunnett,  $p \leq 0,01$ ). Ces résultats préliminaires devront être confirmés par de futures études.

Tableau 4 : Valeurs de D50 moyennes pour les trois aliments-tests et pour les trois stades de développement dentaire.

Aliment	Groupe DT (n=19 sujets) <i>moy ± ET</i>	Groupe DM (n=14 sujets) <i>moy ± ET</i>	Groupe DAJ (n=8 sujets) <i>moy ± ET</i>	ANOVA	
				F	p
CAR	n=14 3,05 ± 0,64	n=14 2,94 ± 0,89	n=8 2,35 ± 0,58**	4,93	$p \leq 0,01$
FRO	n=18 2,74 ± 1,06	n=11 2,84 ± 0,98	n=8 2,28 ± 0,67	1,71	NS
CER	n=19 0,97 ± 0,21	n=14 0,92 ± 0,13	n=8 0,95 ± 0,24	0,45	NS

\*\* :  $p \leq 0,01$  : Différence statistiquement significative entre le groupe DT et les autres groupes de sujets (DM et DAJ) (tests t de Dunnett).

NS : pas de différence statistiquement significative ( $p > 0,05$ ).

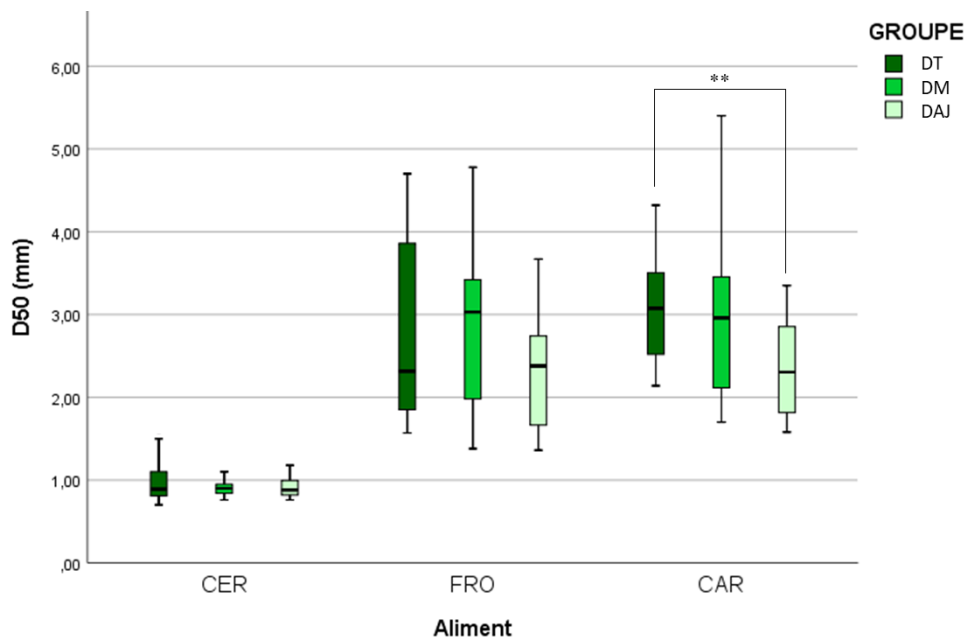


Figure 2 : Représentations des valeurs de D50 pour les trois aliments-tests et pour les trois stades de développement dentaire.

\*\* :  $p \leq 0,01$  : Différence statistiquement significative entre le groupe DT et les autres groupes de sujets (DM et DAJ) (tests t de Dunnett).

La capacité à dégrader les aliments, au moins pour les aliments les plus durs, semble ainsi s'améliorer au cours du développement. Les valeurs de D50 pour les trois groupes sont comprises dans la norme définie chez l'adulte pour la carotte (c'est-à-dire en dessous du MNI qui est de 4mm) (50). L'évolution de la musculature à l'adolescence peut également jouer un rôle dans l'amélioration de la capacité masticatoire observée et ce facteur pourrait être davantage exploré (34).

#### **4. Synthèse de l'évolution des paramètres fonctionnels et masticatoires pendant le développement physiologique**

Cette analyse préliminaire donne pour la première fois des informations sur l'évolution de la capacité masticatoire évaluée avec de vrais aliments en fonction du stade de développement dentaire. Elle suggère une diminution de la granulométrie du bol à déglutition au cours du développement, notamment entre la denture mixte et la denture adulte jeune pour la carotte, dont la dégradation nécessite l'utilisation des dents. Cette diminution semble s'effectuer en dépit d'une réduction du temps de mastication et du nombre de cycles masticatoires réalisés avant déglutition sans que la fréquence ne soit modifiée. Les prochaines études s'intéressant à l'évolution de la mastication au cours du développement devraient prendre en compte l'occlusion davantage que l'âge des sujets.

### **C.3. Troisième partie : Impact de la présence d'altérations de l'état dentaire et de leurs traitements sur la mastication chez l'enfant**

Du fait que les récepteurs péri-dentaires permettent la transmission d'informations sensorielles qui participent à réguler la mastication (18,21,22), toute situation clinique altérant l'étendue des contacts dentaires inter-arcades est à priori susceptible d'altérer la fonction masticatoire et son développement. Ainsi, les situations cliniques qui caractérisent une altération bucco-dentaire, et les traitements qui leurs sont associés, constituent des modèles d'étude de la physiopathologie de la mastication.

Dans ce but, deux populations sont ciblées : les enfants présentant des caries précoces multiples de l'enfance (CPE) et traités par réhabilitation bucco-dentaire conservatrice globale sous anesthésie générale et les enfants présentant une dysplasie ectodermique anhidrotique (DEA) et réhabilités précocement par prothèses amovibles.

#### **1. Impact de la présence de caries précoces multiples de l'enfance et de leurs réhabilitations sur la fonction masticatoire**

##### 1.1. Impact de la présence de caries précoces multiples de l'enfance sur la fonction masticatoire

###### *1.1.1. Problématique*

La maladie Carieuse Précoce de l'Enfance (CPE) est définie par l'American Academy of Pediatric Dentistry (AAPD) comme la présence d'au moins une dent temporaire cariée, absente ou restaurée pour cause de lésion carieuse chez un enfant de moins de 71 mois (76). La prévalence varie selon les études entre 19% et 89% (77) et concerne particulièrement les enfants des familles vulnérables sur le plan socio-économique, qui sont exposés à une forte consommation de sucres via les habitudes alimentaires familiales (77–80). Cette maladie impacte négativement la qualité de vie des enfants et de leurs familles (78,81). Les évaluations subjectives, par recueil des perceptions des parents et des enfants, rapportent qu'il existe en particulier un impact fonctionnel négatif chez ces enfants (81). Au plan nutritionnel, certaines études rapportent que les enfants souffrant de cette maladie ont un risque plus élevé de développer une anémie par déficit en fer et une carence en ferritine, en vitamine D et en calcium, par rapport aux enfants sans caries (82–89). L'état staturo-pondéral de ces enfants semble altéré mais les études restent discordantes sur le sujet, certaines études indiquant une tendance au sous poids et certaines autres études indiquant une tendance au surpoids, voire à l'obésité (90–96). De plus, la différence entre l'impact du niveau socio-économique et l'impact de la présence des lésions carieuses sur l'état staturo-pondéral n'a pas été établi (97). Dans cette population, des études de granulométrie montrent une altération de la performance masticatoire (98,99). Les facteurs associés à cette altération semblent être la présence de douleurs dentaires et la réduction du nombre de contacts occlusaux (99). Aucune donnée concernant les éventuelles adaptations cinématiques observées en présence d'une telle altération de l'état buccodentaire n'est retrouvée dans la littérature scientifique internationale. Aucun document, article ou

livre, ne permet de savoir si de telles adaptations comportementales permettent de produire un bol apte à être dégluti puis digéré ou si, comme chez l'adulte (50,56), la capacité masticatoire est altérée par la pathologie orale, avec les conséquences nutritionnelles qui peuvent en découler.

Dans le but d'évaluer l'impact de la présence de caries précoces multiples de l'enfance sur la mastication, deux études ont été menées. La première étude correspond à l'étude de faisabilité du recueil de bol décrite en première partie de ce manuscrit, qui a eu pour objectif d'évaluer l'impact de cette maladie sur le comportement cinématique (PI01, Annexe 1). Le score caod moyen des 23 enfants du groupe présentant des caries précoces (groupe CPE) est de  $10,09 \pm 3,54$  (min=3 ; max=17), ce qui est un score élevé pour des enfants aussi jeunes puisqu'il correspond à l'atteinte d'une dent sur deux, le maximum absolu étant égal à 20. Ces enfants ont été comparés à 21 enfants ne présentant pas d'altération de l'état dentaire (groupe SAD, Sans Altération Dentaire). La deuxième étude a eu pour objectif principal d'évaluer la capacité masticatoire de 13 enfants atteints de CPE en comparaison à 13 enfants ayant un état bucco-dentaire sain (groupe SAD) (PI02, Annexe 2). Le score caod moyen des enfants du groupe CPE est de  $11,54 \pm 4,41$  (min=3 ; max=18) pour cette étude.

Les résultats principaux de ces deux études sont synthétisés ci-après.

### *1.1.2. Impact de la présence de caries précoces multiples de l'enfance sur les paramètres fonctionnels et masticatoires : Résultats & Discussion*

Les résultats des deux études confirment une altération de la qualité de vie des enfants présentant des caries précoces et de leurs familles (78,81). En effet, le score ECOHIS global est de  $16,38 \pm 4,03$  chez les enfants atteints de CPE comparé à  $0,16 \pm 0,50$  chez les enfants du groupe SAD (test t de Student,  $p \leq 0,001$ ) dans l'étude PI01. Il est respectivement dans ces deux groupes de  $12,77 \pm 3,96$  versus  $0,46 \pm 0,97$  (test U de Mann Whitney,  $p \leq 0,001$ ) dans l'étude PI02. Pour le groupe CPE, les items les plus fréquemment cités sont le bouleversement et le sentiment de culpabilité parentale (13/13), les absences scolaires (13/13), les douleurs dentaires et orofaciales (10/13) et les difficultés d'alimentation (7/13).

L'analyse des différents critères fonctionnels semble confirmer ces difficultés d'alimentation. En effet, dans les deux études, l'analyse par domaine des dysfonctions orofaciales par le test NOT-S montre que le domaine « mastication & déglutition » est le seul domaine fonctionnel à être significativement altéré pour le groupe CPE en comparaison du groupe SAD (domaine NOT-S IV :  $0,74 \pm 0,45$  pour le groupe CPE versus  $0,05 \pm 0,22$  pour le groupe SAD, test t de Student  $p \leq 0,001$  dans l'étude PI01 ; et  $0,69 \pm 0,48$  versus  $0,15 \pm 0,38$  respectivement, test U de Mann Whitney,  $p \leq 0,01$  pour l'étude PI02). Ce domaine est altéré pour l'étude PI01 chez 17/23 enfants du groupe CPE (vs. 1/21 enfant du groupe SAD) et pour l'étude PI02 chez 9/13 enfants du groupe CPE (vs. 2/13 enfants du groupe SAD). Le score global moyen NOT-S est ainsi significativement plus important chez les enfants du groupe CPE que chez les enfants du groupe SAD (PI01 :  $2,27 \pm 1,28$  versus  $0,90 \pm 1,14$  respectivement, test t de Student  $p \leq 0,001$  ; PI02 :  $2,62 \pm 1,37$  versus  $1 \pm 0,91$ , test U de Mann Whitney,  $p \leq 0,01$ ).

Concernant le régime alimentaire des enfants, 5/13 enfants dans le groupe CPE et 3/13 enfants dans le groupe SAD refusent certains aliments au domicile, sans différence significative entre les groupes (PI 02). Toutefois, les refus concernent majoritairement la viande dans le groupe CPE (3/5 refus) et exclusivement les fruits et légumes dans le groupe SAD (3/3 refus). De plus, certains enfants du groupe CPE ont besoin d'adaptations de texture : 5 enfants pour la catégorie fruits et légumes (réduits en purée, en compote, mixés, coupés finement), 5 enfants pour la catégorie pain et céréales (consommation de la mie de pain uniquement) et 8 enfants pour la catégorie viande (mixée) (PI02). Aucun enfant du groupe SAD n'est concerné par ces adaptations. Concernant le nombre de refus des aliments-tests lors des séances de mastication, aucune différence significative n'est retrouvée, dans les deux études, entre les deux groupes d'enfants, l'aliment le plus refusé par l'ensemble des enfants étant la carotte. Cependant, l'analyse des causes des refus montre que seuls les enfants atteints de CPE ont refusé des aliments-tests pour causes de douleurs ou parce qu'ils étaient trop difficiles à manger (PI02).

Lors de la première étude (PI01), l'observation du comportement masticatoire permet également de constater qu'environ un quart des enfants du groupe CPE ont recours à des praxies infantiles, probablement pour compenser leurs difficultés à gérer certains aliments. Ces enfants laissent en effet les céréales s'imprégner de salive et utilisent la langue pour les écraser contre le palais avant de commencer à les mastiquer. Dans la deuxième étude (PI02), les enfants présentant une CPE ont significativement plus d'altérations de la fonction musculaire comparés aux enfants ne présentant pas d'altération de l'état dentaire, qui n'ont aucune altération de la fonction musculaire. En effet, plus de la moitié des enfants du groupe CPE se sont adaptés en adoptant une mastication strictement unilatérale (7 /13 enfants vs. 0 pour le groupe SAD, test exact de Fisher  $p \leq 0,01$ ), conformément à d'autres observations réalisées chez des enfants plus âgés (100). Ces altérations peuvent avoir des conséquences à long terme sur le développement anatomique, la mastication bilatérale alternée permettant une croissance harmonieuse, dans le sens transversal notamment (101). De plus, environ un tiers des enfants avec CPE présentent une utilisation prédominante de la langue lors de la mastication (4/13 vs. 0,  $p \leq 0,05$ ), et presque la moitié des difficultés pour inciser les aliments (6/13 vs. 0,  $p \leq 0,01$ ). Ainsi, en présence d'altérations de leur état bucco-dentaire, les enfants d'âge préscolaire pourraient rester sur un schéma immature avec une utilisation dominante de la langue et des muscles péribuccaux (27,75). Ces stratégies d'adaptation pourraient ne pas suffire pour les aliments les plus durs qui, comme chez l'adulte, pourraient être refusés ou évités. Ces situations peuvent expliquer les sélections alimentaires observées au domicile (57,102–105) et les difficultés à mastiquer les échantillons de carottes lors des tests. Ainsi, le rôle de la diversification alimentaire, au travers de l'évolution des textures, dans le développement anatomique (8,9) et la maturation de la mastication (101,106,107), pourrait être significativement affecté par toute altération de l'état buccodentaire (27,106,107).

L'analyse de la cinématique masticatoire confirme cet impact fonctionnel de l'état oral chez les jeunes enfants. En effet dans les deux études, la comparaison des paramètres cinématiques entre les deux

groupes montre que la fréquence masticatoire (Fq) est diminuée en présence de caries précoces multiples de l'enfance. Cette diminution est significative pour les aliments-tests carotte et céréales dans l'étude PI01 et pour les trois aliments-tests dans l'étude PI02 (Tableau 5).

Tableau 5 : Valeurs moyennes des paramètres cinématiques pour chaque test et pour chaque groupe de sujets dans les études PI01 et PI02.

Aliment	Paramètre cinématique	Etude PI01			Etude PI02		
		Groupe CPE n=23	Groupe SAD n=21	Différence entre les deux groupes de sujets tests t de Student	Groupe CPE n=13	Groupe SAD n=13	Différence entre les deux groupes de sujets tests U de Mann Whitney
		moy ± ET	moy ± ET		moy ± ET	moy ± ET	
CAR	Tps (s)	44,74 ± 24,34	48,49 ± 28,84	NS	44,17 ± 29,33	34,82 ± 15,33	NS
	Nc (n)	52,29 ± 27,07	64,84 ± 41,52	NS	45,06 ± 20,71	48,82 ± 17,32	NS
	Fq (n/s)	<b>1,21 ± 0,20</b>	<b>1,35 ± 0,22</b>	<i>p</i> ≤ 0,01	<b>1,08 ± 0,22</b>	<b>1,48 ± 0,25</b>	<i>p</i> ≤ 0,001
FRO	Tps (s)	20,99 ± 10,56	22,62 ± 9,20	NS	<b>24,59 ± 10,59</b>	<b>17,95 ± 5,21</b>	<i>p</i> ≤ 0,05
	Nc (n)	21,98 ± 8,25	26,77 ± 12,79	NS	25,32 ± 12,87	24,00 ± 7,77	NS
	Fq (n/s)	1,14 ± 0,25	1,19 ± 0,26	NS	<b>1,05 ± 0,25</b>	<b>1,38 ± 0,18</b>	<i>p</i> ≤ 0,001
CER	Tps (s)	<b>33,70 ± 12,37</b>	<b>25,44 ± 8,40</b>	<i>p</i> ≤ 0,001	<b>27,46 ± 7,87</b>	<b>20,00 ± 4,51</b>	NS
	Nc (n)	32,73 ± 11,99	30,32 ± 12,17	NS	25,79 ± 6,96	27,38 ± 5,93	NS
	Fq (n/s)	<b>1,02 ± 0,27</b>	<b>1,20 ± 0,25</b>	<i>p</i> ≤ 0,001	<b>0,97 ± 0,23</b>	<b>1,37 ± 0,22</b>	<i>p</i> ≤ 0,001

NS : pas de différence statistiquement significative (*p* > 0,05).

En dépit d'une certaine adaptation cinématique à l'aliment qui semble conservée chez les enfants avec CPE (PI01 et PI02), les bols alimentaires recueillis au moment de la déglutition chez ces enfants contiennent une proportion plus importante de larges particules que ceux des enfants ne présentant pas d'altération de l'état oral (PI02). En effet, les valeurs de D50 sont significativement plus élevées pour les enfants du groupe CPE quel que soit l'aliment (tests U de Mann Whitney, *p* ≤ 0,001). La Figure 3 montre une représentation des valeurs de D50 dans les deux groupes de sujets pour les trois aliments (PI02).

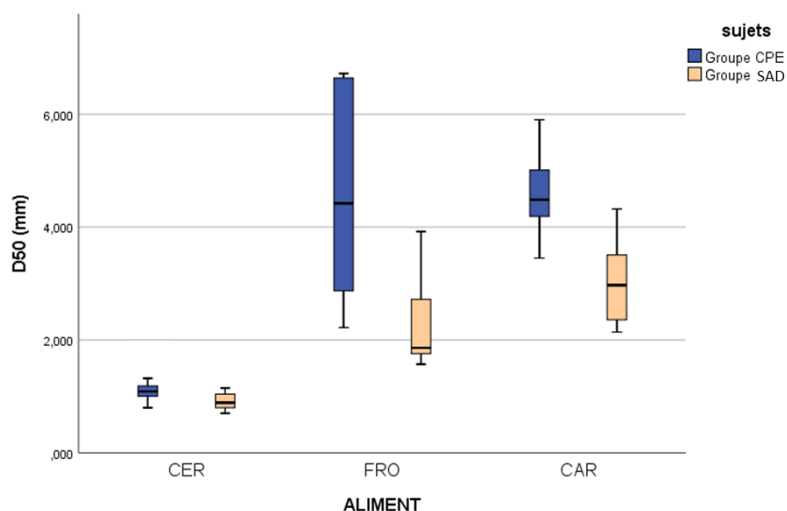


Figure 3 : Représentations des valeurs de D50 pour les deux groupes de sujets et pour les trois aliments (PI02).



Chez l'enfant, les valeurs seuil de normalité concernant la granulométrie du bol alimentaire ne sont pas connues. Dans l'étude PI02, la valeur moyenne de D50 pour la carotte dépasse, chez les enfants avec CPE, la valeur maximale de D50 caractérisant une capacité masticatoire normale chez l'adulte (Masticatory Normative Indicator = 4mm), puisqu'elle est de  $4,38 \pm 0,93$  dans ce groupe (50). Pour les enfants ne présentant pas d'altération de l'état oral en revanche, cette valeur reste inférieure au seuil de normalité (MNI) ( $D50 \text{ CAR} = 2,96 \pm 0,63$ ).

La recherche de corrélations entre les paramètres de santé orale et les paramètres masticatoires dans l'étude PI02 montre l'impact négatif de la maladie carieuse sur la mastication. En effet, plus il y a de lésions carieuses, plus les fréquences masticatoires sont faibles (CAR :  $\rho = -0,56, p \leq 0,001$  ; FRO :  $\rho = -0,57, p \leq 0,001$  ; CER :  $\rho = -0,63, p \leq 0,001$ ) et plus la taille des particules des bols alimentaires est importante (CAR :  $\rho = 0,63, p \leq 0,001$  ; FRO :  $\rho = 0,69, p \leq 0,001$  ; CER :  $\rho = 0,42, p \leq 0,01$ ). Plus il y a d'unités fonctionnelles postérieures à l'inverse, plus la fréquence masticatoire est élevée (CAR :  $\rho = 0,36, p \leq 0,05$  ; CER :  $\rho = 0,34, p \leq 0,05$ ) et plus la taille des particules est faible (CAR :  $\rho = -0,37, p \leq 0,05$  ; FRO :  $\rho = -0,42, p \leq 0,01$ ). Ces données semblent confirmer l'importance de la présence de dents postérieures fonctionnelles pour une mastication efficace.

Enfin, la recherche de corrélations entre le score de dysfonctions orofaciales (NOT-S global) et les paramètres masticatoires montre que plus ce score est élevé, plus la fréquence masticatoire est faible pour les trois aliments (CAR :  $\rho = -0,56, p \leq 0,001$  ; FRO :  $\rho = -0,64, p \leq 0,001$  ; CER :  $\rho = -0,57, p \leq 0,001$ ), et plus les valeurs de D50 sont élevées (CAR :  $\rho = 0,51, p \leq 0,001$  ; FRO :  $\rho = 0,51, p \leq 0,001$ ). Ces résultats suggèrent que le test NOT-S peut être utilisé pour détecter les déficiences masticatoires (108).

### *1.1.3. Synthèse de l'impact de la présence de caries précoces multiples de l'enfance sur les paramètres fonctionnels et la fonction masticatoire*

Au même titre que chez l'adulte (56), la capacité de jeunes enfants à réduire un aliment en un bol alimentaire est altérée en présence de caries multiples par rapport à celle des jeunes enfants ne présentant pas d'altération de l'état oral. Les altérations de la fréquence masticatoire et de la granulométrie du bol alimentaire sont toutes les deux liées au nombre de lésions carieuses et particulièrement à la perte d'unités fonctionnelles postérieures engendrant une diminution des informations sensorielles. Ces résultats ont des conséquences cliniques importantes. Au vu des corrélations entre les scores de dysfonctions NOT-S et les mesures physiologiques de la mastication (valeurs de D50 et fréquence masticatoire), ce questionnaire pourrait être un outil de détection des déficiences masticatoires. Des traitements ou des adaptations du régime alimentaire pourraient être mis en place chez les patients pour lesquels une déficience est ainsi mise en évidence.

Que les enfants présentant des caries précoces multiples de l'enfance déglutissent un bol alimentaire contenant une plus grande proportion de larges particules, ce qui réduit l'aire de contact avec les

enzymes digestives, ou qu'ils excluent certains aliments de leur régime alimentaire, des conséquences nutritionnelles négatives peuvent être suspectées (83,84,95). Concernant le risque d'anémie dans cette population, outre les hypothèses en lien avec l'impact de processus inflammatoire causé par la maladie carieuse qui réduirait le taux d'hémoglobine sanguine, et l'impact du statut socio-économique des familles qui ne permettrait pas de consommer une nourriture nutritive, une autre hypothèse suggère que les déficiences masticatoires et les douleurs ressenties par les enfants mèneraient à des comportements alimentaires altérés (84). La maladie carieuse précoce de l'enfance est actuellement considérée comme une maladie chronique à cause du risque de récurrence des lésions (109). Les travaux réalisés au CROC dans cette population suggèrent également un risque nutritionnel à plus ou moins long terme si les difficultés masticatoires et les sélections alimentaires persistent (108). Il semble ainsi nécessaire d'analyser l'évolution de l'ensemble des paramètres masticatoires à la suite des traitements buccodentaires effectués chez ces enfants.

## 1.2. Impact du traitement global des caries précoces de l'enfance sur la fonction masticatoire

### *1.2.1. Problématique*

Pour les enfants présentant des caries précoces, à cause de la complexité et du nombre des procédures thérapeutiques nécessaires, et à cause du jeune âge des patients ne permettant pas de réaliser les soins en vigile, le recours à une anesthésie générale (AG) est fréquemment nécessaire (110–113), et dans ce contexte les avulsions dentaires sont fréquemment réalisées (114–116). De ce fait la recherche d'étiopathogénie des déficiences masticatoires est assez complexe. Ainsi, en préopératoire, les déficiences ont souvent pour double étiologie la douleur et la diminution des contacts interarcades, alors qu'en postopératoire, les foyers douloureux ont été supprimés, mais ces suppressions sont souvent associées à la diminution des contacts occlusaux. Plusieurs auteurs ont évalué l'évolution de la qualité de vie des enfants et de leurs familles après cette procédure (117–122). Ces études, basées sur les perceptions des parents et des enfants, rapportent une amélioration de la mastication après traitement. Dans cette population, une seule étude a évalué l'évolution fonctionnelle après traitement de caries précoces multiples au moment où ce travail a commencé et a montré que, malgré une diminution de la fréquence globale des dysfonctions orofaciales, le domaine « mastication & déglutition » en particulier reste altéré six mois après réhabilitation globale (108). En parallèle, une étude montre une normalisation des taux de ferritine, de vitamine D, de protéine C-réactive et d'IGF-1 (insulin-like growth factor 1) huit mois après traitement de lésions carieuses multiples sous anesthésie générale chez des enfants non coopérants, sans que le type de traitements dentaires réalisés ne soit détaillé (122). D'autres auteurs ont suggéré que le poids et l'indice de masse corporelle (IMC) augmentent après traitement dans la population d'enfants atteints de caries précoces multiples de l'enfance (121–124). En effet, dans les études comparant les enfants atteints de CPE à un groupe d'enfants ne présentant pas d'altération de l'état oral, les enfants atteints de CPE avant traitement ont un poids et une taille inférieurs à ceux des enfants sans altération de l'état oral mais rattrapent le groupe d'enfants sans altération de l'état oral après traitement, affichant ainsi une vitesse de croissance supérieure (123,124). Dans les autres études, sans groupe contrôle, le poids, la taille et l'IMC augmentent après traitement pour la moitié de la population étudiée, sans que les catégories d'IMC ne soient précisées (121,122). Les liens éventuels entre persistance de déficiences masticatoires et croissance n'ont pas été explorés (121–124). De plus, la seule étude disponible concernant l'impact de la réalisation de traitement sur la « performance » masticatoire suggère que la capacité des enfants atteints de caries précoces multiples à mélanger un chewing-gum bicolore mastiqué pendant 30 cycles n'est pas améliorée trois mois après traitement (125). Néanmoins, cette performance ne peut pas refléter la capacité masticatoire des sujets lors de la consommation d'aliments à visée nutritive. Ainsi, aucune donnée n'existe concernant l'impact de la réhabilitation bucco-dentaire sur la capacité à réduire les aliments en bols alimentaires déglutissables.

Une étude de suivi comparative (mars 2016 - septembre 2020) a visé à observer l'évolution des paramètres masticatoires sur une période d'un an après la réhabilitation sous AG chez 16 enfants

constituant un groupe CPE, en comparaison avec 12 enfants du même âge sans altération de l'état buccodentaire (groupe SAD). Un article issu de ce travail a été soumis récemment pour publication internationale (PI03). Pour les enfants avec CPE suivis, les évaluations ont eu lieu avant traitement (T0), et lors des trois rendez-vous de contrôle planifiés à 1-3 mois post-traitement (T1), à 6 mois post-traitement sous AG (T2) et à 12 mois post-traitement sous AG (T3) (Figure 4). L'inclusion dans le groupe SAD a supposé d'honorer un deuxième rendez-vous de contrôle (T3) au moins six mois après la première évaluation (T0). Pour cette étude, l'analyse a été conduite « per protocol », ainsi l'inclusion dans le groupe CPE a supposé une observance de l'ensemble des rendez-vous de suivi. De plus, les sujets inclus devaient être en denture temporaire stable lors de l'inclusion (aucune dent permanente et aucune dent temporaire mobile). Le plan de traitement sous AG a été le plus conservateur possible, avec réalisation d'avulsions uniquement en cas d'atteinte du plancher pulpaire, en cas d'antécédent de cellulite dentaire ou en cas de résorption radiculaire ou osseuse étendue. Pour les dents traitées, selon l'étendue des lésions carieuses et selon la conservation ou non de la vitalité pulpaire, des restaurations directes, des pulpotomies ou pulpectomies et des couronnes pédiatriques préformées ont été réalisées, dans le but de restaurer une anatomie coronaire et des contacts occlusaux fonctionnels.

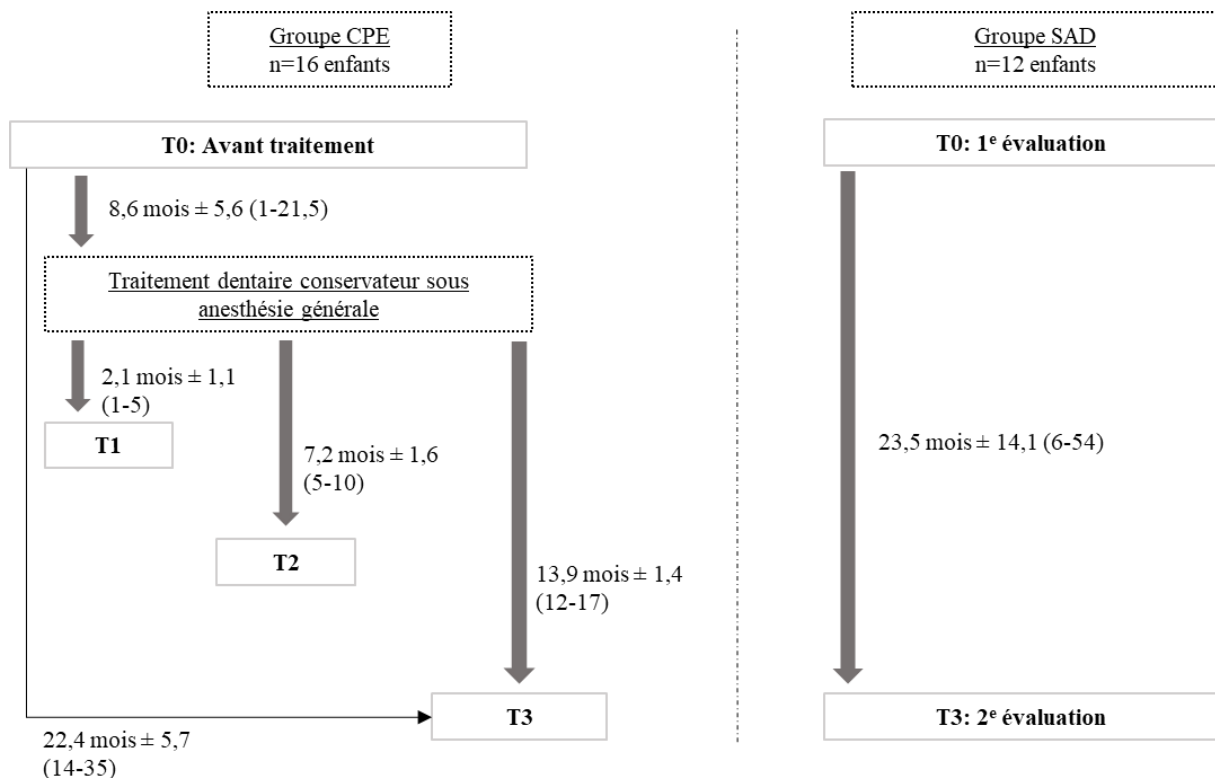


Figure 4 : Schéma expérimental pour les deux groupes d'enfants, avec et sans CPE (PI03).

L'objectif de l'étude a été d'analyser l'impact de ce type de traitement au cours de l'année qui suit sur l'état staturo-pondéral (IMC), la qualité de vie en lien avec la santé orale, la fréquence des dysfonctions orofaciales, les sélections alimentaires au domicile, le comportement et la capacité masticatoire. Les résultats principaux de cette étude PI03 sont synthétisés et discutés ci-après.

### 1.2.2. Description de la santé orale des sujets inclus

En moyenne, le score caod des enfants atteints de caries précoces de l'enfance avant traitement (T0) est de  $12,3 \pm 4,6$ , dont  $11,7 \pm 4,4$  dents cariées. Le score pufa moyen pour ces enfants à T0 est de  $7,6 \pm 4,4$  dents. Pendant l'anesthésie générale, en moyenne  $3,5 \pm 2,71$  avulsions et  $8,2 \pm 2,66$  traitements conservateurs ont été réalisés. La fréquence des dysmorphies orofaciales n'est pas différente entre les groupes CPE et SAD (tests exacts de Fisher, NS). Le nombre d'Unités Fonctionnelles (UF) antérieures et postérieures est significativement plus faible pour les enfants présentant des caries précoces multiples de l'enfance comparés aux enfants ne présentant pas d'altération de l'état bucco-dentaire lors de la dernière évaluation (T3) (tests t de Student,  $p \leq 0,05$ ), alors que cette différence n'est pas statistiquement significative à la première évaluation (T0) (Tableau 6).

Tableau 6 : Evolution des paramètres occlusaux pour les deux groupes de sujets, avec et sans CPE, au cours de l'étude PI03.

Critère	Groupe CPE (n=16 sujets)	Groupe SAD (n=12 sujets)	Différences entre les groupes
	<i>moy ± ET (min – max)</i>	<i>moy ± ET (min – max)</i>	<i>tests t de Student</i>
<b>Paramètres occlusaux :</b>			
<b>Unités Fonctionnelles antérieures</b>	T0 $3,19 \pm 2,07$ (0-6) T1 $2,75 \pm 1,57$ (0-6) T2 $2,63 \pm 1,20$ (1-5) T3 $2,81 \pm 1,64$ (0-6)	T0 $4,33 \pm 1,87$ (2-6)   T3 $4,5 \pm 1,78$ (2-6)	NS   $p \leq 0,05$
<b>Unités Fonctionnelles postérieures</b>	T0 $3,44 \pm 0,96$ (1-4) T1 $2,94 \pm 1,0$ (2-5) T2 $3,38 \pm 1,26$ (2-6) T3 $3,75 \pm 1,18$ (2-6)	T0 $4 \pm 0$ (4-4)   T3 $4,83 \pm 1,03$ (4-6)	NS   $p \leq 0,05$
<b>Unités fonctionnelles sur une première molaire permanente</b>	T0 0 T1 $0,38 \pm 0,81$ (0-2) T2 $0,56 \pm 0,89$ (0-2) T3 $1,06 \pm 0,93$ (0-2)	T0 0   T3 $0,83 \pm 1,03$ (0-2)	   NS

NS : pas de différence statistiquement significative ( $p > 0,05$ ).

### 1.2.3. Impact du traitement global des caries précoces de l'enfance sur les paramètres fonctionnels et masticatoires : Résultats & Discussion

Dans cette étude, dès le contrôle entre 1 et 3 mois après réhabilitation bucco-dentaire, la qualité de vie en lien avec la santé orale des enfants et de leurs familles s'améliore significativement, ce qui est en

accord avec les données de la littérature (108,119,126–130). En effet, le score ECOHIS global passe de  $13,88 \pm 5,1$  à T0, à  $3 \pm 2,03$  à T1 dans le groupe CPE. Notre étude montre que cette différence avec T0 reste significative à T2 ( $1,88 \pm 1,75$ ) et T3 ( $2,69 \pm 2,18$ ) (tests t de Dunnett,  $p \leq 0,001$  entre T0 et T1, T0 et T2 et T0 et T3). Ces résultats sont également conformes à la dernière analyse préliminaire d'une étude de cohorte (2014-2019) portant sur 376 enfants atteints de CPE (59,131,132). Le score ECOHIS global dans cette population passe de  $10,41 \pm 5,44$  à T0, à  $4,16 \pm 3,64$  à T1, à  $3,13 \pm 2,99$  à T2 et à  $4,53 \pm 3,15$  à T3 (tests t de Dunnett,  $p \leq 0,001$  entre T0 et T1, T0 et T2 et T0 et T3). A notre connaissance, une seule autre étude a analysé l'évolution de la qualité de vie sur une période aussi longue (130). Tout comme le suggèrent nos résultats à T3, ces auteurs observent aussi une légère augmentation des scores d'impact de l'état oral sur la qualité de vie un an après traitement. La survenue fréquente de récidives carieuses dans cette population et/ou la période de mise en place de la denture mixte peut expliquer ces résultats (112,130,133,134). Ainsi, dans notre étude, la qualité de vie reste significativement altérée pour le groupe CPE comparé au groupe SAD à T0 comme à T3 ( $13,88 \pm 5,1$  versus  $0,92 \pm 1,24$  à T0 et  $2,69 \pm 2,18$  versus 0 à T3, respectivement) (test t de Student,  $p \leq 0,001$ ). En particulier, même s'il diminue, le score de l'item « difficulté à manger » demeure altéré chez les enfants du groupe CPE par rapport aux enfants sans altération dentaire ( $1,56 \pm 1,55$  versus 0 à T0 et  $0,56 \pm 1,03$  versus 0 à T3) (tests t de Student, respectivement  $p \leq 0,001$  à T0 et  $p \leq 0,05$  à T3).

Le recueil de la fréquence des dysfonctions orofaciales semble confirmer ces difficultés d'alimentation puisque l'item « mastication & déglutition » du questionnaire NOT-S reste l'item le plus fréquemment retrouvé à tous les temps d'évaluation chez les enfants du groupe CPE, en accord avec de précédentes données dans cette population (108) (Figure 5). Le score NOT-S global diminue tout de même significativement après le traitement sous AG, dès 1-3 mois post-traitement. La différence est significative entre T0 ( $2,63 \pm 1,45$ ) et, respectivement, T1 ( $1,75 \pm 1,61$ ), T2 ( $1,75 \pm 1,13$ ) (tests t de Dunnett,  $p \leq 0,05$ ), et T3 ( $1,63 \pm 1,26$ ) (tests t de Dunnett,  $p \leq 0,01$ ). Cependant, la fréquence globale des dysfonctions orofaciales reste significativement plus élevée pour les enfants présentant des caries précoces à T3 en comparaison avec les enfants du groupe SAD (respectivement,  $1,63 \pm 1,26$  versus  $0,83 \pm 0,83$  à T3,  $p \leq 0,01$ , et  $2,63 \pm 1,45$  versus  $1,17 \pm 1,11$  à T0,  $p \leq 0,001$ , tests t de Student). Pour les enfants ne présentant pas d'altération de l'état dentaire, la différence entre le score NOT-S global à T0 et à T3 n'est pas significative (tests t de Student, NS).

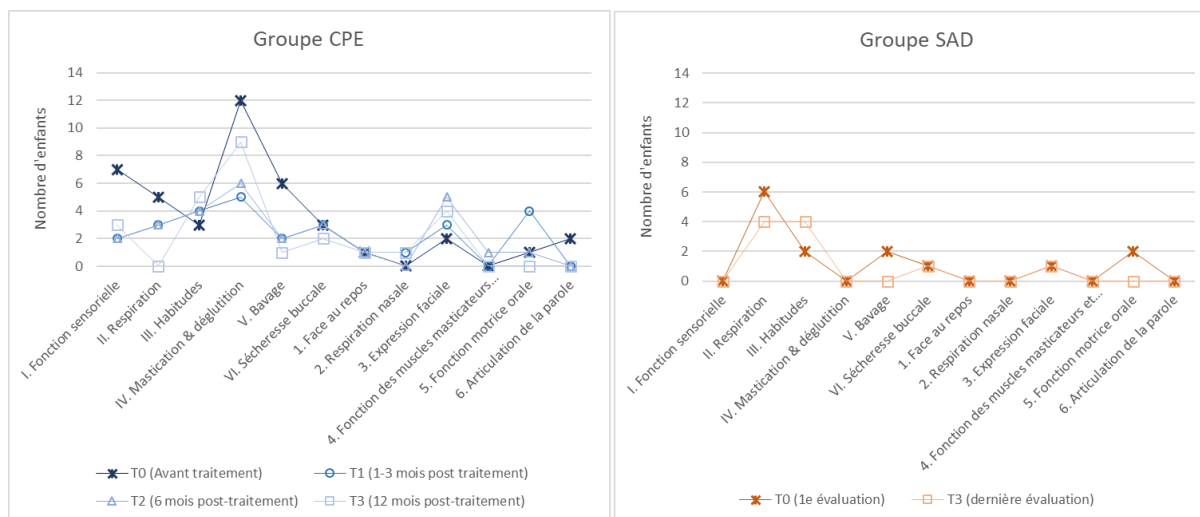


Figure 5 : Fréquence des dysfonctions orofaciales domaine par domaine, évaluée par le questionnaire NOT-S, pour les deux groupes de sujets au cours de l'étude PI03.

De plus, le recueil des raisons des refus des aliments-tests lors des tests de mastication montre que même après réhabilitation (T3), seuls les enfants atteints de CPE refusent des aliments-tests pour causes de douleurs ou parce qu'ils sont trop difficiles à manger. Toutefois, l'analyse des sélections alimentaires au domicile montre que le nombre d'enfants du groupe CPE enregistrant des refus alimentaires ou nécessitant des adaptations de la texture des aliments au domicile diminue après réhabilitation sous AG, notamment pour l'adaptation de la texture de la viande (9/16 enfants à T0 versus 2/16 enfants à T3, test de McNemar,  $p \leq 0,05$ ). La comparaison avec les enfants du groupe SAD, qui eux n'enregistrent aucune adaptation des textures tout au long de l'étude, confirme cette diminution, puisqu'à T3, il n'y a plus de différence significative. De même, il y a significativement plus de refus d'aliments-tests lors des séances de mastication à T0 pour les enfants du groupe CPE (6/16 enfants du groupe CPE versus 1/12 enfant du groupe SAD pour la carotte et 3/16 enfants du groupe CPE versus 0/12 enfants du groupe SAD pour les céréales, tests exacts de Fisher,  $p \leq 0,05$ ), mais ces différences ne sont plus significatives à T3. Cette augmentation de la consommation d'une plus grande diversité de textures peut contribuer à l'amélioration de la mastication et favoriser la croissance orofaciale physiologique (10).

D'autre part, l'analyse des altérations de la qualité de la fonction musculaire lors des tests de mastication montre, qu'à T0, la fréquence de l'« incision altérée », de l'« incompetence labiale » et de la « mastication unilatérale » est plus élevée dans le groupe CPE par rapport au groupe sans altération dentaire (respectivement,  $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,05$  et  $p \leq 0,01$ , tests exact de Fisher), mais que ce n'est plus le cas un an après à T3. Une autre étude rapporte également une augmentation de la proportion d'occlusions bilatérales après le traitement de caries précoces de l'enfance par réalisation de couronnes préformées (135), limitant le risque de développement d'un inversé d'articulé postérieur (136).

En ce qui concerne les paramètres cinématiques, la fréquence masticatoire (Fq) s'améliore à partir de six mois post-traitement sans toutefois atteindre les valeurs relevées pour les enfants ne présentant pas d'altération dentaire à un an post-traitement pour la carotte et les céréales (Tableau 7).

Tableau 7 : Paramètres cinématiques pour les deux groupes de sujets, avec et sans altérations dentaires au cours de l'étude PI03.

Aliment test	Paramètres cinématiques	Groupe CPE			Groupe SAD			Différences entre les groupes tests t de Student
		Nombre de sujets	moy ± ET		Nombre de sujets	moy ± ET		
CAR	Tps (s)	T0	10	49,05 ± 35,68	T0	11	33,0 ± 12,95	NS
		T1	13	46,58 ± 31,12	T3	11	21,32 ± 5,04 <sup>\$\$\$</sup>	
		T2	11	31,06 ± 12,93				
		T3	12	28,08 ± 11,12*				
	Nc (n)	T0	10	44,2 ± 20,17	T0	11	44,5 ± 13,31	NS
		T1	13	53,77 ± 26,50	T3	11	34,18 ± 7,30 <sup>\$\$</sup>	
		T2	11	43,55 ± 18,20				
		T3	12	38,38 ± 15,14				
	Fq (n/s)	T0	10	1,05 ± 0,31	T0	11	1,43 ± 0,30	p ≤ 0,001
T1		13	1,25 ± 0,28	T3	11	1,64 ± 0,28 <sup>\$</sup>		
T2		11	1,43 ± 0,33***					
T3		12	1,39 ± 0,22***					
FRO	Tps (s)	T0	11	21,36 ± 8,10	T0	10	19,65 ± 6,48	NS
		T1	13	22,27 ± 16,66	T3	11	16,41 ± 5,24	
		T2	12	15,36 ± 5,94				
		T3	13	14,08 ± 5,63*				
	Nc (n)	T0	11	23,09 ± 7,49	T0	10	24,1 ± 6,21	NS
		T1	13	21,73 ± 9,91	T3	11	23,5 ± 6,15	
		T2	12	20,56 ± 8,55				
		T3	13	19,12 ± 6,94				
	Fq (n/s)	T0	11	1,13 ± 0,22	T0	10	1,36 ± 0,26	p ≤ 0,01
T1		13	1,15 ± 0,39	T3	11	1,48 ± 0,30		
T2		12	1,35 ± 0,26*					
T3		13	1,39 ± 0,21**					
CER	Tps (s)	T0	13	28,04 ± 9,85	T0	12	20,38 ± 5,56	p ≤ 0,01
		T1	15	29,9 ± 9,65	T3	12	19,29 ± 6,80	
		T2	14	23,57 ± 6,22				
		T3	15	20,43 ± 7,38**				
	Nc (n)	T0	13	25,04 ± 6,27	T0	12	26,25 ± 6,84	NS
		T1	15	28,33 ± 9,73	T3	12	26,58 ± 6,61	
		T2	14	28,36 ± 9,60				
		T3	15	25,87 ± 10,69				
	Fq (n/s)	T0	13	0,95 ± 0,25	T0	12	1,30 ± 0,20	p ≤ 0,001
T1		15	0,99 ± 0,28	T3	12	1,45 ± 0,30		
T2		14	1,20 ± 0,23***					
T3		15	1,27 ± 0,21***					

\*: p ≤ 0,05, \*\*: p ≤ 0,01, \*\*\*: p ≤ 0,001 : Différence statistiquement significative au sein du groupe CPE entre T0 et les autres temps d'évaluation (T1, T2 ou T3), tests t de Dunnett.

<sup>\$</sup> p ≤ 0,05, <sup>\$\$</sup>: p ≤ 0,01, <sup>\$\$\$</sup>: p ≤ 0,001 : Différence statistiquement significative au sein du groupe contrôle entre T0 et T3, tests t de Student.

NS : pas de différence statistiquement significative (p > 0,05).



Toutefois, les valeurs de granulométrie des bols alimentaires recueillis à déglutition diminuent après traitement pour les enfants atteints de CPE et rattrapent celles des enfants sans altération de l'état oral à un an post-traitement pour la carotte et les céréales (Figure 6).

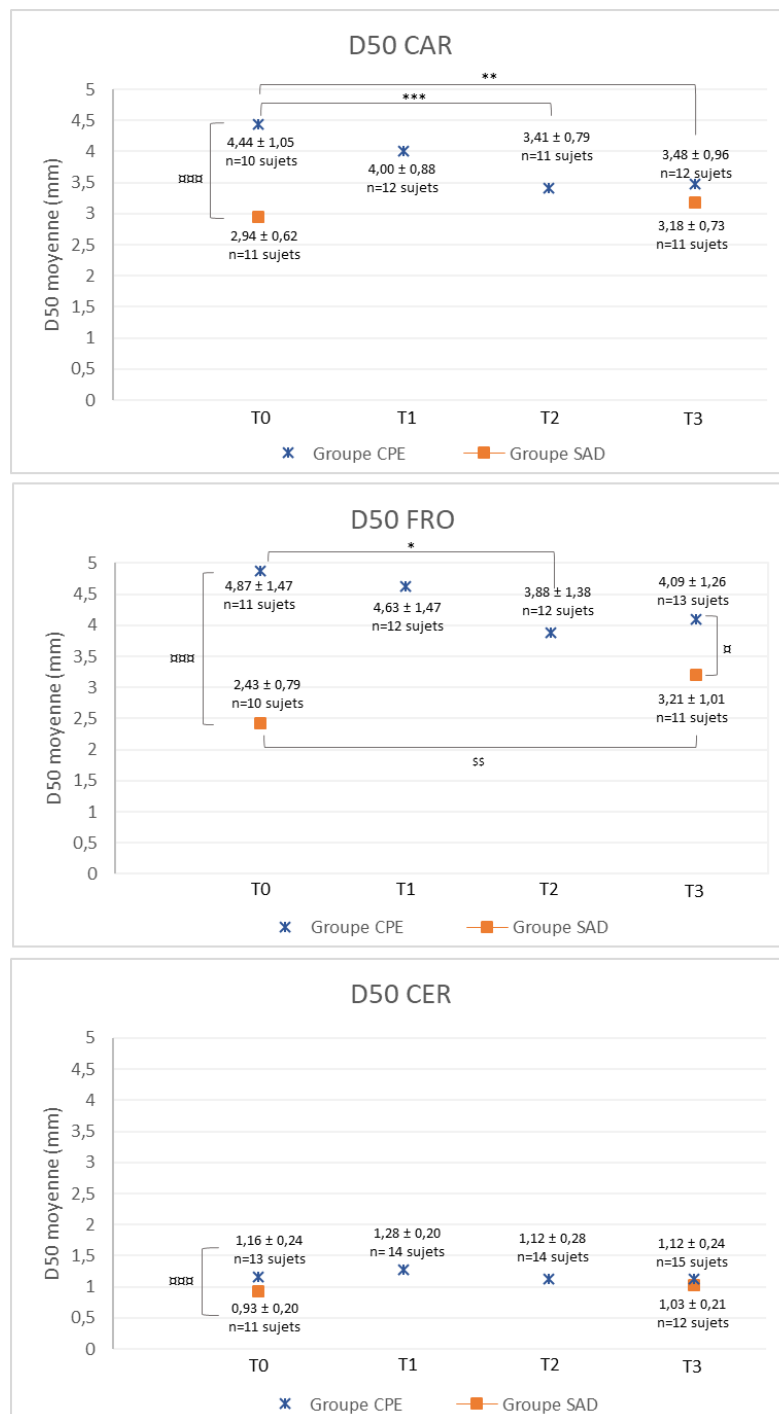


Figure 6 : Evolution des valeurs de D50 moyennes pour les deux groupes de sujets, avec et sans altérations dentaires, au cours de l'étude PI03.

\*:  $p \leq 0,05$ , \*\*:  $p \leq 0,01$ , \*\*\*:  $p \leq 0,001$  : Différence statistiquement significative au sein du groupe CPE entre T0 et les autres temps d'évaluation (T1, T2 ou T3), tests t de Dunnett.

§§:  $p \leq 0,01$  : Différence statistiquement significative au sein du groupe contrôle entre T0 et T3, tests t de Student.

⊠  $p \leq 0,05$ , ⊠⊠  $p \leq 0,001$  : Différence statistiquement significative entre le groupe CPE et le groupe contrôle à T0 et T3.

Les améliorations observées concernant les paramètres masticatoires peuvent être imputables à la disparition des foyers douloureux mais également à la réhabilitation des contacts dentaires occlusaux fonctionnels, qui ont pour effet l'amélioration du contrôle sensori-moteur lors de la mastication. Ainsi, les enfants ayant eu au moins une avulsion d'une dent postérieure lors de la réhabilitation ont des valeurs de granulométrie, un an après traitement (T3), significativement plus élevées pour la carotte et le fromage que les enfants n'ayant reçu que des traitements conservateurs (respectivement  $4,21\text{mm} \pm 0,77$  versus  $2,75\text{mm} \pm 0,44$  pour la carotte,  $p \leq 0,001$  et  $4,48\text{mm} \pm 1,30$  versus  $3,22\text{mm} \pm 0,56$  pour le fromage,  $p \leq 0,001$ , tests t de Student). Particulièrement pour la carotte, qui correspond à l'aliment le plus dur parmi les aliments-tests de l'étude, les valeurs de D50 des enfants ayant eu au moins une avulsion d'une dent postérieure restent supérieures au MNI (4mm), défini comme la valeur seuil de normalité masticatoire pour cet aliment chez l'adulte (50), alors que cette valeur diminue drastiquement pour les enfants n'ayant reçu que des traitements conservateurs. En effet, elle passe de 4,49mm avant traitement à 4,21mm un an après traitement pour les enfants ayant eu au moins une avulsion d'une dent postérieure, alors qu'elle diminue de 4,39mm avant traitement à 2,75mm un an après traitement pour les enfants n'ayant reçu que des traitements conservateurs. Ces résultats mettent en question les pratiques cliniques qui consistent à avulser les molaires des enfants qui présentent des caries précoces.

En parallèle, concernant le développement des enfants, la majorité des sujets du groupe CPE a un IMC correspondant à la catégorie « corpulence normale » tout au long de l'étude (n=9/16) (Tableau 8). Cependant, la distribution des sujets de ce groupe entre les différentes catégories d'IMC est statistiquement différente entre T0 et T3 (test de Wilcoxon,  $p \leq 0,05$ ).

Tableau 8 : Evolution de la distribution du nombre d'enfants dans les catégories d'IMC pour les deux groupes de sujets, avec et sans altération, au cours de l'étude PI03.

		Catégories d'IMC				
		Sous poids <i>n sujets</i>	Corpulence normale <i>n sujets</i>	Surpoids <i>n sujets</i>	Obésité <i>n sujets</i>	
<b>Groupe CPE</b>	(n=16 sujets)	T0	1	14	1	0
		T1	1	12	3	0
		T2	0	11	3	1
		T3	0	11	2	3
<b>Groupe SAD</b>	(n=12 sujets)	T0	0	12	0	0
		T3	0	12	0	0

Parmi les enfants dont l'IMC change de catégorie entre T0 et T3, aucun enfant ne passe dans une catégorie d'IMC « sous poids ». Deux enfants, l'un en sous poids, l'autre en surpoids, ont leur IMC qui se normalise. Cinq enfants de « corpulence normale » présentent un IMC qui augmente : deux passent en « surpoids », et trois dans la catégorie « obésité ». Ainsi, un tiers des sujets de l'étude atteignent des catégories d'IMC pathologiques (surpoids ou obésité) un an après réhabilitation, ce qui est en accord avec les résultats de plusieurs autres études (121–123).

#### *1.2.4. Synthèse de l'impact du traitement de caries précoces multiples de l'enfance sur les paramètres fonctionnels et masticatoires*

Au cours de l'année de suivi après traitement chez des enfants présentant une CPE, une amélioration de la mastication est observée, en particulier de la capacité masticatoire, jusque-là jamais évaluée dans ce contexte. Cette amélioration semble notamment dépendante de la conservation des dents postérieures. Dans la même période, l'indice de masse corporelle des enfants traités pour caries précoces multiples de l'enfance augmente. L'amélioration des paramètres masticatoires, et en particulier de la capacité à dégrader les aliments en un bol alimentaire contenant une plus grande proportion de petites particules, pourrait entraîner une augmentation de la libération de nutriments alors qu'il n'y a pas de modification du régime alimentaire, en termes d'apport énergétique, en post-traitement. En effet, l'un des facteurs de risque de la maladie carieuse, et particulièrement des caries précoces multiples de l'enfance est la prise quotidienne répétée d'aliment à forte teneur en sucres, qui correspond également à un facteur de risque pour l'obésité (137,138). L'instauration à long terme de modifications du régime alimentaire chez les patients atteints de carie précoces multiples de l'enfance est difficile (139). Ainsi la persistance d'habitudes alimentaires cariogènes, qui exposent également à un risque d'obésité, associée à l'amélioration des paramètres masticatoires pourrait expliquer le passage du seuil de surpoids ou d'obésité un an après la réhabilitation pour environ un tiers des enfants de notre étude. Connaissant les conséquences néfastes à long terme de la survenue d'obésité durant l'enfance, il paraît nécessaire d'améliorer la prise en charge d'un point de vue nutritionnel de cette population notamment par une approche pluridisciplinaire qui pourrait inclure des nutritionnistes et/ou diététiciens (140–142). De plus, pendant l'enfance, l'acquisition d'une mastication efficace est un facteur nécessaire à la mise en place des mécanismes de régulation de la satiété et des prises alimentaires (143). Il existe donc des liens entre paramètres occlusaux, paramètres masticatoires et état staturo-pondéral. Il semble donc préférable de favoriser les procédures qui maintiennent ou restaurent un maximum de contacts postérieurs lors de la prise en charge de ces patients. Ces résultats suggèrent également qu'il est nécessaire d'évaluer les paramètres masticatoires après toute réhabilitation modifiant les contacts inter-arcades au niveau postérieur.

## **2. Impact de la présence d'agénésies multiples et de la réalisation de prothèses amovibles sur la fonction masticatoire**

### 2.1. Problématique

Certaines maladies rares d'origine génétique sont caractérisées par des agénésies dentaires multiples. Parmi les personnes touchées, une population a, en particulier, été étudiée dans la littérature ; il s'agit des enfants présentant une dysplasie ectodermique anhidrotique (DEA) (144–156). Ce syndrome aussi appelé syndrome de Chris Siemens Touraine, caractérisé par la triade symptomatique hypohidrose/anhidrose, hypotrichose et hypodontie/anodontie, correspond à une maladie génétique rare liée à l'X dont la prévalence est d'un cas pour cent-mille naissances (157–159). La réhabilitation bucco-dentaire de ces enfants consiste à la réalisation de prothèses amovibles durant l'enfance, avec réfections des prothèses tout au long de la croissance (160). Les rares études évaluant la qualité de vie et la fréquence des dysfonctions orofaciales chez les enfants présentant des agénésies multiples en utilisant des outils validés ne précisent pas si les sujets sont porteurs de prothèses ou non (144–147). Toutefois, elles concluent que la qualité de vie de ces enfants est négativement impactée par leur état bucco-dentaire et que la fréquence des dysfonctions orofaciales est également augmentée (144,147). Les seules données concernant l'impact fonctionnel des réhabilitations se retrouvent dans des cas cliniques rapportant une amélioration de la phonation et de la mastication, dont l'évaluation est basée sur les perceptions parentales, après réalisation des prothèses amovibles (144,148–156). Un seul cas clinique détaille, pour un jeune patient de deux ans, une consommation uniquement d'aliments mous un mois et demi après réalisation des prothèses et une consommation d'aliments durs trois mois après réalisation des prothèses (154). Les auteurs de cet article concluent à une normalisation de la fonction masticatoire, sans qu'aucune évaluation objective ne soit réalisée. Ainsi, aucune donnée, évaluée de manière objective, n'existe concernant l'impact de la présence d'édentements et de la réalisation de prothèses amovibles sur la fonction masticatoire chez l'enfant.

Dans le but d'évaluer l'impact de la présence d'agénésies multiples et de la réalisation de prothèses amovibles sur la fonction masticatoire, l'équipe des soins spécifiques s'est proposée d'étudier le cas de deux jeunes enfants porteurs d'une DEA, suivis dans cette unité depuis 10 ans maintenant (patients Ev et Ba). Une première étude a été menée de 2013 à 2014 afin d'évaluer l'impact fonctionnel de la première réhabilitation de ces enfants par prothèses amovibles, qui a fait l'objet d'un mémoire de DES ODF (Diplôme d'Etudes Spécialisées en Orthopédie Dento-Faciale) (coencadrement Dr Collado – Dr Besse) et soutenu en 2014 (161,162). Par la suite, l'auteur du présent manuscrit a poursuivi la prise en charge clinique du patient Ev à partir de 2017 et a eu l'occasion de réaliser lors de l'encadrement d'une thèse d'exercice (163), les premiers tests masticatoires objectifs à l'occasion des réfections prothétiques des patients Ev et Ba. L'ensemble de ces deux travaux pourra faire l'objet d'une publication internationale sous forme de cas cliniques. Les résultats fonctionnels principaux obtenus pour ces deux enfants sont synthétisés et discutés ci-après. Dans un souci de clarté, l'ensemble de la prise en charge est présenté.

## 2.2. Description de la prise en charge bucco-dentaire des enfants

Ces deux jeunes garçons, patients Ev et Ba, présentant une dysplasie ectodermique anhidrotique, ont donc consulté l'unité de Soins Spécifiques du service d'Odontologie du CHU Estaing de Clermont-Ferrand en 2013. Pour les deux enfants, alors âgés de 3,5 et 4,5 ans, des difficultés fonctionnelles au moment des repas sont déclarées par les parents. Les deux enfants sont en effet en alimentation quasi totalement mixée. Le patient Ev n'a jamais eu de prothèses et la demande est aussi esthétique (162). Pour le patient Ba, deux prothèses totales amovibles ont été réalisées dans un cabinet libéral deux ans auparavant mais après une période d'errance thérapeutique les parents sont demandeurs de la réfection des prothèses, et d'un suivi longitudinal.

L'examen clinique et radiologique montre que les patients Ev et Ba présentent une oligodontie sévère au maxillaire et une anodontie mandibulaire (Figure 7, (162)). Le patient Ba porte déjà des prothèses réalisées sur le principe de l'overdenture, recouvrant ainsi 51 et 61 qui sont les seules dents sur l'arcade. Néanmoins, ces prothèses ne sont pas adaptées. Le surplomb entre les deux bases prothétiques est important, entraînant une incompetence labiale au repos.

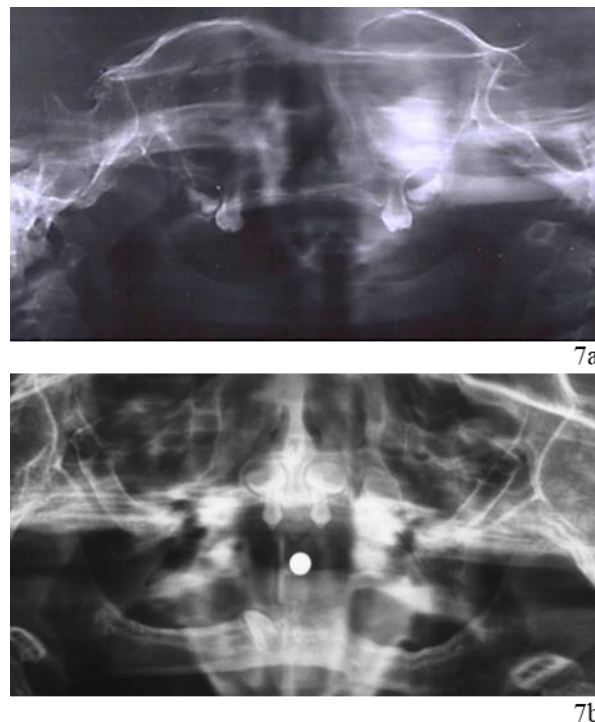


Figure 7 : Examens radiologiques des deux patients présentant des agénésies multiples (162).

(7a : patient Ev ; 7b : patient Ba)

La première réhabilitation bucco-dentaire a consisté à la réalisation de prothèses amovibles en résine, sur le principe de l'overdenture au maxillaire supérieur, où des dents sont présentes pour les deux patients (Figure 8 : Exemple du patient Ev, Le Goubey 2014 (162)).



Figure 8 : Examens cliniques exo-buccaux et endobuccaux au cours de l'année suivant la réalisation des premières prothèses amovibles pour le patient Ev (Le Goubey 2014 (162)).

*(8a : Examen de face avant réhabilitation prothétique ; 8b, 8c, 8d : Examen clinique endo-buccal lors de la réalisation des premières prothèses ; 8e : Premières prothèses (overdenture maxillaire) ; 8f, 8g : Examen exo-buccal 1 mois après la pose des premières prothèses ; 8h, 8i : Examen exo-buccal 12 mois après la pose des premières prothèses)*

Par la suite, plusieurs prothèses amovibles successives ont été réalisées afin de suivre la croissance, avec, puis sans, overdenture au niveau de l'arcade supérieure, afin de s'adapter à chaque étape à l'éruption des dents définitives (Figure 9 : Exemple du patient Ev).

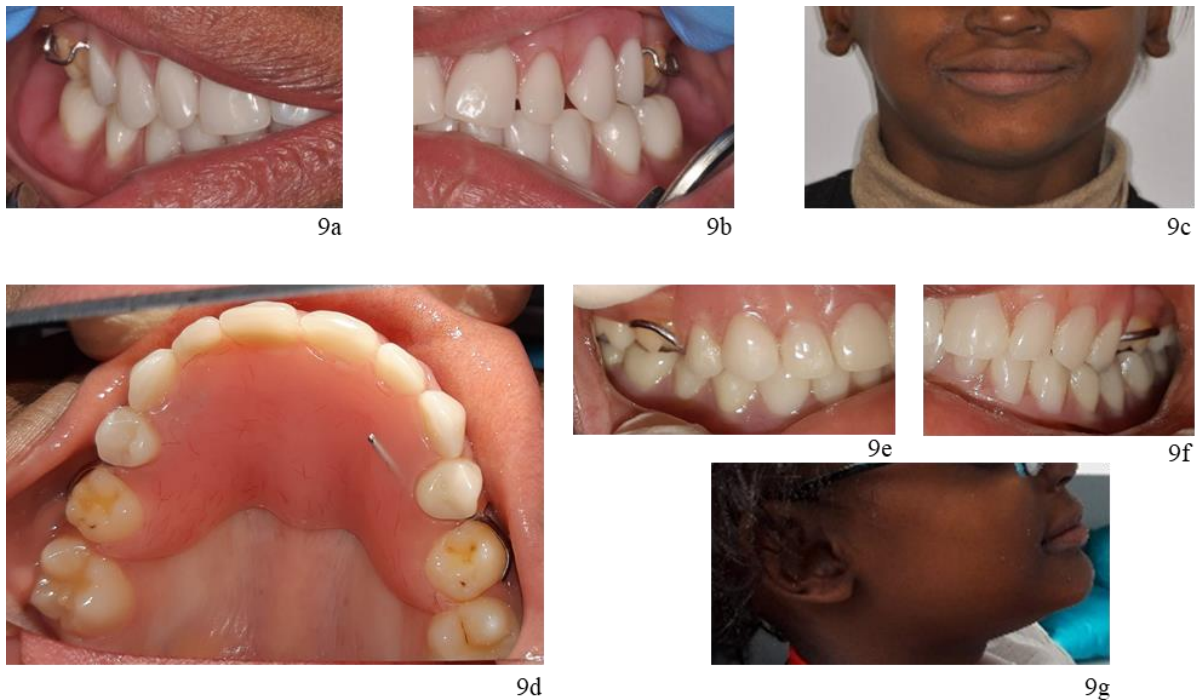


Figure 9 : Examens cliniques exo-buccaux et endobuccaux lors de la réalisation des prothèses amovibles ultérieures pour le patient Ev.

(9a, 9b : Deuxième paire de prothèses amovibles (2017) (sans overdenture maxillaire) ; 9c : Examen de face 1 semaine après la pose des deuxièmes prothèses ; 9d, 9e, 9f : Troisième paire de prothèse amovibles (2018) réalisées après éruption de 16 et 26 ; 9g : Examen de profil 1 semaine après la pose des troisièmes prothèses)

### 2.3. Modalités de recueil des données fonctionnelles au cours du suivi

Les données concernant l'évolution des paramètres fonctionnels ont été recueillies lors de l'étude initiale pour trois temps : avant réhabilitation (T0), un mois (T1) et 12 mois (T3) après réhabilitation (Figure 8 (162)). Ces données concernent la qualité de vie en lien avec la santé orale, la fréquence des dysfonctions orofaciales et les sélections alimentaires au domicile.

Lors de la réalisation des réhabilitations prothétiques ultérieures, plusieurs évaluations ont, de nouveau, été menées. Le recueil des données a eu lieu lors des rendez-vous de suivi et/ou de réalisation des étapes prothétiques. Les données recueillies concernent l'état staturo-pondéral, la qualité de vie en lien avec la santé orale, la fréquence des dysfonctions orofaciales, les sélections alimentaires au domicile et, de plus, le comportement et la capacité masticatoire. Dans ce manuscrit, deux évaluations pour chacun des patients sont présentées.

Pour le patient Ev, ces données ont été recueillies :

En octobre 2017 (T4Ev) : 8 mois après réfection de la deuxième paire de prothèses (âge : 8,5 ans) (Figure 9a, 9b, 9c).

En octobre 2018 (T5Ev) : 3 mois après réalisation de nouvelles prothèses suite à l'éruption des premières molaires définitives (âge : 9,5 ans) (Figure 9d, 9e, 9f, 9g).

Pour le patient Ba, ces données ont été recueillies :

En mars 2018 (T4Ba) : 10 mois après la réfection de la prothèse mandibulaire pour cause de fracture, 1 an et 9 mois après la pose de la prothèse maxillaire, la prothèse maxillaire gêne le patient Ba (âge : 9 ans et 8 mois).

En octobre 2018 (T5Ba) : 1 an et 5 mois après la pose de la prothèse mandibulaire, 6 mois après la pose d'une nouvelle prothèse maxillaire (âge : 10 ans 3 mois).

### 2.3. Impact de la présence d'agénésies multiples et de la réalisation de prothèses amovibles sur les paramètres fonctionnels et masticatoires : Résultats & Discussion

L'évaluation de la qualité de vie chez les deux patients présentant des agénésies multiples confirme l'impact négatif d'un tel état bucco-dentaire retrouvé dans la littérature (144–146). Les résultats de l'étude initiale suggèrent une amélioration de ce paramètre dès un mois après la réalisation des premières prothèses au sein de l'unité (162). En effet, le score ECOHIS global pour le patient Ev passe de 20/52, avant réhabilitation (T0), à 13 un mois après réalisation des prothèses (T1), puis à 10 un an après (T3). Pour le patient Ba, malgré la présence de prothèses au moment de l'évaluation initiale, cette amélioration est retrouvée : le score ECOHIS global passe de 29 à T0 avec ses prothèses d'usage, à 19 à T1 puis à 17 à T3. Les prothèses portées par ce patient à T0 n'étant pas adaptées, elles ont pu ne pas satisfaire les objectifs fonctionnel, social et esthétique qui sont attendus et entraîner le fort impact de l'état dentaire sur la qualité de vie (164). Il y a peu d'études qui évaluent l'impact des réhabilitations prothétiques chez les enfants présentant des agénésies multiples et la plupart rapportent les déclarations des patients et de leurs entourages, sans utilisation d'outils validés (152,156,165). Dans ces études, l'entourage semble noter une amélioration de la qualité de vie via l'amélioration de l'esthétique, de la phonation et également de la mastication après la première réhabilitation (152,156). L'étude de De Alencar et al. publiée en 2015 et utilisant la version Brésilienne du questionnaire ECOHIS pour évaluer l'évolution de la qualité de vie d'un enfant de cinq ans présentant une dysplasie ectodermique et réhabilité pour la première fois par prothèses amovibles montre une amélioration de la qualité de vie après réalisation des prothèses (passage du score ECOHIS de 35 avant traitement à 16, 14 et 15 respectivement à une semaine, six mois puis deux ans post-réhabilitation) (165). Comme dans l'étude initiale réalisée dans l'unité de soins spécifiques, la diminution du score d'impact sur la qualité de vie se traduit principalement par une diminution de l'impact fonctionnel chez l'enfant. En effet, les items enregistrant la plus grande



diminution de leur fréquence sont « difficulté à manger » et « difficulté à prononcer des mots ». En revanche, l'impact sur la famille reste marqué même à long terme après réalisation des prothèses.

Une fois cette compensation des agénésies faite grâce aux toutes premières prothèses, le score ECOHIS global des patients Ev et Ba semble présenter moins de variations lors du suivi ultérieur analysé lors de la deuxième étude (score ECOHIS global : patient Ev : T4Ev = 8 et T5Ev = 3 ; patient Ba : T4Ba = 8 et T5Ba = 12) (163). Il n'y a en réalité aucune étude évaluant l'évolution de la qualité de vie en lien avec la santé orale tout au long du suivi prothétique des enfants présentant des agénésies dentaires qui permettent de comparer ces résultats.

Les difficultés fonctionnelles relevées dans l'évaluation de la qualité de vie en lien avec la santé orale se retrouvent dans l'évaluation de la fréquence des dysfonctions orofaciales, en particulier concernant le domaine NOT-S IV « mastication & déglutition », ce qui est en accord avec les données rapportées de manière subjective dans plusieurs rapports de cas dans la littérature (144,148–150,155,156). Une seule étude évalue la fréquence des dysfonctions orofaciales grâce au questionnaire NOT-S chez des patients atteints de dysplasie ectodermique (147). Bien qu'elle ne précise pas si les sujets sont réhabilités prothétiquement ou non, elle conclut à une altération des fonctions orofaciales chez ces sujets en comparaison avec des sujets ne présentant pas d'altération de l'état oral, en particulier concernant l'item « mastication & déglutition ». L'évaluation de la fréquence de dysfonctions orofaciales dans la présente étude montre un impact fonctionnel positif de la réalisation des premières prothèses dans l'unité pour les deux enfants, ce qui est en accord avec les déclarations des patients et de leurs entourages concernant la mastication relevées dans la littérature (148,149,151,152). En effet, le score global NOT-S pour le patient Ev passe de 7/12 avant réhabilitation (T0), à 4 un mois après réalisation des prothèses (T1), puis à 2 un an après (T3) (162). Pour le patient Ba, le score NOT-S global passe de 5 à la première évaluation avec des prothèses non adaptées (T0), à 4 à T1 puis à 2 à T3 (162). Le score à T0 pour la patient Ba, présentant une altération des domaines « mastication & déglutition », « sécheresse buccale », « face au repos », « respiration nasale » et « articulation de la parole », confirme que le port de prothèses non adaptées ne permet pas d'atteindre les objectifs fonctionnels de la réhabilitation prothétique évoqués dans le paragraphe précédent (164).

Lors du suivi ultérieur des enfants, le score NOT-S global des patients Ev et Ba présente moins de variations que lors de la réalisation des premières prothèses (score NOT-S global : patient Ev : T4Ev = 1 et T5Ev = 0 ; patient Ba : T4Ba = 1 et T5Ba = 4) (163). En particulier, les domaines « mastication & déglutition » et « sécheresse buccale » restent altérés quasiment tout au long des évaluations. La sécheresse buccale correspond à l'une des caractéristiques du syndrome de dysplasie ectodermique anhidrotique ce qui peut expliquer l'altération de ce domaine du questionnaire NOT-S tout au long du suivi (166). Le nombre d'item altérés, à l'intérieur du domaine « mastication & déglutition », est plus élevé chez le patient Ba tout au long du suivi (Tableau 9). Cet enfant ne présente aucune dent postérieure.

Ainsi, outre le fait que la prothèse maxillaire soit peut-être moins stable par absence de rétention en postérieur, l'absence d'informations sensorielles au niveau prémolo-molaire peut expliquer cette différence (18,21). L'évaluation des fonctions par les professionnels prenant en charge des patients présentant des agénésies, à l'aide d'outil comme le questionnaire NOT-S, semble essentiel pour déceler des dysfonctions orofaciales, qui peuvent ne pas être relevées ou exprimées par l'entourage. En effet, il a été suggéré que les parents de ces enfants pourraient sous-estimer l'impact fonctionnel de la présence d'agénésie (167). Seul le patient Ev est évalué sans dysfonctions orofaciales lors de la dernière évaluation (T5Ev). Cela peut être lié à l'arrivée et la mise en fonction des premières molaires définitives.

Tableau 9 : Détail de l'évolution des items du domaine « mastication & déglutition » du NOT-S au cours de la prise en charge des agénésies multiples par réhabilitation prothétique pour les deux patients Ev et Ba.

Items du domaine « Mastication & Déglutition » (NOT-S IV)	Patient Ev					Patient Ba				
	T0	T1	T3	T4Ev	T5Ev	T0	T1	T3	T4Ba	T5Ba
NOT-S IV A "N'est pas nourri(e) par voie buccale"										
NOT-S IV B "Difficulté à manger certains aliments du fait de leur consistance"	x	x	x	x		x	x	x	x	x
NOT-S IV C "Temps de prise du repas égal ou supérieur à 30 minutes »"	x					x	x	x		x
NOT-S IV D "Dégluti de gros morceaux de nourriture sans les mastiquer"	x					x	x	x		x
NOT-S IV E "Tousse au cours des repas"	x	x								

Dans la littérature, de nombreux auteurs rapportent des difficultés de mastication de patients présentant des agénésies multiples, sans qu'aucun détail ne soit donné concernant le régime alimentaire adopté (149,153,155,156,168). De plus, plusieurs rapports de cas indiquent que l'alimentation s'améliore après la réalisation de prothèses sans description ni évaluation objective des adaptations et de l'évolution du régime alimentaire (149,151,152,154). Lors de l'évaluation initiale (162), pour les patients Ev et Ba, tous les aliments présentant une texture ferme, que ce soit des fruits et légumes, de la viande ou encore du pain, sont soit mixés, soit éliminés de l'alimentation. Pour ces deux patients, la consommation d'aliments difficiles à homogénéiser, comme le riz ou la semoule, ou collant, comme la salade ou les bonbons, est également complexe. Ceci peut s'expliquer au moins en partie par la sécheresse buccale, inhérente au syndrome de dysplasie ectodermique anhidrotique, évoquée précédemment (166). Au cours de l'année qui a suivi la première réhabilitation prothétique, le régime alimentaire au domicile des patients Ev et Ba a pu grandement s'élargir, avec consommation des aliments en morceaux même pour ceux de texture dure. Ainsi, un an après réalisation des premières prothèses, les seules adaptations pour le patient Ev sont la consommation de fruits et légumes durs (pommes, carottes...etc) coupés en morceaux, la consommation de viande uniquement cuite à point et coupée en morceaux et l'exclusion

des bonbons à croquer. Pour le patient Ba, les fruits et légumes durs doivent être coupés en quartier, la viande rouge doit être coupée finement et de la sauce doit être rajoutée, et la croûte du pain est exclue de l'alimentation. La réalisation des premières prothèses a ainsi permis le passage d'une alimentation exclusivement molle à une alimentation texturée. Les réhabilitations prothétiques ultérieures ont permis de consolider ces modifications du régime alimentaire et seulement quelques adaptations persistent lors des dernières évaluations, notamment concernant les aliments les plus durs (consommation de fruits et légumes crus uniquement s'ils sont coupés). Ces adaptations persistantes peuvent être dues à une difficulté à croquer et à couper les aliments de texture dure avec les prothèses. Ces difficultés se retrouvent lors des tests de mastication durant lesquels le patient Ev refuse les échantillons de carottes à tous les temps d'évaluation, car ils sont trop difficiles à manger. Le patient Ba a accepté tous les aliments-tests lors des deux évaluations. Cette amélioration du régime alimentaire après réalisation des réhabilitations prothétiques se retrouve dans de rares études (148,154). Le cas clinique de Pinto et al. publié en 2016 émet une hypothèse de lien entre amélioration du régime alimentaire et prise de poids chez le patient présenté qui se met à consommer de la viande, du fromage et des légumes fibreux à partir du moment où des prothèses amovibles sont réalisées et qui passe de 16 à 20 kg dans les six mois suivants la réhabilitation prothétique (148). Dans la présente étude les données staturo-pondérales n'ont pas été recueillies lors de la première réalisation des prothèses et les évaluations ultérieures montrent un IMC qui reste dans la catégorie « corpulence normale ». Il n'existe aucune donnée concernant l'état nutritionnel des sujets présentant une dysplasie ectodermique. Néanmoins, il semble que l'Indice de Masse Corporelle des sujets présentant ce syndrome tende à être inférieur à celui de sujets ne présentant pas de pathologie générale (169,170). De manière plus générale, les relations entre altération de l'état staturo-pondéral et agénésies dentaires sont très peu étudiées (171,172). Une récente étude a toutefois établi un lien entre agénésie dentaire et altération de la composition corporelle, avec la présence d'une masse musculaire et d'un pourcentage de tissu musculaire plus faible chez les enfants présentant des agénésies, sans préciser si les enfants sont porteurs de réhabilitations prothétiques ou non (171).

Lors des tests de mastication, à tous les temps d'évaluation (T4 et T5), les deux patients Ev et Ba présentent une altération de l'incision et une utilisation prédominante de la musculature péri-orale. Les autres fonctions musculaires sont évaluées comme correctes, les deux patients Ev et Ba présentant une compétence labiale, une mastication bilatérale avec une rotation mandibulaire et la langue n'est pas utilisée de façon prédominante pour écraser les aliments. Le port de prothèses amovibles peut expliquer l'altération de l'incision ainsi que l'utilisation prédominante de la musculature péri-orale, qui est nécessaire, en complément de la mastication bilatérale, pour assurer la stabilité prothétique. La sécheresse buccale, inhérente au syndrome et retrouvée lors de l'évaluation des dysfonctions orofaciales, peut également expliquer une utilisation prédominante de la musculature péri-orale puisque les particules alimentaires peuvent être plus difficile à regrouper pour créer un bol cohésif (1,166).

L'analyse des paramètres cinématiques de la mastication montre que les valeurs recueillies pour les patients Ev et Ba (Tableau 10) concernant les temps de mastication (Tps) et les nombres de cycles masticatoires (Nc) sont sensiblement plus élevées que celles recueillies pour les enfants en denture mixte ne présentant pas d'altération de l'état dentaire présentées dans la deuxième partie de ce manuscrit (paragraphe C.2.) et ayant un âge comparable aux patients Ev et Ba lors de tests de mastication (par exemple pour le fromage Tps = 13,73 ± 3,71 et Nc = 21,95 ± 6,28 pour les enfants sans altération). Les fréquences masticatoires (Fq) des patients Ev et Ba pour les trois aliments-tests sont par contre relativement similaires à celles du groupe d'enfants en denture mixte sans altérations dentaires (FqCAR=1,50 ± 0,30 ; FqFRO=1,60 ± 0,17 ; FqCER=1,43 ± 0,25 pour les enfants sans altération). Toutefois, la variabilité des valeurs de l'ensemble des paramètres cinématiques est grande pour les patients Ev et Ba comparés aux groupes d'enfants sans altération dentaire. Ces deux enfants semblent moins répétables concernant leurs paramètres cinématiques entre l'échantillon 1 et l'échantillon 2 de chaque aliment au moment des tests, ce qui peut entraîner un biais dans la détermination du nombre de cycles auquel stopper l'enfant pour recueillir le bol alimentaire au plus près de sa déglutition. L'utilisation de la méthodologie décrite chez l'adulte, où le sujet indique lui-même le moment où il est prêt à déglutir, serait peut-être à évaluer pour avoir un recueil du bol alimentaire plus fiable chez ces enfants d'âge scolaire (56,173).

Tableau 10 : Evolution des valeurs des paramètres cinématiques pour les patients Ev et Ba au cours de la prise en charge des agénésies multiples par réalisation de prothèses amovibles

Aliment	Echantillon	Paramètre	Patient Ev		Patient Ba	
			T4Ev	T5Ev	T4Ba	T5Ba
CAR	1	Tps (s)			37,5	41
		Nc (n)	R	R	41,5	47
		Fq (n/s)			1,11	1,15
	2	Tps (s)			25	34
		Nc (n)	R	R	37,5	46,5
		Fq (n/s)			1,5	1,37
FRO	1	Tps (s)	22	12,5	17	14
		Nc (n)	36,5	19,5	21	18
		Fq (n/s)	1,66	1,56	1,24	1,29
	2	Tps (s)	17,5	12,5	20,5	16
		Nc (n)	29	16	25	20
		Fq (n/s)	1,66	1,28	1,22	1,25
CER	1	Tps (s)	19,5	17,5	19	21
		Nc (n)	27,5	29	24,5	28
		Fq (n/s)	1,41	1,66	1,29	1,33
	2	Tps (s)	17	18	17,5	20
		Nc (n)	25,5	27	25,5	28
		Fq (n/s)	1,5	1,5	1,46	1,4

CAR : carotte ; CER : céréales ; FRO : fromage ; R : refus

Les valeurs de D50 présentent également une variabilité pour les patients Ev et Ba. Globalement, ces valeurs sont plus élevées pour les trois aliments-tests chez les patients Ev et Ba (Tableau 11) en comparaison du groupe d'enfants en denture mixte sans altérations de l'état dentaire (D50CAR=2,94 ±

0,89 ; D50FRO=2,84 ± 0,98 ; D50CER=0,92 ± 0,13 pour les enfants sans altération). Il y a donc une proportion plus importante de particules de plus grande taille dans les bols alimentaires recueillis chez les enfants atteints d'agénésies multiples et porteur de prothèses. L'utilisation d'unités fonctionnelles postérieures prothétiques pourrait être moins efficace que l'utilisation d'unités fonctionnelles postérieures naturelles. Toutefois, les valeurs de D50 du patient Ba, seul à avoir consommé des échantillons de carotte, restent inférieures à l'Indice de Normalité Masticatoire (Masticatory Normative Indicator : MNI, 4 mm) défini pour l'adulte (50). Les variabilités des paramètres cinématiques et des valeurs de D50 peuvent aussi être dues en partie à la difficulté à homogénéiser et à regrouper le bol alimentaire à cause de la sécheresse buccale déjà évoquée (166).

Tableau 11 : Evolution des valeurs de D50 pour les patients Ev et Ba au cours de la prise en charge des agénésies multiples par réalisation de prothèses amovibles.

Valeurs de D50 (mm)		Patient Ev		Patient Ba	
Aliment	Echantillon	T4Ev	T5Ev	TABa	T5Ba
CAR	1	R	R	4,18	3,05
	2	R	R	3,6	3
FRO	1	4,05	4,4	4,56	3,98
	2	2,4	2,6	4	3,27
CER	1	1,08	1,35	1,18	1,1
	2	1,18	0,75	1,47	1,18

*CAR : carotte ; CER : céréales ; FRO : fromage ; R : refus*

#### 2.4. Synthèse de l'impact de la présence d'agénésies multiples et de la réalisation de prothèses amovibles sur les paramètres fonctionnels et masticatoires

Ces cas cliniques montrent un impact négatif de la présence d'agénésies multiples sur la qualité de vie, sur les fonctions orofaciales, et plus particulièrement sur la mastication, et décrivent pour la première fois les sélections alimentaires en termes de refus alimentaire et d'adaptations des textures proposées par les parents au domicile. La réhabilitation bucco-dentaire, et particulièrement la réalisation des premières prothèses, entraîne une amélioration de la qualité de vie, de la fréquence des dysfonctions orofaciales et permet une diversification alimentaire qui n'a pas pu avoir lieu jusque-là. L'impact positif persiste lors des réhabilitations prothétiques ultérieures, même si les paramètres cinématiques de la mastication et la capacité masticatoire semblent altérés par rapport à des enfants du même âge ne présentant pas d'altération de l'état dentaire. Ces paramètres semblent également plus variables. Toutefois, le port de prothèses permet une mastication bilatérale qui pourrait permettre une croissance osseuse des maxillaires (174). En effet, grâce à la création de surfaces occlusales, entre lesquelles les aliments peuvent être dégradés, les prothèses stimulent les tissus muqueux et osseux sous-jacents et

donnent des informations sensorielles nécessaires à la croissance et au développement des fonctions orofaciales.

Enfin, il serait intéressant d'évaluer si l'état nutritionnel des sujets est impacté par la réhabilitation prothétique. Cela pourrait permettre d'orienter les conseils donnés aux parents pour assurer des apports nutritionnels corrects à leurs enfants. L'évaluation de la capacité masticatoire est également essentielle pour guider l'évolution du régime alimentaire en fonction des possibilités fonctionnelles. A l'heure actuelle, aucune recommandation concernant le régime à adopter en post-réhabilitation prothétique n'existe et les conseils des praticiens restent flous, indiquant de « faire attention avec la nourriture » ou de « consommer des aliments mous pendant quelques temps » (153). La validation de recommandations plus précises pourrait permettre d'atteindre les besoins nutritionnels des sujets, tout en s'adaptant aux fonctions orofaciales et en les stimulant.

## D. Synthèse et perspectives

En amont de ce travail, aucune donnée n'était disponible chez l'enfant concernant l'évolution de la capacité à dégrader les aliments en un bol alimentaire apte à être dégluti durant le développement, alors que l'objectif de la mastication est bien la création d'un bol alimentaire apte à être digéré par la suite (1). La réponse à la question : « comment la mastication se met-elle en place ? » n'était pas connue. On ne savait pas non plus si le système nerveux central était capable de s'adapter à l'absence ou à la réduction d'informations sensorielles provenant des dents en cas d'altération bucco-dentaire durant le développement.

Au cours du développement physiologique, alors que la fréquence masticatoire paraît stable, l'état de dégradation du bol alimentaire évaluée au moment de la déglutition semble augmenter, en particulier entre la denture mixte et la denture adulte jeune. La mise en fonction de l'ensemble de la denture permanente peut expliquer cette amélioration de la capacité masticatoire, via l'augmentation de la surface occlusale qui permet l'écrasement des aliments et l'augmentation des informations sensorielles (21). La fonction de mastication dépend largement de l'interaction entre les récepteurs périphériques, particulièrement au niveau dentaire, et le contrôle central au niveau cérébral (22,175–177). Les modifications des récepteurs péri-dentaires lors du passage de la denture temporaire à la denture adulte, en passant par la denture mixte, ne sont pas étudiées chez l'humain (34). Une étude chez l'animal suggère que les récepteurs péri-dentaires d'une dent permanente sont plus denses que ceux d'une dent temporaire (34,178). De plus, leur nombre est également supérieur car les racines des dents permanentes sont plus volumineuses. On peut donc émettre l'hypothèse que la mise en fonction de la denture permanente complète permet d'augmenter l'information sensorielle lors de la mastication, en plus d'offrir une surface occlusale d'écrasement de l'aliment plus grande, expliquant l'amélioration de la capacité masticatoire. De futures études semblent nécessaires pour préciser l'évolution de la capacité masticatoire tout au long du développement, et également pour préciser l'impact des périodes de remplacement des dents temporaires. En effet, chez les enfants ne présentant pas d'altération de l'état bucco-dentaire suivis dans le cadre de la comparaison avec le groupe d'enfants atteints de caries précoces (PI 03), on observe une augmentation de la granulométrie des bols alimentaires au cours du suivi à un âge où la denture mixte se développe. Cette augmentation pourrait être due à la gêne causée par la mobilité de dents lactéales et par l'inflammation locale accompagnant l'éruption des premières molaires définitives.

La présence d'une altération de l'état bucco-dentaire durant la période de la petite enfance peut ainsi impacter significativement la mastication et les choix alimentaires. Pour les enfants atteints de caries précoces multiples, la réhabilitation bucco-dentaire semble avoir un impact positif sur la dégradation du bol alimentaire en particulier lorsque les dents postérieures sont conservées. En effet, pour les enfants ayant eu au moins une dent postérieure avulsée, la valeur de D50 pour la carotte ne descend pas en

dessous de l'indicateur de normalité masticatoire (MNI), défini chez l'adulte, même un an après réhabilitation (50). Chez les enfants atteints d'agénésies multiples, la réalisation de prothèses amovibles semble permettre la diversification alimentaire et le développement de la fonction de mastication (155,168). Les valeurs enregistrées pour les paramètres cinématiques et la granulométrie du bol alimentaire tendent toutefois à être altérées en comparaison à des enfants ne présentant pas d'altération bucco-dentaire. Ces données suggèrent que la présence d'unités fonctionnelles prothétiques ne permet pas d'obtenir une fonction masticatoire similaire à celle des enfants sans altération dentaire. Ces données sont en faveur de la conservation des dents naturelles lors de la prise en charge des altérations bucco-dentaires pendant l'enfance.

En cas d'altération de la mastication, les stratégies adaptatives adoptées par les enfants, comme les adaptations du régime alimentaire ou le recours à des praxies infantiles, pourraient persister à long terme. Des conséquences sur le développement de la sphère orofaciale mais également sur la nutrition et la santé générale peuvent en découler (101,106). Des carences nutritionnelles peuvent survenir, par les refus de consommation de certains aliments, ou par la déglutition d'aliments peu ou pas mastiqués, ce qui réduit l'aire de contact avec les enzymes digestives. La persistance de difficultés masticatoires et/ou de stratégies adaptatives pourraient également favoriser l'appétence pour des aliments de texture plus molle, souvent synonyme d'aliments à haute teneur en sucre, augmentant le risque d'obésité (137).

La synthèse de ces études doit être valorisée de manière à modifier les pratiques professionnelles. Ainsi, tout professionnel indiquant une réhabilitation bucco-dentaire pendant le développement, et particulièrement si les contacts inter-arcades au niveau postérieur sont susceptibles d'être modifiés, devraient mettre en place une évaluation des fonctions et de l'état nutritionnel des patients. Des outils utilisables en pratique clinique, tel que le questionnaire NOT-S ou le calcul de l'IMC, sont à la disposition de ces professionnels pour permettre ces évaluations. De plus, il semble nécessaire de développer des recommandations pour adapter l'alimentation de chaque patient à sa capacité masticatoire après réhabilitation et ainsi limiter les risques nutritionnels et de fausses routes. Il reste à définir s'il existe des seuils permettant de distinguer les patients selon leur besoin en rééducation fonctionnelle et/ou en adaptation de leur régime alimentaire. En effet, certains patients pourraient récupérer spontanément une mastication correcte. Certains pourraient nécessiter une rééducation fonctionnelle pour atteindre le même objectif. Enfin, pour d'autres, qui ne récupéreront pas la capacité à dégrader correctement les aliments malgré une rééducation, des aliments à texture adaptée pourraient être développés afin d'assurer les besoins nutritionnels. Les potentielles rééducations fonctionnelles restent également à développer.

La méthodologie développée et utilisée dans les études présentées dans ce manuscrit semble permettre d'évaluer la dégradation des particules du bol alimentaire pour plusieurs populations d'enfants. Toutefois pour les enfants présentant des agénésies multiples et réhabilités prothétiquement, les



paramètres cinématiques, et notamment le nombre de cycles masticatoires avant déglutition, semblent présenter des variations, ce qui pourrait fausser la détermination du seuil de déglutition. Dans l'objectif de poursuivre l'évaluation de la capacité masticatoire dans cette population mais également de l'analyser chez des enfants atteints d'autres pathologies, il semble nécessaire de vérifier au préalable la répétabilité des paramètres cinématiques avec plus de deux échantillons. Lorsque les sujets d'étude de la granulométrie du bol alimentaire sont des adultes, les seuils de déglutitions sont déterminés par le sujet lui-même qui signifie, en levant la main, qu'il est prêt à déglutir et qu'il va recracher le bol dans le pot à échantillon (56,173). On peut nommer cette pratique comme une détermination autonome, ou « self détermination ». Pour des enfants, qui pourraient avoir un certain contrôle de la première phase de la déglutition, il serait intéressant de vérifier si l'application de la méthodologie utilisée chez l'adulte, avec arrêt par le sujet lui-même lorsqu'il est prêt à déglutir, n'est pas plus fiable que la méthodologie appliquée pour des enfants d'âge préscolaire. Il est également nécessaire de préciser à partir de quel âge, ou de quel degré de maturation dentaire, neuromusculaire et/ou cognitif, l'utilisation de cette méthodologie « d'arrêt autonome » avant recueil du bol alimentaire peut être envisagé.

## **E. Conclusion**

Les contacts dentaires inter-arcades postérieurs qui s'établissent lors de la mastication, permettent la dégradation mécanique de l'aliment et sa transformation en bol alimentaire, grâce aux informations sensorielles qu'elles transmettent au cerveau et qui permettent de moduler toute la cinétique masticatoire dans l'unique but de pouvoir ingérer l'aliment. Ces mécanismes se mettent en place avec les dents au cours de l'ontogénèse et sont perturbés en cas d'altérations bucco-dentaires. Lors du développement physiologique, la capacité à dégrader les aliments est particulièrement améliorée lorsque toutes les dents définitives, hormis les dents de sagesse, sont fonctionnelles sur l'arcade. Les altérations bucco-dentaires présentes en âge préscolaire impactent négativement cette capacité à dégrader les aliments. Dès lors qu'une dent postérieure est avulsée lors de réhabilitation chez le jeune enfant, la capacité masticatoire semble rester altérée à long terme. Cette altération et la persistance de stratégies adaptatives mise en place pour pallier ces difficultés masticatoires entraînent des risques nutritionnels et sur la santé générale en influençant négativement l'alimentation à long terme. Les premières observations réalisées chez des enfants présentant des agénésies multiples suggèrent que le remplacement des dents par la mise en place de prothèses amovibles, ne permet pas d'obtenir une capacité masticatoire similaire à celle d'enfants sans altération mais permet toutefois une amélioration de la mastication et une diversification alimentaire.

Les professionnels de la santé bucco-dentaire, et plus particulièrement les spécialistes en Médecine Bucco-Dentaire dont les missions ciblent la prise en charge des patients à besoins spécifiques, doivent être formés à l'évaluation de la mastication, en particulier chez l'enfant dont les préférences et les refus alimentaires sont dépendants de l'état bucco-dentaire, situations qui ont des conséquences sur son état nutritionnel. Lorsqu'une réhabilitation bucco-dentaire est susceptible de modifier les contacts inter-arcades postérieurs durant l'enfance, les fonctions orofaciales devraient être évaluées, tout comme l'état nutritionnel des sujets. Les critères permettant de distinguer les patients qui nécessitent une réhabilitation et une rééducation fonctionnelle de ceux pour lesquels la texture des aliments doit être adaptée au contexte dento-neuro-musculaire doivent être établis afin de limiter les conséquences nutritionnelles à long terme des patients présentant une déficience masticatoire. Les interactions professionnelles au sein d'équipes multidisciplinaires, alliant par exemple orthophonistes, nutritionnistes, pédiatres et chirurgiens-dentistes peuvent permettre une réhabilitation fonctionnelle globale adaptée à chaque patient.

## F. Références bibliographiques

1. Van der Bilt A. Assessment of mastication with implications for oral rehabilitation: a review. *J Oral Rehabil.* 2011;38(10):754-80.
2. World Health Organisation. International Classification of Functioning, Disability and health (ICF). Geneva, Switzerland: WHO; 2001.
3. Woda A, Mishellany A, Peyron MA. The regulation of masticatory function and food bolus formation. *J Oral Rehabil.* 2006;33(11):840-9.
4. Green JR, Moore CA, Ruark JL, Rodda PR, Morvée WT, VanWitzenburg MJ. Development of chewing in children from 12 to 48 months: longitudinal study of EMG patterns. *J Neurophysiol.* 1997;77(5):2704-16.
5. Steeve RW, Moore CA, Green JR, Reilly KJ, Ruark McMurtrey J. Babbling, chewing, and sucking: oromandibular coordination at 9 months. *J Speech Lang Hear Res.* 2008;51(6):1390-404.
6. Tamura Y, Matsushita S, Shinoda K, Yoshida S. Development of perioral muscle activity during suckling in infants: a cross-sectional and follow-up study. *Dev Med Child Neurol.* 1998;40(5):344-8.
7. Dellow PG, Lund JP. Evidence for central timing of rhythmical mastication. *J Physiol (Lond).* 1971;215(1):1-13.
8. Rogers B, Arvedson J. Assessment of infant oral sensorimotor and swallowing function. *Ment Retard Dev Disabil Res Rev.* 2005;11(1):74-82.
9. Delaney AL, Arvedson JC. Development of swallowing and feeding: prenatal through first year of life. *Dev Disabil Res Rev.* 2008;14(2):105-17.
10. Le Révérend BJD, Edelson LR, Loret C. Anatomical, functional, physiological and behavioural aspects of the development of mastication in early childhood. *Br J Nutr.* 2014;111(3):403-14.
11. Nicklaus S, Demonteil L, Tournier C. 8-Modifying the texture of foods for infants and young children. In: *Modifying Food Texture* [Internet]. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. 2015. p. 187-222. Disponible sur: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-1-78242-334-8.00008-0>
12. Bosma J, Donner M, Tanaka E, Robertson D. Anatomy of the pharynx, pertinent to swallowing. *Dysphagia* 1. 1986;23-33.
13. Gaspard M. How children and teenagers acquire and utilize masticatory function (Part one). *Rev Orthop Dento Faciale.* 2001;35:349-403.
14. Lau C, Hurst N. Oral feeding in infants. *Curr Probl Pediatr.* avr 1999;29(4):105-24.
15. Matsuo K, Palmer JB. Anatomy and physiology of feeding and swallowing: normal and abnormal. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* nov 2008;19(4):691-707, vii.
16. Stevenson RD, Allaire JH. The development of normal feeding and swallowing. *Pediatr Clin North Am.* 1991;38(6):1439-53.
17. Törölä H, Lehtihalmes M, Yliherva A, Olsén P. Feeding skill milestones of preterm infants born with extremely low birth weight (ELBW). *Infant Behav Dev.* 2012;35(2):187-94.

18. Limme M. Conduites alimentaires et croissance des arcades dentaires. *Rev Orthop Dento Faciale*. 2002;36:289-309.
19. Vorperian HK, Kent RD, Lindstrom MJ, Kalina CM, Gentry LR, Yandell BS. Development of vocal tract length during early childhood: a magnetic resonance imaging study. *J Acoust Soc Am*. 2005;117(1):338-50.
20. Ranly DM. Early orofacial development. *J Clin Pediatr Dent*. 1998;22(4):267-75.
21. Lund JP. Mastication and its control by the brain stem. *Crit Rev Oral Biol Med*. 1991;2(1):33-64.
22. Piancino MG, Cordero-Ricardo M, Cannavale R, Vallelonga T, Garagiola U, Merlo A. Improvement of masticatory kinematic parameters after correction of unilateral posterior crossbite: Reasons for functional retention. *Angle Orthod*. 2017;87(6):871-7.
23. Cichero JAY. Unlocking opportunities in food design for infants, children, and the elderly: Understanding milestones in chewing and swallowing across the lifespan for new innovations. *J Texture Stud*. 2017;48(4):271-9.
24. da Costa SP, Remijn L, Weenen H, Vereijken C, van der Schans C. Exposure to texture of foods for 8-month-old infants: Does the size of the pieces matter? *J Texture Stud*. 2017;48(6):534-40.
25. N'gom PI, Woda A. Influence of impaired mastication on nutrition. *J Prosthet Dent*. 2002;87(6):667-73.
26. Schwaab LM, Niman CW, Gisel EG. Comparison of chewing cycles in 2-, 3-, 4-, and 5-year-old normal children. *Am J Occup Ther*. 1986;40(1):40-3.
27. Gisel EG. Effect of food texture on the development of chewing of children between six months and two years of age. *Dev Med Child Neurol*. 1991;33(1):69-79.
28. Barbosa T de S, Tureli MC de M, Nobre-dos-Santos M, Puppim-Rontani RM, Gavião MBD. The relationship between oral conditions, masticatory performance and oral health-related quality of life in children. *Arch Oral Biol*. 2013;58(9):1070-7.
29. Bonnet G, Batisse C, Peyron MA, Nicolas E, Hennequin M. Which variables should be controlled when measuring the granulometry of a chewed bolus? A systematic review. *J Texture Stud*. 2019;50(3):194-216.
30. Lassauzay C, Peyron MA, Albuissou E, Dransfield E, Woda A. Variability of the masticatory process during chewing of elastic model foods. *Eur J Oral Sci*. 2000;108(6):484-92.
31. Woda A, Foster K, Mishellany A, Peyron MA. Adaptation of healthy mastication to factors pertaining to the individual or to the food. *Physiol Behav*. 2006;89(1):28-35.
32. Peyron MA, Maskawi K, Woda A, Tanguay R, Lund JP. Effects of food texture and sample thickness on mandibular movement and hardness assessment during biting in man. *J Dent Res*. 1997;76(3):789-95.
33. Ottenhoff FA, van der Bilt A, van der Glas HW, Bosman F. Control of human jaw elevator muscle activity during simulated chewing with varying bolus size. *Exp Brain Res*. 1993;96(3):501-12.
34. Almotairy N, Kumar A, Trulsson M, Grigoriadis A. Development of the jaw sensorimotor control and chewing - a systematic review. *Physiol Behav*. 2018;194:456-65.

35. Peyron MA, Woda A. [Adaptation of mastication in response to the characteristics of the individual or the food]. *Orthod Fr.* 2006;77(4):417-30.
36. Yamada-Ito C, Saitoh I, Yashiro K, Inada E, Maruyama T, Takada K, et al. Smoothness of molar movement during gum chewing in children with primary dentition. *Cranio.* 2013;31(4):260-9.
37. Snipes WB, Throckmorton GS, Buschang PH. Normal masticatory function of girls and young women: mandibular masticatory movements. *Am J Hum Biol.* 1998;10(1):53-62.
38. Kubota N, Hayasaki H, Saitoh I, Iwase Y, Maruyama T, Inada E, et al. Jaw motion during gum-chewing in children with primary dentition. *Cranio.* 2010;28(1):19-29.
39. Hayasaki H, Sawami T, Saitoh I, Iwase Y, Nakata S, Nakata M. Length of the occlusal glide during chewing in children with primary dentition. *J Oral Rehabil.* 2003;30(11):1138-41.
40. Wickwire NA, Gibbs CH, Jacobson AP, Lundeen HC. Chewing patterns in normal children. *Angle Orthod.* 1981;51(1):48-60.
41. Simione M, Loret C, Le Révérend B, Richburg B, Del Valle M, Adler M, et al. Differing structural properties of foods affect the development of mandibular control and muscle coordination in infants and young children. *Physiol Behav.* 2018;186:62-72.
42. Hennequin M, Allison PJ, Veyrune JL, Faye M, Peyron M. Clinical evaluation of mastication: validation of video versus electromyography. *Clin Nutr.* 2005;24(2):314-20.
43. Gisel EG. Chewing cycles in 2- to 8-year-old normal children: a developmental profile. *Am J Occup Ther.* 1988;42(1):40-6.
44. Wilson EM, Green JR, Weismer G. A kinematic description of the temporal characteristics of jaw motion for early chewing: preliminary findings. *J Speech Lang Hear Res.* 2012;55(2):626-38.
45. Almotairy N, Kumar A, Grigoriadis A. Effect of food hardness on chewing behavior in children. *Clin Oral Investig.* 2021;25(3):1203-16.
46. Peyron MA, Gierczynski I, Hartmann C, Loret C, Dardevet D, Martin N, et al. Role of physical bolus properties as sensory inputs in the trigger of swallowing. *PLoS One.* 2011;6(6):e21167.
47. Loret C, Walter M, Pineau N, Peyron MA, Hartmann C, Martin N. Physical and related sensory properties of a swallowable bolus. *Physiol Behav.* 2011;104(5):855-64.
48. Kochi I, Takei E, Maeda R, Ito K, Magara J, Tsujimura T, et al. Changes of bolus properties and the triggering of swallowing in healthy humans. *J Oral Rehabil.* 2021;48(5):592-600.
49. Wada S, Goto T, Fujimoto K, Watanabe M, Nagao K, Nakamichi A, et al. Changes in food bolus texture during mastication. *J Texture Stud.* 2017;48(2):171-7.
50. Woda A, Nicolas E, Mishellany-Dutour A, Hennequin M, Mazille MN, Veyrune JL, et al. The masticatory normative indicator. *J Dent Res.* 2010;89(3):281-5.
51. Julien KC, Buschang PH, Throckmorton GS, Dechow PC. Normal masticatory performance in young adults and children. *Arch Oral Biol.* 1996;41(1):69-75.
52. Barrera LM, Buschang PH, Throckmorton GS, Roldán SI. Mixed longitudinal evaluation of masticatory performance in children 6 to 17 years of age. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;139(5):e427-434.

53. Kaya MS, Akyuz S, Guclu B, Diracoglu D, Yarat A. Masticatory parameters of children with and without clinically diagnosed caries in permanent dentition. *Eur J Paediatr Dent.* 2017;18(2):116-20.
54. Laguna L, Chen J. The eating capability: Constituents and assessments. *Food Quality and Preference.* 2016;48:345-58.
55. Wintergerst A, Gómez-Zúñiga RS. The effect of bolus size on masticatory parameters at swallowing threshold in children using a hard, solid, artificial test food. *J Texture Stud.* 2022;53(3):374-82.
56. Decerle N, Nicolas E, Hennequin M. Chewing deficiencies in adults with multiple untreated carious lesions. *Caries Res.* 2013;47(4):330-7.
57. Batisse C, Bonnet G, Bessadet M, Veyrune JL, Hennequin M, Peyron MA, et al. Stabilization of mandibular complete dentures by four mini implants: Impact on masticatory function. *J Dent.* 2016;50:43-50.
58. Cole TJ, Flegal KM, Nicholls D, Jackson AA. Body mass index cut offs to define thinness in children and adolescents: international survey. *BMJ.* 2007;335(7612):194.
59. Mariot M. Impact de l'état oral sur les fonctions orofaciales et l'état statuto-pondéral de jeunes enfants atteints de caries précoces sévères : phase préliminaire d'une étude de suivi péri-opératoire. Thèse d'exercice pour le diplôme de docteur en chirurgie dentaire; 2018.
60. World Health Organisation. WHO | Oral health surveys: basic methods - 5th edition [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2013 [cité 21 oct 2014]. 125 p. Disponible sur: [http://www.who.int/oral\\_health/publications/9789241548649/en/](http://www.who.int/oral_health/publications/9789241548649/en/)
61. Monse B, Heinrich-Weltzien R, Benzian H, Holmgren C, van Palenstein Helder W. PUFA--an index of clinical consequences of untreated dental caries. *Community Dent Oral Epidemiol.* 2010;38(1):77-82.
62. Marquezin MCS, Kobayashi FY, Montes ABM, Gavião MBD, Castelo PM. Assessment of masticatory performance, bite force, orthodontic treatment need and orofacial dysfunction in children and adolescents. *Arch Oral Biol.* 2013;58(3):286-92.
63. Brook PH, Shaw WC. The development of an index of orthodontic treatment priority. *Eur J Orthod.* 1989;11(3):309-20.
64. Li S, Veronneau J, Allison PJ. Validation of a French language version of the Early Childhood Oral Health Impact Scale (ECOHIS). *Health Qual Life Outcomes.* 2008;6:9.
65. Bakke M, Bergendal B, McAllister A, Sjögreen L, Asten P. Development and evaluation of a comprehensive screening for orofacial dysfunction. *Swed Dent J.* 2007;31(2):75-84.
66. Castetbon K, Lafay L, Volatier J, Escalon H, Delamaire C, Chauliac M, et al. The French National Nutrition and Health Program (PNNS): report of the studies and observed results. *Cahiers de Nutrition et de Diététique.* 2011;46(2):S11-25.
67. Pires SC, Giugliani ERJ, Carames da Silva F. Influence of the duration of breastfeeding on quality of muscle function during mastication in preschoolers: a cohort study. *BMC Public Health.* 2012;12(1):934.
68. Ingervall B, Thilander B. Relation between facial morphology and activity of the masticatory muscles. *J Oral Rehabil.* 1974;1(2):131-47.

69. Kamegai T, Tatsuki T, Nagano H, Mitsunashi H, Kumeta J, Tatsuki Y, et al. A determination of bite force in northern Japanese children. *Eur J Orthod.* 2005;27(1):53-7.
70. Dovey TM, Staples PA, Gibson EL, Halford JCG. Food neophobia and « picky/fussy » eating in children: a review. *Appetite.* 2008;50(2-3):181-93.
71. Schwartz JL, Niman CW, Gisel EG. Chewing cycles in 4- and 5-year-old normal children: an index of eating efficacy. *Am J Occup Ther.* 1984;38(3):171-5.
72. Archambault M, Millen K, Gisel EG. Effect of bite size on eating development in normal children 6 months to 2 years of age. *Phys Occup Ther Pediatr.* 1991;10:29-47.
73. Papargyriou G, Kjellberg H, Kiliaridis S. Changes in masticatory mandibular movements in growing individuals: a six-year follow-up. *Acta Odontol Scand.* 2000;58(3):129-34.
74. Gerstner GE, Madhavan S, Braun TM. Relationships between masticatory rhythmicity, body mass and cephalometrically-determined aesthetic and functional variables during development in humans. *Arch Oral Biol.* 2014;59(7):711-21.
75. Ayano R, Tamura F, Ohtsuka Y, Mukai Y. The development of normal feeding and swallowing: Showa University study of the feeding function. *Int J Orofacial Myology.* 2000;26:24-32.
76. American Academy of Pediatric Dentistry. Policy on Early Childhood Caries (ECC): Classifications, Consequences, and Preventive Strategies. *Pediatr Dent.* 2016;38(6):52-4.
77. Uribe SE, Innes N, Maldupa I. The global prevalence of early childhood caries: A systematic review with meta-analysis using the WHO diagnostic criteria. *Int J Paediatr Dent.* 2021;31(6):817-30.
78. Tinanoff N, Baez RJ, Diaz Guillory C, Donly KJ, Feldens CA, McGrath C, et al. Early childhood caries epidemiology, aetiology, risk assessment, societal burden, management, education, and policy: Global perspective. *Int J Paediatr Dent.* 2019;29(3):238-48.
79. Chen KJ, Gao SS, Duangthip D, Lo ECM, Chu CH. Prevalence of early childhood caries among 5-year-old children: A systematic review. *J Investig Clin Dent.* 2019;10(1):e12376.
80. Folliguet M. Prévention de la carie dentaire chez les enfants avant 3 ans [Internet]. Direction Générale de la Santé; 2006 [cité 6 janv 2017]. Disponible sur: [http://social-sante.gouv.fr/IMG/pdf/Prevention\\_de\\_la\\_carie\\_dentaire\\_chez\\_les\\_enfants\\_avant\\_3\\_ans.pdf](http://social-sante.gouv.fr/IMG/pdf/Prevention_de_la_carie_dentaire_chez_les_enfants_avant_3_ans.pdf)
81. Feitosa S, Colares V, Pinkham J. The psychosocial effects of severe caries in 4-year-old children in Recife, Pernambuco, Brazil. *Cad Saude Publica.* 2005;21(5):1550-6.
82. Mohamed WE, Abou El Fadl RK, Thabet RA, Helmi M, Kamal SH. Iron deficiency anaemia and early childhood caries: a cross-sectional study. *Aust Dent J.* 2021;66 Suppl 1:S27-36.
83. Schroth RJ, Levi JA, Sellers EA, Friel J, Kliewer E, Moffatt MEK. Vitamin D status of children with severe early childhood caries: a case-control study. *BMC Pediatr.* 2013;13:174.
84. Schroth RJ, Levi J, Kliewer E, Friel J, Moffatt MEK. Association between iron status, iron deficiency anaemia, and severe early childhood caries: a case-control study. *BMC Pediatr.* 2013;13:22.
85. Tang RS, Huang MC, Huang ST. Relationship between dental caries status and anemia in children with severe early childhood caries. *Kaohsiung J Med Sci.* 2013;29(6):330-6.

86. Seminario AL, Jumani K, Velan E, Scott JM, Latimer J, Schroth RJ. Suboptimal Serum Vitamin D Associated with Early Childhood Caries in Special Health Care Needs Children. *J Dent Child (Chic)*. 2018;85(3):93-101.
87. Jha A, Jha S, Shree R, Kumar A, Menka K, Shrikaar M. Association between Serum Ferritin, Hemoglobin, Vitamin D3, Serum Albumin, Calcium, Thyrotropin-releasing Hormone with Early Childhood Caries: A Case-Control Study. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2021;14(5):648-51.
88. Ji S, Han R, Huang P, Wang S, Lin H, Ma L. Iron deficiency and early childhood caries: a systematic review and meta-analysis. *Chin Med J*. 2021;134(23):2832-7.
89. Easwaran HN, Annadurai A, Muthu MS, Sharma A, Patil SS, Jayakumar P, et al. Early Childhood Caries and Iron Deficiency Anaemia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Caries Res*. 2022;56(1):36-46.
90. Jordan KH, McGwin G, Childers NK. Body Mass Index and Early Childhood Caries in High Caries Risk Children: A Nested Case-Control Methodological Investigation. *J Dent Child (Chic)*. 2021;88(3):156-63.
91. Bhoomika W, Ramakrishna Y, Munshi AK. Relationship between severe early childhood caries and body mass index. *J Clin Pediatr Dent*. 2013;37(3):235-42.
92. Aung YM, Jelleyman T, Ameratunga S, Tin Tin S. Body mass index and dental caries in New Zealand pre-school children: A population-based study. *J Paediatr Child Health*. 2021;57(9):1432-7.
93. Davidson K, Schroth RJ, Levi JA, Yaffe AB, Mittermuller BA, Sellers EAC. Higher body mass index associated with severe early childhood caries. *BMC Pediatr*. 2016;16:137.
94. Mohamed RN, Basha S, Al-Thomali Y, AlZahrani FS, Ashour AA, Almutair NE. Association Between Early Childhood Caries and Obesity among Preschool Children. *Oral Health Prev Dent*. 2022;20(1):113-8.
95. Vania A, Parisella V, Capasso F, Di Tanna GL, Vestri A, Ferrari M, et al. Early childhood caries underweight or overweight, that is the question. *Eur J Paediatr Dent*. 2011;12(4):231-5.
96. Sheller B, Churchill SS, Williams BJ, Davidson B. Body mass index of children with severe early childhood caries. *Pediatr Dent*. 2009;31(3):216-21.
97. Kennedy T, Rodd C, Daymont C, Grant CG, Mittermuller BA, Pierce A, et al. The association of body mass index and severe early childhood caries in young children in Winnipeg, Manitoba: A cross-sectional study. *Int J Paediatr Dent*. 2020;30(5):626-33.
98. Consolação Soares ME, Ramos-Jorge ML, de Alencar BM, Marques LS, Pereira LJ, Ramos-Jorge J. Factors associated with masticatory performance among preschool children. *Clin Oral Investig*. 2017;21(1):159-66.
99. Souto-Souza D, Ramos-Jorge ML, Oliveira TF, Soares ME da C, Primo-Miranda EF, Pereira LJ, et al. Children who have more toothache-related behaviors have worse masticatory performance. *J Texture Stud*. 2022;53(1):52-9.
100. Mc Donnell ST, Hector MP, Hannigan A. Chewing side preferences in children. *J Oral Rehabil*. 2004;31(9):855-60.
101. Limme M. [The need of efficient chewing function in young children as prevention of dental malposition and malocclusion]. *Arch Pediatr*. 2010;17 Suppl 5:S213-219.



102. Brodeur JM, Laurin D, Vallee R, Lachapelle D. Nutrient intake and gastrointestinal disorders related to masticatory performance in the edentulous elderly. *J Prosthet Dent.* 1993;70(5):468-73.
103. Sheiham A, Steele J. Does the condition of the mouth and teeth affect the ability to eat certain foods, nutrient and dietary intake and nutritional status amongst older people? *Public Health Nutr.* 2001;4(3):797-803.
104. Munk DD, Repp AC. Behavioral assessment of feeding problems of individuals with severe disabilities. *J Appl Behav Anal.* 1994;27(2):241-50.
105. Savoca MR, Arcury TA, Leng X, Chen H, Bell RA, Anderson AM, et al. Association between dietary quality of rural older adults and self-reported food avoidance and food modification due to oral health problems. *J Am Geriatr Soc.* 2010;58(7):1225-32.
106. Wilson EM, Green JR, Yunusova Y, Moore CA. Task specificity in early oral motor development. *Semin Speech Lang.* 2008;29(4):257-66.
107. Yamanaka R, Akther R, Furuta M, Koyama R, Tomofuji T, Ekuni D, et al. Relation of dietary preference to bite force and occlusal contact area in Japanese children. *J Oral Rehabil.* 2009;36(8):584-91.
108. Collado V, Pichot H, Delfosse C, Eschevins C, Nicolas E, Hennequin M. Impact of early childhood caries and its treatment under general anesthesia on orofacial function and quality of life: A prospective comparative study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2017;22(3):e333-41.
109. Gussy MG, Waters EG, Walsh O, Kilpatrick NM. Early childhood caries: current evidence for aetiology and prevention. *J Paediatr Child Health.* 2006;42(1-2):37-43.
110. Eidelman E, Faibis S, Peretz B. A comparison of restorations for children with early childhood caries treated under general anesthesia or conscious sedation. *Pediatr Dent.* 2000;22(1):33-7.
111. Schroth RJ, Quiñonez C, Shwart L, Wagar B. Treating early childhood caries under general anesthesia: A national review of canadian data. *J Can Dent Assoc.* 2016;82:g20.
112. Oubenyahya H, Bouhabba N. General anesthesia in the management of early childhood caries: an overview. *J Dent Anesth Pain Med.* 2019;19(6):313-22.
113. Liu F, Yang K, Wang P, Wu T, Li J, Guo Q. Trends, Characteristics, and Success Rates of Treatment for Severe Early Childhood Caries Under General Anesthesia: A Retrospective Study in Northwest China. *J Clin Pediatr Dent.* 2021;45(4):278-83.
114. Mallineni SK, Yiu CKY. Dental treatment under general anesthesia for special-needs patients: analysis of the literature. *J Investig Clin Dent.* 2016;7(4):325-31.
115. Karim ZA, Musa N, Noor SNFM. Utilization of dental general anaesthesia for children. *Malays J Med Sci.* 2008;15(3):31-9.
116. Del Machuca Portillo MC, Hanke Herrero R, del López Valle L, Machuca Portillo G, Bullón Fernández P. General anesthesia: as a challenge and treatment need option in pediatric dentistry. *P R Health Sci J.* 2005;24(4):291-6.
117. Cunnion DT, Spiro A, Jones JA, Rich SE, Papageorgiou CP, Tate A, et al. Pediatric oral health-related quality of life improvement after treatment of early childhood caries: a prospective multisite study. *J Dent Child (Chic).* 2010;77(1):4-11.

118. White H, Lee JY, Vann WF. Parental evaluation of quality of life measures following pediatric dental treatment using general anesthesia. *Anesth Prog.* 2003;50(3):105-10.
119. Boukhobza S, Stamm T, Glatthor J, Meißner N, Bekes K. Changes in oral health-related quality of life among Austrian preschool children following dental treatment under general anaesthesia. *Clin Oral Investig.* 2021;25(5):2821-6.
120. Alantali K, Al-Halabi M, Hussein I, El-Tatari A, Hassan A, Kowash M. Changes in preschool children's oral health-related quality of life following restorative dental general anaesthesia. *Br Dent J.* 2020;229(10):670-6.
121. Ferrazzano GF, Sangianantoni S, Mitrano RL, Ingenito A, Alcidi B, Cantile T. Assessing changes in oral health-related quality of life and body growth in 3-5 years old children following dental treatment under general anaesthesia due to severe dental caries. *Eur J Paediatr Dent.* 2019;20(3):214-8.
122. Ferrazzano GF, Salerno C, Sangianantoni G, Caruso S, Ingenito A, Cantile T. The Effect of Dental Treatment under General Anesthesia on Quality of Life and Growth and Blood Chemistry Parameters in Uncooperative Pediatric Patients with Compromised Oral Health: A Pilot Study. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(12):4407.
123. Sachdev J, Bansal K, Chopra R. Effect of Comprehensive Dental Rehabilitation on Growth Parameters in Pediatric Patients with Severe Early Childhood Caries. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2016;9(1):15-20.
124. Acs G, Shulman R, Ng MW, Chussid S. The effect of dental rehabilitation on the body weight of children with early childhood caries. *Pediatr Dent.* 1999;21(2):109-13.
125. Khong JSY, Goh AT, Sim YF, Lai BWP, Forde CG, Hong CHL. Masticatory function after comprehensive dental treatment in children with severe early childhood caries. *Int J Paediatr Dent.* 2022;32(3):295-303.
126. Hashim NA, Yusof ZYM, Saub R. Responsiveness to change of the Malay-ECOHIS following treatment of early childhood caries under general anaesthesia. *Community Dent Oral Epidemiol.* 2019;47(1):24-31.
127. Grant C, Daymont C, Rodd C, Mittermuller B, Pierce P, Kennedy T, et al. Oral Health-Related Quality of Life of Canadian Preschoolers with Severe Caries After Dental Rehabilitation Under General Anesthesia. *Pediatric dentistry* [Internet]. 2019 [cité 9 oct 2022];41(3). Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31171075/>
128. Raghu R, Gauba K, Goyal A, Kapur A, Gupta A, Singh SK. Oral Health-related Quality of Life of Children with Early Childhood Caries before and after Receiving Complete Oral Rehabilitation under General Anesthesia. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2021;14(Suppl 2):S117-23.
129. Jiang HF, Qin D, He SL, Wang JH. OHRQoL changes among Chinese preschool children following dental treatment under general anesthesia. *Clin Oral Investig.* 2020;24(6):1997-2004.
130. Jiang H, Shen L, Qin D, He S, Wang J. Effects of dental general anaesthesia treatment on early childhood caries: a prospective cohort study in China. *BMJ Open.* 2019;9(9):e028931.
131. Collado V, Linas N, E Silva M, Eschevins C, Peyron MA. Evolution fonctionnelle et staturopondérale des enfants traités pour caries précoces. 49e Journées Internationales de la Société Française d'Odontologie Pédiatrique. Paris 2019;

132. Fromenteau C. Evolution des facteurs de risque carieux et des facteurs protecteurs au cours du suivi péri-opératoire pour une cohorte d'enfants atteints de caries précoces sévères: analyse à 5 ans. Thèse d'exercice pour le diplôme de docteur en chirurgie dentaire; 2020.
133. Amin M, Nouri R, ElSalhy M, Shah P, Azarpazhooh A. Caries recurrence after treatment under general anaesthesia for early childhood caries: a retrospective cohort study. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2015;16(4):325-31.
134. EzEldeen M, Gizani S, Declerck D. Long-term outcome of oral health in patients with early childhood caries treated under general anaesthesia. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2015;16(4):333-40.
135. Alshareef AA, Alkhuriaf A, Pani SC. An Evaluation of Bite Pattern in Children with Severe-Early Childhood Caries Before and After Complete Dental Rehabilitation. *Pediatr Dent.* 2017;39(7):455-9.
136. Iodice G, Danzi G, Cimino R, Paduano S, Michelotti A. Association between posterior crossbite, skeletal, and muscle asymmetry: a systematic review. *Eur J Orthod.* 2016;38(6):638-51.
137. Liberali R, Kupek E, Assis MAA de. Dietary Patterns and Childhood Obesity Risk: A Systematic Review. *Child Obes.* 2020;16(2):70-85.
138. Elamin A, Garemo M, Mulder A. Determinants of dental caries in children in the Middle East and North Africa region: a systematic review based on literature published from 2000 to 2019. *BMC Oral Health.* 2021;21(1):237.
139. Vichayanrat T, Sudha K, Kumthanom K, Apisuttisin J, Uawatanasakul N, Ariyachieatsakul Y. What factors influence mothers' behavior regarding control of their children's sugary snack intake?: An application of the Theory of Planned Behavior. *Int Dent J.* 2018;68(5):336-43.
140. Weihrauch-Blüher S, Schwarz P, Klusmann JH. Childhood obesity: increased risk for cardiometabolic disease and cancer in adulthood. *Metabolism.* 2019;92:147-52.
141. Llewellyn A, Simmonds M, Owen CG, Woolacott N. Childhood obesity as a predictor of morbidity in adulthood: a systematic review and meta-analysis. *Obes Rev.* 2016;17(1):56-67.
142. Sommer A, Twig G. The Impact of Childhood and Adolescent Obesity on Cardiovascular Risk in Adulthood: a Systematic Review. *Curr Diab Rep.* 2018;18(10):91.
143. Forde CG, van Kuijk N, Thaler T, de Graaf C, Martin N. Oral processing characteristics of solid savoury meal components, and relationship with food composition, sensory attributes and expected satiation. *Appetite.* 2013;60(1):208-19.
144. Crossan E, O'Connell AC. Parental perception on oral health-related quality of life and dental features of ectodermal dysplasia and isolated hypodontia in children. *BMC Oral Health.* 2021;21:510.
145. Silva Rodrigues A, Santos Freire J, Inácio Melandes da Silva G, Santos Antunes L, Azeredo Alves Antunes L. Does dental agenesis have an impact on OHRQoL of children, adolescents and young adults? A systematic review. *Acta Odontol Scand.* 2018;76(8):621-7.
146. Locker D, Jokovic A, Prakash P, Tompson B. Oral health-related quality of life of children with oligodontia. *International Journal of Paediatric Dentistry.* 2010;20(1):8-14.
147. Bergendal B, McAllister A, Stecksén-Blicks C. Orofacial dysfunction in ectodermal dysplasias measured using the Nordic Orofacial Test-Screening protocol. *Acta Odontol Scand.* 2009;67(6):377-81.

148. Pinto ASB, Conceição Pinto M e S, Melo do Val C, Costa Oliveira L, Costa de Aquino C, Vasconcelos DFP. Prosthetic Management of a Child with Hypohidrotic Ectodermal Dysplasia: 6-Year Follow-Up. *Case Rep Dent*. 2016;2016:2164340.
149. Montanari M, Callea M, Battelli F, Piana G. Oral rehabilitation of children with ectodermal dysplasia. *BMJ Case Rep*. 2012;2012:bcr0120125652.
150. Kohli R, Levy S, Kummet CM, Dawson DV, Stanford CM. Comparison of perceptions of oral health-related quality of life in adolescents affected with ectodermal dysplasias relative to caregivers. *Spec Care Dentist*. 2011;31(3):88-94.
151. AlNuaimi R, Mansoor M. Prosthetic rehabilitation with fixed prosthesis of a 5-year-old child with Hypohidrotic Ectodermal Dysplasia and Oligodontia: a case report. *J Med Case Rep*. 2019;13:329.
152. Gonçalves TMSV, Gonçalves LM, Sabino-Bezerra JR, Santos-Silva AR, Silva WJ da, Garcia RCMR. Multidisciplinary Therapy of Extensive Oligodontia: A Case Report. *Braz Dent J*. 2013;24:174-8.
153. Shigli A, Airen Sarkar P. Prosthodontic management of patients with Christ–Siemens–Touraine syndrome. *BMJ Case Rep*. 2012;2012:bcr1120115226.
154. Derbanne MA, Sitbon MC, Landru MM, Naveau A. Case report: Early prosthetic treatment in children with ectodermal dysplasia. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2010;11(6):301-5.
155. Gupta S, Tyagi P. Prosthodontic management of anhidrotic ectodermal dysplasia. *Indian J Dent Res*. 2011;22(2):348.
156. Trivedi BD, Bhatia R. Complete and Removable Partial Prosthesis for a Child with Hypohidrotic Ectodermal Dysplasia. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2013;6(1):71-4.
157. Clarke A. Hypohidrotic ectodermal dysplasia. *J Med Genet*. 1987;24(11):659-63.
158. Clarke A, Phillips DI, Brown R, Harper PS. Clinical aspects of X-linked hypohidrotic ectodermal dysplasia. *Arch Dis Child*. 1987;62(10):989-96.
159. Plottova-Puech I, Cambazard F. [Hypohidrotic ectodermal dysplasias]. *Ann Dermatol Venerol*. 2002;129(11):1276-85.
160. Wright JT, Grange DK, Fete M. Hypohidrotic Ectodermal Dysplasia. In: Adam MP, Everman DB, Mirzaa GM, Pagon RA, Wallace SE, Bean LJ, et al., éditeurs. *GeneReviews®* [Internet]. Seattle (WA): University of Washington, Seattle; 1993 [cité 9 oct 2022]. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK1112/>
161. Collado V, Le Goubey C. Prise en charge bucco-dentaire des enfants porteurs de Dysplasie Ectodermique. Journées Nationales de l'Association Française des Dysplasies Ectodermiques. 12 mars 2016;
162. Le Goubey C. Dysplasie Ectodermiques Anhidrotiques: Prise en charge de 2 cas. Mémoire pour le DES ODF (Diplôme d'Etuse Spécialisées en Orthopédie Dento Faciale); 2014.
163. Espada M. Rehabilitation prothétique chez des enfants atteints de dysplasie ectodermique anhidrotique et evaluation de leur mastication : Etude de deux cas cliniques. Thèse d'exercice pour le diplôme de docteur en chirurgie dentaire; 2019.
164. McCord JF, Smith P, Jauhar S. Complete dentures revisited. *Dent Update*. 2014;41(3):250-2, 255-6, 259.

165. de Alencar NA, Reis KR, Antonio AG, Maia LC. Influence of oral rehabilitation on the oral health-related quality of life of a child with ectodermal dysplasia. *J Dent Child (Chic)*. 2015;82(1):36-40.
166. Lexner MO, Bardow A, Hertz JM, Almer L, Nauntofte B, Kreiborg S. Whole saliva in X-linked hypohidrotic ectodermal dysplasia. *International Journal of Paediatric Dentistry*. 2007;17(3):155-62.
167. Raziee L, Judd P, Carmichael R, Chen S, Sidhu N, Suri S. Impacts of oligodontia on oral health-related quality of life reported by affected children and their parents. *Eur J Orthod*. 2020;42(3):250-6.
168. Sholapurkar AA, Setty S, Pai KM. Total anodontia in patient with hypohidrotic ectodermal dysplasia. Report of rare case of Christ-Siemens Touraine syndrome. *N Y State Dent J*. 2011;77(1):36-9.
169. Lexner MO, Bardow A, Bjorn-Jorgensen J, Hertz JM, Almer L, Kreiborg S. Anthropometric and cephalometric measurements in X-linked hypohidrotic ectodermal dysplasia. *Orthod Craniofac Res*. 2007;10(4):203-15.
170. Motil KJ, Fete TJ, Fraley JK, Schultz RJ, Foy TM, Ochs U, et al. Growth characteristics of children with ectodermal dysplasia syndromes. *Pediatrics*. 2005;116(2):e229-234.
171. Costacurta M, Di Renzo L, Pujia A, Tomietto M, Gualtieri P, Docimo R. Dental agenesis and evaluation of body composition through bioelectrical impedance analysis. Observational study on a sample of paediatric subjects. *Eur J Paediatr Dent*. 2020;21(2):143-7.
172. Simsek H, Korkmaz YN, Buyuk SK. Relationship between obesity and prevalence of dental anomalies: Does body mass index play a role? *Eur J Paediatr Dent*. 2019;20(2):95-9.
173. Jalabert-Malbos ML, Mishellany-Dutour A, Woda A, Peyron MA. Particle size distribution in the food bolus after mastication of natural foods. *Food Quality and Preference*. 2007;18(5):803-12.
174. Bhalla G, Agrawal KK, Chand P, Singh K, Singh BP, Goel P, et al. Effect of complete dentures on craniofacial growth of an ectodermal dysplasia patient: a clinical report. *J Prosthodont*. 2013;22(6):495-500.
175. Alshammari A, Almotairy N, Kumar A, Grigoriadis A. Effect of malocclusion on jaw motor function and chewing in children: a systematic review. *Clin Oral Investig*. 2022;26(3):2335-51.
176. Grigoriadis A, Kumar A, Åberg MK, Trulsson M. Effect of Sudden Deprivation of Sensory Inputs From Periodontium on Mastication. *Front Neurosci*. 2019;13:1316.
177. Trulsson M. Sensory-motor function of human periodontal mechanoreceptors. *J Oral Rehabil*. 2006;33(4):262-73.
178. Miki K, Honma S, Ebara S, Kumamoto K, Murakami S, Wakisaka S. Changes in the Distribution of Periodontal Nerve Fibers during Dentition Transition in the Cat. *PLoS One*. 2015;10(6):e0129826.

## Annexes

**Annexe 1 : PI01: Linas N, Peyron M-A, Hennequin M, Eschevins C, Nicolas E, Delfosse C, Collado V.** Masticatory behavior for different solid foods in preschool children according to their oral state. *J Texture Stud.* 2019; 50(3):224-236. doi: 10.1111/jtxs.12387.


Received: 18 September 2018 | Revised: 7 January 2019 | Accepted: 8 January 2019  
DOI: 10.1111/jtxs.12387

### RESEARCH ARTICLE

Journal of  
**Texture Studies**

WILEY

## Masticatory behavior for different solid foods in preschool children according to their oral state

Natacha Linas<sup>1,2</sup> | Marie-Agnès Peyron<sup>3</sup> | Martine Hennequin<sup>1,2</sup> | Caroline Eschevins<sup>1</sup> | Emmanuel Nicolas<sup>1,2</sup> | Caroline Delfosse<sup>1,4</sup> | Valérie Collado<sup>1,2</sup> 

<sup>1</sup>Université Clermont Auvergne, CROC, Clermont-Ferrand, France

<sup>2</sup>CHU Clermont-Ferrand, Service d'Odontologie, Clermont-Ferrand, France

<sup>3</sup>Human Nutrition Unit, CRNH Auvergne, Université Clermont Auvergne, INRA, UNH, Clermont-Ferrand, France

<sup>4</sup>Department of Pediatric Dentistry, Dental School, Lille 2 University, Lille, France

#### Correspondence

Valérie Collado, UFR Odontologie, EA4847 CROC, 2 rue de Braga, F-63100 Clermont-Ferrand, France.  
Email: valerie.collado@uca.fr

#### Abstract

Gradual introduction of solid foods in early childhood takes part in the maturation of mastication. The impact of any oral state alteration on food oral processing development is poorly documented for this age group. This study investigated the masticatory behavior in 3 to 6 year-old children with or without early childhood caries (ECC) for three solid foods of different textures. Twenty-one children with healthy oral state and 23 children with severe ECC were observed during complete mastication of calibrated samples of raw carrot, cheese and breakfast cereals. Food refusals and kinematic parameters (Ti: chewing time, Nc: number of cycles and Fq: chewing frequency) were used to assess children masticatory behavior. Oral Health-related Quality of Life and orofacial dysfunctions were evaluated using, respectively the early childhood oral health impact scale (ECOHIS) and the Nordic orofacial dysfunction test screening (NOT-S). Children suffering from ECC exhibited significantly higher ECOHIS and NOT-S scores, in particular for the mastication domain. Accordingly, lower chewing frequencies values were recorded in children with ECC (i.e., carrot Fq:  $1.21 \pm 0.20$  vs  $1.35 \pm 0.22$ ,  $p \leq 0.01$ ), as well as more frequent refusals for carrots. Kinematic parameters were shown to be repeatable in all children for successive samples of the same food, and tended to vary depending on the proposed food. Some masticatory behavior regulation according to food properties could already be present in preschool children. Children with ECC developed alternative behavioral strategies to overcome feeding difficulties. Further studies should investigate food bolus properties according to oral health, as well as nutritional issues.

#### Practical applications

During childhood, the way solid foods are processed in the oral cavity to be safely swallowed and then digested in available nutrients, is poorly documented. In this study, preschool children have been shown to repeatedly adapt their masticatory behavior to a given food. The collection of various food boli as recorded at the moment of swallowing could then be considered in further food bolus properties research investigations. Moreover, this study suggested that children with altered dentition modified their masticatory kinematic parameters and developed alternative strategies, including food or texture selection, to overcome their feeding difficulties. The development of a mastication evaluation protocol could help medical professionals to detect children masticatory deficiencies and then propose diet adaptations. Considering the importance of food diversity in mastication development and maturation, food industries may consider to develop a range of texture adapted foods for young children, especially designed to gradually rehabilitate the masticatory function.

ABBREVIATIONS: AAPD, American Academy of Pediatric Dentistry; AFU, anterior functional unit; dmft, decayed missing filled teeth index; ECC, early childhood caries; ECOHIS, early childhood oral health impact scale; FU, functional unit; NOT-S, nordic orofacial test-screening; OHRQoL, oral health-related quality of life; PFU, posterior functional unit; S-ECC, severe early childhood caries.

This article was published on AA publication on: 12 January 2019



## 1 | INTRODUCTION

The maturation of the masticatory function and related anatomical and physiological development of the orofacial sphere may be influenced by feeding practices and especially through consumption of diverse food textures throughout infancy and early childhood. Research papers report special interests in the optimal time frame to progressively introduce lumpy food and then solid food during the first 36 months of life, while national recommendations just advocate that texture should evolve according to the child's chewing skills (Demonteil et al., 2018). However, the time actually required to move from the *suckling-swallowing* function in newborn, mostly based on reflex processes, to a fully developed *chewing-swallowing* function requiring advanced coordination skills, is poorly documented, as well as the influencing factors of this process (Blossfeld, Collins, Kiely, & Delahunty, 2007; Coulthard, Harris, & Emmett, 2009; Fewtrell et al., 2017; Gisel, 1991; Stolovitz & Gisel, 1991; World Health Organization, 2002). Diet development may also depend on each child's general development (coordination, posture, psycho-emotional development, etc.) (Delaney & Arvedson, 2008; Rogers & Arvedson, 2005). More specifically, the maturation of the masticatory function involves the development of complex sensorimotor coordination simultaneously with gradual anatomical changes in the head and neck region (Delaney & Arvedson, 2008; Le Révérend, Edelson, & Loret, 2014). Each oral sensorimotor experience during meals improves the child's capacity to control its oral praxes, thanks to cortical memorization. Gradual positioning of deciduous stable dentition and subsequent increase of inter-arch functional dental contacts may improve the ability to adjust the shape and force of the masticatory mandibular movements to food properties through stimulation of proprioceptive periodontal and pulpal receptors (Almotairy, Kumar, Trulsson, & Grigoriadis, 2018; J. Lund & Kolta, 2005; J. P. Lund, 1991; Papargyriou, Kjellberg, & Kiliaridis, 2000; Peyron, Lassauzay, & Woda, 2002). Consequently, teeth should not only be considered as "grinders" of foods, but also as sensory organs participating in the neuromotor control of mastication (N'gom & Woda, 2002). This level of sensorimotor integration allows individuals to constantly adapt their masticatory behavior to food in order to reach mastication objectives. Mastication aims at producing plastic, cohesive, and viscous bolus, suitable for safe swallowing and further transformation into nutrients available for absorption, through insalivation and mechanical reduction of solid food into smaller particles, irrespectively of the strategy adopted by each individual (Dellow & Lund, 1971; Mishellany, Woda, Labas, & Peyron, 2006; van der Bilt, 2011; Woda, Foster, Mishellany, & Peyron, 2006).

However, few studies have investigated the development of children's mastication behavior and its influencing factors. Similarly to adults, infants and children with healthy oral state adjust to food hardness by increasing the chewing time and the number of masticatory cycles necessary before swallowing (Gisel, 1988; Schwaab, Niman, & Gisel, 1986; Schwartz, Niman, & Gisel, 1984; Takada, Miyawaki, & Tatsuta, 1994; Wilson, Green, & Weismer, 2012). However, it is still unknown whether young children are able to adopt the same behavior when repeatedly exposed to the same food, like adults do (van der Bilt, 2011). Additionally, it was demonstrated that the masticatory

time and number of cycles needed for a given food tend to decrease throughout childhood (Gisel, 1988; Schwaab et al., 1986), suggesting an ongoing improvement of the masticatory function. However, reaching mastication maturity is considered to be dependent on the type of food, and occurs when the time necessary to chew a sample of a certain type of food remains constant across a given age range (Gisel, 1988). Some authors considered that mastication of puree and soft food was mature in 6 to 8 month-old children whereas the age at which children's mastication is mature for hard food remains unclear and also depends on the type of assessment measures (Gisel, 1988; Green et al., 1997; Schwaab et al., 1986; Schwartz et al., 1984; Steeve & Price, 2010; Wilson et al., 2012; Wilson & Green, 2009). Thus, exposure to a wide range of texture during early childhood may determine the maturation of food oral processing patterns, which in turn conditions the future consumption of a variety of textures and foods (Blossfeld et al., 2007; Harris & Coulthard, 2016; Limme, 2010).

To investigate the impact of oral health on the development of these regulation mechanisms, a previous study assessed orofacial dysfunctions, including mastication impairment, in children suffering from the severe form of early caries (Severe Early Childhood Caries: S-ECC) (Collado et al., 2017). This disease has spread considerably during the last few decades, especially among socioeconomically disadvantaged families (Allukian, 2008; American Academy of Pediatric Dentistry, 2016) and its impact on children's nutrition, growth, and development is often evoked in quality of life studies (Feitosa, Colares, & Pinkham, 2005; Schroth et al., 2013; Schroth, Levi, Kliever, Friel, & Moffatt, 2013; Vania et al., 2011), but little is known about mastication in children with altered dentition. In adults, it was reported that any alteration of occlusal dental contacts may impact masticatory behavior and nutrition (Adiatman et al., 2013; Brodeur, Laurin, Vallee, & Lachapelle, 1993; Decerle, Nicolas, & Hennequin, 2013; Mishellany-Dutour, Renaud, Peyron, Rimek, & Woda, 2008; Prakash, Kalavathy, Sridevi, & Premnath, 2012; Woda, Foster, Mishellany, & Peyron, 2006; Woda, Mishellany, & Peyron, 2006). The number of chewing cycles, the chewing duration and/or the chewing frequency are modified in such conditions (Decerle et al., 2013; Hennequin, Allison, Faulks, Oriaguet, & Feine, 2005; Peyron et al., 2002; van der Bilt, 2011). In children and adolescents with altered dentition, some studies assessed the ability to break down standardized pieces of silicone chewed during a fixed number of cycles, thus measuring masticatory performance (Barbosa, Tureli, Nobre-dos-Santos, Puppini-Rontani, & Gavião, 2013; Barrera, Buschang, Throckmorton, & Roldán, 2011; de Morais Tureli, de Souza Barbosa, & Gavião, 2010). The authors reported a decrease in masticatory performance in school-aged children with caries or loss of teeth (Barbosa et al., 2013; Julien, Buschang, Throckmorton, & Dechow, 1996) and in preschool children with early childhood caries (ECC) (Consolação Soares et al., 2017). However, as silicone material is not suitable for swallowing and further digestion, the masticatory performance obtained under such conditions cannot be related to the physiological feeding behavior (Dellow & Lund, 1971; Mishellany et al., 2006; van der Bilt, 2011; Woda, Foster, et al., 2006). Overall, it is still unknown if children with oral deficiency are able to modify their masticatory behavior in order to reach the nutritional objectives of mastication, and/or if they have to restrict their diet diversity by avoiding certain type of foods (van der Bilt, 2011).

This study aims to describe adaptive masticatory behavior in 3 to 6 year-old children with and without ECC for three different solid foods. It aims to answer two questions: (a) Are young children with healthy oral state able to recognize food properties and consistently adjust their masticatory behavior to different foods? (b) Is the masticatory behavior modified in presence of severe ECC?

## 2 | MATERIAL AND METHODS

This prospective observational comparative study was designed in accordance with good clinical Practice (International Clinical Harmonization, 1996) and was approved by the local ethical committee (CECIC, 2010/06; IRB Number 5044). Parents or legal guardians, and children, received oral and written information explaining the study's design and the possible benefits and constraints related to their participation, and were asked to sign a consent form. Moreover, the document specified that all data collected during the children's usual follow-up would be used anonymously for research purposes.

### 2.1 | Participants

The study took place at the special care unit of the dental university hospital of Clermont-Ferrand (France) between March and June 2014. Children from 36 to 71 months with full deciduous dentition, without teeth mobility or permanent teeth consulting for treatment of ECC were included in the "ECC group". Children from the same age range visiting the dental unit for their routine dental examination and without any dental problems were included in the control group. Children with disability, severe dysmorphology, and/or geographical barriers preventing follow-up in the unit were excluded. Four out of the 44 children included were slightly over the age limit (71 months) to meet the ECC definition according to the American Academy of Pediatric Dentistry (AAPD) (American Academy of Pediatric Dentistry, 2016). Two children belonged to the control group (74 and 79 months) and two to the study group (72 and 75 months). As these two children also had multiple carious cavities in deciduous teeth, they were included in the ECC group.

The number of subjects needed was estimated using masticatory frequency data of one sample of carrots recorded in a pilot study with unilateral comparison ( $\alpha = 5\%$ ,  $\beta = 10\%$ ). Calculations using the epiR package indicated the need for 21 subjects in each group with a complete data collection. Twenty-three children with ECC and 21 children with healthy oral state were included.

Medical descriptive data of the children included are given in Table 1 according to their group. Both groups were similar in age (*t*-test) and gender (Fisher exact test), as well as weight and height (Student *t*-test).

### 2.2 | Data collection

#### 2.2.1 | Experimental procedure

Two dental practitioners carried out the consultations for both groups. Each visit involved a clinical examination and an interview with the child and their parents. Sociodemographic and medical data were

**TABLE 1** Medical descriptive data for each group of children

Criteria	ECC group (n = 23 children)	Control group (n = 21 children)
Girls/boys ratio	10/13	11/10
Age (months)	n = 23	n = 21
Mean $\pm$ SD (min-max)	61 $\pm$ 8.5 (41-75)	62.6 $\pm$ 10 (46-88)
Associated medical condition (n)	n = 23	n = 21
No associated disease	22	18
Congenital heart disease	0	1
Asthma	1	1
Frequent ear nose and throat infection	0	1
Associated general treatments (n)	n = 23	n = 21
No basic medical treatment	22	20
Bronchodilator	1	1
Antibiotics (<6 months)	4	1
Weight (kg)	n = 22	n = 21
Mean $\pm$ SD (min-max)	18.7 $\pm$ 2.7 (15-24)	19.5 $\pm$ 3.2 (14-29)
Height (cm)	n = 22	n = 19
Mean $\pm$ SD (min-max)	108 $\pm$ 6.6 (92-117)	110.9 $\pm$ 7.2 (98-130)

collected. Oral health-related criteria described below (carious status, occlusal criteria, quality of life and orofacial dysfunctions), were also gathered throughout this visit. Meetings between investigators were organized before and frequently during the inclusion period in order to standardize the recording method.

A second appointment was planned in order to collect the masticatory behavior evaluation criteria namely the following masticatory kinematic parameters: number of cycles, chewing time and chewing frequency registered during a mastication session. Sessions were organized apart from meals, in the mid-morning or mid-afternoon. During the mastication tests, children sat at a small table with their feet on the floor and a video camera was placed in front of them at a distance of about 1 m, in order to frame the children's face with their shoulders. The studied food samples (described below) were proposed to children who chose the order in which they wanted to chew them. The children were encouraged to express any difficulty upon refusal or uneasiness with the food samples, and tests were stopped at will.

#### 2.2.2 | Food samples

Preliminary tests performed within the research laboratory circle of friends and family previously allowed the volume and weight of the food sample suitable for preschool children to be determined. Three solid foods of different texture, commonly used in the research laboratory were chosen: cheese (CHS), breakfast cereals (CER), and raw carrot (CAR).

For each child, nine calibrated food samples were prepared: three samples of breakfast cereals *Fitness<sup>®</sup> nature* (Nestlé) (1 g  $\pm$  10%), three raw carrot, and three cheese *Emmental Meule d'or<sup>®</sup>* (Entremont) cylindrical samples were obtained using a cutter (diameter 2 cm/thickness 1 cm, 3 g  $\pm$  10%).



### 2.2.3 | Video analysis

Video analysis was performed for all children: recordings were sequenced sample by the Imovie® software. The analysis of kinematic parameters during mastication required an independent reading of each video sequence by two observers who watched the recordings in random order. When the results varied between them by more than 10%, consultation with a third reader was organized and the sample recording was registered as uninterpretable if any doubt remained.

## 2.3 | Study criteria

### 2.3.1 | Oral health-related criteria

#### Carious status

To describe the children's dental state, the mean decayed/missing/filled teeth index (dmft) was calculated for each group. The severity of ECC was described according to the AAPD criteria (American Academy of Pediatric Dentistry, 2016).

#### Occlusal criteria

The number of functional units (FU) was assessed in all children. A FU is defined as a pair of antagonist natural teeth with at least one contact area during chewing. Each child of both groups was asked to chew two to three cycles on a 200- $\mu$ m thick articulating paper (Owens, Buschang, Throckmorton, Palmer, & English, 2002). The number of primary teeth on the lower arch that displayed at least one colored mark gave the number of FU. The maximal FU value that could be recorded in caries-free children with no dysmorphology was ten FUs. Anterior functional units (AFU) (incisors and canines) and posterior functional units (PFU) (molars) were analyzed separately.

#### Oral health-related quality of life

The impact of ECC on children's quality of life (Oral Health-Related Quality of Life: OHRQoL) was also investigated in both groups using a validated French version of the early childhood oral health impact scale (ECOHIS), specifically adapted for preschool children (Li, Veronneau, & Allison, 2008).

The ECOHIS relies on parental ratings of 13 items grouped into two main parts: part one is the child impact section and consists of four domains: child symptoms (1 item), child functions (4 items), child psychology (2 items), and child self-image and social interaction (2 items). Part two is the family impact section and consists of two domains: parental distress (2 items) and family function (2 items). The scale is scored using a simple Likert frequency type scale, with responses ranging from "Never" to "Very often" (equivalent to scores of 0–4) plus a "Do not know" option (also scored 0). Item scores are simply added to create a total scale score that range from 0 to 52, with higher scores indicating greater impacts and/or more problems.

Impact of oral health on quality of life was observed for every child from the control group and only eight children from the ECC group. However, some parents did not manage to answer the questionnaire, due to issues such as language limitations, for example. The oral health state of these height children (measured by recording the dmft scores) was not different from that of the overall ECC group. Consequently, it

was assumed that they were representative of the overall group with ECC, regarding the impact of oral health on quality of life.

#### Orofacial dysfunctions

The French version of the Nordic orofacial test-screening (NOT-S) was applied to all children in order to record the presence of orofacial dysfunctions (<http://www.mun-h-center.se/en/>). This test consists of a structured interview and a clinical examination (Bakke, Bergendal, McAllister, Sjögreen, & Asten, 2007), and was validated for children from 3 years of age. The interview explores six functional domains: (I) sensory function, (II) breathing, (III) habits, (IV) chewing and swallowing, (V) drooling, and (VI) dryness of the mouth. The clinical examination includes six domains: (a) face at rest, (b) nose breathing, (c) facial expression, (d) masticatory muscle and jaw function, (e) oral motor function, and (f) speech. Each domain gives a maximum score of one point, even if several items within the same domain are scored positively. For each child, the total NOT-S score may vary from 0 (no dysfunction) to 12 (high dysfunction).

### 2.3.2 | Masticatory behavior evaluation criteria

#### Food refusals

Under the assumption that children would not accept certain foods, especially in the presence of severe caries, child sample refusals were analyzed. Food refusals were considered each time the subject refused to test at least one of the food samples and each time the subject expectorated the sample immediately after introduction into the mouth. The distinction between children refusing one, two, or three samples of a given food was also noted.

#### Masticatory kinematic parameters

For all children included in the study, the variables recorded for each sequence of mastication were: (a) *Chewing time*: Ti (time in seconds between the moment when the food was placed in the mouth and the last swallowing immediately after the end of rhythmic rotary movements); (b) *Number of chewing cycles*: Nc (number of chewing actions during the chewing time period with and without lip closure, corresponding to biting movements. Movements of food manipulation by the tongue and the perioral muscles were not counted as masticatory cycles); (c) *Chewing frequency*: Fq (calculated as the ratio between the number of chewing cycles and the chewing time—Nc/Ti).

To discriminate biting movements from food manipulation by soft tissues, the muscular activity in the anterior region of the oral sphere was closely observed. In particular, obvious contractions of the lips and cleaning movements of the tongue in the vestibules are noticeable through lips and cheeks. Conversely, contractions of the mandibular elevator muscles are visible when the food is crushed between the teeth.

## 2.4 | Statistical analysis

The data collected were analyzed using SPSS® software (IBM, v20).

Medical characteristics and oral health-related criteria were compared between groups using Student *t*-tests, except for gender for which a Fisher tests was applied. The effects of ECC on the oral health-related criteria were investigated by comparing the number of

FU, the mean oral health-related quality of life scores and the orofacial dysfunction scores (Student *t*-tests) of each group. A descriptive analysis of the dysfunction prevalence for each NOT-S domain was also performed for both groups. Finally, the relationships between the NOT-S mean scores and the number of FU were explored (Pearson test).

The analysis strategy of the masticatory parameters aimed at first describing mastication in children with healthy oral state and then at evaluating the impact of oral health deficiencies, by comparing masticatory behavior criteria between groups. Food sample refusal rates were described by separately recording the number of children who refused one, two, or three pieces of each food proposed. The impact of ECC was measured by comparing refusal rates between groups using Fisher exact tests. The masticatory kinematic parameters collected for each food were analyzed in children with healthy oral state in order to determine if young children were able to consistently adjust their masticatory behavior to the food. First, each child's kinematic parameters were compared between three masticatory sequences of one given food (Paired Student *t*-test). Secondly, the way the children adapted their mastication behavior to the three different foods was observed. Kinematic parameters were then compared between the ECC and the control groups using Student *t*-tests. Finally, potential correlations between masticatory kinematic parameters, NOT-S scores and the number of Functional Units were investigated (Pearson test).

### 3 | RESULTS

#### 3.1 | Oral health related criteria

##### 3.1.1 | Carious status

The overall mean dmft score was  $10.09 \pm 3.54$  (min: 3; max: 17) for children with ECC, and 0 for the control group. All children with ECC exhibited the severe form of the disease (S-ECC) (Table 2).

##### 3.1.2 | Occlusal criteria: Functional units

Children with ECC had significantly fewer anterior (AFU) and posterior (PFU) functional dental units than children from the control group (AFU:  $3.09 \pm 1.54$  vs.  $4.14 \pm 1.85$ , respectively,  $p \leq 0.05$ ; PFU:  $3.23 \pm 1.15$  vs.  $3.86 \pm 0.48$ , respectively,  $p \leq 0.05$ ) (Table 2).

##### 3.1.3 | Oral-health-related quality of life

Children with ECC and their family had a significantly lower quality of life than children belonging to the control group (global ECOHIS mean score  $16.38 \pm 4.03$  vs.  $0.16 \pm 0.50$ , respectively,  $p \leq 0.001$ ). Item by item scores are detailed in Table 3.

##### 3.1.4 | Orofacial dysfunctions

Children with ECC had a significantly higher frequency of orofacial dysfunctions than children in the control group (global NOT-S score:  $2.27 \pm 1.28$  vs.  $0.90 \pm 1.14$ , respectively,  $p \leq 0.001$ ). "Chewing and swallowing" was the only domain to be significantly altered by early caries (mean NOT-S global scores:  $0.74 \pm 0.45$  vs.  $0.05 \pm 0.22$ ,  $p \leq 0.001$ ). Domain by domain mean NOT-S scores and orofacial dysfunction frequencies are presented in Table 4 and Figure 1, respectively. Mastication was scored as impaired in 17/23 children with ECC.

**TABLE 2** Dental status description in both groups of children

Criteria		ECC group n = 23	Control group n = 21
dmft score	Mean $\pm$ SD (min-max)	$10.09 \pm 3.54$ (3-17)	0
decayed	Mean $\pm$ SD (min-max)	$9.68 \pm 3.66$ (3-17)	0
missing	Mean $\pm$ SD (min-max)	0	0
filled	Mean $\pm$ SD (min-max)	$0.47 \pm 1.22$ (0-5)	0
AFU	Mean $\pm$ SD (min-max)	$3.09 \pm 1.54$ (0-6)	$4.14 \pm 1.85$ (2-6)
PFU	Mean $\pm$ SD (min-max)	$3.23 \pm 1.15$ (0-4)	$3.86 \pm 0.48$ (2-4)

AFU: anterior functional units; dmft: decayed missing filled teeth; PFU: posterior functional units.

#### 3.1.5 | Correlations between NOT-S scores and functional units

For all children, regardless of the oral state, the mean NOT-S global score was negatively correlated with the number of Anterior and Posterior Functional Units (respectively  $\rho = -0.513$ ;  $p \leq 0.001$  and  $\rho = -0.423$ ;  $p \leq 0.001$ ).

### 3.2 | Masticatory behavior

#### 3.2.1 | Food refusals

Detailed sample refusal numbers in both groups according to each food are given in Table 5. Children with healthy oral state refused carrot and cheese samples with a similar frequency. In the presence of ECC, carrot samples seemed to exhibit the highest refusal rate of the three tested foods. Nonetheless, there was no statistical difference in food refusals between groups, irrespective of the food (Fisher exact test, NS). For example, 10/23 children with ECC and 9/21 children from the control group refused at least one piece of carrot (Fisher exact test, NS). However, children with ECC tended to refuse systematically the three carrot samples more frequently than children of the control group (7/23 children with ECC refused all three samples vs. 2/21 children of the control group).

#### 3.2.2 | Kinematic parameters of mastication

Mean kinematic parameter values for both groups are displayed in Table 6.

#### Repeatability of masticatory behavior

With regard to cheese and carrots, the comparison of kinematic parameters (Ti, Nc, and Fq) did not show any significant difference among the three repetitions in children with healthy oral state. The same repeatability was observed in children with ECC.

For cereals, the number of chewing cycles (Nc) was repeatable regardless of the group of children. Considering all children included in the study, the chewing time for cereals was not repeatable between the first and the second sample and between the first and the third

**TABLE 3** Detailed ECOHIS mean scores: Comparison between groups

ECOHIS domains		ECC group (n = 8)	Control group (n = 19)
Child impact section			
Child symptoms domain			
11: Oral/Dental Pain	Mean ± SD	2.5 ± 0.93	0***
	n	8	
Child function domain			
12: Difficulty drinking hot or cold beverages	Mean ± SD	1.25 ± 1.39	0***
	n	4	
13: Difficulty eating	Mean ± SD	1.63 ± 1.41	0.05 ± 0.23***
	n	5	1
14: Difficulty pronouncing words	Mean ± SD	0	0.11 ± 0.46
	n		1
15: Missing preschool or school	Mean ± SD	1.25 ± 0.46	0*
	n	8	
Child psychological domain			
16: Trouble sleeping	Mean ± SD	1.75 ± 1.58	0***
	n	5	
17: Irritable or frustrated	Mean ± SD	0.25 ± 0.71	0
	n	1	
Child self-image/social interaction			
18: Avoided smiling/laughing with other children	Mean ± SD	0	0
	n		
19: Avoided talking to other children	Mean ± SD	0	0
	n		
Family impact section			
Parents distress domain			
20: Parents being upset	Mean ± SD	3.25 ± 0.71	0***
	n	8	
21: Parents feeling guilty	Mean ± SD	3.25 ± 0.71	0***
	n	8	
Family function domain			
22: Parents taking time off from work	Mean ± SD	0.75 ± 1.49	0*
	n	2	
23: Financial impact on family	Mean ± SD	0.5 ± 1.41	0
	n	2	
Total ECOHIS mean score	Mean ± SD	16.38 ± 4.03	0.16 ± 0.50***
	n	8	2

Significant difference between groups (t-test): \* $p \leq 0.05$ . \*\*\* $p \leq 0.001$ .

one ( $p \leq 0.001$ ). For all children, the chewing duration of the first sample of cereals, was slightly longer than that of the second and third ones ( $32.7 \pm 12.4$  vs.  $28.2 \pm 10.1$  and  $27.7 \pm 10.4$ , respectively). The chewing frequency for cereals was also different between the first and second samples ( $p \leq 0.001$ ) and between the first and third samples ( $p \leq 0.01$ ). The same differences were also observed after a group-by-group analysis.

#### Masticatory behavior adaptation in children with healthy oral state and impact of ECC

Chewing time, number of cycles and masticatory frequency values of children with healthy oral state tended to be higher for carrots than for the other two foods, cheese having the lower values. (Table 6).

The ECC group exhibited lower mean chewing frequencies than the control group (Table 6). These differences were significant for cereals ( $1.02 \pm 0.27$  vs.  $1.20 \pm 0.25$ , respectively,  $p \leq 0.001$ ) and carrots ( $1.21 \pm 0.20$  vs.  $1.35 \pm 0.22$ ,  $p \leq 0.01$ ). In the presence of ECC, the chewing time for cereals was significantly increased ( $33.70 \pm 12.37$  [ECC] vs.  $25.44 \pm 8.40$  [control],  $p \leq 0.001$ ), whereas it tended to decrease for the two other foods.

#### 3.3 | Correlations between mastication kinematic parameters, and functional units or NOT-S scores

For all children, the mean NOT-S global score was positively correlated with the chewing time for cereals and carrots (Ti CER:  $\rho = 0.425$ ,



**TABLE 4** Domain-by-domain NOT-S mean scores: Comparison between both groups of children

NOT-S domains		ECC group (n = 23)	Control group (n = 21)
I: Sensory function	Mean ± SD	0.17 ± 0.39	0.14 ± 0.36
	n	4	3
II: Breathing	Mean ± SD	0.43 ± 0.51	0.29 ± 0.46
	n	9	6
III: Habits	Mean ± SD	0.57 ± 0.51	0.29 ± 0.46
	n	12	6
IV: Chewing & swallowing <sup>a</sup>	Mean ± SD	0.74 ± 0.45	0.05 ± 0.22***
	n	17	1
V: Drooling	Mean ± SD	0	0
	n	0	0
VI: Dryness of the mouth	Mean ± SD	0.26 ± 0.45	0.10 ± 0.30
	n	6	2
1: Face at rest	Mean ± SD	0	0.05 ± 0.22
	n	0	1
2: Nose breathing	Mean ± SD	0.05 ± 0.21	0
	n	1	0
3: Facial expression	Mean ± SD	0	0
	n	0	0
4: Masticatory muscles & jaw function	Mean ± SD	0	0
	n	0	0
5: Oral motor function	Mean ± SD	0	0.05 ± 0.22
	n	0	1
6: Speech	Mean ± SD	0	0
	n	0	0
Total NOT-S mean score	Mean ± SD	2.27 ± 1.28	0.90 ± 1.14***
	n	19	10

<sup>a</sup> Questions of the IVth domain (Chewing & swallowing) of the NOT-S are: A. Does the child not eat with the mouth? B. Does your child find it difficult to eat foods with certain consistencies? C. Does it take your child 30 min or more to eat a main meal? D. Does your child swallow large bites without chewing? E. Does your child often cough during meals?

Significant difference between groups (t-test): \*\*\* $p \leq 0.001$ .

$p \leq 0.001$ ; Ti CAR:  $\rho = 0.311$ ,  $p \leq 0.01$ ) as well as to the number of masticatory cycles (Nc CER:  $\rho = 0.392$ ,  $p \leq 0.001$ ; Nc CAR:  $\rho = 0.255$ ,  $p \leq 0.05$ ).

Finally, considering both groups, there was a negative correlation between the chewing time for cereals and the number of anterior functional units ( $\rho = -0.177$ ;  $p \leq 0.05$ ).

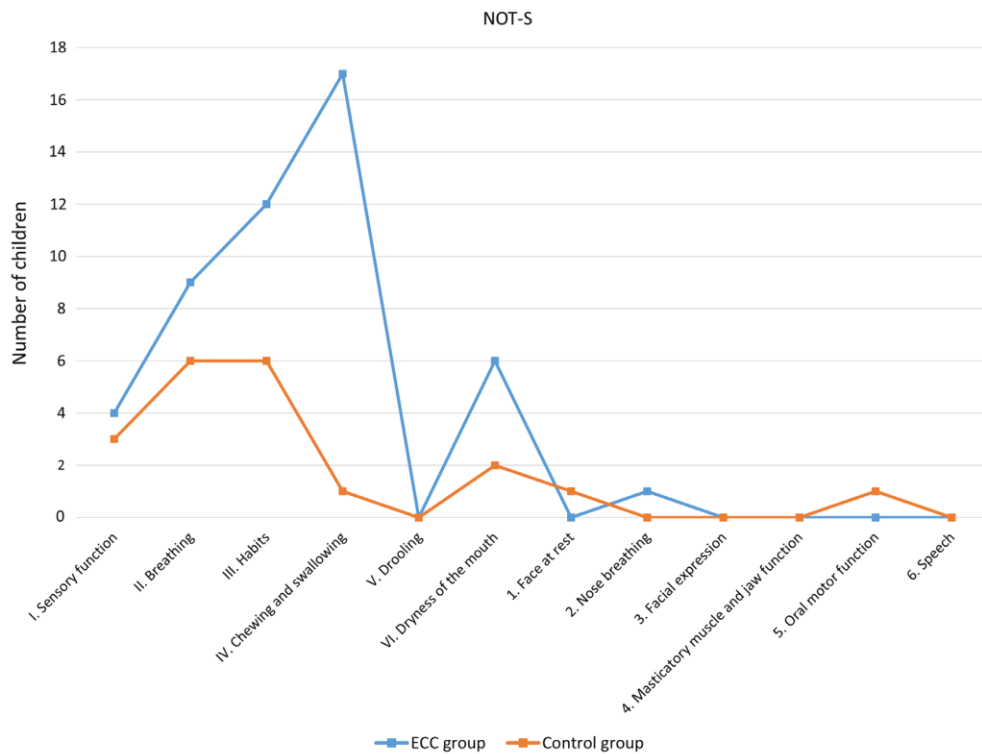
## 4 | DISCUSSION

This study investigated the masticatory behavior in preschool children faced with three different types of solid foods, with special interest in the strategies adopted in presence of oral health alteration. As previously shown (Collado et al., 2017), global assessment of orofacial dysfunctions frequencies specifically highlight impairment of the masticatory domain in presence of ECC. The current results showed: (a) for the first time, that masticatory behavior of young children could already be repeatable when chewing samples of the same food, as observed in adults; and that preschool children also seemed able to adapt to the food texture, by increasing their kinematic parameters for "harder" foods; (b) this recognition and adaptation capacities were maintained in children with altered oral states. However, their

masticatory kinematic parameters were modified by oral disease, in particular showing significantly lower chewing frequencies for cereals and carrots.

### 4.1 | Repeatability and adaptation of masticatory behavior for different solid foods in preschoolers

Previous studies have shown that each adult is able to adapt its masticatory behavior to a given food in a stable way (Jalabert-Malbos, Mishellany-Dutour, Woda, & Peyron, 2007; Lassauzay, Peyron, Albuissou, Dransfield, & Woda, 2000; van der Bilt, 2011; Woda, Foster, et al., 2006). In this study, repeatable kinematic parameters were observed for the first time in children when chewing successive samples of the same food, except for the first mastication sequence of cereals, which remained a sample of discovery and of training for children. It could be assumed that some degree of regulation is already in place during the preschool period, thanks to the development of neurological feedback control systems, allowing them to recognize food features. However, it would be necessary to observe the repeatability of kinematic parameters throughout childhood development in order to evaluate when global mastication maturity is actually reached, meaning, in these settings, when the child is able to



**FIGURE 1** Prevalence of orofacial dysfunctions for each domain of the Nordic orofacial dysfunction test screening, depending on the group of children

reproduce a food-dependent repeatable behavior, allowing the production of a food bolus with optimal and stable properties for digestion.

Furthermore, masticatory kinematic parameters observed in preschool children tended to be different depending on the food. It seems that they needed more time and more cycles before swallowing carrot than cereals or cheese. This food related masticatory behavior was previously described in adults using food and nonfood samples of increasing hardness (Fontijn-Tekamp, van der Bilt, Abbink, & Bosman, 2004; Jalabert-Malbos et al., 2007; Shiau, Peng, & Hsu, 1999; Woda, Foster, et al., 2006). Moreover, studies performed on babies and infants suggested that the capacity to adapt to different foods may appear as soon as food diversification begins (Gisel, 1991; Simone et al., 2018; Wilson et al., 2012). However, the diversity in foods (semi-liquid/solid...) and procedures used in mastication studies in children avoided comparisons

and made it difficult to draw conclusions, especially because children may use different orofacial praxes to deal with the task at hand. Indeed, the impact of the foods' physicochemical properties on children's masticatory behavior should be investigated further, as well as the development of this behavior over time during childhood development.

#### 4.2 | Impact of early childhood caries on masticatory kinematic parameters

Masticatory frequencies for both carrots and cereals were significantly reduced in young children with caries compared to children with healthy oral state, as was previously shown for carrot chewing in adults with diverse oral deficiencies (oral dysmorphologies [Hennequin et al., 2005] or wearing complete denture [Mishellany-Dutour et al., 2008; Woda, Mishellany, & Peyron, 2006]). However,

**TABLE 5** Detail of food sample refusals in each group of children

Foods		n children	1 sample refused (n children)	2 samples refused (n children)	3 samples refused (n children)	Total (n children)
CER	ECC group	23	0	2	0	2
	Control group	21	1	0	0	1
CHS	ECC group	23	0	0	5	5
	Control group	21	1	1	6	8
CAR	ECC group	23	1	2	7	10
	Control group	21	5	2	2	9

CAR: carrot; CER: cereals; CHS: cheese.

**TABLE 6** Kinematic parameters mean values for each tested food in both groups of children

Tested food	Parameters	ECC group (mean $\pm$ SD) n = 23	Control group (mean $\pm$ SD) n = 21
CER	Ti (s)	33.70 $\pm$ 12.37	25.44 $\pm$ 8.40**
	Nc (n)	32.73 $\pm$ 11.99	30.32 $\pm$ 12.17
	Fq (n/s)	1.02 $\pm$ 0.27	1.20 $\pm$ 0.25**
CHS	Ti (s)	20.99 $\pm$ 10.56	22.62 $\pm$ 9.20
	Nc (n)	21.98 $\pm$ 8.25	26.77 $\pm$ 12.79
	Fq (n/s)	1.14 $\pm$ 0.25	1.19 $\pm$ 0.26
CAR	Ti (s)	44.74 $\pm$ 24.34	48.49 $\pm$ 28.84
	Nc (n)	52.29 $\pm$ 27.07	64.84 $\pm$ 41.52
	Fq (n/s)	1.21 $\pm$ 0.20	1.35 $\pm$ 0.22*

CAR: carrot; CER: cereals; CHS: cheese; Fq: chewing frequency; Nc: number of cycles; Ti: chewing time. Significant difference between groups (t-test): \* $p \leq 0.01$ . \*\* $p \leq 0.001$ .

alterations of the chewing duration and the number of cycles differed according to foods: children with ECC took more time to chew cereals and tended to perform fewer masticatory cycles for carrot than children with a healthy oral state. Breaking down a carrot sample into particles suitable for safe swallowing may unquestionably require the use of posterior teeth because of its harder texture, making it impossible for children to let it be soaked in saliva, like cereals for example. Children with ECC might have been avoiding crushing this type of "hard" food because of nociceptive inputs felt at each tooth contact (i.e., discomfort or even pain), modifying the rhythmic pattern of mastication (James P. Lund & Kolta, 2006). It is still unknown if such impairment would persist during development, and if and how the masticatory function would mature under these conditions.

Despite these alterations of the masticatory behavior, children with ECC displayed some abilities observed in children with a healthy oral state. First, they were still able to recognize a given food as their kinematic parameters were not different between samples of that food. Second, children with ECC were also able to adapt their chewing activity to the food by increasing the number of chewing cycles and the mastication duration with food hardness, as observed in adults with multiple caries (Decerle et al., 2013).

#### 4.3 | Other strategies adopted by children with ECC

As already mentioned in the previous section, masticatory deficiencies may lead children with ECC to adopt alternative strategies during food oral processing. This study was not initially designed to describe adaptive strategies other than food refusals or changes in mastication behavior. However, watching the videotapes highlighted the fact that common adaptive strategies were used in about one fourth of children with ECC. These children spent more time before starting to chew cereals in order to let it be soaked in saliva, as though suckling or sucking on this food. Such behavior was previously described during food oral processing in 6 month-old children, before complete tooth eruption (Gisel, 1991). Indeed, when the first primary incisors (at 6–18-months) are erupting, children are encouraged to munch food instead of only waiting for saliva impregnation (Gisel, 1988). At that stage, semi-solid and soft foods are also crushed against the palate by the

tongue using vertical movements in the anterior region (Ayano, Tamura, Ohtsuka, & Mukai, 2000). In the context of ECC, resorting to anterior infant praxes in association with masticatory cycles could be used by children as an adjustment strategy, at least for certain foods. Onset of early caries occurred most often well before families visited the dentist, and throughout the expected period of food textures introduction. It could then be hypothesized that the mastication maturation in these children was stopped or altered because of the presence of caries. This is also suggested in this study as children with ECC reported more frequently a prolonged use of pacifiers and baby bottles. The relationships between these infant oral habits and persistence of immature feeding behaviors have to be further studied (Medeiros, Ferreira, & de Felício, 2009). Furthermore, saliva physical properties have not been addressed in children with altered oral health, whereas it is known that activation of oral mechanoreceptors during mastication is supposed to stimulate salivation (Anderson, Hector, & Linden, 1996; Scott, Bajaj, & Linden, 1999). The impact of salivation on masticatory behavior has not been addressed either. Finally, the substantial immature use of tongue and soft tissues, instead of using posterior teeth, could also explain why the relationships between posterior occlusal contacts and masticatory parameters are not as obvious in preschool children (Oueis, 2009) as in older subjects (Decerle et al., 2013; Julien et al., 1996).

In adults, food refusals and restriction of consumed food range represent another adaptation strategy when mastication is impaired (Batisse et al., 2016; Brodeur et al., 1993; Sheiham & Steele, 2001). In the present study, cereals were the most accepted while carrot samples were subject to the highest number of refusals in both groups. The recorded refusal rates could then mostly be linked to the young age of the subjects as children are known to broaden the food range they accept with age (Sakashita, Inoue, & Kamegai, 2004). However, while children from the control group could accept at least one carrot sample, most children with multiple caries immediately refused any of the carrot samples proposed (2/9 vs. 7/10 refused all carrots samples, respectively). Expressing food dislikes could therefore hide functional deficiencies, or could even be due to past difficulties and/or traumatic events (i.e., food swallowed the wrong way). In such situations, parents or caregivers may adjust the food range and texture proposed to their child according to the child's own capacities (during meal preparation: by mashing, mixing, cooking, etc.), a behavior already observed in the elderly and patients with disability (Munk & Repp, 1994; Savoca et al., 2010). This adaptation may occur unconsciously to a certain extent. Consuming hard food, however, has a positive effect on mastication, by improving biting force, bone growth and occlusal contact area, for example (Yamanaka et al., 2009). Mastication maturation in children could then be altered by reducing food texture variety (Gisel, 1991; Wilson, Green, Yunusova, & Moore, 2008; Yamanaka et al., 2009) and subsequent maxillary and dental development deficiency (Delaney & Arvedson, 2008; Rogers & Arvedson, 2005). Furthermore, it is unknown whether such diet restrictions are sustained over time, especially after oral health rehabilitation and if feeding habits could change according to the new oral condition. It could be assumed that children with ECC tend to keep alternative strategies used during their disease even after dental treatment, since oral praxes have developed in the presence of dental impairment. In the same way, parents' habits



when feeding their child could be sustained after dental treatment. A recent study showed that orofacial dysfunction NOT-S global scores in children with severe ECC matched those of children with healthy oral state 3 months after dental treatment (Collado et al., 2017). However, the specific mastication-swallowing domain remained altered in children with ECC, suggesting that their masticatory capacity 3 months after treatment had not yet matched that of children with a healthy oral state. Future studies should explore the development of diet and masticatory patterns or strategies adopted by young children after dental treatment.

#### 4.4 | General impact of ECC

This study was in line with articles from the literature concerning the impact of ECC on children and family quality of life (Barbosa et al., 2013; Collado et al., 2017). The negative impact of ECC on feeding was particularly highlighted in the present study and confirmed by the alteration of kinematic parameters.

Beside mastication impairment, general impact of the presence of early caries can be expected. The link between ECC and Body Mass Index remains controversial. Some authors did not find any impact of ECC on children's height-to-weight state (Costa, Daher, & Queiroz, 2013). Others have suggested that children with ECC are more at risk of being overweight (Bagherian & Sadeghi, 2013; Bhoomika, Ramakrishna, & Munshi, 2013; Davidson et al., 2016; dos Santos Junior, de Sousa, Oliveira, de Caldas Junior, & Rosenblatt, 2014), or, conversely, underweight (Cameron, Weaver, Wright, & Welbury, 2006). Clinical experience suggests that overweightness may occur in children who adapt to their dental alteration by consuming softer and sweeter foods, leading to a disease/diet vicious circle. Conversely, children with earlier and/or very aggressive forms of ECC may not be able to stand pain or severe functional difficulties, and would be more likely to be underweight (Cameron et al., 2006). The effect of ECC on the height-to-weight state may, to some extent, depend on the onset conditions of the oral disease and how aggressive it is. The biological impact of early caries has not been described extensively, but it is known that children with ECC are susceptible to iron deficiency anemia (Clarke et al., 2006; Schroth, Levi, Kliewer, et al., 2013; Tang, Huang, & Huang, 2013). It is difficult to assess the respective impacts of functional difficulties and family socio-cultural feeding habits (Mitchell, Farrow, Haycraft, & Meyer, 2013) in possible nutrient deficiencies associated with ECC. Nonetheless, it was implied that iron deficiency anemia could be due to insufficient consumption of iron rich-foods (such as red meat) in their diet, or to malabsorption of iron during digestion (Clarke et al., 2006; Schroth, Levi, Kliewer, et al., 2013; Tang et al., 2013).

This study suggested that oral alteration would lead children to eliminate some foods from their diet. However, it could be hypothesized that, when accepted, some foods could be inappropriately prepared for safe swallowing and digestion. Indeed, in adults with oral deficiencies, modifications of kinematic parameters were not sufficient to obtain a food bolus suitable for swallowing (Decerle et al., 2013; Woda, Foster, et al., 2006). Adults are able to pinpoint by themselves the time they are about to swallow, allowing collection of the food bolus and particles size analysis. This methodology was never

tested in preschool children, since it was assumed that they were not mature enough to stop chewing by themselves and spit out right before swallowing (Gisel, 1991). In the present study, kinematic parameters were repeatable for a given food during a mastication session. Systematic recording of these parameters just before food bolus collection could make it possible to predict the theoretical number of cycles needed before swallowing. Investigators could then stop each child to collect the food bolus at the closest time to the swallowing threshold. A subsequent analysis of food bolus particle size as recorded at the time of swallowing in young children (i.e., masticatory efficiency) is currently ongoing.

## 5 | CONCLUSION

This study is the first step toward assessing the spontaneous physiological process of food mastication up to swallowing in preschool children. Children have been shown to share some oral processing behaviors with adults, in particular their capacity to recognize the food and adapt their kinematics to its characteristics. Different age groups of children should be evaluated to determine the moment their mastication may be considered as globally mature, with kinematic parameters stable over time according to the food and consistent degree of food transformation. Moreover, the development of oral function and feeding habits after dental treatment and the need for mastication reeducation for some children should be considered. The development of appropriate processed foods may be addressed in the future and adjusted to the physiological capacities of children with oral deficiencies, such as severe oligodontia or neuromotor disorders.

#### ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank Drs Marie-Hernance Morin, Anne-Claire Delavergne, Margaux Decréton and Maud Poitau for their technical assistance during data collection. This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

#### ETHICAL STATEMENTS

Conflict of Interest: The authors have no conflict of interest to disclose.

Ethical Review: This prospective observational comparative study was designed in accordance with Good Clinical Practice (International Clinical Harmonization, 1996) and was approved by the local ethical committee (CECIC, 2010/06; IRB Number 5044).

Informed Consent: Parents or legal guardians, and children, received oral and written information explaining the study's design and the possible benefits and constraints related to their participation, and were asked to sign a consent form. Moreover, the document specified that all data collected during the children's usual follow-up would be used anonymously for research purposes.

#### ORCID

Valérie Collado  <https://orcid.org/0000-0003-4899-4094>

## REFERENCES

- Adiatman, M., Ueno, M., Ohnuki, M., Hakuta, C., Shinada, K., & Kawaguchi, Y. (2013). Functional tooth units and nutritional status of older people in care homes in Indonesia. *Gerodontology*, 30(4), 262–269. <https://doi.org/10.1111/j.1741-2358.2012.00673.x>
- Allukian, M. (2008). The neglected epidemic and the surgeon general's report: A call to action for better oral health. *American Journal of Public Health*, 98(9 Suppl), S82–S85.
- 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>
- American Academy of Pediatric Dentistry. (2016). Policy on early childhood caries (ECC): Classifications, consequences, and preventive strategies. *Pediatric Dentistry*, 38(6), 52–54.
- Anderson, D. J., Hector, M. P., & Linden, R. W. (1996). The effects of unilateral and bilateral chewing, empty clenching and simulated bruxism, on the masticatory-parotid salivary reflex in man. *Experimental Physiology*, 81(2), 305–312.
- Ayano, R., Tamura, F., Ohtsuka, Y., & Mukai, Y. (2000). The development of normal feeding and swallowing: Showa University study of the feeding function. *The International Journal of Orofacial Myology: Official Publication of the International Association of Orofacial Myology*, 26, 24–32.
- Bagherian, A., & Sadeghi, M. (2013). Association between dental caries and age-specific body mass index in preschool children of an Iranian population. *Indian Journal of Dental Research*, 24(1), 66–70. <https://doi.org/10.4103/0970-9290.114956>
- Bakke, M., Bergendal, B., McAllister, A., Sjögreen, L., & Asten, P. (2007). Development and evaluation of a comprehensive screening for orofacial dysfunction. *Swedish Dental Journal*, 31(2), 75–84.
- Barbosa, T. d. S., Tureli, M. C. d. M., Nobre-dos-Santos, M., Puppini-Rontani, R. M., & Gavião, M. B. D. (2013). The relationship between oral conditions, masticatory performance and oral health-related quality of life in children. *Archives of Oral Biology*, 58(9), 1070–1077. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2013.01.012>
- Barrera, L. M., Buschang, P. H., Throckmorton, G. S., & Roldán, S. I. (2011). Mixed longitudinal evaluation of masticatory performance in children 6 to 17 years of age. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 139(5), e427–e434. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2009.08.031>
- Batisse, C., Bonnet, G., Bessadet, M., Veyrune, J. L., Hennequin, M., Peyron, M. A., & Nicolas, E. (2016). Stabilization of mandibular complete dentures by four mini implants: Impact on masticatory function. *Journal of Dentistry*, 50, 43–50. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2016.04.012>
- Bhoomika, W., Ramakrishna, Y., & Munshi, A. K. (2013). Relationship between severe early childhood caries and body mass index. *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 37(3), 235–242.
- Blossfeld, I., Collins, A., Kiely, M., & Delahunty, C. (2007). Texture preferences of 12-month-old infants and the role of early experiences. *Food Quality and Preference*, 18(2), 396–404. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2006.03.022>
- Brodeur, J. M., Laurin, D., Vallee, R., & Lachapelle, D. (1993). Nutrient intake and gastrointestinal disorders related to masticatory performance in the edentulous elderly. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 70(5), 468–473.
- Cameron, F. L., Weaver, L. T., Wright, C. M., & Welbury, R. R. (2006). Dietary and social characteristics of children with severe tooth decay. *Scottish Medical Journal*, 51(3), 26–29. <https://doi.org/10.1258/RSMJM.51.3.26>
- Clarke, M., Locker, D., Berall, G., Pencharz, P., Kenny, D. J., & Judd, P. (2006). Malnourishment in a population of young children with severe early childhood caries. *Pediatric Dentistry*, 28(3), 254–259.
- Collado, V., Pichot, H., Delfosse, C., Eschevins, C., Nicolas, E., & Hennequin, M. (2017). Impact of early childhood caries and its treatment under general anesthesia on orofacial function and quality of life: A prospective comparative study. *Medicina Oral, Patología Oral Y Cirugía Bucal*, 22(3), e333–e341.
- Consolação Soares, M. E., Ramos-Jorge, M. L., de Alencar, B. M., Marques, L. S., Pereira, L. J., & Ramos-Jorge, J. (2017). Factors associated with masticatory performance among preschool children. *Clinical Oral Investigations*, 21(1), 159–166. <https://doi.org/10.1007/s00784-016-1768-5>
- Costa, L. R., Daher, A., & Queiroz, M. G. (2013). Early childhood caries and body mass index in young children from low income families. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10(3), 867–878. <https://doi.org/10.3390/ijerph10030867>
- Coulthard, H., Harris, G., & Emmett, P. (2009). Delayed introduction of lumpy foods to children during the complementary feeding period affects child's food acceptance and feeding at 7 years of age. *Maternal & Child Nutrition*, 5(1), 75–85. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8709.2008.00153.x>
- Davidson, K., Schroth, R. J., Levi, J. A., Yaffe, A. B., Mittermuller, B.-A., & Sellers, E. A. C. (2016). Higher body mass index associated with severe early childhood caries. *BMC Pediatrics*, 16(137), 137. <https://doi.org/10.1186/s12887-016-0679-6>
- de Moraes Tureli, M. C., de Souza Barbosa, T., & Gavião, M. B. D. (2010). Associations of masticatory performance with body and dental variables in children. *Pediatric Dentistry*, 32(4), 283–288.
- Decerle, N., Nicolas, E., & Hennequin, M. (2013). Chewing deficiencies in adults with multiple untreated carious lesions. *Caries Research*, 47(4), 330–337. <https://doi.org/10.1159/000348397>
- 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>
- Dellow, P. G., & Lund, J. P. (1971). Evidence for central timing of rhythmic mastication. *The Journal of Physiology*, 215(1), 1–13.
- Demonteil, L., Ksiazek, E., Marduel, A., Dusoulier, M., Weenen, H., Tournier, C., & Nicklaus, S. (2018). Patterns and predictors of food texture introduction in French children aged 4–36 months. *The British Journal of Nutrition*, 120(9), 1065–1077. <https://doi.org/10.1017/S0007114518002386>
- dos Santos Junior, V. E., de Sousa, R. M. B., Oliveira, M. C., de Caldas Junior, A. F., & Rosenblatt, A. (2014). Early childhood caries and its relationship with perinatal, socioeconomic and nutritional risks: A cross-sectional study. *BMC Oral Health*, 14(47), 1–5. <https://doi.org/10.1186/1472-6831-14-47>
- Feitosa, S., Colares, V., & Pinkham, J. (2005). The psychosocial effects of severe caries in 4-year-old children in Recife, Pernambuco, Brazil. *Cadernos De Saude Publica*, 21(5), 1550–1556. <https://doi.org/S0102-311X2005000500028>
- Fewtrell, M., Bronsky, J., Campoy, C., Domellöf, M., Embleton, N., Fidler Mis, N., ... Molgaard, C. (2017). Complementary feeding: A position paper by the European society for paediatric gastroenterology, hepatology, and nutrition (ESPGHAN) committee on nutrition. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 64(1), 119–132. <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000001454>
- Fontijn-Tekamp, F. A., van der Bilt, A., Abbink, J. H., & Bosman, F. (2004). Swallowing threshold and masticatory performance in dentate adults. *Physiology & Behavior*, 83(3), 431–436. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2004.08.026>
- Gisel, E. G. (1988). Chewing cycles in 2- to 8-year-old normal children: A developmental profile. *The American Journal of Occupational Therapy*, 42(1), 40–46.
- Gisel, E. G. (1991). Effect of food texture on the development of chewing of children between six months and two years of age. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 33(1), 69–79.
- Green, J. R., Moore, C. A., Ruark, J. L., Rodda, P. R., Morvée, W. T., & VanWitzburg, 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.
- Harris, G., & Coulthard, H. (2016). Early eating behaviours and food acceptance revisited: Breastfeeding and introduction of complementary foods as predictive of food acceptance. *Current Obesity Reports*, 5(1), 113–120. <https://doi.org/10.1007/s13679-016-0202-2>
- Hennequin, M., Allison, P. J., Faulks, D., Orliaguet, T., & Feine, J. (2005). Chewing indicators between adults with down syndrome and controls. *Journal of Dental Research*, 84(11), 1057–1061. <https://doi.org/10.1177/154405910508401117>



- International Clinical Harmonization (1996). Guideline for good clinical practice (s. d.). Consulté à l'adresse [https://www.ich.org/fileadmin/Public\\_Web\\_Site/ICH\\_Products/Guidelines/Efficacy/E6/E6\\_R1\\_Guideline.pdf](https://www.ich.org/fileadmin/Public_Web_Site/ICH_Products/Guidelines/Efficacy/E6/E6_R1_Guideline.pdf)
- Jalabert-Malbos, M.-L., Mishellany-Dutour, A., Woda, A., & Peyron, M.-A. (2007). Particle size distribution in the food bolus after mastication of natural foods. *Food Quality and Preference*, 18(5), 803–812. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2007.01.010>
- Julien, K. C., Buschang, P. H., Throckmorton, G. S., & Dechow, P. C. (1996). Normal masticatory performance in young adults and children. *Archives of Oral Biology*, 41(1), 69–75.
- Lassauzay, C., Peyron, M. A., Albuissou, E., Dransfield, E., & Woda, A. (2000). Variability of the masticatory process during chewing of elastic model foods. *European Journal of Oral Sciences*, 108(6), 484–492.
- Le Révérend, B. J. D., Edelson, L. R., & Lore, C. (2014). Anatomical, functional, physiological and behavioural aspects of the development of mastication in early childhood. *The British Journal of Nutrition*, 111(3), 403–414. <https://doi.org/10.1017/S0007114513002699>
- Li, S., Veronneau, J., & Allison, P. J. (2008). Validation of a French language version of the early childhood Oral health impact scale (ECOHS). *Health and Quality of Life Outcomes*, 6, 9. <https://doi.org/10.1186/1477-7525-6-9>
- Limme, M. (2010). The need of efficient chewing function in young children as prevention of dental malposition and malocclusion. *Archives De Pédiatrie: Organe Officiel De La Société Française De Pédiatrie*, 17(Suppl 5), S213–S219. [https://doi.org/10.1016/S0929-693X\(10\)70930-1](https://doi.org/10.1016/S0929-693X(10)70930-1)
- Lund, J., & Kolta, A. (2005). Adaptation of the central masticatory pattern to the biomechanical properties of food. *International Congress Series*, 1284, 11–20.
- Lund, J. P. (1991). Mastication and its control by the brain stem. *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine*, 2(1), 33–64.
- Lund, J. P., & Kolta, A. (2006). Generation of the central masticatory pattern and its modification by sensory feedback. *Dysphagia*, 21(3), 167–174. <https://doi.org/10.1007/s00455-006-9027-6>
- Medeiros, A. P. M., Ferreira, J. T. L., & de Felício, C. M. (2009). Correlation between feeding methods, non-nutritive sucking and orofacial behaviors. *Pro-Fono: Revista De Atualizacao Cientifica*, 21(4), 315–319.
- Mishellany, A., Woda, A., Labas, R., & Peyron, M.-A. (2006). The challenge of mastication: Preparing a bolus suitable for deglutition. *Dysphagia*, 21(2), 87–94. <https://doi.org/10.1007/s00455-006-9014-y>
- Mishellany-Dutour, A., Renaud, J., Peyron, M.-A., Rimek, F., & Woda, A. (2008). Is the goal of mastication reached in young dentates, aged dentates and aged denture wearers? *The British Journal of Nutrition*, 99(1), 121–128. <https://doi.org/10.1017/S0007114507795284>
- Mitchell, G. L., Farrow, C., Haycraft, E., & Meyer, C. (2013). Parental influences on children's eating behaviour and characteristics of successful parent-focussed interventions. *Appetite*, 60(1), 85–94. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2012.09.014>
- Munk, D. D., & Repp, A. C. (1994). Behavioral assessment of feeding problems of individuals with severe disabilities. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 27(2), 241–250. <https://doi.org/10.1901/jaba.1994.27-241>
- N'gom, P. I., & Woda, A. (2002). Influence of impaired mastication on nutrition. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 87(6), 667–673.
- Oueis, H. (2009). Factors affecting masticatory performance of Japanese children. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 19(3), 201–205. <https://doi.org/10.1111/j.1365-263X.2008.00965.x>
- Owens, S., Buschang, P. H., Throckmorton, G. S., Palmer, L., & English, J. (2002). Masticatory performance and areas of occlusal contact and near contact in subjects with normal occlusion and malocclusion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 121(6), 602–609.
- Papargyriou, G., Kjellberg, H., & Kiliaridis, S. (2000). Changes in masticatory mandibular movements in growing individuals: A six-year follow-up. *Acta Odontologica Scandinavica*, 58(3), 129–134.
- Peyron, M. A., Lassauzay, C., & Woda, A. (2002). Effects of increased hardness on jaw movement and muscle activity during chewing of viscoelastic model foods. *Experimental Brain Research*, 142(1), 41–51. <https://doi.org/10.1007/s00221-001-0916-5>
- Prakash, N., Kalavathy, N., Sridevi, J., & Premnath, K. (2012). Nutritional status assessment in complete denture wearers. *Gerodontology*, 29(3), 224–230. <https://doi.org/10.1111/j.1741-2358.2011.00620.x>
- Rogers, B., & Arvedson, J. (2005). Assessment of infant oral sensorimotor and swallowing function. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, 11(1), 74–82. <https://doi.org/10.1002/mrdd.20055>
- Sakashita, R., Inoue, N., & Kamegai, T. (2004). From milk to solids: A reference standard for the transitional eating process in infants and preschool children in Japan. *European Journal of Clinical Nutrition*, 58(4), 643–653. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601860>
- Savoca, M. R., Arcury, T. A., Leng, X., Chen, H., Bell, R. A., Anderson, A. M., ... Quandt, S. A. (2010). Association between dietary quality of rural older adults and self-reported food avoidance and food modification due to oral health problems. *Journal of the American Geriatrics Society*, 58(7), 1225–1232. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2010.02909.x>
- Schroth, R. J., Levi, J. A., Sellers, E. A., Friel, J., Kliewer, E., & Moffatt, M. E. K. (2013). Vitamin D status of children with severe early childhood caries: A case-control study. *BMC Pediatrics*, 13(174), 1–8. <https://doi.org/10.1186/1471-2431-13-174>
- Schroth, R. J., Levi, J., Kliewer, E., Friel, J., & Moffatt, M. E. K. (2013). Association between iron status, iron deficiency anaemia, and severe early childhood caries: A case-control study. *BMC Pediatrics*, 13(22), 1–7. <https://doi.org/10.1186/1471-2431-13-22>
- Schwaab, L. M., Niman, C. W., & Gisel, E. G. (1986). Comparison of chewing cycles in 2-, 3-, 4-, and 5-year-old normal children. *The American Journal of Occupational Therapy*, 40(1), 40–43.
- Schwartz, J. L., Niman, C. W., & Gisel, E. G. (1984). Chewing cycles in 4- and 5-year-old normal children: An index of eating efficacy. *The American Journal of Occupational Therapy*, 38(3), 171–175.
- Scott, B. J., Bajaj, J., & Linden, R. W. (1999). The contribution of mechanoreceptive neurones in the gingival tissues to the masticatory-parotid salivary reflex in man. *Journal of Oral Rehabilitation*, 26(10), 791–797.
- Sheiham, A., & Steele, J. (2001). Does the condition of the mouth and teeth affect the ability to eat certain foods, nutrient and dietary intake and nutritional status amongst older people? *Public Health Nutrition*, 4(3), 797–803.
- Shiau, Y. Y., Peng, C. C., & Hsu, C. W. (1999). Evaluation of biting performance with standardized test-foods. *Journal of Oral Rehabilitation*, 26(5), 447–452.
- Simione, M., Lore, C., Le Révérend, B., Richburg, B., Del Valle, M., Adler, M., ... Green, J. R. (2018). Differing structural properties of foods affect the development of mandibular control and muscle coordination in infants and young children. *Physiology & Behavior*, 186, 62–72. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.01.009>
- Steeve, R. W., & Price, C. M. (2010). Investigating the use of coherence analysis on mandibular electromyograms to investigate neural control of early oromandibular behaviours: A pilot study. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 24(6), 485–501. <https://doi.org/10.3109/02699200903506312>
- Stolovitz, P., & Gisel, E. G. (1991). Circumoral movements in response to three different food textures in children 6 months to 2 years of age. *Dysphagia*, 6(1), 17–25.
- Takada, K., Miyawaki, S., & Tatsuta, M. (1994). The effects of food consistency on jaw movement and posterior temporalis and inferior orbicularis oris muscle activities during chewing in children. *Archives of Oral Biology*, 39(9), 793–805.
- Tang, R.-S., Huang, M.-C., & Huang, S.-T. (2013). Relationship between dental caries status and anemia in children with severe early childhood caries. *The Kaohsiung Journal of Medical Sciences*, 29(6), 330–336. <https://doi.org/10.1016/j.kjms.2012.10.003>
- 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>
- Vania, A., Parisella, V., Capasso, F., Di Tanna, G. L., Vestri, A., Ferrari, M., & Polimeni, A. (2011). Early childhood caries underweight or overweight, that is the question. *European Journal of Paediatric Dentistry*, 12(4), 231–235.
- 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.earhumdev.2008.12.003>
- Wilson, E. M., Green, J. R., & Weismer, G. (2012). A kinematic description of the temporal characteristics of jaw motion for early chewing:

- Preliminary findings. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 55(2), 626–638. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2011/10-0236\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2011/10-0236))
- 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>
- Woda, A., Foster, K., Mishellany, A., & Peyron, M. A. (2006). Adaptation of healthy mastication to factors pertaining to the individual or to the food. *Physiology & Behavior*, 89(1), 28–35. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2006.02.013>
- Woda, A., Mishellany, A., & Peyron, M.-A. (2006). The regulation of masticatory function and food bolus formation. *Journal of Oral Rehabilitation*, 33(11), 840–849. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2006.01626.x>
- World Health Organization. (2002). *Complementary feeding report of the global consultation and summary of guiding principles for complementary feeding of the breastfed child*. Geneva: World Health Organization.
- Yamanaka, R., Akther, R., Furuta, M., Koyama, R., Tomofuji, T., Ekuni, D., ... Kishimoto, E. (2009). Relation of dietary preference to bite force and occlusal contact area in Japanese children. *Journal of Oral Rehabilitation*, 36(8), 584–591. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2009.01971.x>

**How to cite this article:** Linas N, Peyron M-A, Hennequin M, et al. Masticatory behavior for different solid foods in pre-school children according to their oral state. *J Texture Stud*. 2019;50:224–236. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12387>

**Annexe 2 : PI02 : Linas N, Peyron M-A, Eschevins C, Hennequin M, Nicolas E, Collado V.** Natural food mastication capability in preschool children according to their oral condition. *J Texture Stud.* 2020; 51(5):755-765. doi: 10.1111/jtxs.12536.

**Natural food mastication capability in preschool children according to their oral condition: a preliminary study**

**Short title:** Mastication capability in preschool children

Natacha Linas<sup>1,2</sup>, Marie-Agnès Peyron<sup>1,3</sup>, Caroline Eschevins<sup>1</sup>, Martine Hennequin<sup>1,2</sup>, Emmanuel Nicolas<sup>1,2</sup>, Valérie Collado<sup>1,2</sup>

**Affiliations:**

<sup>1</sup> Université Clermont Auvergne, CROC, F-63000 Clermont-Ferrand, France

<sup>2</sup> CHU Clermont-Ferrand, Service d'Odontologie, F-63003 Clermont-Ferrand, France

<sup>3</sup> Université Clermont Auvergne, INRA, UNH, Human Nutrition Unit, CRNH Auvergne, F- 63000 Clermont-Ferrand, France

**Corresponding author:**

Dr Valérie Collado

UFR Odontologie, EA4847 CROC, 2 rue de Braga,

F-63100 Clermont-Ferrand, France

Email: valerie.collado@uca.fr

Tel: (+33) 4 73 17 73 83

Accepted Article

This article has been accepted for publication and undergone full peer review but has not been through the copyediting, typesetting, pagination and proofreading process, which may lead to differences between this version and the Version of Record. Please cite this article as doi: 10.1111/jtxs.12536

This article is protected by copyright. All rights reserved.

**ABSTRACT**

This study investigated, for the first time, the masticatory capability of preschool children using natural foods, and the impact of an early oral health alteration (early childhood caries: ECC) on the granulometry of ready-to-swallow food boluses.

Thirteen children with ECC were compared to 13 preschool children with a healthy oral condition. Oral health criteria and NOT-S scores (Nordic Orofacial dysfunction Test-Screening) were recorded. For each child, number of masticatory cycles (Nc), chewing time (Ti), and frequency ( $Fq=Nc/Ti$ ) were recorded during mastication of raw carrot (CAR), cheese (CHS) and breakfast cereals (CER) samples. Food boluses were collected by stopping children at their food-dependent individual swallowing threshold (Nc), and the median food bolus particle size value (D50) was calculated. Correlations were sought between oral health and masticatory criteria.

In the ECC group, mean Fq values were significantly decreased for all three foods ( $p\leq 0.001$ ) and mean D50 values were significantly increased ( $p\leq 0.001$ ) compared to the control group (i.e. D50 CAR=  $4384\mu m \pm 929$  vs.  $2960\mu m \pm 627$ ). These alterations were related to the extent of ECC. The NOT-S mean global score was significantly increased in children with ECC ( $2.62 \pm 1.37$  vs.  $1 \pm 0.91$  in the control group,  $p\leq 0.01$ ), due to “Mastication and swallowing” domain impairment.

This study gives granulometric normative values for three foods in preschool children and shows the impact of ECC on D50 values. The progression of children’s masticatory capability after dental treatment, and the impact of such modifications of sensory input on future eating habits should be explored.

**Keywords:** Preschool Children; Dental Caries; Mastication; Particle Size; Food Oral Processing; Swallowing

## 1 INTRODUCTION

Mature mastication and its influencing factors have been widely studied in adults (El Osta et al., 2014; Tada & Miura, 2018; Woda, Mishellany, & Peyron, 2006). However, the masticatory function, and especially the capability to form a food bolus, has been little explored in early childhood under “real” conditions (with natural foods in particular), while it is a crucial period for mastication skills acquisition. The introduction of diverse and increasingly hard food textures (Ferrazzano et al., 2019; Linas et al., 2019) is considered to have a substantial impact on mastication maturation (Wilson, Green, & Weismer, 2012b) and to influence the future food preferences and eating habits of the individual. Indeed, the ability to adjust the shape of the masticatory mandibular movements and the force of masticatory muscular contraction to food textural properties gradually improves during the first years of life, especially through stimulation of proprioceptive periodontal and pulpal receptors of the positioning deciduous dentition, and subsequent cortical memorization (Almotairy, Kumar, Trullsson, & Grigoriadis, 2018; J. P. Lund, 1991; James P Lund & Kolta, 2006). Proper physiological development of oral function is essential to achieve mature mastication characterised by fine and specific adaptation of the motor program to the physical properties of the food.

Little is known about mastication in children with altered dentition, but it may be hypothesised that any alteration of sensory information from teeth could modify the masticatory capability, defined as the capacity to produce a bolus suitable for safe swallowing and further digestion (Laguna & Chen, 2016). To address this issue, a study model with defined oral health alterations would be useful. Recent works have focused on children with early childhood caries (ECC), which has become a significant public health concern worldwide (Chen, Gao, Duangthip, Lo, & Chu, 2019), especially affecting socioeconomically disadvantaged families. Early caries impact children's wellbeing, nutrition, growth and development, and families' quality of life (Feitosa, Colares, & Pinkham, 2005; Schroth, Levi, Sellers, et al., 2013; Schroth, Levi, Kliewer, Friel, & Moffatt, 2013; Tinanoff et al., 2019; Vania et al., 2011). In particular, growth chart alteration or increased risk of iron deficiency anaemia or vitamin deficiencies (Schroth, Levi, Sellers, et al., 2013; Schroth, Levi, Kliewer, et al., 2013; Vania et al., 2011) are frequently observed in children with ECC. Such deficiencies might be due to poor diet, which could be associated with sociocultural and

environmental determinants and/or with food selection induced by mastication difficulties or pain. They might also result from insufficient oral fragmentation of foods during deficient mastication, leading to altered nutrient absorption. Some previous studies showed a decrease in masticatory performance in school-aged and preschool children with caries by assessing their ability to break down standardized pieces of silicone chewed for a fixed number of cycles (Barbosa, Tureli, Nobre-dos-Santos, Puppim-Rontani, & Gavião, 2013; Barrera, Buschang, Throckmorton, & Roldan, 2011; Consolação Soares et al., 2017; de Moraes Tureli, de Souza Barbosa, & Gavião, 2010). However, because silicone material is not suitable for swallowing and further digestion, the masticatory performance obtained under such conditions cannot be related to the physiological eating behaviour when consuming real foods (van der Bilt, 2011; Woda et al., 2006). To date, the state and characteristics of ready-to-swallow food boluses have never been explored in children, while it is known that adults with multiple caries swallowed raw carrot boluses containing a greater proportion of large particles (Decerle, Nicolas, & Hennequin, 2013; Woda et al., 2006). Recently, alterations of masticatory kinematic behaviour have been observed in children with severe early childhood caries (ECC) in comparison with children with a healthy oral condition (Collado et al., 2017; Linas et al., 2019), but it remains unknown if such modifications are sufficient for the production of a food bolus suitable for swallowing and further transformation for nutrient absorption (van der Bilt, 2011; Woda et al., 2006). In particular, these young children decreased their masticatory frequencies (number of cycles per second) for three different calibrated solid foods (raw carrot, cheese and breakfast cereals) (Linas et al., 2019). Nonetheless, the number of cycles performed before swallowing was repeatable for a given food for each child, making it possible to predetermine the individual swallowing threshold and collect ready-to-swallow food boluses for granulometry analysis.

The present study aimed to measure, for the first time in children, the impact of oral health on their masticatory capability using natural foods. After recording the kinematic parameters, the granulometry of food boluses collected at the time of swallowing after mastication of three different natural foods was compared between children with severe ECC and children with a healthy oral condition within the same age range. Relationships between masticatory and oral health-related parameters were explored.

## 2 MATERIAL AND METHODS

This cross-sectional observational study was designed in accordance with Good Clinical Practice and with the ethical standards (ICH expert working group, 1996). All procedures performed in this study were in accordance with the local Ethical Committee (CECIC, 2010/06; IRB Number 5044). Children and parents, or legal representatives, received oral and written information regarding the design and goals of the study, the potential benefits and constraints related to their participation, and information about data confidentiality. They all signed a consent form.

### 2.1 *Participants*

Children from 36 to 71 months, without developmental disorders and with strict deciduous dentition, who were visiting the special dental care unit of the University Hospital of Clermont-Ferrand (France) between May 2016 and May 2017 for treatment of Early Childhood Caries (ECC) were included (“ECC group”). Children of the same age range who were visiting the dental unit for their routine dental examination and without any oral problems were included in the “control group”. 13 children were included in each group. Explanations about the calculation of the required number of subjects is detailed in the “Statistical analysis” section (2.6).

### 2.2 *Experimental procedures and data collection*

The descriptive variables and study criteria were collected by the two investigators (dental practitioners). At the first appointment, general health-related data (age, height and weight) and oral health criteria, detailed in the following section, were gathered during children’s clinical examination and an interview with the caregivers.

A second session, within the following month, was organized according to the participants’ schedule for the mastication evaluation tests. It was planned between meals, in the mid-morning or mid-afternoon. Children were invited to masticate samples of three solid foods with different textures that are commonly used in the research laboratory: cheese (CHS), breakfast cereals (CER), and raw carrot (CAR). For each child, 12 calibrated food samples were prepared: four samples of the breakfast cereal Fitness® Nature



(Nestlé) ( $1 \text{ g} \pm 10\%$ ), four of the raw carrot and four of the cheese Emmental Meule d'or® (Entremont). Cylindrical samples of carrots and cheese were obtained using a cutter (diameter 2 cm/thickness 1 cm,  $3 \text{ g} \pm 10\%$ ) (Linás et al., 2019). During the mastication tests, children sat at a small table with their feet on the floor and one video camera was placed about one meter in front of them, in order to frame the children's face and shoulders. The children chose the food sample order in which they wanted to chew them. Then, they chewed all samples of a given food in a row. The children were encouraged to express any difficulty upon refusal or uneasiness with the food samples, and tests were stopped at will.

As young individuals are supposed not to be mature enough to stop themselves and spit out the food bolus right before swallowing (Gisel, 1991), the masticatory kinematic parameters had to be recorded for each child in order to determine the individual swallowing threshold. This threshold allows the collection of a ready-to-swallow food bolus for further granulometric analysis. Consequently, four mastication sequences were video recorded for each tested food. The first two masticatory sequences allowed live recording of the natural number of cycles needed before swallowing ( $N_c$ ) (Linás et al., 2019). This number was later verified by individual viewing of the video sequences (Imovie® software) in random order by two dental practitioners also involved in a previous study (Linás et al., 2019). Both investigators were trained in recording masticatory kinematic parameters according to the routinely used procedures in mastication studies in the research laboratory (Nicolas, Veyrune, Lassauzay, Peyron, & Hennequin, 2007). Agreement between the values measured by the two investigators was ensured for each mastication sequence (inter-individual variation of less than 10%). If the results varied between them by more than 10%, consultation with a third reader was organized and the sample recording was registered as uninterpretable if any doubt remained. During the next two masticatory sequences, each food bolus was collected for further granulometric analysis, by stopping the child at the predetermined number of cycles ( $N_c$ ) needed before swallowing. Each food bolus was collected in a receiving cup, and the child was asked to take a small amount of water and spit it out with the remaining particles. If a food bolus seemed incomplete, the child was asked to chew another sample. For one child, food boluses were all incomplete and were not analysed. The collected food boluses were then stored for at least 24 h at  $-18^\circ\text{C}$ .

The particle size distribution of each food bolus was determined by manual sieving. For CAR and CHS boluses, a watery sieving was performed. Each bolus was defrosted and particles were separated by rinsing



them onto a stack of nine sieves with apertures of 7.1, 6.3, 4, 2.5, 2, 1.4, 1, 0.8 and 0.4 mm (Saulas, France), using a gentle hand shower. Each sieve was then dried with a paper towel and put into a ventilated oven at 37°C for 6 minutes. For CER food boluses, particle size distribution was assessed using dry sieving. Each bolus was poured onto a 0.3 mm nylon cloth, washed with running water for defrosting, saliva elimination and particle spreading and then left in a ventilated oven for 1 h at 37°C. The dried bolus was poured onto the stack of sieves described above and manually sieved using a paintbrush. For both sieving procedures, the particles retained by each sieve were weighed.

### **2.3 Oral health criteria**

#### *2.3.1 Oral state*

The dmft index (decayed, missing, filled teeth index) was used to evaluate children's carious status (World Health Organisation, 2013).

International Caries Detection and Assessment System scores (ICDAS) specified the extent of decay, and the clinical consequences of caries were evaluated with the pufa index (visible pulp, ulceration of the oral mucosa due to root fragments, fistula or abscess) (Monse, Heinrich-Weltzien, Benzian, Holmgren, & van Palenstein Helderma, 2010; Shoaib, Deery, Ricketts, & Nugent, 2009). The severity of ECC was defined according to the criteria specified by the American Academy of Pediatric Dentistry (American Academy of Paediatric Dentistry, 2016).

The presence of orofacial dysmorphology was controlled in both groups, as it could modify dental occlusion and thus alter mastication (Marquezin, Kobayashi, Montes, Gavião, & Castelo, 2013). It was checked using the different occlusal deviations of the "dental health" component of the Index of Orthodontic Treatment Need (IOTN) (Brook & Shaw, 1989). In this study, they were clustered in dento-maxillary disharmony, eruption or number anomalies, and sagittal, vertical and transversal dimension abnormalities.

### 2.3.2 Occlusal parameters

The number of posterior (post-canine) and anterior (incisor and canines) functional units (FUs) was obtained by counting the number of pairs of antagonist teeth with at least one occlusal contact visible after chewing on a 200 µm articulating paper for 2-3 cycles (Owens, Buschang, Throckmorton, Palmer, & English, 2002).

### 2.4 Orofacial dysfunction criteria

The frequency of orofacial dysfunction was assessed using the French version of the NOT-S questionnaire (Nordic Orofacial Test-Screening) (Bakke, Bergendal, McAllister, Sjögreen, & Asten, 2007). This two-part questionnaire consists of a structured interview exploring “sensory function” (I), “breathing” (II), “habits” (III), “chewing and swallowing” (IV), “drooling” (V), “dryness of the mouth’s” (VI) functional domains, and a clinical examination evaluating “face at rest” (1), “nose breathing” (2), “facial expression” (3), “masticatory muscle and jaw function” (4), “oral motor function” (5) and “speech” (6). The “chewing and swallowing” domain contains the 5 following dysfunction items: “Does not eat with the mouth (nasogastric tube, gastrostomy or other)”, “Do you find it difficult to eat foods with certain consistencies”, “Does it take you 30 minutes or more to eat a main meal”, “Do you swallow large bites without chewing” and “Do you often cough during meals”. Each domain is scored 1 if at least one dysfunction (one item within each domain) is noted. The total score ranges from 0 to 12.

### 2.5 Mastication evaluation criteria

Data collection of mastication evaluation criteria was possible for the food samples accepted and masticated by children. Food refusals were analysed separately.

#### 2.5.1 Mastication capability: Bolus granulometry at the time of swallowing

The food bolus granulometry criterion was the median particle size value (D50 value) calculated for each food bolus collected at the moment of swallowing (Nc). For each sample, a cumulative curve was drawn from the particle mass falling through each sieve. The D50 value, defined as the median particle size, was

extracted from this curve by pinpointing the theoretical sieve size that would let 50% of the particle mass pass through. Hence, the higher the D50 value is, the greater the proportion of large particles in the food bolus.

### 2.5.2 *Masticatory behaviour: food refusals, kinematic parameters, and quality of muscular function*

For each food, the number of food refusals was noted and reasons were classified in “Don’t like”, “Don’t know/Never tried”, “Painful” and “Too difficult to eat”.

Masticatory behaviour was evaluated by three kinematic parameters. The chewing time ( $T_i$ , in seconds) was measured from the moment the food was placed into the mouth until the last food bolus manipulation just before complete swallowing. The number of masticatory cycles ( $N_c$ ) was the number of chewing actions, with and without lip closure, corresponding to biting movements (tongue and perioral muscles manipulation movements were not counted). The chewing frequency ( $F_q$ ) was calculated by the ratio  $N_c/T_i$ .

The “quality of muscular function” was assessed on the video recordings, using a clinical tool developed by speech therapists (Pires, Giugliani, & Carames da Silva, 2012). The two investigators, trained in orofacial functional evaluation as part as their specialty skills requirement, reached an agreement for each video recording. This scale contains 5 items: incision, lip competence, masticatory pattern (unilateral or bilateral), masticatory movements and use of perioral muscles. The predominant use of tongue to manage the food was added to these items for the present study. Every parameter was scored 1 if performed correctly and 0 otherwise.

For these parameters as well as for kinematic ones, the muscular activity in the anterior region of the oral sphere was closely observed to distinguish biting movements from food manipulation by soft tissues. In particular, when the food is managed mostly by soft tissues, obvious contractions of the lips and cleaning movements of the tongue in the vestibules are noticeable through lips and cheeks. Tongue protrusion is also visible in case of predominant use of the tongue. Conversely, strong contractions of the mandibular elevator muscles are observed when the food is crushed between the teeth. When the pattern is mostly unilateral, a stronger contraction is recognizable on the predominant side of mastication.

## 2.6 Statistical analysis

The required sample size was estimated from a preliminary pilot study that measured the mean D50 value for raw carrot (D50 CAR) between children with healthy teeth and children with ECC (eight first included children of each group). The mean D50 CAR value was higher in the ECC group than in the control group (4.55  $\mu\text{m}$  versus 3.08  $\mu\text{m}$  respectively) (SD = 0.98). Calculations were based on this difference for a continuous criterion with independent values and indicated the need for at least 10 subjects for each group ( $\alpha = 5\%$ ,  $\beta = 10\%$ , epiR package 0.9–30). As children could refuse certain food samples, leading to missing data, thirteen children were finally included in each study group.

A statistical analysis was conducted using SPSS® (IBM, v20). The significance threshold value was set at  $p < 0.05$ . The number of FUs and the NOT-S mean scores were compared between both groups with a series of Mann Whitney U tests. For each food, the individual repeatability of masticatory parameters (Ti, Nc, Fq and D50) was verified (Wilcoxon-Sign-Rank test). Food sample refusal rates (Fisher's exact test) and masticatory parameters (Mann Whitney U test) were compared between groups for each food. In addition, effect size was measured by ( $\eta^2$ ) (*partial eta squared*). For the masticatory criteria, all recorded data of all subjects included in the study were analysed. Missing data corresponded to food sample refusals. Potential correlations were sought for all children between dmft scores, number of FUs, NOT-S scores and masticatory parameters (Spearman's test).

## 3 RESULTS

### 3.1 Descriptive data

Thirteen children suffering from ECC (9 girls and 4 boys), and thirteen children with healthy oral state (5 girls and 8 boys) were included in the study. Children with ECC all exhibited the severe form of the disease. Data regarding general and oral health are gathered in Table 1. Both groups were similar in age, weight and height (U tests of Mann Whitney, NS), and sex (Fisher's exact test, NS). Both groups were comparable concerning the presence of dysmorphology (Fisher's exact test, NS) (Table 1).

### **3.2 Oral state and occlusal parameters**

For the ECC group, the mean dmft score was  $11.54 \pm 4.41$  (Table 1).

Children from the ECC group had a significantly lower number of posterior FUs than the children from the control group ( $3.31 \pm 1.03$  vs.  $4.00 \pm 0$  respectively, U test of Mann Whitney,  $p \leq 0.05$ ) (Table 1). The difference was not significant for anterior FUs (U test of Mann Whitney, NS).

### **3.3 Orofacial dysfunction**

The description of domain-by-domain dysfunction frequencies (number of children affected by each dysfunction) is detailed in Figure 1. The NOT-S mean global score was significantly higher for children with ECC than for children from the control group ( $2.62 \pm 1.37$  vs.  $1 \pm 0.91$ , U test of Mann Whitney,  $p \leq 0.01$ ). The only specific domain to be significantly altered in children with ECC (higher mean scores) compared to children from the control group was the “Mastication and swallowing” domain ( $0.69 \pm 0.48$  vs.  $0.15 \pm 0.38$  respectively, U test of Mann Whitney,  $p \leq 0.01$ ). When detailing this domain, only 2 children from the control group took longer than 30 minutes to eat their meal and no other dysfunction item was scored for this group. In the ECC group, 9 children (out of 13) showed an altered “chewing and swallowing” domain (NOT-S IV): Item-by-item detail for these children is given in Table 2. The other four children did not have any dysfunction in this domain.

### **3.4 Mastication evaluation criteria**

During the mastication sequence, children did refuse some food samples. Mastication results presented in the following sections correspond to the number of children that accepted the food samples and were able to spit out interpretable food boluses for granulometric analysis. One child had difficulty to spit out complete food boluses that were all not interpretable.

The food bolus granulometry (D50) and the masticatory kinematic parameters (Ti, Nc and Fq) and did not differ significantly between the two corresponding replicates for each food (Wilcoxon-Sign-Rank test, NS), regardless of the group.

### 3.4.1 Mastication capability: bolus granulometry at the time of swallowing

For the three foods, the food boluses collected in children with ECC consisted of a greater proportion of large particles, as indicated by significantly higher D50 mean values, compared to the food bolus collected after mastication in children from the control group (U test of Mann Whitney,  $p \leq 0.001$ ). For example, the D50 value for raw carrot was  $4384 \mu\text{m} \pm 929$ , compared to  $2960 \mu\text{m} \pm 627$  in children from the control group (U test of Mann Whitney,  $p \leq 0.001$ ). The detail of D50 mean values obtained from the food samples accepted and masticated by both groups of children is given in Table 3. Figure 2 gives a box-plot representation of D50 values in both groups for the three foods.

### 3.4.2 Masticatory behaviour: food refusals, kinematic parameters, and quality of muscular function

The frequency and distribution of food refusals were comparable for both groups (Fisher's exact test, NS). Details of reasons for refusals according to the food are detailed in Table 4.

Mean chewing times for CER and CHS were significantly higher in the ECC group (U test of Mann Whitney,  $p \leq 0.001$  and  $p \leq 0.05$ , respectively) (Table 5). Mastication in children with ECC was characterized by a lower chewing frequency for all tested foods (U test of Mann Whitney,  $p \leq 0.001$ ).

Regarding the quality of muscular function while masticating, "Lip incompetence while masticating" was the only altered muscular function observed in children from the control group (4 children/13). Among 13 children with ECC, nine presented one or more alterations in their "quality of muscular function". Six children presented impaired incision, four presented lip incompetence, seven presented unilateral mastication, one presented predominant vertical masticatory movements and four presented a predominant use of their tongue to crush the food.

### 3.5 Correlations between masticatory parameters and oral health criteria

For the three foods, the dmft scores were negatively related to chewing frequencies (Fq CER:  $\rho = -0.63$ ,  $p \leq 0.001$ ; Fq CHS:  $\rho = -0.57$ ,  $p \leq 0.001$ ; Fq CAR:  $\rho = -0.56$ ;  $p \leq 0.001$ ) and positively correlated with D50 values (D50 CER:  $\rho = 0.42$ ,  $p \leq 0.01$ ; D50 CHS:  $\rho = 0.69$ ,  $p \leq 0.001$ , D50 CAR:  $\rho = 0.63$ ,  $p \leq 0.001$ ).

Moreover, the number of posterior FUs was positively correlated with the chewing frequency measured for carrot ( $\rho = 0.36$ ,  $p \leq 0.05$ ) and cereals ( $\rho = 0.34$ ,  $p \leq 0.05$ ). It was negatively related to D50 CHS ( $\rho = -0.42$ ,  $p \leq 0.01$ ) and D50 CAR ( $\rho = -0.37$ ,  $p \leq 0.05$ ).

Finally, the global NOT-S score was negatively correlated to the chewing frequency for the three test food (Fq CER:  $\rho = -0.57$ ;  $p \leq 0.001$ , Fq CHS:  $\rho = -0.64$ ;  $p \leq 0.001$ , Fq CAR:  $\rho = -0.56$ ;  $p \leq 0.001$ ), and positively correlated with the cheese D50 ( $\rho = 0.51$ ;  $p \leq 0.001$ ) and the carrot D50 ( $\rho = 0.51$ ;  $p \leq 0.001$ ).

## 4 DISCUSSION

This preliminary study is the first to assess the granulometry of food boluses collected at the time of swallowing in preschool children, after masticating natural foods with different textures. Similarly to adults (Decerle et al., 2013), young children's ability to reduce different foods was altered in the presence of caries when compared to children with healthy teeth. Both chewing frequency and granulometric alterations of the food bolus were related to the extent of caries, and particularly with the loss of posterior functional dental units responsible for a reduced sensory input from the teeth receptors. Masticatory behavioural adaptations were not sufficient to compensate for this deficiency.

In particular, the present study showed that increasing chewing time is not sufficient for children with ECC to produce a state of food fragmentation comparable to that of children with healthy teeth. Indeed, the food particle size analysis showed a significant increase of the mean D50 values in the presence of ECC for all three of the tested foods. However, the difference is more important for carrot and cheese compared to cereals, suggesting the impact of the type of food tested on masticatory capability should further investigated. The D50 "normality threshold" (maximum value of D50 to define a "normal" capacity for fragmenting foods) is still unknown in children, while in adults this value, the masticatory normative indicator (MNI), was estimated at 4000  $\mu\text{m}$  for raw carrot (Woda et al., 2010). In the present study, the

mean D50 value obtained for carrot boluses in children with ECC exceeded the MNI determined in adults, whereas children with healthy teeth produced boluses with a mean D50 value around 3000  $\mu\text{m}$  ( $4384\mu\text{m} \pm 929$  in children with ECC vs.  $2960 \mu\text{m} \pm 627$  in children from the control group). Acquiring more data for children according to their age and stage of dental development would make it possible to determine the mean progression of D50 values throughout childhood according to each food. Moreover, there is little data available regarding the quantitative and qualitative changes in saliva secretion throughout infancy and childhood, although it is crucial for food bolus formation (Dezan, Nicolau, Souza, & Walter, 2002; Negoro et al., 2000). Existing studies on children with ECC have only focused on the bacteriological and immunological aspects of saliva (Bachtar, Gultom, Rahmasari, & Bachtar, 2018; Letieri, Freitas-Fernandes, Valente, Fidalgo, & de Souza, 2019) or on the link between saliva properties and glucose retention risk (Negoro et al., 2000). The role of saliva parameters on mastication in young children would require further investigation. Impaired masticatory capability can also cause swallowing difficulties, mainly due to inadequate food fragmentation and production of insufficiently lubricated particles that can then escape to the upper respiratory airways. Clinical experience suggests that unpleasant or even traumatic experiences of food aspiration often lead children and/or parents to exclude that food from their diet. In this study, swallowing difficulties were observed in at least five children with ECC out of 13, as “cough occurring at almost every meal” (item NOT-S IV E) or “swallowing of large bites without chewing” (item NOT-S IV D) were reported by their parents on the orofacial dysfunction test screening (NOT-S). Given the strong correlation between the NOT-S scores and the physiological measurements (D50 and chewing frequency) observed in this study, it can be emphasised that this clinical test could be used as a reliable tool to screen for masticatory deficiencies (Collado et al., 2017; Linas et al., 2019). This accessible tool could be particularly useful to detect masticatory deficiencies in young children or in patients with special needs, in order to adapt their diet and guide their functional rehabilitation.

In addition to masticatory kinematic parameter alterations, various masticatory behaviour modifications depending on the food physical characteristics were observed during the study. As previously shown, some children with ECC exhibited a predominant use of their tongue and lips to crush cheese against the palate, and let breakfast cereals soften in saliva (Linas et al., 2019). Half of the children with ECC included in this study also adapted to their oral health deficiency by adopting a strictly unilateral mastication (Mc Donnell,



Hector, & Hannigan, 2004). During the mastication tests, some food refusals were due to mastication difficulties (declared as “painful” or “too difficult to eat”), suggesting that food selection may be another adaptation strategy. In order to protect their child from food aspiration, parents also reported excluding some foods at home, such as meat, from the child’s diet or modifying food textures by mixing or mincing food, for example. The occurrence of all these behavioural adaptations and diet modifications throughout children’s development may lead to maxillary growth alteration, an aggravating factor of dysfunction (Limme, 2010).

Whether children exclude certain foods from their diet or swallow a food bolus containing large particles, this could potentially modify the contact area with digestive enzymes and nutritional consequences may be expected (Schroth, Levi, Sellers, et al., 2013; Schroth, Levi, Kliewer, et al., 2013; Vania et al., 2011). Early childhood caries is currently considered a chronic disease due to persistent psychosocial feeding risk factors and associated risk of caries relapse and related oral infection (Gussy, Waters, Walsh, & Kilpatrick, 2006). The functional impact of oral pathologies, such as ECC, may also expose children to long-lasting nutritional risks due to persistent mastication impairment and/or subsequent diet adjustments. Previous data has suggested that mastication difficulties persisted in this population three months after extensive dental treatment under general anaesthesia (Collado et al., 2017). Some authors have addressed the evolution of mastication after dental rehabilitation in children (Serra, Gambareli, & Gavião, 2007) but none in children with ECC. In particular, it is still unknown if and how children’s capacity to produce a food bolus suitable for swallowing and digestion could recover post-operatively, regardless of the type of treatment provided (prosthesis or conservative treatment). A one-year follow-up mastication study is ongoing in children with ECC, while keeping in mind that these evolutions remain dependent on psycho-socio-cultural determinants.

## 5 CONCLUSIONS

For the first time, masticatory capability while masticating natural foods was compared between preschool children with and without ECC. This study suggested that oral condition, and in particular sensory information from teeth, was an important determinant of mastication behaviour and capability. In the presence of dental caries, children’s ability to reduce different foods was altered. Children also modified their masticatory behaviour such as increasing their chewing time, resorting to unilateral mastication or

even refusing certain foods. Nutritional consequences can be expected, whether children exclude certain foods from their diet or swallow a food bolus containing large particles. Comprehensive dental treatment may include nutritional guidance and mastication rehabilitation programs.

#### AUTHORS' CONTRIBUTIONS

**Natacha Linas** performed most of the masticatory tests and data acquisition, contributed to data analysis and interpretation and to the drafting of the manuscript. **Marie-Agnès Peyron** contributed to the design of the study and critically revised the manuscript. **Caroline Eschevins** contributed to data acquisition and critically revised the manuscript. **Martine Hennequin** contributed to the conception of the study and critically revised the manuscript. **Emmanuel Nicolas** contributed to the design of the study, contributed to data analysis and interpretation and critically revised the manuscript. **Valérie Collado** conceived and design the study, performed part of the masticatory tests and contributed to data acquisition, analysis and interpretation and to the drafting of the manuscript. All authors approved the final manuscript.

#### ETHICAL STATEMENT

**Declarations of interest:** The authors declare that they do not have any conflict of interest

**Ethical Review:** This prospective observational comparative study was designed in accordance with Good Clinical Practice (*International Clinical Harmonization. Guideline for good clinical practice 1996*, s. d.) and was approved by the local ethical committee (CECIC, 2010/06; IRB Number 5044).

**Informed consent:** Parents or legal guardians, and children, received oral and written information explaining the study's design and the possible benefits and constraints related to their participation, and were asked to sign a consent form. Moreover, the document specified that all data collected during the children's usual follow-up would be used anonymously for research purposes.

#### REFERENCES

This article is protected by copyright. All rights reserved.

- 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>
- American Academy of Paediatric Dentistry. (2016). Policy on Early Childhood Caries (ECC): Classifications, Consequences, and Preventive Strategies. *Pediatric Dentistry*, *38*(6), 52-54.
- Bachtiar, E. W., Gultom, F. P., Rahmasari, A., & Bachtiar, B. M. (2018). Mutans Streptococci counts from saliva and its protein profile in early childhood caries. *Interventional Medicine & Applied Science*, *10*(4), 222-225. <https://doi.org/10.1556/1646.10.2018.42>
- Bakke, M., Bergendal, B., McAllister, A., Sjögreen, L., & Asten, P. (2007). Development and evaluation of a comprehensive screening for orofacial dysfunction. *Swedish Dental Journal*, *31*(2), 75-84.
- Barbosa, T. de S., Tureli, M. C. de M., Nobre-dos-Santos, M., Puppim-Rontani, R. M., & Gavião, M. B. D. (2013). The relationship between oral conditions, masticatory performance and oral health-related quality of life in children. *Archives of Oral Biology*, *58*(9), 1070-1077. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2013.01.012>
- Barrera, L. M., Buschang, P. H., Throckmorton, G. S., & Roldan, S. I. (2011). Mixed longitudinal evaluation of masticatory performance in children 6 to 17 years of age. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics: Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*, *139*(5), e427-434. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2009.08.031>
- Brook, P. H., & Shaw, W. C. (1989). The development of an index of orthodontic treatment priority. *European Journal of Orthodontics*, *11*(3), 309-320. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.ejo.a035999>
- Chen, K. J., Gao, S. S., Duangthip, D., Lo, E. C. M., & Chu, C. H. (2019). Prevalence of early childhood caries among 5-year-old children: A systematic review. *Journal of Investigative and Clinical Dentistry*, *10*(1), e12376. <https://doi.org/10.1111/jicd.12376>
- Collado, V., Pichot, H., Delfosse, C., Eschevins, C., Nicolas, E., & Hennequin, M. (2017). Impact of early childhood caries and its treatment under general anesthesia on orofacial function and quality of life: A prospective comparative study. *Medicina oral, patologia oral y cirugía bucal*.

- Consolação Soares, M. E., Ramos-Jorge, M. L., de Alencar, B. M., Marques, L. S., Pereira, L. J., & Ramos-Jorge, J. (2017). Factors associated with masticatory performance among preschool children. *Clinical Oral Investigations*, 21(1), 159-166. <https://doi.org/10.1007/s00784-016-1768-5>
- de Morais Tureli, M. C., de Souza Barbosa, T., & Gavião, M. B. D. (2010). Associations of masticatory performance with body and dental variables in children. *Pediatric dentistry*, 32(4), 283-288.
- Decerle, N., Nicolas, E., & Hennequin, M. (2013). Chewing Deficiencies in Adults with Multiple Untreated Carious Lesions. *Caries research*, 47(4), 330-337. <https://doi.org/10.1159/000348397>
- Dezan, C. C., Nicolau, J., Souza, D. N., & Walter, L. R. F. (2002). Flow rate, amylase activity, and protein and sialic acid concentrations of saliva from children aged 18, 30 and 42 months attending a baby clinic. *Archives of Oral Biology*, 47(6), 423-427. [https://doi.org/10.1016/s0003-9969\(02\)00032-8](https://doi.org/10.1016/s0003-9969(02)00032-8)
- El Osta, N., Hennequin, M., Tubert-Jeannin, S., Abboud Naaman, N. B., El Osta, L., & Geahchan, N. (2014). The pertinence of oral health indicators in nutritional studies in the elderly. *Clinical Nutrition*, 33(2), 316-321. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2013.05.012>
- Feitosa, S., Colares, V., & Pinkham, J. (2005). The psychosocial effects of severe caries in 4-year-old children in Recife, Pernambuco, Brazil. *Cadernos De Saúde Pública / Ministério Da Saúde, Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional De Saúde Pública*, 21(5), 1550-1556. <https://doi.org/S0102-311X2005000500028>
- Ferrazzano, G. F., Sangianantoni, S., Mitrano, R. L., Ingenito, A., Alcidi, B., & Cantile, T. (2019). Assessing changes in oral health-related quality of life and body growth in 3-5 years old children following dental treatment under general anaesthesia due to severe dental caries. *European Journal of Paediatric Dentistry*, 20(3), 214-218. <https://doi.org/10.23804/ejpd.2019.20.03.09>
- Gisel, E. G. (1991). Effect of food texture on the development of chewing of children between six months and two years of age. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 33(1), 69-79.
- Gussy, M. G., Waters, E. G., Walsh, O., & Kilpatrick, N. M. (2006). Early childhood caries : Current evidence for aetiology and prevention. *Journal of Paediatrics and Child Health*, 42(1-2), 37-43. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1754.2006.00777.x>

- ICH expert working group. (1996). *ICH Topic E6 Guideline for Good Clinical Practice, ICH Harmonised Tripartite guideline (CPMP/ICH 135/95), EMEA status as of June (1996)*. Consulté à l'adresse <http://www.emea.eu.int/>
- International Clinical Harmonization. Guideline for good clinical practice 1996*. (s. d.). Consulté à l'adresse [https://www.ich.org/fileadmin/Public\\_Web\\_Site/ICH\\_Products/Guidelines/Efficacy/E6/E6\\_R1\\_Guideline.pdf](https://www.ich.org/fileadmin/Public_Web_Site/ICH_Products/Guidelines/Efficacy/E6/E6_R1_Guideline.pdf)
- Laguna, L., & Chen, J. (2016). The eating capability : Constituents and assessments. *Food Quality and Preference*, *48*, 345-358. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.03.008>
- Letieri, A. D. S., Freitas-Fernandes, L. B., Valente, A. P. C., Fidalgo, T. K. da S., & de Souza, I. P. R. (2019). Longitudinal Evaluation of Salivary Iga-S in Children with Early Childhood Caries Before and After Restorative Treatment. *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, *43*(4), 239-243. <https://doi.org/10.17796/1053-4625-43.4.3>
- Limme, M. (2010). [The need of efficient chewing function in young children as prevention of dental malposition and malocclusion]. *Archives De Pédiatrie*, *17 Suppl 5*, S213-219. [https://doi.org/10.1016/S0929-693X\(10\)70930-1](https://doi.org/10.1016/S0929-693X(10)70930-1)
- Linas, N., Peyron, M.-A., Hennequin, M., Eschevins, C., Nicolas, E., Delfosse, C., & Collado, V. (2019). Masticatory behavior for different solid foods in preschool children according to their oral state. *Journal of Texture Studies*. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12387>
- Lund, J. P. (1991). Mastication and its control by the brain stem. *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine*, *2*(1), 33-64.
- Lund, James P., & Kolta, A. (2006). Generation of the central masticatory pattern and its modification by sensory feedback. *Dysphagia*, *21*(3), 167-174. <https://doi.org/10.1007/s00455-006-9027-6>
- Marquezin, M. C. S., Kobayashi, F. Y., Montes, A. B. M., Gavião, M. B. D., & Castelo, P. M. (2013). Assessment of masticatory performance, bite force, orthodontic treatment need and orofacial dysfunction in children and adolescents. *Archives of Oral Biology*, *58*(3), 286-292. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2012.06.018>

- Mc Donnell, S. T., Hector, M. P., & Hannigan, A. (2004). Chewing side preferences in children. *Journal of Oral Rehabilitation*, *31*(9), 855-860. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2004.01316.x>
- Monse, B., Heinrich-Weltzien, R., Benzian, H., Holmgren, C., & van Palenstein Helderma, W. (2010). PUFA--an index of clinical consequences of untreated dental caries. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, *38*(1), 77-82. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0528.2009.00514.x>
- Negoro, M., Nakagaki, H., Tsuboi, S., Adachi, K., Hanaki, M., Tanaka, D., ... Thuy, T. T. (2000). Oral glucose retention, saliva viscosity and flow rate in 5-year-old children. *Archives of Oral Biology*, *45*(11), 1005-1011. [https://doi.org/10.1016/s0003-9969\(00\)00064-9](https://doi.org/10.1016/s0003-9969(00)00064-9)
- Nicolas, E., Veyrune, J. L., Lassauzay, C., Peyron, M. A., & Hennequin, M. (2007). Validation of video versus electromyography for chewing evaluation of the elderly wearing a complete denture. *Journal of Oral Rehabilitation*, *34*(8), 566-571. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2007.01696.x>
- Owens, S., Buschang, P. H., Throckmorton, G. S., Palmer, L., & English, J. (2002). Masticatory performance and areas of occlusal contact and near contact in subjects with normal occlusion and malocclusion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics: Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*, *121*(6), 602-609.
- Pires, S. C., Giugliani, E. R. J., & 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), 934. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-934>
- Schroth, R. J., Levi, J. A., Sellers, E. A., Friel, J., Kliewer, E., & Moffatt, M. E. K. (2013). Vitamin D status of children with severe early childhood caries: A case-control study. *BMC Pediatrics*, *13*, 174. <https://doi.org/10.1186/1471-2431-13-174>
- Schroth, R. J., Levi, J., Kliewer, E., Friel, J., & Moffatt, M. E. K. (2013). Association between iron status, iron deficiency anaemia, and severe early childhood caries: A case-control study. *BMC Pediatrics*, *13*, 22. <https://doi.org/10.1186/1471-2431-13-22>
- Serra, M. D., Gambareli, F. R., & Gavião, M. B. D. (2007). A 1-year intraindividual evaluation of maximum bite force in children wearing a removable partial dental prosthesis. *Journal of Dentistry for Children (Chicago, Ill.)*, *74*(3), 171-176.

- Shoaib, L., Deery, C., Ricketts, D. N. J., & Nugent, Z. J. (2009). Validity and reproducibility of ICDAS II in primary teeth. *Caries Research*, *43*(6), 442-448. <https://doi.org/10.1159/000258551>
- Tada, A., & Miura, H. (2018). Association of mastication and factors affecting masticatory function with obesity in adults: A systematic review. *BMC Oral Health*, *18*(1), 76. <https://doi.org/10.1186/s12903-018-0525-3>
- Tinanoff, N., Baez, R. J., Diaz Guillory, C., Donly, K. J., Feldens, C. A., McGrath, C., ... Twetman, S. (2019). Early childhood caries epidemiology, aetiology, risk assessment, societal burden, management, education, and policy: Global perspective. *International Journal of Paediatric Dentistry*, *29*(3), 238-248. <https://doi.org/10.1111/ipd.12484>
- 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>
- Vania, A., Parisella, V., Capasso, F., Di Tanna, G. L., Vestri, A., Ferrari, M., & Polimeni, A. (2011). Early childhood caries underweight or overweight, that is the question. *European Journal of Paediatric Dentistry*, *12*(4), 231-235.
- Wilson, E. M., Green, J. R., & Weismer, G. (2012a). A kinematic description of the temporal characteristics of jaw motion for early chewing: Preliminary findings. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *55*(2), 626-638. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2011/10-0236\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2011/10-0236))
- Wilson, E. M., Green, J. R., & Weismer, G. (2012b). A kinematic description of the temporal characteristics of jaw motion for early chewing: Preliminary findings. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *55*(2), 626-638. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2011/10-0236\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2011/10-0236))
- Woda, A., Mishellany, A., & Peyron, M.-A. (2006). The regulation of masticatory function and food bolus formation. *Journal of Oral Rehabilitation*, *33*(11), 840-849. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2006.01626.x>
- Woda, A., Nicolas, E., Mishellany-Dutour, A., Hennequin, M., Mazille, M.-N., Veyrone, J.-L., & Peyron, M.-A. (2010). The masticatory normative indicator. *Journal of Dental Research*, *89*(3), 281-285. <https://doi.org/10.1177/0022034509357022>

World Health Organisation. (2013). *WHO | Oral health surveys : Basic methods - 5th edition*. Consulté à l'adresse [http://www.who.int/oral\\_health/publications/9789241548649/en/](http://www.who.int/oral_health/publications/9789241548649/en/)

Accepted Article

This article is protected by copyright. All rights reserved.



## TABLES

**Table 1:** General and oral health-related data for the ECC and control groups.

Criteria	ECC group (n=13 children)	Control group (n=13 children)	Statistical differences
Girls/Boys ratio (n/n)	9/4	5/8	Fisher's exact test, NS
	<i>mean ± SD (min-max)</i>	<i>mean ± SD (min-max)</i>	Mann-Whitney U test
<b>Age (months)</b>	57.5 ± 6.5 (46-67)	56.9 ± 10.3 (36-71)	NS
<b>Weight (kg)</b>	17.2 ± 2.2 (14.6-23.3)	18.8 ± 2.7 (13.7-23)	NS
<b>Height (cm)</b>	107.7 ± 4.1 (102-116)	109.5 ± 7.5 (93-120)	NS
<b>dmft index</b>	11.54 ± 4.41 (3-18)	0	p≤0.001
decayed	10.85 ± 3.89 (3-16)	0	p≤0.001
missing	0.38 ± 0.77 (0-2)	0	NS
filled	0.31 ± 1.11 (0-4)	0	NS
<b>ICDAS scores</b>			
ICDAS 0 ( <i>Sound</i> )	9.15 ± 4.16 (3-17)	20 ± 0 (20-20)	p≤0.001
ICDAS 1 ( <i>1<sup>st</sup> enamel visual changes</i> )	0	0	NS
ICDAS 2 ( <i>Clear enamel visual changes</i> )	0	0	NS
ICDAS 3 ( <i>Localized enamel disruption</i> )	0	0	NS
ICDAS 4 ( <i>Dark area on underlying dentine</i> )	4.77 ± 2.42 (2-10)	0	p≤0.001
ICDAS 5 ( <i>Distinct cavity with exposed dentine</i> )	0.23 ± 0.83 (0-3)	0	NS
ICDAS 6 ( <i>Large cavity with exposed dentine</i> )	5.46 ± 3.62 (0-12)	0	p≤0.001
<b>PUFA score</b>			
Visible pulp (p)	5.38 ± 3.55 (1-14)	0	p≤0.001
Ulceration (u)	0	0	NS
Fistula (f)	0,08 ± 0,28 (0-1)	0	NS
Abscess (a)	0	0	NS
<b>Occlusal parameters</b>			
Anterior functional units	3.23 ± 2.42 (0-6)	4.92 ± 1.75 (2-6)	NS
Posterior functional units	3.31 ± 1.03 (1-4)	4.00 ± 0 (4-4)	p≤0.05
<b>Dysmorphologies</b>	<i>n</i>	<i>n</i>	Fisher's exact test, NS
Dento-maxillary dysharmony	0	0	
Eruption or number anomalies	0	0	
Sagittal dimension abnormality	0	2	
Transversal dimension abnormality	2	1	
Vertical dimension abnormality	2	4	

ECC: Early Childhood Caries; dmft: decayed, missing, filled, teeth index; ICDAS: International Caries Detection and Assessment System; PUFA: visible pulp, ulceration of the oral mucosa due to root fragments, fistula or abscess; NS: no statistical difference ( $p>0.05$ ).

**Table 2:** Detail of the impaired “chewing and swallowing” NOT-S IV domain (5 items) for the nine children (out of 13) of the ECC group.

		Children from the ECC group with an impaired NOT-S IV domain								
		Child 1	Child 2	Child 3	Child 4	Child 5	Child 6	Child 7	Child 8	Child 9
<b>NOT-S IV items (“chewing and swallowing” domain)</b>										
NOT-S IV A	<i>“Does not eat with the mouth”</i>									
NOT-S IV B	<i>“Have difficulties with certain food consistencies”</i>		x	x		x	x	x	x	x
NOT-S IV C	<i>“Take 30 minutes or more to eat a main meal”</i>	x	x		x	x		x	x	
NOT-S IV D	<i>“Swallow large bites without chewing”</i>					x				x
NOT-S IV E	<i>“Cough often during meals”</i>			x	x		x			

*ECC: Early Childhood Caries, NOT-S: Nordic Orofacial Test-Screening*

**Table 3:** Comparison of the food related D50 value between the ECC group and the control group.

Tested food		ECC group (n=13)	Control group (n=13)	Statistical differences between groups	Effect size
		D50 ( $\mu\text{m}$ )	D50 ( $\mu\text{m}$ )	Mann-Whitney U test	$\eta^2$ (partial eta squared)
CER	<i>mean <math>\pm</math> SD</i>	n=12 (1 R) <b>1120 <math>\pm</math> 222</b>	n=12 (1 NI) <b>929 <math>\pm</math> 186</b>	<i>p</i> $\leq$ 0.001	0.186
	CI	1027 - 1214	848 - 1009		
CHS	<i>mean <math>\pm</math> SD</i>	n=11 (2 R) <b>4596 <math>\pm</math> 1617</b>	n=10 (2 R + 1 NI) <b>2237 <math>\pm</math> 756</b>	<i>p</i> $\leq$ 0.001	0.470
	CI	3879 - 5313	1883 - 2591		
CAR	<i>mean <math>\pm</math> SD</i>	n=9 (4 R) <b>4384 <math>\pm</math> 929</b>	n=10 (2 R + 1 NI) <b>2960 <math>\pm</math> 627</b>	<i>p</i> $\leq$ 0.001	0.465
	CI	3922 - 4847	2666 - 3253		

CAR: raw carrot samples; CER: cereals samples, CHS: cheese samples; ECC: Early Childhood Caries; CI: Confidence interval; n correspond to the number of children with no food refusal. R: number of refusals, NI: number of not interpretable food boluses.

Tested food			Don't like	Don't know / Never tried	Painful	Too difficult to eat	Total number of refusals
<b>CER</b>	ECC group (n=13)	<i>n</i>	0	0	1	0	1
	Control group (n=13)	<i>n</i>	0	0	0	0	0
<b>CHS</b>	ECC group (n=13)	<i>n</i>	2	0	0	0	2
	Control group (n=13)	<i>n</i>	2	0	0	0	2
<b>CAR</b>	ECC group (n=13)	<i>n</i>	1	1	1	1	4
	Control group (n=13)	<i>n</i>	1	1	0	0	2

**Table 4:** Food related frequencies and reasons for food refusal during the mastication test in both groups.

*CAR: raw carrot samples; CER: cereals samples, CHS: cheese samples; ECC: Early Childhood Caries*

**Table 5:** Comparison between groups of the kinematic parameters values for each food.

Tested food	Parameters	ECC group (n=13)	Control group (n=13)	Statistical differences between groups	Effect size
		mean $\pm$ SD (CI)	mean $\pm$ SD (CI)	Mann-Whitney U test	$\eta^2$ (partial eta squared)
CER		n=12 (1 refusal)	n=13 (No refusal)		
	<i>Ti</i> (s)	<b>27.46 <math>\pm</math> 7.87</b> (24.13 – 30.78)	<b>20.00 <math>\pm</math> 4.51</b> (18.18 – 21.82)	$p \leq 0.001$	0.264
	<i>Nc</i> (n)	25.79 $\pm$ 6.96 (22.85 – 28.73)	27.38 $\pm$ 5.93 (24.99 – 29.78)	NS	0.016
	<i>Fq</i> (n/s)	<b>0.97 <math>\pm</math> 0.23</b> (0.87 – 1.07)	<b>1.37 <math>\pm</math> 0.22</b> (1.28 – 1.46)	$p \leq 0.001$	0.456
CHS		n=11 (2 refusals)	n=11 (2 refusals)		
	<i>Ti</i> (s)	<b>24.59 <math>\pm</math> 10.59</b> (19.90 – 29.28)	<b>17.95 <math>\pm</math> 5.21</b> (15.64 – 20.27)	$p \leq 0.05$	0.142
	<i>Nc</i> (n)	25.32 $\pm$ 12.87 (19.61 – 31.03)	24.00 $\pm$ 7.77 (20.55 – 27.45)	NS	0.169
	<i>Fq</i> (n/s)	<b>1.05 <math>\pm</math> 0.25</b> (0.94 – 1.16)	<b>1.38 <math>\pm</math> 0.18</b> (1.31 – 1.46)	$p \leq 0.001$	0.389
CAR		n=9 (4 refusals)	n=11 (2 refusals)		
	<i>Ti</i> (s)	44.17 $\pm$ 29.33 (29.58 – 58.75)	34.82 $\pm$ 15.33 (28.02 – 41.61)	NS	0.042
	<i>Nc</i> (n)	45.06 $\pm$ 20.71 (34.76 – 55.36)	48.82 $\pm$ 17.32 (41.14 – 56.50)	NS	0.010
	<i>Fq</i> (n/s)	<b>1.08 <math>\pm</math> 0.22</b> (0.97 – 1.19)	<b>1.48 <math>\pm</math> 0.25</b> (1.36 – 1.59)	$p \leq 0.001$	0.403

CAR: carrot sample; CER: cereals sample, CHS: cheese sample; ECC: Early Childhood Carie. CI: Confidence Interval; n correspond to the number of children with no food refusal; NS: no statistical difference ( $p > 0.05$ )

**FIGURE LEGENDS**

**Fig. 1** Domain-by-domain orofacial dysfunction frequency in both ECC and control groups (n=13 per group). From I to VI: structured interview items; from 1 to 6: clinical examination items

**Fig. 2** Box-plot representation of D50 values at swallowing in both groups of children for the three foods tested (CER: cereals, CHS: cheese, CAR: raw carrot).

Figure 1

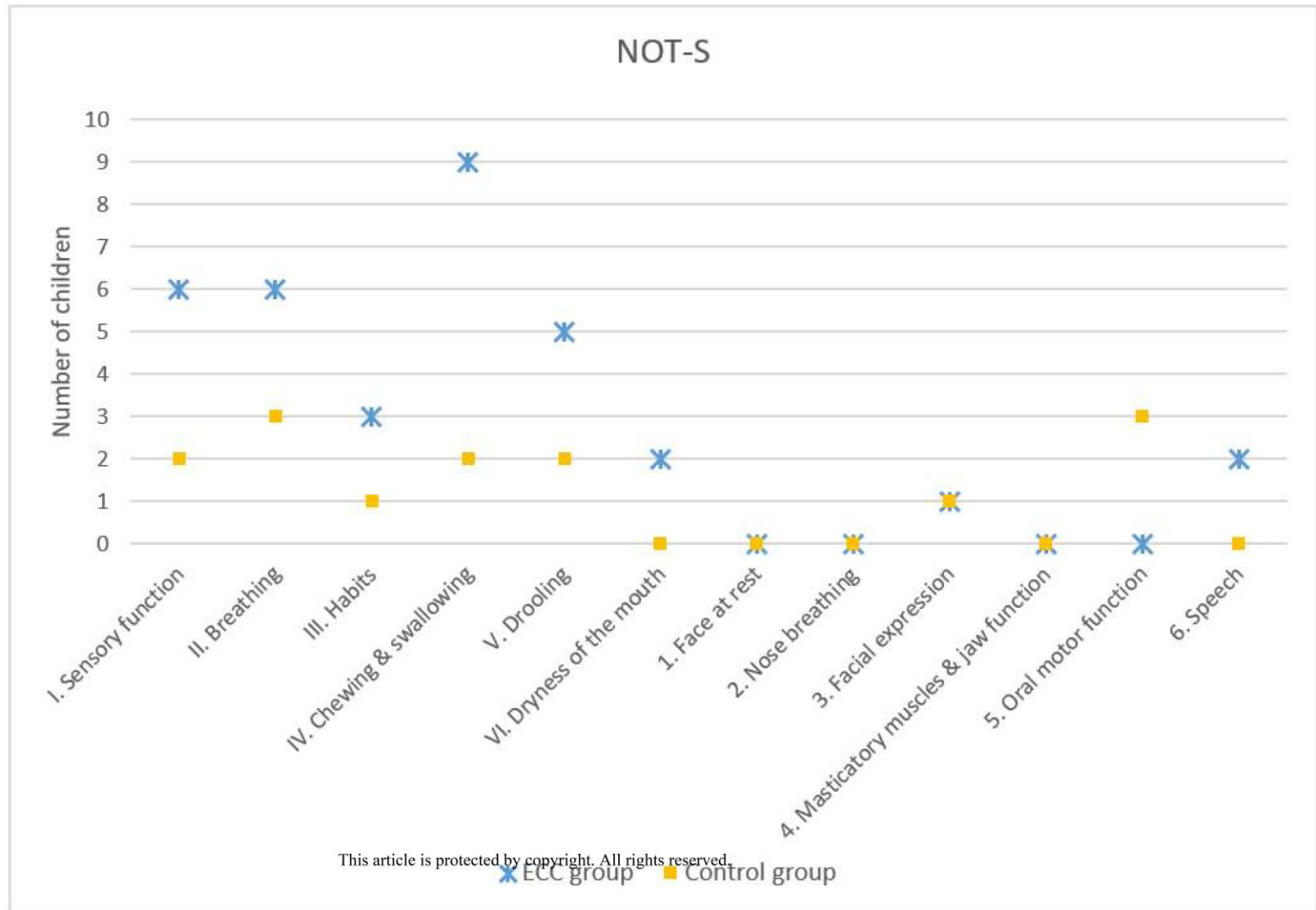
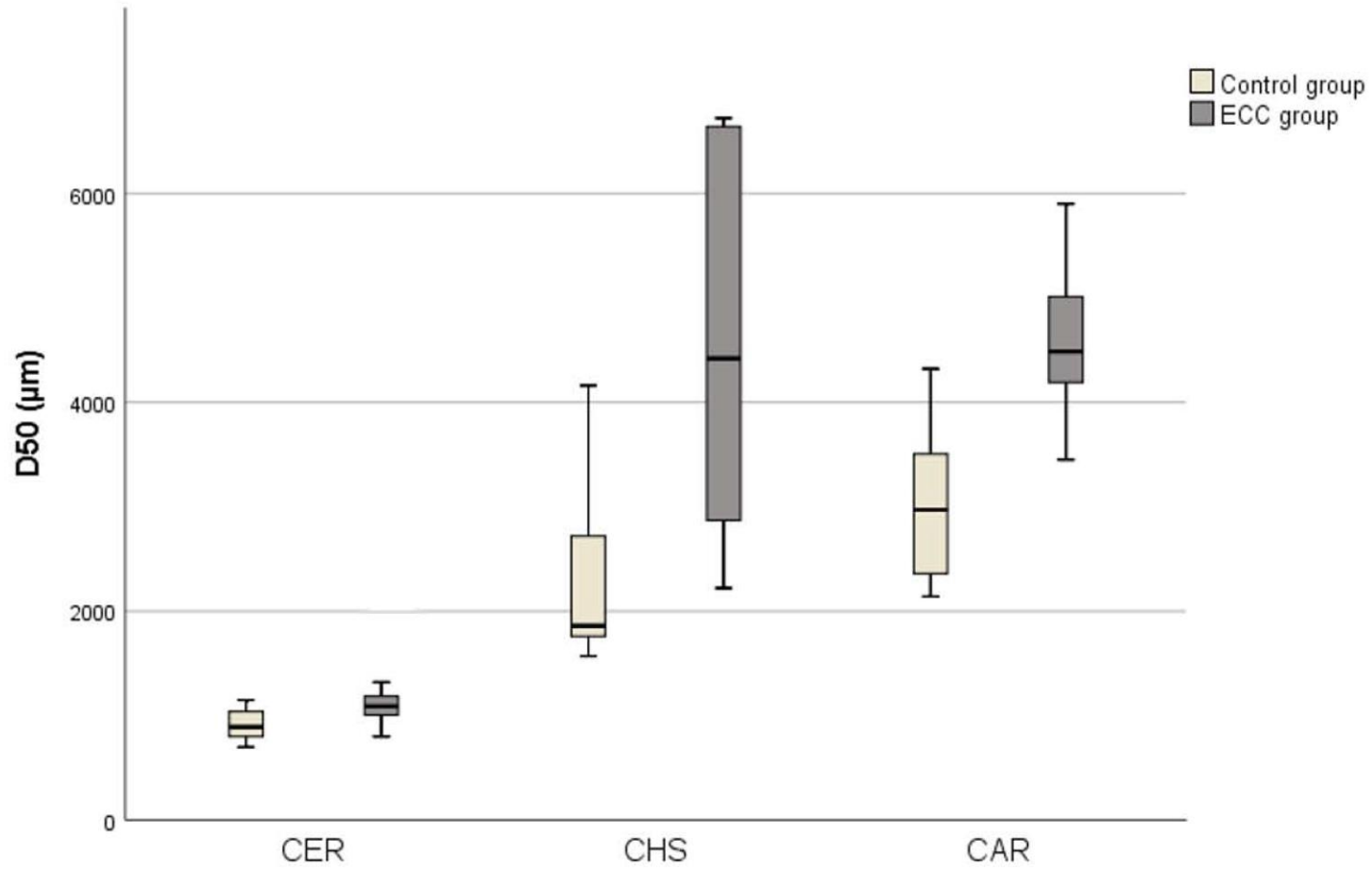


Figure 2



This article is protected by copyright. All rights reserved.