



HAL
open science

Texture alimentaire et croissance du complexe maxillo-mandibulaire. Revue de la littérature et réflexions autour d'un protocole d'étude

Yann, Dimitri, Arthur Michaux

► To cite this version:

Yann, Dimitri, Arthur Michaux. Texture alimentaire et croissance du complexe maxillo-mandibulaire. Revue de la littérature et réflexions autour d'un protocole d'étude. Sciences du Vivant [q-bio]. 2021. dumas-03365796

HAL Id: dumas-03365796

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03365796>

Submitted on 5 Oct 2021

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.

U.F.R. D'ODONTOLOGIE

Année 2021

Thèse n°61

THESE POUR L'OBTENTION DU
DIPLOME D'ETAT de DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement

Par MICHAUX, Yann, Dimitri, Arthur

Né le 28/03/1994 à Châtelleraut

Le lundi 27 septembre 2021

**TEXTURE ALIMENTAIRE ET CROISSANCE DU COMPLEXE MAXILLO-
MANDIBULAIRE CHEZ L'ENFANT.**

Revue de la littérature et réflexions autour d'un protocole d'étude.

Sous la direction de : Dr Virginie CHUY

Membres du jury :

Mme BOILEAU, Marie-José

Président

Mme LACAULE, Camille

Rapporteur

Mme ARRIVE, Elise

Examineur

Mme GAROT, Elsa

Examineur

UNIVERSITE DE BORDEAUX

MAJ

03/03/2020

Président M. TUNON DE LARA Manuel

Directeur de Collège des Sciences de la Santé M. PELLEGRIN Jean-Luc

COLLEGE DES SCIENCES DE LA SANTE

UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE DES SCIENCES ODONTOLOGIQUES

Directrice	Mme BERTRAND Caroline	58-01
Directeur Adjoint à la Pédagogie	Mr DELBOS Yves	56-01
Directeur Adjoint – Chargé de la Recherche	M. CATROS Sylvain	57-01
Directeur Adjoint – Chargé des Relations Internationales	M.SEDARAT Cyril	57-01

ENSEIGNANTS DE L'UFR

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

Mme	Caroline	BERTRAND	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Marie-José	BOILEAU	Orthopédie dento-faciale	56-01
M	Sylvain	CATROS	Chirurgie orale	57-01
M	Raphaël	DEVILLARD	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
Mme	Véronique	DUPUIS	Prothèse dentaire	58-01
M.	Bruno	ELLA NGUEMA	Sciences anatomiques et physiologiques - Biomatériaux	58-01
M.	Jean-Christophe	FRICAIN	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-01

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

Mme	Elise	ARRIVÉ	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mme	Cécile	BADET	Biologie Orale	57-01
M.	Etienne	BARDINET	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Michel	BARTALA	Prothèse dentaire	58-01
M.	Cédric	BAZERT	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Christophe	BOU	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mme	Sylvie	BRUNET	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-01
M.	Jacques	COLAT PARROS	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
M,	Jean-Christophe	COUTANT	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
M.	François	DARQUE	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	François	DE BRONDEAU	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Yves	DELBOS	Odontologie pédiatrique	56-01
M,	Emmanuel	D'INCAU	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Elsa	GAROT	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Dominique	GILLET	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
Mme	Olivia	KEROUREDAN	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
M.	Jean-François	LASSERRE	Prothèse dentaire	58-01
M.	Yves	LAUVERJAT	Parodontologie	57-01

Mme	Odile	LAVIOLE	Prothèse dentaire	58-01
M.	Jean-Marie	MARTEAU	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-01
Mme	Javotte	NANCY	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Adrien	NAVEAU	Prothèse dentaire	58-01
M.	Jean-François	PELI	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
M.	Philippe	POISSON	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
M.	Patrick	ROUAS	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Johan	SAMOT	Biologie Orale	57-01
Mme	Maud	SAMPEUR	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Cyril	SEDARAT	Parodontologie	57-01
Mme	Noélie	THEBAUD	Biologie Orale	57-01
M.	Eric	VACHEY	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01

AUTRES ENSEIGNANTS

Mme	Audrey	AUSSEL	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
M.	Cédric	FALLA	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
M.	François	ROUZÉ L'ALZIT	Prothèse dentaire	58-01

ASSISTANTS

M.	Bastien	BERCAULT	Chirurgie Orale	57-01
Mme	Mathilde	BOUDEAU	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
Mme	Virginie	CHUY	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
M	Pierre-Hadrien	DECAUP	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Severine	DESCAZEUX	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
Mme	Laura	DONNET	Biologie Orale	57-01
Mme	Julia	ESTIVALS	Odontologie pédiatrique	56-01
Mme	Mathilde	FENELON	Chirurgie Orale	57-01
Mme	Agathe	GREMARE	Biologie orale	57-01
Mr	Pierre-André	GUILLAUD	Parodontologie	57-01
Mr	Louis	HUAULT	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
Mme	Mathilde	JACQUEMONT	Parodontologie	57-01
Mme	Clémence	JAECK	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Claudine	KHOURY	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mme	Camille	LACAULE	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Antoine	LAFITTE	Orthopédie dento-faciale	56-01
M	Adrien	LASTRADE	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Aude	MENARD	Prothèse dentaire	58-01
M	Florian	PITEU	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Rawen	SMIRANI	Parodontologie	57-01
M.	Clément	VACHEY	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M	Paul	VITIELLO	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Sophia	ZIANE	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01

Dédicaces, avant-propos, remerciements

A notre Président de thèse

Madame le Professeur Marie-José BOILEAU
Professeur des Universités – Praticien Hospitalier
Sous-section orthopédie dento-faciale 56-01

Je vous remercie de l'honneur que vous me faites en acceptant de siéger en tant que présidente de ce jury de thèse. Je vous remercie également pour l'intérêt porté à mon sujet mais aussi pour les quelques modifications que vous avez pu nous faire remonter concernant l'élaboration de ce protocole.

A notre Directeur de thèse

Madame le Docteur Virginie CHUY
Assistante Hospitalo-Universitaire
Sous-section Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale
56-02

Merci pour ce sujet de recherche sur lequel j'ai adoré travailler et ce malgré la difficulté du sujet et de l'absence de données antérieures qui ne m'ont pas facilité la tâche. J'espère que le résultat de cette première thèse, en tant que directrice de recherche, est à la hauteur de tes attentes. J'espère également que tu auras l'occasion de mener à bien ce projet de recherche sur lequel nous avons déjà consacré tant d'heures de travail.

A notre Rapporteur de thèse

Madame le Docteur Camille LACAULE
Assistante Hospitalo-Universitaire
Orthopédie dento-faciale 56-01

Je vous remercie d'avoir accepté d'être le rapporteur de cette thèse. Je vous remercie également pour votre disponibilité ainsi que pour le temps passé à répondre à nos interrogations au Dr CHUY et moi-même concernant les aspects plus cliniques de l'élaboration de ce protocole d'étude.

A notre Assesseur

Madame le Docteur Elise ARRIVE
Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier
Sous-section Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale
56-02

Je vous remercie d'avoir accepté d'être assesseur au sein de ce jury.

A notre Assesseur

Madame le Docteur Elsa GAROT
Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier
Sous-section Odontologie pédiatrique 56-01

Je vous remercie d'avoir accepté d'être assesseur au sein de ce jury.

A ma famille, à mes amis

Je remercie en premier lieu mes parents pour leur indéfectible soutien, aussi bien moral que financier lors de ces longues années d'études.

Je remercie également mon frère, Antoine, brillant ostéopathe et enseignant à ses heures perdues, pour ses précieux conseils au cours de ce travail de recherche.

Je remercie mes actuels colocataires, Thibault, Rémi et accessoirement Jules qui m'ont accompagné tout au long de cette sixième et dernière année d'étude effectuée à Poitiers, ainsi que lors de mes débuts dans la vie active. Vous avez su supporter mes humeurs parfois changeantes (et c'est un euphémisme !) lors de ce long et fastidieux travail de recherche. Je vous en remercie.

Je remercie également mes anciens colocataires de Bordeaux : Etienne, Esteban et Corentin (sans oublier Jim), qui ont partagé mon quotidien lors de ces quatre années géniales sur Bordeaux. Grâce à vous et aux multiples amis de passage, à la maison, je ne garderai que d'excellents souvenirs de mes années fac.

Je remercie aussi les copains de promotion sur lesquels j'ai pu compter lors de ces cinq années : Antoine, Oriane, Vehbi, Maxime, Tanguy, Léa...

Je remercie tout particulièrement les copains de P1 à Poitiers : Mathilde, Solène, Sandra, Pierre, Malorie, Cindy, Romain et Anne-Cath'. Tous autant que vous êtes, vous avez contribué à rendre plus supportable cette année terrible que nous avons vécue ensemble. Je n'aurais probablement pas franchi ce cap, ô combien difficile sans votre soutien et sans l'entraide qui régnait au sein de notre groupe de travail.

Je remercie de tout mon cœur mon oncle Bertrand qui a tant fait pour moi depuis mon arrivée sur Bordeaux, depuis la recherche d'un appartement jusqu'à la recherche de mobilier ou tout simplement aux bons repas partagés en compagnie de mes cousins. J'ai toujours pu compter sur toi et Colette.

Je remercie également mon cousin par alliance Marc, qui m'a donné l'envie de pratiquer ce beau métier dont j'ignorais pourtant tout à l'époque. Je sais maintenant grâce à toi à quel magnifique, mais aussi quel exigeant métier nous avons choisi de consacrer nos vies.

Merci également à tous les autres amis ayant croisé mon chemin et ayant cru en moi, que ce soit ceux rencontrés lors de mon enfance et adolescence à Châtelleraut ou bien les nombreux LPIens rencontrés à Bordeaux ou encore les amis de Poitiers. Je ne vous oublie pas.

Table des matières

I.	Introduction	8
II.	Contexte	9
A.	Rappels embryologiques : développement du complexe maxillo-facial et potentialités de croissance	9
B.	Développement des fonctions pour l'alimentation et croissance	10
1.	Fonctions motrices primitives	10
2.	Développement de la mastication	11
C.	Mastication et croissance	12
1.	Généralités	12
2.	Biomécanique et éléments moteurs de la croissance	13
3.	Épidémiologie des dysmorphoses maxillo-mandibulaires	15
D.	Nutrition	16
1.	Diversification alimentaire	16
2.	Propriétés physiques et matrice alimentaire	17
III.	Hypothèse et objectifs	18
IV.	Méthodes	19
A.	Synthèse de la littérature	19
B.	Rédaction du protocole	19
V.	Résultats	20
A.	Etudes animales	20
B.	Synthèse des connaissances chez l'Homme	25
1.	Impact de la différence de texture sur la cinématique masticatoire	25
2.	Exercice masticatoire et conséquences sur la croissance	26
3.	Physiopathologie supposée d'un hypofonctionnement masticatoire	27
VI.	Discussion	30
A.	Choix du schéma d'étude	30
B.	Définition des cas	31
C.	Définition des témoins	32
D.	Choix de l'exposition à étudier	33
E.	Choix des tiers facteurs à recueillir	35
F.	Critères d'inclusion et d'exclusion	35
G.	Modalités et déroulé de l'étude	37
H.	Démarches réglementaires	38
VII.	Conclusion	39
IX.	Bibliographie	40
X.	Annexes	48

I. Introduction

Au cours des millénaires de notre évolution, l'alimentation de l'Homme s'est progressivement tournée vers des aliments à consistance de plus en plus molle. Cela en partie à cause des modifications majeures des habitudes de vie engendrées par la découverte du feu et son usage dans la cuisson des aliments, la sédentarisation et la transition du mode de subsistance alimentaire vers l'agriculture. Cette évolution aurait impacté le développement maxillo-facial, c'est l'« hypothèse masticatoire fonctionnelle » formulée par Carlson et Van Gerven en 1977 (1). Cette tendance s'est accélérée au cours du dernier siècle, avec l'industrialisation qui a contribué à l'essor de produits alimentaires ultra-transformés, plus facilement assimilables par notre organisme, mais les rendant en contrepartie, beaucoup plus tendres (2). Ces aliments requièrent une activité masticatoire réduite, or le complexe maxillo-facial dispose chez l'enfant, d'un certain potentiel de croissance adaptatif en fonction de l'environnement et en particulier en fonction des stimulations mécaniques consécutives à la mastication. Ainsi, ce manque de sollicitations mécaniques chez l'enfant en croissance pourrait s'avérer problématique et aboutir à une insuffisance de développement au niveau du complexe maxillo-mandibulaire, particulièrement dans la dimension transversale, qui sera, si elle n'est pas prise en charge, à l'origine de dysharmonies dento-maxillaires, pouvant nécessiter une intervention orthodontique et/ou orthopédique ultérieure (3). Dans la littérature scientifique il est à signaler le nombre important d'études expérimentales réalisées chez l'animal sur cette problématique. Celles-ci ont tendance à montrer un impact de la consistance alimentaire, lors de la période de développement, sur la croissance crânio-faciale. Cependant nos connaissances concernant l'impact d'une alimentation molle sur la croissance maxillo-faciale de l'enfant sont très limitées. C'est pourquoi il nous semblait intéressant de proposer un protocole d'étude épidémiologique dont l'objectif serait d'étudier le lien entre la consommation d'aliments à texture molle et les dysmorphoses maxillo-mandibulaires.

II. Contexte

A. Rappels embryologiques : développement du complexe maxillo-facial et potentialités de croissance

L'origine embryonnaire des pièces osseuses va déterminer leur propension à croître en fonction des facteurs environnementaux et notamment des contraintes mécaniques. Leur potentiel de croissance sera en revanche très restreint passé un certain âge, en raison de la fermeture précoce des sutures et des synchondroses, moteurs de la croissance.

La plupart des os de la face, tel que le maxillaire, vont ainsi subir un processus d'ossification membraneuse dans laquelle des cellules mésenchymateuses vont se différencier en ostéoblastes et vont sécréter de la substance osseuse vers la périphérie. Les noyaux primaires vont ainsi se rencontrer avec, au niveau de ces points de jonction, les sutures. Ces dernières vont permettre une croissance adaptative en fonction des tensions mécaniques exercées à leur niveau. Elles vont se synostoser (i.e. fusionner) à des âges variables en fonction de leur localisation, ou en l'absence de sollicitations mécaniques.

La mandibule est constituée de trois cartilages : le cartilage coronoïde ainsi que le cartilage de Meckel, qui vont s'ossifier avant la naissance, et le cartilage condylien. Ce dernier va s'ossifier progressivement en arrière de l'épine de Spix en direction rétro-crânienne en élaborant le ramus puis l'apophyse condylienne et va continuer sa croissance jusqu'après la fin de la puberté. Le cartilage condylien va présenter des capacités de croissance adaptative, notamment fonction des sollicitations mécaniques fonctionnelles (3).

Pour expliquer le développement des éléments squelettiques du crâne (=unité squelettique), M.L. Moss a développé l'hypothèse de matrice fonctionnelle, concept fondateur de l'orthopédie dento-faciale. Le postulat de base de cette hypothèse est que « la taille, la forme, la position et la permanence de chaque unité squelettique est toujours une réponse secondaire, compensatoire et obligatoire à la demande de protection et/ou de soutien mécanique de sa matrice fonctionnelle spécifique (cellules, tissus, organes et accessoirement les cavités) » (4).

Ainsi comme le dit le Pr Michel Limme : « La fonction modèle la forme et la forme conditionne la fonction » (5).

B. Développement des fonctions pour l'alimentation et croissance

1. Fonctions motrices primitives

Le mode d'alimentation imposé au nourrisson (allaitement ou biberon) est le premier facteur environnemental influençant la croissance de son complexe maxillo-facial.

Les mouvements de propulsion mandibulaire engendrés par la succion-déglutition lors de l'allaitement vont en effet stimuler la croissance mandibulaire et la maturation des tissus mous.

Vers 6-8 mois, l'éruption des incisives lactéales associée à la diversification alimentaire vont permettre l'apparition de la fonction préhension-morsure et ses mouvements verticaux se substituent progressivement à la succion. Cette fonction va également demander d'importants mouvements de propulsions mandibulaires, stimulant de nouveau sa croissance (6,7).

Ces deux fonctions primitives, intrinsèquement liées à l'alimentation de l'enfant, sont donc fondamentales pour l'acquisition précoce de la fonction masticatoire et pour le modelage du complexe maxillo-mandibulaire.

Ainsi, il a été montré qu'un allaitement au sein prolongé a un impact positif sur le développement tri-dimensionnel des arches dentaires déciduales (8), sur la fonction masticatoire (9) et la mobilité des structures oro-faciales chez l'enfant (10). De nombreuses études ont également montré qu'une faible durée d'allaitement au sein pouvait affecter de manière négative la croissance du maxillaire, notamment dans sa dimension transverse (11) et entraîner des malocclusions, avec en particulier des articulés croisés postérieurs (12–14). Par extension, les résultats d'une méta-analyse ont montré que plus l'allaitement au sein est prolongé moins le risque de survenue de malocclusion est important (15).

Ces mêmes études ont bien souvent mis en évidence qu'une alimentation artificielle au biberon entraîne une activité musculaire différente et moins intense que lors de l'alimentation au sein (7,9,16). Ainsi il n'existe pas de solutions alternatives permettant de reproduire la physiologie de l'allaitement au sein. On suppose que cette différence de stimulation puisse engendrer des différences morphologiques notamment au niveau de l'arcade maxillaire et modifier la relation inter-arcades (17), avec également un effet délétère sur le contrôle moteur orofacial (10). On estime que plus l'introduction de l'alimentation au biberon est précoce, plus les dimensions transverses maxillaires s'en trouveront réduites (11). De plus, si cette habitude perdure dans le temps, elle peut entraîner un développement mandibulaire inadéquat (14).

Enfin, l'étude des succions non nutritives (doigts, tétine, etc.), montre encore une fois que les stimulations environnementales mécaniques vont influencer la croissance maxillo-mandibulaire

dès le plus jeune âge. Ces habitudes peuvent en effet entraîner des modifications morphologiques similaires à celles observées lors d'une alimentation prolongée au biberon (17), si elles persistent dans le temps et notamment au-delà de 24 mois (18,19). Ainsi, plusieurs articles ont montré une diminution des dimensions transverses des arches maxillaires et plutôt une tendance à l'augmentation des dimensions mandibulaires (20,21) pouvant occasionner des éventuels articulés croisés (20). Ce phénomène serait même le principal facteur de risque de développement de malocclusion et de béances dans les dentitions déciduales et son association avec l'alimentation au biberon doublerait le risque de développer des occlusions croisées (13).

L'ensemble de ces habitudes sont supposées être à l'origine d'un retard de maturation des fonctions comme la persistance d'une déglutition atypique (19,22), en raison d'une posture linguale basse au repos entraînant une insuffisance de stimulation linguale du palais (19,20).

2. Développement de la mastication

L'activité masticatoire à proprement parler ne commencera à se développer que vers l'âge d'un an. Elle consistera, dans un premier temps, en de simples mouvements verticaux d'élévation et d'abaissement de la mandibule (23,24), puis progressivement la cinématique mandibulaire va se complexifier. Le développement de mouvements latéraux permettront un meilleur écrasement et donc une efficacité masticatoire majorée (25). Enfin, vers 30 mois environ, des mouvements de rotation se substitueront aux mouvements latéraux (26). Parallèlement les mouvements des tissus mous, d'abord indifférenciés et liés à ceux de la mandibule, vont s'affranchir de celle-ci, puis se coordonner à celle-ci (27).

Les changements dans la cinématique masticatoire sont consécutifs à une amélioration du contrôle masticatoire, avec notamment une synchronisation de l'activité des muscles masticateurs agonistes et antagonistes (28-30), conjointement à une meilleure connaissance des diverses textures auxquelles est confronté l'enfant (31,32).

La mastication ne deviendra complètement mature qu'après plusieurs années de pratique et ce malgré l'acquisition précoce des compétences masticatoires (25,27,29). Cela suggère que les stimulations consécutives à l'exposition à divers aliments au cours de cette période sont fondamentales pour la maturation de celle-ci. Donc, une exposition temporellement adéquate à des aliments de consistance variée va contribuer au développement de la fonction masticatrice (33)

De manière réciproque le développement progressif de la mastication va jouer un rôle essentiel dans la capacité de l'enfant à traiter des aliments à consistance de plus en plus complexe et de plus en plus dure.

C. Mastication et croissance

1. Généralités

L'activité masticatoire va constituer un facteur de croissance fondamental, en raison des forces considérables développées par les muscles masticateurs sur les matrices fonctionnelles (34). Elle va ainsi stimuler la croissance des arcades et plus généralement celle du complexe maxillo-facial. La mastication physiologique est unilatérale alternée, un seul côté est utilisé pour mâcher ; mais de manière alternative à gauche et à droite (7). Parfois certains facteurs locaux, notamment lors de situations algiques (35) ou bien lors de situations d'inconfort (retard d'éruption, agénésie, malposition, etc.), vont potentiellement être à l'origine de réflexes d'évitement et vont entraîner une mastication unilatérale dominante voire exclusive qui pourront se répercuter en croissances asymétriques (développement d'articulés croisés) si la situation persiste (36). De plus cela peut résulter en des modifications de leur alimentation, avec notamment des aliments durs qui auront tendance à être évités (35).

De manière similaire, une mastication bilatérale, que l'on retrouvera très fréquemment en cas d'exposition à une alimentation molle, ne sollicitera pas de manière aussi intense les matrices fonctionnelles (36).

Tous les aliments solides vont être traités de manière relativement stéréotypée chez l'Homme. Après une éventuelle incision par les dents antérieures, la nourriture est transportée vers les surfaces occlusales des dents cuspidées par l'intermédiaire des tissus mous. Puis le bol alimentaire va passer par une série de cycles masticatoires pour être réduit et ramolli via l'action de la salive. Le nombre de cycles avant déglutition est très variable en fonction des individus mais va être relativement similaire pour un même type d'aliments et dépendra de ses caractéristiques (37).

Les rétrocontrôles périphériques vont permettre la modification des mouvements stéréotypés d'ouverture et de fermeture, en rendant compte en temps réel, des différentes modifications que subissent les aliments (changements de position, de texture, dureté, etc.) constituant progressivement le bol alimentaire ainsi que les informations proprioceptives relatives à la mandibule (vélocité et position dans l'espace) et aux muscles masticatoires (force masticatrice, etc.).

Ainsi les forces appliquées aux dents vont stimuler de multiples récepteurs (ligament parodontal, muqueuse gingivale, dentine, pulpe, os alvéolaire, périoste, etc...) regroupés sous le terme

générique de mécano-récepteurs parodontaux. La proprioception des déplacements mandibulaires stimulera les récepteurs retrouvés au niveau des fuseaux neuromusculaires des muscles élévateurs ainsi que les récepteurs situés au niveau de l'articulation temporo-mandibulaire et en particulier les récepteurs intracapsulaires. Les fuseaux neuromusculaires des muscles masticateurs sont beaucoup plus riches en fibres intrafusales que partout ailleurs dans le corps humain. Cela laisse à penser que leur pouvoir discriminant dans la proprioception est d'autant plus important, permettant une adaptation optimale des éléments moteurs à tout moment de l'activité masticatoire (38), en fonction, notamment, de la consistance du bol alimentaire.

On estime ainsi que 85 % de la force nécessaire pour venir à bout de l'aliment a pour origine la stimulation périphérique (37). C'est pourquoi les patients porteurs de réhabilitations implanto-portées étendues présenteront une faible capacité d'adaptation de l'activité masticatoire ainsi qu'une perte significative de force masticatoire en raison de la perte d'un nombre conséquent de mécanorécepteurs en particulier les récepteurs desmodontaux (38). Ainsi cette intrication entre innervation motrice et sensitive semble particulièrement évidente au niveau de la cavité buccale. Cela illustre bien l'importance que vont revêtir les propriétés physiques des aliments sur la mécanique masticatoire et par extension sur l'évolution des matrices fonctionnelles dans le temps.

2. Biomécanique et éléments moteurs de la croissance

a) Rôle de la langue au cours des fonctions oro-faciales

La langue va avoir un rôle primordial dans la morphogénèse, notamment la première année suivant la naissance. Elle va entraîner l'expansion du maxillaire par sollicitation de la suture médio-palatine par pression directe sur la voûte palatine. Même si le rôle morphogénétique de la langue devient plus limité au cours du temps, il n'est cependant pas à négliger (39). En effet, la fermeture de la suture médio-palatine se fait physiologiquement pendant la puberté, bien qu'on retrouve des individus présentant des sutures ouvertes après 20 ans (40).

Une langue basse ou insuffisamment développée peut ainsi engendrer une insuffisance de développement maxillaire, ce qui est fréquemment retrouvé dans un certain nombre de cas notamment lors de succion non nutritive prolongée, de déglutition atypique persistante, de respiration buccale et/ou syndrome d'apnée du sommeil (16). Au contraire, la langue sera très active lors de l'activité masticatoire, stimulant de façon importante la suture médio-palatine. Lors de la mastication la langue va globalement avoir un rôle de collection et de positionnement des aliments, avec l'aide de la sangle labio-jugale, afin de constituer le bol alimentaire, auquel

s'ajoute parfois des mouvements d'écrasement du bol contre le palais. Ce mouvement va être significativement plus long pour des aliments durs (type cacahuètes) (41). Lors de la déglutition l'ensemble du corps lingual va réaliser un mouvement de péristaltisme, d'avant en arrière, par contraction de l'ensemble de la musculature linguale pour propulser le bol alimentaire vers l'oropharynx. La langue vient ainsi progressivement s'appliquer de tout son long contre le palais exerçant ainsi une pression (39). Chez l'enfant cette pression va croître progressivement avec une moyenne de 27 kPa à 6 ans à 37 kPa à 12 ans (42). La langue va ainsi constituer le principal moteur de la croissance maxillaire. Il y a ainsi fort à penser qu'une absence de stimulation en cas d'exposition à une alimentation molle induise ainsi une ossification précoce de la suture médio-palatine, par analogie à ce qui a été démontré histologiquement chez le rat (43), entraînant par conséquence un hypodéveloppement maxillaire.

b) Rôle des muscles masticateurs

L'activité masticatoire est associée au développement de la masse musculaire ce qui va nécessiter en réponse une augmentation des dimensions mandibulaires, en particulier au niveau des sites d'attache des muscles associés (44). Ces derniers vont avoir une action importante dans la direction et la quantité de croissance que va subir le complexe maxillo-mandibulaire (45). Le stress mécanique, conjointement à l'action d'hormones sécrétées par les cellules musculaires entraînera un remodelage osseux afin de mieux s'adapter au stress environnant. De manière réciproque, l'os fonctionne comme un organe endocrine pouvant affecter le tissu musculaire (46).

L'activité masticatrice, elle-même fonction des caractéristiques de l'alimentation, notamment sa consistance, va donc contribuer à modeler le complexe maxillo-facial. Ainsi les individus présentant des masséters fins et peu développés vont exprimer une croissance faciale essentiellement verticale et auront ainsi tendance à être hyperdivergent (47-49). Ils seraient également plus à risque de développer des articulés croisés, alors que les individus présentant une plus importante force masticatoire vont avoir tendance à présenter un étage facial inférieur plus large et moins développé verticalement (visage « carré ») (49). Ce qui semble confirmer l'idée que le développement maxillo-facial est lié aux volumes des muscles faciaux (50). Des résultats similaires sont mentionnés dans la revue de la littérature de Kiliaridis (51). Ainsi, des individus présentant une activité masticatoire avancée comme les bruxomanes auront une faible incidence de malocclusions et auront une morphologie faciale proche de celle retrouvée dans l'étude précédente, c'est-à-dire un étage inférieur davantage développé transversalement que verticalement. Avec en plus un angle intermaxillaire peu prononcé et un faible angle goniale.

Par opposition, dans cette même revue, l'auteur signale que des patients présentant une activité musculaire réduite en raison d'une dystrophie myotonique vont présenter une croissance essentiellement verticale et caractérisée par de nombreuses malocclusions. On peut donc supposer que cette similarité de typologie faciale (réduction du développement transversal et augmentation verticale de l'étage inférieur) est liée à cette activité masticatoire réduite.

3. Épidémiologie des dysmorphoses maxillo-mandibulaires

On peut constater que les pays occidentaux sont caractérisés par une prévalence importante de malocclusions. Elles concernaient environ un enfant américain sur deux dans les années 1970 (52), alors que dans une étude plus récente en Allemagne, en 2007, il a été estimé que seulement 25% des enfants en denture lactéale présentaient une occlusion considérée comme physiologique, cette fréquence descend à 7% en présence d'une denture mixte sur un échantillon important (766 enfants en denture lactéale contre 2 275 enfants en denture mixte). De plus ces dysmorphies sont souvent associées à des dysfonctions oro-faciales (90%) (3), confirmant notre hypothèse de base que ces fonctions oro-faciales déficientes sont étroitement liées aux dysmorphoses maxillo-faciales. Dans une seconde étude en Italie, portant sur un échantillon de 4 422 enfants âgés de 2 à 13 ans recrutés dans des écoles, des jardins d'enfants ainsi que des structures de soins (une clinique dentaire et des cliniques pédiatriques), l'analyse statistique a montré qu'environ 1/3 des enfants âgés de 2 à 7 ans présentait une malocclusion modérée à sévère dans laquelle une interception précoce serait requise. Tandis qu'entre 7 et 13 ans, cette proportion passe à environ $\frac{3}{4}$ (dont $\frac{1}{2}$ concerné par au moins un encombrement) (53). Par ailleurs, en regardant plus attentivement la dimension transversale que l'on suspecte être davantage impactée par une alimentation tendre (5), on note que les anomalies transversales sont très fréquentes et vont concerner majoritairement le maxillaire, représentant 8 à 18% des malocclusions observées en denture mixte (54). Dans l'étude italienne précédemment citée l'hypodéveloppement maxillaire a une prévalence d'environ 10%.

Ces dysmorphoses maxillo-mandibulaires vont avoir de nombreuses conséquences :

- esthétiques : surtout endo-buccales avec des encombrements postérieurs mais également antérieurs, des malocclusions, voire des articulés croisés. Cela peut aller jusqu'à un développement asymétrique de la mandibule et une asymétrie faciale si ces défauts persistent dans le temps, ayant ainsi davantage de répercussions en exo-buccal (6,53).
- prophylactiques : ces malpositions et encombrements vont rendre le brossage dentaire plus délicat ce qui peut entraîner un risque carieux majoré ainsi que des gingivites.

- fonctionnelles : ces dysmorphoses peuvent déséquilibrer l'occlusion et ainsi perturber le schéma de mastication physiologique. Cela peut résulter en une mastication inefficace entretenant un cercle vicieux, ne permettant pas à l'enfant la mastication d'aliments durs de manière aisée et entraînant par conséquent le refus de ceux-ci (55–57).

Ces dysmorphoses nécessiteront alors une prise en charge orthopédique d'interception ou en cas de prise en charge plus tardive une thérapeutique d'orthodontie afin de rétablir une occlusion et une esthétique satisfaisante. La forte prévalence de ces diverses dysmorphoses ainsi que les nombreuses répercussions qu'elles engendrent vont pouvoir en partie expliquer un recours de plus en plus important aux thérapeutiques orthodontiques. En effet, le recours aux thérapeutiques orthodontiques des « effectifs de moins de 16 ans ont augmenté de 25% entre 2008 et 2015 soit une hausse annuelle moyenne de 3% » (58).

D. Nutrition

1. Diversification alimentaire

La diversification alimentaire correspond à l'introduction d'aliments solides autres que le lait. La fenêtre d'opportunité se situerait entre 4 et 6 mois (59) mais doit survenir avant 10 ou 12 mois sous peine de développer des retards moteurs (60). Ces habitudes alimentaires précoces sont profondément influencées par les habitudes familiales, et notamment le milieu socioculturel (communauté, éducation, statut socio-économique, médias, offre alimentaire, etc.) qui aura un rôle essentiel dans l'établissement et la promotion de comportements qui persisteront toute la vie (61). Avant l'âge de 2 ans, les enfants ont en effet des comportements très adaptatifs dans le domaine alimentaire. Ils vont être relativement peu sélectifs, on parle de période d'ouverture (59,61). En plus de la précocité d'exposition, un autre paramètre essentiel dans l'acceptation des goûts et des textures est la répétition de l'exposition à un aliment. Il est d'ailleurs conseillé pour une meilleure acceptation, de varier les formes que va prendre l'aliment (62). Au-delà de 2 ans, l'enfant, dans un cas sur deux environ, va traverser une période de néophobie physiologique le conduisant à rejeter les nouveaux aliments ainsi qu'une large variété de légumes. Cette période va s'accroître pour atteindre un pic entre 4 et 6 ans puis va régresser progressivement (60,62). Les habitudes alimentaires s'établissent donc très précocement dans la vie de l'enfant en pleine croissance, à une période où le développement du massif facial est prépondérant.

De nombreux programmes nationaux et internationaux se sont mis en place ces dernières années afin de réduire la charge des maladies non transmissibles liées à l'alimentation. En France, le Plan national nutrition santé (PNNS) et le Plan obésité ont pour rôle depuis 2001 de fournir les supports

scientifiques nécessaires à la mise en place d'actions et d'assurer la coordination et le suivi des interventions. Des recommandations nutritionnelles sont ainsi formulées à destination du grand public par Santé publique France dans le cadre du PNNS. Ces recommandations s'attachent surtout à conseiller ou déconseiller la consommation de grands groupes d'aliments (pour favoriser les apports adéquats en nutriments), mais aucune recommandation n'est faite concernant les textures alimentaires proposées aux enfants après la phase initiale de diversification.

2. Propriétés physiques et matrice alimentaire

Les aliments vont être caractérisés par un nombre conséquent de paramètres et beaucoup de ces caractéristiques vont impacter la mastication de manière directe en jouant sur la biomécanique ou de manière indirecte en jouant, par exemple, sur la composition et la quantité de salive. Parmi ces paramètres on peut citer : la texture, la géométrie (forme, taille, épaisseur, volume, etc.), la saveur, la granulométrie, la température, etc. Cela en fait un stimulus à la fois très complexe à analyser pour le système nerveux mais également à modéliser dans le cadre de réalisation d'études (63). C'est notamment le cas lorsque l'on veut étudier la texture des aliments, qui est une caractéristique évoquant à la fois leur dureté (majoritairement analysée dans la littérature), mais également leurs propriétés rhéologiques, c'est-à-dire les propriétés de déformation d'un corps.

De manière annexe, une autre façon de regrouper les aliments selon leurs propriétés va être de les définir par la forme qu'ils vont prendre, on parlera de « matrice alimentaire ». Celle-ci va désigner le fait que les composants chimiques des aliments vont se comporter différemment en fonction qu'ils soient isolés (ex : dans une solution) ou formant une partie d'une structure alimentaire. Ce terme a été utilisé par extension pour désigner la forme physique sous laquelle un aliment se présente (exemple : la pomme entière, la compote de pomme entière, et le jus de pomme entier sont trois aliments contenant les mêmes nutriments mais agencés différemment pour chaque aliment, ce qui leur donne leur structure physico-chimique particulière). La prise en charge de ces différentes formes par l'appareil masticateur sera très variable.

Une classification de ces différentes matrices a été proposée par Aguilera (64) : les liquides (jus), les émulsions (huiles), les gels (fromages et yaourts), les matrices cellulaires (plantes, fruits et légumes), les réseaux extracellulaires matriciels (produits laitiers fermentés comme le yaourt, ...), les matrices extracellulaires fibreuses (collagène des tissus animaux), les matrices viscoélastiques (gluten de blé hydraté comme les pâtes cuites), les matrices denses (confiserie à base de sucre), les matrices de matériaux poreux pouvant se présenter sous forme solide (pain), viscoélastique (Marshmallow) ou liquide (blanc d'œuf fouetté), et les matrices artificiels.

III. Hypothèse et objectifs

A ce jour, les effets de la consistance alimentaire des aliments consommés par l'enfant sur la croissance maxillo-mandibulaire resteraient peu explorés.

L'étude de cette thématique pourrait mettre en lumière (1) la possibilité de prévenir une partie des dysmorphoses dento-maxillaires, en corrigeant les troubles de comportement alimentaire chez l'enfant ; et (2) la nécessité de dépister ces troubles pour des patients présentant une dysmorphose. Ceci pourrait permettre : (1) de favoriser un développement maxillo-facial optimal, et ainsi éviter le recours à un traitement orthodontique voire orthopédique ; (2) d'améliorer les comportements alimentaires chez l'enfant, en favorisant notamment la diversité des textures.

Les objectifs de ce travail étaient donc de :

- synthétiser les connaissances sur le lien entre la texture des aliments consommés et le développement maxillo-mandibulaire ;

- rédiger un protocole d'étude épidémiologique ayant pour objectif spécifique d'investiguer le lien entre la consommation d'aliments à texture molle et la dysmorphose maxillo-mandibulaire chez l'enfant au sein du pôle de médecine et chirurgie bucco-dentaire du CHU de Bordeaux.

IV. Méthodes

A. Synthèse de la littérature

Une recherche dans MEDLINE a été réalisée à l'aide de PubMed de novembre 2020 à janvier 2021 sur les thèmes de l'alimentation et du développement des maxillaires.

Les termes recherchés étaient : « Maxillary development », « Maxillary growth », « Diet », « Feeding behavior », « Children ».

Les articles pertinents étaient sélectionnés s'ils étaient rédigés en anglais et en français, réalisés chez l'Homme ou chez l'animal, et quel que soit le schéma d'étude. Les listes de références des publications sélectionnées ont également été vérifiées pour chercher des études supplémentaires sur le sujet.

Afin de synthétiser les connaissances sur la relation alimentation – développement des maxillaires, ont été recherchés : le type d'étude, le temps de suivi (lorsqu' approprié), l'espèce et la population étudiées, le nombre de sujets inclus, la variable alimentaire étudiée, la définition du problème, le développement des maxillaires, et les principaux résultats.

B. Rédaction du protocole

Après discussion des choix méthodologiques (schéma d'étude, critères d'inclusion et d'exclusion, variables recueillies) pour réaliser une étude épidémiologique permettant d'étudier la relation entre la consommation d'aliments à texture molle et le développement des maxillaires, un protocole d'étude visant à investiguer cette question a été rédigé à partir du protocole-type de recherche non interventionnelle impliquant la personne humaine du CHU de Bordeaux.

V. Résultats

A. Etudes animales

Les études animales rencontrées dans la littérature vont essentiellement être interventionnelles, comparatives et prendront place après la période de sevrage maternel. Les animaux sont attribués à un groupe et sont ensuite exposés soit à un régime traditionnel, composé le plus souvent de granulés, soit à un régime de texture plus tendre, le plus souvent ces mêmes granulés ramollis ou broyés en poudre additionné ou non d'eau. Ensuite, après une période de suivi plus ou moins longue, l'analyse d'éléments anatomiques et/ou histologiques permet de déduire quant à l'impact de la texture alimentaire sur la croissance de l'animal.

Un nombre considérable d'études expérimentales ont vu le jour, surtout chez le rongeur (rat et souris), afin de mettre en évidence un lien entre la consistance (plus précisément la dureté) et les structures anatomiques crânio-faciales.

En 2018, une revue systématique a été réalisée par Scheidegger et al. sur l'impact de la consistance alimentaire sur les structures crâniocfaciales que sont : l'articulation temporo-mandibulaire, le cartilage condylien, le ligament parodontal et l'os alvéolaire. Les auteurs ont identifié 33 études sur le sujet (30 chez le rat et 3 chez la souris), dont seulement 6 ont été retenues dans la méta-analyse. Cette méta-analyse conclut à une réduction significative de la longueur antéro-postérieure du condyle et de sa largeur (quatre études) chez les rats soumis à un régime alimentaire mou, après une période expérimentale de quatre à cinq mois. Il en est de même pour les souris (deux études). Il est également à signaler que les études non intégrées à la méta-analyse ont montré des résultats similaires.

Selon les résultats rapportés par la revue systématique, on observe également, en cas d'exposition prolongée à une alimentation molle, au niveau microscopique, une diminution de la densité/masse osseuse aussi bien au niveau de l'os alvéolaire mandibulaire, qu'au niveau du processus condylien, tandis que l'os alvéolaire montre une réduction en hauteur et largeur (65). D'autres études ont mis en évidence qu'un régime tendre affectait l'architecture osseuse trabéculaire et corticale en promouvant la résorption osseuse aussi bien au niveau du maxillaire qu'au niveau de la mandibule (66).

Ainsi les modifications macroscopiques observées par la méta-analyse sont probablement le résultat de modifications microscopiques au niveau du métabolisme osseux.

Il est à signaler que la revue systématique n'a pas pris en compte dans son screening les études faisant intervenir un changement de consistance en cours de suivi pour évaluer la possibilité de

réversibilité des « retards de croissance » engendrés par un régime mou. Ce type d'études semblent montrer que ces retards de croissance, acquis lors du développement, sont réversibles, aussi bien au niveau micro que macroscopique, si les modifications de consistance surviennent pendant la période de croissance de l'animal (66,67).

Cette méta-analyse s'est essentiellement concentrée sur les impacts d'une alimentation attendrie sur les éléments constitutifs de l'articulation tempo-mandibulaire et peu sur son impact sur les autres composantes du complexe maxillo-mandibulaire.

Or celles-ci semblent également affectées par une altération de la dureté du régime alimentaire. Ainsi, dans l'étude de Goto et al. parue en 2015 ; un groupe de rats soumis à un régime tendre, suivi pendant quatre semaines, montre une diminution significative de la croissance de la partie postérieure du corps mandibulaire (angle Go-Mn de $9,67^\circ$ contre $10,02^\circ$ avec $p < 0,045$) et de la partie supérieure du ramus (Co-Gn de $13,28^\circ$ contre $15,86^\circ$ avec $p < 0,000$), ainsi que des dimensions transverses de l'angle goniale (Go1-Go2 de $19,63^\circ$ contre $20,24^\circ$ avec $p < 0,007$) et des arches zygomatiques (Z1-Z2 $22,26^\circ$ contre $23,32^\circ$ avec $p < 0,01$) par rapport au groupe de rats alimentés normalement (43).

Dans une étude similaire par ces mêmes auteurs en 2016, mais sur une durée allongée de quatre semaines, des résultats similaires ont été observés avec en plus une diminution de la croissance transversale de l'os alvéolaire (M1-M2 de $9,07$ contre $9,77$ avec $p < 0,004$). Or ces zones affectées dans l'étude de Goto et al., également retrouvées dans l'étude de Fujita et al., correspondent globalement aux zones d'attache des muscles masséters chez le rat. Ces zones de diminution de croissance se sont étendues, après une exposition prolongée, jusqu'au condyle et l'os alvéolaire de la mandibule, correspondant aux zones d'insertion du buccinateur et du ptérygoïdien latéral. On peut supposer une tendance à l'extension du phénomène d'inhibition de croissance, en cas de persistance dans le temps d'une alimentation ramollie, de zones de stress mécaniques de premier plan à des zones de second plan (66).

Ces deux études semblent s'accorder sur un impact plus limité d'une alimentation tendre sur le maxillaire. Cependant, dans la littérature, on mentionne de manière assez récurrente que la dimension transversale soit une des principales dimensions impactées par l'altération de la consistance de l'alimentation. Ainsi dans l'étude d'Ulgen et al., où des rats sont soumis, pendant 60 jours, à un protocole similaire aux précédentes études, une diminution significative de la largeur maxillaire (sauf au niveau du foramen incisif où elle est augmentée) est démontrée avec une moyenne de $8,5$ mm contre $8,8$ mm. La hauteur du corps mandibulaire ($3,7$ contre $3,8$ mm), du

ramus (9,7 contre 10,1 mm) ainsi que de l'étage facial inférieur était également significativement réduit (8,7 contre 9,9 mm) chez ce groupe de rats, comparés aux rats nourris normalement (68).

L'étude de Yamamoto a également démontré une diminution significative de la largeur des arches maxillaires entre les premières (avec une distance intermolaire en moyenne diminuée de 0,2 mm) et troisièmes molaires (avec une distance intermolaire en moyenne diminuée de 0,3 mm) chez des rats exposés à une alimentation liquide et suivis pendant 43 jours comparés aux rats non exposés, il est également à signaler une réduction de la croissance latérale du maxillaire dans sa partie postérieure (69).

Cette modification de la dimension transverse trouve probablement son origine dans une moindre stimulation de la suture médio-palatine via la langue (comme évoqué précédemment). En effet, diverses études ont montré des modifications histologiques au niveau de celle-ci avec par exemple : une disparition de zones cartilagineuses au profit de zones fibreuses dans certaines zones de la suture médio-palatine (43,66), en particulier à proximité de la surface buccale du palais, laissant penser à une inhibition de la différenciation de cellules mésenchymateuses en chondrocytes (43). Ce résultat peut expliquer un taux d'ossification diminué sur la surface du palais, retrouvé au niveau des molaires dans l'étude de Yamamoto (69). Par ailleurs une tendance au rétrécissement des cellules cartilagineuses est également mise en évidence (43,66) ainsi qu'une diminution de la largeur suturale (43,66,69).

Des modifications ont également été enregistrées au niveau de l'activité musculaire des muscles masticateurs et de la langue, lors de la mastication en cas d'exposition à un régime liquide (70) ayant probablement eu comme conséquence une modification dans la physiologie et la morphologie de ces mêmes muscles (51,71,72). Ces changements vont probablement contribuer à une modification des tensions exercées sur le squelette crânio-facial modifiant par conséquent sa croissance.

Cet hypodéveloppement transversal peut également être retrouvé dans d'autres modèles animaux comme chez le furet (73). On observe une diminution du volume musculaire des muscles masséters, temporaux et accessoirement au niveau du digastrique au niveau des fibres de type II, en cas d'exposition à un régime tendre (74).

Une des principales critiques pouvant être faite à la quasi-intégralité des protocoles analysés jusqu'ici est que l'étude comparative s'est faite entre un régime solide et un régime liquide ce qui est différent d'une exposition à des aliments solides mais de textures différentes. Ainsi, l'étude de Lieberman et al. s'est attachée à étudier l'impact d'une alimentation solide réduite

en morceaux et cuite par rapport à une alimentation non cuite et desséchée chez un animal rétrognathe : le daman du Cap. Ce modèle animal est intéressant par sa rétrognathie, il est ainsi anatomiquement plus proche des primates non humains.

Après un suivi de 98 jours, on observe une réduction significative de la croissance d'environ 10 % de la face en direction ventrale et postérieure chez les animaux nourris par aliments cuits et en morceaux. Par ailleurs, une diminution significative de hauteur et d'épaisseur du corps mandibulaire d'environ 15 % a aussi été démontrée. Enfin, comme le prouvent les études d'Ulgen et al. (68), de Yamamoto (69) chez le rat et celle de He et al. chez le furet (74), une diminution de la croissance dans le sens transversal peut être observée, entre la portion postérieure du crâne et l'arche zygomatique (2).

De plus, l'étude de Lieberman et al. comportait un électromyogramme afin de vérifier que les zones de croissance correspondaient, comme l'avait évoqué Moss dans son hypothèse de matrice fonctionnelle, aux zones de sollicitations mécaniques liées aux différentes fonctions. Il a ainsi été mis en évidence que les différences de tensions exercées lors de l'activité masticatoire des deux régimes alimentaires ne varient pas en termes d'orientation mais en termes d'intensité. On observe, par exemple, une tension approximativement doublée au niveau de l'arche zygomatique en cas d'exposition à une alimentation dure. Par conséquent, les zones de tensions exacerbées correspondent effectivement aux aires de croissance (2).

On suppose donc que cette réduction de croissance a, dans une certaine mesure, pour origine la diminution des tensions musculaires consécutive à une moindre sollicitation mécanique de l'appareil masticatoire par une exposition prolongée à une alimentation cuite.

Cependant, dans d'autres modèles animaux, des résultats plus étonnants ont été mis en lumière. Ainsi dans l'étude de Larsson et al., suivant des cochons pendant près de 21 mois, c'est l'exposition à un régime dur (par rapport à un régime liquide) qui va entraîner une réduction significative de la largeur des arches dentaires maxillaires et mandibulaires dans la région prémolaire d'environ 10 % (75). Ces résultats sont la conséquence d'une attrition occlusale et proximale importante entraînant en conséquence une dérive mésiale des molaires et prémolaires, accompagnée d'encombres et de rotations dentaires. Par ailleurs, chez les cochons soumis au régime liquide, le bord antérieur de la mandibule est plus incliné et l'angle entre le ramus et la mandibule plus petit.

Quelques potentielles explications à ces résultats paradoxaux peuvent être suggérées. L'alimentation des cochons modernes est quasiment liquide. Ainsi il est possible que la langue, exposée à un régime plus dur, ait développé une action atypique modifiant le schéma de croissance. Par ailleurs, la dérive mésiale consécutive à l'attrition peut également avoir comme conséquence une réduction de la largeur des arches comme cela a déjà été montré dans d'autres études (76).

Il est cependant à signaler qu'une étude antérieure chez le cochon mentionnée dans la revue de la littérature par Kiliaridis, montre des résultats plus proches de ceux retrouvés dans la littérature pour les autres modèles animaux, avec notamment de sérieuses malocclusions en cas d'exposition à un régime liquide (51).

Cette même revue de la littérature mentionne également quelques études chez le singe. Des études chez le macaque et le singe écureuil alimentés par une alimentation tendre ont également montré des dimensions transverses maxillaires et mandibulaires réduites, une diminution de la hauteur palatine ainsi qu'une croissance crânio-faciale plus réduite. De plus une étude chez le babouin a montré une augmentation de la variabilité des structures oro-faciales, et une tendance aux malocclusions en cas d'exposition à une alimentation tendre (51).

Mais ces études souffrent d'un faible niveau de preuve en raison d'un nombre important de biais (manque d'informations précises concernant l'âge, l'alimentation, le contexte génétique).

L'ensemble de ces résultats semblent conforter la théorie matricielle de Moss, évoquée en introduction. En effet une réduction de l'activité masticatoire consécutive à une altération de la consistance alimentaire va entraîner une modification de son activité musculaire et de facto, de son volume, ce qui va entraîner en réponse, un métabolisme osseux diminué. Ces résultats semblent montrer que la stimulation mécanique des muscles élévateurs en réponse à une alimentation dure est responsable d'une apposition osseuse, et donc d'une croissance majorée à la fois au voisinage des insertions musculaires, mais également au niveau des zones anatomiques de stress mécanique exacerbé. Celles-ci devant résister aux forces de flexions, comme au niveau de la suture médio-palatine et de l'os alvéolaire (51,67).

Il est cependant à signaler que toutes ces études vont montrer des conclusions parfois sensiblement différentes. Celles-ci semblent cependant s'accorder sur le fait qu'une modification de la consistance alimentaire va entraîner une plus grande variabilité des paramètres anatomiques (51,74). Par ailleurs certains éléments semblent être retrouvés de manière récurrente entre les différents modèles d'animaux et à travers les différentes études, notamment la diminution de la dimension transversale maxillaire.

Ces résultats laissent à penser que la consommation d'aliments mous pourrait être à l'origine d'une diminution du développement du complexe maxillo-mandibulaire en raison d'une moindre sollicitation du système masticatoire et des sites de croissance. Cependant les modèles animaux, même s'ils permettent de donner des indications sur les potentiels éléments pouvant être impactés par une altération de la consistance n'en permettent pas une transposition fiable au modèle humain.

B. Synthèse des connaissances chez l'Homme

Les études s'intéressant au lien direct entre la texture alimentaire et la croissance chez l'enfant sont inexistantes à ce jour dans la littérature. A défaut, quelques études se sont intéressées à l'impact de la texture sur la cinématique masticatoire permettant d'en supposer un éventuel retentissement sur les matrices fonctionnelles et par conséquent sur la croissance maxillo-faciale, quand d'autres études se sont intéressées à l'exercice masticatoire contraint chez l'enfant et son impact sur la croissance.

1. Impact de la différence de texture sur la cinématique masticatoire

La théorie matricielle de Moss permet de supposer que si une activité musculaire est plus importante en termes d'intensité ou de durée, alors elle sera susceptible d'entraîner une croissance plus importante et plus « physiologique ».

Il n'est pas possible de généraliser l'impact qu'ont les aliments sur la biomécanique masticatoire jusqu'à 18 mois, voire 24 mois, en effet ceux-ci auront des effets très variables, en fonction des études, sur les performances masticatoires avant cet âge (23,25). Ce n'est qu'avec la mise en place progressive des dents, en particulier des secondes molaires déciduales (77), et donc l'émergence d'un champ proprioceptif parodontal qu'une adaptation sera réellement possible. L'étude de Simione et al., parue en 2018, a porté sur l'activité masticatoire de 50 enfants âgés de 9 à 36 mois, via une analyse électromyographique couplée à une analyse cinématique via un enregistrement des mouvements lors de la mastication de différentes céréales/biscuits. Celle-ci a mis en évidence que les aliments les plus durs (33,7 +/- 10,4 N) entraînent une augmentation de la durée des cycles, un nombre plus important de cycles et des déplacements latéraux plus important par rapport aux aliments les plus mous (23,9 +/- 3,3N) qui eux présentent les résultats les plus faibles pour chacun des paramètres évoqués (28). Cette augmentation du nombre de cycles masticatoires ainsi que de la durée des cycles et par conséquent de la durée de la séquence avait également été retrouvée dans l'étude cinématique des mouvements de la mâchoire réalisée par Wilson et al. Cette étude concernait 48 enfants âgés de 4 à 35 mois, elle montrait la différence entre des aliments de consistance plus éloignée (aliment sous forme de purée, semi-solide et solide) (25). Des résultats similaires ont été retrouvés dans deux autres études (31,32), cependant dans celles-ci l'analyse cinématique était faite visuellement consécutivement à un enregistrement vidéo. Ces éléments semblent mettre en évidence un travail plus important de l'appareil masticatoire, aussi bien en durée qu'en intensité, lorsqu'il est confronté à des aliments plus consistants

Ces études présentent cependant des lacunes ; en effet, peu d'informations sont disponibles concernant les différents aliments utilisés lors de ces études, que ce soit au niveau des matrices alimentaires utilisées ou bien, plus précisément, au niveau des caractéristiques physiques chiffrables de ces aliments. Ainsi, il est difficile de savoir quelle(s) caractéristique(s) physique(s) a pu impacter les paramètres cinématiques.

2. Exercice masticatoire et conséquences sur la croissance

D'autres études ont montré l'impact de la mastication sur la croissance, à travers l'exercice quotidien, le plus souvent via des gommes à mâcher ou chewing-gums. Ainsi dans une étude pilote réalisée en 1987 par Ingervall et Bitsanis il a été montré que la mastication quotidienne de gomme à mâcher chez des enfants dolichofaciaux permettait de corriger la direction de croissance (78). Il est à noter que cette gomme à mâcher, portant le nom de masticha, a une consistance plus dure et celle-ci persiste davantage dans le temps que nos habituels chewing-gums. Cet exercice a eu comme conséquence une augmentation graduelle, pendant toute la durée expérimentale, de l'amplitude et de la force masticatoire. Ces résultats ont également été retrouvés par la suite dans d'autres études chez l'enfant en cas de mastication de chewing-gum de manière répétée et prolongée (79). Ces changements étaient déjà visibles et statistiquement significatifs dès le premier enregistrement à 3 mois. Par ailleurs, cet exercice a entraîné en parallèle une rotation antérieure dans la majorité des cas. De plus, cette croissance était considérablement augmentée par rapport à la croissance normale attendue. Cependant, l'échantillon d'étude était restreint ($n = 13$) et la mastication était allongée sur des durées exagérées (au moins deux heures quotidiennement). Enfin la cinématique de mastication d'une gomme est très différente de celle d'un aliment en vue d'être avalé, par exemple la langue n'aura pas ses habituels appuis palatins, notamment lorsqu'elle est amenée à propulser le bol vers l'arrière (39) et en effet les dimensions transverses n'ont pratiquement pas changé pendant l'année de suivi (78).

Plus récemment, en 2015, une autre étude pilote s'est intéressée à l'impact de la mastication de gomme (identique à celle utilisée par Ingervall) sur la stabilisation de l'expansion alvéolaire maxillaire. Ainsi les individus d'une moyenne d'âge de 9 ans ont été traités par Quad Helix pendant une durée de six mois, puis après un mois de temporisation, ces mêmes sujets ont réalisé des exercices quotidiens de mastication d'une durée d'une heure pendant six mois avec la gomme. A la fin du suivi, la distance intermolaire est plus importante chez ces individus par rapport au groupe témoin

(dont le suivi a consisté en une surveillance simple) avec une différence significative dans la dimension transversale sur le plan alvéolaire. De plus les molaires présentent une version moins importante par rapport au groupe témoin (80).

3. Physiopathologie supposée d'un hypofonctionnement masticatoire

Pour contrebalancer les études précédemment évoquées il est essentiel de s'intéresser aux conséquences supposées d'un hypofonctionnement consécutif à une alimentation tendre. L'absence de sollicitations fortes lors de la mastication chez l'enfant est à l'origine de faibles cycles masticateurs associés à un faible travail musculaire développé. Cette faible stimulation de croissance est à l'origine d'arcades restant étroites accompagnées d'une faible usure de la dentition lactéale avec des angles fonctionnels de Planas plus obliques. Cela aura pour conséquence une difficulté de l'enfant à réaliser des mouvements de latéralité. Ainsi l'apparition progressive d'une occlusion attritionnelle, signe d'une mastication efficiente, permettra aussi la mise en place correcte des dents sous peine de voir s'établir des malocclusions. Les prémices de cette déficience transversale, en dentition mixte, sont des encombrements antérieurs et des occlusions croisées latérales, puis s'il est maintenu dans le temps, ce défaut transversal s'étendra vers l'avant en raison de l'absence de levée du verrouillage occlusal en l'absence d'usure suffisante, empêchant alors la mandibule d'exprimer son potentiel de croissance vers l'avant (6). Les conséquences de ces différents mécanismes vont être retrouvées lors d'études comparatives entre des populations proches mais ayant comme différence notable leurs habitudes alimentaires. Ces signes pourront ainsi être objectivés dans le cadre de notre étude.

- Dimension transversale

Peu d'articles font état de modifications des dimensions transverses bien que celles-ci fassent partie des principales conséquences supposées d'un hypofonctionnement de l'appareil masticatoire. Dans un second temps, cet hypodéveloppement maxillaire pourra entraîner des conséquences dentaires isolées (encombrement, rotation, retard d'éruption, etc.) ou plus étendues (articulés croisés, etc.). Un certain nombre d'études basées sur les différences de régimes entre des populations proches culturellement et géographiquement ont mis en évidence certaines différences. Par exemple, dans l'étude comparative de Larsson en 1998, les prévalences d'arcades maxillaires étroites et d'articulés croisés étaient plus importantes chez des jeunes Suédois par rapport à de jeunes Norvégiens. Or, ces deux populations vont avoir tendance à présenter d'importantes différences dans leurs habitudes

alimentaires. Par exemple, les Norvégiens sont nourris au sein, et vont avoir une alimentation complémentaire grumeleuse précoce vers 4 à 5 mois et vont commencer à mâchonner du pain vers 6 mois. En contraste les jeunes Suédois sont allaités au sein pendant une période plus courte et vont être alimentés pendant les deux premières années de vie par des aliments relativement faciles à mâcher. Il est ainsi suspecté que ces différences peuvent s'expliquer par la divergence d'alimentation mais également par des praxies différentes (habitude de succion non nutritive plus importante également) (81).

De manière similaire deux études du même auteur ont évalué les potentiels variations de dimensions transverses entre ces mêmes populations (Norvégiens et Suédois) mais aussi d'époques de naissances différentes. Ainsi la première étude fait état d'une réduction significative des dimensions intermaxillaires entre des enfants de 9 ans, nés dans les années soixante et leurs homologues nés dans les années quatre-vingt, avec une différence plus marquée chez les garçons (82). Dans la seconde étude, cette différence de dimensions intermaxillaires (au niveau molaire et canin) a également été retrouvée à plus long terme, entre des crânes datés du XIV^e au XIX^e siècle par rapport à des enfants originaires d'Oslo, nés dans les années quatre-vingt, et ce malgré la contraction post mortem des os. Cependant, le faible nombre de crânes, ainsi que le calcul approximatif de l'âge des crânes au moment du décès ne permettent pas d'apporter un haut niveau de preuves (76). Cette différence de largeur des arches maxillaires a également été retrouvée dans l'étude de Corruccini et al. entre des parents ayant émigré et leurs enfants élevés dans des pays différents et industrialisés (52). Malgré tout, ces études ne sont que descriptives, la modification des habitudes alimentaires, bien qu'elle soit le principal facteur étiologique évoqué ici, ne peut être mise en évidence de manière claire. Des conclusions relativement similaires avaient été faites dans d'autres études anthropologiques ayant étudié les dimensions crâniennes de populations de chasseurs-cueilleurs par rapport à des populations post-agriculturelles ou modernes, en se basant sur la différence d'attrition des dents restantes sur l'arcade (1,83–87).

- Malocclusions

Les malocclusions vont constituer parmi les principales conséquences directes d'une réduction des dimensions transverses avec les encombrements dentaires et les retards d'éruption. Les sociétés industrialisées occidentales sont caractérisées par une occlusion dentaire très variable avec une forte prévalence de malocclusions. Alors qu'en comparaison les anthropologistes ont montré que les populations non industrialisées et non urbanisées manifestent une plus faible prévalence de malocclusions. De plus ces malocclusions peuvent survenir en l'espace d'une génération, faisant évoluer les concepts initiaux qui voulaient que ces malocclusions étaient surtout d'origine génétique. Ainsi

dans l'article de Corruccini et Lee en 1984, il a été montré que des différences notables étaient mises en évidence entre parents ayant immigré dans des pays occidentaux et leurs enfants nés dans ces mêmes pays occidentaux (52). Ainsi parmi les principaux signes, on retrouve chez ces enfants une augmentation marquée de la prévalence d'occlusion croisée, des rotations, des déplacements des dents postérieures. De plus, un index de priorité de traitement (TPI : treatment priority index) prenant en compte différentes composantes de l'occlusion (relation molaire, déplacement dentaire, présence ou non d'articulé croisé, relations horizontal et vertical des incisives...) a été utilisé afin d'illustrer la sévérité de ces malocclusions. Cet index est plus important et beaucoup plus variable chez les descendants d'immigrés. Ces changements importants survenant très rapidement en l'espace d'une génération font penser que le facteur étiologique responsable de ces changements est lié à l'urbanisation de ces familles et plus particulièrement au changement de régime alimentaire vers des aliments transformés plus mous. Mais d'autres causes sont également suspectées (changements dans la fonction orale, respiration buccale, allergies, etc.)

Des résultats similaires sont retrouvés dans d'autres populations. Ainsi dans une revue de la littérature du même auteur, ce dernier étudie les différences entre deux populations : une considérée comme vivant au sein d'une société préindustrielle tandis que la seconde est industrialisée. Ces deux populations présentent néanmoins un contexte génétique très proche (condition sine qua non pour exclure les effets de la génétique sur les facteurs épigénétiques), en prenant pour exemple des populations urbaines et rurales d'une même région. Il a été observé, de manière globale : une grande variation dans les articulés croisés et une divergence de la relation sagittale buccale traduisant la dérive mésiale ou distale des premières molaires maxillaires par rapport à son antagoniste. L'analyse de l'index de priorité de traitement (TPI) montre également une augmentation progressive des besoins de traitement avec l'urbanisation des populations étudiées. En regardant de plus près les valeurs extrêmes de cet index traduisant des malocclusions sévères, on peut remarquer que celles-ci vont être considérablement accrues chez les populations occidentales (16 %) par rapport aux population modérément industrialisés (1,9 %) ou aborigènes (0,2 %). Cela suggère que ces malocclusions sont fortement influencées par l'environnement. Dans la plupart de ces études le facteur étiologique de la dureté alimentaire était toujours considéré comme le principal ou bien un des principaux facteurs pouvant expliquer ces variations. On peut également signaler que la perte prématurée de dents déciduales est souvent évoquée. Ces malocclusions vont par ailleurs affecter les performances masticatoires (55–57). Il est ainsi fort possible que l'apparition de dysmorphoses maxillo-mandibulaires s'auto-entretiennent en engendrant une limitation des capacités masticatoires de l'enfant, en limitant les possibilités de rééducation-interception.

VI. Discussion

A ce jour, la thématique de l'impact de la consistance alimentaire sur le développement des maxillaires chez l'enfant, bien que souvent évoquée comme une potentielle cause majeure de dysharmonies dento-maxillaires, n'a pourtant pas été explorée. Une activité musculaire diminuée pourrait pourtant impacter négativement la croissance du complexe maxillo-mandibulaire chez l'enfant.

Ces divers résultats sont autant d'éléments justifiant l'établissement d'une étude investiguant les liens entre consistance alimentaire et croissance des maxillaires chez l'enfant.

A. Choix du schéma d'étude

L'inférence causale a une place centrale en épidémiologie. Elle désigne le fait d'établir une relation de causalité entre une exposition et un événement d'intérêt.

Le plus haut niveau de preuve de la relation de causalité en médecine est obtenu en réalisant un essai contrôlé randomisé dans des conditions méthodologiques optimales pour limiter les biais.

En pratique, ce type d'étude peut être difficile à implémenter (long, coûteux, logistique complexe) et les enjeux éthiques sont élevés du fait de sa dimension expérimentale. Il est donc souvent mis en œuvre lorsqu'il existe une présomption forte (basée notamment sur la littérature) que l'élément à tester a un effet positif sur la santé des individus. Les preuves d'un effet positif d'une alimentation variée, incluant des textures dures, sur la croissance des maxillaires chez l'enfant, restent faibles à ce jour.

Les études observationnelles ne permettent pas d'établir un lien de causalité direct entre une exposition et un événement d'intérêt. Cependant, elles permettent de s'approcher de l'hypothèse causale, notamment lorsqu'un faisceau d'arguments converge vers une conclusion commune. Si elles ne sont pas forcément plus simples à mettre en œuvre qu'un essai, les considérations éthiques, bien qu'importantes, sont moins contraignantes, puisque ce type d'étude repose uniquement sur de l'observation et est acceptable pour la recherche de facteurs étiologiques.

Le type d'étude observationnelle apportant le meilleur niveau de preuve est l'étude de cohorte prospective. Ce schéma d'étude serait idéal pour répondre à notre objectif.

Cependant, afin de mener à bien une étude de cohorte prospective pour étudier la relation alimentation – développement des maxillaires, il faudrait suivre des enfants plusieurs années après leur inclusion dans la cohorte.

Il faudrait, par exemple, inclure des enfants à leur naissance ou bien vers l'âge d'un an (âge à partir duquel l'activité masticatoire se développe réellement) et les suivre jusqu'après leur 6 ans (âge à partir duquel les signes d'une dysmorphose maxillo-mandibulaire sont cliniquement détectables), en étudiant régulièrement leur consommation alimentaire.

Ce type de schéma est long, coûteux, et logistiquement complexe.

Certaines cohortes de naissance, comme les cohortes EDEN (débutée en 2003) ou Elfe (2011) ont régulièrement évalué l'alimentation des enfants inclus. Cependant ces cohortes n'ont pas intégré de bilan d'orthopédie dento-faciale à leur protocole. De plus, l'âge actuel des enfants d'EDEN (15-18 ans), ne permettrait pas une évaluation orthodontique pertinente de l'état bucco-dentaire (88,89).

Un autre schéma d'étude potentiel est la cohorte rétrospective. Cependant, elle nécessite que l'on puisse reconstruire l'historique temporel de l'exposition et de la maladie des participants entre deux dates (à partir de souvenirs, de dossiers médicaux, de bases médico-administratives comme celles de la sécurité sociale, etc.). Ceci n'est possible que lorsqu'on dispose de fichiers de sujets dont l'histoire est la plus complète possible sur la période considérée, ce qui n'est pas notre cas.

L'analyse cas-témoins est un type d'étude épidémiologique alternatif à l'étude de cohorte. Si elle a théoriquement un moins bon niveau de preuve du fait de sa dimension rétrospective, elle est plus simple, plus rapide et moins coûteuse à mettre en place. Ce schéma est ainsi particulièrement adapté pour développer une étude répondant à notre objectif au sein du Pôle de médecine et chirurgie bucco-dentaire du CHU de Bordeaux.

B. Définition des cas

D'après les résultats des études de la littérature, on peut penser qu'une différence de consistance se répercute davantage dans la dimension transverse que dans les autres dimensions. Le maxillaire semble davantage affecté que la mandibule.

Ainsi il semble intéressant de se focaliser sur la présence chez l'enfant d'un **défait de croissance dans la dimension transversale** et d'en faire notre événement d'intérêt. Cependant il n'existe pas à l'heure actuelle de gold standard pour diagnostiquer un hypodéveloppement transversal (90,91). Dans la pratique clinique l'évaluation de cette dimension est essentiellement faite au fauteuil par l'appréciation de la présence d'articulé(s) croisé(s), du degré d'encombrement, de la largeur des arches dentaires, de l'inclinaison des dents postérieures, et de la forme et la hauteur de la voûte palatine.

Pour notre étude, nous avons choisi d'évaluer le défaut de croissance dans la dimension transversale par :

- Une mesure utilisée pour dépister cliniquement un développement inadéquat du maxillaire par rapport à la mandibule : le **calcul de la dysharmonie du sens transversal (DST)**. Celle-ci se mesure en comparant la distance entre les cuspides palatines de 16 et 26 et la distance séparant les fosses centrales de 36 et 46. Une distance cuspide-cuspide maxillaire inférieure à celle de la distance fosse-fosse mandibulaire traduira un défaut de croissance maxillaire dans la dimension transversale (92). Le défaut transversal peut aussi être plus antérieur, au niveau canin. Ces dimensions peuvent être **estimées directement en bouche** avec un pied à coulisse ou sur **empreintes physiques ou numériques** (90).
- Le recueil de la **présence d'une occlusion inversée postérieure** (uni- ou bilatérale). Il est à noter que cette évaluation est moins source d'erreur lorsqu'elle se fait sur **empreintes ou photographies intra-buccales** que lors de l'examen clinique.

Par ailleurs, un certain nombre d'études laissent à penser que la croissance faciale verticale est étroitement intriquée à la croissance transversale du maxillaire et de la mandibule chez l'enfant. Parmi ces études, une étude longitudinale a fait état d'une réduction de la dimension transversale en cas d'augmentation de l'étage facial inférieur (angle MP-SN), chez des jeunes filles suivies dès l'âge de 6 ans jusqu'à leur 18 ans (93). Une seconde étude a mis en évidence que des enfants présentant des béances antérieures présentaient davantage de défaut du sens transversal par rapport à une population témoin (94). Ainsi, cliniquement, un défaut de croissance transversale s'accompagne très souvent d'une augmentation de la dimension verticale.

Afin d'obtenir un groupe de cas avec un défaut de développement maxillo-mandibulaire très prononcé, nous proposons d'ajouter comme critère de sélection des cas la présence d'une augmentation de la dimension verticale de la face concomitante au défaut de croissance transversale. Cette augmentation de la dimension verticale sera objectivée par une augmentation de la dimension de l'étage inférieur de la face (bord inférieur du menton – point sous-nasal) par rapport aux étages moyens (point sous-nasal – glabella) et supérieurs (glabella – ligne d'implantation des cheveux).

C. Définition des témoins

Afin d'obtenir un groupe témoin très différent du groupe de cas en termes de développement maxillo-mandibulaire, nous proposons d'inclure des témoins ne présentant ni diminution de la dimension transversale ni augmentation de la dimension verticale.

D. Choix de l'exposition à étudier

Il existe différentes méthodes de recueil des apports alimentaires au niveau individuel.

Il peut se faire sur des jours définis, par le biais d'enregistrements alimentaires sur plusieurs jours ou via une série de rappels des 24 heures. Il y a également la possibilité d'avoir recours à un recueil des apports habituels par un historique alimentaire ou un questionnaire de consommation fréquentiel.

Le recueil des apports alimentaires sur des jours définis ne nous semble pas adapté car il peut être relativement contraignant pour le responsable légal, de plus ce dernier n'est pas systématiquement aux côtés de l'enfant lors de ses repas (en milieu scolaire, garde d'enfant, etc.) pour pouvoir attester des aliments ainsi que des quantités ingérées. Par ailleurs ce type d'enregistrement va nécessiter une pleine compliance des responsables légaux sous peine d'introduction de biais de mémoire.

Dans le cadre de notre étude il est donc plus logique de s'orienter vers un questionnaire s'intéressant à la consommation habituelle. En effet ce type de recueil permettra de mieux cerner le profil alimentaire de l'enfant (95). D'autant que l'alimentation de l'enfant évolue peu entre 2 et 10 ans en raison de la période de néophobie rencontrée par trois enfants sur quatre (62). L'usage d'un questionnaire fréquentiel de consommation semble plus pertinent. En effet un historique alimentaire nécessite un investigateur particulièrement entraîné et un long entretien ce qui est contraignant pour les participants (enfants et responsables légaux) en comparaison le questionnaire fréquentiel est le plus simple d'utilisation mais va nécessiter un travail de préparation en amont plus important pour la rédaction de celui-ci. Il est essentiel que ce questionnaire soit adapté à la population cible et à l'objectif de l'enquête (95).

Dans le cas présent, puisqu'il n'existe pas d'étude similaire antérieure, il semble fondamental de créer un questionnaire spécifique avec l'aide d'un nutritionniste ou diététicien spécialisé en pédiatrie, afin que celui-ci soit cohérent avec l'objectif de l'étude. En effet il faudrait faire le lien entre les nourritures consommées par l'enfant et leur texture. On peut ainsi envisager que les aliments soient regroupés en fonction de leur famille (féculents, fruits et légumes, etc...) et/ou de leur matrice alimentaire (purée, haché, cuit ou non, etc.).

Il pourrait par exemple être proposé deux fréquentiels (un adapté à l'enfant, un autre adapté au responsable légal) recueillant les fréquences de consommation d'un même aliment sous différentes formes (exemples dans le Tableau 1). Les aliments proposés étant établis par rapport aux consommations classiques de la population étudiée.

	Jamais ou <1 fois/mois	Nombre de fois par mois	Nombre de fois par semaine
Viande (bœuf, veau, agneau, porc)			
Steak	<input type="radio"/>	1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/>	1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/>
Saucisses, boulettes	<input type="radio"/>	1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/>	1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/>
Steak haché	<input type="radio"/>	1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/>	1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/>
Carotte			
Larges morceaux crus	<input type="radio"/>	1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/>	1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/>
Râpée crue	<input type="radio"/>	1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/>	1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/>
Morceaux cuits	<input type="radio"/>	1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/>	1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/>
Purée, soupe	<input type="radio"/>	1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/>	1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/>

Tableau 1 : Fréquentiel alimentaire

Le lien avec la texture alimentaire pourrait ensuite être fait par un système de classement par l'attribution d'une « note » ou via l'utilisation d'un système d'échelle. On peut ainsi mentionner l'échelle de texture IDDSI (International Dysphagia Diet Standardisation Initiative Inc.) qui est majoritairement utilisée pour les patients dysphagiques. Cette échelle est composée d'un continuum de 8 niveaux (de 0 à 7) pouvant caractériser aussi bien les boissons que les aliments solides (voir Tableau 2) (96). Ce fréquentiel n'a pas été préparé dans le cadre de ce travail, étant donné la difficulté de développer un tel questionnaire.

Niveaux	Boissons	Aliments
0	Liquide	
1	Très légèrement épais	
2	Légèrement épais	
3	Modérément épais	Liquéfié
4	Très épais	Mixé
5		Finement haché et lubrifié
6		Petits morceaux tendres
7		Normal

Tableau 2 : Echelle de texture IDDSI

E. Choix des tiers facteurs à recueillir

Comme on a pu l'évoquer en amont, le complexe maxillo-mandibulaire va être affecté dans sa morphologie par l'ensemble des fonctions aéro-digestives de l'enfant. Ainsi un questionnaire plus général devra préciser certaines caractéristiques ayant pu influencer la croissance maxillaire indépendamment de l'alimentation, comme les modalités d'allaitement de l'enfant (allaitement au sein uniquement ou mixte ? prédominance d'un type d'allaitement ? âge d'arrêt de l'allaitement, etc.), l'âge de début de la diversification alimentaire, et l'absence d'au moins 2 dents postérieures (antécédents d'avulsions, anomalies dentaires de nombre, ou anomalie sévère de la structure dentaire) (82).

L'influence des caractères génétiques devra également être recherché en contrôlant la présence ou non d'un défaut de développement transversal et vertical chez les parents de l'enfant.

Par ailleurs il serait également intéressant d'évaluer au cours de l'anamnèse la présence de certaines habitudes telles que :

- une succion non nutritive (ou des antécédents) ;
- la persistance d'une déglutition atypique ;
- un bruxisme modéré à sévère chez l'enfant ;
- une respiration buccale au repos et/ou un syndrome d'apnée/hypopnée du sommeil.

Ainsi que d'évaluer la présence de certaines conditions anatomiques favorisant ces praxies :

- la présence des amygdales et des végétations adénoïdes ou des antécédents d'ORL (allergie, asthme, adéno amygdalectomie) ;
- la position orale de repos avec notamment la position linguale pouvant occasionner des inoclusion labiale avec ou sans interposition (labiale ou linguale) ;
- la présence d'un frein lingual trop court étant à l'origine d'une fonction linguale inadaptée.

F. Critères d'inclusion et d'exclusion

Un étude cas-témoins nécessite d'inclure un groupe de cas atteints de la maladie et au moins un groupe de témoins non-atteints, et que ces groupes soient comparables.

- Critères d'inclusion des cas :
 - o enfant de 6 à 10 ans se présentant au service d'orthopédie dentofaciale du CHU Pellegrin pour une première consultation ;
 - o existence d'une DST ou d'une occlusion inversée postérieure et d'une augmentation de la dimension verticale de la face.

Le choix de cette population cible et de cette fourchette d'âge a plusieurs justifications. Dans un premier temps on peut considérer que les premières consultations pour raison orthodontique ne se feront que rarement avant l'âge de 6 ans. En effet ce n'est bien souvent qu'avec la mise en place des premières dents définitives et des éventuels premiers signes de malocclusions que les responsables légaux s'adresseront ou seront adressés aux spécialistes O.D.F.

De plus on considère la coopération de l'enfant plus facile à partir de cet âge (97). Or sa coopération sera fondamentale pour la réalisation d'exams complémentaires (photographies et empreintes) mais également pour sa participation active au questionnaire alimentaire. Concernant la fourchette haute, cet âge permet d'étudier les enfants en s'affranchissant du dysmorphisme sexuel et donc du pic pubertaire. En effet, on considère que l'intervention du dysmorphisme sexuel est surtout majeure après 10 ans avec la survenue du pic pubertaire chez la fille vers 10-11 ans, soit environ deux ans avant le garçon (3).

- Critères d'inclusion des témoins :
 - enfant de 6 à 10 ans se présentant au service d'orthopédie dentofaciale pour une première consultation ou en pédodontie au CHU Pellegrin pour le suivi habituel ;
 - ne présentant ni DST ni occlusion inversée postérieure ni augmentation de la dimension verticale de la face.

De plus, pour limiter les biais de confusion, chaque témoin sélectionné sera apparié à un cas selon son âge et son sexe.

- Critères de non inclusion des cas et témoins :
 - malformation héréditaire ou congénitale, troubles hormonaux ou du métabolisme phosphocalcique chez l'enfant ;
 - traitement orthopédique dentaire passé ou actuel chez l'enfant ;
 - enfant ou responsables légaux incapables de donner un consentement éclairé ;
 - enfant et responsables légaux ne parlant ou ne comprenant pas le français ;
 - enfant non affilié ou bénéficiaire d'un régime de la sécurité sociale ;
 - responsables légaux sous sauvegarde de justice.

G. Modalités et déroulé de l'étude

Ce sera une étude monocentrique au sein du CHU de Bordeaux. Une DST, une occlusion inversée et une augmentation de la dimension verticale (comparaison de la hauteur de l'étage inférieur par rapport aux étages moyen et supérieur) seront recherchées chez chaque enfant âgé de 6 à 10 ans se présentant en première consultation au service d'orthopédie dentofaciale (O.D.F.) du CHU Pellegrin (mesures cliniques intra- et extra-buccales à l'aide d'un pied à coulisse et photographies intra-buccales et de profil, réalisées dans le cadre du protocole de soin par les internes d'O.D.F.). Si l'enfant satisfait les critères d'inclusion, les critères de non-inclusion seront vérifiés. Le consentement écrit des responsables légaux à la participation à l'étude et la non-opposition de l'enfant seront recherchés suite à une information loyale claire et appropriée, orale et écrite. Une empreinte numérique de l'arcade maxillaire sera ensuite réalisée pour évaluer la reproductibilité de la mesure clinique de la DST, ainsi que le recueil des tiers facteurs cliniques (frein lingual, déglutition atypique, etc.).

Pendant ce temps le questionnaire alimentaire fréquentiel et le questionnaire recueillant les informations générales seront remplis par le(s) responsable(s) légal (aux). Le remplissage du fréquentiel alimentaire devrait se faire en aveugle du statut cas ou témoins. Si l'un ou les deux parents sont présents à la consultation, une DST, une occlusion inversée et une augmentation de la dimension verticale seront également recherchées chez eux. Enfin, l'enfant sera aidé pour le remplissage de son propre fréquentiel.

Chaque cas sera apparié à un témoin de même âge et de même sexe. Les témoins seront recrutés parmi la population d'enfants de 6 à 10 ans fréquentant le service d'odontologie du CHU de Pellegrin. L'absence de DST et d'augmentation de la dimension verticale seront vérifiées en intra- et extra-buccal avec un pied à coulisse. Les critères de non-inclusion seront vérifiés, le consentement de participation à l'étude sera recherché, et des photographies intra-buccales et de profil seront effectuées pour vérifier l'absence d'inversé d'articulé et d'augmentation de la dimension verticale. Ces patients témoins seront ensuite interrogés et examinés afin d'obtenir les mêmes informations que les cas (empreinte numérique, recueil clinique des tiers facteurs, questionnaires général et alimentaires).

H. Démarches réglementaires

Pour cette recherche, des données seront recueillies en dehors du protocole de soins, en particulier chez les témoins. Cette recherche entre donc dans le cadre des recherches impliquant la personne humaine et nécessite l'avis favorable d'un comité de protection des personnes.

Aucune intervention ne sera testée dans cette étude observationnelle. Le choix de ne pas effectuer de mesures radiologiques et de privilégier l'empreinte numérique face à l'empreinte physique classique permet d'alléger les contraintes imposées aux participants. Aucun risque ni contrainte n'ayant été identifié, cette recherche est considérée comme non-interventionnelle de catégorie 3 (RIPH3).

VII. Conclusion

L'absence d'études antérieures chez l'enfant faisant le lien entre texture alimentaire et croissance des maxillaires, et ce malgré une abondance d'études probantes chez l'animal, rendent l'élaboration d'un protocole d'étude plus complexe mais toutefois fondamental. En effet, l'exploration de cette problématique permettrait de prolonger les connaissances et de compléter les directives nutritionnelles actuelles chez l'enfant pour ainsi tenter de limiter une thérapeutique orthodontique souvent longue et onéreuse. Cependant d'autres éléments rendent l'élaboration de celle-ci complexe. On peut ainsi citer l'abord pluridisciplinaire de cette étude, faisant ainsi intervenir l'odontologie, l'orthopédie (dento-faciale) et la médecine nutritionnelle pédiatrique. De plus l'aspect multifactoriel de la croissance maxillo-faciale rend également particulièrement délicat l'étude d'une composante unique et précise qu'est la texture alimentaire.

IX. Bibliographie

1. Carlson DS, Van Gerven DP. Masticatory function and post-pleistocene evolution in Nubia. *Am J Phys Anthropol.* 1977 May;46(3):495–506.
2. Lieberman DE, Krovitz GE, Yates FW, Devlin M, St. Claire M. Effects of food processing on masticatory strain and craniofacial growth in a retrognathic face. *J Hum Evol.* 2004 Jun;46(6):655–77.
3. Limme M, Bruwier A. La prise en charge précoce. *Rev Orthop Dento Faciale.* 2014 Apr;48(2):117–34.
4. Moss ML. The functional matrix hypothesis revisited. 1. The role of mechanotransduction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997 Jul;112(1):8–11.
5. Limme M, Rozenzweig G. La fonction modèle la forme et la forme conditionne la fonction. Entretien avec Michel Limme. *Orthod Fr.* 2013 Sep;84(3):211–20.
6. Limme M. Conduites alimentaires et croissance des arcades dentaires. *Rev Orthopédie Dento-Faciale.* 2002 Sep;36(3):289–309.
7. Limme M. Diversification alimentaire et développement dentaire : importance des habitudes alimentaires des jeunes enfants pour la prévention de dysmorphoses orthodontiques. *Arch Pédiatrie.* 2010 Dec;17 Suppl 5:S213–9.
8. Sum FHKMH, Zhang L, Ling HT, Yeung CP, Li YK, Wong HM, et al. Association of breastfeeding and three-dimensional dental arch relationships in primary dentition. *BMC Oral Health.* 2015 Mar 10;15:30.
9. 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 Oct 31;12(1):934.
10. Medeiros APM, Ferreira JTL, Felício CM. Correlation between feeding methods, non-nutritive sucking and orofacial behaviors. *Pró-Fono Rev Atualização Científica.* 2009 Dec;21(4):315–9.
11. Garcia Rincon LJ, Alencar GP, Cardoso MA, Narvai PC, Frazão P. Effect of birth weight and nutritional status on transverse maxillary growth: Implications for maternal and infant health. *PLoS ONE.* 2020 Jan 30;15(1):e0228375.
12. Boronat-Catala M, Bellot-Arcis C, Montiel-Company J, Almerich-Silla J, Catala-Pizarro M. Does breastfeeding have a long-term positive effect on dental occlusion? *J Clin Exp Dent.* 2019 Oct 1;11(10):e947–51.
13. Viggiano D, Fasano D, Monaco G, Strohmer L. Breast feeding, bottle feeding, and non-nutritive sucking; effects on occlusion in deciduous dentition. *Arch Dis Child.* 2004 Dec;89(12):1121–3.
14. Chen X, Xia B, Ge L. Effects of breast-feeding duration, bottle-feeding duration and non-nutritive sucking habits on the occlusal characteristics of primary dentition. *BMC Pediatr.* 2015 Apr 21;15:46.

15. Peres KG, Cascaes AM, Nascimento GG, Victora CG. Effect of breastfeeding on malocclusions: a systematic review and meta-analysis. *Acta Paediatr.* 2015 Dec;104(467):54–61.
16. D’Onofrio L. Oral dysfunction as a cause of malocclusion. *Orthod Craniofac Res.* 2019 May;22(Suppl 1):43–8.
17. Diouf JS, Ngom PI, Badiane A, Cisse B, Ndoeye C, Diop-Ba K, et al. Influence of the mode of nutritive and non-nutritive sucking on the dimensions of primary dental arches. *Int Orthod.* 2010 Dec;8(4):372–85.
18. Warren JJ, Bishara SE, Steinbock KL, Yonezu T, Nowak AJ. Effects of oral habits’ duration on dental characteristics in the primary dentition. *J Am Dent Assoc* 1939. 2001 Dec;132(12):1685–93; quiz 1726.
19. Ovsenik M. Incorrect orofacial functions until 5 years of age and their association with posterior crossbite. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009 Sep;136(3):375–81.
20. Øgaard B, Larsson E, Lindsten R. The effect of sucking habits, cohort, sex, intercanine arch widths, and breast or bottle feeding on posterior crossbite in Norwegian and Swedish 3-year-old children. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1994 Aug;106(2):161–6.
21. Aznar T, Galán A, Marín I, Domínguez A. Dental Arch Diameters and Relationships to Oral Habits. *Angle Orthod.* 2006;76(3):441–5.
22. Ovsenik M, Farcnik FM, Korpar M, Verdenik I. Follow-up study of functional and morphological malocclusion trait changes from 3 to 12 years of age. *Eur J Orthod.* 2007 Oct;29(5):523–9.
23. Wilson EM, Green JR. The development of jaw motion for mastication. *Early Hum Dev.* 2009 May;85(5):303–11.
24. Le Révérend B, Saucy F, Moser M, Loret C. Adaptation of mastication mechanics and eating behaviour to small differences in food texture. *Physiol Behav.* 2016 Oct 15;165:136–45.
25. 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 Apr;55(2):626–38.
26. Takada K, Miyawaki S, Tatsuta M. The effects of food consistency on jaw movement and posterior temporalis and inferior orbicularis oris muscle activities during chewing in children. *Arch Oral Biol.* 1994 Sep;39(9):793–805.
27. Le Révérend BJ, Edelson LR, Loret C. Anatomical, functional, physiological and behavioural aspects of the development of mastication in early childhood. *Br J Nutr.* 2014 Feb;111(3):403–14.
28. 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 Mar 15;186:62–72.

29. Green JR, Moore CA, Ruark JL, Rodda PR, Morvée WT, Vanwitsenburg MJ. Development of Chewing in Children From 12 to 48 Months: Longitudinal Study of EMG Patterns. *J Neurophysiol.* 1997 May 1;77(5):2704–16.
30. 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 Dec;51(6):1390–404.
31. Gisel EG. Chewing Cycles in 2- to 8-Year-Old Normal Children: A Developmental Profile. *Am J Occup Ther.* 1988 Jan;42(1):40–6.
32. 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 Jan;33(1):69–79.
33. Gisel EG. Effect of oral sensorimotor treatment on measures of growth and efficiency of eating in the moderately eating-impaired child with cerebral palsy. *Dysphagia.* 1996 Winter;11(1):48–58.
34. Green JR, Simone M, Le Révérend B, Wilson EM, Richburg B, Alder M, et al. Advancement in Texture in Early Complementary Feeding and the Relevance to Developmental Outcomes. In: Black RE, Makrides M, Ong KK, editors. *Nestlé Nutrition Institute Workshop Series [Internet].* 2017 [cited 2020 Nov 25]. p. 29–38. Available from: <https://www.karger.com/Article/FullText/448935>
35. Linas N, Peyron M, Hennequin M, Eschevins C, Nicolas E, Delfosse C, et al. Masticatory behavior for different solid foods in preschool children according to their oral state. *J Texture Stud.* 2019 Jun;50(3):224–36.
36. Gaspard M. Acquisition et exercice de la fonction masticatrice chez l'enfant et l'adolescent (2^{ème} partie). *Rev Orthopédie Dento-Faciale.* 2001 Dec;35(4):519–54.
37. van der Bilt A, Engelen L, Pereira LJ, van der Glas HW, Abbink JH. Oral physiology and mastication. *Physiol Behav.* 2006 Aug 30;89(1):22–7.
38. Türker KS. Reflex Control of Human Jaw Muscles. *Crit Rev Oral Biol Med.* 2002 Jan;13(1):85–104.
39. Soulet A. Rôle de la langue au cours des fonctions oro-faciales. *Rev Orthopédie Dento-Faciale.* 1989 Mar;23(1):31–52.
40. Jimenez-Valdivia LM, Malpartida-Carrillo V, Rodríguez-Cárdenas YA, Dias-Da Silveira HL, Arriola-Guillén LE. Midpalatal suture maturation stage assessment in adolescents and young adults using cone-beam computed tomography. *Prog Orthod.* 2019 Oct 8;20(1):38.
41. Fujita Y, Maki K. Association of feeding behavior with jaw bone metabolism and tongue pressure. *Jpn Dent Sci Rev.* 2018 Nov;54(4):174–82.
42. Ichikawa M, Fujita Y, Hamaguchi A, Chaweewannakorn W, Maki K. Association of tongue pressure with masticatory performance and dental conditions in Japanese children. *Pediatr Dent J.* 2016 Aug;26(2):51–9.

43. Goto S, Fujita Y, Hotta M, Sugiyama A, Maki K. Influence of differences in the hardness and calcium content of diets on the growth of craniofacial bone in rats. *Angle Orthod.* 2015 Nov 1;85(6):969–79.
44. Takada K, Lowe AA, Freund VK. Canonical correlations between masticatory muscle orientation and dentoskeletal morphology in children. *Am J Orthod.* 1984 Oct;86(4):331–41.
45. Hutchinson EF, L'Abbe EN, Oettle AC. An assessment of early mandibular growth. *Forensic Sci Int.* 2012 Apr 10;217(1–3):233.e1-6.
46. Yamada T, Sugiyama G, Mori Y. Masticatory muscle function affects the pathological conditions of dentofacial deformities. *Jpn Dent Sci Rev.* 2020 Dec;56(1):56–61.
47. Kiliaridis S, Kålebo P. Masseter Muscle Thickness Measured by Ultrasonography and its Relation to Facial Morphology. *J Dent Res.* 1991 Sep;70(9):1262–5.
48. Castelo PM, Bonjardim LR, Pereira LJ, Gavião MBD. Facial dimensions, bite force and masticatory muscle thickness in preschool children with functional posterior crossbite. *Braz Oral Res.* 2008 Mar;22(1):48–54.
49. Garcia-Morales P, Buschang J, Throckmorton G, English J. Maximum bite force, muscle efficiency and mechanical advantage in children with vertical growth patterns. *Eur J Orthod.* 2003 Jun;25(3):265–72.
50. Boom HPW, van Spronsen PH, van Ginkel FC, van Schijndel RA, Castelijns JA, Tuinzing DB. A comparison of human jaw muscle cross-sectional area and volume in long- and short-face subjects, using MRI. *Arch Oral Biol.* 2008 Mar;53(3):273–81.
51. Kiliaridis S. The Importance of Masticatory Muscle Function in Dentofacial Growth. *Semin Orthod.* 2006 Jun;12(2):110–9.
52. Corruccini RS, Lee GT. Occlusal variation in chinese immigrants to the United Kingdom and their off-spring. *Arch Oral Biol.* 1984;29(10):779–82.
53. Grippaudo C, Quinzi V, Manai A, Paolantonio EG, Valente F, La Torre G, et al. Orthodontic treatment need and timing: Assessment of evolutive malocclusion conditions and associated risk factors. *Eur J Paediatr Dent.* 2020;21(3):203–8.
54. Raberin M. Pathologies et thérapeutiques de la dimension transversale en denture mixte. Conséquences sur l'équilibre musculaire. *Orthod Fr.* 2001 Jan;72(1–2):131–42.
55. English JD, Buschang PH, Throckmorton GS. Does Malocclusion Affect Masticatory Performance? *Angle Orthod.* 2002;72(1):21–7.
56. Toro A, Buschang PH, Throckmorton G, Roldán S. Masticatory performance in children and adolescents with Class I and II malocclusions. *Eur J Orthod.* 2006 Apr 1;28(2):112–9.
57. Gavião MBD, Raymundo VG, Rentes AM. Masticatory performance and bite force in children with primary dentition. *Braz Oral Res.* 2007 Jun;21(2):146–52.

58. Les Comptes de la Sécurité Sociale. Fiches éclairages du rapport de la Commission des comptes de la sécurité sociale - L'orthodontie : Pratiques professionnelles et recours aux soins [Internet]. Sécurité Sociale. 2017 [cited 2021 Jul 27]. Available from: https://www.securite-sociale.fr/files/live/sites/SSFR/files/medias/CCSS/2017/FICHE_ECLAIRAGE/CCSS-FICHE_ECLAIRAGE-JUILLET_2017-ORTHODONTIE_PRACTIQUE%20PRO%20ET%20RECOURS%20AUX%20SOINS.pdf
59. Nicklaus S. Complementary Feeding Strategies to Facilitate Acceptance of Fruits and Vegetables: A Narrative Review of the Literature. *Int J Environ Res Public Health*. 2016 Nov 19;13(11):1160.
60. Harris G, Mason S. Are There Sensitive Periods for Food Acceptance in Infancy? *Curr Nutr Rep*. 2017;6(2):190–6.
61. Scaglioni S, De Cosmi V, Ciappolino V, Parazzini F, Brambilla P, Agostoni C. Factors Influencing Children's Eating Behaviours. *Nutrients*. 2018 May 31;10(6):706.
62. Rigal N. Diversification alimentaire et construction du goût. *Arch Pédiatrie*. 2010 Dec;17 Suppl 5:S208-12.
63. 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 Aug;89(1):28–35.
64. Aguilera JM. The food matrix: implications in processing, nutrition and health. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2019;59(22):3612–29.
65. Scheidegger R, Koletsi D, Eliades T. The impact of dietary consistency on structural craniofacial components: Temporomandibular joint/condyle, condylar cartilage, alveolar bone and periodontal ligament. A systematic review and meta-analysis in experimental in vivo research. *Arch Oral Biol*. 2018 Oct;94:33–47.
66. Fujita Y, Goto S, Ichikawa M, Hamaguchi A, Maki K. Effect of dietary calcium deficiency and altered diet hardness on the jawbone growth: A micro-CT and bone histomorphometric study in rats. *Arch Oral Biol*. 2016 Dec;72:200–10.
67. Yamada K, Kimmel DB. The effect of dietary consistency on bone mass and turnover in the growing rat mandible. *Arch Oral Biol*. 1991;36(2):129–38.
68. Ulgen M, Baran S, Karadede I. The influence of the masticatory hypofunction on the craniofaeial growth and development in rats. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1997 Feb;111(2):10.
69. Yamamoto S. The effects of food consistency on maxillary growth in rats. *Eur J Orthod*. 1996 Dec;18(6):601–15.
70. Liu ZJ, Ikeda K, Harada S, Kasahara Y, Ito G. Functional Properties of Jaw and Tongue Muscles in Rats Fed a Liquid Diet after Being Weaned. *J Dent Res*. 1998 Feb;77(2):366–76.

71. Kawai N, Sano R, Korfage JAM, Nakamura S, Kinouchi N, Kawakami E, et al. Adaptation of rat jaw muscle fibers in postnatal development with a different food consistency: an immunohistochemical and electromyographic study: Food consistency and muscle fibers. *J Anat.* 2010 Jun;216(6):717–23.
72. Kiliaridis S, Engström C, Thilander B. Histochemical analysis of masticatory muscle in the growing rat after prolonged alteration in the consistency of the diet. *Arch Oral Biol.* 1988;33(3):187–93.
73. He T, Kiliaridis S. Effects of masticatory muscle function on craniofacial morphology in growing ferrets (*Mustela putorius furo*). *Eur J Oral Sci.* 2003 Dec;111(6):510–7.
74. He T, Olsson S, Daugaard JR, Kiliaridis S. Functional influence of masticatory muscles on the fibre characteristics and capillary distribution in growing ferrets (*Mustela putorius furo*)—a histochemical analysis. *Arch Oral Biol.* 2004 Dec;49(12):983–9.
75. Larsson E, Øgaard B, Lindsten R, Holmgren N, Brattberg M, Brattberg L. Craniofacial and dentofacial development in pigs fed soft and hard diets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005 Dec;128(6):731–9.
76. Lindsten R, Bjerklin K, Dr O. Transverse Dental and Dental Arch Depth Dimensions in the Mixed Dentition in a Skeletal Sample from the 14th to the 19th Century and Norwegian Children and Norwegian Sami Children of Today. *Angle Orthod.* 2002;72(5):10.
77. Julien KC, Buschang PH, Throckmorton GS, Dechow PC. Normal masticatory performance in young adults and children. *Arch Oral Biol.* 1996 Jan;41(1):69–75.
78. Ingervall B, Bitsanis E. A pilot study of the effect of masticatory muscle training on facial growth in long-face children. *Eur J Orthod.* 1987 Feb;9(1):15–23.
79. Ohira A, Ono Y, Yano N, Takagi Y. The effect of chewing exercise in preschool children on maximum bite force and masticatory performance: The effect of chewing exercise. *Int J Paediatr Dent.* 2012 Mar;22(2):146–53.
80. Makaremi M, Zink K, de Brondeau F. Apport des contraintes masticatrices fortes dans la stabilisation de l'expansion maxillaire. *Rev Orthopédie Dento-Faciale.* 2015 Jan;49(1):11–20.
81. Larsson E. Orthodontic aspects on feeding of young children. 1. A comparison between Swedish and Norwegian-Sami children. *Swed Dent J.* 1998;22(3):117–21.
82. Lindsten R, Ögaard B, Larsson E. Transversal dental arch dimensions in 9-year-old children born in the 1960s and the 1980s. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001 Dec;120(6):576–84.
83. Katz DC, Grote MN, Weaver TD. Changes in human skull morphology across the agricultural transition are consistent with softer diets in preindustrial farming groups. *Proc Natl Acad Sci.* 2017 Aug 22;114(34):9050–5.

84. Pokhojaev A, Avni H, Sella-Tunis T, Sarig R, May H. Changes in human mandibular shape during the Terminal Pleistocene-Holocene Levant. *Sci Rep*. 2019 Jun;9(1):8799.
85. Pinhasi R, Eshed V, Shaw P. Evolutionary changes in the masticatory complex following the transition to farming in the southern Levant. *Am J Phys Anthropol*. 2008 Feb;135(2):136–48.
86. von Cramon-Taubadel N. Global human mandibular variation reflects differences in agricultural and hunter-gatherer subsistence strategies. *Proc Natl Acad Sci U A*. 2011 Dec 6;108(49):19546–51.
87. von Cramon-Taubadel N. Measuring the effects of farming on human skull morphology. *Proc Natl Acad Sci U A*. 2017 Aug 22;114(34):8917–9.
88. INSERM. Cohorte ELFE [Internet]. plateforme de consultation et d'accès aux données de l'Etude Longitudinale Française depuis l'Enfance (ELFE). [cited 2021 Apr 13]. Available from: <https://pandora-elfe.inserm.fr/public/>
89. INSERM, CHU de Poitiers, CHRU de Nancy. Cohorte EDEN [Internet]. [cited 2021 Apr 13]. Available from: <http://eden.vjf.inserm.fr/index.php/fr/>
90. Batwa W, Baeshen HA. Use of Interarch Width Ratio to measure Transverse Relationship: A New Method to measure and assess Interarch Discrepancy. *J Contemp Dent Pract*. 2018 May 1;19(5):515–20.
91. Sawchuk D, Currie K, Vich ML, Palomo JM, Flores-Mir C. Diagnostic methods for assessing maxillary skeletal and dental transverse deficiencies: A systematic review. *Korean J Orthod*. 2016;46(5):331–42.
92. Camille Melki-Frèrejouand, Naulin-Ifi C. Endoalvéolie/endognathie du maxillaire: comment traiter les anomalies du sens transversal? *Rev Odontol Stomatol*. 2018 Sep;(47):223–40.
93. Wagner DM, Chung C-H. Transverse growth of the maxilla and mandible in untreated girls with low, average, and high MP-SN angles: A longitudinal study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2005 Dec;128(6):716–23.
94. Ballanti F, Franchi L, Cozza P. Transverse Dentoskeletal Features of Anterior Open Bite in the Mixed Dentition. *Angle Orthod*. 2009 Jul;79(4):615–20.
95. Collège des Enseignants de Nutrition. Méthodologie des enquêtes alimentaires [Internet]. Campus Nutrition. 2011 [cited 2021 Apr 13]. Available from: http://campus.cerimes.fr/nutrition/enseignement/nutrition_14/site/html/1.html
96. Cichero JAY, Lam P, Steele C, Hanson B, Dantas R, Duvelstein J, et al. Development of International Terminology and Definitions for Texture-Modified Foods and Thickened Fluids Used in Dysphagia Management: The IDDSI Framework. *Dysphagia*. 2017 Apr;32(3):293–314.

97. Boileau M-J, Bazert C, Delbos Y, Rouas P. Approche diagnostique. In: Orthodontie de l'enfant et du jeune adulte : Principes et moyens thérapeutiques (Tome 1). Elsevier Masson; 2011. p. 4-38.

X. Annexes

Annexe

**1 : Protocole de recherche impliquant la personne humaine – TEXTURE ALIMENTAIRE
ET CROISSANCE DU COMPLEXE MAXILLO-MANDIBULAIRE CHEZ L'ENFANT**

**TEXTURE ALIMENTAIRE ET CROISSANCE DU COMPLEXE
MAXILLO-MANDIBULAIRE CHEZ L'ENFANT**

Acronyme

Code : CHUBX 20XX/00

**PROTOCOLE DE RECHERCHE IMPLIQUANT LA PERSONNE
HUMAINE (*catégorie 3 - recherche non interventionnelle*)**

Version n°X.X du date

Cette recherche a obtenu le financement de *source de financement*

Promoteur :

Centre Hospitalier Universitaire de Bordeaux
12 rue Dubernat
33 400 Talence
FRANCE

Investigateur coordonnateur / principal :

Dr Virginie Chuy
Pôle de médecine et chirurgie bucco-dentaire, CHU de Bordeaux
Université de Bordeaux
146 rue Léo Saignat
33076 Bordeaux Cedex - FRANCE

Centre de Méthodologie et de Gestion des données :

Nom du méthodologiste

Adresse

Tél. : 00 00 00 00 00 - Fax : 00 00 00 00 00

Courriel : *Courriel*

**Ce protocole a été conçu et rédigé à partir de la version 3.0 du 01/02/2017
du protocole-type du GIRCI SOHO**

PAGE DE SIGNATURE DU PROTOCOLE

« *Texture alimentaire et croissance du complexe maxillo-mandibulaire chez l'enfant* »

Acronyme

Code : CHUBX 20XX/00

Promoteur

Centre Hospitalier Universitaire de Bordeaux
12, rue Dubernat
33400 Talence

à Bordeaux, le : *date*

Le Directeur Général du CHU de Bordeaux
P. VIGOUROUX
Par délégation, le Directeur de la Recherche Clinique
et de l'Innovation,
J. BELCASTRO

Investigateur Coordonnateur

Dr Virginie Chuy
Pôle de médecine et chirurgie bucco-dentaire, CHU de Bordeaux
Université de Bordeaux
146 rue Léo Saignat
33076 Bordeaux Cedex - FRANCE

à Bordeaux, le : *date*

Dr Virginie Chuy
Signature

PRINCIPAUX CORRESPONDANTS

Investigateur coordonnateur

Dr Virginie Chuy
Pôle de médecine et chirurgie bucco-dentaire,
CHU de Bordeaux
Université de Bordeaux
146 rue Léo Saignat
33076 Bordeaux Cedex - FRANCE

Attaché(e) de Recherche Clinique coordonnateur

Nom de l'Attaché(e) de Recherche Clinique

Adresse

Tél. : 0000000000 - Fax : 0000000000

Courriel : courriel

Promoteur

Centre Hospitalier Universitaire de Bordeaux
12 rue Dubernat
33 400 Talence
FRANCE

- Responsable de la recherche au niveau du promoteur

Jonathan BELCASTRO - Directeur de la Recherche
Clinique et de l'Innovation

Dr Anne GIMBERT - Responsable « Promotion
interne »

Tél : 05 57 82 08 34 – Fax : 05 56 79 49 26

Courriel : anne.gimbert@chu-bordeaux.fr

- Responsable d'Etudes Cliniques

Nom du Responsable d'Etudes Cliniques

Tél. : 00 00 00 00 00 - Fax : 05 56 79 49 26

Courriel : *prenom.nom@chu-bordeaux.fr*

Centre de Méthodologie et de Gestion des données

*Nom et coordonnées du Centre de Méthodologie et de
Gestion des données*

Nom et coordonnées du méthodologiste, du (de la)
statisticien(ne), de l'analyste programmeur, du data
manager,...

SOMMAIRE

1.	RESUME DE LA RECHERCHE	54
2.	JUSTIFICATION SCIENTIFIQUE	57
2.1.	Etat actuel des connaissances	57
2.2.	Hypothèses de la recherche	60
2.3.	Justification des choix methodologiques	60
2.4.	Retombées attendues	62
3.	OBJECTIF	63
4.	CONCEPTION DE LA RECHERCHE	63
5.	CRITERE D'ELIGIBILITE	63
5.1.	Critères d'inclusion.....	63
5.2.	Critères de non inclusion	63
5.3.	Faisabilité et modalités de recrutement	64
6.	STRATEGIE(S)/PROCEDURE(S) DE LA RECHERCHE	64
7.	CRITERES D'EVALUATION	65
8.	DEROULEMENT DE LA RECHERCHE	65
8.1.	Calendrier de la recherche	65
8.2.	Tableau récapitulatif du suivi participant	66
8.3.	Information des personnes concernées	66
9.	ASPECTS STATISTIQUES	67
9.1.	Calcul de la taille d'étude	67
9.2.	Méthodes statistiques employées.....	67
10.	SURVEILLANCE DE LA RECHERCHE	67
11.	DROITS D'ACCES AUX DONNES ET DOCUMENTS SOURCES	68
11.1.	Accès aux données.....	68
11.2.	Données sources	68
11.3.	Confidentialité des données.....	68
12.	CONTROLE ET ASSURANCE DE LA QUALITE	69
12.1.	Consignes pour le recueil des données	69
12.2.	Suivi de la recherche.....	69
12.3.	Contrôle de Qualité.....	69
12.4.	gestion des données	69
12.5.	Audit et inspection.....	69
13.	CONSIDERATIONS ETHIQUES ET REGLEMENTAIRES	70
13.1.	Conformité aux textes de référence	70
13.2.	Modifications au protocole	70
14.	CONSERVATION DES DOCUMENTS ET DES DONNEES RELATIVES A LA RECHERCHE	71
15.	REGLES RELATIVES A LA PUBLICATION PUBLICATION	71
15.1.	Communications scientifiques.....	71
15.2.	Communication des résultats aux participants.....	71
15.3.	Cession des données	71
	Références Bibliographiques	72

LISTE DES ABREVIATIONS

DST : dysharmonie du sens transversal. Elle se mesure en comparant la distance entre les cuspides palatines de 16 et 26 et la distance séparant les fosses centrales de 36 et 46. Une distance cuspid-cuspid maxillaire inférieure à celle de la distance fosse-fosse mandibulaire traduira un défaut de croissance maxillaire dans la dimension transversale (1).

O.D.F.: Orthopédie dento-faciale

IDDSI : International dysphagia standardisation initiative incorporation

1. RESUME DE LA RECHERCHE

PROMOTEUR	CHU de Bordeaux
INVESTIGATEUR	Dr Virginie Chuy Pôle de médecine et chirurgie bucco-dentaire, CHU de Bordeaux Université de Bordeaux 146 rue Léo Saignat 33076 Bordeaux Cedex - FRANCE
TITRE	Texture alimentaire et croissance du complexe maxillo-mandibulaire chez l'enfant
JUSTIFICATION / CONTEXTE	<p>L'alimentation moderne et plus particulièrement l'évolution rapide de celle-ci au cours du siècle précédent, engendre une exposition croissante à des aliments ultra-transformés de plus en plus mou, synonyme de sollicitation moindre pour le système masticateur (2). On suppose que cela puisse être à l'origine d'un hypodéveloppement des maxillaires, pouvant nécessiter un recours aux traitements orthodontiques, croissant dans nos populations modernes.</p> <p>En effet, les études animales ont tendance à mettre en évidence un développement maxillo-mandibulaire limité en cas d'exposition à une alimentation molle (3–5) peu stimulante vis à vis des matrices fonctionnelles retrouvées au niveau du système masticateur (2,6–10) et cela notamment dans la dimension transversale du maxillaire (résultats retrouvés sur divers modèles animaux) (2,11–14).</p> <p>Or des études similaires n'existent pas à l'heure actuelle chez l'enfant. A défaut, certaines études chez l'enfant mettent en lumière un lien entre travail masticatoire et croissance maxillaire (15–17) sans toutefois étudier le potentiel rôle que peut jouer la consistance alimentaire sur celle-ci. Alors que d'autres études ont clairement exposé une modification du schéma (18) et des paramètres masticatoires avec la variation de la consistance alimentaire chez l'enfant (19–22). De plus des différences morphologiques avaient déjà été mise en évidence entre des populations proches génétiquement et géographiquement mais ayant cependant des modes de vies différents (23–28).</p>

	<p>Dans le cadre des programmes nutritionnels établis par les instances sanitaires il serait intéressant de pouvoir compléter les recommandations actuelles, plutôt centrées sur les apports nutritionnels, par une information additionnelle sur la consistance alimentaire chez le jeune enfant afin d'assurer une croissance maxillaire optimale.</p>
OBJECTIFS	<p>Objectif principal : étudier le lien entre la consommation d'aliments à texture molle et la croissance du complexe maxillo-mandibulaire chez l'enfant.</p>
SCHEMA DE LA RECHERCHE	<p>Etude observationnelle, étiologique, de type cas-témoin monocentrique au sein du CHU de Bordeaux.</p>
CRITERES D'INCLUSION	<p>Critères d'inclusion des cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> - enfant de 6 à 10 ans se présentant au service d'orthopédie dentofaciale du CHU Pellegrin pour une première consultation ; - existence d'une dysharmonie du sens transversal (DST) ou d'une occlusion inversée postérieure et d'une augmentation de la dimension verticale de la face. <p>Critères d'inclusion des témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> - enfant de 6 à 10 ans se présentant au service d'orthopédie dentofaciale pour une première consultation ou en pédodontie au CHU Pellegrin pour le suivi habituel ; - ne présentant ni DST ni occlusion inversée postérieure ni augmentation de la dimension verticale de la face. <p>De plus, pour limiter les biais de confusion, chaque témoin sélectionné sera apparié à un cas selon son âge et son sexe.</p>
CRITERES DE NON INCLUSION	<p>Critères de non inclusion des cas et témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> - malformation héréditaire ou congénitale, troubles hormonaux ou du métabolisme phosphocalcique chez l'enfant ; - traitement orthopédique dentaire passé ou actuel - enfant ou responsables légaux incapables de donner un consentement éclairé - enfant et responsables légaux ne parlant ou ne comprenant pas le français ; - enfant non affilié ou bénéficiaire d'un régime de la sécurité sociale ;

	- responsables légaux sous sauvegarde de justice.
CRITERES D'EVALUATION	L'événement étudié est la présence d'un défaut de développement maxillo-mandibulaire objectivé par la présence d'un défaut de croissance transversale du maxillaire et d'une augmentation de la dimension verticale de la face. L'exposition étudiée est la consommation d'aliments à texture molle.
TAILLE D'ETUDE	Il n'existe pas, à l'heure actuelle, d'étude similaire, le calcul de la taille d'échantillon ne peut donc se baser sur un résultat antérieur retrouvé dans la littérature. Si on estime que le rapport de côte est de 2 et que le pourcentage d'exposés chez les témoins est de 40 %, alors pour obtenir un intervalle de confiance à 95 % avec une puissance de 80 % il faudrait un minimum de 144 participants dans chaque groupe, soit un total de 288 participants.
DUREE DE LA RECHERCHE	- Durée de la période d'inclusion : 2 ans - Durée de suivi par participant : 0 - Durée totale de la recherche : 2 ans
ANALYSE STATISTIQUE DES DONNEES	Les caractéristiques des participants et les fréquences de consommation d'aliments à texture molle seront décrites pour chaque groupe, cas et témoins, en termes d'effectif et pourcentage pour les variables qualitatives et en termes de moyenne et d'écart-type pour les variables quantitatives. L'association entre la fréquence de consommation d'aliments à texture molle et le défaut de croissance maxillaire sera étudiée par un modèle de régression logistique conditionnelle.
RETOMBEEES ATTENDUES	Cette étude permettra d'améliorer les connaissances sur le lien entre la consistance des aliments consommés par les enfants et la croissance du complexe maxillo-facial. Elle devrait mettre en lumière la possibilité de prévenir une partie des dysmorphoses dento-maxillaires, en corrigeant les troubles de comportement alimentaire chez l'enfant ; et la nécessité de dépister ces troubles pour des patients présentant une dysmorphose. Ceci motivera le développement d'études longitudinales afin d'approfondir les recherches sur ce lien, et, à terme, de mettre en place de nouvelles recommandations concernant la nutrition des jeunes enfants.

2. JUSTIFICATION SCIENTIFIQUE

2.1. ETAT ACTUEL DES CONNAISSANCES

Le complexe maxillo-mandibulaire suit un schéma de croissance guidé par les caractères génétiques tout en possédant un potentiel adaptatif en fonction de l'environnement auquel est soumis l'individu. Un des principaux facteurs susceptibles de modifier le schéma de croissance maxillo-facial semble être la mastication, celle-ci aurait guidé l'évolution du système masticatoire chez l'Homme et plus globalement celle du complexe maxillo-facial selon la "masticatory-fonctionnal hypothesis" formulée dans les années 1970 (29). Cette dernière est corroborée par une seconde hypothèse, celle de la matrice fonctionnelle, formulée par Moss dans les années 1960, permettant d'expliquer que la croissance du complexe maxillo-mandibulaire est étroitement liée aux sollicitations mécaniques des structures fonctionnelles avoisinantes (30). Ainsi l'on suppose que les dysmorphoses maxillaires, notamment les endognathies et endoalvéolies, sont une conséquence d'un défaut de stimulation mécanique lors de la mastication en raison d'une plus grande exposition à des aliments tendres telle qu'observée dans le mode de vie moderne occidental (31). En effet, les études descriptives comparatives montrent une plus grande incidence de ces dysmorphoses chez les populations urbaines par rapport à des populations rurales géographiquement proches (32), ou bien chez des enfants d'immigrés en provenance de pays émergents (25). Ainsi on peut constater que les pays occidentaux sont caractérisés par une prévalence importante de malocclusions. Elles concernaient environ un enfant américain sur deux dans les années 1970 (25), alors que dans une étude plus récente en Allemagne, en 2007, il a été estimé que seulement 25% des enfants en denture lactéale présentaient une occlusion considérée comme physiologique, cette fréquence descend à 7% en présence d'une denture mixte sur un échantillon important (766 enfants en denture lactéale contre 2 275 enfants en denture mixte). De plus ces dysmorphies sont souvent associées à des dysfonctions oro-faciales (90%) (33), confirmant notre hypothèse de base que ces fonctions oro-faciales déficientes sont étroitement liées aux dysmorphoses maxillo-faciales. Dans une seconde étude en Italie, portant sur un échantillon de 4 422 enfants âgés de 2 à 13 ans recrutés dans des écoles, des jardins d'enfants ainsi que des structures de soins (une clinique dentaire et des cliniques pédiatriques), l'analyse statistique a montré qu'environ 1/3 des enfants âgés de 2 à 7 ans présentait une malocclusion modérée à sévère dans laquelle une interception précoce serait requise. Tandis qu'entre 7 et 13 ans, cette proportion passe à environ $\frac{3}{4}$ (dont $\frac{1}{2}$ concerné par au moins un encombrement) (34). Par ailleurs, en regardant plus attentivement la dimension transversale que l'on suspecte être davantage impactée par une alimentation tendre (35), on note que les anomalies transversales sont très fréquentes et vont concerner majoritairement le

maxillaire, représentant 8 à 18% des malocclusions observées en denture mixte (36). Dans l'étude italienne précédemment citée l'hypodéveloppement maxillaire a une prévalence d'environ 10%.

Ces dysmorphoses maxillo-mandibulaires vont avoir de nombreuses conséquences :

- esthétiques : surtout endo-buccales avec des encombrements postérieurs mais également antérieurs, des malocclusions, voire des articulés croisés. Cela peut aller jusqu'à un développement asymétrique de la mandibule et une asymétrie faciale si ces défauts persistent dans le temps, ayant ainsi davantage de répercussions en exo-buccal (34,37).
- prophylactiques : ces malpositions et encombrements vont rendre le brossage dentaire plus délicat ce qui peut entraîner un risque carieux majoré ainsi que des gingivites.
- fonctionnelles : ces dysmorphoses peuvent déséquilibrer l'occlusion et ainsi perturber le schéma de mastication physiologique. Cela peut résulter en une mastication inefficace entretenant un cercle vicieux, ne permettant pas à l'enfant la mastication d'aliments durs de manière aisée et entraînant par conséquent le refus de ceux-ci (26–28).

Ces dysmorphoses nécessiteront alors une prise en charge orthopédique d'interception ou en cas de prise en charge plus tardive une thérapeutique d'orthodontie afin de rétablir une occlusion et une esthétique satisfaisante. La forte prévalence de ces diverses dysmorphoses ainsi que les nombreuses répercussions qu'elles engendrent vont pouvoir en partie expliquer un recours de plus en plus important aux thérapeutiques orthodontiques. En effet, le recours aux thérapeutiques orthodontiques des « effectifs de moins de 16 ans ont augmenté de 25% entre 2008 et 2015 soit une hausse annuelle moyenne de 3% » (38).

Comme il a été évoqué en amont, le complexe maxillo-mandibulaire va être grandement affecté dans sa morphologie par les facteurs environnementaux dont essentiellement les fonctions aéro-digestives de l'enfant et les caractéristiques de celles-ci, en particulier au cours de la 1^{ère} année de vie où la croissance est maximale (39). Ainsi parmi celles-ci, on peut évoquer l'allaitement et la diversification alimentaire, on peut aussi évoquer la présence de dyspraxies (suction non nutritive, déglutition atypique, bruxisme, respiration buccale au repos associée ou non à un syndrome d'apnée/hypopnée du sommeil) ou de conditions anatomiques prédisposantes à ces dyspraxies (frein lingual court et position linguale basse ou bien encore présence de végétations adénoïdes amygdales volumineuses).

En plus de ces facteurs, la consistance des aliments à laquelle est exposé l'enfant est également supposée être un des principaux facteurs jouant sur la croissance des maxillaires. Cependant ce paramètre bien que grandement étudié dans divers modèles animaux n'a jusque-là pas été directement investigué chez l'enfant (35). Or avec la modification profonde des habitudes alimentaires, on sait que les enfants sont particulièrement exposés à une alimentation de plus en

plus tendre (aliments cuits notamment). Cela est d'autant plus vrai en raison de la période de néophobie rencontrée par trois enfants sur quatre, l'alimentation de l'enfant (aussi bien en termes de goût que de consistance) évoluera peu entre 2 et 10 ans (48). Or il a déjà été démontré qu'une exposition temporellement adéquate à des aliments de consistances variées va contribuer au développement de la fonction masticatrice (40) et la maturation de celle-ci (19,21,22,41–43). C'est pourquoi la mastication d'aliments durs revêt toute son importance au cours de la période d'alimentation complémentaire mais également par la suite pour assurer le rôle morphogénétique physiologique de la mastication au cours de la croissance de l'enfant.

Les études expérimentales animales semblent s'accorder sur une plus grande variabilité des paramètres anatomiques observés en cas d'exposition à un régime alimentaire liquide ou ramolli. Une diminution de la dimension transversale, et ce particulièrement au maxillaire, est en effet retrouvée chez différents modèles animaux en cas d'exposition à un tel régime (3,5,7,11–13,44).

A ce jour, la thématique de l'impact de la consistance alimentaire sur le développement des maxillaires chez l'enfant, bien que souvent évoquée comme une potentielle cause majeure de dysharmonie dento-maxillaire, n'a pourtant pas été explorée.

Les rares études existantes chez l'Homme se sont surtout intéressées à l'impact de la consistance alimentaire sur le travail musculaire chez l'enfant. Celles-ci montrent clairement une activité masticatoire augmentée aussi bien en durée qu'en intensité en cas d'exposition à une alimentation dure (19–22). Ainsi une activité musculaire exacerbée serait en mesure de jouer sur la croissance maxillo-faciale. Cela semble être corroboré par quelques rares études ayant étudié l'influence d'exercices masticatoires sur la croissance de l'enfant (15–17).

La relation entre la mastication d'aliments à texture tendre et la croissance maxillo-mandibulaire chez l'enfant reste cependant trop peu étayée pour que des recommandations préventives soient proposées, et ce malgré une exposition croissante aux aliments tendres dans nos populations occidentales post-industrielles.

Au travers de cette étude, nous souhaitons améliorer les connaissances sur le lien entre la consistance des aliments consommés par les enfants et la croissance du complexe maxillo-facial afin de motiver l'établissement de recommandations préventives sur cet aspect nutritionnel.

2.2. HYPOTHESES DE LA RECHERCHE

Bien qu'il semble établi que les sollicitations mécaniques engendrées par la mastication orientent la croissance du complexe maxillo-facial, les effets de la consistance alimentaire des aliments consommés par l'enfant sur la croissance maxillo-mandibulaire restent à ce jour inexplorés.

Nous faisons l'hypothèse qu'une exposition à une alimentation à consistance molle entraînerait une insuffisance de développement du complexe maxillo-mandibulaire, en particulier dans la dimension transversale du maxillaire.

2.3. JUSTIFICATION DES CHOIX METHODOLOGIQUES

- Choix du schéma d'étude

Le choix s'est porté sur une analyse cas-témoins, préférée à l'étude de cohorte dans un premier temps en raison de l'absence de données scientifiques chez l'Homme sur cette thématique à ce jour.

- Choix de l'événement d'intérêt à étudier : définition des cas et des témoins

D'après les résultats des études de la littérature, on peut penser qu'une différence de consistance se répercute davantage dans la dimension transverse que dans les deux autres dimensions, de plus, le maxillaire semble davantage affecté par rapport à la mandibule.

Ainsi il semble intéressant de se focaliser sur la présence chez l'enfant d'un **défait de croissance dans la dimension transversale** et d'en faire notre événement d'intérêt. Cependant il n'existe pas à l'heure actuelle de gold standard pour diagnostiquer un hypodéveloppement transversal (47,48). Dans la pratique clinique l'évaluation de cette dimension est essentiellement faite au fauteuil par l'appréciation de la présence d'articulé(s) croisé(s), du degré d'encombrement, de la largeur des arches dentaires, de l'inclinaison des dents postérieures, et de la forme et la hauteur de la voûte palatine.

Pour notre étude, nous avons choisi d'évaluer le défaut de croissance dans la dimension transversale par :

- Une mesure utilisée pour dépister cliniquement un développement inadéquat du maxillaire par rapport à la mandibule : le **calcul de la dysharmonie du sens transversal (DST)**. Celle-ci se mesure en comparant la distance entre les cuspides palatines de 16 et 26 et la distance séparant les fosses centrales de 36 et 46. Une distance cuspide-cuspide maxillaire inférieure

à celle de la distance fosse-fosse mandibulaire traduira un défaut de croissance maxillaire dans la dimension transversale (1). Le défaut transversal peut aussi être plus antérieur, au niveau canin. Ces dimensions peuvent être **estimées directement en bouche** avec un pied à coulisse ou sur **empreintes physiques ou numériques** (47).

- Le recueil de la **présence d'une occlusion inversée postérieure** (uni- ou bilatérale). Il est à noter que cette évaluation est moins source d'erreur lorsqu'elle se fait sur **empreintes ou photographies intra-buccales** que lors de l'examen clinique.

Cependant il est bon de préciser que la croissance transversale semble étroitement intriquée avec la croissance faciale verticale comme le montre certaines études (45,46). Ainsi, cliniquement, un défaut de croissance transversale s'accompagne très souvent d'une augmentation de la dimension verticale. Afin d'obtenir un groupe de cas avec un défaut de développement maxillo-mandibulaire très prononcé, nous proposons d'ajouter comme critère de sélection des cas la présence d'une augmentation de la dimension verticale concomitante au défaut de croissance transversale. Cette augmentation de la dimension verticale sera évaluée positivement si la dimension de l'étage inférieur de la face (entre le bord inférieur du menton et le point sous-nasal) est plus importante que les dimensions des étages moyen (point sous-nasal – glabelle) et supérieur (glabelle – ligne d'implantation des cheveux).

Afin d'obtenir un groupe témoin très différent du groupe de cas en termes de développement maxillo-mandibulaire, nous proposons d'inclure des témoins ne présentant ni diminution de la dimension transversale ni augmentation de la dimension verticale de la face. De plus, pour limiter les biais de confusion, chaque témoin sélectionné sera apparié à un cas selon son âge et son sexe.

- Choix de l'exposition à étudier

Pour mieux cerner le profil alimentaire global de l'enfant (49), nous utiliserons un questionnaire fréquentiel de consommation qui permettra de connaître globalement la consommation usuelle de l'enfant, car comme nous l'avons évoqué précédemment, l'alimentation de l'enfant évolue peu entre 6 et 10 ans. De plus ce type de questionnaire est plus simple d'utilisation et moins contraignant à remplir pour les participants à l'étude (responsables légaux et enfants).

- Choix des tiers facteurs à recueillir

Le complexe maxillo-mandibulaire va être affecté dans sa morphologie par l'ensemble des fonctions aéro-digestives de l'enfant comme évoqué plus haut. Ainsi un questionnaire plus général

devra préciser certaines caractéristiques ayant pu influencer la croissance maxillaire indépendamment de l'alimentation, comme les modalités d'allaitement de l'enfant (allaitement au sein uniquement ou mixte ? prédominance d'un type d'allaitement ? âge d'arrêt de l'allaitement, etc.,) l'âge de début de la diversification alimentaire (types d'aliments proposés et sous quelles formes (fruits et légumes crus, en morceaux ou cuits etc.) et l'absence d'au moins 2 dents postérieures (antécédents d'avulsions, anomalies dentaires de nombre, ou anomalie sévère de la structure dentaire) (24)

L'influence des caractères génétiques devra également être recherché en contrôlant la présence ou non d'un défaut de développement transversal et d'une augmentation de la dimension verticale de la face chez les parents de l'enfant.

Par ailleurs il serait également intéressant d'évaluer au cours de l'anamnèse la présence de certaines dyspraxies telles que :

- une succion non nutritive (ou des antécédents) ;
- la persistance d'une déglutition atypique ;
- un bruxisme modéré à sévère chez l'enfant ;
- une respiration buccale au repos et/ou un syndrome d'apnée/hypopnée du sommeil.

Ainsi que d'évaluer la présence de certaines conditions anatomiques favorisant ces dyspraxies :

- la présence des amygdales et des végétations adénoïdes ou des antécédents d'ORL (allergie, asthme, adéno amygdalectomie) ;
- la position orale de repos avec notamment une position linguale basse occasionnant souvent des inoclusions labiales avec ou sans interposition (labiale ou linguale) ;
- la présence d'un frein lingual trop court étant à l'origine d'une fonction linguale inadaptée.

2.4. RETOMBÉES ATTENDUES

Cette étude permettra d'améliorer les connaissances sur le lien entre la consistance des aliments consommés par les enfants et la croissance du complexe maxillo-facial. Elle devrait mettre en lumière la possibilité de prévenir une partie des dysmorphoses dento-maxillaires, en corrigeant les troubles de comportement alimentaire chez l'enfant ; et la nécessité de dépister ces troubles pour des patients présentant une dysmorphose. Ceci motivera le développement d'études longitudinales afin d'approfondir les recherches sur ce lien, et, à terme, de mettre en place de nouvelles recommandations concernant la nutrition des jeunes enfants.

3. OBJECTIF

L'objectif principal de cette étude va être d'étudier l'association entre la fréquence de consommation d'aliments considérés comme tendre chez des enfants d'âge compris entre 6 et 10 ans et la présence d'une dysmorphose maxillo-mandibulaire.

4. CONCEPTION DE LA RECHERCHE

Il s'agit d'une étude cas-témoins, monocentrique, chez des enfants de 6 à 10 ans consultant au CHU de Bordeaux.

5. CRITERES D'ÉLIGIBILITE

5.1. CRITERES D'INCLUSION

- Critères d'inclusion des cas :
 - enfant de 6 à 10 ans se présentant au service d'orthopédie dentofaciale du CHU Pellegrin pour une première consultation ;
 - existence d'une DST ou d'une occlusion inversée postérieure et d'une augmentation de la dimension verticale de la face.

- Critères d'inclusion des témoins :
 - enfant de 6 à 10 ans se présentant au service d'orthopédie dentofaciale pour une première consultation ou en pédodontie au CHU Pellegrin pour le suivi habituel ;
 - ne présentant ni DST ni occlusion inversée postérieure ni augmentation de la dimension verticale de la face.

5.2. CRITERES DE NON INCLUSION

Ces critères d'inclusions sont communs aux sujets cas et témoins :

- malformation héréditaire ou congénitale, troubles hormonaux ou du métabolisme phosphocalcique chez l'enfant ;
- traitement orthopédique dentaire passé ou actuel chez l'enfant ;
- enfant ou responsables légaux incapables de donner un consentement éclairé ;
- enfant et responsables légaux ne parlant ou ne comprenant pas le français ;
- enfant non affilié ou bénéficiaire d'un régime de la sécurité sociale ;
- responsables légaux sous sauvegarde de justice

5.3. FAISABILITE ET MODALITES DE RECRUTEMENT

Cette étude monocentrique sera effectuée au CHU de Bordeaux, au sein du pôle d'odontologie de l'hôpital Pellegrin.

Une DST, une occlusion inversée et une augmentation de la dimension verticale de la face seront recherchées chez chaque enfant âgé de 6 à 10 ans se présentant en première consultation au service d'orthopédie dentofaciale (O.D.F.) du CHU Pellegrin (mesures cliniques intra- et extra-buccales à l'aide d'un pied à coulisse et photographies intra-buccales et de profil, réalisées dans le cadre du protocole de soin par les internes d'O.D.F.). Si l'enfant satisfait les critères d'inclusion, les critères de non-inclusion seront vérifiés. Le consentement écrit des responsables légaux à la participation à l'étude et la non-opposition de l'enfant seront recherchés suite à une information loyale claire et appropriée, orale et écrite. Ensuite le recueil des données pourra débuter chez ces patients cas. Les patients témoins seront eux recrutés lors des consultations d'odontologie pédiatrique et d'O.D.F, au sein de ce même pôle et seront appariés à un patient cas, selon son âge et son sexe, afin de limiter les biais de confusion.

6. STRATEGIE(S)/PROCEDURE(S) DE LA RECHERCHE

Une fois les cas recrutés dans le cadre de ce protocole, le recueil des données pourra commencer dès cette première consultation. Lors de l'examen clinique, le recueil des tiers facteurs cliniques sera ainsi réalisé (frein lingual, déglutition atypique, etc.). Puis une empreinte numérique de l'arcade maxillaire sera réalisée pour évaluer la reproductibilité de la mesure clinique de la DST.

Pendant ce temps le questionnaire alimentaire fréquentiel et le questionnaire recueillant les informations générales seront remplis par le(s) responsable(s) légal (aux). Le remplissage du fréquentiel alimentaire se fera en aveugle du statut cas ou témoins.

Si l'un ou les deux parents sont présents à la consultation, une DST, une occlusion inversée et une augmentation de la dimension verticale de la face seront également recherchées chez eux afin d'évaluer une éventuelle composante génétique. Enfin, l'enfant sera aidé pour le remplissage de son propre fréquentiel.

Les témoins appariés sur l'âge et le sexe des cas, seront recrutés parmi la population d'enfants de 6 à 10 ans fréquentant le service d'odontologie (consultations d'omnipraticiens et d'O.D.F pédiatriques) du CHU de Pellegrin. Les critères d'inclusion seront vérifiés c'est à dire l'absence de DST ou d'occlusion inversée postérieure et l'absence d'augmentation de la dimension verticale.

Puis les critères de non-inclusion seront également contrôlés puis le consentement de participation à l'étude sera recherché. Une fois le consentement obtenu, les mêmes examens complémentaires que pour les patients cas seront réalisés (photographies intra-buccales et de profil, empreinte numérique, recueil clinique des tiers facteurs, questionnaires général et alimentaires).

7. CRITERES D'EVALUATION

7.1. CRITERE D'EVALUATION PRINCIPAL

Le défaut de croissance transversale au maxillaire sera évalué par la présence d'un calcul négatif de la dysharmonie du sens transversal (DST) et/ou par la présence d'articulés croisés (uni- ou bilatéraux). Ce dernier sera dans un premier temps évalué de manière visuelle (mais pourra être attestée dans un second temps par l'apport des clichés photographique intra-buccaux) puis la distance entre les cuspidés palatines de 16 et 26 et la distance séparant les fosses centrales de 36 et 46 seront évaluées par une mesure intra-buccale au pied à coulisse par l'interne d'O.D.F en charge du patient. Une distance cuspide-cuspide maxillaire inférieure à celle de la distance fosse-fosse mandibulaire traduira un défaut de croissance maxillaire dans la dimension transversale (cela pourra être confirmé dans un second temps par l'apport de l'empreinte optique). L'augmentation de la dimension verticale sera évaluée en comparant la hauteur de l'étage inférieur (entre le bord inférieur du menton et le point sous-nasal) par rapport aux étages moyen (point sous-nasal – glabelle) et supérieur (glabelle – ligne d'implantation des cheveux) à l'aide d'un pied à coulisse et d'une photographie de profil. L'existence d'un articulé croisé ou d'une DST négative et d'une augmentation de la dimension de l'étage inférieur de la face par rapport aux étages moyens et supérieurs rendra éligible le patient à être inclus dans l'étude. Le consentement éclairé du patient et de son responsable légal permettra la réalisation d'examens complémentaires à savoir des photographies intra-buccales et la prise d'une empreinte numérique permettant de préciser ces défauts et de pouvoir avoir des données numériques plus facilement analysables et comparables. De plus l'obtention de ces données permettra d'étudier la variabilité inter-examineur.

8. DEROULEMENT DE LA RECHERCHE

8.1. CALENDRIER DE LA RECHERCHE

- Durée de la période d'inclusion : 2 ans
- Durée de suivi par participant : les données seront recueillies à l'inclusion dans l'étude et aucun suivi des participants ne sera effectué.
- Durée totale de la recherche : 2 ans

8.2. TABLEAU RECAPITULATIF DU SUIVI PARTICIPANT

Les données suivantes seront recueillies en une seule visite et la durée totale du recueil sera de 45 min :

Mode de recueil	Éléments recueillis	Temps estimé (min)
QUESTIONNAIRE MEDICAL	Recueil de données cliniques généralistes	10
RECUEIL CLINIQUE	Mesure des distances permettant le calcul de la DST et la comparaison des étages de la face	5
	Evaluation des tiers facteurs	5
QUESTIONNAIRE FREQUENTIEL ALIMENTAIRE (parents)	Consommation alimentaire usuelle de l'enfant	10
QUESTIONNAIRE FREQUENTIEL ALIMENTAIRE (enfants)	Consommation alimentaire usuelle de l'enfant	15
TOTAL		45

8.3. INFORMATION DES PERSONNES CONCERNEES

Le jour de la première consultation au sein du service d'orthopédie dento-faciale (ou lors d'une consultation pédiatrique pour les patients témoins), l'investigateur (personne qualifiée) propose *aux titulaires de l'autorité parentale ou au représentant légal* de participer à cette recherche et l'informe :

- de l'objectif,
- du traitement informatisé des données le concernant qui seront recueillies au cours de cette recherche et lui précise également ses droits d'accès, d'opposition et de rectification à ces données.

L'investigateur vérifie également que l'enfant remplit les critères d'éligibilité. Si le tuteur est d'accord pour permettre la participation de l'enfant (et que ce dernier est d'accord également) à l'étude il donne oralement son accord puis un document écrit de « consentement éclairé » est rempli, signé et adjoint au dossier médical de l'enfant afin de confirmer la participation à l'étude cas-témoin. Cela permet d'attester que le représentant légal et l'enfant ont préalablement obtenu une information loyale, claire, et appropriée de l'objectif de l'étude, mais également des procédures et examens qu'entraîne la participation de l'enfant, ainsi que ses droits vis à vis des données concernant l'enfant. Le participant pourra, à tout moment, s'opposer à l'utilisation de ses données, dans le cadre de la recherche.

9. ASPECTS STATISTIQUES

PRENDRE CONTACT AVEC LE CMG POUR AIDE A LA REDACTION DE CE CHAPITRE

9.1. CALCUL DE LA TAILLE D'ETUDE

Puisqu'il n'existe pas d'étude similaire dans la littérature, le calcul de la taille d'échantillon ne peut se baser sur un résultat antérieur.

Si on estime que le rapport de côte est de 2 et que le pourcentage d'exposés chez les témoins est de 40 %, alors pour obtenir un intervalle de confiance à 95 % avec une puissance de 80 % il faudrait un minimum de 144 participants dans chaque groupe , soit un total de 288 participants.

9.2. METHODES STATISTIQUES EMPLOYEES

Les caractéristiques des participants et les fréquences de consommation d'aliments à texture molle seront décrites dans chacun des groupes en termes d'effectif et de pourcentage pour les variables qualitatives et d'effectif, de moyenne et d'écart-type pour les variables quantitatives.

Ces caractéristiques seront comparées entre les groupes de cas et de témoins par les tests statistiques appropriés à la distribution des variables.

L'association entre la fréquence de consommation d'aliments à texture molle et la croissance du complexe maxillo-mandibulaire sera étudiée à l'aide d'un modèle de régression logistique conditionnelle.

Les analyses seront réalisées avec les logiciels SAS® ou R.

10. SURVEILLANCE DE LA RECHERCHE

10.1. CONSEIL SCIENTIFIQUE

10.1.1. COMPOSITION

Il est composé des personnes suivantes : *nom de l'investigateur coordonnateur* (président), *noms des personnes composant le Conseil Scientifique de la recherche : investigateurs principaux, méthodologiste, statisticien, cliniciens, représentants des disciplines nécessaires en fonction de la nature de la recherche et représentant du promoteur.*

10.1.2. RYTHME DES REUNIONS

Le Conseil Scientifique de la recherche se réunit à *définir selon les besoins de l'étude et au moins une fois par an.*

10.1.3. ROLE

- Il a pour mission de prendre toute décision importante à la demande de l'investigateur coordonnateur concernant la bonne marche de la recherche et le respect du protocole.
- Il vérifie le respect de l'éthique.
- Il s'informe auprès du Centre de Méthodologie et de Gestion des données et du centre investigateur coordonnateur de la recherche de l'état d'avancement de la recherche, des problèmes éventuels et des résultats disponibles.
- Il décide de toute modification pertinente du protocole nécessaire à la poursuite de la recherche, notamment :

- *les mesures permettant de faciliter le recrutement dans la recherche,*
 - *les modifications au protocole avant leur présentation au CPP,*
 - *les décisions d'ouvrir ou de fermer des sites participant à la recherche,*
 - *les mesures qui assurent aux personnes participant à la recherche la meilleure sécurité,*
 - *la discussion des résultats et la stratégie de publication de ces résultats.*
- Le Conseil Scientifique peut proposer (*après avis du Comité Indépendant*) de prolonger ou d'interrompre la recherche en cas de rythme d'inclusion trop lent, d'un trop grand nombre de perdus de vue, de violations majeures du protocole ou bien pour des raisons médicales et/ou administratives. Il précise les modalités éventuelles du suivi prolongé des participants inclus dans la recherche.
- A l'issue de la réunion, le président du Conseil Scientifique doit informer le promoteur des décisions arrêtées. Les décisions concernant une modification majeure ou une modification de budget doivent être approuvées par le promoteur.

11. DROITS D'ACCES AUX DONNEES ET DOCUMENTS SOURCE

11.1. ACCES AUX DONNEES

L'acceptation de la participation au protocole implique que les personnes qui réalisent la recherche mettront à disposition les documents et données individuelles strictement nécessaires au suivi, au contrôle de qualité et à l'audit de la recherche, à la disposition des personnes ayant un accès à ces documents conformément aux dispositions législatives et réglementaires en vigueur.

11.2. DONNEES SOURCES

Ensemble des informations figurant dans des documents originaux, ou dans des copies authentifiées de ces documents, relatif aux examens cliniques, aux observations ou à d'autres activités menées dans le cadre d'une recherche et nécessaires à la reconstitution et à l'évaluation de la recherche. Les documents dans lesquels les données sources sont enregistrées sont appelés les documents sources.

11.3. CONFIDENTIALITE DES DONNEES

Conformément aux dispositions législatives en vigueur, les personnes ayant un accès direct aux données sources prendront toutes les précautions nécessaires en vue d'assurer la confidentialité des informations relatives aux recherches, aux personnes qui s'y prêtent et notamment en ce qui concerne leur identité ainsi qu'aux résultats obtenus. Ces personnes, au même titre que les investigateurs, sont soumises au secret professionnel.

Pendant la recherche ou à son issue, les données recueillies sur les personnes qui s'y prêtent et transmises au promoteur par les investigateurs (ou tous autres intervenants spécialisés) seront codifiées. Elles ne doivent en aucun cas faire apparaître en clair les noms des personnes concernées ni leur adresse.

Afin de respecter la confidentialité des données personnelles, chaque patient se verra attribuer un code confidentiel d'identification, composé du numéro de patient à 3 chiffres et d'un code lettre (4 lettres) anonyme construit à partir des initiales de ses nom et prénom.

Le promoteur s'assurera que chaque personne qui se prête à la recherche a été informée de l'accès aux données individuelles la concernant et strictement nécessaires au contrôle de qualité de la recherche.

12. CONTROLE ET ASSURANCE DE LA QUALITE

PRENDRE CONTACT AVEC LE PROMOTEUR POUR AIDE A LA REDACTION DE CE CHAPITRE

12.1. CONSIGNES POUR LE RECUEIL DES DONNEES

Toutes les informations requises par le protocole doivent être consignées sur les cahiers d'observation et une explication doit être apportée pour chaque donnée manquante. Les données devront être recueillies au fur et à mesure qu'elles sont obtenues, et transcrites dans ces cahiers de façon nette et lisible.

12.2. SUIVI DE LA RECHERCHE

Le suivi de la recherche sera assuré par un technicien de recherche clinique. Il sera chargé, auprès de l'investigateur coordonnateur, de :

- la logistique et la surveillance de la recherche,
- l'établissement des rapports concernant son état d'avancement et leur diffusion aux intervenants de la recherche (promoteur, CMG,...),
- la vérification de la complétude du cahier d'observation (demande d'informations complémentaires, corrections,...),
- l'envoi des prélèvements.

Il travaillera conformément aux procédures opératoires standardisées, en collaboration avec l'attaché de recherche clinique délégué par le promoteur.

12.3. CONTROLE DE QUALITE

Un attaché de recherche clinique mandaté par le promoteur visite chaque centre, lors de la mise en place de la recherche, une ou plusieurs fois en cours de recherche selon le plan de monitoring défini pour la recherche et le rythme des inclusions. Lors de ces visites, les éléments revus sont précisés par le plan de monitoring.

Toute visite fera l'objet d'un rapport de monitoring par compte-rendu écrit.

12.4. GESTION DES DONNEES

Plan de data management à définir conjointement entre l'investigateur coordonnateur et le Centre de Méthodologie et de Gestion des données du CHU de Bordeaux.

12.5. AUDIT ET INSPECTION

Un audit peut être réalisé à tout moment par des personnes mandatées par le promoteur et indépendantes des personnes menant la recherche. Il a pour objectif de vérifier la sécurité des participants et le respect de leurs droits, le respect de la réglementation applicable et la fiabilité des données.

Une inspection peut également être diligentée par une autorité compétente (ANSM pour la France ou EMA dans le cadre d'un essai européen par exemple).

L'audit, aussi bien que l'inspection, pourront s'appliquer à tous les stades de la recherche, du développement du protocole à la publication des résultats et au classement des données utilisées ou produites dans le cadre de la recherche.

Les investigateurs acceptent de se conformer aux exigences du promoteur en ce qui concerne un audit et à l'autorité compétente pour une inspection de la recherche.

13. CONSIDERATIONS ETHIQUES ET REGLEMENTAIRES

PRENDRE CONTACT AVEC LE PROMOTEUR POUR AIDE A LA REDACTION DE CE CHAPITRE

13.1. CONFORMITE AUX TEXTES DE REFERENCE

Le promoteur et l'(les) investigateur(s) s'engagent à ce que cette recherche soit réalisée en conformité avec la loi n°2012-300 du 5 mars 2012 relative aux recherches impliquant la personne humaine et la déclaration d'Helsinki (qui peut être retrouvée dans sa version intégrale sur le site <http://www.wma.net>).

Les données enregistrées à l'occasion de cette recherche font l'objet d'un traitement informatisé au CHU de Bordeaux dans le respect de la loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés modifiées par la loi 2004-801 du 6 août 2004.

Cette recherche a reçu l'avis favorable du Comité de Protection des Personnes (CPP) de *nom du CPP* et a fait l'objet d'une information à l'ANSM.

Cette recherche entre dans le cadre de la « Méthodologie de référence » (MR-003). Le CHU de Bordeaux a signé un engagement de conformité à cette « Méthodologie de référence ».

Cette recherche est enregistrée sur le site <http://clinicaltrials.gov/>

Cette recherche est enregistrée dans la base européenne ID-RCB sous le n° *numéro enregistrement*.

13.2. Modifications au protocole

Toute modification substantielle, c'est à dire toute modification de nature à avoir un impact significatif sur la protection des personnes, sur les conditions de validité et sur les résultats de la recherche, sur l'interprétation des documents scientifiques qui viennent appuyer le déroulement de la recherche ou sur les modalités de conduite de celle-ci, fait l'objet d'un amendement écrit qui est soumis au promoteur ; celui-ci doit obtenir, préalablement à sa mise en œuvre, un avis favorable du CPP.

Les modifications non substantielles, c'est à dire celles n'ayant pas d'impact significatif sur quelque aspect de la recherche que ce soit, sont communiquées au CPP à titre d'information.

Toutes les modifications sont validées par le promoteur, et par tous les intervenants de la recherche concernés par la modification, avant soumission au CPP. Cette validation peut nécessiter la réunion de tout comité constitué pour la recherche.

Toutes les modifications au protocole doivent être portées à la connaissance de toutes les personnes qui réalisent la recherche, qui s'engagent à en respecter le contenu.

14. CONSERVATION DES DOCUMENTS ET DES DONNEES RELATIVES A LA RE- CHERCHE

La durée d'archivage est définie par le promoteur selon les procédures et la réglementation en vigueur.

15. REGLES RELATIVES A LA PUBLICATION

PRENDRE CONTACT AVEC LE CMG POUR AIDE A LA REDACTION DE CE CHAPITRE

15.1. COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

L'analyse des données fournies par les centres est réalisée par l'USMR. Cette analyse donne lieu à un rapport écrit qui est soumis au promoteur. Ce rapport permet la préparation d'une ou plusieurs publication(s).

Toute communication écrite ou orale des résultats de la recherche doit recevoir l'accord préalable de l'investigateur et, le cas échéant, de tout comité constitué pour la recherche.

La publication des résultats principaux mentionne le nom du promoteur, de toutes les personnes ayant inclus ou suivi des participants dans la recherche, des méthodologistes, biostatisticiens et data managers ayant participé à la recherche, des membres du(des) comité(s) constitué(s) pour la recherche et la participation du CHU de Bordeaux. Il sera tenu compte des règles internationales d'écriture et de publication (*The Uniform Requirements for Manuscripts* de l'ICMJE, avril 2010).

15.2. COMMUNICATION DES RESULTATS AUX PARTICIPANTS

A leur demande, les participants à la recherche sont informés des résultats globaux de celle-ci.

15.3. CESSION DES DONNEES

Le recueil et la gestion des données sont assurés par le CHU de Bordeaux. Les conditions de cession de tout ou partie de la base de données de la recherche sont décidées par le promoteur de la recherche et font l'objet d'un contrat écrit.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Camille Melki-Frèrejouand, Naulin-Ifi C. Endoalvéolie/endognathie du maxillaire: comment traiter les anomalies du sens transversal ? *Rev Odont Stomat.* sept 2018;(47):223-40.
2. Lieberman DE, Krovitz GE, Yates FW, Devlin M, St. Claire M. Effects of food processing on masticatory strain and craniofacial growth in a retrognathic face. *Journal of Human Evolution.* juin 2004;46(6):655-77.
3. Scheidegger R, Koletsi D, Eliades T. The impact of dietary consistency on structural craniofacial components: Temporomandibular joint/condyle, condylar cartilage, alveolar bone and periodontal ligament. A systematic review and meta-analysis in experimental in vivo research. *Archives of Oral Biology.* oct 2018;94:33-47.
4. Goto S, Fujita Y, Hotta M, Sugiyama A, Maki K. Influence of differences in the hardness and calcium content of diets on the growth of craniofacial bone in rats. *The Angle Orthodontist.* nov 2015;85(6):969-79.
5. Fujita Y, Goto S, Ichikawa M, Hamaguchi A, Maki K. Effect of dietary calcium deficiency and altered diet hardness on the jawbone growth: A micro-CT and bone histomorphometric study in rats. *Archives of Oral Biology.* déc 2016;72:200-10.
6. Liu ZJ, Ikeda K, Harada S, Kasahara Y, Ito G. Functional Properties of Jaw and Tongue Muscles in Rats Fed a Liquid Diet after Being Weaned. *J Dent Res.* févr 1998;77(2):366-76.
7. Kawai N, Sano R, Korfage JAM, Nakamura S, Kinouchi N, Kawakami E, et al. Adaptation of rat jaw muscle fibers in postnatal development with a different food consistency: an immunohistochemical and electromyographic study: Food consistency and muscle fibers. *Journal of Anatomy.* juin 2010;216(6):717-23.
8. Kiliaridis S, Engström C, Thilander B. Histochemical analysis of masticatory muscle in the growing rat after prolonged alteration in the consistency of the diet. *Archives of Oral Biology.* 1988;33(3):187-93.
9. Kiliaridis S. The Importance of Masticatory Muscle Function in Dentofacial Growth. *Seminars in Orthodontics.* juin 2006;12(2):110-9.
10. He T, Olsson S, Daugaard JR, Kiliaridis S. Functional influence of masticatory muscles on the fibre characteristics and capillary distribution in growing ferrets (*Mustela putonusfuro*)—a histochemical analysis. *Archives of Oral Biology.* déc 2004;49(12):983-9.
11. Ulgen M, Baran S, Karadede I. The influence of the masticatory hypofunction on the craniofaeial growth and development in rats. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* févr 1997;111(2):10.
12. Yamamoto S. The effects of food consistency on maxillary growth in rats. *Eur J Orthod.* déc 1996;18(6):601-15.
13. He T, Kiliaridis S. Effects of masticatory muscle function on craniofacial morphology in growing ferrets (*Mustela putorius furo*). *Eur J Oral Sci.* déc 2003;111(6):510-7.

14. Larsson E, Øgaard B, Lindsten R, Holmgren N, Brattberg M, Brattberg L. Craniofacial and dentofacial development in pigs fed soft and hard diets. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. déc 2005;128(6):731-9.
15. Ingervall B, Bitsanis E. A pilot study of the effect of masticatory muscle training on facial growth in long-face children. *Eur J Orthod*. févr 1987;9(1):15-23.
16. Ohira A, Ono Y, Yano N, Takagi Y. The effect of chewing exercise in preschool children on maximum bite force and masticatory performance: The effect of chewing exercise. *International Journal of Paediatric Dentistry*. mars 2012;22(2):146-53.
17. Makaremi M, Zink K, de Brondeau F. Apport des contraintes masticatrices fortes dans la stabilisation de l'expansion maxillaire. *Rev Orthop Dento Faciale*. janv 2015;49(1):11-20.
18. Fujita Y, Maki K. Association of feeding behavior with jaw bone metabolism and tongue pressure. *Japanese Dental Science Review*. nov 2018;54(4):174-82.
19. 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. *Physiology & Behavior*. 15 mars 2018;186:62-72.
20. 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*. avr 2012;55(2):626-38.
21. Gisel EG. Chewing Cycles in 2- to 8-Year-Old Normal Children: A Developmental Profile. *American Journal of Occupational Therapy*. janv 1988;42(1):40-6.
22. 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*. janv 1991;33(1):69-79.
23. Larsson E. Orthodontic aspects on feeding of young children. 1. A comparison between Swedish and Norwegian-Sami children. *Swed Dent J*. 1998;22(3):117-21.
24. Lindsten R, Ögaard B, Larsson E. Transversal dental arch dimensions in 9-year-old children born in the 1960s and the 1980s. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. déc 2001;120(6):576-84.
25. Corruccini RS, Lee GT. Occlusal variation in chinese immigrants to the United Kingdom and their off-spring. *Archives of Oral Biology*. 1984;29(10):779-82.
26. English JD, Buschang PH, Throckmorton GS. Does Malocclusion Affect Masticatory Performance? *Angle Orthodontist*. 2002;72(1):21-7.
27. Toro A, Buschang PH, Throckmorton G, Roldán S. Masticatory performance in children and adolescents with Class I and II malocclusions. *European Journal of Orthodontics*. 1 avr 2006;28(2):112-9.
28. Gavião MBD, Raymundo VG, Rentes AM. Masticatory performance and bite force in children with primary dentition. *Braz oral res*. juin 2007;21(2):146-52.
29. Carlson DS, Van Gerven DP. Masticatory function and post-pleistocene evolution in Nubia. *Am J Phys Anthropol*. mai 1977;46(3):495-506.

30. Moss ML. The functional matrix hypothesis revisited. 1. The role of mechanotransduction. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. juill 1997;112(1):8-11.
31. Kahn S, Ehrlich P, Feldman M, Sapolsky R, Wong S. The Jaw Epidemic: Recognition, Origins, Cures, and Prevention. *BioScience*. 18 sept 2020;70(9):759-71.
32. Corruccini RS. An epidemiologic transition in dental occlusion in world populations. *American Journal of Orthodontics*. nov 1984;86(5):419-26.
33. Limme M, Bruwier A. La prise en charge précoce. *Rev Orthop Dento Faciale*. avr 2014;48(2):117-34.
34. Grippaudo C, Quinzi V, Manai A, Paolantonio EG, Valente F, La Torre G, et al. Orthodontic treatment need and timing: Assessment of evolutive malocclusion conditions and associated risk factors. *European Journal of Paediatric Dentistry*. 2020;21(3):203-8.
35. Limme M, Rozencweig G. La fonction modè le la forme et la forme conditionne la fonction. Entretien avec Michel Limme. *Orthod Fr*. sept 2013;84(3):211-20.
36. Raberin M. Pathologies et thérapeutiques de la dimension transversale en denture mixte. Conséquences sur l'équilibre musculaire. *Orthod Fr*. janv 2001;72(1-2):131-42.
37. Limme M. Conduites alimentaires et croissance des arcades dentaires. *Rev Orthop Dento Faciale*. sept 2002;36(3):289-309.
38. Les Comptes de la Sécurité Sociale. Fiches éclairages du rapport de la Commission des comptes de la sécurité sociale - L'orthodontie : Pratiques professionnelles et recours aux soins [Internet]. Sécurité Sociale. 2017 [cité 27 juill 2021]. Disponible sur: https://www.securite-sociale.fr/files/live/sites/SSFR/files/medias/CCSS/2017/FICHE_ECLAIRAGE/CCSS-FICHE_ECLAIRAGE-JUILLET_2017-ORTHODONTIE_PRACTIQUE%20PRO%20ET%20RECOURS%20AUX%20SOINS.pdf
39. Limme M. Diversification alimentaire et développement dentaire : importance des habitudes alimentaires des jeunes enfants pour la prévention de dysmorphoses orthodontiques. *Archives de Pédiatrie*. déc 2010;17 Suppl 5:S213-9.
40. Gisel EG. Effect of oral sensorimotor treatment on measures of growth and efficiency of eating in the moderately eating-impaired child with cerebral palsy. *Dysphagia*. Winter 1996;11(1):48-58.
41. Le Révérend BJ, Edelson LR, Loret C. Anatomical, functional, physiological and behavioural aspects of the development of mastication in early childhood. *Br J Nutr*. févr 2014;111(3):403-14.
42. Green JR, Moore CA, Ruark JL, Rodda PR, Morvée WT, Vanwitszenburg MJ. Development of Chewing in Children From 12 to 48 Months: Longitudinal Study of EMG Patterns. *Journal of Neurophysiology*. 1 mai 1997;77(5):2704-16.
43. 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*. déc 2008;51(6):1390-404.

44. Yamada T, Sugiyama G, Mori Y. Masticatory muscle function affects the pathological conditions of dentofacial deformities. *Japanese Dental Science Review*. déc 2020;56(1):56-61.
45. Ballanti F, Franchi L, Cozza P. Transverse Dentoskeletal Features of Anterior Open Bite in the Mixed Dentition. *The Angle Orthodontist*. juill 2009;79(4):615-20.
46. Wagner DM, Chung C-H. Transverse growth of the maxilla and mandible in untreated girls with low, average, and high MP-SN angles: A longitudinal study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. déc 2005;128(6):716-23.
47. Batwa W, Baeshen HA. Use of Interarch Width Ratio to measure Transverse Relationship: A New Method to measure and assess Interarch Discrepancy. *The Journal of Contemporary Dental Practice*. 1 mai 2018;19(5):515-20.
48. Sawchuk D, Currie K, Vich ML, Palomo JM, Flores-Mir C. Diagnostic methods for assessing maxillary skeletal and dental transverse deficiencies: A systematic review. *Korean J Orthod*. 2016;46(5):331-42.
49. Collège des Enseignants de Nutrition. Méthodologie des enquêtes alimentaires [Internet]. Campus Nutrition. 2011 [cité 13 avr 2021]. Disponible sur: http://campus.cerimes.fr/nutrition/enseignement/nutrition_14/site/html/1.html

Titre : TEXTURE ALIMENTAIRE ET CROISSANCE DU COMPLEXE MAXILLO-MANDIBULAIRE CHEZ L'ENFANT : Revue de la littérature et réflexions autour d'un protocole d'étude.

Résumé : Le complexe maxillo-mandibulaire suit un schéma de croissance guidé par les caractères génétiques tout en possédant un potentiel adaptatif en fonction de l'environnement auquel est soumis l'individu. Un des principaux facteurs susceptibles de modifier le schéma de croissance maxillo-facial semble être la mastication, celle-ci aurait guidé l'évolution du système masticatoire chez l'Homme selon la "masticatory-fonctionnal hypothesis" formulée dans les années 1970. Cette tendance s'est accélérée au cours du dernier siècle, avec l'industrialisation qui a contribué à l'essor de produits alimentaires ultra-transformés, plus facilement assimilables par notre organisme, mais les rendant en contrepartie, beaucoup plus tendres.

Cette hypothèse a pu être corroborée par un grand nombre d'études expérimentales chez l'animal et notamment le rongeur. Chez l'Homme, quelques études laissent penser que des conclusions similaires pourraient être mises en évidence chez l'enfant. En effet, la cinématique masticatoire va être affectée par une modification de la consistance alimentaire or celle-ci va jouer sur la sollicitation des matrices fonctionnelles et donc sur la croissance. D'autres études ont fait état d'une modification de la direction et la quantité de croissance en cas d'activité masticatoire exacerbée. Par ailleurs, quelques études comparatives ont mis en évidence des différences anatomiques entre des populations proches génétiquement mais dont les habitudes de vie et particulièrement l'alimentation vont changer. La relation entre la mastication d'aliments tendres et la croissance maxillo-mandibulaire chez l'enfant reste cependant trop peu étayée pour que des recommandations préventives soient proposées, et ce malgré une exposition croissante aux aliments tendres dans nos populations occidentales post-industrielles. C'est pourquoi l'établissement d'un protocole d'étude sur l'impact de la consistance alimentaire sur la croissance des maxillaires semble s'imposer.

Mots clés : croissance, développement, maxillaire, mandibule, complexe maxillo-mandibulaire, texture alimentaire, consistance alimentaire, aliment mou, enfant, pédiatrie, odontologie, orthopédie, habitudes alimentaires, endognathie, endoalvéolie

Title: FOOD TEXTURE AND GROWTH OF THE MAXILLO-MANDIBULAR COMPLEX IN CHILDREN: Review of the literature and considerations for a study protocol.

Abstract: The maxillofacial complex follows a growth pattern guided by genetic characteristics while possessing an adaptive potential depending on the environment to which the individual is subjected. One of the main factors likely to modify the maxillofacial growth pattern seems to be mastication, which would have guided the evolution of the masticatory system in humans to fit the "masticatory-functionnal hypothesis" formulated in the 1970s. This trend has accelerated over the last century, with industrialization contributing to the development of ultra-processed food products, which are more easily assimilated by our organism, but on the other hand make them much softer.

This hypothesis has been corroborated by a large number of experimental studies on animals, particularly rodents. In humans, some studies suggest that similar conclusions could be drawn during maxillofacial growth in children. Indeed, the masticatory kinematics will be affected by a modification of the food consistency, which will have an effect on the solicitation of the functional matrices and therefore on growth. Other studies have reported a change in the direction and quantity of growth in the case of exacerbated masticatory activity. In addition, some comparative studies have shown anatomical differences between populations that are genetically close but whose lifestyle and particularly diet will change. However, the relationship between chewing soft foods and maxillomandibular growth in children remains too poorly documented for preventive recommendations to be proposed, despite increasing exposure to soft foods in our post-industrial Western populations. This is why the establishment of a study protocol on the impact of food consistency on maxillary growth seems to be necessary.

Keywords: growth, development, maxilla, mandible, maxillo-mandibular complex, food texture, food consistency, soft food, child, pediatrics, dentistry, orthopedics, eating habits, endognathia, endoalveolia
