



HAL
open science

Stabilité du sens transversal après expansion maxillaire et environnement neuromusculaire

Mathilde Tsang Tung

► **To cite this version:**

Mathilde Tsang Tung. Stabilité du sens transversal après expansion maxillaire et environnement neuromusculaire. Sciences du Vivant [q-bio]. 2018. dumas-02497003

HAL Id: dumas-02497003

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02497003>

Submitted on 3 Mar 2020

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.

Université de Bordeaux
Collège des Sciences de la Santé
UFR des Sciences Odontologiques

Année 2018

N° 27

Thèse pour l'obtention du
DIPLOME d'ETAT de DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement

Par TSANG TUNG Mathilde

Née le 30 juin 1991 à Sainte Clotilde (La Réunion)
Le 15 mai 2018

**Stabilité du sens transversal après expansion maxillaire et
environnement neuromusculaire**

Directeur de thèse

Docteur DE BRONDEAU François

Membres du Jury

Président	Mlle MJ. BOILEAU	Professeur des Universités
Directeur	M. F. DE BRONDEAU	Maître de Conférences des Universités
Rapporteur	Mme C. PELOURDE	Assistante Hospitalo-Universitaire
Assesseur	M. E. BARDINET	Maître de Conférences des Universités
Invité	M. M. MAKAREMI	Spécialiste qualifié en ODF

UNIVERSITE DE BORDEAUX

Président
Directeur de Collège des Sciences de la Santé

M. TUNON DE LARA Manuel
M. PELLEGRIN Jean-Luc

COLLEGE DES SCIENCES DE LA SANTE **UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE DES SCIENCES ODONTOLOGIQUES**

Directrice	Mme BERTRAND Caroline	58-02
Directrice Adjointe – Chargée de la Formation Initiale	Mme ORIEZ-PONS Dominique	58-01
Directeur Adjoint – Chargé de la Recherche	M. FRICAIN Jean-Christophe	57-02
Directeur Adjoint – Chargé des Relations Internationales	M. LASSERRE Jean-François	58-02

ENSEIGNANTS DE L'UFR

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

Mme	Caroline	BERTRAND	Prothèse dentaire	58-02
Mme	Marie-José	BOILEAU	Orthopédie dento-faciale	56-02
Mme	Véronique	DUPUIS	Prothèse dentaire	58-02
M.	Bruno	ELLA NGUEMA	Sciences anatomiques et physiologiques – Biomatériaux	58-03
M.	Jean-Christophe	FRICAIN	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-02

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

Mme	Elise	ARRIVE	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	58-03
Mme	Cécile	BADET	Sciences biologiques	57-03
M.	Etienne	BARDINET	Orthopédie dento-faciale	56-02
M.	Michel	BARTALA	Prothèse dentaire	58-02
M.	Cédric	BAZERT	Orthopédie dento-faciale	56-02
M.	Christophe	BOU	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-03
Mme	Sylvie	BRUNET	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-02
M.	Sylvain	CATROS	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-02
M.	Stéphane	CHAPENOIRE	Sciences anatomiques et physiologiques	58-03
M.	Jacques	COLAT PARROS	Sciences anatomiques et physiologiques	58-03
M.	Jean- Christophe	COUTANT	Sciences anatomiques et physiologiques	58-03
M.	François	DARQUE	Orthopédie dento-faciale	56-02
M.	François	DE BRONDEAU	Orthopédie dento-faciale	56-02
M.	Yves	DELBOS	Odontologie pédiatrique	56-01

M.	Raphael	DEVILLARD	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M.	Emmanuel	D'INCAU	Prothèse dentaire	58-02
M.	Dominique	GILLET	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M.	Jean-François	LASSERRE	Prothèse dentaire	58-02
M.	Yves	LAUVERJAT	Parodontologie	57-01
Mme	Odile	LAVIOLE	Prothèse dentaire	58-02
M.	Jean-Marie	MARTEAU	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-02
Mme	Javotte	NANCY	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Adrien	NAVEAU	Prothèse dentaire	58-02
Mme	Dominique	ORIEZ	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M.	Jean-François	PELI	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M.	Philippe	POISSON	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-03
M.	Patrick	ROUAS	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Johan	SAMOT	Sciences biologiques	57-03
Mme	Maud	SAMPEUR	Orthopédie dento-faciale	56-02
M.	Cyril	SEDARAT	Parodontologie	57-01
Mme	Noélie	THEBAUD	Sciences biologiques	57-03
M.	Eric	VACHEY	Odontologie conservatrice - Endodontie	58-01

ASSISTANTS

Mme	Audrey	AUSSEL	Sciences anatomiques et physiologiques	58-03
M.	Wallid	BOUJEMAA AZZI	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
Mme	Camille	BOULE- MONTPEZAT	Odontologie pédiatrique	56-01
Mme	Anaïs	CAVARE	Orthopédie dento-faciale	56-02
M.	Hubert	CHAUVEAU	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M.	Mathieu	CONTREPOIS	Prothèse dentaire	58-02
M.	Jean-Baptiste	CULOT	Sciences anatomiques et physiologiques	58-03
Mme	Clarisse	DE OLIVEIRA	Orthopédie dento-faciale	56-02
M.	Cédric	FALLA	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-03
Mme	Mathilde	FENELON	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-02
Mme	Elsa	GAROT	Odontologie pédiatrique	56-01
Mme	Agathe	GREMARE	Sciences biologiques	57-03
Mme	Olivia	KEROUREDAN	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M.	Adrien	LASTRADE	Prothèse dentaire	58-02
M.	Alexandre	MARILLAS	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M.	Emmanuel	MASSON- REGNAULT	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-02
Mme	Marie	MEDIO	Orthopédie dento-faciale	56-02
Mme	Meryem	MESFIOUI	Parodontologie	57-01
Mme	Darrène	NGUYEN	Sciences biologiques	57-03

M.	Ali	NOUREDDINE	Prothèse dentaire	58-02
Mme	Chloé	PELOURDE	Orthopédie dento-faciale	56-02
M.	Antoine	POPELUT	Parodontologie	57-01
Mme	Charlotte	RAGUENEAU	Prothèse dentaire	58-02
Mme	Noëlla	RAJONSON	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-03
M.	Clément	RIVES	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M.	Thibaut	ROULLAND	Prothèse dentaire	58-02
M.	François	ROUZE L'ALZIT	Prothèse dentaire	58-02
Mme	Audrey	SAY LIANG FAT	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-03

Remerciements

A notre Présidente de thèse

Madame le Professeur Marie-José BOILEAU
Professeur des Universités – Praticien Hospitalier
Sous-section Orthopédie Dento-Faciale 56-02

A vous qui nous faites l'honneur de présider ce jury,

Je vous remercie pour votre gentillesse et votre implication dans notre formation et pour votre fibre pédagogique qui nous a beaucoup éclairés. Comme vous le dites si bien, la thèse est un moment important et unique à partager avec ses proches et amis, je suis contente que vous en fassiez partie. Merci pour vos conseils si précieux.

Veillez trouver ici l'expression de mes remerciements les plus sincères.

A notre Directeur de thèse

Monsieur le Docteur François De Brondeau
Maître de Conférence des Universités – Praticien Hospitalier
Sous-section Orthopédie-Dento-Faciale 56-02

A vous qui nous avez fait l'honneur d'accepter de diriger cette thèse,

Je vous remercie pour votre investissement : cette organisation toujours rigoureuse. Vous êtes une personne compréhensible et toujours à notre écoute même si vous n'en pouvez plus de nos plaintes. J'espère que ma thèse ne vous aura pas trop angoissé. Vous pourrez souffler un peu après la soutenance avant qu'on s'attaque au mémoire. Bonne relaxation.

Veillez trouver ici l'expression de mes remerciements les plus sincères.

A notre Rapporteur de thèse

Madame le Docteur Chloé PELOURDE
Assistante Hospitalo-Universitaire
Sous-section Orthopédie-Dento-Faciale 56-02

A vous qui me faites l'honneur de juger et de valider mon travail,

Merci pour ces heures passées à lire ma thèse et pour les corrections conseillées, j'espère que la finalité vous plaira. Merci pour votre rigueur qui nous permet de développer notre sens clinique et nous motive à vous ressembler... et merci pour la mise en place des tours de gâteaux qui nous permet de tenir le vendredi après midi avant le week-end !

Je tiens par ces mots à vous témoigner ma gratitude.

A notre Assesseur

Monsieur le Docteur Etienne BARDINET
Maître de Conférence des Universités – Praticien Hospitalier
Sous-section Orthopédie-Dento-Faciale 56-02

Je vous remercie de me faire l'honneur de votre présence pour juger mon travail,

C'est avec plaisir que nous venons travailler tous les vendredi, que nous apprenons beaucoup de vous grâce à votre savoir-faire. Merci pour votre gentillesse, votre humour et bonne humeur même si on vous sollicite tellement que vous pouvez à peine vous assoir. Merci pour votre disponibilité, pas la peine de vous appeler pour un patient, vous apparaissez sans demander.

Je tiens par ces mots à vous témoigner ma gratitude.

A notre Invité

Monsieur le Docteur Masrour MAKAREMI
Docteur en Chirurgie Dentaire Spécialiste en Orthopédie-Dento-Faciale

Je vous remercie de l'honneur d'accepter mon invitation,

Cette thèse est également le fruit de votre travail à partir duquel je me suis inspirée. Merci pour votre humour, votre disponibilité malgré votre emploi du temps très chargé et de m'avoir toujours encouragé tout au long. J'admire votre passion pour l'orthodontie. En espérant que le mémoire sera en bonne voie également.

Merci Masrour.

A ma famille et mes amis,

A mes **parents, Rosita et Michel**, sans qui, rien de tout cela ne serait possible. Je vous remercie pour tout ce que vous faites pour moi, je n'ai manqué absolument de rien durant toutes ces années à part votre présence au quotidien. Je vous aime plus que tout. Je sais que vous êtes très fiers de moi et j'espère, un jour, vous apporter autant que vous l'avez fait. A toute ma **famille**, la Réunion, je vous aime ! Merci pour vos encouragements chaleureux.

A **Amélie, ma chère sœur**, tu as été comme une mère pour moi, à me chouchouter pendant ma P1, puis à toujours prendre soin de ta petite sœur chérie même si souvent on se chamaillait. Merci pour tout, tu es un moteur dans ma vie, j'ai hâte de te retrouver. Je t'aime.

A **Aurélie, ma cousine**, pour tous ces soirs où tu m'as régalée, où on a rigolé et pour notre vie au quotidien loin de la famille qui est largement plus supportable à deux. Déjà 9 ans que nous sommes ici, notre colocation m'a permise de résister à ces longues années d'études.

A toi, **Mickaël**, je te remercie pour ton soutien inconditionnel durant ces années qui auront eu raison de nous. Même si tu n'es pas présent en ce jour si particulier, tu l'es par la pensée et je sais que tu es content pour moi. Je remercie aussi ta maman Marie-José pour son soutien.

A mes **ami(e)s et cousin(e)s de la Réunion** en particulier Anaïs, Delphine, Caroline, Christophe, Marc, Elsa, Olivier, Romain, Dumé et Kévin chacun de mes retours sur l'île a été marqué par de belles retrouvailles et des soirées endiablées. Vivement le retour définitif. Ainsi qu'**Alex**, tu es un ami en or sur lequel je peux toujours compter même en ton absence. Ainsi qu'à **tous mes amis réunionnais en France** : Anne-Lise, Thomas, Mathilda, Emilie, Armand, Emeline, Vincent et les autres...

A **ma promotion 2015-2018**, on forme un quatuor au top ! A notre complicité, à toutes nos soirées, nos discussions sans fin sur facebook et nos déplacements et galères vécues ensemble. La Martinique ensemble clôturera avec beauté cet internat. J'ai hâte !

A **Antoine**, mon tonio, fidèle compagnon de route, avec qui j'ai travaillé puis eu l'internat et mon binôme de première année. Merci d'être là pour me faire autant rire et snaper notre quotidien. Sans toi, je n'aurais pas résisté à ces mois difficiles. Vive fifty.

A **Juliette**, ma douce joujou, merci d'être aussi compréhensive et soucieuse, cette oreille attentive et cette épaule sur laquelle je peux me reposer. Et en souvenir de nos exposés.

A **Sarah**, ma copine de dancefloor enflammé, notre porte-parole officielle. Avec toi, on ne s'ennuie jamais, avec tes anecdotes toujours croustillantes et ton franc parlé.

A **Myriam**, ma mymy, celle dont je me suis le plus rapprochée ces derniers mois. Merci d'avoir mouvementé mes week-end et de partager ces mêmes valeurs. Merci pour l'écoute sans faille.

A **Penelope**, ma popinou, merci pour ces discussions « filles » et ce soutien mutuel en toutes circonstances. Je t'attends à la Réunion l'année prochaine.

A **Nathalie, Héléne et Mathilde**, nathaly, héléna et jqt, je suis contente de vous connaître.

A **Corentin (coco), Aurore (aurora), Adrien (adri) et Marie (marinette)**, vous êtes géniaux. Restez soudés. Votre présence a dynamisé le groupe et m'a permise de sortir, et oui ! Merci.

A **tous mes co-internes actuels ou anciens**, avec qui on a partagé des repas au self et côtoyé durant l'internat : Sidney, Cynthia, Aurélie, Valentine, Charlotte, Laïla, Laurène, Micka, Margaux, Gabi, Rozenn, Floriane, Cédric, Pierre-André, Yanniss, Imane, Sophie et Catherine.

A **Jane et Maëva**, mes copines d'externat, merci pour votre gentillesse et vos petites attentions à mon égard. Ainsi qu'à Julia, Anne-Laure, Noémie, Mélissa et Anaël et Céline.

A **toutes les assistantes et tous les professeurs** qui nous encadrent. Spéciale mention à **Mathieu C.** qui prend soin de mon sourire et de mes dents ! Et à **Johan S.** pour ta bonne humeur le mercredi après-midi à SA, je m'ennuie moins.

A **toutes les aides-soignantes, ASH et infirmières du PQR**, Merci pour votre implication.

SOMMAIRE

ABREVIATIONS	9
RESUME	10
INTRODUCTION	11
I. L'EXPANSION	11
1. POURQUOI CORRIGER UNE DDM ?	11
1.1 Historique	11
1.2 Maniabilité du maxillaire	12
1.3 Rôle de la ventilation et de la mastication dans la croissance crânio-faciale	13
1.4 Lien entre la morphogénèse des arcades et la croissance crânio-faciale	14
2. MOYENS	15
2.1 Le déficit transversal	15
2.2 Action des appareils d'expansion et leurs effets sur la suture	15
2.3 Mécanismes biologiques et histologiques	19
2.4 Contention	20
2.5 Limites des thérapeutiques d'expansion	22
II. ENVIRONNEMENT NEURO-MUSCULAIRE	27
1. NATURE DE L'ENVIRONNEMENT NEURO-MUSCULAIRE	27
2. IMPORTANCE DE LA MATRICE FONCTIONNELLE	28
III. STABILITE DE L'EXPANSION	29
1. LES FACTEURS DE RECIDIVE DE L'EXPANSION	29
1.1 Densité osseuse de la suture palatine médiane avant et après expansion	30
1.2 Âge de début de traitement	33
1.3 Schéma de croissance squelettique défavorable	34
1.4 Déséquilibre musculaire	35
1.5 Déséquilibre occlusal	35
1.6 La relation dento-squelettique	36
1.7 Le vieillissement	36
1.8 Réorganisation et adaptation des tissus	36
1.9 Traumatisme de la suture	37
1.10 Zones de résistances anatomiques	37
1.11 Persistance d'une ventilation buccale et autres dysfonctions	37
1.12 Quantité d'expansion par rapport à la réalité clinique	38
2. LES CONSEQUENCES FONCTIONNELLES ET MORPHOLOGIQUES DE L'EXPANSION	38
2.1 La musculature	38
2.2 Les cycles masticatoires	42
2.3 La force de morsure	44
2.4 La dimension et forme d'arcade maxillaire	45
IV. DONNEES ANTHROPOLOGIQUES SUR LA STABILITE DE LA DIMENSION TRANSVERSALE	48
1. MASTICATION PHYSIOLOGIQUE VERSUS MASTICATION PATHOLOGIQUE	48
1.1 Moyens d'évaluation de la performance masticatoire	48
1.2 Performance masticatoire et caractéristiques des cycles masticateurs	49
1.3 Mastication pathologique	49
2. DIMINUTION DES CONTRAINTES MASTICATRICES : L'HOMME MODERNE	50
2.1 Etudes épidémiologiques et anthropologiques	51
2.2 Etudes animales	51
2.3 Etudes chez l'homme	52
V. APPORT DES CONTRAINTES MASTICATRICES FORTES	53
1. LA GOMME DE CHIOS : OUTIL THERAPEUTIQUE	53
2. CONTRAINTES MASTICATRICES FORTES, SUPPORT D'EXPANSION	53
CONCLUSION	55
INDEX DES FIGURES	56
ANNEXES	57
BIBLIOGRAPHIE	58

Abréviations

- **2D** : Deux Dimensions
- **3D** : Trois Dimensions
- **AFMP** : Angles Fonctionnels Masticatoires de Planas
- **AT** : Temporal antérieur
- **CBCT** : Cone Beam Computed Tomography → Tomographie volumétrique numérisée à faisceau conique
- **DDM** : Dysharmonie Dento-Maxillaire → **DDA** : Dysharmonie Dento-Arcade
- **EMG** : Electromyographie
- **EML** : Expansion Maxillaire Lente
 - **SME** : Slow Maxillary Expansion (terme anglais)
- **EMR** : Expansion Maxillaire Rapide
 - **RME** : Rapid Maxillary Expansion (terme anglais)
- **ENM** : Environnement NeuroMusculaire
- **MA** : Masséter
- **M_{cw}** : Dimension intercanine maxillaire
- **M_{mw}** : Dimension intermolaire maxillaire (1^{ère} molaire)
- **m_{mw}** : Dimension intermolaire mandibulaire (1^{ère} molaire)
- **M_{mx}** : Première molaire maxillaire
- **M_{pw}** : Dimension interprémolaire maxillaire (1^{ère} prémolaire)
- **NS** : Non Statistiquement Significatif
- **PA** : Procès Alvéolaires
- **PPA** : Plaque Palatine Amovible
- **OIM** : Occlusion d'Intercuspitation Maximale
- **OIUP** : Occlusion Inversée Unilatérale Postérieure
 - **UPBC** : Unilateral Posterior CrossBite (terme anglais)
- **QH** : Quad-Hélix
- **RC** : Relation Centrée
- **SS** : Statistiquement Significatif
- **TRF** : Téléradiographie du crâne de Face
- **TRP** : Téléradiographie du crâne de Profil

Résumé

La stabilité de la dimension transversale est au cœur de la réflexion de notre profession. L'hypothèse de notre étude repose sur l'origine multifactorielle de la récidence du sens transversal après expansion maxillaire comprenant des facteurs individuels, fonctionnels modulant la croissance, musculaires et mécaniques. La croissance des procès alvéolaires fait le lien entre la croissance faciale et les phénomènes de dentition. L'étude de la fonction masticatoire, décrite par Planas, est particulièrement intéressante parce qu'elle influence considérablement le développement des bases osseuses et des arcades dentaires. Un traitement précoce est à privilégier afin de bénéficier du potentiel de croissance nécessaire aux réponses à nos stimulations thérapeutiques.

Avec la révolution industrielle et la préparation des aliments, la diminution de la fonction masticatrice chez l'homme est à l'origine d'une augmentation des malocclusions. La modification de la consistance des aliments mastiqués a un impact prédominant sur la croissance faciale. Pour comprendre l'interaction entre la fonction masticatoire, la croissance crânio-faciale et l'apparition de dysmorphoses, de nombreuses études se sont intéressées à cette problématique. Elles ont mis en lumière par le biais d'une série d'expérimentations animales et/ou anthropologiques, l'influence des contraintes masticatrices sur la réponse de croissance faciale et étayé l'hypothèse masticatoire-fonctionnelle. L'introduction des contraintes masticatrices fortes, pour lesquelles notre appareil masticateur est naturellement programmé, peut servir de levier thérapeutique puissant dans la stabilité de nos thérapeutiques transversales.

Idées clés (en dehors du résumé)

De nombreuses corrélations ont été relevées à travers ce travail de recherche :

- l'expansion maxillaire chez le sujet en croissance est possible grâce à la malléabilité du maxillaire, surtout la suture médio-palatine dont la croissance est soumise aux sollicitations externes. Cependant, les effets dento-alvéolaires prédominent. De plus, le déséquilibre provoqué de la musculature et la persistance des dysfonctions non rééduquées surtout ventilatoire et masticatoire viennent perturber la stabilité à long terme.
- l'adaptation évolutive de l'homme moderne grâce au changement de son mode de vie sédentarisée et à la consistance ramollie des aliments mastiqués a conduit à une diminution des dimensions d'arcade à l'origine d'une dysharmonie dento-arcade fréquente.
- l'hypofonctionnement de notre appareil masticateur qui en résulte a conduit à l'apparition de dysmorphoses notamment transversales.
- il existe une corrélation entre la consistance des aliments et les forces oclusales.
- il existe une corrélation entre les forces oclusales, la musculature et la morphologie faciale
- la variabilité intra-populationnelle des dimensions crânio-faciales augmente lorsque l'activité des muscles masticateurs diminue.
- l'augmentation de l'activité des muscles masticateurs par des exercices de mastication peut faire évoluer la direction de croissance chez des hyperdivergents.
- il existe une corrélation, au sein d'une population, entre l'évolution vers une alimentation dont l'assimilation nécessite moins de contraintes masticatrices et une involution du complexe crânio-facial.
- les modèles d'expérimentation animale confirment qu'une augmentation des contraintes des aliments mastiqués influence la croissance crânio-faciale. Les modalités de cette influence dépendent de l'anatomie crânio-faciale, mais il y a toujours un impact sur la croissance alvéolaire transversale maxillaire et, chez les animaux rétrognathes, l'impact est surtout significatif à l'étage inférieur de la face.

Introduction

Dans nos sociétés modernes, le déficit de la dimension transversale est une dysmorphose très répandue. La prise en charge précoce de cette anomalie est indispensable. Cependant, cette expansion est réputée très récidivante. Les causes sont mal identifiées, notamment la réaction histologique de la suture médio-palatine suite à cette expansion mécanique. De plus, l'intervention de la croissance sur ces récidives ainsi que l'incidence de l'âge du traitement sont mal définies.

L'avènement des malocclusions transversales est souvent le résultat d'une insuffisance masticatoire. Face à une diminution des dimensions des mâchoires, une dysharmonie dento-arcade domine, nous forçant à adopter une attitude thérapeutique expansive ou extractionniste.

Chez l'enfant en croissance, les traitements précoces agissent favorablement sur les structures maxillaires, de par leur origine embryologique et leurs caractéristiques tissulaires adaptatives, et peuvent donner des réponses face à des stimulations bien adaptées. Néanmoins, ces traitements bien que rétablissant la forme, ne corrigent pas toujours la fonction. L'expansion d'arcade à prédominance dento-alvéolaire, rétablit la forme mais provoque une perturbation de l'environnement neuromusculaire. Nous pouvons nous demander si la musculature s'adapte à la nouvelle condition occlusale, l'occlusion étant la clé d'une stabilité à long terme.

A travers cette revue de littérature, nous nous intéresserons à la connaissance des facteurs influençant la stabilité à long terme du sens transversal, indispensable pour mener à bien nos thérapeutiques orthopédiques. De plus, la mise en lumière de la fonction masticatrice, souvent négligée de par sa complexité, au travers de son évolution humaine et de son rôle morphogénétique de la croissance squelettique et alvéolaire nous confortera dans l'idée qu'il faut l'exploiter comme levier thérapeutique.

I. L'expansion

1. Pourquoi corriger une DDM ?

Le squelette des maxillaires et le système dentaire sont indépendants d'un point de vue embryologique, phylogénique et génétique (hérédité croisée). Cette notion d'indépendance a été démontrée par **Cauhépe**.

La *dysharmonie dento-arcade* (DDA) correspond à une disproportion entre les dimensions mésio-distales des dents permanentes et le périmètre des arcades alvéolaires correspondant, la continuité des arcades n'étant pas assurée. Elle peut s'exprimer à divers stades de la dentition.

Il s'agit d'une caractéristique de l'homme moderne liée à l'évolution phylogénétique de l'espèce, au brassage ethnique et aux modifications des habitudes alimentaires selon **Beeg**. Donc, il est nécessaire de rétablir une harmonie dento-maxillaire afin d'assurer une occlusion équilibrée, seule garante de la pérennité du système manducateur. (1)

1.1 Historique

Deux approches extrêmes s'opposent : expansion ou extraction. L'indication des avulsions oscille depuis **Fauchard**, pionnier de la dentisterie moderne, qui traitait les irrégularités dentaires par expansion des arcades. (2)

S'appuyant sur les lois de **Roux** et **Wolff** affirmant l'influence prédominante des fonctions sur la morphogenèse, **Angle** accordait à l'occlusion le rôle de stimulation de la croissance des bases

osseuses. C'est en prenant comme référence un crâne sec préhistorique et en l'établissant comme modèle d'occlusion idéale qu'il développa la première technique multiattache dont la stratégie thérapeutique passe par une expansion importante des arcades. (3)(4)

Tweed, élève d'Angle, a constaté les récidives chez ses patients traités par expansion. Il modifia son approche, les bases osseuses sont déterminées génétiquement, il faut réaliser des compensations alvéolaires. D'abord critiqué, il préconisa l'avulsion des quatre premières prémolaires. Ceci afin d'adapter la denture aux bases osseuses et d'atteindre l'objectif d'un repositionnement incisif rigoureux selon sa conception du *triangle de Tweed*¹⁹⁵⁴. (5)

Ricketts¹⁹⁵⁰ a élaboré la « *technique bioprogressive* » dérivée de l'Edgewise, en prenant en compte les bases squelettiques, l'environnement esthétique et fonctionnel. Ce double déverrouillage fonctionnel et mécanique agit selon le principe d'interaction forme/fonction. Diffusée en Europe par **Gugino**¹⁹⁶⁵, elle fut relayée en France par **Philippe, Langlade et Lejoyeux**. (6)

Damon a affirmé que ses méthodes peuvent réduire la fréquence d'extraction à moins de 5%. **Green Eld** a soutenu son « *développement coordonné de l'arc* » qui peut réduire les extractions pour un traitement orthodontique à moins de 1,5% des échantillons de patients. (7)

L'évolution des concepts thérapeutiques est maintenant davantage orientée vers des **traitements sans extractions** (figure 1). Les attaches auto-ligaturantes sont les derniers dispositifs dont les promoteurs comme **Damon** revendiquent une capacité à significativement réduire les indications d'extractions et la durée des traitements. (7)

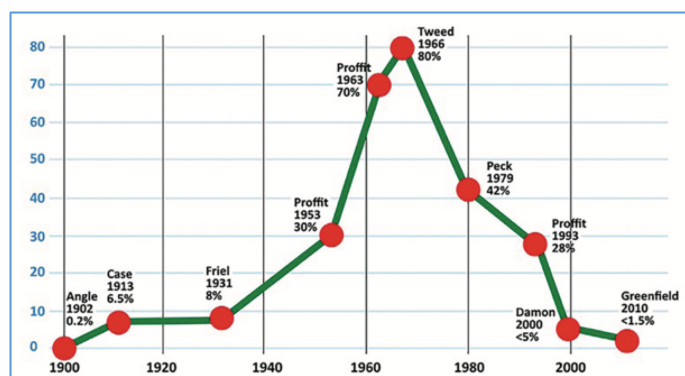


FIGURE 1. VARIATION DU TAUX D'EXTRACTIONS DEPUIS 1900 D'APRES PECK (7),

1.2 Maniabilité du maxillaire

D'après la conception du Pr. **Delaire** (8), la face n'est pas seulement l'expression du "pattern" génétique mais le résultat du transmis et du vécu.

En effet, la croissance faciale résulte de deux types de croissance :

- **enchondrale (maquette cartilagineuse)**, dite primaire et liée à des conditions génétiques et hormonales. Elle concerne la base du crâne et les expansions du chondrocrâne.
- **membraneuse (tissu conjonctif)**, dite secondaire et adaptative, répondant à des sollicitations extérieures. Elle concerne les sutures et les os membraneux.

En denture temporaire ou mixte, l'**os maxillaire** est le siège préférentiel des anomalies de la dimension transversale. D'origine membraneuse, il se développe à partir de deux modes de croissance suturale et appositionnelle par remodelage périosté concomitantes. La croissance suturale dirigée par le système musculaire et les fonctions oro-faciales permet de mener une action orthopédique chez l'individu en croissance.

1.3 Rôle de la ventilation et de la mastication dans la croissance crânio-faciale

La croissance crânio-faciale résulte d'un équilibre entre les potentiels d'accroissement des éléments structuraux de la face, et les influences subies de la part des différents muscles chargés d'assurer les fonctions oro-faciales et l'équilibre crânio-cervical. **Il est admis qu'une multitude de facteurs génétiques, hormonaux et environnementaux intimement liés les uns aux autres, exercent une action morphogénétique sur la croissance crânio-faciale.**

En cas de perturbation fonctionnelle, le facteur hérédité va moduler la réponse de croissance. En effet, pour une même dysfonction, l'impact sur le développement peut différer. Un déséquilibre entraîne une anomalie de forme. Souvent impliquées, la ventilation et la mastication représentent deux moteurs de croissance majeurs. (9)

La **ventilation nasale** possède un rôle expansif et eutrophique de la face d'autant plus si elle est associée à une fonction linguale optimale. Son implication morphogénétique s'exprime à travers la participation du flux aérien nasal qui exerce une force expansive sur les sutures ostéo-membraneuses de l'étage supérieur de la face. (10)

En cas de ventilation orale, la langue est en position basse et en avant et donc ne stimule pas la suture palatine médiane à l'origine d'une insuffisance transversale maxillaire.

La **mastication**, aspect fonctionnel de l'occlusion, se constitue avec la mise en occlusion des molaires temporaires qui coïncide avec le passage vers une alimentation de plus en plus solide et résistante. Cette première relation d'intercuspitation va verrouiller les relations sagittales et transversales entre les bases osseuses et assurer la coordination de la croissance squelettique et aura donc un impact sur la croissance alvéolaire.

Une alimentation artificielle au biberon, l'absence de propulsion mandibulaire et/ou d'une mastication peu efficace privent ces processus de croissance adaptative des sollicitations nécessaires et perturbent la croissance maxillo-faciale. (11)

Pour stimuler la croissance, il est indispensable que l'appareil manducateur soit sollicité dès la naissance grâce à l'allaitement avec la fonction succion-préhension. Il faut veiller à l'introduction d'une alimentation solide en temps utile et de texture appropriée. Plus l'aliment sera dur et épais, plus le travail musculaire, l'amplitude des mouvements et la durée des cycles masticatoires seront importants. Les pressions transmises à l'os par les dents stimulent sa croissance et favorisent la mise en place d'une bonne occlusion. (11)

Des travaux de fundamentalistes démontrent l'implication morphogénique de la mastication :

– **Beecher *et al.***¹⁹⁸¹ ont montré chez des singes qu'une alimentation attendrie s'accompagnait d'une étroitesse du maxillaire, d'un palais ogival, de malpositions et d'encombrements dentaires, par rapport au groupe de singes ayant reçu une alimentation naturelle. (12)

– **Corruccini *et al.***¹⁹⁸⁴ ont suggéré que le stress masticateur pourrait être un facteur régulateur de la croissance de la mâchoire. Ainsi, une diminution du stress fonctionnel entraînerait une plus petite taille de la mâchoire et une variation occlusale accrue. (12)

– **Varrela**¹⁹⁹² a réalisé une comparaison céphalométrique de deux échantillons de crâne de siècles différents, exposés à une alimentation dure ou molle afin d'étudier la variation à court terme des dimensions crânio-faciales. L'alimentation dure, qui nécessite plus de forces et de temps de mastication, favorise la croissance verticale du ramus et la croissance antérieure du maxillaire ainsi qu'une rotation antérieure de la mandibule. Il est suggéré que les changements dimensionnels et le manque d'attrition dentaire ont peut-être contribué à la variation occlusale plus élevée des individus modernes. Ces changements semblent correspondre à la transition culturelle de la chasse à l'agriculture. Selon les auteurs, il s'agirait d'adaptations aux différentes

exigences fonctionnelles masticatoires. (13)

– **Kiliaridis**¹⁹⁹⁵ a noté que de nombreuses investigations ont montré que les muscles élévateurs de la mandibule influencent les dimensions transversales et verticales du visage.

L'augmentation de la charge des mâchoires due à l'hyperfonction des muscles masticateurs conduit à une augmentation de la croissance suturale et de l'apposition osseuse, entraînant à son tour une croissance transversale accrue du maxillaire et des bases osseuses plus larges pour les arcades dentaires. De plus, une augmentation de la fonction des muscles masticateurs est associée à un schéma de rotation de la mandibule et à des processus angulaires, coronoïdes et condyliens bien développés. (14)

A l'heure actuelle, **l'hypothèse masticatoire-fonctionnelle** semble offrir le modèle le plus fort par lequel de nombreux changements occlusaux et crânio-faciaux pourraient être expliqués.

1.4 Lien entre la morphogénèse des arcades et la croissance crânio-faciale

La **morphogénèse des arcades** correspond à la croissance et au modelage des bases osseuses squelettiques, en rapport avec les phénomènes de dentition.

La **croissance de l'os alvéolaire** est guidée par l'équilibre musculaire fonctionnel, para-fonctionnel, les phénomènes de posture et les forces occlusales. Elle est liée aux migrations dentaires et se fait par apposition-résorption dans le sens vestibulo-lingual et mésio-distal. C'est par l'intermédiaire de l'os alvéolaire que le maxillaire, porté par la croissance de la base du crâne, s'adapte à la mandibule, indépendante. (figure 2)

La croissance alvéolaire horizontale permet un rattrapage du décalage transversal des bases osseuses. Dans le sens transversal, on observe une augmentation du périmètre d'arcade grâce à une apposition sur la paroi vestibulaire dans la région postérieure, à partir des prémolaires, et à une résorption se produisant sur la face interne. (15)

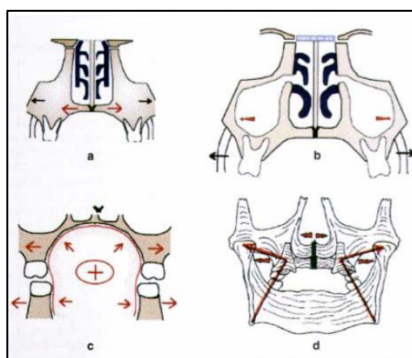


FIGURE 2. AGENTS DE LA CROISSANCE TRANSVERSALE DU MAXILLAIRE (EMC)

A. MOUVEMENT « EN BLOC » B. DEVELOPPEMENT LATERAL C. PRESSIONS LINGUALES (DEGLUTITION ET MASTICATION) D. FORCES OCCLUSALES

L'action morphogénétique de la posture linguale soumise aux contraintes ventilatoires sur la croissance sagittale et transversale du maxillaire de la voûte palatine a été mise en évidence par **Charlier et Péetrovic**¹⁹⁶⁸.

Au cœur de la cavité buccale, la **langue** est l'unique force centrifuge. Son action est tridimensionnelle. Elle s'oppose aux forces centripètes de l'enveloppe faciale et des muscles masticateurs. Dans la morphogénèse des arcades et la position des dents, elle joue un rôle :

- *actif* par les pressions qu'elle exerce sur les différentes structures environnantes lorsqu'elle est en mouvement, en fonction et de par sa mobilité.
- *passif* au repos, car il s'agit d'un appui constant.

Sa position basse a des répercussions sur le développement transversal des procès alvéolaires et sur la voûte palatine entraînant un maxillaire étroit et profond. (16)

2. Moyens

Déjà en 1841, **Lefoulon** introduisait le traitement sans extraction et travaillait l'expansion transversale du maxillaire. Les traitements orthopédiques d'expansion du maxillaire sont utilisés depuis plus de 140 ans et ont été développés depuis 1860. Le concept de l'ouverture de la suture palatine médiane a été décrit pour la première fois par **Angell** dans un rapport de cas cliniques puis fut réintroduite et popularisée en 1961 par **Haas**. (17)

L'expansion maxillaire rapide (EMR) a fait l'objet de nombreuses études qui ont permis d'apporter des résultats valides et prévisibles justifiant ainsi son utilisation généralisée. Depuis, il s'agit de la thérapeutique de choix de traitement de l'endognathie maxillaire. (18)

Ricketts¹⁹⁷⁵ met au point le Quad-hélix (QH) afin d'obtenir une expansion dentaire plus douce et avec des activations plus longues. (6)

2.1 Le déficit transversal

Les incoordinations transversales des arcades sont fréquentes avec une prévalence de 8 à 23%. Elles peuvent être la conséquence d'une insuffisance de développement du maxillaire d'origine (18) (19) :

- squelettique → **Endognathie**
- dento-alvéolaire → **Endoalvéolie**

L'occlusion inversée unilatérale postérieure (UPBC) s'accompagne d'asymétries fonctionnelles et morphologiques avec un impact sur la croissance squelettique, sur l'activité électromyographique (EMG) des muscles masticateurs et sur le cycle de mastication. Elle est souvent associée à une latérodéviation fonctionnelle mandibulaire, objectivable en RC. (20) D'après **Iodice**²⁰¹⁶, l'efficacité et la performance masticatoire sont affectées par la présence de malocclusions surtout d'occlusions inversées postérieures et antérieures. Les ratios entre une augmentation de la dimension transversale et les changements dans le périmètre, la largeur et la longueur de l'arcade sont utilisés dans la planification du traitement orthodontique et sont souvent associés à la décision d'extraire ou non. (21)

2.2 Action des appareils d'expansion et leurs effets sur la suture

2.2.1 Disjoncteur

La disjonction maxillaire rapide produit une ouverture de la suture intermaxillaire, comme **Lanzberger** fut le premier à le décrire radiologiquement. Elle est indiquée dans les cas d'endognathie maxillaire et de dysfonctions ventilatoires. L'EMR a des effets sur les structures crânio-faciales au niveau squelettique, dento-alvéolaire et sutural.

Le dispositif de base, qui était le disjoncteur de **HAAS**, comprenait 4 bagues et un vérin agencés de façon identique à celui d'**HYRAX** (figure 3), cependant les bras homolatéraux du vérin étaient noyés dans de la résine acrylique prenant appui sur la voûte palatine. Pour **Haas**, la stabilité et l'ancrage de l'appareil étaient ainsi améliorés.(22)(23)



FIGURE 3. M. 8 ANS, DISJONCTEUR HYRAX (CAS CHU BORDEAUX)

Concernant les **effets morphologiques cliniques** :

- **Krebs**¹⁹⁶⁴, par comparaison de céphalométries antéro-postérieures chez des enfants ayant des implants palatins, a démontré qu'environ 50 % de l'expansion réalisée par EMR était squelettique et le reste était dento-alvéolaire. (24)
- **Haas**¹⁹⁷⁰ a montré dans une étude céphalométrique sur 100 cas qu'il avait obtenu une expansion moyenne de 4,1 mm à la fin du traitement et même parfois 10 à 11,5 mm d'expansion avec une augmentation de la largeur du plancher des fosses nasales et des bases maxillaires, facilitant ainsi la ventilation. (22)
- **Wertz**¹⁹⁷⁰ a évoqué une expansion en V plus large antérieurement que postérieurement, résultant d'une séparation intermaxillaire en vue occlusale (figure 4). Ceci peut s'expliquer anatomiquement par le fait que l'expansion postérieure est limitée par les os malaïres. (25) (26)
- **Germane**¹⁹⁹¹ a indiqué que l'expansion maxillaire entraînait une augmentation du diamètre palatin, la longueur d'arcade et permettait la correction de la latérodéviation mandibulaire. (27)

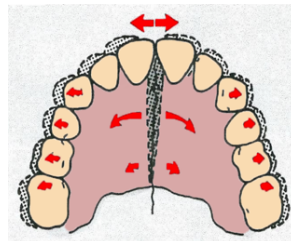


FIGURE 4. OUVERTURE SUTURALE EN V ANTERIEUR D'APRES GARRET²⁰⁰⁸ (25)

- **Wertz**¹⁹⁷⁰ a observé une séparation triangulaire supéro-inférieure de la suture intermaxillaire en vue frontale provenant d'un mouvement en arc de cercle (figure 5). A la suite d'une expansion, céphalométriquement, le Nasion (Na) se déplace vers le haut, tandis que l'épine nasale et le point A se déplacent vers l'avant et en bas. Pour **Wertz**, le centre de rotation correspond à la suture maxillo-frontale. Pour d'autres auteurs, il se situe au niveau du point Na ou à proximité de la suture fronto-nasale. (26)

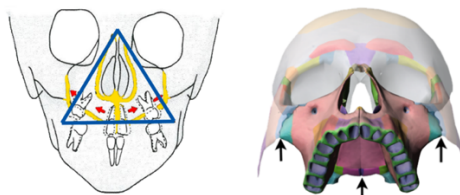


FIGURE 5. EFFETS SUR LES SUTURES DE LA FACE D'APRES WERTZ

- **Haas**¹⁹⁷⁰ note une auto-rotation postérieure de la mandibule autour de l'axe charnière chez l'enfant, tout comme **Wertz**¹⁹⁷⁰ qui la quantifie à 2°. Cependant, il y a une récurrence de 50% pendant la stabilisation, laissant une ouverture nette inférieure à 1°. Chez l'adulte, elle s'effectue sans aucun déplacement du maxillaire, elle est provoquée par la vestibulo-version des secteurs latéraux maxillaires. (26)
- Généralement, les molaires mandibulaires suivent l'expansion des molaires maxillaires dans leur inclinaison vestibulaire. Pour **Haas**¹⁹⁷⁰, la position linguale basse contrainte par le vérin transmet une pression sur les procès alvéolaires mandibulaires. Cet effet se surajoute à l'action engendrée par le muscle buccinateur tracté latéralement par l'expansion maxillaire permettant leur redressement. (22)

→ Les résultats concernant les effets squelettiques et dentaires sont contradictoires et dépendent du type d'étude, de la taille de l'échantillon et des approches des recherches.

– D'après **Garrett**²⁰⁰⁸, l'expansion maxillaire obtenue n'est jamais purement orthopédique. Seule 38% d'expansion est squelettique par action sur la suture palatine médiane. Il a identifié 13% d'expansion alvéolaire par apposition vestibulaire et résorption palatine et 49% de vestibulo-version parasite des dents. (figure 6) (25)

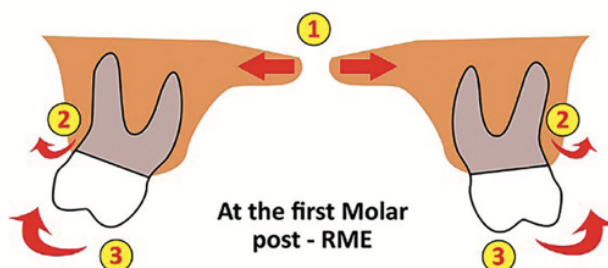


FIGURE 6. EFFET DE L'EXPANSION RAPIDE SUR LA PREMIERE MOLAIRE MAXILLAIRE D'APRES GARRETT (25)
1. EXPANSION SQUELETTIQUE, 2. EXPANSION ALVEOLAIRE, 3. VESTIBULO-VERSION MOLAIRE

– **Bressane et al.**²⁰¹⁶ ont relevé, 18 % d'expansion squelettique en post-puberté avec une large prédominance dento-alvéolaire de 3 mm chez l'adolescent versus 0,9 mm chez l'adulte. Une corrélation existe entre le degré de version de la 1^{ère} molaire maxillaire (Mmx) et l'âge. (28)

– **Bazargani et al.**²⁰¹³ ont montré que l'effet squelettique correspondait entre 20% et 50% de l'expansion totale. L'ouverture suturale moyenne postérieure était de 1,6 à 4,33 mm versus 1,52 à 4,33 mm d'expansion antérieure. Ils ont noté une bascule buccale des premières molaires évaluée entre 7,5° et 10°. Des changements significatifs immédiats se sont produits dans les dimensions transversales de la cavité nasale (de 1,2 à 2,73 mm), des sutures circum-maxillaires (de 0,30 à 0,45mm), des synchondroses sphéno-occipitales et la largeur d'ouverture. (29)

– De même, **Lione et al.**²⁰¹³ ont indiqué que l'ouverture suturale moyenne était de 1,2 à 4,3 mm dans la région postérieure versus 1,1 à 4,8 mm dans la région antérieure. A la fin de la phase active, RME a entraîné un léger mouvement inférieur du maxillaire. Ce mouvement descendant du maxillaire et des contacts dentaires prématurés est responsable de la rotation de la mandibule vers le bas et vers l'arrière. L'EMR a toujours ouvert la suture palatine médiane chez les sujets en croissance, quel que soit le type d'appareil. Les changements verticaux étaient petits (moins de 2 mm ou 2°, et peuvent ne pas être considérés cliniquement pertinents) et transitoires. (21)

Concernant les effets fonctionnels :

– **Haas**¹⁹⁷⁰ cité par **Wertz**¹⁹⁷⁰ a prouvé que la majorité de ses patients présentaient une augmentation de ventilation nasale avec un élargissement de la cavité nasale de 2 à 4,5 mm ainsi que de la perméabilité nasale après disjonction. (26)

Concernant les effets sur la dimension intermolaire et la récurrence :

– **Ko et al.**²⁰⁰³ ont rapporté une largeur intermolaire de 6 mm obtenue après expansion dont 20% (1,2mm) récidivent malgré la contention. 4,8 mm d'expansion sont maintenues. Les différences dans la quantité d'expansion et de rechute entre le groupe d'expansion rapide versus lente étaient inférieures à 6% (0,1-0,3 mm). (31)

- **Germane et al.**²⁰⁰⁹ ont constaté une augmentation du périmètre d'arcade de 4 mm après expansion mais qui diminue à long terme de 50%. (27)
- **Lagravère et al.**²⁰¹⁰, qui ont utilisé Hyrax, ont observé la rechute la plus élevée des mesures, 27% dans la distance intermolaire, probablement liée à l'âge du patient, puisque la moyenne d'âge du groupe traité était de 14 ans. (32)
- **Micheletti et al.**²⁰¹⁶ ont évalué les changements dento-squelettiques après disjonction seule et contention de 6 mois sur une période de suivi de 3 ans. A partir de modèles d'étude et de téléradiographies de profil, ils ont relevé les valeurs de 10 enfants avec croisé d'articulé bilatéral, à T0 (avant RME), T1 (à 3 mois), T2 (à 1 an) et T3 (à 3 ans). Ces résultats ont été comparés à ceux de 21 témoins. Il y a une augmentation significative de la distance transversale, 3 mois après RME et stable après 3 ans de suivi. Ils ont conclu que l'expansion maxillaire rapide précoce était stable de 80% après 3 ans et sans modification significative des mesures dento-squelettiques dans le sens vertical ou sagittal. (33)

2.2.2 Quad-Hélix

Son action est alvéolaire ou basale selon l'âge du patient et l'activation donnée. Ce dispositif comprend quatre boucles, une anse palatine et deux bras latéraux (figure 7). L'activation permet de réaliser une expansion transversale postérieure (plicature antérieure), une dérotation des molaires et une expansion antérieure (pincement des bras latéraux). (16)



FIGURE 7. QUAD-HELIX SUR FOURREAUX, (CAS CLINIQUE CHU BORDEAUX)

Il existe une valeur minimale des forces capables de mettre en tension les tissus suturaux intermaxillaires et ainsi de stimuler leur croissance. Pour avoir une action orthopédique, l'activation initiale d'expansion doit être suffisante pour dépasser les capacités d'adaptation élastique du parodonte et solliciter l'ouverture de la suture médio-palatine (activation minimale de 6 mm). Ainsi, lorsque le déficit transversal est majeur, l'activation impose une contraction importante de l'appareil lors de son insertion et les forces lourdes alors développées seront bien adaptées à la nécessité clinique d'effet orthopédique. (34)

Les forces légères exprimées par le QH semblent essentiellement induire un déplacement dento-alvéolaire associé à un effet orthopédique sur la suture palatine plus ou moins important selon les études. Certains auteurs tels que **Bell** et **Lecompte**, **Mac Namara**, **Gugino** et **Langlade**, attestent que le QH aurait une action orthopédique. En effet, ils préconisent une activation maximale afin de minimiser les mouvements alvéolo-dentaires au profit des mouvements squelettiques. (35)

L'expansion maxillaire lente (SME) est recommandée chez les sujets pré-pubertaires où l'application de forces faibles est suffisante donc en denture temporaire ou en début de denture mixte. L'usage de forces élevées chez les jeunes enfants de moins de 7 ans risque de provoquer une déformation des structures faciales, surtout dans la région nasale. (36)

- D'après **Gill**, l'expansion lente produirait moins de résistance des structures péri-maxillaires,

une minéralisation progressive respectant l'intégrité physiologique de la suture, tout en réduisant les effets négatifs des forces orthopédiques lourdes. Certains auteurs considèrent même ce mode d'expansion plus stable car il permet une réossification ainsi qu'un développement vasculaire concomitant à l'expansion suturale. (37)

– **Lagravère et al.**²⁰⁰⁵ ont suggéré, dans leur revue systématique, que l'expansion lente pourrait être plus stable que l'expansion rapide et que la stabilité de l'expansion est liée à l'âge. Cependant, l'étude ne reposait sur aucune comparaison entre les types d'expansion et ne présentait aucun groupe contrôle. Aucune conclusion significative n'a pu être relevée concernant les changements squelettiques ou dentaires après SME. (38)

– **Huynh et al.**²⁰⁰⁹ ont comparé l'effet de l'expansion palatine avec la croissance normale. Ils ont constaté que la quantité d'expansion attendue est plus importante que les valeurs prédites. En effet, à T2 et T3, les maxillaires sont plus larges que la normale prévue. Ceci s'explique par le fait que l'expansion palatine réalisée chez le sujet jeune est optimisée par la réponse de croissance concomitante. (39)

De plus, ils n'ont constaté aucune différence significative entre les 3 expanseurs (Haas, Hyrax et Quad-Hélix) concernant la réponse au traitement ou la stabilité et aucune variation selon le sexe. Pendant le traitement, la vestibulo-version molaire de 2,3° est relevée puis la molaire se redresse de 6°. La stabilité de la SME s'élève à 84%. L'amélioration des résultats à long-terme est permise par la précocité du traitement et le maintien transversal par contention.

– **Zuccati et al.**²⁰¹¹ ont montré des résultats stables pour le QH après 3 ans de traitement. (40)

→ **Cependant, certaines données récentes de la littérature révèlent que les expansions lentes par QH sont moins fiables et doivent être réservées aux endomaxillies légères chez des adultes au parodonte sain car un certain degré de version dentaire est inévitable.**

2.2.3 Plaque palatine à vérin

En denture temporaire, la plaque à vérin est l'appareil de choix. Par l'étirement de la suture, elle provoque une disjonction lente du maxillaire et a donc une action majoritairement orthopédique. L'activation est d'un quart de tour par semaine (soit 0,25 mm). (41)

2.2.4 Multiattache

Les brackets, en particulier autoligaturants, permettent également l'expansion des arcades. Les arcs de section rectangulaire offrent un redressement des secteurs latéraux linguoversés puis une vestibulogression ou version. Il est également possible d'exprimer de l'expansion en fonction du choix de la forme d'arcade thérapeutique.

La thérapeutique orthodontique permet l'harmonisation des formes d'arcade grâce aux arcs :

- le Nitinol préformé (NiTi) en alliage nickel-titane, qui exerce des forces légères permettant le reformage, alignement et nivellement des arcades.

- l'acier permet le contrôle du torque et un meilleur contrôle du rapport et du positionnement couronne-racine. (16)

2.3 Mécanismes biologiques et histologiques

Pour l'expansion lente,

- réossification et développement vasculaire concomitant à l'expansion.

- maintien de l'intégrité tissulaire lors du remodelage.

– **Ekström et al.**¹⁹⁷⁷ ont visualisé une organisation des tissus minéralisés à 30 jours, puis un établissement de la suture à 3 mois. (42)

Pour l'expansion rapide,

- Pendant la disjonction

→ mobilisation osseuse avec des micro-fractures

→ processus inflammatoire avec l'intervention des facteurs rank, rankl et ostéoprogérine. (21)

→ tissu conjonctif désorganisé et vascularisé

- Après la disjonction → ossification dystrophique rapide avec un tissu osseux immature

- A 30 jours → trabéculations parallèles et perpendiculaires, une activité ostéoblastique se met en place avec des zones de minéralisation et peu de collagène.

2.4 Contention

La récidive est causée par la tension exercée par le tissu conjonctif distendu de la suture et l'incapacité à produire un pont osseux stable dans l'espace expansé. Le risque augmente avec l'âge en raison de l'interdigitation et de l'ossification créées dans la suture. Elle est chiffrée à 3 mm en moyenne, et semble indépendante de la quantité d'expansion obtenue. (44)(45)

La stabilisation du sens transversal passe par la prévention et un diagnostic précis, une suppression des facteurs étiologiques (sauf tensions desmodontales), une surcorrection selon **Reitan**¹⁹⁷⁵ (46) puis **Philippe**²⁰⁰⁰ (47) et une contention par dispositif fixe ou amovible. Elle dépend de l'âge de la disjonction et de l'importance de l'environnement neuro-musculaire (ENM). Les arcades dentaires doivent se situer dans une zone d'équilibre, il faut donc traiter, en parallèle, toutes les étiologies musculaires. (48)

La constriction squelettique commence presque immédiatement après l'arrêt d'expansion et continue durant le remodelage osseux. La dimension des arcades est maintenue. Le mouvement dentaire orthodontique permet aux segments du maxillaire de se déplacer en direction l'un de l'autre, d'où l'amincissement de la corticale buccale et l'épaississement de la corticale palatine.

Les études, bien que peu nombreuses, sur la stabilité de l'expansion maxillaire, concluent qu'elle est relativement stable dans le temps. (49)(50)

Il semblerait que la largeur d'arcade ajoutée en ouvrant la suture médio-palatine peut être considérée comme permanente parce que la réparation suturale impliquait une nouvelle formation osseuse. Cependant, la permanence du changement ajouté par le mouvement dentaire et la flexion alvéolaire est discutable.

Les différences dans les résultats et la stabilité du traitement immédiat ont également été attribuées à la conception de l'appareil et au taux d'expansion. (51)

Haas (22) suggère qu'une RME avec un dispositif à appui tissulaire avec ancrage dentaire renforcé est supérieure à un expanseur à ancrage dentaire (Hyrax) car il délivrerait une force expansive plus parallèle sur les deux segments maxillaires répartie uniformément à la fois aux dents et aux processus alvéolaires.

Les comparaisons sont difficiles car selon les études, les protocoles divergent. Il est reconnu que pour atteindre une meilleure stabilité, au vu des connaissances acquises sur les effets secondaires d'une expansion maxillaire, une **surcorrection** doit être réalisée sachant qu'un tiers de l'expansion obtenue est attendu.

De plus, une période de **contention de 3 mois** minimum est indiquée pour éviter la récurrence. En effet, c'est le temps adéquat pour obtenir une régénération suturale et permettre la stabilisation des segments maxillaire séparés. Soit ils proposent un maintien de l'expansif passif en bouche, suivi ou non d'un appareil fixe (contention ou multiattache) ou amovible de remplacement. (37)

Dans le cas d'une *endognathie maxillaire traitée avant synostose de la suture*, une contention immédiate doit être mise en place car la disjonction basale est moindre que la disjonction dentaire. **Il faut s'opposer aux forces élastiques de la suture médio-palatine.** L'étirement de la suture est dans un premier temps élastique (ligamentaire) puis l'ossification se fait de façon concentrique en direction de la suture intermaxillaire. Après un élargissement suffisant, le disjoncteur est maintenu en place pendant au moins 3 mois, le temps de permettre l'ossification de la suture étirée (52). Selon **Haas** (22), la régénération osseuse est terminée 90 jours après la fin de la disjonction. D'après **Proffit**, le disjoncteur doit être maintenu 3 mois puis remplacé par une plaque palatine amovible ou un arc rigide. Il insiste sur le risque pris chez les enfants de moins de 6 ans de perturber l'esthétique de leur nez et recommande de ne pas utiliser de disjoncteurs chez les petits enfants. (36)

Globalement, selon les auteurs, la durée de contention de maintien du disjoncteur varie de 3 à 6 mois. Puis, elle est relayée par la pose d'un transpalatin. Cependant, il n'assure la contention qu'au niveau molaire et non au niveau antérieur où l'action est la plus importante.

Lorsque des appareils amovibles ont été utilisés comme dispositifs de contention pendant 6 mois, une récurrence de 3,2% (53) et de 1,2% (54) a été observée dans la distance intermolaire. **Godoy et al.**²⁰¹¹ (53) ont demandé aux patients d'utiliser la plaque amovible 24 heures par jour pendant 3 jours puis la nuit pendant 3 mois de plus, tandis que **Petrén et al.**²⁰¹¹ (54) ont recommandé une utilisation de 24 heures par jour pendant 6 mois. Cela peut avoir influencé les taux de rechute plus élevés des premiers auteurs, cependant il ne subsistait qu'une très faible variation dans la distance intermolaire.

Dans le cas d'*articulé croisé postérieur*, la contention n'est pas nécessaire après son traitement. Mais une **hypercorrection** est souhaitée. **Philippe** recommande le port d'une gouttière de positionnement et une surveillance des mouvements de latéralité. Il y a risque de récurrence si des dysfonctions persistent et si l'engrènement cuspidien est inférieur à 2 mm. (55)

Il est recommandé par la grande majorité des auteurs une marge d'hypercorrection de 15-20 % de l'expansion maxillaire ainsi qu'une stabilisation de six mois minimum.

– D'après **Theuveny**, en utilisant *l'indice de Pont* comme moyen de mesure, l'expansion obtenue semble acquise et stable, à partir de 2 ans après la fin du traitement et 3 ans d'après **Chateau**. Or, nos appareillages sont déposés bien avant ce délai. (47)

– **Petrén et al.**²⁰¹¹ (54) ont montré que l'expansion sans surcorrection s'est révélée stable à long terme, le taux de rechute était de 1,6% dans la dimension intermolaire malgré l'ajout d'un torque radiculo-vestibulaire. Les auteurs qui ont utilisé le disjoncteur « Haas » en contention pendant au moins 7 mois et 8 mois ont présenté une rechute de 1,0% (56) et 0,9% (57) respectivement, à la distance intermolaire. Ces résultats peuvent suggérer qu'un temps de rétention plus long après une expansion maxillaire - c'est-à-dire plus de 7 mois - favoriserait la stabilité et moins de rechutes. De plus, la différence de rechute moyenne n'était que de 0,1 mm, ce qui peut être cliniquement non pertinent.

– **Primozić et al.**²⁰¹³ ont montré la plus forte récurrence d'occlusion croisée postérieure au traitement de 8 participants, suggérant qu'une partie de cette rechute pourrait s'expliquer par l'expression d'une tendance de croissance de classe III, un overjet inverse et des asymétries faciales. L'implication clinique de cette revue systématique est que 6 mois de contention de la correction croisée utilisée 24 heures sur 24 devraient être en mesure de maintenir les résultats obtenus. Cependant, les preuves de cette conclusion sont modérées. (58)

Certains auteurs prônent la nécessité d'interventions précoces avant 12 ans pour une

meilleure stabilité des résultats.

- **Baccetti et al.**²⁰⁰¹ ont estimé qu'un traitement précoce est de meilleur pronostic. (44)
- **Bartzela et al.**²⁰⁰⁷ ont démontré une stabilité de 79% à long terme de leurs cas. (49)

Cependant, leur échantillon ne concernait que les patients avec un UPBC.

A contrario, d'autres études montrent que 50% des cas traités en denture temporaire doivent être retraités en denture mixte. Il y a un taux élevé de récurrence bien qu'il existe des avantages certains à cette intervention précoce. La stabilité est souvent considérée comme plus aléatoire (18)

- **Zafer et al.**²⁰⁰³ ont conclu que les effets parasites de versions s'exprimaient plus en denture mixte et donc conseillé de retarder l'expansion au début de la denture permanente. (59)
- **Mohan et al.**²⁰¹⁶ ont comparé la stabilité à long terme d'une RME en denture mixte versus en denture permanente. Quel que soit le stade de denture, une différence statistiquement significative entre la distance intermolaire après disjonction et après contention, allant de 0,34 mm à 0,71 mm a été décelée. Néanmoins, une récurrence plus importante est apparue chez les patients en denture mixte par rapport à ceux en denture permanente. (60)

Après dépose chez le jeune enfant, les structures alvéolo-dentaires « *normalisées* » sont à nouveau confrontées à un environnement fonctionnel et à un potentiel voire un patron de croissance individuel qui était défavorable dès le départ : la récurrence est donc souvent fréquente. Les fonctions perturbées, à l'origine de la dysmorphose, n'ont pas été corrigées et cet environnement dysfonctionnel continue d'apporter des stimulations inadéquates.

2.5 Limites des thérapeutiques d'expansion

2.5.1. Disjoncteur versus Quad-Hélix

La plupart des études chez les enfants en croissance s'intéressent aux effets dento-squelettiques à long terme de l'expansion lente ou rapide suivis d'un appareillage fixe *in* (33).

- **Storey**¹⁹⁷³ a comparé la réponse histologique d'une expansion maxillaire rapide et lente chez des lapins. Après une expansion rapide, la suture a été interrompue et les interdigitations perdues. Même après 6 semaines de rétention, une récurrence osseuse est observée. Cependant, après une expansion lente, l'intégrité suturale a été maintenue avec une croissance continue des dentelures osseuses et par conséquent le taux de rechute a été réduit. (61)

- De même, **Cotton**¹⁹⁷⁸ a noté l'amélioration de la conservation suturale avec un résultat plus stable pour l'expansion lente. Cependant, il a évoqué un effet orthopédique moindre comparé à la disjonction. (62)

- D'après **Proffit**²⁰⁰⁰ (36) à propos des disjoncteurs (figure 8)

☞ Sur une période de 3 semaines, une disjonction rapide (0,5 mm par jour) a donné les mêmes résultats qu'une expansion lente (1 mm par semaine), mais avec plus de traumatismes au niveau des dents et de l'os. En effet, une disjonction entraîne d'abord une mobilisation osseuse, mais lors de l'arrêt de l'application de la force, l'os a tendance à revenir à sa position d'origine alors que les dents restent fixes créant une sorte de déplacement relatif des dents. A l'inverse, l'ouverture suturale par expansion lente, offre le temps nécessaire à l'os pour la combler. Au final, on a la même proportion de mouvement dus à l'os et aux dents qu'une expansion rapide.

☞ La seule différence entre les deux techniques serait au niveau de la distance inter-canine obtenue, qui serait plus importante avec l'expansion rapide.

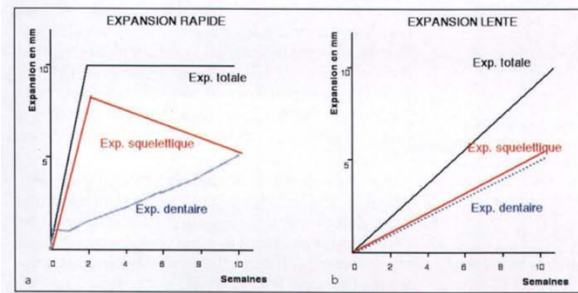


FIGURE 8. EXPANSION RAPIDE VERSUS EXPANSION LENTE, SELON PROFFIT (36)

– **Petrén et al.**²⁰⁰³ ont montré que le QH et la RME sont efficaces en denture mixte précoce avec un taux de réussite élevé. Cependant, il n'existe aucune preuve scientifique disponible qui montre laquelle des modalités de traitement est la plus efficace. (54)

– D'après **Giron de Velasco**²⁰⁰⁸, l'expansion obtenue est essentiellement dentaire : 20% d'action squelettique relevée pour le QH vs 50% pour la RME. Dans le groupe QH_a, il s'est produit une expansion et une égression plus importantes de la molaire supérieure. Dans le groupe RME_b, une plus grande vestibulo-version des molaires prédominait. Et dans le groupe d'expansion avec disjoncteur préalablement compressée avec quad-hélix_c, ils ont noté une plus grande expansion basale, un meilleur contrôle vertical avec une ingression, aucune version vestibulaire par redressement de torque radiculo-vestibulaire de la molaire supérieure et un traitement plus long (figure 9). Pour obtenir une expansion basale maximale, ils ont conseillé un redressement préalable des molaires par compression. Pour réussir l'expansion dentaire, le QH est l'appareil le plus approprié. (63)

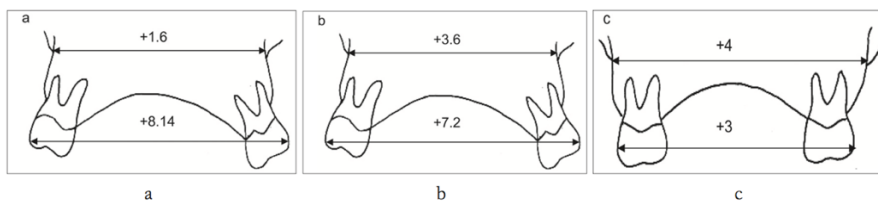


FIGURE 9. MODIFICATIONS DE LA LARGEUR DU MAXILLAIRE ET DES DIMENSIONS TRANSVERSALES DE L'ARCADE DENTAIRE SELON GIRON

(A) : EXPANSION AVEC QH, (B) : EXPANSION AVEC DISJONCTEUR, (C) : EXPANSION AVEC DISJONCTEUR AVEC COMPRESSION PREALABLE AVEC LE QUAD-HELIX

– Selon **Martina**²⁰¹², l'expansion est similaire après expansion lente ou rapide. (64)

– **Huynh et al.**²⁰⁰⁹ n'ont observé aucune différence significative entre les trois dispositifs Haas, Hyrax et Quad-Hélix. La largeur intermolaire augmente de 5mm entre T1 (début) et T2 (après expansion) mais diminue de 1,3mm entre T2 et T3 (2 ans après la fin du traitement). (39) Cependant, les effets sont plutôt alvéolaires quand l'activation est plus faible et qu'on est en denture définitive. (19)

– **Zhou et al.**²⁰¹³ ont constaté concernant la dimension intermolaire maxillaire (Mmw) aucun changement significatif dans la période de post-expansion et de rétention pour les RME contrairement à une variation nette significativement plus élevée dans les SME. Pour les dimensions intercanines maxillaire (Mcw), prémolaires (Mpw) et molaires mandibulaires (mmw), il n'y avait pas de différence significative. (65)

La SME est efficace dans l'expansion de l'arcade maxillaire, alors que la RME est efficace pour élargir les deux arcades. En outre, la SME est supérieure à la RME dans la région molaire en expansion de l'arcade maxillaire.

– **Bucci et al.**²⁰¹⁵, dans leur revue systématique (66), ont comparé les effets squelettiques et dentaires des techniques d'expansion palatine. Ils ont retrouvé les mêmes effets dento-

alvéolaires dans les deux techniques d'expansion. Même pour une RME, une très faible part squelettique dominait. L'augmentation significative des dimensions maxillaires dento-alvéolaires après RME et des effets modérés avec SME a été mise en évidence. Concernant la récurrence, ils observent une augmentation de la dimension transversale à long terme qui est modérée pour RME et faible pour SME.

– Des études telles que **Mc Namara et al.**²⁰⁰³, **Garib et al.**²⁰⁰⁵ ont documenté la stabilité de RME (67)(51)(68). Cependant, il y a peu de données sur le potentiel de rechute après l'expansion, sauf chez **Lione et al.**²⁰¹³ ou **Kanomi et al.**²⁰¹³, celui-ci se produirait plus dans la région antérieure que postérieure. Bien que non statistiquement significative, la rechute dans l'étude de **Bucci et al.**²⁰¹⁵ était de 0,66mm (82,95% de stabilité) entre les cuspides canines et 0,85 (79,7% de stabilité) entre les cuspides molaires. Des résultats similaires sont rapportés par **Vargo et al.**²⁰⁰⁷ et **Handelman et al.**²⁰⁰⁰ qui ont trouvé un plus grand pourcentage de rechute après une lente expansion du maxillaire dans la région des molaires (26%) par rapport aux canines (16%). Cependant, l'appareil d'expansion est resté en place pendant 2 ans et demi dans l'étude de **Vargo et al.**²⁰⁰⁷ prévenant ainsi la rechute (69).

– **Micheletti et al.**²⁰¹⁶ ont trouvé une expansion résiduelle similaire de 3,21mm dans les régions canine et molaire. Cependant, au niveau gingival, elle était plus importante dans la région molaire. Cette différence pourrait s'expliquer par la différence de dimension vestibulo-linguale entre les canines temporaires et permanentes et par l'exfoliation des temporaires. (33)

2.5.2 Quad-Hélix versus Plaque palatine à vérin

– D'après **De Coster**¹⁹⁹⁶, le quad-hélix ou la plaque palatine à vérin (PP) ont une action orthopédique dans la phase juvénile de la suture entre 6 et 10 ans. (41)

– D'après les travaux d'**Erdinc** rapportés par **Raberin**, l'expansion transversale par plaque palatine est 2 fois plus lente que celle réalisée par un Quad-Hélix mais s'accompagnerait de mouvements de versions molaires moins parasites, *in* (16).

– **Petrén et Bondemark**²⁰⁰⁸ ont mis en avant la supériorité du traitement par QH par rapport à la PP en terme de taux de succès et de temps de traitement. Le traitement par plaque amovible était un échec pour 1 sujet sur 3. La distance intermolaire était de 4,6 mm à 1 an pour le QH versus 3,5 mm pour la plaque amovible. (70)

– **Petrén et al.**²⁰¹¹ (71) ont observé des résultats similaires. Selon **Godoy** (53), le plus grand inconvénient de la PP était la perte d'appareils et les coûts de laboratoire subséquents, ainsi que les fréquentes ruptures de QH. En dépit de cela, l'un des inconvénients les plus cités des appareils amovibles dans la littérature est la nécessité de la coopération des patients. (18)

– **Primozić et al.**²⁰¹³ (58) ont évalué les mesures squelettiques à travers la surface palatine. Sur un suivi de 30 mois, il n'y a pas eu de récurrence squelettique mais au contraire, une augmentation de 6,38%. L'augmentation squelettique dans le groupe expérimental (occlusion croisée) était similaire ou supérieure à celle observée dans le groupe témoin (occlusion normale). Selon les auteurs, cela indique que le rétablissement d'un taux de croissance normal est une condition essentielle au développement crânio-facial et à la mise en place d'une occlusion physiologique.

Cependant, la récurrence des mesures dentaires et squelettiques ne représente pas nécessairement une récurrence de l'OCP. Cette récurrence est exprimée en pourcentage de patients rapportés par les auteurs ou calculés en fonction de leurs données :

- 0% dans le groupe « Haas » (7 mois de contention) (56) et dans le groupe « PPA » (6 mois de

contention) (54)

- 5% dans le groupe QH (6 mois de contention) (54)

- 9,1% dans le groupe QDH et plaque amovible (6 mois de rétention) (53)

- 26,7% dans le groupe de plaques cimenté acrylique (contention fixe pendant 1 mois puis amovible pendant 4 mois)

La récurrence n'est pas un événement rare après la correction de l'occlusion croisée postérieure. (18)(58)(54)

2.5.3. Point commun de toutes les techniques

→ Quelque soit la technique d'expansion employée, les effets dento-alvéolaires prédominent.

Certains orthodontistes proposent de réduire la vitesse d'expansion afin d'éviter les effets secondaires.

– D'après **Krebs**¹⁹⁶⁴, l'expansion obtenue par disjonction est plus importante au niveau alvéolaire que squelettique bien que cette dernière était plus stable. **Skieller** a rapporté des résultats similaires à ceux de Krebs sur les expansions lentes. (24)

– **Lagravère et al.**²⁰⁰⁵ ont montré que 25 % de l'expansion réalisée serait squelettique, donc les ¾ restants seraient alvéolaires ; alors que **Krebs**¹⁹⁶⁴ obtenait 50 % d'effet squelettique d'une disjonction réalisée chez l'enfant. (72)

– **Agostino et al.**²⁰¹⁴, dans sa méta-analyse, a comparé les différents appareillages pour la correction d'un articulé croisé en se basant sur des moulages et téléradiographies de face et de profil. La preuve est de très faible qualité et insuffisante pour permettre de conclure qu'une intervention est meilleure qu'une autre pour l'un des résultats de cette revue. (36)

→ Quelque soit la technique d'expansion employée, l'âge est un facteur limitant majeur.

L'expansion orthopédique maxillaire a ses limites lorsque le patient est plus âgé : les sutures intermaxillaires s'ossifient dès l'arrêt de croissance du maxillaire, vers 14 ans chez la fille et 17 ans chez le garçon. De plus, les piliers maxillo-malaires semblent constituer des obstacles majeurs, réduisant significativement son taux de réussite chez l'adulte par l'augmentation du taux de récurrence et l'apparition des mouvements maxillaires indésirables, ainsi que de nombreux effets secondaires : douleur intense et œdème dès l'activation du disjoncteur, déhiscence alvéolaire, fenestration et résorption radiculaire, récessions gingivales, problèmes parodontaux sévères et irréversibles liés à une version vestibulaire des dents provoquée par l'expansor plutôt qu'un déplacement souhaité des bases osseuses. (28)

– Les moyens d'expansion du maxillaire pourront être plus légers selon l'importance de l'expansion à réaliser mais aussi la faible résistance de la suture selon l'âge : plus l'expansion est tardive, plus elle entraînera des vestibulo-versions des secteurs latéraux et moins elle sera stable car il y aura une récurrence des compensations dento-alvéolaires.

→ Stabilité imprévisible

La méta-analyse de **Bucci et al.** (66) regroupe l'ensemble des revues systématiques et méta-analyses traitant des effets de l'expansion rapide ou lente et de sa stabilité à court et long terme.

Concernant les effets à long terme et la stabilité de l'expansion,

– **Schiffman et Tucay**²⁰⁰¹, dans leur méta-analyse, ont noté une stabilité minimale de l'expansion maxillaire. Après contention, l'expansion résiduelle n'est pas supérieure à ce qui a été documenté comme une croissance normale. L'expansion est en moyenne de 6 mm : la contention à court terme (< 1 an) maintenait 78,5% de l'expansion obtenue et à long terme (> 1 an) maintenait 92% de l'expansion réalisée. Les données post-contention ont montré une perte totale de 35,5% de l'expansion transversale initiale : expansion à court terme maintenue à 75%

(3,88 mm), versus à plus long terme (> 50 mois) une perte moyenne de 40% (2,4 mm). Un taux de rechute était de 50% pour RME alors SME a conservé 64% de son expansion. (73)

Ils n'ont relevé aucun changement significatif transversal sauf une augmentation de la dimension inter condylienne pour la mandibule. Une augmentation de la dimension inter alvéolaire maxillaire de 2 à 3 mm a été identifiée. La majorité de l'expansion est dentaire plutôt que squelettique. Aucun changement significatif à long terme au niveau vertical ou antéropostérieur n'est détecté. Quelques changements significatifs subsistaient concernant l'angulation entre la mandibule, SN et le plan palatin de 1 à 2° non significatif.

– **Lagravère et al.**²⁰⁰⁵ (56) ont conclu que la stabilité à long terme de l'augmentation maxillaire squelettique transversale (largeur latéro-nasale et largeur maxillaire) est meilleure chez les enfants traités avant leur pic de croissance. Cette augmentation est d'environ 25% de l'expansion totale réalisée chez les adolescents pré-pubertaires, mais non significative chez les adolescents post-pubertaires. RME n'a pas produit de changements antéropostérieurs ou verticaux significatifs.

L'augmentation de la largeur molaire maxillaire à long terme est cliniquement significative. En raison de la version coronaire, la dimension intermolaire à long terme variait en fonction du point de référence utilisé pour les mesures. Des changements plus radicaux de l'arcade maxillaire ont été observés avant et après puberté : cependant cette différence minimale de 0,8mm n'était pas significative. Aucun changement dentaire antéro-postérieur ou vertical n'a été associé à RME. (74)

– Concernant, les **effets squelettiques et dentaires** engendrés par l'expansion lente, **Lagravère et al.**²⁰⁰⁵ n'ont tiré aucune conclusion significative. L'expansion lente via un disjoncteur permettait une réponse squelettique de 28 à 50% de l'expansion totale, alors que le quad-hélix démontrait des effets principalement dento-alvéolaires. Notons tout de même que les effets squelettiques prédominaient chez les jeunes. (38)

Concernant les effets immédiats après expansion,

– **Lagravère et al.**²⁰⁰⁶ (75) ont mis en évidence des changements importants dans le sens transversal qui étaient plus dentaires que squelettiques. Peu de changements verticaux et antéropostérieurs étaient statistiquement significatifs, et aucun n'était cliniquement pertinent.

- Effets indésirables : inclinaisons dentaires (tip de 3°) plutôt qu'une vraie action squelettique.
- Expansion transversale molaire de 6,7 mm (couronne) et 4,5 mm (racine).
- Expansion surtout postérieure due à l'ancrage sur les 6.
- Extrusion molaire de 0,5 mm non cliniquement significative.
- Aucun changement antéro-postérieur significatif à long terme.
- Changements statistiquement significatifs dans le plan mandibulaire (par rapport au plan palatin – 1,65 mm et plan SN – 1,97 mm).
- Angulation des incisives non changés.
- Augmentation de l'overjet de 1,29 mm due au changement minimale de position des points A (avance) et B (recule).

2.5.4. Ancrage osseux versus ancrage dentaire

Historiquement, la suture palatine était considérée comme la zone principale de résistance. **Isacson et al.** ont expliqué que la résistance totale offerte par le squelette du complexe maxillo-facial devient plus élevée au fur et à mesure que le patient augmente en âge et donc devient plus mature au niveau squelettique, et que les sites majeurs de résistance proviennent des différentes jonctions du maxillaire avec le complexe crânio-facial.

En 1975 et 1976 respectivement, **Lines** ainsi que **Bell** et **Epker** ont confirmé que les zones de

plus grande résistance étaient les sutures fronto-maxillaires, zygomatiko-temporales et zygomatiko-maxillaires. L'identification de ces zones de résistance a stimulé le développement des différentes techniques d'expansion palatine rapide assistée chirurgicalement. Il a été proposé de procéder à une ostéotomie des piliers latéraux du maxillaire et également de libérer le maxillaire dans la région postérieure.

L'évolution de cette pensée pousse à chercher un moyen pour augmenter le ratio des effets squelettiques par rapport aux effets alvéolaires (figure 10). L'avènement des mini-implants, depuis une vingtaine d'années, offre de nouvelles alternatives de traitement en permettant des déplacements dentaires quand les approches conventionnelles trouvent leurs limites. Leur application permet de contrer les effets indésirables et de repousser les limites de l'utilisation des appareils conventionnels. Ce concept peu invasif et simple à mettre en œuvre, doit toutefois obéir à une stratégie biomécanique réfléchie et individualisée. (76)



FIGURE 10. DISTRACTION MAXILLAIRE PAR DISJONCTION SUR MINI-VIS (CAS CLINIQUE ADULTE, CHU BORDEAUX)

II. Environnement neuro-musculaire

1. Nature de l'environnement neuro-musculaire

Cet environnement neuro-musculaire a une influence morphogénétique sur les bases osseuses, sur les arcades dentaires et sur l'orientation des dents.

Les contraintes neuro-musculaires orientent le développement dento-squelettique. Les muscles concernés regroupent les muscles masticateurs (élevateurs et abaisseurs de la mandibule), la langue produisant des forces centrifuges et la musculature péri-orale (sangle labio-jugale) produisant des forces centripètes et les muscles posturaux.

-Les élevateurs sont le temporal, le ptérygoïdien médial, le masséter.

-Les abaisseurs sont le ptérygoïdien latéral, le ventre antérieur du digastrique, le mylo-hyoïdien et le génio-hyoïdien.

-La sangle labio-jugale comprend l'orbiculaire des lèvres, les buccinateurs et les muscles mentonniers.

L'arcade alvéolo-dentaire est bordée par deux masses antagonistes : la langue à l'intérieur et le complexe labio-jugale à l'extérieur, délimitant ainsi le « **couloir dentaire de Chateau** » (figure 11) ou "zone 0" de **Dangy** où la résultante des forces est nulle. C'est une sorte de boîte dans laquelle les dents peuvent migrer verticalement, mésialement ou distalement. **Cauhépé** parle d'un équilibre statique de posture et dynamique pendant les fonctions (déglutition, ventilation etc). (34)

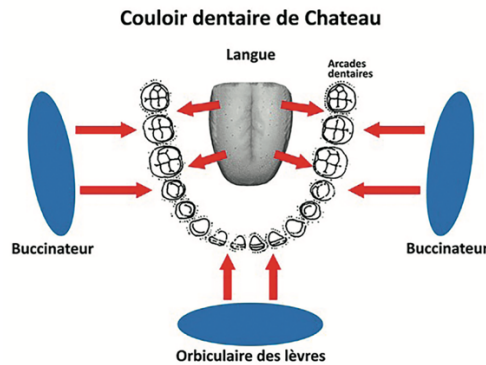


FIGURE 11. COULOIR DENTAIRE DE CHATEAU

Un équilibre triangulaire entre les forces latérales exercées par les masséters et les buccinateurs, la force antérieure des lèvres contre les incisives et la pression linguale en appui derrière la papille rétro incisive est nécessaire pour un développement harmonieux des procès alvéolaires. Si ce couloir est le même au repos qu'en fonction, alors l'équilibre est stable.

L'expansion d'arcade est couramment utilisée pour gagner de l'espace pendant le traitement orthodontique, mais la stabilité à long terme de la correction peut être insatisfaisante (24) (**Schiffman et Tuncay**²⁰⁰¹, **Zuccati et al.**²⁰¹³). Bien que la cause exacte de la rechute orthodontique demeure inconnue, l'environnement neuromusculaire entourant les dents semble jouer un rôle important (**Jacobs**¹⁹⁶⁹, **Ackermann et Proffit**¹⁹⁹⁷). Au cours de l'expansion de l'arcade, les dents sont déplacées contre les tissus mous péri-oraux, affectant ainsi l'équilibre entre les forces labiales et linguales qui agissent sur la dentition (**Gould et Picton**¹⁹⁶⁴, **Proffit**¹⁹⁹⁷). Nous savons que la stabilité d'un résultat orthodontique résulte d'un équilibre neuro-musculaire et fonctionnel. Il faut donc prendre en compte les déséquilibres déjà existants. (77)

2. Importance de la matrice fonctionnelle

La physiologie affirme que la « *fonction crée l'organe* ». L'orthopédie dento-faciale devient fonctionnaliste, en Europe, avec **Robin, Andresen** puis **Fränkel** qui proposent de corriger la forme en même temps que la fonction avec divers dispositifs. Aujourd'hui, il est établi que la morphogenèse résulte de la combinaison d'un patrimoine génétique et d'une réponse fonctionnelle. Ce courant synthétique livre une classification des facteurs responsables de la croissance : génétiques intrinsèques (sur lesquels nous ne pourrions intervenir), épigénétiques et environnementaux. (6)(78)

La théorie de l'équilibre

En 1873, **Tomes** affirmait que les forces opposées des lèvres et des joues d'un côté et de la langue de l'autre déterminaient la position des dents. Ce paradigme a été largement accepté par la profession à l'époque même s'il se basait essentiellement sur l'expérience et l'observation clinique plutôt que sur des preuves scientifiques (**Jacobs**, 1969). Cependant, certaines études montrent que cet équilibre des forces n'existe pas sachant que les pressions linguales sont significativement plus sollicitées durant toutes les mouvements fonctionnels et les positions de repos comparées aux pressions labiales (**Proffit**¹⁹⁷⁵; **Lindeman**¹⁹⁹⁰). (figure 12)

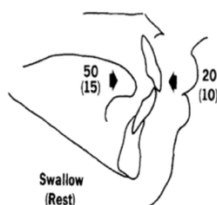


FIGURE 12. DIAGRAMME REPRESENTANT LES PRESSIONS LINGUALES ET LABIALES A LA DEGLUTITION ET AU REPOS (PROFFIT¹⁹⁷⁸)

- **Winders**¹⁹⁵⁶ constate que la langue a généré 3 à 4 fois plus de pression que la musculature jugale pendant la déglutition, la phonation et avec pression maximale.
- **Kydd**¹⁹⁵⁷ a montré que la pression maximale de la langue était le double de celle des lèvres chez des étudiants en médecine. (30)
- **Proffit**¹⁹⁷⁸, a conclu que la position des dents ne pouvait pas être expliquée uniquement comme une position d'équilibre entre la pression labiale et labiale et a suggéré que d'autres forces doivent être impliquées dans le maintien de l'équilibre, telles que les forces de l'occlusion dentaire et du ligament parodontal. (77)
- **Moss**¹⁹⁶⁸ expose sa *théorie des matrices fonctionnelles* agissant sur le périoste et des matrices capsules établissant le rôle prépondérant des fonctions oro-faciales dans la responsabilité de la croissance faciale. Il est nécessaire de laisser le temps à l'environnement neuro-musculaire de s'adapter à la nouvelle forme du maxillaire. (79)
- **Couly**¹⁹⁸⁰ a exposé la *théorie des conformateurs organo-fonctionnelles*. Le développement céphalique est un phénomène temporo-spatial volumétriquement expansif, conséquence de l'expansion des organes en croissance. (80)
- **Enlow**¹⁹⁹⁰ développe une théorie fondée sur la responsabilité de la matrice fonctionnelle. La croissance faciale est un processus différentiel de maturation progressive dans lequel les quantités, vitesses, durées et directions de croissance varient d'une région à l'autre. La croissance osseuse se fait par l'intermédiaire de champs, de mosaïques d'apposition/résorption, aussi bien sur les surfaces externes qu'internes et qui provoquent globalement un mouvement.
- **Muller** observe une *relation entre la position linguale et la typologie faciale*. La position linguale détermine le développement de la voûte palatine lors de la réalisation des fonctions et la croissance antéropostérieure mandibulaire par action indirecte des muscles ptérygoïdiens latéraux qui stimulent le cartilage condylien.
- Pour **Château**, forme et fonction sont étroitement liées et exercent sur l'une et l'autre une influence réciproque. La dent doit résider dans un état d'équilibre.

Il en découle le consensus suivant : « **la mécanique orthodontique est appréhendée au sein de l'équilibre linguo-labio-jugal et postural** ». L'orthodontiste a compris que la réussite de son traitement est assurée et pérennisée à travers l'équilibre des fonctions et des postures. **Aujourd'hui, la correction fonctionnelle se généralise.**

III. Stabilité de l'expansion

1. Les facteurs de récurrence de l'expansion

La **récurrence** est un sujet qui suscite l'intérêt des orthodontistes depuis plus d'un siècle, même si les opinions se sont progressivement modifiées. Par définition, la récurrence est la réapparition d'une pathologie après sa guérison. Après expansion transversale, on constate souvent une diminution des diamètres transversaux des arcades. Pour éviter cette récurrence, les

facteurs étiologiques responsables de la malocclusion doivent être identifiés et éliminés afin d'optimiser les résultats de notre thérapeutique (figure 13). (27) (81)

Au cours des années, différentes écoles sur les critères de stabilité de traitement se sont succédées : école occlusale, école de la base apicale, école de l'incisive inférieure puis école musculaire.

À la fin du 19^{ème} siècle, **Angle, Case, Kingsley et Dewey** pensent qu'une bonne occlusion est le facteur de stabilité le plus important. Vers 1920, **Lundström, Mac Cauley et Strang** donnent une grande importance aux largeurs d'arcades inter-canine et inter-molaire. Pour que l'occlusion soit stable, la dent doit être perpendiculaire sur sa base. Pour **Tweed**¹⁹⁴⁶ et **Nance**¹⁹⁴⁷, les dents mandibulaires doivent être en bonne relation avec l'os basal. Il est important de ne pas augmenter la longueur d'arcade et d'éviter les versions vestibulaires ou linguales excessives. **Dewey et Anderson** ont dit que les pressions musculaires et l'équilibre sont une force naturelle très importante de rétention. **Brodie**, reprenant les idées de **Rogers** et de **Dewey**, puis **Riedel** ont mis en relief la nécessité d'obtenir un bon équilibre musculaire. (82)

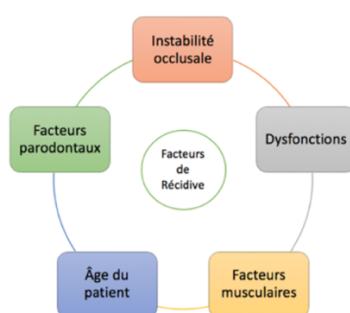


FIGURE 13. FACTEURS DE RECIDIVE

On suppose que la rechute est influencée par le recul élastique des tissus et le remodelage des os. **Storey**¹⁹⁷⁴ a démontré que la qualité et la quantité d'os sont importantes pour la prévention des rechutes après expansion. **Zimring et Isaacson** ont démontré qu'à la suite de l'expansion de la suture, les forces de réaction sont stockées dans le crâne qui tend à induire une rechute pendant au moins 6 semaines après une expansion palatine rapide chez les êtres humains. En outre, un nouvel équilibre doit être établi avec les tissus environnants, car sinon la suture, étant une structure adaptative, fera revenir les pièces squelettiques à leurs positions d'origine. (82)

1.1 Densité osseuse de la suture palatine médiane avant et après expansion

La période de contention post-expansion de la suture médiane joue un rôle fondamental dans le traitement orthodontique. Pendant cette période, il y a une ossification de la suture, minimisant les possibilités de récidence. (**Ekström et al.**¹⁹⁷⁷, **Haas**¹⁹⁸⁰, **Bell**¹⁹⁸², **Kahl-Nieke**¹⁹⁹⁶). Avec la maturation de suture médiane palatine, il y a une augmentation de l'interdigitation. La fusion suturale se produit plus tôt dans la région postérieure et progresse ensuite vers l'antérieur avec résorption de l'os cortical aux extrémités suturales et formation ultérieure d'os spongieux. (40)

1.1.1 Etudes histologiques

- Dans leur revue systématique, **Lione, Franchi et Cozza**²⁰¹³, ont conclu que les forces intenses appliquées pendant de courtes périodes chez les patients en croissance déplacent les dents d'ancrage et l'os alvéolaire à la même amplitude et dans la même direction. (30)

- **Romanyk et al.**²⁰¹⁶ (84) ont étudié l'effet de l'expansion mécanique sur la réponse viscoélastique de la suture médiane palatine. Le stress généré se décompose rapidement en

quelques minutes d'activation. Il est important de réaliser une traction constante de faible intensité sur la suture afin de ne pas aggraver les tissus mous et de faciliter leur remodelage.

- **Angelieri** ont décrit cinq stades de maturation d'A à E de la suture. Une suture droite avec peu ou pas d'interdigitation est très active. L'aspect festonné marqué et les nombreuses interdigitation rapprochent de la fusion de la suture. (85)

- D'après **Van-Linden**, la densité de la suture diminue significativement après expansion puis augmente après la période de contention sans atteindre pour autant son seuil initial. Une période de contention chez les sujets post-pubertaires ne permet pas une réorganisation suffisante de la suture, il faut donc augmenter cette période pour éviter les récives tardives. (86)

- **Vardimon** a montré que même après une période de rétention, l'arcade dentaire supérieure expansée a fortement tendance à revenir jusqu'à sa forme antérieure. L'étendue de cette rechute peut atteindre 90%. La rechute de l'EMR comprend des composants squelettiques et dentaires. Les principales accusations portent sur le basculement de la couronne latérale du segment dentaire postérieur, qui a tendance à repartir médialement. (87)

L'implication de la suture médio-palatine n'a pas été complètement étudiée. Le fait que le résultat final de l'EMR soit plus stable lorsque le traitement est initié chez les jeunes enfants suggère que la récupération de la suture, qui est également liée à l'âge, joue un rôle majeur dans l'augmentation de la stabilité (24).

L'expansion intermolaire ne peut pas être entièrement expliquée par la version des dents (88). La réorganisation du tissu dur dans la suture commence à la fin de la phase de traitement actif. **Haas** conclut que l'ossification complète des marges de suture dure de 60 à 90 jours. Dans un rapport de cas (89), l'iode marqué a été utilisé chez un garçon de 10 ans traité par RME, la plus grande absorption de la substance marquée (c'est-à-dire la formation osseuse) s'est produite 4 semaines après l'expansion et a duré jusqu'à 3 mois. Cependant, la minéralisation en divers sites le long de la suture médio-palatine n'a pas été étudiée.

Dans l'étude de **Vardimon** (89)(90), le profil de minéralisation de la suture médio-palatine après une expansion palatine rapide a été étudié chez 10 chats traités et 2 chats témoins, pour observer la tendance de l'EMR à rechuter. Le traitement d'expansion palatine rapide comprenait des phases actives (25 jours), de rétention (60 jours) et de rechute (60 jours). Des radiographies occlusales normalisées ont été prises périodiquement et analysées pour la largeur, la densité optique dans les régions antérieures et postérieures, et les mesures de la zone de suture.

- Pendant la *phase active* (figure 41), la zone radio-transparente (tissu non minéralisé) a été multipliée par 12 et l'augmentation de densité optique a été 50% plus grande dans la région antérieure de la suture postérieure, démontrant une formation accrue de tissu conjonctif lâche dans la région antérieure.

- Pendant la *période de contention*, la zone radio-opaque de la suture (tissu minéralisé) a augmenté de 62%, la zone radio-transparente a diminué (64%) et la largeur de suture a diminué (65%) indiquant une réorganisation du tissu minéralisé. La diminution de la densité optique (minéralisation accrue) était 2,5 fois plus importante dans la région postérieure de la suture antérieure, indiquant que le motif de reminéralisation (fermeture) de la suture expansée est analogue à une fermeture à glissière dans une direction postéro-antérieure.

- Pendant la *phase de récive*, la réduction de la surface totale de suture (41%) et dans la zone radio-opaque (32%) indique une convergence médiale des processus horizontaux maxillaires.

La région de suture antérieure nécessite une période de contention deux fois plus longue que la région postérieure pour rattraper le retard dans la reconstruction et la maturation du tissu dur nouvellement déposé. Cette recommandation est encore soutenue par un taux plus élevé de

rechute de l'expansion intercanine, de l'ordre de 46% à 77% par rapport à la rechute de l'expansion intermolaire, de 27% à 55%. Des facteurs tels que l'adaptation musculaire, la version dentaire, le déplacement dentaire et la flexion du processus alvéolaire contribuent aussi à déclencher la rechute de l'EMR, la rechute de la suture en particulier dans la région antérieure. (32) Cliniquement, l'utilisation de radiographies occlusales standardisées pendant le traitement RPE est recommandée pour confirmer l'obtention d'une scissure suturale (les sutures médianes et non-brevetées ont montré des caractéristiques cliniques similaires) et pour évaluer la période de rétention nécessaire pour la suture antérieure. Pour compléter la minéralisation, on peut mesurer le niveau OD/ODD pour définir l'augmentation de la radio-opacité (minéralisation).

1.1.2 Etudes radiologiques

– **Franchi et al.**²⁰¹⁰ (91) ont étudié la valeur de la densité de la suture intermaxillaire après la disjonction maxillaire rapide et rapportent une baisse significative de la densité de celle-ci juste après disjonction. Ils ont montré également qu'après 6 mois de contention la densité osseuse n'est pas significativement différente de celle observée avant disjonction, signe d'une stabilité suite à cette action orthopédique.

– **Lione et al.** ont évalué la densité des sutures médianes et transverses par CT de faible dose à 3 temps (T0 avant, T1 après et T2 après contention de 6 mois). Ils ont obtenu une réduction de la densité suturale au cours de l'expansion puis une augmentation significative de la densité de T1 à T2 qui s'explique par le remaniement osseux par réorganisation et minéralisation de la suture. (92) (93)

– **Angelier et al.** a montré la probabilité que les stades de maturation vertébrale cervicale (MVC) soient associés aux stades de maturation de la suture médiane palatine. Par exemple, les stades A/B marquant une ligne de haute densité suturale correspondent aux CS1-CS2. (86)

– **Da Silva et al.**, à travers leur étude prospective ont évalué la suture médio-palatine chez les enfants soumis à une EMR, à la fin de la phase de contention, par tomодensitométrie. L'échantillon était composé de 17 enfants âgés de 5 ans 2 mois et 10 ans 5 mois. Les images tomographiques ont montré que la suture médio-palatine était complètement ossifiée de la région antérieure de la colonne nasale à la zone postérieure de la colonne nasale à la fin de la phase de contention, soit 8 à 9 mois après l'expansion. (95)

1.1.3 Observations cliniques

– **Ekström** (42) a développé une nouvelle méthode de mesure objective de la minéralisation dans la partie antérieure de la suture médio-palatine après expansion par *radio-isotope IZ51*. Les mesures ont montré que la teneur en minéraux suturale augmentait rapidement au cours du premier mois post-expansion. Dans l'os à côté de la suture, la teneur en minéraux diminue fortement au cours du premier mois de mesure puis revient à un niveau initial. Ces résultats suggèrent qu'après trois mois, le processus de minéralisation dans la suture élargie est devenu assez bien établi permettant un temps de rétention court.

– **Wertz**¹⁹⁷⁰ (26) montre que la disjonction est plus importante dans la région antérieure que postérieure en raison des limites anatomiques imposées par les os malaires. La majorité des patients présentaient une augmentation de la ventilation nasale d'après **Haas**, cité par Wertz, avec un élargissement nasal de 2 à 4,5mm ainsi que de la perméabilité nasale après disjonction. (22)

Cependant, peu d'études traitent de la réponse musculaire suivant l'expansion (20). Que

ce soit un mode d'expansion rapide ou lent, les effets dento-alvéolaires prédominent.

– **Angelier et al.**²⁰⁰³ (94) ont démontré que la maturation de la suture palatine médiane est liée à la croissance squelettique, car un coefficient de corrélation élevé a été observé entre la maturation des vertèbres cervicales et les stades de maturation de la suture. (figure 14)

Selon les résultats, les stades pré-pubertaires (stades cervicaux CS1 et CS2) sont des indicateurs fiables pour les stades A et B de la maturation des sutures palatines. Au stade pubertaire (CS3), le patient sera probablement au stade C. Considérant la présence de nombreux ponts osseux le long de la suture médio-palatine à ce stade, ces résultats corroborent les résultats de **Baccetti et al.** (96) qui ont observé des changements squelettiques plus favorables après EMR chez les patients pré-pubères par rapport aux patients post-pubertaires. (83)

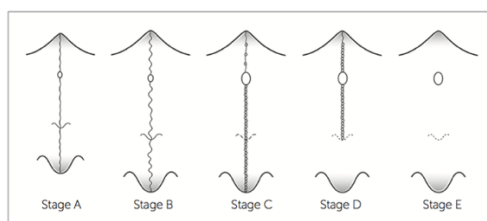


FIGURE 14. STADES DE DENSITE SUTURALE SELON ANGELIERI ET AL.²⁰⁰³

– De plus, **Krukemeyer**, in (83), a évalué la corrélation entre la réponse à l'EMR, les stades de maturation de la suture médio-palatine (MCV) et le stade de la maturation vertébrale cervicale (CVM). MCV et CVM étaient inversement corrélés avec l'expansion suturale, c'est-à-dire que moins le patient était mature, plus l'expansion suturale était importante, plus les effets squelettiques et dento-alvéolaires étaient importants.

- D'après **Garib**²⁰⁰⁷, la densité de la suture diminue significativement après expansion (T0-T1) avec les deux types de RME. Dans la période de rétention, il y avait une augmentation significative de la densité suturale bien qu'elle n'atteigne pas le niveau initial (68). Chez les patients post-pubertaires, un temps de rétention de six mois ne permet pas une réorganisation suffisante de la suture. Par conséquent, une période de rétention supérieure à six mois semble être bénéfique pour prévenir les rechutes post-pubertaires.

– L'évaluation de *l'indice de Hounsfield* a été utilisée avec succès afin d'évaluer la densité osseuse dans d'éventuels sites implantaires. Par analogie, **Franchi et al.**²⁰¹⁰ (91) ont examiné le modelage sutural après RME dans une étude CT à faible dose à l'aide des mesures de Hounsfield. Les patients pré-pubères avaient un âge moyen de 11,2 ans et des stades pré-pubertaires de la maturation vertébrale cervicale (C1-C3). Ils ont indiqué qu'après un temps de contention de 6 mois, la suture médio-palatine a été réorganisée avec une densité similaire aux valeurs pré-traitement.

1.2 Âge de début de traitement

Il s'agit d'un facteur très favorable si la thérapeutique débute juste avant le pic de croissance car on bénéficierait des effets positifs surtout orthopédiques. **Une relation directe a été établie entre l'augmentation de la résistance à l'expansion squelettique et l'âge du patient après 12-13 ans.**

D'après **Gugino**²⁰⁰⁰ « Plus le traitement est précoce, plus la face s'adapte au concept thérapeutique choisi; à l'opposé, plus le traitement est tardif, plus le concept orthodontique doit s'adapter à la face » (78). Il n'y a pas de consensus actuel sur l'âge limite pour lequel il serait nécessaire d'effectuer un geste chirurgical associé. Peu de paramètres fiables nous permettent de prédire le succès ou l'échec de notre thérapeutique. Cependant, le placement de l'enfant sur sa courbe de croissance est mal défini et imprécis : des indicateurs existent (85) (94) (97)

– **Melsen**¹⁹⁷⁵ a étudié les variations structurales de la suture médio-palatine avec l'âge en associant histologie et microradiographie : la croissance suturale se poursuit jusqu'à 16 ans chez les filles et 18 ans chez les garçons. Trois stades (figure 15) sont décrits : infantile_(a) (1 an), juvénile_(b) (10 ans) et adolescent_(c) (12,5 ans). Le 3^{ème} stade correspond à la formation de nombreuses interdigitations entre les processus osseux empêchant toute séparation des deux hémimaxillaires et marque la limite de l'action orthopédique. (9)

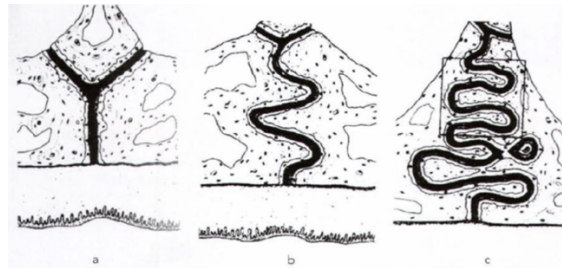


FIGURE 15. TROIS CROQUIS DE MELSEN¹⁹⁷⁵
STADE : INFANTILE_(a), JUVENILE_(b) ET ADOLESCENT_(c)

- **Persson et Thilander**¹⁹⁷⁷ introduisent la notion « d'index d'oblitération » (ou Obliteration Index : OI) qui quantifie le pourcentage d'ossification présent dans la suture en s'aidant de microphotographies. Ils concluent qu'un OI > 5% représente la limite supérieure à ne pas dépasser pour obtenir une efficacité thérapeutique. (9)(98)
- **Knaup**²⁰⁰⁴ conclue que l'absence d'ouverture suturale à un âge donné ne dépend pas du pourcentage d'ossification car chez les plus de 25 ans, elle n'est que de 3,11% mais plutôt de l'intrication des berges osseuses qui provoquent une résistance. (99)
- **Baccetti et Franchi**²⁰⁰⁵, ont proposé une méthode de détermination du pic de croissance par le stade de maturation des vertèbres cervicales. Ils montrent que jusqu'à le stade CS3 se situant avant le pic de croissance, la disjonction maxillaire donne de meilleurs effets squelettiques. (96)
- **Korbmacher et al.**²⁰⁰⁷ in (9) utilisent pour la première fois l'imagerie 3D haute résolution sur tomographie. Le seul paramètre lié à l'âge est la densité osseuse qui peut prédire éventuellement le succès d'une disjonction squelettique. (93)
- Pour **Wertz**, il n'y a pas de récurrence si la disjonction maxillaire est effectuée chez le sujet jeune. Dans une étude menée sur 60 patients, s'intéressant aux changements de la distance intermolaires, Wertz montre que dans le groupe 12-18 ans, la récurrence est de 10 % après une période de contention de 3 mois, et qu'elle est de 63 % dans le groupe de plus de 18 ans. (26)
- **Kanomi, Deguchi, Kakuno, Yamamoto-Takano et Roberts**²⁰¹³ in(33) ont conclu que l'efficacité du EMR est inversement proportionnelle à l'âge et que les appareils à expansion fixe donnent de meilleurs résultats chez les enfants de 6 à 15 ans.
- **Garrec et al.**²⁰¹⁷ ont conclu qu'il existe une variabilité interindividuelle et intra-individuelle du degré d'oblitération de la suture, que la suture reste ouverte tout au long de la vie et que les variations constatées entre les populations du même âge pourraient être liées à d'autres facteurs tels que le type de mastication (dure/molle) et donc au processus de remodelage de l'os le long de chaque vecteur de contrainte. (9)

1.3 Schéma de croissance squelettique défavorable

D'après **Philippe**¹⁹⁸⁹ « *Aucun moyen ne permet de s'opposer à une rechute due à une croissance défavorable* ». Un diagnostic fonctionnel précis est nécessaire. Si le déficit transversal est à l'origine de malocclusions dans le sens vertical et sagittal, sa correction peut permettre la correction spontanée de la croissance ou non. Au niveau basal, le résultat est stable si une contention de 3 mois est maintenue afin que la structure ossifiée ne se modifie pas. (55)

1.4 Déséquilibre musculaire

D'après **Planché**²⁰⁰⁰ « *Le diagnostic du comportement des tissus mous reste extrêmement précaire, et bon nombre de praticiens ne prennent pas en compte la rééducation fonctionnelle dans leur arsenal thérapeutique* ». La persistance d'un déséquilibre musculaire après le traitement peut entraîner la rechute durant les fonctions. Il est donc indispensable d'associer rééducation fonctionnelle et déplacements dentaires. Au niveau de la posture linguale, il faut prendre en compte son volume, forme qui est un élément morphogénique des procès alvéolaires. Si la langue ne remplit pas son rôle, les dents auront tendance à vouloir revenir à leur position initiale pour compenser la situation.

– **Timms**¹⁹⁸⁰ suite à la disjonction, observe par tomographie un déplacement des lèvres vers l'avant. (87)

– Pour **Wertz** (26), aucune adaptation des tissus mous n'est observée puisque la pression musculaire enregistrée en regard de la première molaire maxillaire reste identique en fin de disjonction et 3 mois après, indépendamment du type de disjoncteur utilisé. Il attribue une partie de la récurrence aux pressions exercées par les lèvres et joues sur l'arcade dentaire.

– **Cauhépé** a montré que les anomalies du tonus musculaire échappaient à notre action. (93)
Au niveau **musculaire**, elles concernent (48) :

- les lèvres par leur forme (hypo ou hypertonique) et leur position au repos (jointives ou non, recouvrement) ainsi que le degré de tension du sillon labio-mentonnier, sa souplesse et sa situation par rapport aux dents,

- les joues par leur force (tonique ou non),

- la langue par son volume, sa forme et sa position au repos (basse, interposition, appui dentaire),

- les muscles masticateurs qui agissent sur le maxillaire par l'intermédiaire de l'arcade dentaire inférieure lors de la mastication (marteau/enclume).

Les influences musculaires normales ou non, transmises à la base des maxillaires par la langue, les forces masticatrices, les mouvements de joues et des lèvres (lors de la respiration, mastication et déglutition) ont une action favorable ou défavorable sur la position du plateau palatin et de l'arcade maxillaire supérieure, des dimensions de cette dernière et donc de l'occlusion. La hauteur des procès alvéolaires dépend aussi de la force et du tonus musculaire. (93) (48)

La restauration d'une mastication équilibrée, unilatérale alternée et présentant des mouvements symétriques, est sûrement un facteur d'équilibre dynamique bien plus important que le maintien artificiel des dents dans une position « théorique » à l'aide de dispositifs mécaniques passifs.

1.5 Déséquilibre occlusal

Une occlusion statique et dynamique joue un rôle considérable dans la prévention des rechutes : elle joue le rôle d'une contention naturelle. L'occlusion est un facteur important influençant les mouvements masticatoires. Les enfants avec articulé croisé postérieur ont des cycles masticatoires irréguliers et complexes, avec des dysfonctions articulaires. Il est prouvé qu'après traitement, les cycles sont plus réguliers et symétriques, similaires aux patients « normaux ».

- **Van der Linden**, *in* (82), a souligné que l'occlusion transversale squelettique et dentaire peut jouer un rôle dans la prévention des récurrences après expansion maxillaire. Le maintien d'une occlusion instable conduit l'os et les dents à revenir dans leur position d'origine.

Le changement des formes d'arcades dentaires sans la modification du jeu des fonctions qui l'ont dessinées entraîne la récurrence. (81)

1.6 La relation dento-squelettique

Le torque « *naturel* » des dents doit être respecté. En effet, lors de l'expansion, en redressant les axes dentaires perpendiculairement à leur base osseuse on ne respecte plus les courbes fonctionnelles (courbe de Wilson) et donc avec le temps elles se reformeront. Pour **Château**, cité par **Philippe**²⁰⁰⁰ (55) : seule l'expansion de l'arcade par translation des dents est stable : les mouvements de version occasionneront des rechutes. Il faut respecter la coordination des arcades et des courbes entre le maxillaire et la mandibule. La tendance à la récurrence de l'arcade maxillaire affecte la stabilité de l'arcade inférieure et inversement.

1.7 Le vieillissement

Par ailleurs, le caractère immuable de la « stabilité » morphologique des arcades dentaires et de leur occlusion est une vision confortable intellectuellement, mais dont la Nature nous démontre chaque jour la fragilité dans le temps. On sait aujourd'hui qu'avec le temps, des modifications progressives, très lentes mais inexorables, provoquent, au niveau des arcades dentaires, des changements morphologiques qui sont sans doute le reflet d'un vieillissement et de phénomènes d'usure mais surtout la marque de processus adaptatifs de modelage des structures par le travail masticatoire individuel.

1.8 Réorganisation et adaptation des tissus

Dès le début du siècle dernier, **Angle**¹⁹⁰⁷ affirme qu'une fois les malpositions corrigées, les dents doivent être maintenues dans leur nouvelle position jusqu'à ce que tous les tissus participant au support et au maintien de la dent se soient modifiés et stabilisés définitivement.

Reitan¹⁹⁷³ (102) confirme qu'à la suite du déplacement orthodontique, des changements tissulaires se produisent au sein du parodonte, et qu'il vaut mieux attendre assez longtemps pour permettre la réorganisation des tissus mous et la consolidation du remodelage osseux avant de libérer la dent de toute pression mécanique.

Chez l'enfant ou l'adolescent : la réorganisation des fibres est plus rapide, et en plus si la dent est déplacée avant la formation de son 1/3 apical, les fibres nouvellement formées au cours de l'édification radiculaire stabiliseront la correction.

- Une étude prospective, concernant 31 sujets en phase de denture mixte ou permanente, traités par disjonction a analysé la densité optique via des radiographies occlusales réalisées à trois stades avant EMR (stade I), immédiatement après EMR (stade 2) puis après 3 mois de contention (stade 3).

La densité optique a été réduite aux stades II et III par rapport au stade I. La comparaison entre les stades a montré des changements statistiquement significatifs pour toutes les variables ($P < 0,05$), la densité optique moyenne la plus élevée au stade I et la plus faible au stade II. En fait, il y avait une augmentation de la densité optique entre les étapes II et III, mais elles sont réduites par rapport à la phase I. Les résultats suggèrent fortement que la formation osseuse ne s'est pas produite comme prévu, et qu'une période de rétention plus longue pour la réparation osseuse peut être nécessaire.

La tension des fibres desmodontales concerne les fibres supra-alvéolaires transeptales qui sont étirées par les déplacements dentaires : lorsque le dispositif est retiré, cette tension persistera pendant environ 1 an et aura tendance à ramener les dents dans leur position initiale. La récurrence peut être attribuée à la tension restituée par la muqueuse palatine préalablement étirée, il ne s'établit pas d'équilibre des pressions de part et d'autre des procès alvéolaires après disjonction (**Muguerza**).

1.9 Traumatisme de la suture

Le stress imposé par l'expansion mécanique de la suture se décompose rapidement en quelques minutes d'activation. Il est important de réaliser une traction constante de faible intensité sur la suture afin de ne pas aggraver les tissus mous et de faciliter leur remodelage. (84)

Les forces continues ont produit une séparation suturale globale significativement plus importante (1,3 mm) que les forces intermittentes (0,8 mm). Bien qu'elles aient été délivrées pendant une période de 86%, les forces intermittentes n'ont produit que 61% de la séparation suturale des forces continues. Entre les jours 7 et 17, les forces continues ont entraîné des appositions minérales et des taux de formation osseuse significativement plus élevés que les forces intermittentes. Les forces intermittentes ont produit environ 59% de l'apposition minérale et les forces continues ont contribué à 61% de la formation osseuse. En raison d'une plus grande séparation suturale et de la formation osseuse, les forces continues fournissent une approche plus efficace pour la séparation des sutures que les forces intermittentes. (103)

Plusieurs chercheurs ont rapporté des réponses suturales comparables après une expansion rapide dans d'autres expériences sur des animaux. Des preuves histologiques supplémentaires de traumatismes tissulaires liés à une expansion rapide, notamment des fractures mineures des interdigitations osseuses, ont été présentées pour le singe et pour les êtres humains. La gravité du traumatisme est liée à l'augmentation de la largeur suturale, qui en mm est liée à l'ampleur de la force exercée.

Ces études ont montré que même si une suture a la capacité de croître de façon plutôt autonome, la croissance osseuse suturale s'adapte aux demandes environnementales.

Il est entendu qu'une réponse traumatique initiale a lieu dans les sutures après l'application d'une force. Certains auteurs suggèrent que cette réponse soulage les contraintes internes et les contraintes induites par l'application de la force.

Après la réponse initiale, une période de croissance du tissu conjonctif sutural a lieu. La croissance au niveau de l'angle osseux permet d'établir la morphologie suturale originale.

Jusqu'à présent, on sait peu de choses sur les mécanismes par lesquels les forces sont transmises dans l'activité cellulaire. Cependant, nous savons que la réponse des tissus suturaux aux forces mécaniques est affectée par la durée et la direction de la force, la morphologie de la suture et l'âge du sujet.

On ignore encore si toutes les sutures réagissent de manière comparable à une force donnée. On ne sait pas non plus si une suture réagit différemment à différentes amplitudes de force. En d'autres termes, on ignore encore si (et dans l'affirmative, dans quelle mesure) une relation dose-réponse existe entre les forces appliquées et la réponse du tissu biologique qui en résulte dans une suture. In (30)

1.10 Zones de résistances anatomiques

Les zones de résistance à l'expansion maxillaire sont (15) :

- Les piliers de l'origine piriforme et la console maxillo-malaire
- La jonction ptérygo-maxillaire
- La suture inter-maxillaire synostosée

1.11 Persistance d'une ventilation buccale et autres dysfonctions

Elle peut être un facteur déterminant de récurrence transversale. Il est donc extrêmement important après avoir remodelé la forme du cadre squelettique, d'intervenir sur les fonctions car si l'expansion maxillaire favorise la ventilation nasale et la perméabilité nasale, cependant

« l'usage » réflexe de la ventilation nasale est du domaine de la rééducation et de la coopération du patient (à l'exception de végétations adénoïdes et amygdales palatines hypertrophiques où l'intervention d'un ORL est indispensable).

Au niveau **des dysfonctions**, nous répertorions : (104)

- la ventilation buccale, conséquence de la position basse de la langue, qui ne sollicite pas l'expansion palatine et entraîne une anomalie de forme ;
- la déglutition atypique qui provoque une perturbation dans l'équilibre des groupes musculaires antagonistes de part et d'autre des procès alvéolaires, entraînant une déviation de la direction de croissance ;
- la mastication pathologique, syndrome de mastication unilatérale lors d'une mastication préférentiellement, ou uniquement, d'un seul côté. Il existe 2 types : dysfonction unilatérale acquise d'origine fonctionnelle ou structurale (105) ;
- les habitudes nocives.

1.12 Quantité d'expansion par rapport à la réalité clinique

La forme de l'arcade de début de traitement est le reflet du fonctionnement de l'enveloppe faciale. Son analyse nous permet de dépister des troubles fonctionnels lorsqu'ils sont présents, et de les prendre ainsi en charge. La levée de ces verrous pour l'optimisation de la croissance, va nous permettre de définir une nouvelle forme d'arcade, cette fois-ci thérapeutique, compatible avec le nouvel environnement fonctionnel vers lequel on tendra. (96)

Le choix de la forme d'arcade thérapeutique doit s'harmoniser avec l'environnement neuro-musculaire. Lorsque la matrice fonctionnelle est maîtrisée, nous chercherons un positionnement de la denture dans sa zone d'équilibre et suivant les limites anatomiques qui nous sont imposées ; de même pour une enveloppe fonctionnelle partiellement maîtrisée nous limiterons notre expansion afin de préserver la denture dans son couloir neutre.

2. Les conséquences fonctionnelles et morphologiques de l'expansion

Les muscles masticateurs interviennent sur le développement vertical et antéro-postérieur de la face et sur l'équilibre vertical des arcades. Nous nous concentrerons sur les masséters et les temporaux (figure 16). La palpation permet, au niveau du masséter, de préciser sa situation plus ou moins antérieure sur le corps mandibulaire et son inclinaison en haut et en avant. Ces caractéristiques ont, en effet, un impact important sur son action morphogénétique.

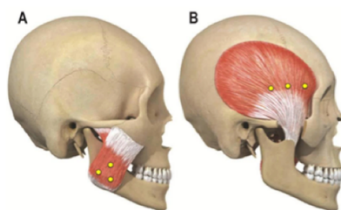


FIGURE 16. MUSCLES MASSETERS (A) ET TEMPORAUX (B) D'APRES EMC

2.1 La musculature

La musculature faciale est *directement et intimement liée au développement des malocclusions*. Son fonctionnement physiologique est fondamental afin d'obtenir un équilibre du système stomatognathique. L'EMG est une méthode simple pour détecter et enregistrer l'activité électrique des fibres musculaires durant la mastication et présente une bonne reproductibilité.

Les rapports actuels sur les caractéristiques EMG des muscles masticateurs chez les patients avec occlusion croisée sont encore controversés (106). Certaines études ont rapporté

que l'activité des muscles masticateurs était asymétrique, différente sur les côtés croisés et non croisés, aussi bien pendant les activités statiques que fonctionnelles.

A contrario, d'autres études ont trouvé des indices d'asymétrie non significatifs au repos, lors de la mastication et de la morsure maximale. Ceci peut s'expliquer par la différence dans les protocoles de mesures, la large variété de potentiels EMG. La grande variabilité biologique inter individuelle peut être surmontée en utilisant des potentiels EMG normalisés, éliminant ainsi la plupart des bruits biologiques et techniques et limitant sa variabilité intrinsèque.

La musculature s'adapte-t-elle à la nouvelle condition occlusale ou impose-t-elle la nouvelle condition occlusale ?

Dans la mastication habituelle, après avoir enlevé l'appareil disjonctif et corrigé l'occlusion croisée postérieure, une augmentation considérable a été observée dans l'activité EMG de tous les muscles analysés, bien que cela soit statistiquement significatif seulement pour les muscles temporaux. Il y a une augmentation considérable de l'activité EMG des muscles masticateurs après traitement de la malocclusion.

Des preuves expérimentales ont montré que la pression sur la surface buccale des dents augmente immédiatement après l'expansion (**Weinstein et al.**¹⁹⁶³, **McNulty et al.**¹⁹⁶⁸). Au cours du temps, ces pressions accrues diminuent progressivement vers des valeurs de pré-expansion indiquant une *réponse adaptative de la musculature labiale à la nouvelle position des dents*. (**Weinstein et al.**¹⁹⁶³, **McNulty et al.**¹⁹⁶⁸, **Soo et Moore**¹⁹⁹¹, **Moawad et al.**¹⁹⁹⁶, **Shellhart et al.**¹⁹⁹⁷, **Küçükkeleş et Ceylanoglu**²⁰⁰³).

– **Weinstein et al.**¹⁹⁶³ ont émis l'hypothèse que si la position d'une dent empiète sur l'espace des tissus mous, la musculature orale va générer une force pour ramener la dent dans une position d'équilibre. Une autre théorie suggérée était que les dents ont plusieurs positions de stabilité, chaque position stable ayant une énergie potentielle minimale. Il a affirmé que la position de l'équilibre stable de tout corps statique est déterminée par l'état de l'énergie potentielle du système (constitué du corps statique et de son environnement). Si plus d'un tel état d'énergie minimum existe, alors la dent sera stable dans l'un d'entre eux. Un exemple fréquemment observé de ce phénomène est celui où les molaires sont en articulé inversé, où il y a quatre positions buccolinguales stables possibles. (107)

– **Ferrario et al.**¹⁹⁹⁹ (108) ont suivi leurs patients pendant 12 mois à partir d'examen EMG effectués lors de contrôles dentaires périodiques. L'analyse de l'activité musculaire masticatoire chez les sujets ayant des relations occlusales altérées pourrait fournir des données utiles sur l'impact fonctionnel des anomalies morphologiques. *La relation occlusale altérée a influencé la coordination des muscles masticateurs lors de la mastication des deux côtés*. L'altération fonctionnelle était plus évidente lorsque le côté avec la morphologie altérée était directement impliqué, c'est-à-dire lorsque la mastication était effectuée sur le côté de la morsure croisée.

– **Kecik et al.**²⁰⁰⁷ (109) ont rapporté durant la déglutition une absence de différence statistiquement significative concernant les activités des muscles masticateurs entre les côtés croisés et non croisés dans le groupe de traitement, les côtés droit et gauche dans le groupe témoin et les groupes de traitement.

Cependant, au repos, les muscles temporaux antérieurs et les masséters ont montré des activités significativement plus élevées du côté de l'occlusion croisée au repos avant le traitement. Après l'expansion maxillaire, la différence entre les deux côtés a été éliminée et les activités musculaires ont été équilibrées sans différence significative entre les deux groupes.

Au cours de l'expansion de l'arcade, les dents sont déplacées contre les tissus mous péri-oraux affectant ainsi l'équilibre entre les forces labiales et linguales qui agissent sur la denture. (110)

– **D. Halazonetis et al.**¹⁹⁹⁴ (111) ont conclu qu'après expansion, aucune adaptation des tissus mous ne s'est produite entraînant le maintien d'une pression jugale élevée responsable d'une récurrence du sens transversal à trois mois après contention. Leur étude avait pour but de mesurer la pression jugale au niveau de la première molaire supérieure chez des patients avant et après disjonction puis trois mois après contention. La pression buccale est passée de 3g/cm² avant expansion à 9g/cm² après, soit une augmentation de 0,6g/cm² pour chaque millimètre d'expansion. Cependant, après l'expansion, il n'est observé aucune adaptation des tissus mous avec un maintien de cette pression élevée jugale qui entraîne une récurrence du traitement après le 3^{ème} mois de stabilisation. L'hypothèse de départ affirmant un retour à la valeur initiale de la pression post-expansion n'a pas été prouvée.

– **De Rossi et al.**²⁰⁰⁹ indique qu'il y a un fort changement dans l'activité musculaire après retrait de l'appareillage. Ceci est principalement attribué à l'instabilité occlusale et au manque d'adaptation musculaire à la nouvelle condition du système stomatognathique. (112)

À l'inverse, d'autres études prônent qu'après expansion maxillaire, il existe une réponse adaptative de la musculature labiale à la nouvelle position des dents.

– Dans l'étude de **Küçükkeles et al.**²⁰⁰³ (113), après relevé des pressions observées à la langue, aux lèvres et aux joues avant, après expansion et durant la période de contention (à 1, 2 et 3 mois), l'équilibre physiologique est retrouvé. Les résultats ont montré que la pression sur la surface buccale des dents augmente immédiatement après l'expansion, la pression jugale augmente au cours de l'expansion et la pression linguale diminuée durant l'expansion, augmente après expansion. D'une part, la pression jugale diminue et la pression linguale augmente. Ces valeurs montrent que la lèvre et les joues s'adaptent plus facilement à la nouvelle position des arcades dentaires au bout de trois mois par rapport à la langue. Au cours du temps, ces pressions accrues diminuent progressivement vers des valeurs de pré-expansion au bout de 3 mois de contention indiquant une *réponse adaptative de la musculature labiale à la nouvelle position des dents : l'équilibre physiologique est retrouvé*. Les muscles des joues, langue et lèvres ont tendance à retrouver leurs valeurs initiales à la fin du 3^{ème} mois de contention et parce que les précédentes études ont montré que les forces produites par la disjonction disparaissent au bout de la 6^{ème} semaine et que la suture se reminéralise au 3^{ème} mois après disjonction, les causes à long terme de récurrence nécessitent d'être approfondies.

– **Arat et al.**²⁰⁰⁸ (114) évaluent la réponse du condyle au RME en utilisant une IRM des 2 ATM. Ils obtiennent une réponse condylienne : il y a une augmentation d'intensité des signaux montrant un signe de remodelage du condyle. Ils concluent que l'orthopédie et les forces occlusales associées à RME jouent un rôle dans la réponse ramale et condylienne. Ils ont constaté que le EMR a considérablement diminué les activités EMG des temporaux antérieurs et masséters lors de la mastication unilatérale. Cependant, 1,5 mois après la fin de l'expansion, les activités EMG des deux muscles ont augmenté et ont atteint des valeurs de prétraitement. *La coordination musculaire était dans des valeurs normales 3 mois après RME*, sans différence statistiquement significative dans la répartition symétrique de l'activité électrique du masséter droit et gauche et des muscles temporaux.

– **De Rossi et al.**²⁰⁰⁹ (115) ont comparé l'activité électromyographique du masséter et du temporal après disjonction maxillaire en deux temps séparés par cinq mois d'intervalle, à T1 (avant traitement) et à T2 (1 semaine après retrait de l'appareil) et selon trois positions : repos (10 s), occlusion serrée maximale avec ou sans coton (4 s) et mastication normale (10 s). L'analyse a montré que l'activité des muscles a augmenté significativement, après la dépose de l'appareil, au cours des trois positions. Ceci peut s'expliquer par le fait que l'occlusion a été équilibrée et que la musculature cherche à s'adapter à la nouvelle condition occlusale. (100)

– **Andrade et al.**²⁰⁰⁹ (116) ont constaté que pendant le serrage des dents, le muscle masséter était significativement plus actif sur le côté de la morsure croisée que sur le côté normal, alors qu'aucune différence n'était observée au repos et au niveau du temporal antérieur.

Les enfants présentant un articulé croisé mais avec une bonne coordination neuromusculaire avant le traitement peuvent avoir une bonne adaptabilité neuromusculaire après EMR. En effet, le système neuromusculaire peut être stable même avec une occlusion croisée : la qualité des contacts est plus importante que la quantité. (9)

– **Hannah et al.**²⁰¹⁴ ont étudié l'effet du développement incrémental de la lèvre inférieure sur la pression intra-buccale et son activité électromyographique. Cette étude a démontré que la réponse de la lèvre inférieure à l'avancement est très spécifique à l'individu, tant au repos que pendant la fonction. Ceci suggère que l'adaptation des tissus mous à la position des dents peut être spécifique à l'individu et qu'une récidive orthodontique peut indiquer une incapacité des tissus mous environnants à s'adapter à la nouvelle position de la dent. Ceci est en accord avec les travaux antérieurs de McNulty et al. (1968) et Soo et Moore (1991). Il a également été démontré que l'augmentation de la pression orale enregistrée avec les premiers 2 mm d'avancement de la lèvre était due aux propriétés viscoélastiques inhérentes de la lèvre. Comme la lèvre inférieure était encore plus avancée, l'activité musculaire EMG a augmenté, ce qui a entraîné une augmentation supplémentaire de la pression orale. (110)

– L'étude de **Maspero**²⁰¹⁵ (17) avait pour objectif d'analyser la réponse musculaire à partir d'examen électromyographiques et gnathographiques de 55 enfants, âgés de 6 à 10 ans, avec une occlusion croisée postérieure, avant et après EMR. L'activité des muscles temporal antérieur et masséter superficiel a été enregistrée avant (T0) et après RME (T1) et 6 mois après lors d'un contrôle (T2). L'analyse électromyographique a montré que l'activité des muscles masticateurs augmentait significativement après retrait de l'appareil d'expansion pendant le repos, l'occlusion serrée et la mastication habituelle. Aussi, l'ouverture buccale maximale était plus élevée après la thérapie. Il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre le côté droit et le côté gauche. Cependant, les valeurs moyennes des activités du côté droit étaient plus élevées que du côté gauche. Les enfants ayant une occlusion croisée postérieure unilatérale peuvent avoir une force de morsure réduite de la fonction musculaire pendant la mastication ou en occlusion serrée. De plus, il existe une association significative entre l'articulé croisé postérieur et l'équilibre du système masticatoire. Cette étude a montré que *la thérapie orthodontique améliore la capacité fonctionnelle des muscles masticateurs lors de la mastication. L'expansion palatine n'agit pas directement sur les muscles masticateurs, mais elle produit des modifications importantes du tonus musculaire.* (3)

Quand la dent est déplacée de façon à obtenir une occlusion optimale, il y a une normalisation musculaire. A l'inverse, d'autres études affirment que malgré l'expansion lente, le mouvement des mâchoires inhérent à l'occlusion croisée ne change pas (114).

D'autres auteurs (20) montrent que la EMR affecte l'activité EMG du muscle temporal antérieur et du masséter superficiel pendant la déglutition et la mastication unilatérale. **Ces événements suggèrent que les altérations dans les activités EMG de ces muscles doivent être prises en considération à la fois dans le traitement et la stabilité des déficiences transversales maxillaires.**

– D'après la revue systématique récente de **Tsanidis et al.**²⁰¹⁶ (117), quatre articles traitent de ce sujet **De Rossi** (115), **Kecik** (109), **Maffei** (118), **Martin** (119). Le traitement utilisé est une expansion maxillaire suivie d'une phase de contention après traitement. Seules deux études incluent un groupe contrôle.

- En *position de repos*, l'activité asymétrique des muscles se normalise dans 3 des 4 études (115) (109) (119) alors que dans une étude, la normalisation ne se fait qu'au niveau du masséter.

- Durant la *mastication*, 2 études (106)(113) trouvent une suppression de l'asymétrie fonctionnelle des muscles après traitement cependant une étude ne trouve un établissement symétrique qu'au bout de 12 mois de traitement (113) . La dernière étude ne trouve aucune différence significative dans le changement de l'asymétrie fonctionnelle directement après traitement.

- Durant la *morsure*, les 4 études présentent des résultats similaires. En effet, il existe une normalisation de l'activité des muscles. (120)

- Pendant la *déglutition*, une étude (121) ne trouve aucune différence d'activité entre les 2 côtés avant et après traitement A l'inverse, l'autre étude (113) suggère que l'activité asymétrique des muscles masséter et temporal se régularise après traitement.

Concernant *l'épaisseur des muscles masticateurs*, une seule étude réalisée à l'aide d'un ultrasonographe (106) ne permet pas de conclure sur un résultat significatif car elle ne présente pas les résultats concernant l'épaisseur des muscles du côté croisé et non croisé.

– **Di Palma et al.**²⁰¹⁷ (122) ont étudié sur 21 patients ayant une OCPU leur ENM. Chaque sujet est son propre témoin. Deux surfaces ont été enregistrées à T0 avant disjonction et à T1 un mois après la fin de l'expansion. Pour vérifier l'équilibre neuro-musculaire, les activités électromyographiques des côtés droit et gauche du masséter et des muscles temporaux antérieurs ont été testées pendant la morsure maximale. Chez les enfants sans altération musculaire, aucune variation de leur activité n'est retrouvée après disjonction. De ce fait, on peut conclure que *le traitement ne déséquilibre pas les muscles masticateurs*.

Le **tonus musculaire** est défini comme la résistance des tissus musculaires à l'étirement passif pendant l'état de repos (**Simons et Mense**¹⁹⁹⁸). De façon similaire à d'autres muscles squelettiques, la réponse de pression de la musculature vestibulaire à l'étirement, telle que celle qui se produit pendant l'expansion de l'arcade, est le résultat à la fois de l'activité musculaire posturale et des propriétés viscoélastiques des tissus mous péri-oraux (**Ho et al.**¹⁹⁸², **Yabushita et al.**²⁰⁰⁶). Bien que l'activité posturale des muscles squelettiques s'adapte généralement rapidement à une nouvelle longueur de repos (**Yemm et Nordstrom**¹⁹⁷⁴), ce n'est peut-être pas le cas du ton viscoélastique, qui représente une propriété musculaire inhérente à chaque individu. A notre connaissance, aucune étude n'a étudié simultanément la pression intra-orale et l'activité électromyographique (EMG) de la musculature labiale suite à l'expansion. Une meilleure compréhension de leur relation peut fournir de nouveaux aperçus dans notre compréhension actuelle des mécanismes responsables de la rechute orthodontique. (107)

2.2 Les cycles masticatoires

Selon **Chateau**, la mastication unilatérale équilibrée et alternée est caractérisée au niveau musculaire par une activité plus importante des muscles masséters, alors que la mastication de type unilatérale préférentielle utilise plutôt les muscles temporaux. Nous parlons alors de mastication massétérine ou temporale. (figure 17)

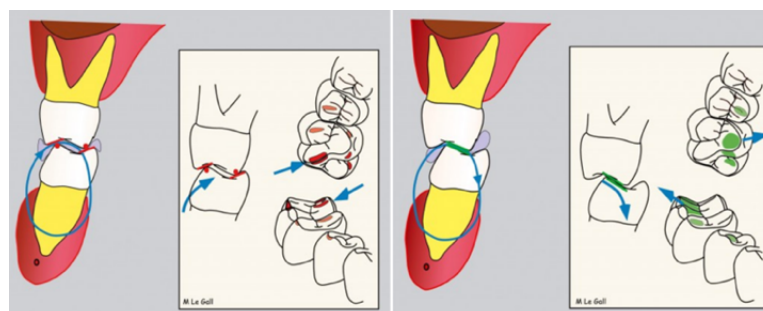


FIGURE 17. CYCLES MASTICATOIRES – ENTREE (GAUCHE) VERSUS SORTIE (DROITE)

Selon **Molina, Planas, Simones et Mc-Neill**, la mastication est directement liée au maintien des arcades dentaires, à la stabilité occlusale et au stimulus fonctionnel du parodonte, des muscles et de l'articulation temporo-mandibulaire. L'occlusion est un facteur important qui peut influencer le mouvement masticatoire.

Il est admis que les enfants présentant un articulé croisé postérieur unilatéral possèdent de nombreux cycles masticatoires inversés. Malgré la correction transversale, ces cycles persistent. D'où la nécessité de rétablir une mastication fonctionnelle.

- La **mastication massétérine** a une action bénéfique sur le développement des arcades. Elle permet le broiement des aliments, une stimulation fonctionnelle importante, un déplacement antérieur de la mandibule, une abrasion des dents temporaires, une bonne position de la première molaire permanente. Une altération de la fonction masticatrice influe sur la densité osseuse, sur la croissance mandibulaire mais aussi sur la croissance maxillaire à travers les forces transmises par la mandibule.

- La **mastication temporale** aurait plutôt des conséquences négatives, telles que : une mastication insuffisante des aliments, une faible stimulation fonctionnelle et par conséquent un développement osseux mandibulaire plus compromis, une faible abrasion des dents temporaires, des anomalies d'éruption des premières molaires permanentes.

- **Throckmorton et al.**²⁰⁰¹ (121), ont au contraire déclaré qu'après le traitement par expansion palatine rapide de ce type de malocclusion, *il y avait une amélioration de la durée du cycle qui devenait similaire à celle des sujets contrôles mais que les cycles inversés persistaient*. Ceci étant justifié par le fait que la malocclusion apparaissait au moment de l'éruption des dents temporaires et influençait l'établissement du modèle de mastication au niveau du « générateur central », développant ainsi un cycle masticatoire présentant des séquences inversées qui résisteraient au traitement. Ils ont conclu que les modifications dans les contacts occlusaux ne pouvaient pas modifier les mécanismes de contrôle central qui régissent les activités de mastication (123).

- **Piancino et al.**²⁰⁰⁶ ont montré que *le pourcentage de séquences inversées du cycle masticatoire observé du côté affecté dans les cas d'un inversé d'occlusion unilatéral était diminué après traitement orthodontique*. En outre, l'activité musculaire du masséter entre les côtés était similaire pour les patients après le traitement à celle des sujets témoins, indiquant ainsi que l'intervention avait induit une symétrisation et une modification favorable du contrôle neuromusculaire de la mastication. Ils ont suggéré que ce n'était pas seulement la relation dentaire anatomique mais aussi la fonction qui avaient été restaurées. De plus, ils ont supposé que les récepteurs périphériques et les propriocepteurs joueraient un rôle important dans la réorganisation d'un nouveau modèle de mastication au niveau du cortex moteur. (124)

- Selon **Tsanidis et al.**²⁰¹⁶, concernant l'évaluation des cycles masticateurs avant et après traitement ont analysé sept études dont six ont traité les sujets par expansion et une seule par rectification occlusale et quatre d'entre elles ont été comparées à un groupe contrôle. (117)

Avant traitement, il y a une haute prévalence des cycles inversés du côté des articulé croisés par rapport au groupe contrôle (125)(126)(121)(119) ou en comparant les côtés croisés ou non (127)(128)(124).

Après traitement, il y a une normalisation des cycles dans 4 études (122)(127)(128)(124) alors que dans les 3 autres études (125)(126)(114), le traitement tend à diminuer la tendance mais ne la normalise pas en comparaison avec le groupe témoin ou le côté non affecté. La seule conclusion qu'on en retire c'est que *la prévalence de cycles inversés est plus importante dans le groupe affecté*.

2.3 La force de morsure

La force de morsure a une influence sur l'efficacité musculaire et le développement de la fonction masticatrice. (129) Cette méthode d'évaluation n'est qu'un reflet de l'activité musculaire mais ne permet pas d'évaluer la performance masticatoire dans son ensemble. La taille des muscles masticateurs, l'occlusion dentaire, la morphologie faciale et les douleurs fonctionnelles sont les principaux facteurs qui influencent la puissance de la force de morsure. (130) La force de morsure augmente avec le nombre de dents en contact, avec l'augmentation du nombre de dents en éruption et avec les stades d'éruption dentaire. (122) (123)

Cette étude a également évalué la force de morsure, qui est positivement corrélée avec la section transversale (**Van Spronsen et al.**¹⁹⁹², **Hatch et al.**²⁰⁰⁰, **Ueki et al.**²⁰⁰⁶) pour confirmer objectivement la relation entre la morphologie musculaire et crânio-faciale.

– **Sonnesen et al.**²⁰⁰¹ ont trouvé une force de morsure significativement plus petite chez les enfants ayant une occlusion croisée unilatérale dans la dentition mixte qui ne diminuait pas avec l'âge et le développement. Leurs résultats ont également montré qu'il n'y avait pas de différence entre les côtés croisés et les côtés non croisés, ce qui indique que l'ampleur de la force de morsure entre les côtés n'est pas indépendante. (130)

– A l'inverse, **Rentes et al.**²⁰⁰² et **Yawaka et al.**²⁰⁰³ in (131) n'ont également trouvé aucune différence significative dans la force de morsure entre les enfants d'âge préscolaire avec et sans malocclusion.

– La force de morsure maximale a été liée à l'efficacité musculaire et au développement du complexe masticatoire. Par conséquent, une diminution de son ampleur peut se refléter dans les altérations de la croissance et du développement et dans une performance masticatoire réduite (**Braun et al.**¹⁹⁹⁵ ; **García-Morales et al.**²⁰⁰³).

– D'après **Andrade et al.**²⁰⁰⁹, l'altération de la fonction musculaire associée à un articulé croisé postérieur pourrait diminuer l'intensité de la force de morsure qui est plus faible. De plus, les enfants présentant une occlusion croisée avaient une moins bonne coordination musculaire que les enfants du groupe contrôle pendant la mastication ainsi qu'une fonction musculaire asymétrique pendant la mastication et la morsure. Le temporal antérieur était plus actif et le masséter moins actif du côté de l'inversé par rapport au côté non affecté. (116)

– D'après **Kecik et al.**²⁰⁰⁷, des différences significatives ont été trouvées entre les deux groupes au cours de la morsure. Du côté de l'occlusion croisée, le muscle temporal antérieur a montré une valeur EMG significativement plus élevée que le côté non croisé avant traitement. Les côtés droit et gauche du groupe de contrôle n'ont pas montré de différence significative au cours du crissement. Les différences entre les groupes de traitement et de contrôle étaient significatives. Au contraire, l'activité des muscles masséters était significativement plus élevée du côté non croisé avant traitement, et la différence entre les groupes traité et témoin était significative. Après expansion maxillaire, il n'y avait pas de différences significatives entre les groupes de traitement et de contrôle dans l'activité musculaire de masséter. (101)

– **Sonnesen and Bake**²⁰⁰⁷ in (116), montrent qu'immédiatement après traitement, une diminution de la force de morsure du côté de l'articulé croisé par rapport au côté controlatéral.

– L'étude de **Castelo et al.**²⁰⁰⁷ évalue les aspects fonctionnels et morphologiques d'un articulé croisé postérieur unilatéral, par le biais de l'épaisseur des muscles masticateurs, de la force de morsure maximale et des contacts occlusaux chez des enfants en denture temporaire ou mixte. 49 enfants âgés de 3,5 ans à 7 ans ont été inclus et divisés en 4 groupes : occlusion normale vs occlusion croisée, denture temporaire vs denture mixte. L'épaisseur musculaire a été évaluée et mesurée par imagerie ultrasonique en position de repos et durant l'OIM forcée des deux côtés.

Le muscle temporal antérieur est plus fin au repos du côté croisé. L'épaisseur du muscle masséter montre une corrélation positive avec la force de morsure contrairement au muscle temporal antérieur. La force de morsure a été relevée grâce à un transducteur de pression. La force de morsure maximale était significativement plus faible dans le groupe présentant une occlusion croisée, mais cette différence n'a pas été observée au sein des 2 groupes d'enfants en denture temporaire quelle que soit leur occlusion. Les contacts occlusaux ont été enregistrés par papier d'occlusion. Une différence statistique dans la force de morsure et le nombre de contacts occlusaux a été observée entre les 2 groupes d'enfants en denture mixte avec des valeurs plus élevées chez les enfants avec une occlusion normale. Il y a aucune corrélation entre les muscles masticateurs, la force de morsure et les contacts occlusaux. Il a été conclu que les variations fonctionnelles et anatomiques diffèrent en début de denture mixte en présence de malocclusion. (106)

– Le but de l'étude d'**Uzuner et al.**²⁰¹⁶ est d'évaluer les effets de la EMR sur la distribution des forces occlusales en comparant les résultats avant, après traitement et après contention de 3 mois chez 12 patients en denture définitive, âgés d'environ 13 ans, et présentant un articulé croisé postérieur bilatéral. L'hypothèse de cette étude préliminaire suggère que la correction de l'occlusion croisée par EMR affecte les forces occlusales tout en modifiant les structures dento-alvéolaires. L'évaluation par T-Scan contrôle la position, la dimension des arcades dentaires et la force de morsure maximale après avoir déterminé les dimensions d'arcades et la calibration sensible intra-orale. Les incisives sont fréquemment les moins en contact, suivies par les canines. Les forces les plus importantes sont retrouvées sur les premières et deuxièmes molaires. Ils ont observé une diminution significative des forces durant le traitement (T1-T2) puis un retour aux valeurs initiales avant le traitement (T1-T3). Aucune différence n'a été constatée entre le côté droit et gauche et dans les forces occlusales des dents durant toute la période. L'augmentation non significative des forces occlusales à T3 peut être reliée au système masticateur : En effet, *les muscles s'adaptent à leur nouvelle position durant la période de contention.* (132)

– D'après la revue systématique récente de **Tsanidis et al.**²⁰¹⁶ (117), seule l'étude de **Sonnesen** montre que la force de morsure au niveau des premières molaires était plus faible du côté de l'articulé croisé par rapport à l'autre côté avant traitement, mais ce n'est pas significatif. Après le traitement, la force de morsure est restée inférieure (statistiquement significative) du côté de la morsure croisée, mais après quatre mois de contention, il n'y avait pas de différence de force de morsure entre les groupes avec ou sans articulé croisé postérieur. De plus, il y avait une augmentation significative de la force de morsure du côté de l'articulé croisé de la fin du traitement à quatre mois après la contention, alors que ce n'était pas le cas chez les patients témoins. Néanmoins, le niveau de force de morsure avant traitement, après expansion et après rétention était significativement plus faible chez les enfants traités que chez les enfants non traités avec occlusion normale.

2.4 La dimension et forme d'arcade maxillaire

L'élaboration du système *pentamorphique*, extrait d'études concernant les arcades normales non traitées et la stabilité à long terme des traitements, permet de déterminer la forme la plus proche de celle du patient : on obtient la forme d'arcade diagnostique. Une arcade peut être reformée soit en prenant l'arcade diagnostique prédéfinie ou une forme d'arcade thérapeutique choisie en fonction des objectifs de traitement. (5) En technique de Tweed, la forme d'arcade doit s'harmoniser avec la forme générale de son support squelettique dans le respect de l'environnement musculaire pour aboutir à une occlusion fonctionnelle et stable.

Plusieurs auteurs pensent que l'utilisation de formes d'arcades géométriques standardisées n'est pas appropriée à chaque situation clinique. En effet, les études portant sur l'adaptation de formes

géométriques s'appuient sur des sujets dont l'occlusion est normale (**Raberin**¹⁹⁹³).

– **Riedel**¹⁹⁶⁹ pensait que changer les largeurs inter-molaires et inter-canines durant le traitement augmentait les probabilités de récurrence. Aujourd'hui, cette idée prédomine encore ainsi plus les changements de forme d'arcade durant le traitement sont importants, plus le risque de récurrence est élevé. Ceci est particulièrement vrai pour la distance inter-canine.

– Selon **Cauhépe**¹⁹⁴⁸ et **Douai-Bisser**¹⁹⁸⁰, le choix de la forme d'arcade repose sur l'optimisation de la stabilité à venir. De ce fait, le but premier est de respecter la morphologie de la base osseuse. Ainsi, une asymétrie osseuse squelettique légère pourrait même être reproduite et conservée durant le traitement. Il est conseillé de conserver les dimensions inter-canines et inter-molaires et de chercher à obtenir un angle inter-incisif idéal selon **Château**¹⁹⁷⁵. Il faut également tenir compte d'éventuelles versions dento-alvéolaires très marquées, éloignant les dents de leur base osseuse. C'est pourquoi il est préférable de se fier à la Wala Line décrite par **Andrews**¹⁹⁸⁹ située au niveau des centres de résistance des dents. Elle représente la forme et la dimension idéale de l'arcade du patient selon **Andrews**²⁰⁰⁰.

– **De La Cruz**¹⁹⁹⁵ et **Amm**²⁰⁰³ suggèrent que la forme d'arcade en début de traitement paraît être le meilleur guide pour la future forme d'arcade. Ainsi, lorsque la forme d'arcade initiale est modifiée, on observe après le retrait des appareils, dans environ 70% des cas, une forte tendance à un retour à la forme originale. (5)

– **Bocquet-Moreau**²⁰⁰⁵ note que les arcs orthodontiques qui sont utilisés doivent respecter la morphologie des arcades, afin de placer les dents dans le couloir d'équilibre neuromusculaire. Cependant, la forme d'arcade est quelquefois altérée par des versions alvéolaires. La réalisation de la charte peut alors être perturbée si elle est construite à partir de données alvéolodentaires. Selon lui, le choix de la ligne mucogingivale comme guide pour la forme d'arcade semble répondre aux impératifs thérapeutiques *in* (5).

– Selon **Proffit**²⁰⁰⁷, la distance intermolaire peut varier jusqu'à une limite de 3 mm, L'inclinaison axiale des dents contribue à l'établissement de la forme d'arcade et de ses dimensions transversales. Il s'agit d'une adaptation alvéolaire aux dimensions transversales des bases squelettiques en harmonie avec l'environnement musculaire et la biomécanique de l'appareil masticateur. (36)

– Selon **Ronay**²⁰⁰⁸, la forme d'arcade doit être individualisée et la plus physiologique possible. Il faut privilégier une approche morpho-fonctionnelle en respectant les limites de la corticale osseuse. Selon ce principe, il serait même envisageable d'obtenir une forme d'arcade non symétrique, mais fidèle à la morphologie de la base osseuse. C'est pourquoi, la Wala Line est très utile pour représenter la base apicale et permet de déterminer une forme d'arcade individualisée à chaque patient.

La normalisation occlusale et l'effet orthopédique du traitement précoce permettent l'établissement d'un meilleur équilibre structural en orientant la croissance mais aussi en favorisant la gestion de la DDA par harmonisation précoce de la forme d'arcade. Si la forme d'arcade donnée par le traitement diffère de celle résultant des pressions musculaires, les risques de récurrence sont importants. Pour de nombreux auteurs, une expansion importante, un changement de forme de l'arcade et une augmentation de la distance intercanine à la mandibule sont considérés comme des facteurs de récurrence majeure. (133)

2.4.1 Arcade maxillaire

La disjonction maxillaire rapide affecte la forme et la taille des arcades dentaires ainsi que le périmètre d'arcade. La forme et la concordance des arcades dentaires reflètent le comportement fonctionnel des sangles musculaires environnantes. Il n'existe pas une seule et unique forme d'arcade (figure 18). Celle choisie comme objectif doit être en adéquation avec l'anatomie et la physiologie du patient. Une coordination dans la forme et dans les dimensions des arcades est également nécessaire à l'obtention de rapports inter-arcades harmonieux.

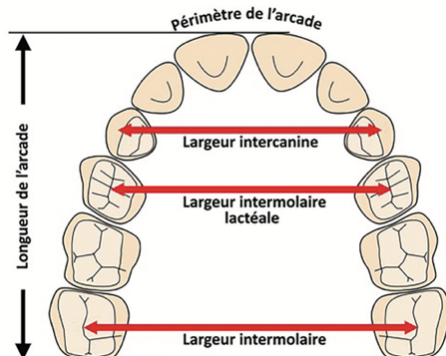


FIGURE 18. MESURES SELON IZARD

En technique de **Tweed**, l'arc est façonné grâce à une charte individualisée respectant cette forme d'arcade, et en technique bioprogressive via le système pentamorphique de **Ricketts**. (5)

Pour suivre la stabilité d'une expansion maxillaire, la majorité des études ont eu recours à une contention et/ou un traitement multiattache après la phase active. Peu d'études évoquent une bonne stabilité sans contention et utilisation d'un appareillage fixe.

- **Bell et LeCompte**¹⁹⁸¹ observent que l'expansion maxillaire modifie plus la distance intermolaire que celle intercanine chez les patients de 4 à 9 ans (35). Des données similaires ont été obtenues par **Vargo**²⁰⁰⁷ chez des enfants de 8,8 ans en moyenne.(69)
- **Herold**¹⁹⁸⁸ a constaté une augmentation de la dimension intercanine et intermolaire quelque soit le type d'expansion. Une rechute a été observée dans les trois cas. Elle conclue qu'aucune des trois méthodes d'expansion est meilleure qu'une autre. (134)
- **Boysen et al.**¹⁹⁹² concluent que 87% de la dimension intercanine et 73% de la dimension intermolaire sont maintenues, 3 mois après l'expansion active. (135)
- **Akkaya et al.**¹⁹⁹⁸ (107) constatent que l'augmentation du périmètre d'arcade serait en moyenne de 6,85 mm. Cette augmentation apparaît prédictible en mesurant l'augmentation de la distance inter- prémolaire suite à la disjonction (x 0,7 fois). Cette prédiction avait également été démontrée par **Adkins**¹⁹⁹⁰. (136)
- Dans leur méta-analyse, **Lagravère et al.**²⁰⁰⁶ constatent une augmentation *moyenne* significative de la distance intermolaire maxillaire coronaire de 6,74 mm et radiculaire de 4,44 mm. La distance inter-canine est également augmenté de 5,35 mm. Cependant l'angle intermolaire augmente de manière non significative de 3,10° en moyenne. (75)
- **Garib et al.**²⁰⁰⁷ n'ont montré qu'aucun changement significatif n'est constaté après RME à long terme. (68)
- L'étude clinique rétrospective de **Wong et al.**²⁰¹¹ démontre une bonne stabilité sans contention des dimensions d'arcade, chez des patients en denture mixte avec un articulé croisé postérieur, 4 ans après traitement et au passage en denture définitive : 98% de l'expansion intercanine et 84% de l'expansion intermolaire. Cependant, ces valeurs peuvent être dues aux effets de croissance attendus. (19)

2.4.2. Arcade mandibulaire

Si l'expansion maxillaire peut s'avérer être stable dans le temps, la stabilité de l'expansion mandibulaire est beaucoup plus incertaine.

– En effet, selon **Strang** cité par **Boley**, les largeurs canine et inter-molaire mandibulaires ne doivent pas être modifiées afin d'assurer un maximum de stabilité. Le maintien d'une distance inter- canine mandibulaire « normale », c'est-à-dire de 24 à 26 mm, et le respect de la forme initiale de l'arcade mandibulaire, sont deux clés de la stabilité post-thérapeutique pour **Zachrisson**. Selon lui, la modification de la forme d'arcade mandibulaire, sans extraction, est peu stable. (48)(55)

– **Ugolini et al.**²⁰¹⁶ ont étudié les effets de la disjonction maxillaire rapide sur la mandibule. Elle est réalisée sur 33 patients en période de croissance d'une moyenne d'âge de 8,5 ans comparés à un groupe contrôle. Ils rapportent une augmentation significative de la distance intermolaire dans le groupe traité comparé au groupe non traité (+1,9mm), et une augmentation de l'angulation molaire (+9°). La distance intercanine ainsi que l'angulation canine sont également augmentée dans le groupe traité (+ 1mm et +5,1°) alors qu'elles diminuent dans le groupe contrôle. (137)

IV. Données anthropologiques sur la stabilité de la dimension transversale

1. Mastication physiologique versus mastication pathologique

La mastication physiologique est une mastication unilatérale alternée. Pour s'exercer efficacement, elle nécessite 2 conditions : une occlusion équilibrée décrite par **Gisy**, ses déterminants ayant été définis par **Hanau**, et une consistance dure des aliments mastiqués. Si l'occlusion n'est pas équilibrée, elle est inefficace et si l'aliment est mou, elle est inutile car aucune énergie importante n'est à déployer. La mastication est la fonction principale des dents. **Planas** a démontré que les stimuli masticatoires donnaient de l'énergie à la croissance et au développement des arcades alvéolo dentaires. (138)

1.1 Moyens d'évaluation de la performance masticatoire

L'**efficacité masticatoire** est définie comme la capacité à réduire l'aliment en particules durant la mastication. L'entraînement à la mastication a eu de nombreux effets sur les conditions du système stomatognathique telles que la morphologie musculaire, la position posturale de la mandibule et la force de morsure. (139) (140)(141)(142)

Différents moyens d'évaluation de la fonction masticatoire existent :

- de façon **subjective** via des *questionnaires* concernant les préférences alimentaires et le confort masticatoire.
- de façon **objective** via des *tests cliniques* : électromyographie, cinématique mandibulaire, granulométrie du bol alimentaire, mesure colorimétrique de libération de colorant après mastication, pourcentage de sucre broyé d'un chewing-gum, contacts occlusaux et force de morsure.

Le tamisage de nourriture mâchée naturellement ou produite artificiellement, et la détermination subséquente de la taille moyenne des particules sont toujours considérée comme le gold-standard pour la quantification de l'efficacité de mastication. Enfin, une méthode développée par des japonais basée le changement de couleur d'un chewing-gum à deux couleurs permet une mesure simple de la performance masticatoire. (108)

1.2 Performance masticatoire et caractéristiques des cycles masticateurs

Les paramètres de croissance dépendent de plusieurs facteurs :

- **Type constitutionnel morphologique et musculaire de Schwartz-Sassouni (11)**

- Hypodivergent, type musculaire « massétérin » ou « deep bite squelettique »

- Hyperdivergent, type musculaire « temporal » ou « open bite squelettique »

Schwartz a démontré que le type de croissance mandibulaire est déterminé par le contexte musculaire individuel. Les sujets ayant une forte musculature masticatrice ont une tendance à la rotation antérieure, alors que les sujets ayant une plus faible musculature masticatrice ont une tendance à la rotation postérieure. Il est démontré que les patients qui avaient un meilleur engrenement postérieur, avaient une fonction masticatoire plus performante et développaient de plus grandes forces. L'occlusion postérieure est apparue comme liée à la stabilité.

- **Nature et Texture des aliments (Peyron et Woda²⁰⁰¹) (143)**

Les caractéristiques rhéologiques, la texture et la dureté des aliments vont conditionner la plupart des paramètres caractérisant des cycles masticateurs. Un frein à la croissance peut intervenir à tous les niveaux : à la naissance par recours au biberon, puis l'abandon de la fonction préhension-morsure en raison de notre mode de vie sédentarisée et de notre type d'alimentation attendrie et préparée.

- **Sollicitations musculaires développées au cours des cycles masticateurs (11)**

- Selon **Limme²⁰⁰²**, différentes fonctions activent les sites de croissance tels que la suture médio-palatine et le périoste, participant ainsi au développement physiologique de l'appareil masticatoire. Les fonctions alimentaires ont un rôle important dans la croissance transversale des mâchoires et des arcades : l'allaitement maternel stimule les matrices fonctionnelles de croissance, la mastication précoce stimule la croissance des arcades dentaires et la mastication dure entraîne des cycles masticatoires importants avec des mouvements latéraux et verticaux sollicitant les sutures des bases squelettiques du massif facial.

L'altération des cycles masticatoires diminue la dimension transversale et est à l'origine d'apparition de dysmorphoses dento-squelettiques telles que la rétrognathie mandibulaire ou encore la DDA.

- **Occlusion attritionnelle en denture temporaire (144)**

Cette occlusion atteste d'une mastication efficace, puissante et donc génératrice de nombreuses stimulations de croissance. Au contraire, son absence est le témoin d'une fonction masticatrice impotente qui aura fourni trop peu de stimulations de croissance à l'appareil masticateur.

- **Planas** décrit des AFMP horizontaux dans une musculature puissante et très obliques dans une musculature faible. (138)

1.3 Mastication pathologique

Les perturbations de la mastication peuvent se manifester par une simple modification de forme et de rythme du cycle masticateur ou par une perturbation des capacités et des performances masticatrices.

Une **mastication dysfonctionnelle** peut entraîner des usures unilatérales, une croissance asymétrique des mâchoires, une déviation mandibulaire. L'hypotonie des muscles masticateurs engendrée peut aggraver une rotation mandibulaire postérieure et diminuer la stimulation de croissance transversale maxillaire. Les forces les plus importantes sont développées en OIM et lors des latéralités. La présence d'un articulé inversé latéral et/ou antérieur perturbe le fonctionnement physiologique de la mastication et entraîne un verrouillage limitant le rétablissement spontané de la malocclusion. (121)

- La **mastication unilatérale dominante** où le sujet mastique le plus souvent du même côté,

induisant une croissance asymétrique. Ces modifications morphologiques créent des conditions favorables au renforcement de la mastication unilatérale dominante, instaurant un véritable cercle vicieux dysmorpho-fonctionnel. Dans cette situation, on retrouve souvent une classe II subdivision c'est à dire une classe II du côté mastiquant, où l'AFMP est le plus faible, et une classe I du côté opposé ou une occlusion croisée unilatérale.

- La **mastication verticale bilatérale**, effectuée essentiellement avec des mouvements d'ouverture et de fermeture et parfois un mécanisme de succion associé, qui ne permet ni une usure dentaire correcte, ni des stimuli de croissance suffisants. Il n'existe peu ou pas de latéralités. Elle favorise donc les blocages occlusaux de la croissance mandibulaire et la rétrognathie mandibulaire. (145)

Plusieurs études ont montré que les individus présentant un inversé d'occlusion unilatéral postérieur effectuaient des cycles de mastication atypiques (types IV et VI de la classification d'**Ahlgren**¹⁹⁶⁷) lorsqu'ils mastiquaient du côté affecté.

– Selon **Piancino et al.**²⁰⁰⁹, la proportion de cycles inversés lors de la mastication du côté affecté chez des enfants, variait de 60 à 70 % et de 17% du côté non affecté. Ces cycles étaient plus étroits, le trajet de fermeture était plus proche de la verticale et parfois même déplacés du côté opposé au bol, les trajets d'ouverture et de fermeture pouvant se croiser. (124)

2. Diminution des contraintes masticatrices : l'homme moderne

Les travaux de **Lieberman et al.**²⁰⁰⁴ ont contribué à une meilleure compréhension du chemin évolutif qui a forgé l'homme anatomiquement moderne. Sa recherche se concentre sur la spécificité de notre morphologie crânienne et notre adaptation évolutive à notre environnement.

Autrefois, c'était l'époque de la prédominance musculaire. Les aliments étaient crus, grossiers, coriaces, fibreux, résistants, voire abrasifs, non raffinés et donc peu énergétiques. Il fallait en consommer de grandes quantités nécessitant beaucoup de cycles masticateurs. La denture était alors indispensable à la survie.

Ce processus physiologique mastication-usure-avancée mandibulaire se poursuivait jusqu'à l'âge adulte. Les crânes de nos lointains ancêtres en témoignent : à l'âge adulte, les arcades dentaires définitives présentent une occlusion attritionnelle. Les cuspidés ont disparu mettant à nu la dentine et l'occlusion est en bout à bout partout, même au niveau incisif. Les mouvements de latéralité et de propulsion sont entièrement libres dans toutes les directions et nécessitent une cinématique mandibulaire bien plus simple que celle que nous connaissons actuellement avec nos dents cuspidées.

Depuis le milieu de l'ère paléolithique, l'alimentation des hommes a considérablement changé. Nous savons que les facteurs génétiques et environnementaux influencent la croissance faciale, mais il est aussi admis de nos jours que l'alimentation et le processus de mastication contribuent aux variations faciales tant sur sa taille que sur sa forme. La préparation des aliments provoque, lors de la mastication, sa fragmentation en petites particules rendant la digestion plus facile mais requérant peu de forces occlusales masticatrices et peu de cycles masticatoires. Ceci conduit à une croissance faciale diminuée particulièrement au niveau de l'étage inférieur et des crêtes alvéolaires. En l'absence de forces génératrices au sein de la face, la présence de charges faibles et peu fréquentes entraînent une résorption osseuse locale. La perte de la fonction dentaire au sein de la mandibule peut diminuer la hauteur des crêtes alvéolaires et la longueur du ramus de 50%.

Donc, nous comprenons anthropologiquement que la taille de la mâchoire humaine diminue beaucoup plus rapidement que la taille des dents. Ainsi, l'encombrement dentaire devient de plus en plus répandu et sévère. Les extractions thérapeutiques constituent une méthode

compensatoire essentielle permettant aux orthodontistes d'obtenir des résultats relativement stables dans le traitement des malocclusions impliquant des troubles dentaires significatifs et des carences dans l'espace archéologique. (8)

2.1 Etudes épidémiologiques et anthropologiques

Il existe une série d'études anthropométriques (84) qui démontrent la **corrélation entre l'évolution de la consistance des aliments mastiqués, la croissance crânio-faciale et l'apparition de malocclusions**. Ces études s'appuient sur la comparaison des données anthropométriques de crânes secs mis au jour sur des sites archéologiques. Les comparaisons se font soit entre des échantillons de crânes secs à chronologie différente (avant et après la révolution industrielle), soit entre les crânes des sites archéologiques et ceux de populations modernes (**Carlson et Van Gerven, Sardi et al., Coruccini, Lieberman, Mohlin et al., Varrela, Harper**). La conclusion de ces études est que la prévalence des malocclusions et des anomalies de croissance crânio-faciale est bien moindre dans les populations ayant une alimentation à consistance dure. Une approche complémentaire établie par des études épidémiologiques démontre que la fréquence des malocclusions a augmenté dans les populations modernes dont l'alimentation a évolué vers une consistance molle (**Coruccini et al., Larsson**).

Begg a mis en évidence chez les aborigènes australiens l'importance d'une occlusion attritionnelle, liée à un régime alimentaire primitif et dont l'absence dans les populations civilisées est à l'origine des malocclusions de nos contemporains. En effet, la fréquence des encombrements incisifs, des supraclusions et des classes II a fortement augmenté. Il a montré également que l'intensité du travail masticateur chez les aborigènes produisait une usure au niveau des surfaces de contact interproximales aboutissant à une réduction du diamètre mésio-distal de chaque dent et progressivement une migration mésiale de toute la denture. Il comprit ainsi que cette attrition occlusale et interproximale, déjà présente en denture temporaire, permettait, lors de l'éruption des premières molaires définitives que celles-ci s'engrènent correctement en relation de Classe I, alors qu'en l'absence d'attrition, nos enfants montraient souvent une relation de bout à bout au moment de l'apparition des dents de 6 ans.

2.2 Etudes animales

Aucune étude chez les humains n'a examiné les effets de la charge masticatoire pendant le début de la croissance faciale. La majorité des données expérimentales proviennent d'études anthropoïdes et de modèles de mammifères. Chaque expérience consiste à changer la consistance des aliments attribués aux animaux de laboratoire. (84)

Les modalités de cette influence dépendent de l'anatomie crânio-faciale, et l'ensemble des conclusions est difficilement extrapolable à l'homme du fait des différences anatomiques. Cependant deux éléments sont importants à souligner chez l'animal rétrognathe (8) : d'une part, l'impact de l'évolution de la consistance alimentaire est significatif dans la région faciale inférieure, mais influence peu l'architecture de l'ensemble du crâne. D'autre part, la diminution de la dimension transversale intermolaire maxillaire est systématique lorsque la consistance des aliments devient molle.

Chez les **primates** (12), nous retrouvons des études :

– de **Corruccini et Beecher**¹⁹⁸¹ qui ont étudié les Saïmiri et les babouins en comparant les groupes à alimentation molle versus dure. Les animaux mastiquant des aliments durs ont développé significativement des faces plus longues et larges, un corps mandibulaire plus épais et un grand palais. A l'inverse, les primates à l'alimentation molle présentaient des malocclusions sévères avec une constriction du maxillaire avec une voûte palatine étroite, des

rotations et malpositions dentaires et une absence de place pour la mise en place des prémolaires.

– de **Bouvier et Hylander** déduisent la même conclusion chez des macaques que l'étude précédente. Le remodelage osseux est plus élevé chez le singe élevé à l'alimentation dure.

Chez les **non-primates**, nous retrouvons des études :

– de **Kiliaridis et al.**¹⁹⁸⁵ chez le rat : les rats élevés à la nourriture molle présentaient des muscles masticateurs plus petits, généraient des tensions mandibulaires inférieures, et avaient une hauteur faciale antérieure diminuée, des mandibules plus courtes et une zone d'attachement musculaire plus petite. (139)

– de **Moore et al.** chez le rat : ils ont analysé le lien entre la nutrition et la tension générée en comparant la croissance mandibulaire chez le rat nourri de façon variable en terme de dureté alimentaire et de quantité de calcium. L'insuffisance de calcium entraînait significativement des mandibules plus petites alors que les rats nourris à l'alimentation molle mais avec plus de calcium présentaient juste une hauteur faciale plus courte et un condyle plus petit. *in* (140)

– d'**Engström** puis **Katsaros**¹⁹⁸⁵ chez le rat, le passage à une alimentation moulue et ramollie provoquait des modifications dans l'aspect de certaines sutures (suture moins large, moins d'interdigitations, plages de synostoses visibles). (146)

– de **Chuang** sur les lapins : les lapins avec mastication dure ont présenté un schéma de croissance faciale en rotation antérieure et inversement avec une alimentation molle.

– de **Kiliaridis**¹⁹⁹⁵ chez l'animal expérimental : la réduction d'activité musculaire liée à une alimentation molle a modifié la structure des muscles masticateurs (taille et type) ce qui a altéré leur capacité contractile. La réduction du travail masticateur face à une alimentation ramollie a entraîné aussi des diminutions d'apposition osseuse au niveau des zones d'insertion des muscles masticateurs ainsi que dans des zones où, normalement la mandibule s'épaissit pour résister aux contraintes masticatrices en présence d'une alimentation dure. Dans de telles conditions d'alimentation, ont été observées des réductions significatives de la hauteur du ramus, du corpus mandibulaire et de l'étage inférieur de la face ainsi qu'une réduction de la longueur du pré-maxillaire et de la largeur maxillaire. (139)(14)

- de **Ciochon et al.**, chez le cochon nain : dans le cas d'une alimentation dure, les muscles masséters et temporaux étaient plus développés de 25% par rapport au groupe d'animaux ayant reçu une alimentation ramollie et ceux-ci présentaient des arcades plus étroites et un nombre plus élevé de malpositions dentaires *in* (97).

2.3 Etudes chez l'homme

L'étude rhéologique sur les aliments de **Peyron et Woda**²⁰⁰¹ a montré qu'une bonne mastication était conditionnée par leur dureté. Une alimentation molle et attendrie entraîne des cycles masticatoires étroits, une faible sollicitation musculaire, une absence de trituration à l'origine d'une mastication non attritionnelle et donc l'absence de mouvements latéraux mandibulaires. (138) (figure 19)

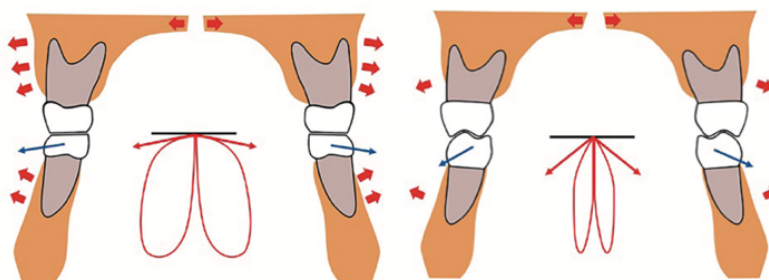


FIGURE 19. SOLLICITATION ALVEOLAIRE ET CYCLES MASTICATOIRES LORS D'UNE MASTICATION DURE VERSUS MOLLE SELON LIMME

V. Apport des contraintes masticatrices fortes

1. La gomme de Chios : outil thérapeutique

Célèbre depuis l'Antiquité, la « gomme mastic naturel de Chios en Grèce » est une résine semi-transparente pure extraite de l'arbre *Pistacia lentiscus chia* ne poussant que dans la partie méridionale de l'île de Chios. Elle est naturelle, anti-oxydante, anti-inflammatoire et anti-microbienne, utilisée à la fois pour son arôme unique et ses propriétés curatives. À la mastication, les cristaux de sève se brisent et commencent à devenir une gomme dure entraînant des efforts de mastication importants. Elle engendre une augmentation du tonus musculaire et une meilleure capacité à fermer la bouche *in* (2). (figure 20)

Cette gomme présente deux avantages : d'une part, son efficacité a été prouvée (V.2) et d'autre part, son utilisation n'induit aucun problème éthique, il s'agit d'un produit naturel, ayant reçu la norme d'utilisation européenne (NE), en vente libre et sans contre-indication.

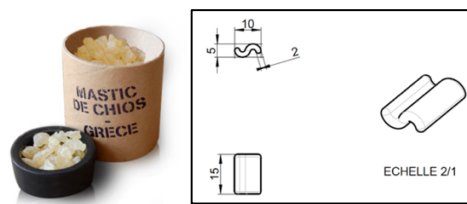


FIGURE 20. LA GOMME DE CHIOS – SCHEMA

2. Contraintes masticatrices fortes, support d'expansion

La mastication est un pilier indispensable dans la croissance alvéolaire des bases osseuses. Mais dans notre société humaine, l'évolution dentaire a entraîné l'apparition fréquente de malocclusions essentiellement transversales par absence de stress masticatoire important. Certes, nous ne pouvons pas modifier l'anatomie actuelle de l'homme, ni modifier l'alimentation mais nous devons prendre conscience que l'individu est en hypofonction et nécessite des contraintes masticatrices fortes pour l'aider à stimuler la bonne mise en place de son occlusion tout en respectant l'équilibre musculaire environnant.

Dans la littérature, parmi les outils utilisés pour augmenter les capacités masticatoires du patient, des gommes ont été prescrites en complément des thérapeutiques orthodontiques. Diverses études ont montré l'intérêt des exercices de mastication de gommes dures dans l'augmentation de la force occlusale, de l'efficacité masticatoire, et de la qualité occlusale.

– **Kachi**¹⁹⁸⁷ a montré que l'efficacité masticatoire était augmentée par des exercices de mastication d'une gomme dure pendant trois fois 3 minutes et ceci durant 13 semaines chez les enfants. (147)

– **Ingervall et al.**¹⁹⁸⁷ ont mis en avant la modification de la direction de croissance dans la dimension verticale chez des sujets hyperdivergents suite à des exercices de mastication de la gomme dure 1h par jour. (129)

– **Tzakis**¹⁹⁸⁹ a conclu qu'une mastication intense prolongée au-delà de 30 minutes diminue l'efficacité masticatoire et augmente significativement la fréquence des cycles masticatoires chez les individus entraînés ou non en raison de la fatigue musculaire engendrée et que l'entraînement masticatoire pendant 1 mois n'influence pas l'efficacité de la mastication. (142)

- **Ono et al.**¹⁹⁹² ont observé une augmentation significative de la force occlusale maximale chez de jeunes enfants après 3 mois d'exercice de mastication à l'aide d'un chewing-gum dont la forte résistance a été conçue pour stimuler l'activité masticatrice. Cependant, il n'y a pas eu de groupe témoin dans cette étude. (148)
- **Kiliaridis et al.**¹⁹⁹⁵ ont noté que la mastication d'une gomme dure pendant une heure par jour pendant 28 jours augmente significativement la force occlusale maximale chez l'adulte. (140)
- **Okazaki et al.**¹⁹⁹⁹ ont relaté que la mastication de chewing-gum pendant trois minutes par jour pendant un an augmente significativement l'efficacité masticatoire et la force occlusale chez les jeunes enfants. (149)
- **Piancino et al.**²⁰⁰⁸ ont comparé la cinématique de la mastication chez de jeunes adultes sans malocclusion lors de la mastication d'une gomme dure et molle. Lors de la prise d'une gomme dure, le schéma de mastication était plus haut et plus large, avec un angle de fermeture plus petit et une vitesse maximale plus élevée que lors de la mastication molle. L'enveloppe EMG maximale des muscles masséter et temporal antérieur était plus grande du côté de la mastication de la gomme, mais le côté controlatéral augmentait significativement plus son activité que le côté ipsilatéral lorsque la dureté de la gomme augmentait. (150)
- **Parks et al.** (151) puis **Masumoto et al.**²⁰⁰⁹ (152) ont rapporté qu'une mastication quotidienne de gomme avant et après les trois repas pendant 4 semaines augmente les contacts occlusaux et la force occlusale chez des adultes.
- **Ohira et al.**²⁰¹² ont prouvé que l'introduction de contraintes masticatrices fortes développait de façon significative l'activité de la musculature masticatrice et son efficacité, ainsi que la force occlusale, et donc améliorait la fonction masticatrice. Ils ont étudié d'une part la force occlusale maximale via un occlusal force-meter et d'autre part, la performance masticatoire via un chewing-gum de couleur interchangeable, de 3g à base de Xylitol® d'origine japonaise. (148)
- **He et al.**²⁰¹³ ont indiqué que la mastication d'une gomme en silicone pendant 4 mois développait la puissance musculaire et la force occlusale maximale, mais après arrêt des exercices ils ont constaté une diminution de ces valeurs. (153) (154)
- **Makaremi et al.**²⁰¹⁵ ont montré que la mastication d'une gomme dure pendant 6 mois, après une expansion transversale par Quad-Hélix, améliorait la stabilité de l'expansion (distance intermolaire) et une occlusion stable, avec redressement des axes molaires dans le plan frontal (maintien d'un torque radiculo-vestibulaire). (figure 21) (155)

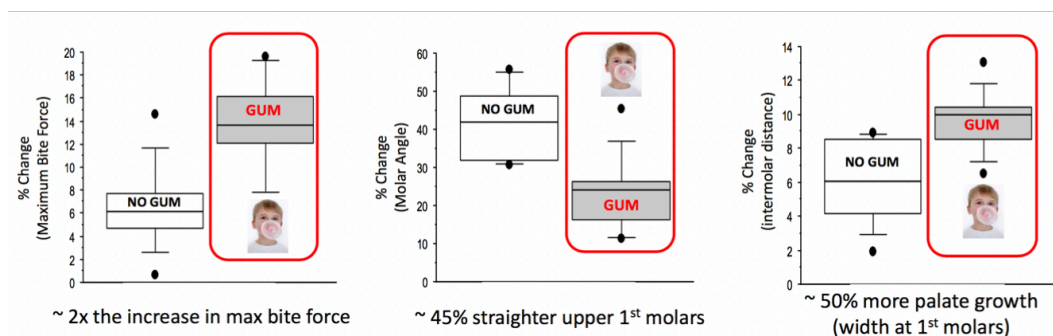


FIGURE 21. COMPARAISON DE LA FORCE DE MORSURE, L'ANGLE MOLLAIRE ET LA DISTANCE INTERMOLAIRE ENTRE LE GROUPE CONTROLE ET LE GROUPE AYANT MASTIQUE LA GOMME (154)

- **Zink et Makaremi**²⁰¹⁵ ont réalisé une étude comparative de l'amplitude des mouvements mandibulaires lors de la mastication de la gomme de Chios et d'un chewing-gum Hollywood® à l'aide des capteurs de mouvements tridimensionnels afin de comprendre l'effet réel de la gomme sur la musculature masticatrice. Les exercices consistaient à mastiquer d'une part 1,5g de gomme dure de Chios et d'autre part 1,5g du chewing-gum. L'EMG a mesuré l'activité du masséter avec, lors de la phase expérimentale, une demande de mastication unilatérale gauche. Les résultats ont montré que la mastication de la gomme dure génère une augmentation significative de l'activité musculaire : du côté travaillant avec une augmentation de 93 % de l'activité du masséter gauche et du côté non travaillant, avec une augmentation de 326 % de l'activité musculaire du masséter droit. Cette différence se justifie par la nécessité de stabiliser le côté non travaillant étant donné l'intensité de la pression occlusale. (155)

- **Tarkowska et al.**²⁰¹⁷ ont indiqué que le chewing-gum à coloration est une méthode valide et fiable pour l'évaluation de la fonction masticatoire. (156)

- **Ben Younes-Uzan**²⁰¹⁷ a préconisé un appareillage maxillaire en résine conçu pour désengrener les dents postérieures et pratiquer une mastication unilatérale alternée permettant la stimulation et la croissance tridimensionnelles du maxillaire et un repositionnement mandibulaire. L'apport de la stimulation masticatoire en remettant les dents en fonction permettrait d'obtenir des résultats plus pérennes. Le port d'un système permettant que toutes les dents maxillaires, y compris celles en articulé croisé ou en infraclusion reçoivent la stimulation, et laissant s'exprimer la réponse verticale selon les nécessités, permettra la correction du sens vertical. (157)

Conclusion

La nécessité de traiter le plus précocement possible les troubles transversaux n'est plus à prouver. Une des limites de nos examens cliniques concerne l'analyse peu approfondie des tissus mous environnants lors du diagnostic : l'importance de la pression exercée par les muscles périoraux sur les tissus sous-jacents ainsi que la responsabilité de ces muscles dans le positionnement des dents sur leurs bases osseuses. Compte tenu de la fréquence des récurrences, l'évaluation de l'enveloppe musculaire et fonctionnelle est primordiale.

Diverses méthodes ont été développées pour améliorer le contrôle de l'expansion de la suture palatine médiane et sa consolidation post-expansion, comme la contention prolongée, le remodelage du tissu conjonctif, la thérapie au laser et la pharmacothérapie pour induire une formation osseuse. Néanmoins, nous constatons dans certains cas, un épaissement de la suture intermaxillaire responsable d'une réelle résistance tissulaire à l'expansion. Face à ces difficultés, la seule solution est la persévérance et une nouvelle phase d'expansion rapide du maxillaire avec une stabilisation longue durée par des moyens fixes.

Il est important de rétablir une forme pour rééduquer la fonction physiologique qui est garante de la stabilité à long terme. En effet, malgré l'expansion maxillaire, nous savons que des cycles inversés persistent chez les enfants traités, nous chercherons donc à rétablir une mastication physiologique. Cependant, cette rééducation paraît abstraite comparée à une rééducation linguale plus commune. Il faut donc inciter à utiliser son système masticatoire par le biais d'une mastication dure. L'introduction des contraintes masticatrices fortes dans notre pratique quotidienne, pourrait constituer une alternative thérapeutique complémentaire à la recherche d'une stabilité transversale. De nombreuses études ont montré l'amélioration de l'efficacité masticatoire et de la force musculaire et occlusale à travers une mastication dure. De plus, elle a le mérite que nous nous y intéressons davantage et que nous menions des recherches plus approfondies.

Index des figures

FIGURE 1. VARIATION DU TAUX D'EXTRACTIONS DEPUIS 1900 D'APRES PECK (7),	12
FIGURE 2. AGENTS DE LA CROISSANCE TRANSVERSALE DU MAXILLAIRE (EMC) A. MOUVEMENT « EN BLOC » B. DEVELOPPEMENT LATERAL C. PRESSIONS LINGUALES (DEGLUTITION ET MASTICATION) D. FORCES OCCLUSALES	14
FIGURE 3. DISJONCTEUR HYRAX (CAS CLINIQUE DU CHU DE BORDEAUX).....	15
FIGURE 4. OUVERTURE SUTURALE EN V ANTERIEUR D'APRES GARRET ²⁰⁰⁸ (25)	16
FIGURE 5. EFFETS SUR LES SUTURES DE LA FACE D'APRES WERTZ	16
FIGURE 6. EFFETS DE L'EXPANSION RAPIDE SUR LA PREMIERE MOLAIRE MAXILLAIRE D'APRES GARRETT (25) : EXPANSION ₍₁₎ SQUELETTIQUE, EXPANSION ALVEOLAIRE ₍₂₎ ET VESTIBULO-VERSION MOLAIRE ₍₃₎	17
FIGURE 7. QUAD-HELIX SUR FOURREAUX, (CAS CLINIQUE CHU BORDEAUX)	18
FIGURE 8. EXPANSION RAPIDE VERSUS EXPANSION LENTE, SELON PROFFIT (36)	23
FIGURE 9. MODIFICATIONS DE LA LARGEUR DU MAXILLAIRE ET DES DIMENSIONS TRANSVERSALES DE L'ARCADE DENTAIRE SELON GIRON : EXPANSION AVEC QH _(a) , EXPANSION AVEC DISJONCTEUR _(b) ET EXPANSION AVEC DISJONCTEUR AVEC COMPRESSION PREALABLE AVEC LE QUAD-HELIX _(c)	23
FIGURE 10. DISTRACTION MAXILLAIRE PAR DISJONCTION SUR MINI-VIS (CAS CLINIQUE ADULTE DU CHU DE BORDEAUX)	27
FIGURE 11. COULOIR DENTAIRE DE CHATEAU	28
FIGURE 12. DIAGRAMME REPRESENTANT LES PRESSIONS LINGUALES ET LABIALES A LA DEGLUTITION ET AU REPOS SELON PROFFIT ¹⁹⁷⁸	29
FIGURE 13. FACTEURS DE RECIDIVE	30
FIGURE 14. STADES DE DENSITE SUTURALE SELON ANGELIERI ET AL. ²⁰⁰³	33
FIGURE 15. TROIS STADES DE MELSEN ¹⁹⁷⁵ : INFANTILE _(a) , JUVENILE _(b) ET ADOLESCENT _(c)	34
FIGURE 16. MUSCLES MASSETERS (A) ET TEMPORAUX (B) D'APRES EMC.....	38
FIGURE 17. CYCLES MASTICATOIRES – ENTREE (GAUCHE) VERSUS SORTIE (DROITE)	42
FIGURE 18. MESURES SELON IZARD	47
FIGURE 19. SOLLICITATION ALVEOLAIRE ET CYCLES MASTICATOIRES LORS D'UNE MASTICATION DURE VERSUS MOLLE SELON LIMME ...	52
FIGURE 20. LA GOMME DE CHIOS – SCHEMA	53
FIGURE 21. COMPARAISON DE LA FORCE DE MORSURE, L'ANGLE MOLAIRE ET LA DISTANCE INTERMOLAIRE ENTRE LE GROUPE CONTROLE ET LE GROUPE AYANT MASTIQUE LA GOMME (154)	54

Annexes

- Tableau récapitulatif 1 – Comparaison disjoncteur versus quad-hélix
- Tableau récapitulatif 2 – Quelques facteurs de récurrence
- Tableau récapitulatif 3 – Conséquences fonctionnelles de l'expansion

DISJONCTEUR VERSUS QUAD-HELIX

	Auteurs	Disjoncteur (RME)	Quad-Hélix (SME)	Conclusion
Réponse histologique de la suture	Storey (1973) Cotton (1978) Gill	Suture interrompue, interdigitations perdues ... Après 6 semaines : récurrence osseuse	- Moins de résistance des structures péri-maxillaires - Intégrité suturale maintenue - Minéralisation progressive	En faveur du Quad-Hélix Réossification et développement vasculaire concomitant
Effets squelettiques	Krebs (1964)	50 %		En faveur du Disjoncteur
	Proffit (2000)	Expansion similaire (3 semaines) Sauf distance inter-canine plus élevée pour RME		En faveur du Quad-Hélix
	Lagravère (2005)	25% (à 50%) squelettique 3/4 dento-alvéolaire	Effets dento-alvéolaires prédominants	En faveur du Disjoncteur
	Garrett (2008)	38% squelettique 13% alvéolaire + 49% VV	/	RME augmente le volume nasal donc une amélioration du flux d'air
	Velasco (2008)	50 %	20 %	En faveur du Disjoncteur
	Martina (2012)	Expansion similaire		Aucune différence
	Hyunh (2009)	Expansion similaire cependant plus l'activation est faible et plus on est en denture définitive et plus les effets sont dentoalvéolaires		Aucune différence
	Agostino (2014)	La preuve est de très faible qualité et insuffisante pour permettre de conclure qu'une intervention est meilleure qu'une autre pour l'un des résultats de cette revue.		
	Bucci (2015)	Prédominance des effets dento-alvéolaires		Aucune différence
	Bressane (2016)	18% squelettique Prédominance alvéolaire	/	/
Stade de denture	Petrén (2003)	Efficace en denture mixte précoce	Efficace en denture mixte précoce	Aucune différence

DISJONCTEUR VERSUS QUAD-HELIX

	Auteurs	Disjoncteur (RME)	Quad-Hélix (SME)	Conclusion
Expansion molaire et récidive	Ko (2003)	6 mm dont récidive de 1,2 mm	/	Différence de récidive entre RME et SME < 6% soit 0,1 à 0,3 mm
	Hyunh (2009)	5 mm dont récidive de 1,3 mm (2 ans après traitement)		Aucune différence
	Germane (2009)	4 mm dont récidive de 2 mm /		Aucune différence
	Lagravère (2010)	SME > RME : forces plus faibles appliquées sur la suture sur une plus longue période, ce qui pourrait permettre une adaptation continue des tissus aux changements squelettiques et dentaires.		En faveur du Quad-Hélix SME > RME Stabilité liée à l'âge
	Zhou (2013)	Aucun changement significatif entre la période post-expansion et contention RME efficace pour expansion des deux arcades	Variation nette significativement plus élevée dans les SME SME efficace pour expansion de l'arcade maxillaire	SME > RME dans la région molaire en expansion de l'arcade maxillaire
	Bucci (2015)	Augmentation modérée Récidive : 0,66mm (canin) versus 0,85mm (molaire)	Augmentation faible	En faveur du Disjoncteur
	Micheletti (2016)	Stable à 80% après 3 ans		En faveur du Disjoncteur
Stabilité à long terme	Schiffman et Tucay (2001)	6 mm expansion en moyenne dont maintien 4,89mm durant le port de contention puis 3,88mm restant après retrait de la contention Taux de rechute de 50%	Taux de rechute de 36%	Stabilité de l'expansion maxillaire est minime Preuves insuffisantes pour conclure
	Hyunh (2009)	Aucune différence significative concernant la stabilité		Aucune différence

DENSITÉ OSSEUSE DE LA SUTURE PALATINE MÉDIANE			
Histologie	Diminue après expansion puis augmente durant la contention mais n'atteint jamais sa valeur initiale. (<i>Van-Linden, Garib</i>)	La région antérieure de la suture nécessite une période de contention deux fois plus longue que la région postérieure. (<i>Vardimon</i>)	Il faut augmenter la durée de la contention pour permettre la reconstruction et la maturation du tissu dur.
Radiologie	Réduction après expansion puis augmentation après contention de 6 mois (<i>Franchi, Lione</i>)	Durée du processus de minéralisation diverge selon les auteurs - A 3 mois (<i>Ekström</i>) - A 6 mois (<i>Garib</i>) - A 9 mois (<i>Da Silva</i>)	La maturation suturale est liée à la croissance squelettique : coefficient de corrélation élevé entre la maturation des vertèbres cervicales CS1-CS2 et les stades de la suture A-B. (<i>Angelieri</i>)
TRAUMATISME SUTURAL			
Expansion lente versus rapide	Forces continues : séparation suturale globale 1,3 mm versus forces intermittentes 0,8 mm.	Une suture a la capacité de croître de façon plutôt autonome mais la croissance osseuse suturale s'adapte aux demandes environnementales	Forces continues et douces La réponse des tissus suturaux aux forces mécaniques est affectée par la durée et la direction de la force, la morphologie de la suture et l'âge du sujet.
ÂGE DE TRAITEMENT			
Facteur favorable si avant pic de croissance	Variabilités inter et intra-individuelles - Index d'oblitération - Croquis de Melsen - Corrélation CMV/CSM - Imagerie 3D	- < 5% - Stades infantile ou juvénile - Stades CS1-CS2 avant pic pubertaire - Densité (3D)	Relation directe entre l'augmentation de la résistance à l'expansion squelettique et l'âge du patient après 12 ans. Déterminer le moment idéal de début de traitement.
DESEQUILIBRE MUSCULAIRE / PERSISTANCE DYSFONCTIONS			
Rôle morphogénétique Ventilation orale Mastication pathologique	Influence les bases osseuses et la croissance dento-alvéolaire	Forces masticatrices Langue Mouvements des muscles jugaux et labiaux lors des fonctions	Sa persistance entraîne la récurrence Associer rééducation fonctionnelle Il faut limiter l'expansion dans la limite du respect de la zone d'équilibre
DESEQUILIBRE OCCLUSAL			
Occlusion statique et dynamique L'occlusion influence les mouvements masticatoires	Respect du torque naturel des dents et des courbes fonctionnelles	Les versions molaires parasites et la non coordination des arcades dentaires entraînent la récurrence	Le changement des formes d'arcades dentaires sans la modification du jeu des fonctions entraîne la récurrence
REORGANISATION ET ADAPTATION TISSULAIRE			
Réorganisation des tissus mous et consolidation du remodelage osseux (Reitan)	Rapide chez l'enfant ou l'adolescent Si dent déplacée avant formation du 1/3 apical, les fibres nouvellement formées au cours de l'édification radiculaire stabiliseront la correction	Fibres supra-alvéolaires transeptales Tension persiste environ 1 an après retrait du dispositif	La récurrence est attribuée à la tension restituée par la muqueuse palatine préalablement étirée (absence d'équilibre des pressions de part et d'autre des PA après disjonction)

Conséquences de l'expansion

Articles	Echantillon	Paramètres évalués	Méthodes/Relevés	Résultats	Conclusion
Halazonetis et al. (1994) Changes in cheek pressure following rapid maxillary expansion.	15 enfants 12 ans Denture permanente Occlusion croisée postérieure unilatérale	Pression jugale après RME au niveau de la première molaire maxillaire (M1)	- 2 temps T1 : avant disjonction T2 : 3 mois post-contention	Augmentation 0,6 g/cm ² pour chaque mm d'expansion T1 : 3 g/cm² T2 : 9 g/cm²	Aucune adaptation des tissus mous avec un maintien de cette pression élevée jugale qui entraîne une récurrence de traitement après 3 mois de contention.
Throckmorton et al. (2001) Changes in the masticatory cycle following treatment of posterior unilateral crossbite in children	28 enfants 7 à 11 ans Denture mixte Occlusion croisée postérieure unilatérale	Forme et la durée du cycle masticateur après RME Cinématique mandibulaire enregistrée (chewing-gum)	- 2 temps T1 : avant RME T2 : à 6 mois post-RME - 3 fois x 20 cycles : mastication bilatérale, unilatérale côté croisé puis côté normal	Avant traitement : mastication lente, excursions maximales plus grandes + cycle inversé côté croisé Après traitement : réduction de la durée mais cycle inversé persiste	Après RME, certaines caractéristiques de la cinématique masticatoire répondent au traitement orthodontique seul, mais pas d'autres.
Küçükkeles et al. (2003) Changes in lip, cheek, and tongue pressures after rapid maxillary expansion using a diaphragm pressure transducer	12 cas Entre 13 et 20 ans Denture permanente Déficit maxillaire transversal	Pressions relevées après RME - Langue - Lèvres - Joues	- 4 temps Avant expansion (RME) Après exp. à 1 mois Après exp. à 2 mois Après exp. à 3 mois	Pendant expansion : - Augmentation de la pression labiale et jugale - Diminution de la pression linguale Après expansion : - Augmentation pression linguale - Diminution pression jugale	Adaptation plus facile des joues et lèvres (3 mois) ≠ la langue (>3) Diminution progressive vers des valeurs de pré-expansion indiquant une réponse adaptative de la musculature labiale à la nouvelle position des dents.
Sonnesen et Bake (2007) Bite force in pre-orthodontic children with unilateral cross-bite.	19 enfants 9,9 ans (7-11 ans) Denture mixte Occlusion croisée postérieure unilatérale	Force de morsure (FM) après SME (QH ou PP) au niveau des premières molaires	- 3 temps T1 : avant T2 : après T3 : 4 mois après	Avant traitement, - FM plus faible du côté de l'articulé croisé. (NS) Après traitement, - FM reste inférieure du côté croisé Après 4 mois de contention , - Aucune différence de FM entre les groupes avec ou sans articulé croisé postérieur. (SS) Augmentation significative FM du côté croisé (T2-T3) chez les cas uniquement.	Le niveau de force de morsure avant traitement, après expansion et après rétention était significativement plus faible chez les enfants traités que chez les enfants non traités avec occlusion normale.
Kecik et al. (2007) Evaluation of the treatment changes of functional posterior crossbite in the mixed dentition	I : 35 cas de 10,6 ans II : 31 témoins de 9,8 ans Denture mixte Occlusion croisée postérieure unilatérale	Effets morphologiques, squelettiques, dentaires et fonctionnels induits après SME Dont Activité EMG Masséter et temporal antérieur	TRF, TRP, TB, EMG , ATM... avant (T0) et après l'expansion maxillaire à 3 mois (T1)	- Avant traitement du côté croisé pendant le serrage => AT : EMG élevée vs MA : faible - Après traitement : normalisation morphologie asymétrique, position mandibulaire, fonctions normalisées, ↑ dimension verticale et des largeurs intermolaires maxillaires et mandibulaires	Le traitement précoce crée des conditions optimales pour la croissance normale du squelette craniofacial et la fonction normale du système stomatognathique

Articles	Echantillon	Paramètres évalués	Méthodes/Relevés	Résultats	Conclusion
Arat et al. (2008) Muscular and condylar response to rapid maxillary expansion. Part 1 : electromyographic study of anterior temporal and superficial masseter muscles.	18 sujets 12,54 ans Denture mixte/permanente Occlusion croisée postérieure uni ou bilatérale	Activité EMG Masséter et temporal antérieur après RME	- Enregistrement simultané des deux muscles durant la déglutition et la mastication unilatérale - 4 temps T1 : Avant expansion T2 : Après fin expansion T3 : 1,5 mois post-expansion T4 : 3 mois post-expansion	Après expansion et maintien dispositif, l'activité musculaire - a augmenté progressivement à la déglutition à T2, T3 et T4 (déglutition difficile) - a diminué lors de la mastication unilatérale à T2 (stimulation des mécanorécepteurs parodontaux par des contacts occlusaux altérés après expansion) puis a augmenté à T3-T4 puis ont atteint leur valeur de prétraitement	L'augmentation des activités musculaires après expansion au cours de la mastication unilatérale montre les capacités fonctionnelles de ces muscles à s'adapter.
De Rossi et al. (2009) Electromyographic evaluation in children having rapid maxillary expansion.	27 enfants 8,6 ans Denture mixte Occlusion croisée postérieure unilatérale	Activité EMG Masséter et temporal antérieur après RME	- 2 temps T1 : avant disjonction T2 : 1 semaine après disjonction et retrait - 3 positions Repos (10s) OIM avec ou sans coton (4s) Mastication normale (10s)	Augmentation significative sEMG après traitement - Au repos pour tous (P=0,05) et (P=0,01). - En OIM pour tous avec signification statistique que pour le muscle temporal gauche (P=0,05). - Lors mastication pour tous avec une signification statistique que pour les temporaux droit et gauche (P=0,05).	L'occlusion a été équilibrée et la musculature cherche à s'adapter à la nouvelle condition occlusale.
Martin et al. (2012) Longitudinal evaluation of sEMG of masticatory muscles and kinematics of mandible changes in children treated for unilateral cross-bite.	I : 35 cas de 12,5 ans II : 30 témoins « normaux » appariés sur l'âge Denture mixte Occlusion croisée postérieure unilatérale	Activité EMG simultané et bilatéral après RME Temporal ant (AT) et post (PT) / Masséter (MA) / Hyoïdien (SH) au repos, mastication, déglutition et morsure Cinématique mandibulaire au repos, latéralités, déglutition et mastication	Quad-Hélix activé toutes les 6 à 8 semaines jusqu'à correction puis 4 mois de contention passive suivi d'un traitement fixe entre 2 à 2,5 ans et 6 mois de contention. Témoins évalués en 1 temps (T0) versus Cas évalués en 3 temps T0 (début exp), T1 (fin exp) et T2 (1an contention)	- Prédominance de l'activité du SH pendant la déglutition (T0, T1, T2) - Durant mastication, augmentation significative de l'activité MA - Durant morsure, AT et MA du côté de l'articulé croisé Augmentation significative à T1 puis devient stable à T2	- Intérêt du traitement précoce - Le traitement orthodontique a amélioré la capacité fonctionnelle des muscles masticateurs pendant la mastication.
Maffei et al. (2014) Orthodontic intervention combined with myofunctional therapy increases electromyographic activity of masticatory muscles in patients with skeletal unilateral posterior crossbite.	14 enfants 9 ans (6-13 ans) Denture mixte Occlusion croisée unilatérale postérieure	Activité EMG Masséter et temporal antérieur après RME + Orthophonie (exercices de mastication) dont le but était de modifier le type de mastication : unilatérale dominante => bilatérale	- 2 positions Repos Mastication habituelle - 2 temps Stage 1 : avant Stage 2 : après	Au cours de la mastication habituelle, l'activité EMG - Plus élevée du masséter au stade 2 par rapport au stade 1 (p = 0,0458). Aucune différence entre les deux côtés (p>0,05) - Plus élevée du temporal du côté de la malocclusion (p=0,0263) après traitement	Une intervention orthodontique combinée à une thérapie myofonctionnelle chez des patients ayant une occlusion croisée postérieure unilatérale a provoqué une augmentation de l'activité électromyographique des muscles masséters et temporaux pendant le repos mandibulaire et la mastication habituelle, avec une mastication qui est devenue majoritairement bilatérale.

Articles	Echantillon	Paramètres évalués	Méthodes/Relevés	Résultats	Conclusion
Maspero et al. (2015) Neuromuscular evaluation in young patients with unilateral posterior crossbite before and after rapid maxillary expansion.	55 enfants 6 à 10 ans Denture mixte Occlusion croisée postérieure unilatérale	Activité EMG Masséter et temporal antérieur après RME	- Protocole EMG (<i>Sforza</i>) : serrage avec ou sans coton au niveau M1 (5 sec) - 3 temps T0 : Avant RME T1 : Après RME T2 : 6 mois contention	- Augmentation de l'activité électrique des muscles en position de repos et en fonction à T1. - Amélioration de la capacité fonctionnelle des muscles masticateurs lors de la mastication	RME produit des changements importants pendant le tonus musculaire et augmente l'activité musculaire des muscles masticateurs
Uzuner et al. (2016) Evaluation of the effects of modified bonded rapid maxillary expansion on occlusal force distribution: A pilot study	12 cas 13,1 ans en moyenne Denture définitive Occlusion croisée postérieure bilatérale	Distribution des forces occlusales après RME	- Evaluation T-Scan contrôle la position, la dimension des arcades dentaires et la force de morsure maximale après avoir déterminé les dimensions d'arcades et la calibration sensible intra-orale. - 3 temps T1 : Avant T2 : Après T3 : Après contention de 3 mois	- Forces les plus importantes sur M1 et M2 - Diminution significative des forces durant le traitement (T1-T2) puis augmentation pendant la contention (T3). - Aucune différence significative entre T1-T3 : on retrouve les valeurs initiales après contention. - Pas de différence entre les côtés droit et gauche.	L'augmentation non significative des forces occlusales à T3 peut être reliée au système masticateur. Les muscles s'adaptent à leur nouvelle position durant la période de contention.
Tsanidis et al. (2016) Functional changes after early treatment of unilateral posterior cross-bite associated with mandibular shift: a systematic review.	Revue systématique 12 études longitudinales prospectives évaluant les facteurs fonctionnels après expansion maxillaire	Fréquence cycles masticateurs Activité EMG Epaisseur du masséter Force de morsure Après expansion maxillaire	- <u>Après traitement</u> - Fréquence des cycles masticateurs inversés (7 études) : Résultats divergents Normalisation versus Réduction ? → Normalisation plutôt (Preuves ++) - sEMG (4) des muscles temporaux et masséters pendant le repos, la mastication, OIM ou la déglutition : Résultats similaires → Normalisation des asymétries préexistantes entre les deux côtés. - Epaisseur du masséter (1) : aucune conclusion. - Force de morsure (2) : augmentation du côté croisé après expansion → Normalisation . Mais preuve insuffisante.		Après le traitement précoce, il y a normalisation de l'asymétrie fonctionnelle pré-traitement, suggérant que l'asymétrie structurelle (UPBX), préexiste à l'asymétrie fonctionnelle et non l'inverse. Si la causalité était inversée, on pourrait s'attendre à ce que l'asymétrie fonctionnelle soit maintenue même après traitement.
Di Palma et al. (2017) Longitudinal effects of rapid maxillary expansion on masticatory muscles activity.	21 patients 14 en DM et 7 en DP Chaque cas est son propre témoin	Activité EMG Masséter et temporal antérieur après RME Avant traitement, vérification EMG normale avec une bonne coordination neuromusculaire en statique. (d'après <i>Ferrario</i>)	- 2 surfaces enregistrées à T0 avant disjonction et à T1 un mois après la fin . 1) Enregistrement de standardisation : 5 secondes maximum de serrage volontaire (MVC) effectué sur deux rouleaux de coton de 10 mm d'épaisseur positionnés entre les dents postérieures mandibulaires; 2) Enregistrement expérimental: 5 secondes MVC effectuées en occlusion maximale sans les rouleaux de coton.	Avant le traitement : tous avaient un bon équilibre musculaire, avec des indices EMG dans les valeurs de référence. Après traitement : tous les indices EMG sont restés dans les valeurs de référence, montrant une bonne symétrie entre les muscles masticateurs droit et gauche, sans aucun torque mandibulaire, et avec une distribution correcte du centre de pression occlusal.	Si aucun désordre musculaire pré-existe avant la disjonction alors on peut conclure que l'activité musculaire n'est pas perturbée après disjonction.

Bibliographie

1. Pernier C. Traitement de la dysharmonie dento-maxillaire. *Orthod Fr.* 2001;72(1-2):121-30.
2. Tsang Tung M, Makaremi M, de Brondeau F. Environnement neuro-musculaire et stabilité de l'expansion maxillaire transversale. *Rev Orthopédie Dento-Faciale.* 2017;51(3):399-412.
3. Philippe J. Pourquoi, comment, quand est né l'edgewise ? *Rev Orthopédie Dento-Faciale.* 2008;42(1):113-21.
4. Philippe J. La naissance de l'Edgewise ou le dernier et le meilleur mécanisme d'Angle. *Orthod Fr.* 2016;87(3):347-51.
5. Amm EW, Bou-Serhal JP. La forme d'arcade selon la philosophie de Tweed-Merrifield: individualisation et essai de standardisation. *Orthod Fr.* 2003;74(4):481-98.
6. Gugino C, Dus I. Les concepts du déverrouillage : l'interaction entre forme et fonction. *Rev Orthopédie Dento-Faciale.* 2000;34(1):83-107.
7. Peck S. Extractions, retention and stability: the search for orthodontic truth. *Eur J Orthod.* 2017;39(2):109-15.
8. 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;46(6):655-77.
9. Garrec P, Vi-Fane B, Jordan L. L'expansion rapide maxillaire (ERM) Est-ce toujours une question d'âge ? *Rev Orthopédie Dento-Faciale.* 2017;51(4):531-9.
10. Soulet A. Rôle de la langue au cours des fonctions oro-faciales. *Rev Orthopédie Dento-Faciale.* 1989;23(1):31-52.
11. Limme M. Conduites alimentaires et croissance des arcades dentaires. *Rev Orthopédie Dento-Faciale.* 2002;36(3):289-309.
12. Beecher RM, Corruccini RS. Effects of Dietary Consistency on Craniofacial and Occlusal Development in the Rat. *Angle Orthod.* 1981;51(1):61-9.
13. Varrela J. Dimensional variation of craniofacial structures in relation to changing masticatory-functional demands. *Eur J Orthod.* 1992;14(1):31-6.
14. Kiliaridis S. Masticatory muscle influence on craniofacial growth. *Acta Odontol Scand.* 1995;53(3):196-202.
15. Aknin J-J. Croissance craniofaciale. EMC Elsevier Masson SAS Paris Odontol Dentofaciale. 2008;23-455-C-10.
16. Aragon I, Rotenberg M. Traitements spécifiques du sens transversal. EMC - Odontol Dentofaciale. 2016;11(2):1-7.
17. Agarwal A, Mathur R. Maxillary Expansion. Marwah N, éditeur. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2010;3(3):139-46.
18. Agostino P, Ugolini A, Signori A, Silvestrini-Biavati A, Harrison JE, Riley P. Orthodontic treatment for posterior crossbites. In: The Cochrane Collaboration, éditeur. *Cochrane Database of Systematic Reviews [Internet].* John Wiley & Sons, Ltd; 2014. Disponible sur: <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD000979.pub2>
19. Wong CA, Sinclair PM, Keim RG, Kennedy DB. Arch dimension changes from successful slow maxillary expansion of unilateral posterior crossbite. *Angle Orthod.* 2011;81(4):616-23.
20. Maspero C, Giannini L, Galbiati G, Kairyte L, Farronato G. Neuromuscular evaluation in young patients with unilateral posterior crossbite before and after rapid maxillary expansion. *Stomatologija.* 2015;17(3):84-8.
21. Iodice G, Danzi G, Cimino R, Paduano S, Michelotti A. Association between posterior crossbite, skeletal, and muscle asymmetry: a systematic review. *Eur J Orthod.*

2016;38(6):638-51.

22. Haas AJ. Palatal expansion: just the beginning of dentofacial orthopedics. *Am J Orthod.* 1970;57(3):219-55.

23. Sorel O. Traitement des endognathies maxillaires par disjonction orthopédique. *Rev Stomatol Chir Maxillofac.* 2004;105(1):26-36.

24. Krebs A. Midpalatal suture expansion studies by the implant method over a seven-year period. *Rep Congr Eur Orthod Soc.* 1964;40:131-42.

25. Garrett BJ, Caruso JM, Rungcharassaeng K, Farrage JR, Kim JS, Taylor GD. Skeletal effects to the maxilla after rapid maxillary expansion assessed with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;134(1):8-9.

26. Wertz RA. Skeletal and dental changes accompanying rapid midpalatal suture opening. *Am J Orthod.* 1970;58(1):41-66.

27. Germane N, Lindauer SJ, Rubenstein LK, Revere JH, Isaacson RJ. Increase in arch perimeter due to orthodontic expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1991;100(5):421-7.

28. Bressane LB, Janson G, Ultramari-Navarro PVP, Henriques JFC, Garib DG. Long-term changes of alveolar buccal bone after rapid maxillary expansion in an adolescent patient. *J World Fed Orthod.* 2016;5(2):64-9.

29. Bazargani F, Feldmann I, Bondemark L. Three-dimensional analysis of effects of rapid maxillary expansion on facial sutures and bones. *Angle Orthod.* 2013;83(6):1074-82.

30. Lione R, Franchi L, Cozza P. Does rapid maxillary expansion induce adverse effects in growing subjects? *Angle Orthod.* 2013;83(1):172-82.

31. Ko C, Lim S, Yoon Y, Kim K. A meta-analysis of maxillary expansion : comparisons of intercanine/intermolar expansion and rapid/slow expansion. *Korean J Orthod.* 2004;34:21-3.

32. Lagravère MO, Carey J, Heo G, Toogood RW, Major PW. Transverse, vertical, and anteroposterior changes from bone-anchored maxillary expansion vs traditional rapid maxillary expansion: A randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137(3):304.e1-304.e12.

33. Kelly Regina Micheletti, Lilian Cristina Vessoni Iwaki, Maria Gisette Arias Provenzano, Osmar Aparecido Cuoghi and Adilson Luiz Ramos. Effects of rapid maxillary expansion with six months of retention and no further orthodontic treatment. *Acta Sci Health Sci.* 2016;38(1):89-94.

34. Al-Ani AA-M. The efficiency and stability of maxillary expansion with Quadhelix; a longitudinal study. *J Baghdad Coll Dent.* 2012;24(3):98-105.

35. Bell RA, LeCompte EJ. The effects of maxillary expansion using a quad-helix appliance during the deciduous and mixed dentitions. *Am J Orthod.* 1981;79(2):152-61.

36. Proffit WR, Fields HW, Sarver DM, Ackerman JL, éditeurs. *Contemporary orthodontics.* 5. ed. St. Louis, Mo: Elsevier/Mosby; 2013. 754 p.

37. Bell Ronald A. A review of maxillary expansion in relation to rate of expansion and patient's age. *Am J Orthod.* 1982;81(1):32-7.

38. Lagravere Manuel O., Major Paul W., Flores-Mir C. Skeletal and dental changes with fixed slow maxillary expansion treatment - A systematic review. *J Am Dent Assoc.* 2005;136(2):194-9.

39. Huynh T, Kennedy DB, Joondeph DR, Bollen A-M. Treatment response and stability of slow maxillary expansion using Haas, hyrax, and quad-helix appliances: A retrospective study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;136(3):331-9.

40. Zuccati G, Casci S, Doldo T, Clauser C. Expansion of maxillary arches with crossbite: a systematic review of RCTs in the last 12 years. *Eur J Orthod.* 2013;35(1):29-37.

41. De Coster T. L'expansion précoce du maxillaire. *Rev Orthopédie Dento-Faciale.* 1996;30(4):469-75.

42. Ekström C, Henrikson CO, Jensen R. Mineralization in the midpalatal suture after orthodontic expansion. *Am J Orthod.* 1977;71(4):449-55.

43. Arnez MFM, Ribeiro LSN, Barretto GD, Monteiro PM, Ervolino E, Stuani MBS. RANK/RANKL/OPG Expression in Rapid Maxillary Expansion. *Braz Dent J.* 2017;28(3):296-300.
44. Baccetti T, Franchi L, Cameron CG, McNamara Jr JA. Treatment timing for rapid maxillary expansion. *Angle Orthod.* 2001;71(5):343-50.
45. Duarte C, Kobayashi Y, Morita J, Kawamoto T, Moriyama K. A preliminary investigation of the effect of relaxin on bone remodelling in suture expansion. *Eur J Orthod.* 2017;39(3):227-234.
46. Reitan K. Principes de contention et prévention de la récurrence. *Rev Orthopédie Dento-Faciale.* 1973;7(2):165-85.
47. Philippe J. La contention. *Rev Orthopédie Dento-Faciale.* 1993;27(3):317-28.
48. Fourquet L, Göttle M, Bounoure G. Finitions, stabilité et harmonie. *Orthod Fr.* 2014;85(1):93-125.
49. T Bartzela, Jonas I. Long-term stability of unilateral posterior crossbite correction. *Angle Orthod.* 2007;77(2):237-43
50. Brogan WF. The stability of maxillary expansion. *Aust Dent J.* 1977;22(2):92-9.
51. McNamara Jr JA, Baccetti T, Franchi L, Herberger TA. Rapid maxillary expansion followed by fixed appliances: a long-term evaluation of changes in arch dimensions. *Angle Orthod.* 2003;73(4):344-53.
52. Haghanifar S, Mahmoudi S, Foroughi R, Poorsattar Bejeh Mir A, Mesgarani A, Bijani A. Assessment of midpalatal suture ossification using cone-beam computed tomography. *Electron Physician.* 2017;9(03):4035-41.
53. Godoy F. Treatment of posterior crossbite comparing 2 appliances : a community-based trial. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2011;139(1):45-52.
54. Petrán S, Bjerklin K, Bondemark L. Stability of unilateral posterior crossbite correction in the mixed dentition: A randomized clinical trial with a 3-year follow-up. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;139(1):e73-81.
55. Philippe J. Récurrence orthodontique et dérive centripète. *Rev Orthopédie Dento-Faciale.* 1989;23(3):317-28.
56. Mutinelli S. Rapid maxillary expansion in early-mixed dentition : effectiveness of increasing arch dimension with anchorage on deciduous teeth. *Eur J Paediatr Dent.* 2015;16(2):115-22.
57. Cozzani M. Arch width changes with a rapid maxillary expansion appliance anchored to the primary teeth. *Angle Orthod.* 2007;77(2): 296-302.
58. Primožic J, Baccetti T, Franchi L, Richmond S, Farcnik F, Ovsenik M. Three-dimensional assessment of palatal change in a controlled study of unilateral posterior crossbite correction in the primary dentition. *Eur J Orthod.* 2013;35(2):199-204.
59. Zafer S. Rapid maxillary expansion. Is it better in the mixed or in the permanent dentition ? *Angle Orthod.* 2003;73:654-61.
60. Mohan CN, Araujo EA, Oliver DR, Kim KB. Long-term stability of rapid palatal expansion in the mixed dentition vs the permanent dentition. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016;149(6):856-62.
61. Storey E. Tissue response to the movement of bones. *Am J Orthod.* 1973;64:229-35.
62. Cotton L. Slow maxillary expansion : skeletal versus dental response to low magnitude force in *maccaca mulata*. *Am J Orthod.* 1978;73-24.
63. Girón de Velasco Sada J. Effets dentaires et squelettiques du disjoncteur et du Quad hélis[®] : étude comparative d'un échantillon de 41 patients. *Orthod Fr.* 2008;79(3):173-82.
64. Martina R, Cioffi I, Farella M, Leone P, Manzo P, Matarese G, et al. Transverse changes determined by rapid and slow maxillary expansion - a low-dose CT-based randomized

- controlled trial : Rapid vs. slow maxillary expansion. *Orthod Craniofac Res.* 2012;15(3):159-68.
65. Zhou Y, Long H, Ye N, Xue J, Yang X, Liao L, et al. The effectiveness of non-surgical maxillary expansion : a meta-analysis. *Eur J Orthod.* 2014;36(2):233-42.
 66. Bucci R, D'Antò V, Rongo R, Valletta R, Martina R, Michelotti A. Dental and skeletal effects of palatal expansion techniques : a systematic review of the current evidence from systematic reviews and meta-analyses. *J Oral Rehabil.* 2016;43(7):543-64.
 67. McNamara JA. Long-term adaptations to changes in the transverse dimension in children and adolescents : An overview. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;129(4):S71-4.
 68. Garib DG, Henriques JC, Carvalho PEG, Gomes SC. Longitudinal effects of rapid maxillary expansion : a retrospective cephalometric study. *Angle Orthod.* 2007;77(3):442-8.
 69. Vargo J, Buschang PH, Boley JC, English JD, Behrents RG, Owen AH. Treatment effects and short-term relapse of maxillomandibular expansion during the early to mid mixed dentition. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;131(4):456-63.
 70. Petrán S, Bondemark L. Correction of unilateral posterior crossbite in the mixed dentition: A randomized controlled trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;133(6):790.e7-13.
 71. Petrán S., Bondemark L., Söderfeldt B. A systematic review concerning early orthodontic treatment of unilateral posterior crossbite. *Angle Orthod.* 2003;73:588-96.
 72. Lagravere Manuel O., Major Paul W., Flores-Mir C. Long-term Skeletal Changes with Rapid Maxillary Expansion : A Systematic Review. *Angle Orthod.* 2005;75:1046-52.
 73. Schiffman PH, Tuncay OC. Maxillary expansion : A meta analysis. *Clin Orthod Res.* 2001;4:86-96.
 74. Lagravere MO, Major PW, Flores-Mir C. Long-term dental arch changes after rapid maxillary expansion treatment : a systematic review. *Angle Orthod.* 2005;75(2):155-61.
 75. Lagravère MO, Heo G, Major PW, Flores-Mir C, Angell E, Haas A, et al. Meta-analysis of immediate changes with rapid maxillary expansion treatment. *J Am Dent Assoc Elsevier.* 2006;137(1):44-53.
 76. Darque F, Ellouze S. Biomécanique des mini-implants d'ancrage: illustrations cliniques. *Int Orthod.* 2007;5(4):357-92.
 77. Proffit WR. Equilibrium Theory Revisited: Factors Influencing Position of the Teeth. *Angle Orthod.* 1978;48(3):175-86.
 78. Fränkel R. L'orthopédie dento-maxillo-faciale, l'orthodontie et la théorie de Roux sur l'adaptation fonctionnelle. *Rev Orthopédie Dento-Faciale.* 1997;31(2):169-82.
 79. Moss ML. The differential roles of periosteal and capsular functional matrices in orofacial growth. *Eur J Orthod.* 2007;29(1):i96-101.
 80. Couly G. La langue, appareil naturel d'orthopédie dento-faciale « pour le meilleur et pour le pire ». *Rev Orthopédie Dento-Faciale.* 1989;23(1):9-17.
 81. Blake M, Bibby K. Retention and stability : A review of the litterature. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1998;114(3):299-306.
 82. Wagemans PA, van de Velde J-P, Kuljpers-Jagtman AM. Sutures-and forces: A review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1988;94(2):129-41.
 83. Angelieri F, Franchi L, Cevidanes LHS, Bueno-Silva B, McNamara Jr. JA. Prediction of rapid maxillary expansion by assessing the maturation of the midpalatal suture on cone beam CT. *Dent Press J Orthod.* 2016;21(6):115-25.
 84. Romanyk DL, Shim C, Liu SS, Lagravere MO, Major PW, Carey JP. Viscoelastic

- response of the midpalatal suture during maxillary expansion treatment. *Orthod Craniofac Res.* 2016;19(1):28-35.
85. Angelieri, F., Cevidanes, L. H. S., Franchi, L., Gonçalves, J. R., Benavides, E., & McNamara JR, J. A. Midpalatal suture maturation : Classification method for individual assessment before rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;144(5):759-69.
 86. Schauseil M, Ludwig B, Zorkun B, Hellak A, Korbmacher-Steiner H. Density of the midpalatal suture after RME treatment—a retrospective comparative low-dose CT-study. *Head Face Med.* 2014;10(1):18.
 87. Timms DJ. A study of basal movement with rapid maxillary expansion. *Am J Orthod.* 1980;77(5):500-7.
 88. Linder-Aronson S, Lindgren. The Skeletal and Dental Effects of Rapid Maxillary Expansion. *Br J Orthod.* 1979;6(1):25-9
 89. Vardimon AD, Brosh T, Spiegler A, Lieberman M, Pitaru S. Rapid palatal expansion: Part 1. Mineralization pattern of the midpalatal suture in cats. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998;113(4):371-8.
 90. Vardimon AD, Brosh T, Spiegler A, Lieberman M, Pitaru S. Rapid palatal expansion. Part 2: Dentoskeletal changes in cats with patent versus synostosed midpalatal suture. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998;113(5):488-97.
 91. Franchi L, Baccetti T, Lione R, Fanucci E, Cozza P. Modifications of midpalatal sutural density induced by rapid maxillary expansion: A low-dose computed-tomography evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137(4):486-8.
 92. Lione R, Franchi L, Fanucci E, Laganà G, Cozza P. Three-dimensional densitometric analysis of maxillary sutural changes induced by rapid maxillary expansion. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2013;42(2):71798010.
 93. R. Lione, L. Franchi. Three-dimensional densitometric analysis of maxillary sutural changes induced by rapid maxillary expansion.
 94. Angelieri F, Franchi L, Cevidanes LHS, McNamara Jr JA. Diagnostic performance of skeletal maturity for the assessment of midpalatal suture maturation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2015;148(6):1010-6.
 95. Da Silva Filho OG, Lara TS, Da Silva HC, Bertoz FA. Post expansion evaluation of the midpalatal suture in children submitted to rapid palatal expansion: a CT study. *J Clin Pediatr Dent.* 2007;31(2):142-8.
 96. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA. The Cervical Vertebral Maturation (CVM) Method for the assessment of optimal treatment timing in dentofacial orthopedics. *Semin Orthod.* 2005;11:119-29.
 97. Grünheid T, Larson CE, Larson BE. Midpalatal suture density ratio: A novel predictor of skeletal response to rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017;151(2):267-76.
 98. Persson M. The role of sutures in normal and abnormal craniofacial growth. *Acta Odontol Scand.* 1995;53(3):152-61.
 99. Knaup B, Yildhizhan F, Wehrbein H. Age-related changes in the midpalatal suture. A histomorphometric study. *J Orofac Orthop.* 2004;65(6):467-74.
 100. Korbmacher H, Schilling A, Püschel K, Amling M, Kahl-Nieke B. Age-dependent three-dimensional microcomputed tomography analysis of the human midpalatal suture. *J Orofac Orthop.* 2007;68(5):364-76.

101. Cauhépé J, Fieux J, Coutand A, Bouvet JM. Le rôle morphogénétique du comportement neuro-musculaire. *Rev Stom.* 1955;56(7):535-46.
102. Reitan K. The tissue reaction as related to the functional factor. *Eur J Orthod.* 2007;29(1):i58-64.
103. Liu SS-Y, Kyung H-M, Buschang PH. Continuous forces are more effective than intermittent forces in expanding sutures. *Eur J Orthod.* 2010;32(4):371-80.
104. Soulet A. Éducation neuro-musculaire des fonctions oro-faciales. *Rev Orthopédie Dento-Faciale.* 1989;23(2):135-75.
105. Canalda C. Syndrome de mastication unilatérale dominante acquise. *Rev Orthopédie Dento-Faciale.* 2002;36(1):53-73.
106. Castelo PM, Duarte Gavião MB, Pereira LJ, Bonjardim LR. Evaluation of changes in muscle thickness, bite force and facial asymmetry during early treatment of functional posterior crossbite. *J Clin Pediatr Dent.* 2010;34(4):369-74.
107. Akkaya S, Lorenzon S, Uçem TT. Comparison of dental arch and arch perimeter changes between bonded rapid and slow maxillary expansion procedures. *Oxf Univ Press.* 1998;20(3):255-61.
108. Ferrario VF, Sforza C, Serrao G. The influence of crossbite on the coordinated electromyographic activity of human masticatory muscles during mastication. *J Oral Rehabil.* 1999;26(7):575-81.
109. Kecik D, Kocadereli I, Saatci I. Evaluation of the treatment changes of functional posterior crossbite in the mixed dentition. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;131(2):202-15.
110. Hannah C.Jack, Jules K. The effect of incremental lower lip advancement on oral pressure and EMG activity of the lower lip. *Eur J Orthod.* 2014;36(6):672-7.
111. Halazonetis DJ, Katsavrias E, Spyropoulos MN. Changes in cheek pressure following rapid maxillary expansion. *Eur J Orthod.* 1994;16(4):295-300.
112. Rossi M de, Rossi A de, Abrão J. Skeletal alterations associated with the use of bonded rapid maxillary expansion appliance. *Braz Dent J.* 2011;22(4):334-9.
113. Küçükkeles N, Ceylanoglu C. Changes in lip, cheek, and tongue pressures after rapid maxillary expansion using a diaphragm pressure transducer. *Angle Orthod.* 2003;73(662-668).
114. Arat FE, Arat ZM, Acar M, Beyazova M, Tompson B. Muscular and condylar response to rapid maxillary expansion. Part 1: Electromyographic study of anterior temporal and superficial masseter muscles. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;133(6):815-22.
115. De Rossi M, De Rossi A, Hallak JEC, Vitti M, Regalo SCH. Electromyographic evaluation in children having rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* 2009;136(3):355-60.
116. Andrade AS, Gameiro GH, DeRossi M, Gavião MBD. Posterior Crossbite and Functional Changes: A Systematic Review. *Angle Orthod.* 2009;79(2):380-6.
117. Tsanidis N, Antonarakis GS, Kiliaridis S. Functional changes after early treatment of unilateral posterior cross-bite associated with mandibular shift: a systematic review. *J Oral Rehabil.* 2016;43(1):59-68.
118. Maffei C, Garcia P, de Biase NG, de Souza Camargo E, Vianna-Lara MS, Grégio AMT, et al. Orthodontic intervention combined with myofunctional therapy increases electromyographic activity of masticatory muscles in patients with skeletal unilateral posterior crossbite. *Acta Odontol Scand.* 2014;72(4):298-303.
119. Martín C, Palma JC, Alamán JM, Lopez-Quiñones JM, Alarcón JA. Longitudinal evaluation of sEMG of masticatory muscles and kinematics of mandible changes in children treated for unilateral cross-bite. *J Electromyogr Kinesiol.* 2012;22(4):620-8.
120. Valladares-Neto J, Evangelista K, Miranda de Torres H, Melo Pithon M, Alves Garcia Santos Silva M. A 22-year follow-up of the nonsurgical expansion of maxillary and mandibular arches in a young adult: Are the outcomes stable, relapsed, or unstable with aging? *Am J Orthod*

Dentofacial Orthop. 2016;150(3):521-32.

121. Throckmorton GS, Buschang PH, Hayasaki H, Pinto AS. Changes in the masticatory cycle following treatment of posterior unilateral crossbite in children. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001;120(5):521-9.

122. Di Palma E, Tepedino M, Chimenti C, Tartaglia G, Sforza C. Longitudinal effects of rapid maxillary expansion on masticatory muscles activity. *J Clin Exp Dent.* 2017;0-0.

123. Damstra J, Mistry D, Cruz C, Ren Y. Antero-posterior and transverse changes in the positions of palatal rugae after rapid maxillary expansion. *Eur J Orthod.* 2006;31(3):327-32.

124. Piancino MG, Talpone F, Dalmasso P, Debernardi C, Lewin A, Bracco P. Reverse-sequencing chewing patterns before and after treatment of children with a unilateral posterior crossbite. *Eur J Orthod.* 2006;28(5):480-4.

125. Ben-Bassat Y, Avinoam Yaffe, Ilana Brin, Julian Freeman, Yaacov Ehrlich. Functional and morphological-occlusal aspects in children treated for unilateral posterior cross-bite. *Eur J Orthod.* 1993;15(1):57-63.

126. Brin I, Ben-Bassat Y, Blustein Y, Ehrlich J, Hochman N, Marmary Y, et al. Skeletal and functional effects of treatment for unilateral posterior crossbite. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* 1996;109(2):173-9.

127. Piancino MG, Talpone F, Vallelonga T, Frongia G, Debernardi CL, Bracco P. Slow or rapid palatal expansion for early treatment of unilateral posterior crossbite? Evaluation of the reverse chewing cycles correction. *Prog Orthod.* 2010;11:138-44.

128. Neto GP, Puppini-Rontani RM, Garcia RCMR. Changes in the masticatory cycle after treatment of posterior crossbite in children aged 4 to 5 years. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;131(4):464-72.

129. 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;9(1):15-23.

130. Sonnesen L, Bakke M. Bite force in pre-orthodontic children with unilateral crossbite. *Eur J Orthod.* 2001;23(6):741-9.

131. Castelo PM, Gavião MBD, Pereira LJ, Bonjardim LR. Masticatory muscle thickness, bite force, and occlusal contacts in young children with unilateral posterior crossbite. *Eur J Orthod.* 2007;29(2):149-56.

132. Uzun F, Odabasi H, Acar S, Tortop T, Darendeliler N. Evaluation of the effects of modified bonded rapid maxillary expansion on occlusal force distribution: A pilot study. *Eur J Dent.* 2016;10(1):103.

133. Medio M, Chabre C. Récidive et contention. *EMC.* 2016;11:1-10.

134. Herold JS. Maxillary Expansion: A Retrospective Study of Three Methods of Expansion and Their Long-term Sequelae. *Br J Orthod.* 1989;16(3):195-200.

135. Boysen B, La Cour K, Gjessing PE, Athanasiou AE. Three-dimensional evaluation of dentoskeletal changes after posterior cross-bite correction by quad-helix or removable appliances. *Br J Orthod.* 1992;19(2):97-107.

136. Adkins MD, Nanda RS, Currier GF. Arch perimeter changes on rapid palatal expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1990;97(3):194-9.

137. Ugolini A, Doldo T, Ghislanzoni LTH, Mapelli A, Giorgetti R, Sforza C. Rapid palatal expansion effects on mandibular transverse dimensions in unilateral posterior crossbite patients: a three-dimensional digital imaging study. *Prog Orthod.* 2016;17(1).

138. Planas P. La réhabilitation neuro-occlusale. Paris Masson. 1992.

139. Kiliaridis S, Engström C, Thilander B. The relationship between masticatory function and craniofacial morphology: I. A cephalometric longitudinal analysis in the growing rat fed a soft diet. *Eur J Orthod.* 1985;7(4):273-83.

140. Kiliaridis S, Tzakis MG, Carlsson GE. Effects of fatigue and chewing training on maximal bite force and endurance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995;107(4):372-8.

141. Tzakis MG, Carlsson S, Carlsson GE. Effects of intense chewing on some parameters of

- masticatory function. *J Prosthet Dent.* 1992;67(3):405-9.
142. Tzakis MG, Kiliaridis S, Carlsson GE. Effect of chewing training on masticatory efficiency. *Acta Odontol Scand.* 1989;47(6):355-60.
143. Peyron M-A, Woda A. Adaptation de la mastication aux propriétés mécaniques des aliments. *Rev Orthopédie Dento-Faciale.* 2001;35(3):405-20.
144. Boileau MJ, Sampeur-Tarrit M, Bazert C. Physiologie et physiopathologie de la mastication. *EMC Elsevier Masson SAS Paris Médecine Buccale.* 2008;28-155-M-10:1-12.
145. Raymond JL. Mastication et corrections occlusales transversales. *Rev Orthop Dento Faciale.* 2001;35:339-46.
146. Katsaros C, Berg R, Kiliaridis S. Influence of Masticatory Muscle Function on Transverse Skull Dimensions in the Growing Rat. *J Orofac Orthop Fortschritte Kieferorthopädie.* 2002;63(1):5-13.
147. Kachi K. Effect of training on children's masticatory power. *Dent Outlook.* 1987;69:1302-9.
148. 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;22(2):146-53.
149. Okazaki M, Takahashi K, Oka T. Effectiveness of nutrition education including chewing training to increase masticatory function in children. *J Child Health.* 1999;58:575-86.
150. Piancino MG, Bracco P, Vallelonga T, Merlo A, Farina D. Effect of bolus hardness on the chewing pattern and activation of masticatory muscles in subjects with normal dental occlusion. *J Electromyogr Kinesiol.* 2008;18(6):931-7.
151. Parks LR, Buschang PH, Alexander RA, Dechow P, Rossouw PE. Masticatory exercise as an adjunctive treatment for hyperdivergent patients. *Angle Orthod.* 2007;77(3):457-62.
152. Masumoto N, Yamaguchi K, Fujimoto S. Daily chewing gum exercise for stabilizing the vertical occlusion. *J Oral Rehabil.* 2009;36(12):857-63.
153. Tailun He. Craniofacial morphology and growth in the Ferret : Effects from alteration of masticatory function. *Swedish Dental Journal Supplement.* 2004;165.
154. He T, Stavropoulos D, Hagberg C, Hakeberg M, Mohlin B. Effects of masticatory muscle training on maximum bite force and muscular endurance. *Acta Odontol Scand.* 2013;71(3-4):863-9.
155. Makaremi M, Zink K, de Brondeau F. Apport des contraintes masticatrices fortes dans la stabilisation de l'expansion maxillaire. *Rev Orthopédie Dento-Faciale.* 2015;49(1):11-20.
156. Tarkowska A, Katzer L, Ahlers MO. Assessment of masticatory performance by means of a color-changeable chewing gum. *J Prosthodont Res.* 2017;61(1):9-19.
157. Ben Younes-Uzan C. Fermeture des infraclusions par mastication sur les dents postérieures. *Rev Orthopédie Dento-Faciale.* 2017;51(3):447-55.

Vu, le Président du Jury,

Date, Signature :

Vu, la Directrice de l'UFR des Sciences Odontologiques,

Date, Signature :

Vu, le Président de l'Université de Bordeaux,

Date, Signature :

Mathilde TSANG TUNG

, Le 15 mai 2018

Thèse pour l'obtention du DIPLOME d'ETAT de DOCTEUR en CHIRURGIE DENTAIRE 2018 – n°

Discipline : Orthopédie Dento-faciale

Stabilité du sens transversal après expansion maxillaire et environnement neuro-musculaire.

Résumé

La stabilité de la dimension transversale est au cœur de la réflexion de notre profession. L'hypothèse de notre étude repose sur l'origine multifactorielle de la récurrence du sens transversal après expansion maxillaire comprenant des facteurs individuels, fonctionnels modulant la croissance, musculaires et mécaniques. La croissance des procès alvéolaires fait le lien entre la croissance faciale et les phénomènes de dentition. L'étude de la fonction masticatoire, décrite par Planas, est particulièrement intéressante parce qu'elle influence considérablement le développement des bases osseuses et des arcades dentaires. Un traitement précoce est à privilégier afin de bénéficier du potentiel de croissance nécessaire aux réponses à nos stimulations thérapeutiques. Avec la révolution industrielle et la préparation des aliments, la diminution de la fonction masticatrice chez l'homme est à l'origine d'une augmentation des malocclusions. La modification de la consistance des aliments mastiqués a un impact prédominant sur la croissance faciale. Pour comprendre l'interaction entre la fonction mastication, la croissance crânio-faciale et l'apparition de dysmorphoses, de nombreuses études se sont intéressées à cette problématique. Elles ont mis en lumière par le biais d'une série d'expérimentations animales et/ou anthropologiques, l'influence des contraintes masticatrices sur la réponse de croissance faciale et étayé l'hypothèse masticatoire-fonctionnelle. L'introduction des contraintes masticatrices fortes, pour lesquelles notre appareil masticateur est naturellement programmé, peut servir de levier thérapeutique puissant dans la stabilité de nos thérapeutiques transversales.

Mots-clés: stabilité, sens transversal, expansion maxillaire, environnement neuro-musculaire, mastication, dimension intermolaires

Stability of transversal sens after maxillary expansion and neuromuscular environment.

Summary :

The stability of maxillary expansion is at the middle of thoughts of the profession. The hypothesis of our study is based on the multifactorial origin of recurrence of the transverse sense after maxillary expansion including individual factors, functional modulating growth, muscular and mechanical. The growth of the alveolar processes makes the connection between the facial growth and the phenomena of dentition. The study of masticatory function, described by Planas, is particularly interesting because it considerably influences the development of bone bases and dental arches. Early treatment is preferred in order to benefit from the growth potential necessary for the responses to our therapeutic stimuli. With the industrial revolution and food preparation, the decrease in masticatory function in humans is causing an increase in malocclusions. Changing the consistency of chewed foods has a predominant impact on facial growth. To understand the interaction between the chewing function, craniofacial growth and the appearance of dysmorphoses, many studies have been interested in this problem. They have revealed, through a series of animal and / or anthropological experiments, the influence of masticatory constraints on the facial growth response and supported the masticatory-functional hypothesis. The introduction of strong masticatory constraints, for which our masticatory device is naturally programmed, can serve as a powerful therapeutic lever in the stability of our transversal therapies.

Key-words : stability, sens transversal, maxillary expansion, neuromuscular environment, mastication, intermolar dimension,

Université de Bordeaux – Collège des Sciences de la Santé
UFR des Sciences Odontologiques
16-20 cours de la Marne
33082 BORDEAUX CEDEX