HAL
open science

Solutions thérapeutiques sans extraction de prémolaires face à une DDM négative : place et limite de la distalisation mandibulaire. Revue de la littérature

Hélène Noly

To cite this version:

Hélène Noly. Solutions thérapeutiques sans extraction de prémolaires face à une DDM négative : place et limite de la distalisation mandibulaire. Revue de la littérature. Sciences du Vivant [q-bio]. 2020. dumas-03079870

HAL Id: dumas-03079870

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03079870v1

Submitted on 17 Dec 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
U.F.R. des Sciences Odontologiques

Année 2020 Thèse n°72

Thèse pour l'obtention du

DIPLOME D'ETAT de DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement

Par Hélène NOLY

Née le 10 novembre 1991 à Chaumont (52)

Le 04 décembre 2020

Solutions thérapeutiques sans extraction de prémolaires face à une DDM négative : place et limite de la distalisation mandibulaire. Revue de la littérature.

Directeur de thèse

Docteur Marie-José BOILEAU

Membres du Jury

Présidente	Mme M.J. BOILEAU	Professeur des Universités
Directeur	Mme M.J. BOILEAU	Professeur des Universités
Rapporteur	M. E. BARDINET	Maitre de Conférences des Universités
Assesseur	M. C. BAZERT	Maitre de Conférences des Universités
Assesseur	M. A. LAFITTE	Assistant Hospitalo-Universitaire

UNIVERSITE DE BORDEAUX

MAJ
01/11/2020

Président	M. TUNON DE LARA Manuel
Directeur de Collège des Sciences de la Santé	M. PELLEGRIN Jean-Luc

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

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

ENSEIGNANTS DE L'UFR

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

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

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

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

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

AUTRES ENSEIGNANTS

M.	Cédric	FALLA	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
M.	François	ROUZÉ L'ALZIT	Prothèse dentaire	58-01

ASSISTANTS

M.	Bastien	BERCAULT	Chirurgie Orale	57-01
M.	Baptiste	BERGES	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Mathilde	BOUDEAU	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
Mme	Virginie	CHUY	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
M	Pierre-Hadrien	DECAUP	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Laura	DONNET	Biologie Orale	57-01
Mme	Julia	ESTIVALS	Odontologie pédiatrique	56-01
Mr	Pierre-André	GUILLAUD	Parodontologie	57-01
Mme	Jane	GOURGUES	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mr	Louis	HUAULT	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
Mme	Mathilde	JACQUEMONT	Parodontologie	57-01
Mme	Clémence	JAECK	Prothèse dentaire	58-01
Mr	Aymeric	JOUBERT DU CELLIER	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
Mr	Jean-Baptiste	IRIBARREN	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
Mme	Claudine	KHOURY	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mme	Camille	LACAULE	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Antoine	LAFITTE	Orthopédie dento-faciale	56-01
Mme	Léa	MASSE	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Aude	MENARD	Prothèse dentaire	58-01
M	Florian	PITEU	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Rawen	SMIRANI	Parodontologie	57-01
Mme	Florianne	VILLAT	Dentisterie restauratrice et endodontie	5801
M.	Clément	VACHEY	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M	Paul	VITIELLO	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Sophia	ZIANE	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01

REMERCIEMENTS

A notre Présidente et Directrice de thèse

Madame le Professeur Marie-José BOILEAU
Professeur des Universités – Praticien Hospitalier
Sous-section Orthopédie Dento-Faciale 56-01

Je vous remercie de l'honneur que vous me faites en présidant ce jury et d'avoir accepté de diriger ce travail,
Votre rigueur et votre précision sont autant d'atouts que j'ai pu apprécier pour la rédaction de ce travail mais également pour l'apprentissage et la pratique de ce métier.
Votre présence et votre compréhension au cours de cet internat m'ont été d'une grande aide.
Je tiens à vous témoigner toute ma gratitude pour votre dévouement et votre soutien indéfectible tout au long de cette formation.
Votre altruisme envers vos étudiants et envers les patients est une de vos qualités humaines que je garderai en exemple et me forcerai à appliquer comme ligne de conduite.

Veuillez trouver dans ce travail le sentiment de ma reconnaissance et de mon profond respect.

A notre Rapporteur de thèse

Monsieur le Docteur Etienne BARDINET
Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier
Sous-section Orthopédie Dento-Faciale 56-01

A vous qui me faites l'honneur de juger mon travail et de participer à ce jury,
Merci pour votre présence infaillible pendant notre formation et pour votre aide dans l'apprentissage et la pratique de cette spécialité,
Votre pragmatisme dans l'application clinique nous a permis de toujours progresser et vouloir chercher plus loin.

Que cette thèse témoigne de ma reconnaissance et de mon profond respect.

A notre Assesseur

Monsieur le Docteur Cédric BAZERT
Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier
Sous-section Orthopédie Dento-Faciale 56-01

Je vous remercie de l'honneur et du plaisir que vous me faites en acceptant de faire partie de ce jury de thèse.
Merci pour la passion avec laquelle vous enseignez l'art de l'orthopédie dento-faciale, vos enseignements théoriques et cliniques sont une valeur indispensable à cet internat.
Je vous remercie pour votre présence et votre disponibilité sur lesquelles nous pouvions toujours compter lors des vacations cliniques.
Votre accompagnement nous a apporté les outils nécessaires pour exiger de notre pratique un travail de perfection.
Au-delà de la qualité de votre enseignement je vous remercie pour votre écoute, votre gentillesse et votre bienveillance.

Je tiens à vous témoigner à travers ce travail ma gratitude la plus sincère et mon profond respect.

A notre Assesseur

Monsieur le Docteur Antoine LAFITTE
Assistant Hospitalo-Universitaire
Sous-section Orthopédie Dento-Faciale 56-01

Je vous remercie de l'honneur et du plaisir que vous me faites en acceptant de faire partie de ce jury de thèse.
Ces 3 années d'internat passées à vos côtés dont une partie en tant que co-internes m'ont permis d'apporter une touche de légèreté et de gaieté à cette formation.
Je tiens à vous témoigner toute mon admiration pour votre goût de la perfection et votre engagement professionnel.
Je vous remercie pour votre bonne humeur permanente, votre dynamisme toujours présent et votre investissement.

Que ce travail témoigne de ma profonde gratitude et de toute l'amitié que je vous porte.

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES 7

LISTE DES ABREVATIONS 9

INTRODUCTION 10

CONTEXTE 11

1. LA DYSHARMONIE DENTOMAXILLAIRE OU *DDM* 11
1.1 DEFINITION DE LA *DDM* 11
1.2 ETIOLOGIES DE LA *DDM* 12
1.3 DIAGNOSTIC POSITIF DE LA *DDM* PAR MACRODONTIE RELATIVE 12
1.3.1 Signes cliniques de la macrodontie relative 12
1.3.1.1 Signes cliniques exobuccaux 12
1.3.1.2 Signes cliniques endobuccaux 13
1.3.2 Signes radiologiques 14
1.4 MOYENS D'EVALUATION DE LA *DDM* 15
1.4.1 L'encombrement 15
1.4.1.1 Indices basés sur la méthode de Nance 15
1.4.1.2 Indice d'irrégularité de Little 17
1.4.1.3 Évaluation segmentaire de Lundström 18
1.4.2 Le repositionnement incisif 18
1.4.3 Le nivellement de la courbe de Spee 19

2. LES POSSIBILITÉS THÉRAPEUTIQUES FACE À UNE *DDM* NÉGATIVE : DONNÉES ACTUELLES 19
2.1 AVEC EXTRACTION DE PRÉMOLAIRES 20
2.1.1 Principe 20
2.1.2 Limites 20
2.1.2.1 Esthétique du profil des tissus mous 21
2.1.2.2 Esthétique du sourire 21
2.1.2.3 Stabilité et récidive 21
2.1.2.4 Autres 21
2.2 SANS EXTRACTION DE PRÉMOLAIRES 22
2.2.1 LA RÉDUCTION AMÉLAIRE PROXIMALE OU stripping 22
2.2.1.1 Principe 22
2.2.1.2 Limites de la réduction amélaire interproximale 23
2.2.2 L'EXPANSION 24
2.2.2.1 L'expansion transversale 24
2.2.2.2 L'expansion sagittale antérieure : la vestibulo-version incisive 25
2.2.2.3 L'expansion sagittale postérieure : la distalisation molaire 26
2.2.2.3.1 Principes biomécaniques généraux 26
2.2.2.3.2 La distalisation molaire à l'arcade mandibulaire 26
2.2.2.3.3 Techniques de distalisation à l'arcade mandibulaire 29
2.2.2.3.4 Distalisation mandibulaire avec fil d'ostéosynthèse : technique d'Abalakov 33

REVUE SYSTEMATIQUE DE LA LITTERATURE 34

1. OBJECTIFS 34

2. MATERIELS ET METHODES 34
2.1 STRATEGIE DE RECHERCHE ET EQUATION 34
2.2 CRITERES D'ELIGIBILITE 34
2.2.1 Critères d'inclusion 34
2.2.1.1 Type d'études 34

2.2.1.2 Types de participants 34
2.2.1.3 Types de limites de distalisation 35
2.2.2 Critères de non-inclusion 35
2.3 SELECTION DES ARTICLES 35
2.4 CRITERES DE JUGEMENT 35
2.5 EXTRACTION DES DONNEES ET SYNTHESE 35

3. RESULTATS 36
3.1 PRESENTATION DES ARTICLES 38
3.2 POPULATION ETUDIEE DANS LES DIFFERENTS ARTICLES 39
3.3 ANALYSE DES CRITERES DE JUGEMENT : 40
3.3.1 Articles abordant les limites anatomiques à la distalisation molaire mandibulaire. 40
3.3.2 Articles donnant des valeurs quantitatives des déplacements dentaires lors d'une distalisation molaire mandibulaire 43
3.3.2.1 Motivations de l'utilisation de la distalisation molaire mandibulaire 43
3.3.2.2 Systèmes et techniques de distalisation utilisés 44
3.3.2.3 Age des patients dans les articles en fonction de la technique utilisée 48
3.3.2.4 Quantification du mouvement molaire mandibulaire : critères évalués et méthode d'évaluation 49
3.3.2.5 Quantités de la distalisation molaire mandibulaire dans le sens sagittal et temps de traitement (Tableau 11Tableau 12). 52
3.3.2.6 Stabilité du déplacement et système de contention (Tableau 13). 54
3.3.2.7 Effets parasites associés à la distalisation molaire mandibulaire 56
3.3.2.7.1 sur les incisives mandibulaires dans le sens sagittal 56
3.3.2.7.2 sur le sens vertical (Tableau 15) 57
3.3.2.7.3 sur le sens transversal 58

4. DISCUSSION 59
4.1 CRITIQUE DE LA METHODE 59
4.1.1 Recueil et sélection des articles 59
4.1.2 Les critères d'inclusion et de non-inclusion 60
4.1.3 Temps de recul 60
4.1.4 Diversité des matériel et méthodes des différents articles 60
4.2 CRITIQUE DES RESULTATS 60
4.2.1 Les limites anatomiques de la distalisation mandibulaire 60
4.2.1.1 Proximité du canal dentaire 61
4.2.1.2 La corticale linguale 61
4.2.2 Objectifs de la distalisation mandibulaire chez les patients traités 62
4.2.3 Techniques de quantification de la distalisation 62
4.2.4 Techniques de distalisation employée, impact sur le mouvement de distalisation . 63
4.2.5 Temps de distalisation et recueil des données 64
4.2.6 Temps de distalisation 64
4.2.7 Traitement sans extraction ? 64
4.2.8 Utilisation des ancrages osseux 65
4.2.9 Recul, récidive/stabilité 65
4.3 SYNTHESE 66

CONCLUSION 69

TABLE DES ILLUSTRATIONS 70

TABLE DES TABLEAUX 72

ANNEXES 73

BIBLIOGRAPHIE 82

LISTE DES ABREVATIONS

AO : Ancrage(s) Osseux
ASA (score) : *Physical status score*, score mis au point par la société américaine « *American Society of Anesthesiologists »*
CBCT : Cone Beam Computed Tomography (imagerie tridimensionnelle)
CR : Centre de Résistance
DDM : Dysharmonie Dento-Maxillaire
DDS : Dent(s) De Sagesse
FEO : Forces Extra-Orales
MP : Miniplaque(s)
MV : Minivis
TRP 2D : Téléradiographie de Profil deux dimensions
VFH : Verticale au plan de Francfort Horizontal ; plan perpendiculaire au plan de Francfort passant par le point ptérygoïdien.

INTRODUCTION

Depuis de nombreuses années des courants de pensées sur les objectifs thérapeutiques de gestion de la *DDM* (*dysharmonie dentomaxillaire*) se font face. Notamment en ce qui concerne la question d'extraire ou de ne pas extraire des prémolaires(1).

La tendance générale de la pratique orthodontique est aujourd'hui à la diminution des extractions dentaires. Elles subsistent cependant dans certains cas et leurs indications ne disparaîtront probablement jamais totalement. En effet, il est important de connaître les limites d'un traitement sans extraction et donc des solutions thérapeutiques employées pour les réaliser.

Cette tendance à ne plus extraire des prémolaires impose des approches thérapeutiques nous permettant de trouver l'espace nécessaire sur l'arcade afin de corriger les malocclusions et l'encombrement. Ce choix nécessite, le plus souvent, l'extraction des troisièmes molaires. Les solutions de correction de l'encombrement dentaire sans extraction de prémolaires sont multiples : la réduction interproximale, la distalisation, l'expansion transversale et la version incisive(2).

Les objectifs de traitement sont variables en fonction du praticien, de la position incisive souhaitée mais également des particularités individuelles (anatomie dentaire et limites parodontales du patient notamment).

Se pose alors la question des limites des solutions thérapeutiques de correction de la DDM sans extraction de prémolaires. A l'heure actuelle la santé parodontale et le maintien de l'os alvéolaire est au cœur de la préoccupation des orthodontistes. L'expansion sagittale au-delà des limites de la base osseuse peut, selon des études réalisées sur les animaux(3)(4) et l'humain(5)(6)(7)(8), constituer un risque de développement d'une déhiscence osseuse et de récessions gingivales. L'expansion transversale semble présenter également les mêmes limites parodontales. Ces dernières années, l'apport de nouvelles techniques dans la distalisation molaires notamment l'ancrage par minivis ou miniplaques, semble agrandir les possibilités de traitement sans extraction mais pose un certain nombre de questions. Quelles sont vraiment les limites de cette distalisation molaire, nous permet-elle de repousser significativement les limites des traitements sans extraction ? Une technique de distalisation serait-elle plus efficace qu'une autre ?

Dans un premier temps nous ferons quelques rappels sur la dysharmonie dento-maxillaire et les possibilités thérapeutiques qui s'offrent à l'orthodontiste face à une *DDM* négative. Puis nous présenterons une revue systématique de la littérature sur la distalisation à l'arcade mandibulaire, sa place à l'heure actuelle, les techniques utilisées pour sa réalisation et enfin ses limites.

CONTEXTE

1. LA DYSHARMONIE DENTOMAXILLAIRE OU *DDM*

La *DDM* est un motif de consultation fréquent au cabinet dentaire.

Le terme *dysharmonie dentomaxillaire* est aujourd'hui inadapté au regard des recommandations du FederativeCommittee on Anatomical Terminology (FCAT), l'expression « les maxillaires » ne désignant plus l'ensemble maxillomandibulaire. En remplacement, la Société Française d'Orthopédie Dentofaciale (SFODF) a adopté en 2014, l'expression « dysharmonie dents-arcades ». Pour ne pas dérouter le lecteur, nous conserverons dans cette thèse le terme ancien, *dysharmonie dentomaxillaire(DDM)*, encore très largement usité, que nous écrirons en italique.

1.1 DEFINITION DE LA *DDM*

Une *dysharmonie dento-maxillaire* correspond à une disproportion entre les dimensions mésio-distales des dents permanentes et le périmètre des arcades alvéolaires correspondantes ; la continuité des arcades dentaires au niveau des faces proximales n'étant plus assurée. Le signe le plus manifeste est un encombrement des arcades dentaires(9).

Bien qu'elle existe au maxillaire et à la mandibule, elle est principalement étudiée et quantifiée à la mandibule. C'est pourquoi dans ce travail notre recherche a été axée sur la mandibule.

On distingue 3 localisations de la *DDM* : antérieure (incisives et canines), latérale (prémolaires et premières molaires) et postérieure (deuxièmes et troisièmes molaires).

Château(10) distingue 2 formes de *DDM* illustrées par la Figure 1 ci-dessous :

- La *DDM* positive (*DDM* par défaut) : microdontie vraie ou relative : on a « trop de place » (dents trop petites pour l'arcade) caractérisée par la présence de diastèmes ;
- La *DDM* négative (*DDM* par excès) : macrodontie vraie ou relative : on n'a « pas assez de place » (dents trop grosses pour l'arcade) avec dystopies et chevauchements.

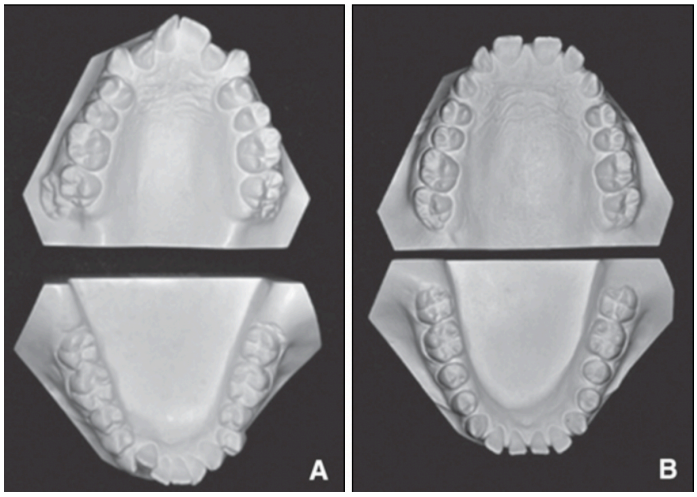


Figure 1 : Deux cas cliniques présentant une macrodontie relative (A) et une microdontie relative (B).

Nous nous limiterons dans la suite de ce travail à la dysharmonie dento-maxillaire par macrodontie relative, seule forme pouvant nécessiter une distalisation molaire mandibulaire.

1.2 ETIOLOGIES DE LA *DDM*

Les *DDM* sont fréquentes, la macrodontie relative représente 60 à 80 % des cas orthodontiques selon Tweed(11).

Cette fréquence s'explique par la multiplicité des facteurs étiologiques et de leurs interactions :

- L'évolution a réduit le volume des mâchoires plus rapidement que celui des dents, et plus rapidement les dimensions des dernières dents de chaque série ;
- L'hérédité croisée : un individu pouvant hériter de « grandes dents » d'un de ces parents et de « petits bases osseuses » de l'autre ;
- L'indépendance phylogénétique et embryologique entre la denture et les bases osseuses ;
- L'asynchronisme de développement des dents et des mâchoires soumettant plus longtemps ces dernières à l'influence des troubles endocriniens, de la croissance, des fonctions et des pathologies du système osseux ;
- L'origine ethnique ou familiale ;
- Une origine pathologique ou iatrogène : la perte prématurée d'une dent temporaire ou une poussée mésialante excessive ;
- Un déséquilibre musculaire labio-linguo-jugal : ce déséquilibre va influencer la position du couloir dentaire correspondant à l'espace d'évolution des dents.

1.3 DIAGNOSTIC POSITIF DE LA *DDM* PAR MACRODONTIE RELATIVE

1.3.1 Signes cliniques de la macrodontie relative

1.3.1.1 Signes cliniques exobuccaux

Il n'y a pas de signes inhérents à la DDM en exobuccal. On peut toutefois citer la biprochéilie, mais aussi les patients présentant des lèvres pincées et cherchant à cacher leurs

dents ou encore le sillon labio-mentonnier marqué. Il est à noter que ces signes ne sont pas significatifs de la présence d'une DDM négative, l'examen clinique endobuccal ainsi que les examens complémentaires restant les principaux éléments permettant de poser le diagnostic.

1.3.1.2 Signes cliniques endobuccaux

- Intra arcades :
  - Denture temporaire ou mixte :
    - Une macrodontie relative transitoire a été décrite en denture mixte par L. De Coster(12). Cette dysharmonie suppose un décalage de deux ans entre l'âge dentaire et l'âge osseux. L'encombrement, limité à 2 ou 3 mm, disparaît en denture permanente aux dépens du *lee way*. De manière générale, avant 6 ans, il y a peu de *DDM*.
    - Lors de l'évolution des premières molaires maxillaires, le rétrécissement de la base apicale peut gêner leur redressement : leur face occlusale conserve une orientation distale.
    - À l'arcade maxillaire, le manque de place en arrière des deuxièmes molaires temporaires peut contraindre les premières molaires permanentes à résorber la racine distale des deuxièmes molaires temporaires, entraînant une péricoronarite ou empêchant le redressement des molaires permanentes par blocage dans la cavité carieuse distale des deuxièmes molaires temporaires.
    - Dans la région antérieure, l'absence de diastèmes de Bogue traduit un défaut de développement transversal des arcades suffisant par rapport à la taille des dents et précède habituellement l'apparition de malpositions des incisives permanentes. Pour une évolution harmonieuse, il est nécessaire que la somme de la largeur mésiodistale des incisives temporaires et des diastèmes de Bogue soit égale à la somme de la largeur mésiodistale des incisives permanentes.
  - Phase de constitution de la denture mixte :
    - On peut observer la résorption de 2 dents temporaires par une seule dent définitive. Idéalement, les phénomènes de dentition devraient reproduire les schémas de Van der Linden(13). Même lorsqu'il existe une macrodontie relative, les incisives centrales permanentes ont la possibilité d'évoluer sans retard supérieur à un an et demi, entraînant la chute des incisives centrales et latérales temporaires : une dent permanente prend la place de deux dents temporaires, ne permettant plus l'évolution des incisives latérales.
    - L'évolution des incisives en position vestibulaire ou linguale peut également se présenter. À la mandibule les incisives centrales permanentes doivent parfois évoluer lingualement par rapport à l'incisive temporaire correspondante. Les incisives latérales évoluent plus difficilement. Pour rester à l'aplomb de la crête gingivale, elles doivent accélérer la résorption des canines temporaires, leur mise en place sur l'arcade est nettement retardée. Le manque de place peut obliger les incisives centrales et latérales à évoluer en version ou en rotation parfois en dehors du sommet de la crête gingivale, dans une zone pauvre en gencive kératinisée.
  - Phase de constitution de la denture adolescente :

        - Vers 11 ou 12 ans, au moment de l'évolution des canines, les incisives peuvent être correctement alignées mais sans laisser d'espace suffisant entre les incisives latérales permanentes et les premières molaires temporaires, les canines temporaires ayant disparu depuis longtemps. Par contre, si les canines temporaires persistent, les incisives sont en malposition.
        - À l'arcade maxillaire, la mésiovestibulorotation des incisives latérales, ou signe de Quintero, secondaire à la pression des canines vestibulairement sur la racine des latérales.
        - La mise en place des canines se fait difficilement entre les incisives latérales et les premières prémolaires qui évoluent souvent avant elles. L'espace dévolu aux canines peut également être réduit par mésialisation des secteurs latéraux en présence de *DDM* postérieure. Le chemin d'évolution des canines peut être dévié du fait de l'encombrement entraînant leur inclusion. Tous ces mécanismes pathogéniques peuvent se manifester de façon aléatoire, créant des malpositions asymétriques en particulier des déviations des milieux interincisifs.
        - Les deuxièmes prémolaires mandibulaires peuvent rester incluses ou parfois évoluer lingualement. Les deuxièmes molaires maxillaires évoluent vestibulairement, les deuxièmes molaires mandibulaires, vestibulairement ou lingualement. Les dents de sagesse restent incluses ou très dystopiques. En règle générale, ce sont les dernières dents de chaque série qui ont le plus de difficulté pour opérer leur redressement axial et peuvent rester incluses.
    - En denture permanente :
        - En denture permanente, les désordres occlusaux s'accentuent en fonction du type de croissance, aggravant le préjudice esthétique. Les désordres peuvent se présenter sous la forme d'encombrement, de vestibulo-version des incisives (le diagnostic différentiel avec une dysmorphose de Classe II doit être évoqué) (attention à faire le diagnostic différentiel avec une dysmorphose de classe II), une courbe de Spee exagérée, des malpositions, des rotations et enfin des dents incluses ou enclavées.
        - Des abrasions dentaires atypiques apparaissent. Des lésions parodontales peuvent accompagner ce tableau si le patient n'a pas une bonne hygiène buccale, rendue difficile par les malpositions dentaires.
- Inter arcades :
    - Statique :
        - Perte de concordance des milieux inter-incisifs
        - Occlusion inversée d'une ou plusieurs dents
        - Influence sur le surplomb et le recouvrement
    - Dynamique :
        - Interférences en latéralités et en propulsion pouvant générer des problèmes aux articulations temporo-mandibulaires
        - Prématurités avec ou sans déviation du chemin de fermeture

1.3.2 Signes radiologiques

A la radiographie panoramique on peut visualiser :

- L'axe des canines fortement mésioversées avec un espace d'évolution réduit
- La distoversion des incisives latérales supérieures
- La présence de dents enclavées ou incluses
- La version des germes des 2èmes et 3èmes molaires signant la présence d'une *DDM* postérieure.

A la téléradiographie de profil on observe :
- Une vestibuloversion exagérée des incisives inférieures (voire même supérieures),
- L'image du germe de la canine mandibulaire dans la symphyse,
- La superposition des germes (notamment des molaires).

L'imagerie tridimensionnelle nous permet d'apprécier plus facilement ces situations, notamment la présence de résorptions radiculaires ou la situation d'une inclusion.

1.4 MOYENS D'EVALUATION DE LA *DDM*

La plupart des situations cliniques associent la *DDM* à d'autres anomalies. Il est impossible de mesurer dans ces cas la seule *DDM*, c'est la raison pour laquelle « l'insuffisance ou l'excès de place pour l'alignement des dents à un moment donné » doivent être quantifiés.

Il y a 3 paramètres à prendre en compte dans l'évaluation de la *DDM* : l'encombrement dentaire, le nivellement de la courbe de Spee et le repositionnement de l'incisive inférieure. Ces 3 données sont évaluées à l'arcade mandibulaire seulement. La mesure de ces 3 valeurs permet de quantifier de façon précise la place nécessaire sur l'arcade mandibulaire pour corriger la *DDM*.

1.4.1 L'encombrement

Il existe plusieurs indices estimant l'encombrement dentaire.

1.4.1.1 Indices basés sur la méthode de Nance

Nance en 1947 détermine un indice d'encombrement dont la définition correspond à la différence entre l'espace disponible (ED) sur l'arcade (place offerte par le périmètre d'arcade) et l'espace nécessaire (EN) à l'évolution des dents permanentes en avant des premières molaires. **Il est toujours réalisé à la mandibule** et ne permet pas d'évaluer une *DDM* à localisation postérieure(14).

$$\text{Encombrement} = ED - EN$$

Si l'espace nécessaire est supérieur à l'espace disponible, l'encombrement est dit négatif ; dans le cas contraire il sera, par convention, positif.

- Mesure de l'espace nécessaire (EN) : Les diamètres mésiodistaux des 10 dents antérieures sont mesurés sur les modèles en plâtre avec un compas à pointes sèches ou un pied à coulisse puis reportés sur une droite. L'ensemble des mesures reportées est l'espace nécessaire. Cette mesure est illustrée ci-dessous en Figure 2.

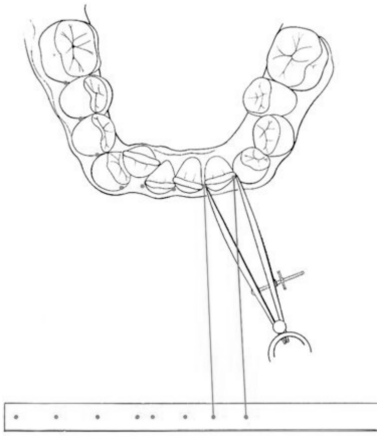


Figure 2 : Mesure de l'espace nécessaire dent par dent et report sur une feuille de papier

- Cas particulier : pour les dents non évoluées, le diamètre mésio-distal peut être évalué à partir de radiographies ou en utilisant des tables statistiques des dimensions dentaires en cas de rotation.

- Mesure de l'espace disponible (ED) :
    - Par la méthode des secteurs (Figure 3) : on divise successivement chaque hémi-arcades en 3 secteurs (prémolaire, canin et incisif) et chacune de ces mesures est reportée sur une droite.

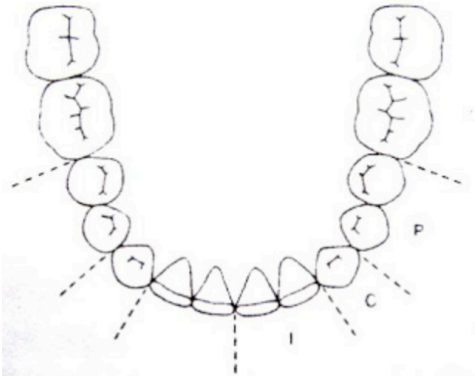


Figure 3 : Méthode dite des secteurs pour mesurer l'espace disponible sur l'arcade

    - Par la méthode du fil de laiton : on façonne un fil mou de laiton joignant les faces mésiales des 1ères molaires permanentes en suivant le périmètre d'arcade, passant par les points de contact, en dessinant une forme d'arcade idéale sans tenir compte des malpositions (Figure 4). La longueur de ce fil déplié est ensuite mesurée ou reportée sur le relevé des diamètres mésio-distaux des dents correspondantes (Figure 5).

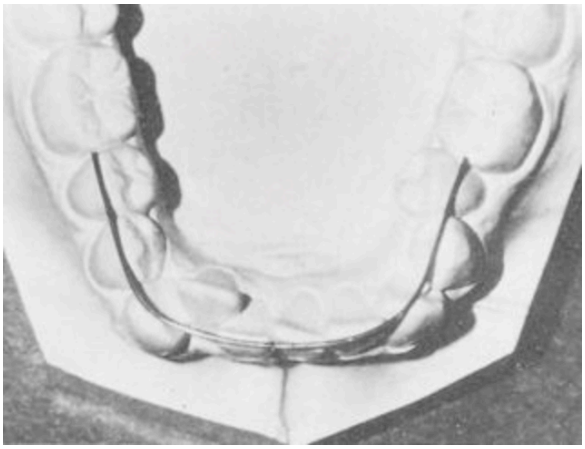


Figure 4 : Fil de laiton mis en place sans tenir compte des malpositions

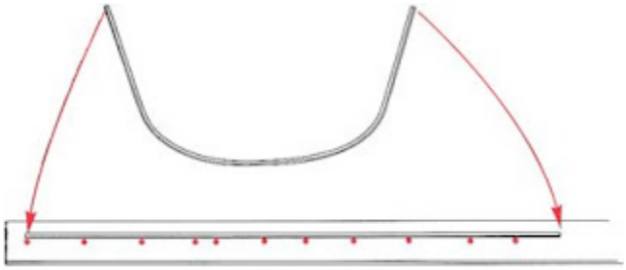


Figure 5 : Superposition matérialisant l'espace disponible et l'espace nécessaire

1.4.1.2 Indice d'irrégularité de Little

Il évalue les malpositions dans la partie antérieure de l'arcade, mais pas la place nécessaire.

Little(15) mesure la distance des points de contact anatomiques dentaires théoriques entre eux (Figure 6), pour chaque incisive mandibulaire. Leur somme représente le degré d'irrégularité relative des dents antérieures. Plus les chevauchements augmentent et plus les points de contact sont distants, plus l'indice sera élevé.

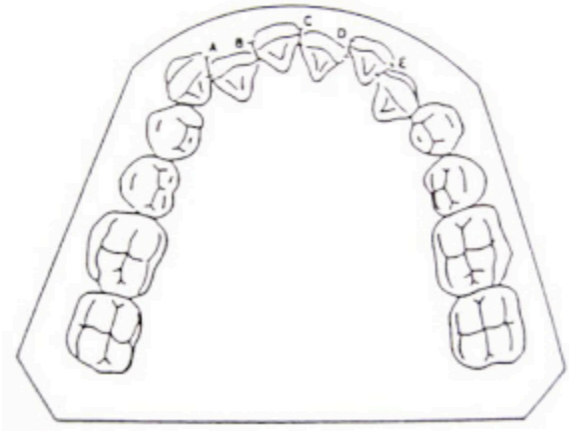


Figure 6 : Indice d'irrégularité de Little
L'irrégularité est la somme des distances A+B+C+D+E

1.4.1.3 Évaluation segmentaire de Lundström

Lundström divise l'arcade dentaire est en six segments de 2 dents (Figure 7). Pour chaque segment on relève la dimension mésiodistale des dents, que l'on additionne. La somme des différences entre espace nécessaire et espace disponible pour chacun des segments donne "le rapport d'espace" c'est-à-dire l'espace manquant(16).

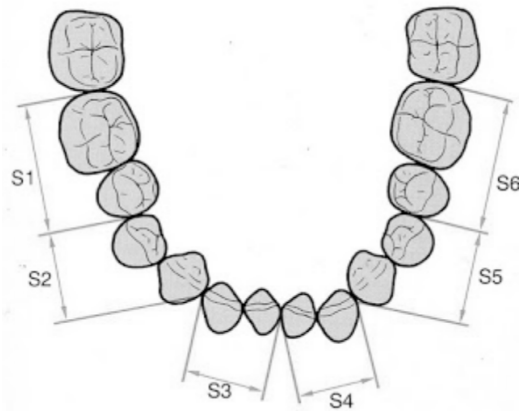


Figure 7 : Segmentation de l'arcade selon Lundström

1.4.2 Le repositionnement incisif

Le repositionnement incisif est calculé en fonction de critères cliniques et céphalométriques. On évalue donc la position de l'incisive mandibulaire de manière quantitative et qualitative.

Selon leurs auteurs, les analyses céphalométriques proposent des normes ou des méthodes de calcul basées sur des références différentes : la ligne NB pour Steiner et Root(17), le plan de Francfort ou le plan mandibulaire pour Tweed(18), la ligne APog pour Begg ou Ricketts(19).

Le principe de repositionnement diffère lui aussi d'un auteur à l'autre. À titre d'exemple :

- Tweed base ce repositionnement sur la dimension verticale squelettique ;
- Steiner privilégie, dans ses compromis acceptables, la compensation alvéolaire du décalage squelettique sagittal en pondérant cette estimation en fonction de l'esthétique labiomentonnière par l'utilisation de la règle de Holdaway(20).

L'incisive maxillaire est le plus souvent positionnée par rapport à l'incisive mandibulaire en rétablissant un angle inter incisif fonctionnel.

Quelle que soit la méthode céphalométrique choisie, le repositionnement proposé pour les incisives doit toujours être analysé et individualisé en fonction des paramètres du patient :

- L'ethnie (les incisives sont beaucoup plus vestibuloversées dans les populations mélanodermes que dans les populations caucasiennes) ;
- L'environnement parodontal des incisives et la forme de la symphyse ;
- L'équilibre fonctionnel labiolingual : en particulier le volume et la position de la langue, la tonicité labiale et les modifications possibles ou non de cet environnement musculaire ;

- L'esthétique du profil et ses modifications en fonction de la croissance (le repositionnement lingual des incisives doit souvent être minimisé en cas de rotation antérieure marquée) ;
- L'impact du repositionnement de l'incisive mandibulaire sur celui de l'incisive maxillaire et ses répercussions esthétiques en particulier sur l'angle naso-labial ;

1.4.3 Le nivellement de la courbe de Spee

La correction de la DDM passe par le nivellement de la courbe de Spee. Cette valeur doit être notée en négatif. Dans l'analyse de Steiner on évalue habituellement que son aplanissement fait perdre de 1 à 3 mm sur la longueur d'arcade mandibulaire disponible(21).

BALDRIDGE dans les années 60 a déterminé l'augmentation d'espace nécessaire qu'entraîne ce nivellement de la courbe de SPEE (22), inhérent aux thérapeutiques orthodontiques fixées :

$$Yc= 0,488(D+G)-0,51$$
$$Yc= 1/2\ (D+G) – 0,5$$

avec Yc : allongement d'arcade obtenu ou périmètre d'arcade "consommé" par le nivellement.
D+G : somme des 2 mesures de plus grand écart (droit et gauche) entre un plan droit appliqué sur l'arcade et les pointes cuspidiennes des dents (Figure 8).

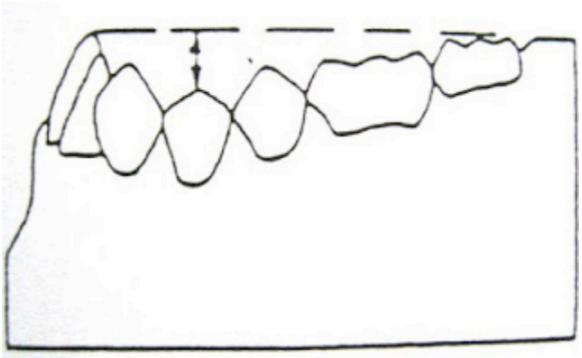


Figure 8 : Mesure de la profondeur de la courbe de Spee pour l'indice de Baldridge

GARCIA(23) a présenté un indice utilisé lorsque les courbes de SPEE sont marquées :

$$Yc=2/3(D+G) +1$$

Il existe également l'indice de la fondation TWEED, plus simple à utiliser :

$$Yc= ½(D+G) +1$$

2. LES POSSIBILITÉS THÉRAPEUTIQUES FACE À UNE *DDM* NÉGATIVE : DONNÉES ACTUELLES

Les objectifs de traitement d'une *DDM* sont de retrouver des contacts proximaux satisfaisants et de reconstruire une occlusion équilibrée, en tenant compte du profil facial et des conditions parodontales initiales.

2.1 AVEC EXTRACTION DE PRÉMOLAIRES

2.1.1 Principe

L'avulsion répond à un besoin d'espace et s'accompagne le plus souvent d'une stratégie orthodontique multibagues, mais elle représente un acte irréversible dont la gravité engage la responsabilité du praticien. L'indication d'avulsion doit reposer sur un diagnostic précis. En dehors de l'encombrement, doivent notamment être pris en compte les paramètres influençant le repositionnement incisif : l'esthétique (biprochéilie vs hypertonicité et finesse labiale, convexité du profil, position des lèvres), le comportement neuromusculaire, le type vertical de croissance, le décalage antéro-postérieur et les variations interindividuelles.

Le traitement d'une DDM par macrodontie relative supérieure à 5-7 mm chez un patient mésodivergent, en classe I squelettique, nécessite le plus souvent des extractions de prémolaires. Les prémolaires sont privilégiées pour les avulsions car ce sont des dents doubles, relativement fragiles et situées au milieu de l'arcade. L'extraction de deux prémolaires apporte un gain moyen de 15 mm, permettant selon les objectifs, d'aligner et rétracter le groupe incisivo-canin et, le plus souvent, de mésialer les secteurs latéraux. Ce mouvement mésial des molaires contribue à la correction de la classe II occlusale quand elle existe. Le choix de la première ou de la deuxième prémolaire dépend de l'importance relative de ces deux déplacements : plus la rétraction incisive est faible et l'encombrement antérieur limité, plus la mésialisation molaire est importante et donc, plus le choix porte sur l'extraction de la deuxième prémolaire, ce qui facilite ce dernier mouvement. Les extractions à l'arcade mandibulaire impliquent, sauf cas exceptionnel dans certaines classes III, d'y associer des extractions de prémolaires à l'arcade maxillaire dont le choix dépend des relations occlusales.

2.1.2 Limites

Même si elles font aujourd'hui l'objet de différentes critiques, les extractions demeurent un moyen thérapeutique satisfaisant dans le traitement des déficits d'espace importants, surtout associés à des malocclusions sagittales. En 2019, Evrard et al(24) ont montré que les 2 facteurs les plus importants dans la prise de décision thérapeutique étaient le profil des tissus mous et l'encombrement (Figure 9). Ils ont également montré que le taux d'extractions diminuait avec l'expérience du praticien.

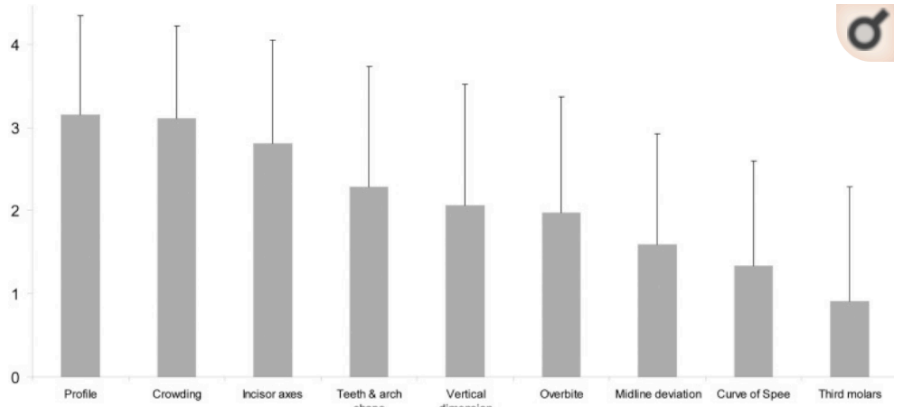


Figure 9 : Importance des paramètres évalués pour la planification du traitement (0: aucune importance pour la planification du traitement - 4: très important pour la planification du traitement) d'après l'étude D'Evrard et al(24)

Steiner avait pour habitude de considérer l'indication d'un traitement avec extractions de prémolaires à partir d'un encombrement de 5mm sans objectif de repositionnement incisif et sans utilisation de tractions intermaxillaires(25).

De nombreuses controverses existent quant à l'impact esthétique des extractions, notamment sur le sourire et le profil. Des études ont été menées sur les conséquences des traitements avec extractions de prémolaires comparé à des traitements sans extraction :

2.1.2.1 Esthétique du profil des tissus mous

Une revue systématique de 2018, portant sur les changements esthétiques du profil cutané après traitement avec et sans extraction(26), a montré que les traitements avec extraction induisent plus d'aplatissement du profil. Dans le même groupe, ils notent des changements significatifs de l'angle naso-labial, de l'épaisseur de la lèvre supérieure et de la position des lèvres. Une autre revue systématique de 2018 confirme ces données, avec une rétraction des lèvres (plus importante pour la lèvre inférieure), un angle naso-labial et une convexité du profil augmentés dans les cas avec extraction de 4 prémolaires. Cependant, ces effets sont généralement recherchés lors de l'élaboration du plan de traitement avec extraction de prémolaires et ne sont donc pas négatifs.

2.1.2.2 Esthétique du sourire

Les publications portant sur l'esthétique du sourire sont nombreuses. Globalement, aucune différence d'attractivité du sourire n'est observée entre les traitements sans extraction et les traitements avec extractions(27)(28).

2.1.2.3 Stabilité et récidive

La récidive de l'encombrement antérieur après traitement avec ou sans extraction a largement été étudiée et les résultats divergent. Certains auteurs n'allègent aucune différence significative sur le plan de la récidive dans les groupes avec et les groupes sans extractions(29).
A l'inverse, d'autres constatent une plus grande récidive d'encombrement maxillaire dans le groupe sans extraction et une plus grande récidive de recouvrement dans le groupe avec extractions(30). Dans les traitements avec extractions on peut également observer des réouvertures d'espace, en particulier dans la première année post-traitement(31).

2.1.2.4 Autres

Les limites aux extractions de prémolaires peuvent être dues au patient lui-même. Les orthodontistes sont de plus en plus confrontés à des patients réticents face à l'extraction de prémolaires saines, à des fins thérapeutiques. Bien entendu, l'orthodontiste doit proposer et réaliser un traitement qui restera en adéquation avec les données acquises de la science et dont le choix ne devra pas être influencer par le patient.

Enfin, une bonne santé générale et mentale du patient sont nécessaires. Les contre-indications générales sont communes à tout acte de chirurgie dentaire : risque d'endocardite infectieuse, irradiation cervico-faciale, immunodépression, etc. Le patient doit présenter un score ASA 1 ou 2.

2.2 SANS EXTRACTION DE PRÉMOLAIRES

La correction de l'encombrement sans extraction est possible de différentes manières : le stripping, la distalisation des secteurs postérieurs, l'expansion transversale d'arcade, et la vestibuloversion des incisives(2). Il est important de connaître les limites de ces solutions thérapeutiques.

L'expansion dentaire transversale est la principale méthode retenue par les orthodontistes pour corriger la DDM négative sans extraction(24)(Figure 10).

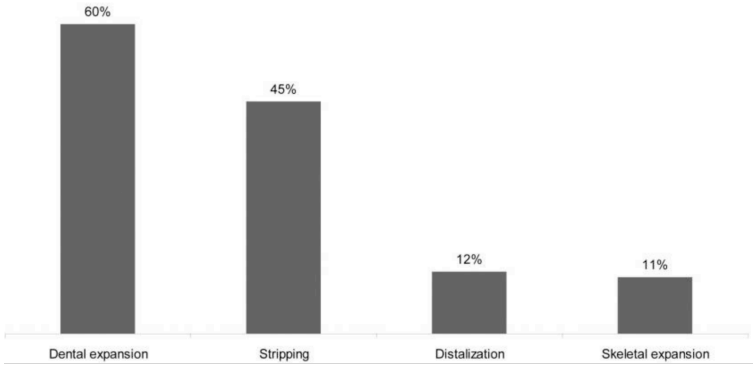


Figure 10 : Traitements sans extraction: distribution des fréquences des méthodes utilisées pour la gestion de l'espace (les orthodontistes pouvaient en choisir plusieurs) d'après l'étude d'Evrard et al(24)

La relation entre le traitement d'orthodontie et la santé parodontale est sujette à de nombreuses controverses. Plusieurs auteurs ont rapporté que les patients ayant eu un traitement orthodontique présentent une perte osseuse significative par rapport aux patients non traités (32)(33). Les effets sur le parodonte de la vestibulo-version des incisives et des secteurs latéraux, contribuant à la correction de la DDM par expansion, ne doivent pas être méconnus, tout comme les limites de la réduction amélaire interproximale.

2.2.1 LA RÉDUCTION AMÉLAIRE PROXIMALE OU stripping

2.2.1.1 Principe

La réduction du tissu dentaire est obtenue ici par diminution des diamètres mésiodistaux de plusieurs dents, par meulage amélaire, à la demande, en fonction de l'espace à obtenir.

Elle nécessite une morphologie dentaire favorable, avec une épaisseur d'émail suffisante et, au niveau incisif, des dents plutôt triangulaires pour éviter les proximités radiculaires.

C'est au milieu des années 80 que la technique ARS (Air Rotor Stripping) de Sheridan a suscité l'intérêt des cliniciens(34). La réduction amélaire interproximale a été présentée comme une alternative aux procédures d'extraction ou d'expansion en cas d'encombrement léger à modéré(34,35). A l'heure actuelle, la technique du stripping est le plus souvent réservée à des déficits modérés (2-3mm) ou associée à une technique d'expansion.

Sa réalisation technique suit un protocole précis. Dans une revue de la littérature de 2013 sur les techniques de stripping, Livas et al(36) donne la séquence des étapes cliniques inhérentes à la réalisation du stripping :

- **Planification complète** : diagnostic, évaluation de la quantité à stripper en fonction des besoins (quantité d'encombrement) et des possibilités (épaisseur d'émail).
- **Accès aux zones interproximales** : en règle générale, la correction des rotations est recommandée avant le stripping pour établir des points de contact appropriés. La visibilité et l'accès mécanique aux surfaces proximales seront encore améliorés au moyen d'un ressort hélicoïdal, d'un séparateur ou d'un coin en bois.
- **Protection des tissus mous** : papilles interdentaires et éventuellement lèvres, joues et langue.
- **Retrait de l'émail interproximal** : La réduction de l'émail mésiodistal est effectuée par des méthodes manuelles ou mécaniques (Figure 11 ; A à H). La valeur de la réduction interproximale peut être quantifiée au moyen de jauges / feuilles d'épaisseur disponibles dans le commerce (Figure 11 ; I).

Figure 11 : Accessoires de réduction d'émail commercialisés, selon l'article de Livas et al(36).

- **Finition et polissage des surfaces amélaires** : Les faces interproximales sont arrondies avec une fraise diamantée conique, puis polies avec du sable fin et des disques diamantés de finition pour rétablir une morphologie et un état de surface acceptables.
- **Application topique de fluor** : Afin d'amplifier la capacité de reminéralisation des surfaces proximales abrasées.

2.2.1.2 Limites de la réduction amélaire interproximale

Un encombrement, un manque d'espace sur une arcade de 4 à 8 mm, un traitement voulant éviter les extractions et une courbe de Spee à niveler sont les principales indications de la réduction amélaire interproximale(37). La quantité d'émail qui peut être meulée est limitée. Il est désormais largement admis que 50% de l'émail proximal est la quantité maximale pouvant être enlevée sans entraîner de risques dentaires et parodontaux(38). Pour Sheridan (34), au sein d'une arcade, un gain potentiel de 2,5 mm et 6,4 mm d'espace peut être

apporté en retirant respectivement l'émail des cinq points de contact antérieurs et des huit points de contacts latéro-postérieurs. Stroud et al.(39) ont estimé que la réduction de l'émail des prémolaires et molaires mandibulaires pouvait fournir 9,8 mm d'espace. Chudasama et Sheridan(40) affirment qu'1 mm (0,5 mm par surface proximale) peut être retiré des points de contact des secteurs latéraux, tandis que la réduction amélaire des incisives mandibulaires ne doit pas dépasser 0,75 mm à chaque point de contact en raison d'une épaisseur amélaire proximale plus mince. Néanmoins, ces quantités doivent être adaptées en fonction de l'épaisseur d'émail du patient et de la forme des dents. Ainsi, en présence de dents très fines et carrées la quantité de stripping restera limitée voire impossible. Pour les incisives il faut également tenir compte des risques de proximité radiculaire amenant un septum inter-radiculaire trop fin pour être bien vascularisé, ce qui est préjudiciable pour la santé parodontale.

2.2.2 L'EXPANSION

2.2.2.1 L'expansion transversale

La dimension transversale est représentée par la combinaison de la base osseuse, de l'inclinaison vestibulaire des dents et de l'os alvéolaire environnant(41).

L'expansion transversale d'arcade peut être obtenue par le biais de différents moyens :

- de manière fonctionnelle en diminuant les pressions centripètes sur les arcades dentaires liées à la sangle musculaire externe(42),
- par une action basale, essentiellement à l'arcade maxillaire, par appareillage palatin comme la disjonction maxillaire rapide assistée chirurgicalement ou non(43)(44)
- et par traitement multi-attaches avec des arcs en expansion(45)(46).

La réponse tissulaire aux forces orthodontiques peut entraîner une inflammation gingivale, une perte osseuse alvéolaire, des altérations de la surface amélaire, des réactions pulpaires, une résorption radiculaire et une perte verticale de la crête alvéolaire(47).

Au cours de l'expansion maxillaire rapide (EMR), les dents d'ancrage transmettent au maxillaire des forces importantes qui entraînent une inclinaison et une perte de l'os vestibulaire des dents postérieures. Une revue systématique sur l'EMR conclue que dans toutes les études considérées, une perte significative d'épaisseur de l'os vestibulaire et du niveau de l'os marginal a été observée sur les dents support d'ancrage, à la suite de l'EMR (48). En effet, selon des études tridimensionnelles, une EMR provoque des réductions horizontale et verticale de l'os alvéolaire vestibulaire des prémolaires et molaires (49)(50).

Concernant l'expansion des secteurs latéraux maxillaires en technique multi-attaches, moins d'études ont été rapportées. Damon(51) signale que l'utilisation combinée de brackets auto-ligaturants avec des arcs super-élastiques thermiques produit de faibles forces et peu de friction. Ce qui permettrait à l'os de suivre le mouvement de la dent. L'expansion pourrait ainsi être plus importante et associée à moins de vestibulo-version incisive avec ce type d'attaches. En effet, une perte osseuse verticale et horizontale en cas d'expansion est rapportée avec des études utilisant le CBCT, pour des systèmes fixes multi-attaches(8)(52) comme les systèmes d'expansion palatins (le quad-hélix et les disjoncteurs)(53)(49). L'encombrement peut être résolu sans extraction par une expansion transversale et une version incisive, les largeurs d' arcades entre prémolaires étant considérablement augmenté (4,3 mm en moyenne)(54).

2.2.2.2 L'expansion sagittale antérieure : la vestibulo-version incisive

De nombreuses études analysent les rapports entre la vestibulo-version des incisives (particulièrement des incisives mandibulaires) et les modifications alvéolaires dans les traitements multi-attaches(8)(54)(55)(56). Il en ressort que la vestibulo-version entrainerait une perte osseuse horizontale et verticale au niveau des incisives. Cette perte osseuse serait corrélée l'encombrement et à la quantité d'expansion dans la région prémolaire. Un parodonte fin et un encombrement important avant le traitement augmentent le risque de perte osseuse vestibulaire.

En conclusion, le déplacement de la dent s'effectue au sein de son enveloppe osseuse et non « avec » l'os alvéolaire environnant. L'expansion et le changement de la forme d'arcade doivent se faire de façon raisonnée en fonction de l'os présent initialement. C'est pourquoi le morphotype parodontal initial du patient est important dans le choix de la stratégie thérapeutique. Enfin, la forme d'arcade initiale doit être analysée également avec précision. Il semblerait que pour chacune des arcades, le périmètre d'arcade aurait une corrélation directe, modérée à forte, très significative avec les mesures de longueur et de largeur d'arcade(57). Cette relation permettrait de prédire le périmètre d'arcade et serait très utile dans le diagnostic et la planification du traitement.

La récidive est une limite aux solutions d'expansion transversale et sagittale antérieure :

Ce risque a souvent été abordé. Même si des avis divergent, il est établi que l'augmentation de la largeur inter-canine est soumise à récidive(58). Cette distance ayant tendance à diminuer spontanément au cours de la vie, tout comme la largeur intermolaire et la longueur d'arcade(59). Ceci est valable quel que soit le type de traitement dont ait bénéficié le patient, comme le montre l'étude de Gorucu, dont les résultats sont présentés dans le Tableau 1 (60). Il est donc important de ne pas confondre la récidive avec l'évolution physiologique naturelle. Il est admis que l'encombrement antérieur augmente avec l'âge, chez les patients traités et non traités orthodontiquement(61)(62).

Model Measurements		Extraction Group (mean, lower bound-upper bound)[a]	P[x]-value	ARS Group (mean, lower bound-upper bound)[a]	P[x]-value	Non-Extraction Group (mean, lower bound-upper bound)[a]	P[x]-value
Intercanine Width (mm)	T0-T1	0.80[a] (-3.94-1.99)	0.173	0.22[a] (-1.24-1.67)	0.749	1.50[a] (0.84-2.16)	0.000*
	T1-T2	-0.93[a] (-1.54--0.32)	0.006*	-0.66[a] (-1.21--0.12)	0.022*	-1.34[a] (-1.81--0.88)	0.000*
	T0-T2	-0.13[a] (-1.28-1.01)	0.807	-0.44[a] (-1.51-0.62)	0.384	0.16[a] (-0.55-0.87)	0.634
Interpremolar Width (mm)	T0-T1	2.60[a] (1.03-4.17)	0.003*	2.44[a] (0.97-3.91)	0.004*	2.77[a] (1.97-3.57)	0.000*
	T1-T2	-0.59[a] (-1.44-0.26)	0.158	-0.73[a] (-1.48-0.02)	0.055	-1.18[a] (-1.78--0.57)	0.001*
	T0-T2	2.01[a] (0.81-3.20)	0.003*	1.71[a] (0.74-2.67)	0.002*	1.60[a] (0.69-2.50)	0.002*

Tableau 1 : Tableau récapitulatif de l'étude de Gorucu montrant les différences pour les 3 traitements entre T0 préptraitement, T1 fin de traitement, T2 3 ans post-traitement(60)

De La Cruz et al.(63) ont mené une étude avec un suivi de 10 ans après retrait de la contention, sur 87 patients. Les résultats ont montré que, même si la variabilité individuelle était considérable, la forme d'arcade avait tendance à revenir à sa forme d'avant traitement.

Ils ont conclu que la forme d'arcade de pré-traitement du patient semblait être le meilleur guide pour la stabilité future.

2.2.2.3 L'expansion sagittale postérieure : la distalisation molaire

2.2.2.3.1 Principes biomécaniques généraux

La position du centre de résistance d'une dent dépend :
- de la dent concernée (ex : pour les molaires il se situe au niveau de la furcation),
- de la morphologie radiculaire
- du contexte osseux et parodontal

Le centre de résistance de l'arcade mandibulaire est localisé entre la deuxième prémolaire et la première molaire dans le sens antéro-postérieur et à 13,5mm dans le sens vertical, apicalement au bord incisif mandibulaire(64).

La valeur de l'ancrage d'une dent est fonction selon les auteurs de la longueur, du nombre de ses racines, de sa position (Jarabak)(65), de la surface radiculaire (Freeman) et du volume radiculaire (Nabbout)(66). L'ancrage dépend également de la densité osseuse et du type d'os. Ainsi les déplacements sont facilités au maxillaire, car l'os présente des corticales plus fines qu'à la mandibule et l'os trabéculaire maxillaire offre moins de résistance que l'os mandibulaire(67).

Au fur et à mesure des années, les praticiens ont recherché de plus en plus des moyens permettant d'obtenir un ancrage absolu qui permettrait d'éviter les effets parasites sur les organes dentaires. C'est à ce titre que l'on a vu, depuis les années 2000, une utilisation croissante des ancrages squelettiques temporaires.

2.2.2.3.2 La distalisation molaire à l'arcade mandibulaire

Le recul molaire à l'arcade mandibulaire est un mouvement orthodontique encore plus difficile à réaliser qu'à l'arcade maxillaire. Il est commun de réaliser l'extraction ou la germectomie de la troisième molaire pour distaler le secteur postérieur. De plus la structure anatomique de la mandibule telle que la corticale linguale(68) peut être un obstacle à la distalisation des molaires mandibulaires. Cet élément, important, sera développé dans notre revue de la littérature.

Le mouvement idéal recherché est un mouvement de distalisation en gression pure. Le premier élément à prendre en compte est la direction dans laquelle la force est appliquée, afin d'analyser les effets sur les déplacements dentaires et le plan d'occlusion.

Grâce à un modèle par éléments finis, Chae et al.(69) ont analysé l'impact de l'angulation de la force appliquée lors d'une distalisation totale de la denture mandibulaire sur les mouvements dentaires. Cette étude conclue à l'importance de la direction d'application de la force par rapport au centre de résistance de l'arcade.

Caractéristiques du modèle étudié :

Toutes les dents du secteur droit étaient prises en charge et solidarisées par deux types d'arc :

- 1ère situation : arc acier inoxydable (Stainless Steel, SS) de taille .016x.022 dans des brackets avec un slot de taille .018x.025 et un jeu de torque de 4,7° permettant le glissement ;
- 2ème situation : un arc rigide fixé directement aux couronnes sans possibilité de jeu et de glissement.

Des forces de 3N ont été appliquées sur le fil entre la canine et la première prémolaire à -30 °, -15 °, 0 °, 15 ° et 30 ° par rapport au plan occlusal. Les valeurs négatives de l'angulation de la force traduisent une direction postéro-inférieure de la ligne d'action de la force par rapport au plan occlusal, et les valeurs positives caractérisent une direction postéro-supérieure.

Le centre de résistance (CR) de toute la denture mandibulaire, déterminé à l'aide de l'arc rigide, est situé entre la première molaire et la deuxième prémolaire, environ à la jonction entre les tiers radiculaires coronaire et moyen. Avec une angulation de −23 °, la ligne d'action de la force passe par le centre de résistance. Le schéma de la Figure 12 représente le CR comme décrit.

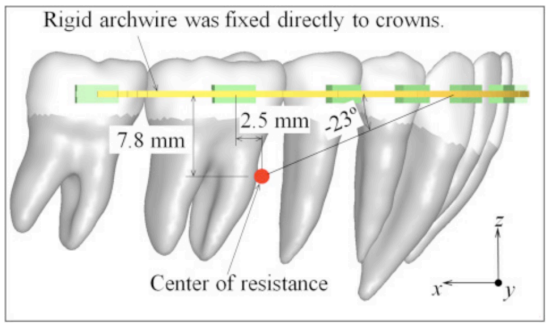


Figure 12 : Emplacement du centre de résistance (CR) de toute la dentition, tel que déterminé à l'aide d'un arc rigide. À une angulation de force de 23°, la ligne d'action de la force passe par le CR. Schéma issu de l'article de Chae et al. (69)

Résultats obtenus (Figure 13) *:*

- Lorsque la ligne d'action de la force passe au-dessous du CR, l'arcade subit une rotation horaire. A l'inverse pour les forces au-dessus de -23°, celle-ci subit une rotation anti-horaire qui augmente avec l'angulation, comme le stress sur le ligament alvéolo-dentaire.

- Quelle que soit l'angulation de la force appliquée, la quantité de rotation distolinguale des dents postérieures est négligeable. De même, la quantité de mouvement transversal est faible et négligeable. On note cependant que pour le modèle avec arc acier 0,016x0,022, plus l'angulation augmente, plus on passe d'une vestibuloversion molaire à une linguoversion molaire. Ces mouvements sont négligeables pour le modèle avec arc rigide.

- Par contre l'angulation influence les mouvements verticaux et antéro-postérieurs. Ainsi, plus l'angulation de la force est importante :
    - plus la distalisation est importante ;
    - plus l'extrusion des incisives mandibulaires augmente (observée dans toutes les situations excepté -30° pour l'arc acier et -30° et -15° pour l'arc rigide ou l'on observe une légère intrusion des incisives);

- plus l'intrusion de la 2ème molaire augmente, à l'inverse pour la première molaire moins l'intrusion est importante (on note même une légère extrusion de la partie distale à 30° pour l'arc rigide et de la partie mésiale à 15° et 30°dans les 2 situations) plus l'extrusion de la première molaire augmente ;
- plus la linguoversion des incisives augmente (excepté à -30° ou l'on observe une vestibuloversion légère (autour de 1°) pour les 2 situations) ;
- Plus la distoversion molaire augmente, excepté à -30° ou l'on observe une mésioversion pour les 2 situations.

- La quantité de distalisation, d'extrusion et de linguoversion était plus grande avec le fil d'arc SS de 0,016 × 0,022 pouce qu'avec l'arc rigide, en partie du fait de la déformation élastique du fil.

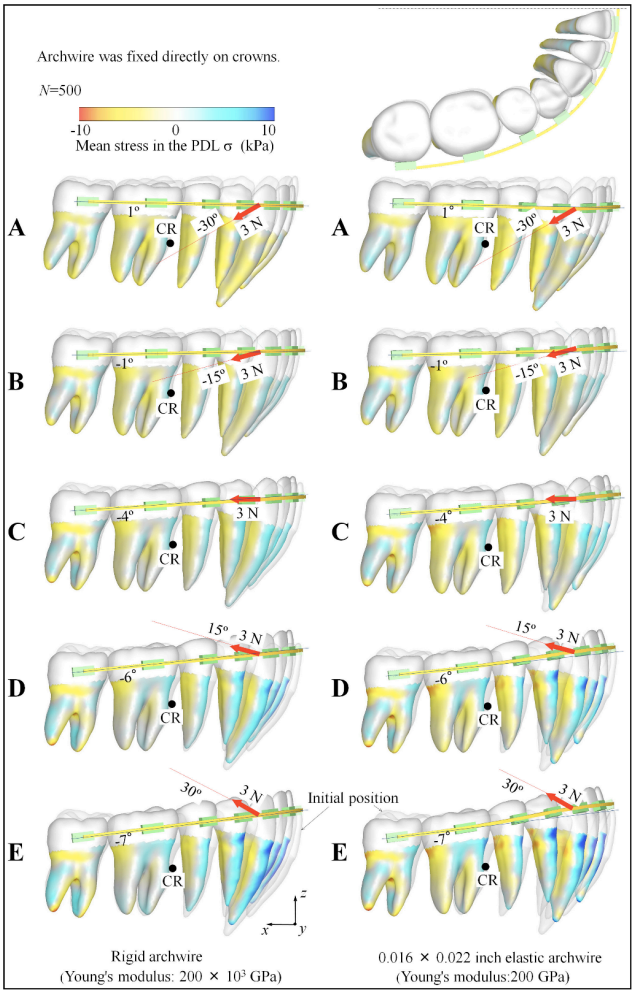


Figure 13 : Modèles de mouvement des dents pour 5 angulations de force par rapport au plan occlusal: A, -30°; B, -15°; C, 0°; D, 15°; E, 30°. Les figures de gauche et de droite sont respectivement dans le cas des arcs rigides et élastiques de .016 x .022 inch. Schéma issu de l'article de Chae et al.(69)

Applications cliniques :

Ces études biomécaniques apportent des informations pour le choix des mécaniques utilisées dans nos traitements. Ainsi les angulations étudiées correspondent à certains dispositifs utilisés pour la distalisation molaire mandibulaire :

- le casque cervical mandibulaire (−30°),
- les dispositifs d'ancrage temporaires mandibulaires (temporary skeletal anchorage devices, ou TSADs) et élastiques intra-arcade (−30 ° à 0 °),
- les TSAD maxillaires associés à des élastiques de classe III (15 ° à 30 °),
- l'HPHG et élastiques de classe III (15 ° à 30 °),
- les tractions mandibulaires à crochet en J (HPJ-hook) (30 °)

Cependant, ces études ne prennent pas en compte certains paramètres comme la typologie faciale du patient et son schéma musculaire, qu'il est nécessaire d'intégrer dans notre diagnostic pour une prise de décision thérapeutique adaptée. Dans cette étude, même si l'extrusion de la cuspide mésio-vestibulaire de la 1ère molaire est faible avec une angulation de 15° et 30°, celle-ci pourrait s'avérer bien plus importante et néfaste chez un patient avec un schéma dolichofacial(70).

2.2.2.3.3 Techniques de distalisation à l'arcade mandibulaire

Il existe plusieurs appareils à notre disposition pour réaliser un mouvement de distalisation à l'arcade mandibulaire.

2.2.2.3.3.1 Les forces extra-orales High-pull J-Hook headgear (Figure 14)

Elles permettent de réaliser un mouvement de distalisation mandibulaire(71). La direction des branches peut être adaptée de façon à mieux contrôler les objectifs de traitement dans le sens vertical. Ces forces extra-orales nécessitent une coopération importante du patient. Elles sont difficilement acceptées socialement et esthétiquement par les adultes. A l'heure actuelle, elles sont de moins en moins utilisées.

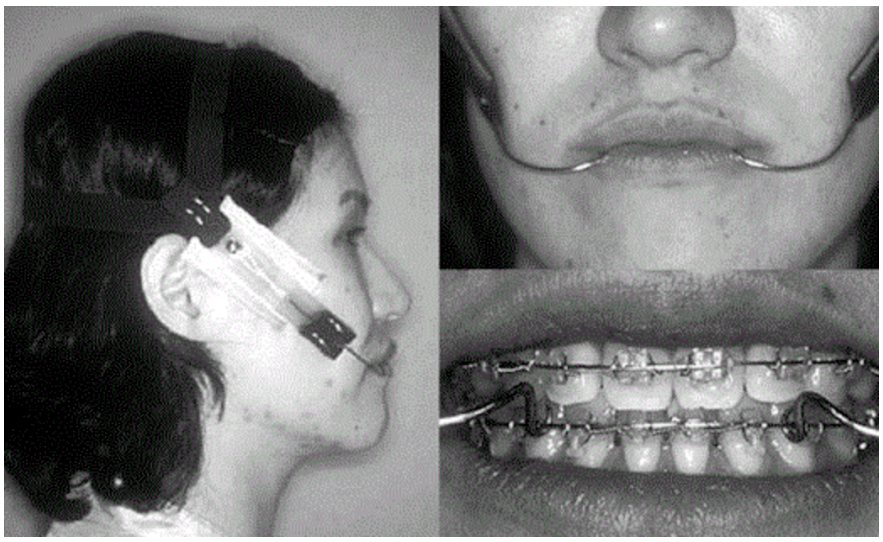


Figure 14 : Image tirée d'un article de Kuroda et al.(72) sur l'utilisation de J-Hook Headgear à la mandibule.

2.2.2.3.3.2 Dispositifs inter-arcades

Les tractions intermaxillaires de classe III permettent la distalisation de l'arcade mandibulaire et la mésialisation de l'arcade maxillaire lorsque l'ancrage maxillaire est dentaire. Leur composante verticale provoque une égression de la molaire maxillaire et une égression des incisives mandibulaires. On observe alors une rotation postérieure de la

mandibule, une rotation anti-horaire du plan occlusal et une augmentation de la hauteur faciale. Leur utilisation provoque également des effets secondaires indésirables, tels que la proclination des incisives maxillaires, en plus d'exiger l'observance du patient. Si l'on veut s'affranchir des effets sur l'arcade maxillaire, le port des élastiques peut se faire sur un ancrage osseux (minivis, miniplaques) au maxillaire.

2.2.2.3.3.3 Dispositifs intra-arcades

Il en existe plusieurs, en fonction des habitudes des praticiens.

- le Lip Bumber (Figure 15),

Ses objectifs principaux sont de réduire l'encombrement antérieur mandibulaire (73)(74)(75)(76)(77)(78) et d'augmenter la largeur et la longueur de l'arcade (73)(74)(76)(79)(80)(81)(82). Ce sont des arcs mandibulaires qui pénètrent dans des tubes ronds sur les molaires et prennent appui antérieurement, par un bandeau en résine, sur la face interne de la lèvre inférieure. Le Lip bumper est un appareil amovible qui nécessite ainsi la coopération du patient.

La vestibulo-version des incisives mandibulaires avec le lip bumper est fortement rapportée dans la littérature (73)(78)(83)(77). Le Lip Bumper peut également entrainer une disto-version coronaire de la première molaire et une diminution de l'encombrement dentaire grâce à l'augmentation de la longueur d'arcade(73)(84).

Figure 15 : Illustration d'un Lip Bumper

- Les autres dispositifs intra-arcades

Différents dispositifs peuvent être utilisés :
- un traitement edgewise avec boucles multiples(85),
- des ressorts actifs sur l'arc,
- un arc lingual en expansion
- le Franzulum(86).

Ces techniques rapportent toutes des mouvements parasites sur les dents d'ancrage (vestibulo-version incisive) et une distalisation de l'arcade totale difficile voire impossible. De plus, le mouvement obtenu au niveau de la molaire est principalement une version de la couronne sans déplacement de l'apex de la dent.

C'est pourquoi récemment, les dispositifs d'ancrage temporaires (implants dentaires, minivis ou mini-plaques) se sont révélés être une solution fiable, pour obtenir un ancrage absolu afin de réaliser les mouvements dentaires souhaités sans nécessiter la coopération du patient (87).

2.2.2.3.3.4 Distalisation mandibulaire avec minivis ou miniplaques

L'utilisation de minivis ou de mini-plaques d'ancrage, en ancrage direct ou indirect, a connu un essor important ces 20 dernières années(88)(89)(90)(91)(92)(93)(94)(95). Ces accessoires permettent plusieurs situations biomécaniques :

- recul en masse de toute l'arcade, ou dent par dent, ou groupe de dents par groupe de dents.
- distalisation avec ancrage direct ou indirect sur les ancrages temporaires.
    - En ancrage indirect, le système de forces induisant le mouvement de distalisation est solidaire de l'appareillage orthodontique et s'exerce sur une dent ou un groupe de dents de l'arcade relié par un auxiliaire à la miniplaque ou à la minivis afin d'éviter les mouvements parasites induits sur cette dent par le système de forces. Ce système est utilisé en grande partie pour une distalisation unitaire des molaires, comme le fait Sugawara(92)(Figure 16 A). Il réalise en premier la phase d'alignement/nivellement. Puis, après dépose du boîtier de la première molaire il effectue en premier la distalisation de la deuxième molaire avec un ressort ouvert placé entre les brackets de la deuxième molaire et de la deuxième prémolaire, une ligature métallique serrée reliant la miniplaque à la première prémolaire. Cette technique permet d'éviter la réaction réciproque exercée sur les dents antérieures au ressort. Puis il réalise la même technique pour le recul de la première molaire.
    - La distalisation en ancrage direct, rapportée par Chung (95) est également utilisée par Sugawara pour le recul en masse de l'arcade mandibulaire (Figure 16 B). La première étape d'alignement/nivellement reste la même. Puis la force de distalisation est directement appliquée depuis le dispositif d'ancrage (minivis ou miniplaque) jusqu'à la première prémolaire ou la canine ou encore un power arm fixé sur l'arc, par le biais de modules élastomériques ou de ressorts fermés NiTi.

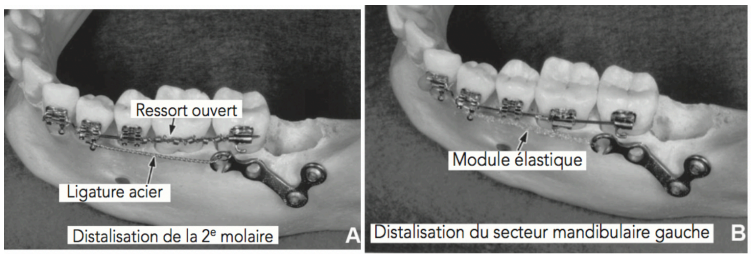


Figure 16 : Protocole de distalisation molaire selon Sugawara et al. (92)A recul molaire unitaire et ancrage indirect, B recul sectoriel et ancrage direct.

Grâce à une modélisation par éléments finis d'une situation d'ancrage direct sur une plaque en L insérée sur le bord du ramus Park et al(96) ont étudié l'impact de l'orientation d'une force appliquée au niveau de la canine (distalisation des dents de canine à deuxième molaire avec un arc acier .016x.022 dans des brackets avec slot) sur les mouvements observés (Figure 17):

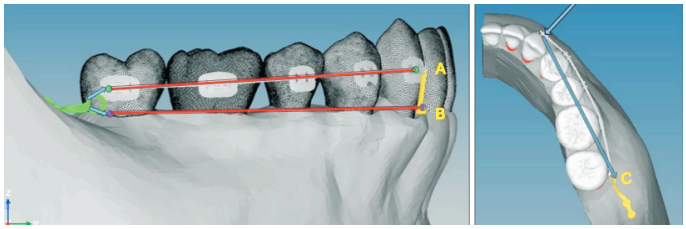


Figure 17 : Illustration de la modélisation par éléments finis de l'étude de Park et al.(96)

- L'application d'une force au niveau du bracket de la canine entraîne (Figure 18) :
  - une distalisation avec distoversion coronaire (donc plus importante des couronnes que des racines), qui augmente en postérieur
  - une vestibuloversion coronaire (augmente de la 2ème molaire à la canine) et une linguoversion des racines (diminue de la 2ème molaire à la canine) : l'expansion ne concerne que la couronne,
  - une ingression croissante de la prémolaire à la deuxième molaire, une égression de la canine,

- L'application de la force au niveau de la jonction émail-cément de la canine entraîne (Figure 19) :
  - une distalisation des racines plus importante que des couronnes et assez similaire entre les dents de la canine à la 2ème molaire,
  - un déplacement vestibulaire de toutes les dents (légèrement plus marqué au niveau des couronnes et qui augmente en antérieur) : l'expansion concerne toute la dent,
  - une égression croissante de la prémolaire à la deuxième molaire, une ingression légère de la canine,

- La comparaison des mouvements en fonction du niveau vertical de la force montre que :
  - Dans le sens antéro-postérieur, un mouvement de bascule inverse entre les 2 situations avec une distalisation coronaire plus importante que radiculaire pour la force appliquée au bracket, inversement pour la force appliquée à la jonction émail-cément. Cette différence de distalisation entre la couronne et la racine est cependant plus marqué avec la force appliquée au niveau du bracket.
  - Dans le sens transversal, une vestibuloversion coronaire dans les 2 situations mais beaucoup plus importante lorsque la force est appliquée au niveau du bracket,
  - Dans le sens vertical, un mouvement inversé entre les 2 situations qui augmente en postérieur : une ingression pour la force au niveau du bracket et une égression pour la force à la jonction émail-cément.

La position verticale d'application de la force est donc une considération importante, son changement peut permettre une optimisation du mouvement de translation.

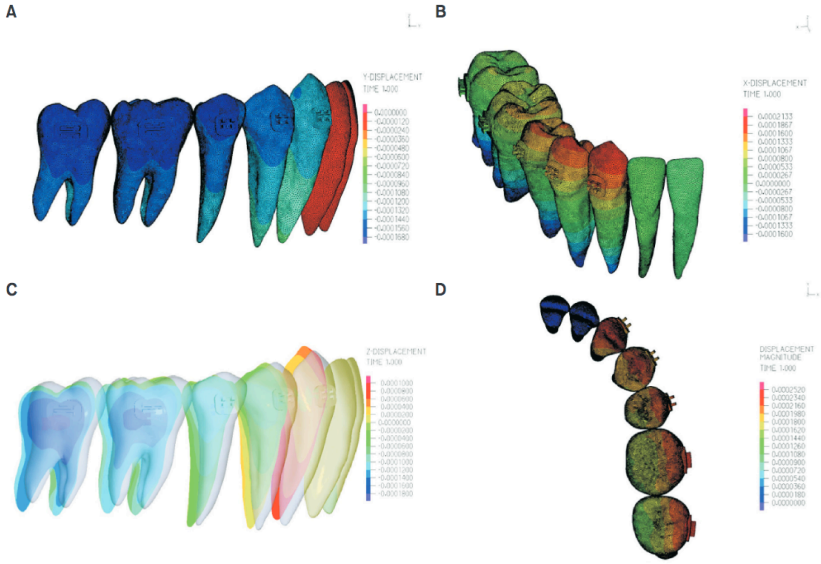


Figure 18 : Schématisation des mouvements effectués avec la force appliquée au niveau du bracket, issue de l'article de Parl et al. A : dans le sens antéro-postérieur ; B : dans le sens linguo-vestibulaire ; C : dans le sens supéro-inférieur ; D : déplacement en vue occlusale.

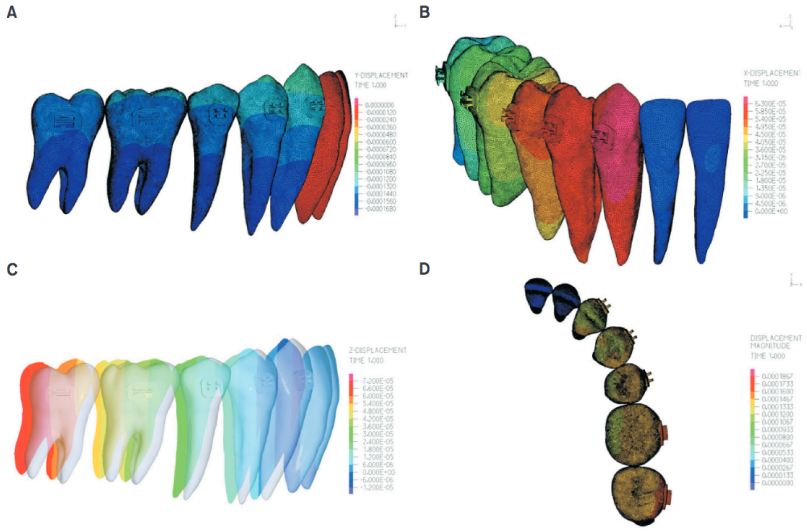


Figure 19 : Schématisation des mouvements effectués avec la force appliquée au niveau de la jonction émail-cément, issue de l'article de Parl et al. A : dans le sens antéro-postérieur ; B : dans le sens linguo-vestibulaire ; C : dans le sens supéro-inférieur ; D : déplacement en vue occlusale.

2.2.2.3.4 Distalisation mandibulaire avec fil d'ostéosynthèse : technique d'Abalakov

Une technique de distalisation en masse par fils d'ostéosynthèse a été décrite. Un fil d'ostéosynthèse, placé dans la partie antérieure de la branche montante mandibulaire, éventuellement au cours d'une chirurgie d'avulsion des dents de sagesse, est utilisé comme dispositif d'ancrage postérieur mandibulaire. Elle est également appelée technique Abalakov(97)(98).

REVUE SYSTEMATIQUE DE LA LITTERATURE

1. OBJECTIFS

L'objectif principal de cette revue était de recenser les différentes techniques de distalisation mandibulaire et pour chacune d'entre elle, de quantifier le recul molaire qu'elles permettent d'obtenir et les effets parasites qui les accompagnent. L'objectif secondaire était de déterminer les limites de la distalisation en fonction des caractéristiques anatomiques du patient. In fine, cette analyse devrait nous permettre de préciser la place actuellement occupée par la distalisation, dans la gestion de la DDM.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1 STRATEGIE DE RECHERCHE ET EQUATION

Une revue de la littérature a été réalisée à partir des bases de données électroniques : Cochrane, Pubmed, Scopus. Cette recherche a été complétée par une recherche manuelle portant sur la bibliographie des articles initialement sélectionnés.

Afin de regrouper le plus d'articles donnant des limites à la distalisation mandibulaire nous avons employé les termes Mesh : « distalization » et « mandibular ».

Ainsi, l'équation de recherche utilisée dans chaque base de données a été la suivante : « (mandibular) AND (distalization) ».

Les recherches ont été réalisées par un seul et même opérateur dans chaque base de données.

2.2 CRITERES D'ELIGIBILITE

2.2.1 Critères d'inclusion

2.2.1.1 Type d'études

Nous avons cherché à identifier toutes les publications concernant la distalisation mandibulaire sans extraction de prémolaires et ses limites : méta-analyses, revues systématiques de la littérature, essais cliniques contrôlés randomisé, essais cliniques, études rétrospectives, séries de cas (case series), rapport de cas (case report), thèses ou mémoires. Les recherches ont été restreintes aux publications en langue anglaise ou française concernant uniquement des applications sur l'homme. Les articles doivent être disponibles dans leur totalité. Tous les articles antérieurs à avril 2020 ont été analysés.

2.2.1.2 Types de participants

Ont été incluses toutes les études portant sur des patients adolescents ou adultes, sans distinction de sexe, en bonne santé, bénéficiant d'un traitement orthodontique sans extraction de prémolaires et nécessitant une distalisation de l'arcade mandibulaire.

2.2.1.3 Types de limites de distalisation

De même, nous avons inclus toutes les études présentant des limites de la distalisation à la mandibule qu'elles soient anatomiques ou liées à la mécanique du dispositif thérapeutique utilisé. Tous les systèmes permettant la distalisation mandibulaire ont été retenus pour cette revue (appareillage fixe ou amovible, utilisation d'ancrages osseux minivis ou plaques d'ancrage).

2.2.2 Critères de non-inclusion

Les critères de non-inclusion ont été :

- les publications dans une langue différente de l'anglais et du français
- les correspondances, résumés ou chapitres de livre,
- les publications n'apportant pas de d'information sur les limites anatomiques de la distalisation mandibulaire ou des valeurs quantitatives sur le mouvement de distalisation molaire mandibulaire obtenu.

2.3 SELECTION DES ARTICLES

Avant toute inclusion dans notre étude, les articles ont été sélectionnés par leur titre puis leur résumé. De cette manière, plusieurs listes ont été réalisées :

- Liste 0 : liste initiale obtenue par l'équation de recherche.
- Liste 1 : liste obtenue après sélection par le titre et élimination des doublons provenant des différentes bases de données.
- Liste 2 : liste obtenue après lecture des résumés des articles.
- Liste 3 : liste obtenue après lecture complète de l'article
- Liste 4 : liste obtenue par fusion de la liste 3 et des résultats de la recherche manuelle (c'est-à-dire issus de la bibliographie de l'ensemble des articles obtenus dans la liste 2 et les articles trouvés de façon fortuite).

2.4 CRITERES DE JUGEMENT

Les critères de jugement principaux sont : la quantité et le type de mouvements orthodontiques (en mm) réalisés par distalisation molaire mandibulaire et les limites anatomiques des mouvements orthodontiques de la distalisation mandibulaire.

Les critères de jugement secondaires sont les effets de la distalisation mandibulaire en fonction des techniques orthodontiques utilisées et les récidives des mouvements de distalisation de l'arcade mandibulaire.

2.5 EXTRACTION DES DONNEES ET SYNTHESE

Afin d'exploiter au mieux les articles, une grille de lecture type a été réalisée pour extraire les données de chaque article et l'ensemble des informations utiles à notre étude a été résumé sous forme de tableaux.

Le *tableau en annexe* a pour but de répertorier l'ensemble des critères permettant d'évaluer la validité interne des articles retenus dans notre revue de la littérature. Nous y retrouvons les catégories suivantes :

- présence ou absence de l'avis d'un comité d'éthique ;
- recueil ou non du consentement éclairé ;

- étude prospective ou rétrospective ;
- analyse des critères de jugement retenus (quantification des limites anatomiques et/ou mécaniques à la distalisation mandibulaire), en tant qu'objectif principal ou en tant qu'objectif secondaire ;
- durée du suivi ;
- critiques sur la méthodologie énoncée par les auteurs (hors discussion) ;
- tests statistiques utilisés.

3. RESULTATS

Après élimination des articles ne correspondant pas aux critères d'inclusion, la recherche a permis d'inclure 26 articles (Figure 20).

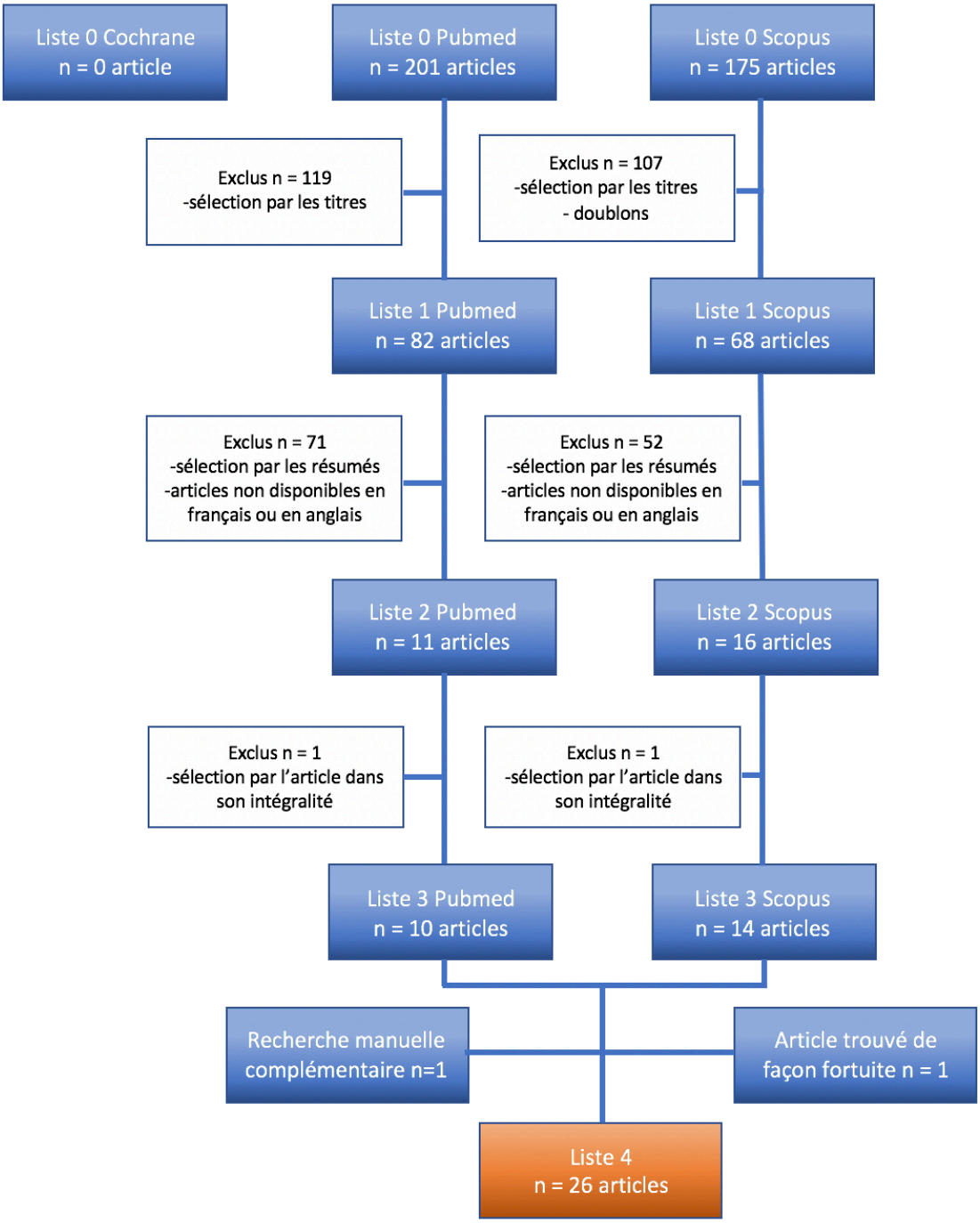


Figure 20 : Organigramme correspondant à la revue de la littérature effectuée.

Sur les 26 articles nous avons :

- 13 rapports cas (onze avec 1 cas, un avec 2 cas, un avec 3 cas)
- 9 études rétrospectives
- 2 essais cliniques prospectifs non randomisés (1 comparatif)
- 1 revue systématique (gardée car elle ne reprend pas les mêmes articles de notre revue)
- 1 thèse de doctorat en chirurgie dentaire (étude rétrospective sur 3 cas cliniques)

Dans notre analyse, les articles ont été numérotés en fonction de leur date de publication de 1 à 26, le numéro 1 concerne l'article le plus récent et le numéro 26 l'article le plus ancien.

3.1 PRESENTATION DES ARTICLES

Sur les 26 articles sélectionnés, les 2/3 ont été publiés après 2010 (17 articles après 2010, 9 avant 2010) (Figure 21). Les pays à l'origine des publications sont variés puisque 6 pays ont publié sur notre thème de recherche mais le pays de publication majoritaire est les États-Unis (17 articles sur les 26) (Figure 22).

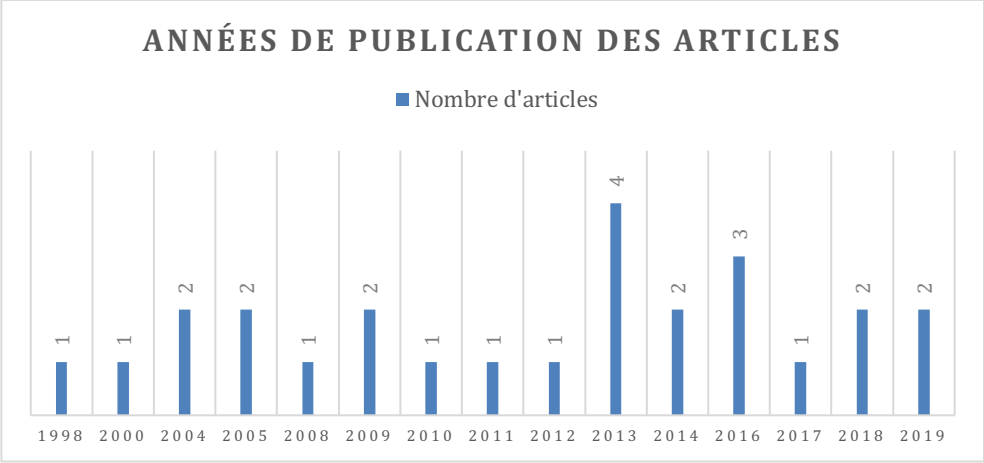


Figure 21 : Répartition des articles sélectionnés selon leur année de publication.

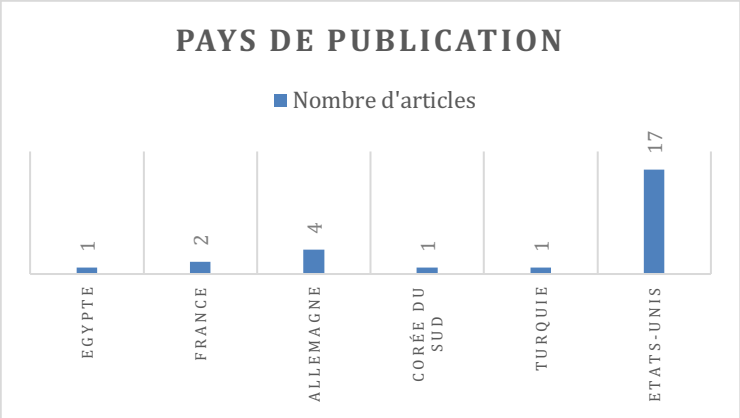


Figure 22 : Répartition des articles sélectionnés selon leur pays de publication.

Les articles ont été publiés dans 9 journaux différents et une thèse française a été sélectionnée.

Selon les données recueillies en 2019 sur ces 9 journaux (Figure 23) :

- Aucun journal avait un Impact Factor (IF) supérieur à 2
- Deux avaient un IF entre 1,5 et 2 (American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, The Angle Orthodontist)
- Deux avaient un IF entre 1 et 1, 5 (Korean Journal of orthodontics, Progress in Orthodontics)
- Cinq avait un IF inférieur à 1 ou pas d'IF (mis à 0 dans le graphique de la Figure 23) (Journal of Orofacial Orthopedics, Journal of the World Federation of Orthodontists, L'Orthodontie française, Turkish Journal of Orthodontics, Case report in dentistry, L'orthodontie Française).

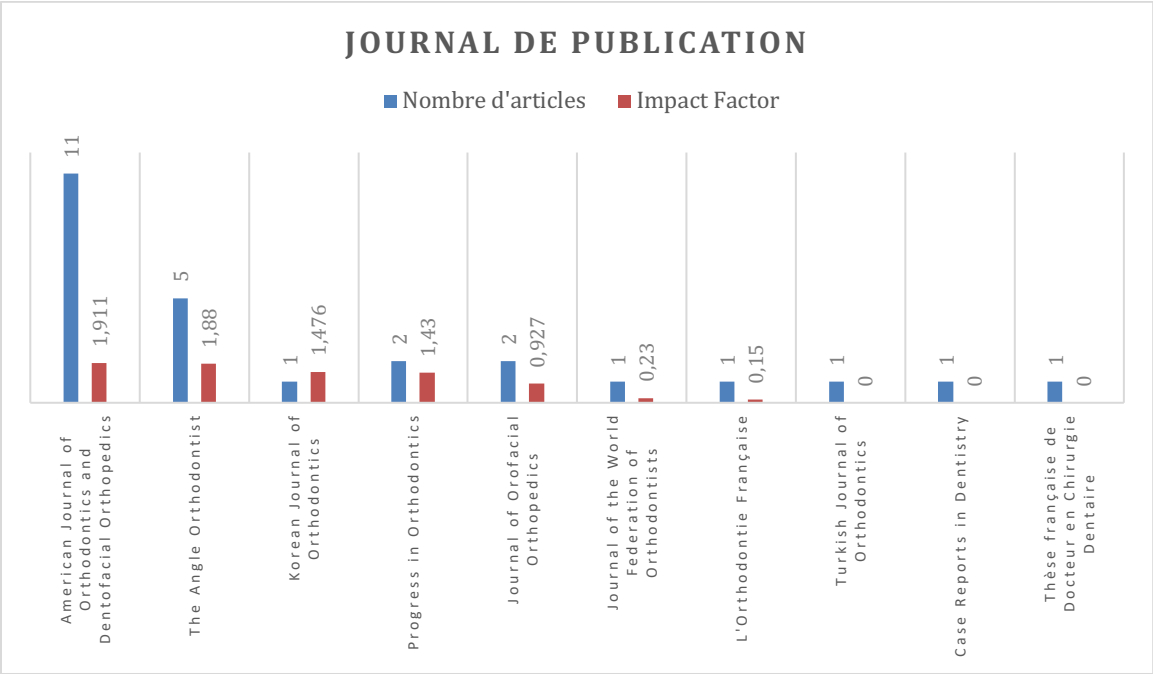


Figure 23 : Répartition des articles sélectionnés selon leur journal de publication et leur Impact Factor.

L'ensemble des articles n'avait pas le même objectif. Certains analysaient les effets thérapeutiques dento-alvéolaires et/ou squelettiques de la distalisation à l'arcade mandibulaire, d'autres y ajoutaient aussi les changements faciaux.

Pour la plupart il s'agissait de rapports de cas cliniques ou d'études rétrospectives dont les données provenaient de bases de données hospitalières ou de cabinets privés.

3.2 POPULATION ETUDIEE DANS LES DIFFERENTS ARTICLES

Le nombre d'individus inclus dans les articles était variable, allant de 1 dans la plupart des rapports de cas à 110 cas dans l'étude de Choi et al(99). En dehors des rapports de cas tous les articles incluaient des hommes et des femmes. Sur les onze rapports de cas avec 1 cas six étaient sur des femmes et cinq sur des hommes. Sur le rapport de cas avec 2 cas il s'agissait de 2 hommes. Sur le rapport de cas avec 3 cas il s'agissait de 3 femmes. L'article n°5 signifiait qu'il n'y avait pas de différence significative entre la proportion d'hommes et de femmes. 3 articles, ceux de Kim et al.(68), de Hashish et Mostafa(84) et de Kinzinger et al.(100) ne mentionnaient pas la répartition des patients selon leur sexe.

La moyenne d'âge, quant à elle, était inhomogène avec des études incluant des patients en croissance et des patients adultes (Figure 24). Sur les 26 articles 19 incluaient des patients âgés de minimum 16 ans (la plupart recherchaient volontairement des patients avec un âge supposant une absence de croissance résiduelle), 5 incluaient des patients enfants âgés de moins de 16 ans et 2 incluaient des patients enfants et adultes.

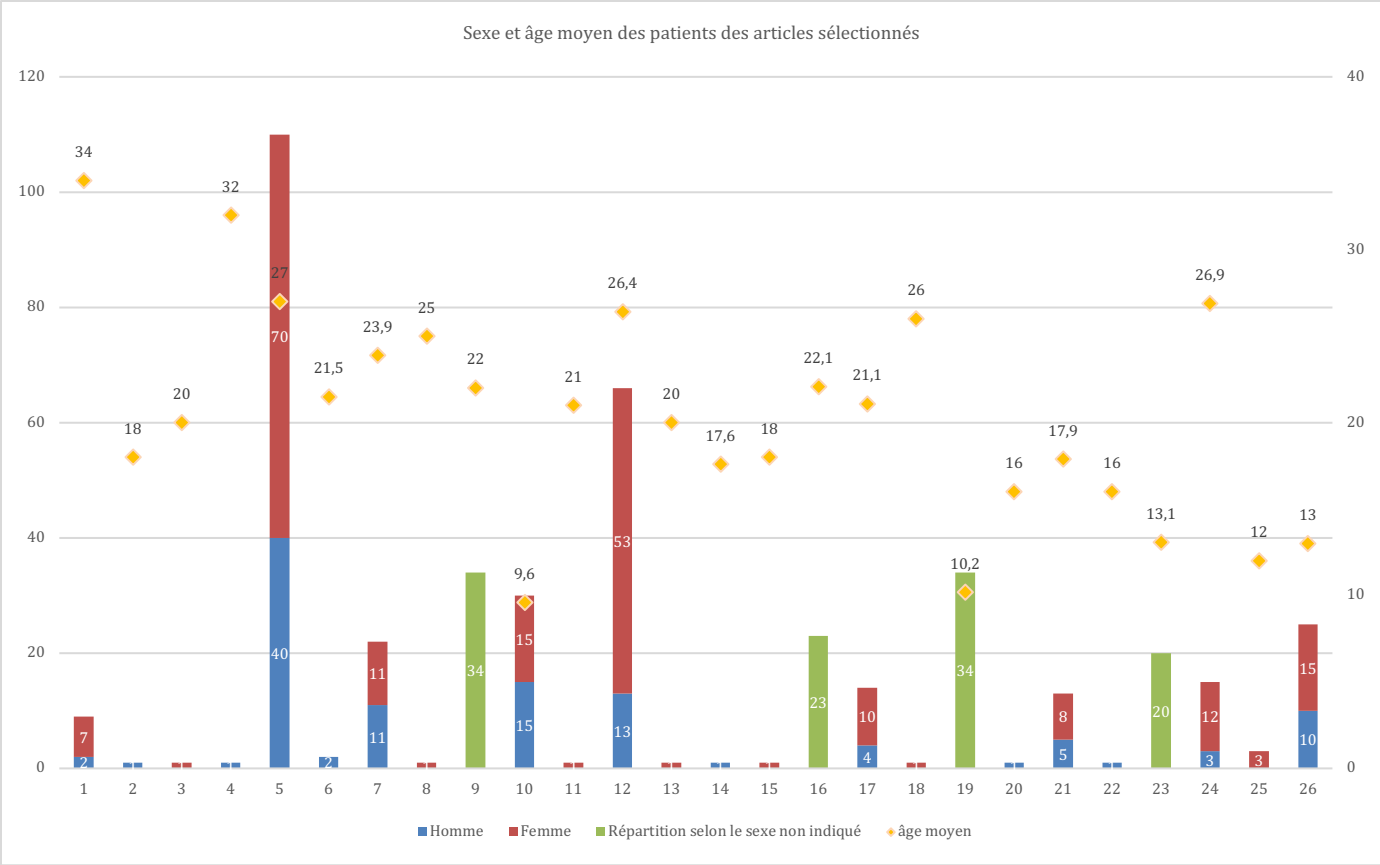


Figure 24 : Répartition des patients étudiés dans chaque article sélectionné selon le sexe et l'âge moyen.

3.3 ANALYSE DES CRITERES DE JUGEMENT :

Pour plus de clarté dans les résultats nous avons classé en 2 catégories les articles obtenus :

- Les articles ayant pour objectif de décrire et/ou d'analyser une limite anatomique à la distalisation des molaires mandibulaires
- Les articles recherchant des valeurs quantitatives des déplacements dentaires lors d'une distalisation molaire mandibulaire

3.3.1 Articles abordant les limites anatomiques à la distalisation molaire mandibulaire.

Trois articles sur les 26 sélectionnés (les numéros 5, 9 et 20) abordent un point sur une limite anatomique à la distalisation molaire mandibulaire. L'un est un rapport de cas (numéro 20) et deux sont des études cliniques rétrospectives (numéros 5 et 9).

Le rapport de cas de Farronato et al. (101) décrit le développement d'une paresthésie labiale unilatérale temporaire survenue lors d'une distalisation molaire mandibulaire. Il s'agissait d'un patient de sexe masculin âgé de 16 ans. L'objectif de traitement était la correction d'une biproalvéolie par une distalisation des molaires maxillaires et mandibulaires après extraction des 4 dents de sagesse. Le système de distalisation était réalisé avec un traitement multi-attaches utilisant des ressorts. L'apparition d'une paresthésie labiale droite a eu lieu après 6 mois d'activation des ressorts. La quantité de distalisation n'était pas renseignée dans l'article. A la suite de cet événement clinique une prescription d'examens

radiographiques a été effectuée (radiographie panoramique et Scanner 3D) : ces dernières ont montré une croissance et une longueur excessives des racines des deuxièmes molaires mandibulaires. Cette particularité anatomique a entraîné une interférence avec le canal mandibulaire et une compression du nerf mandibulaire. Un soulagement des symptômes est apparu dès l'arrêt des forces appliquées sur les deuxièmes molaires, combiné à une prescription d'anti-inflammatoire. Les symptômes ont disparu totalement sans séquelle en 2 semaines.

Les 2 études rétrospectives, réalisées en 2017 par Choi et al(99) (n°5) et en 2014 par Kim et al(68) (n°9) avaient pour objectif d'étudier la quantité de distalisation molaire possible en fonction des limites anatomiques postérieures de la mandibule. L'article de Choi et al. recherchait aussi une différence significative de cette valeur entre les patients en classe I et en classe III squelettique. Le Tableau 2 suivant résume ces 2 publications :

Numéro de l'article	5 : Choi et al.	9 : Kim et al.
Objectif(s)	Étudier l'espace rétromolaire disponible pour la distalisation molaire chez les patients atteints de prognathisme par rapport au patient en classe I.	(1) déterminer la limite anatomique postérieure en comparant les espaces disponibles postérieurs mesurés à différents niveaux de la deuxième molaire mandibulaire sur des coupes axiales de TDM 3D (2) prédire l'espace disponible postérieur et la présence de contact des racines avec la corticale linguale interne du corps mandibulaire à l'aide de céphalogrammes latéraux.
Population	110 patients Divisés en 2 groupes : -49 **classe I** -61 **classe III** (relation molaire de classe III, ANB<-1°, APDI>84°, surplomb<0mm) Encombrement <5mm pour les 2 groupes Adultes (>19ans) Âge moyen : 27ans Pas d'antécédents de traitement ODF Pas de dents absentes sauf DDS	34 patients Classe I, normodivergents, encombrement <2mm -23 **avec DDS** -11 **sans DDS** Adultes (>18ans) Age moyen : 22ans Pas d'antécédents de traitement ODF Pas de dents absentes sauf DDS
Matériels et Méthodes	Mesure des distances sur **CBCT** Plan de référence : plan occlusal Mesures réalisées à 4 plans, parallèles au plan occlusal sur des coupes axiales : - plan 0 : passant par la **furcation** de la 2ème molaire. - plans à 2, 4 et 6 mm en apical du plan 0. Dans chaque plan, 2 lignes utilisées pour mesurer la distance rétromolaire : - **ligne sagittale** parallèle au PSM. - **ligne cuspidienne** passant par les cuspides vestibulaires des 1ères et 2èmes molaires inférieures. Mesures : distances linéaires les plus courtes entre le point le plus lingual de la racine distale de la deuxième molaire droite et le bord interne de la corticale linguale mandibulaire.	Mesure des distances : sur CBCT et sur céphalogrammes latéraux générés depuis les images 3D Plan de référence : plan occlusal Mesures sur **CBCT** réalisées à des plans parallèles au plan occlusal sur des coupes axiales -distance la plus courte entre la couronne de la 2ème molaire et la corticale externe du **Ramus**. 2 plans de mesures : au niveau occlusal et à 2 mm apicalement au niveau occlusal. -distances les plus courtes entre la racine de la 2ème molaire et la corticale linguale externe à des plans à 2, 4, 6, 8 et 10mm en apical de la **jonction émail-cément**. Mêmes mesures pour la corticale interne. Dans chaque plan les mesures ont été effectuées parallèlement à la ligne occlusale postérieure (ligne rejoignant les cuspides vestibulaires des 1ères et 2èmes molaires inférieures) Le nombre et le pourcentage des **racines en contact avec la corticale linguale interne** ont été calculées à chaque niveau de mesure. Mesures sur les **céphalogrammes latéraux** parallèles au plan occlusal : -distance entre la deuxième molaire et le bord antérieur du Ramus
Résultats (Tableau 3Tableau 4)	- Pas de différence significative entre les patients en classe I et en classe III pour les mesures effectuées avec la ligne sagittale	- l'espace disponible postérieur était significativement plus petit sur les céphalogrammes latéraux que sur les coupes axiales du CBCT : **les céphalogrammes latéraux**

	- **L'espace rétromolaire était significativement plus grand chez les patients en classe III à 0 et 2 mm** (de 2,1 mm et 1,3 mm respectivement) pour les mesures effectuées à la ligne cuspidienne. - **les distances réalisées avec la ligne sagittales sont en moyenne plus petites que les distances réalisées avec la ligne cuspidienne** - Pour **les patients en classes III plus on s'approche de l'apex, plus la distance diminue** (allant en moyenne de 2,6 à 1,4 mm pour les mesures avec la ligne sagittale et de 6 à 2,7 mm pour la ligne cuspidienne) - Pour les **patients en classe I la distance la plus faible se trouvait à 4 mm en apical de la furcation** (étant en moyenne de 1,7 mm pour la mesure avec la ligne sagittale et de 2,8 mm pour la mesure à la ligne cuspidienne).	**sous-estiment les espaces distaux disponibles** - La distance racine-corticale externe à 8 et 10mm est plus petite que la distance couronne-ramus : **la corticale linguale externe du corps mandibulaire et non le bord antérieur du Ramus est la limite anatomique postérieure** lors d'une distalisation le long de la ligne occlusale postérieure. - La distance à la corticale interne et externe à 10 mm est plus petite que la distance à 2 et 4 mm : **l'espace disponible diminue plus on se rapproche de l'apex** - Plus on se rapproche de l'apex plus on a des racines en contact avec la corticale interne (33% des racines étaient en contact à 10 mm de la JEC) - Au total 35% des racines avaient au moins 1 contact avec la corticale interne à 1 niveau. 2 groupes ont été créés, 1 groupe contact (les 35%) et le reste ou aucune racine n'avaient un contact avec la corticale interne. Ces 2 groupes ont été comparés aux valeurs prises avec le céphalogramme : les valeurs étaient significativement plus petites dans le groupe contact, ils ont trouvé qu'**une valeur sur céphalogramme (entre la molaire et le ramus) inférieure à 3,9mm était susceptible d'avoir une racine en contact avec la corticale linguale.**

Tableau 2 : Résumé des 2 études de notre revue dont l'objectif est d'étudier la quantité de distalisation molaire possible en fonction des limites anatomiques postérieures de la mandibule

	Distance Measured Through the Sagittal Line						Distance Measured Through the Cuspal Line					
Depth	Class I		Class III		Difference*	*P***	Class I		Class III		Difference*	*P***
0	2.2 ± 1.8	(n = 49)	2.6 ± 1.6	(n = 61)	−0.6	.282	4.0 ± 3.3	(n = 49)	6.0 ± 3.3	(n = 61)	−2.1	<.001
2	2.0 ± 1.6	(n = 49)	2.2 ± 1.4	(n = 61)	−0.3	.570	3.7 ± 3.0	(n = 49)	4.9 ± 2.9	(n = 61)	−1.3	.023
4	1.7 ± 1.5	(n = 47)	1.9 ± 1.5	(n = 61)	−0.3	.592	2.8 ± 2.4	(n = 47)	3.8 ± 2.8	(n = 61)	−1.0	.066
6	2.1 ± 1.7	(n = 35)	1.4 ± 1.5	(n = 46)	0.1	.822	3.4 ± 2.6	(n = 35)	2.7 ± 2.8	(n = 46)	0.2	.786

Tableau 3 : Issu de l'étude de Choi et al.(101) représentant la moyenne de la distance rétromolaire avec la ligne sagittal et la ligne cuspidienne, à 0,2,4 et 6 mm apicalement à la furcation.

	$RL_{in\text{-}2mm}$ (n = 34)	$RL_{in\text{-}4mm}$ (n = 34)	$RL_{in\text{-}6mm}$ (n = 34)	$RL_{in\text{-}8mm}$ (n = 34)	$RL_{in\text{-}10mm}$ (n = 32)	*P* value
Mean	6.10^{a}	5.87^{b}	4.70^{c}	3.67^{d}	2.77^{e}	<0.001
SD	3.13	3.36	3.17	2.84	2.42	
Post-hoc Tukey test (*P* <0.05)						
	a >d,e	b >d,e	-	d <a,b	e <a,b	

Tableau 4 : Issu de l'étude de Kim et al.(70) représentant la distance entre la racine de la 2ème molaire mandiubulaire et la corticale linguale interne du corps mandibulaire, à 2,4,6,8 et 10 mm apicalement à la JEC.

Nous pouvons faire une brève synthèse des résultats de ces 2 derniers articles. L'article de Kim et al. conclue que la corticale linguale externe du corps mandibulaire et non le bord antérieur du ramus est la limite anatomique postérieure lors d'une distalisation le long de la ligne occlusale postérieure. Le long de la ligne cuspidienne, Choi et al. trouvent une différence significative entre les patients en classe I et en classe III, avec un espace significativement plus grand chez ces derniers à 0 et 2mm en apical de la furcation. Les 2 articles concluent que plus on se rapproche de l'apex, plus la distance entre la racine et la corticale linguale diminue.

3.3.2 Articles donnant des valeurs quantitatives des déplacements dentaires lors d'une distalisation molaire mandibulaire.

Un total de 23 articles sur les 26 évaluaient les effets thérapeutiques quantitatifs de la distalisation molaire mandibulaire.

3.3.2.1 Motivations de l'utilisation de la distalisation molaire mandibulaire

Les motivations pour l'utilisation de la distalisation molaire mandibulaire des articles sélectionnés sont : la correction d'une malocclusion de classe III et la correction de la DDM. Dans 12 articles la distalisation a été utilisée principalement pour corriger une classe III dentaire. Dans 11 articles la distalisation molaire mandibulaire a servi à corriger en priorité la DDM.

Cependant la distalisation est également utilisée pour des objectifs concomitants. Dans les 15 articles cherchant une correction de la DDM, 12 recherchaient une correction de l'encombrement et 6 recherchaient un repositionnement incisif. Les travaux de thèse de Wagner(98) décrivent un système de distalisation mandibulaire pour effectuer une décompensation pré-chirurgicale de classe II, donc également un repositionnement incisif. Le Tableau 5 résume les objectifs thérapeutiques principaux et secondaires pour l'utilisation de la distalisation molaire mandibulaire.

Les besoins de distalisation molaire sont rarement quantifiés précisément. 15 articles sur les 23 apprécient l'encombrement le plus souvent de « léger » à « modéré » ou « sévère » sans valeur quantitative précise. Cette valeur précise n'existe que dans l'article n° 15 de Hu et al.(102) pour 1 cas clinique (2,5mm d'encombrement) et l'article n°21 de Park et al qui donne une moyenne de 5,9 mm de DDM. Seuls deux articles évoquent la courbe de Spee.

Les classes III occlusales à corriger par distalisation mandibulaire vont, d'une classe III molaire d'une demi-cuspide à une classe III molaire complète, sans aucune valeur quantitative rapportée.

Articles	**Correction classe III occlusale**	**Correction DDM**		
		Correction encombrement	Repositionnement incisif	Décompensation classe II pré-chirurgicale
1				•
2	•	◊		
3	•			
4	◊		•	
6	•			
7	•			
8			•	
10	•			
11	•			
12		•	•	
13	•			
14	•	◊		
15	•	◊		
16		•	•	
17	•			
18		•		
19		•		
21		•	•	
22	•			
23		•		

24	●	◊	◊	
25		●		
26		●		
Total	13	12	6	1

Tableau 5 : Objectifs thérapeutiques principaux (●) et secondaires (◊) pour l'utilisation de la distalisation molaire mandibulaire

3.3.2.2 Systèmes et techniques de distalisation utilisés

Les dispositifs utilisés pour la distalisation molaire sont décrits dans le *Rmq : les numéros présents dans ce tableau, hors les numéros de la colonne des articles, correspondent au numéro des dents, à savoir : 4, première prémolaire ; 5, deuxième prémolaire ; 6, première molaire ; 7, deuxième molaire. Les symboles < et > correspondent respectivement aux termes mandibulaire et maxillaire.*
Tableau 6 ci-dessous.
Pour les traitements utilisant les techniques avec multi-attaches, les mécaniques utilisées sont décrites dans le *Rmq : les numéros présents dans la 2ème colonne de ce tableau, correspondent au numéro des dents, à savoir : 4, première prémolaire ; 5, deuxième prémolaire ; 6, première molaire ; 7, deuxième molaire. Les symboles < et > correspondent respectivement aux termes à mandibulaire et maxillaire.*
Tableau 7.

Le système de distalisation le plus utilisé est un appareil multi-attaches (MA) vestibulaire, associé à des ancrages osseux (AO).

Les AO sont employés dans 15 articles, en ancrages directs ou indirects, pour distaler une arcade en masse, par groupe de dents ou dent par dent. Sur les 15 articles 10 utilisent des minivis (MV) comme ancrage osseux, 4 des mini-plaques (MP) et 1 article utilise la technique d'Abalakov.

A l'exception de 3 articles (n° 12, 16 et 21) qui ne le précisent pas, tous les traitements MA réalisés, procèdent, lorsqu'elles sont présentes, à l'avulsion des dents de sagesse avant la distalisation.

La distalisation est en majorité bilatérale et identique, mais elle peut être asymétrique.

2 articles de Kinzinger (n°23 et 25) utilisent un arc lingual modifié (ALM) pour réaliser une distalisation molaire unilatérale(100,103). L'objectif est de permettre l'évolution et la mise en place sur l'arcade des 2èmes prémolaires inférieures, chez l'enfant ou l'adolescent. L'arc lingual modifié utilisé (Figure 25) comprend deux bagues molaires sur lesquelles sont soudés deux arcs 0,038 bleu Elgiloy® ou d'acier inoxydable 0,040. Un arc rejoint chacune des 2 bagues en longeant et en restant à distance de la paroi alvéolaire lingual. Cet arc ne doit pas gêner l'espace dévolue à la langue. Du côté de l'ancrage, un second arc lingual forme un bras façonné de manière à s'étendre jusqu'à la partie distale de l'incisive latérale du côté controlatéral, en s'adaptant aux dents à mi-hauteur de la couronne clinique. L'appareil est activé en appliquant un coup de pince 3 becs sur le bras lingual côté ancrage à proximité immédiate de la bague molaire. Cette activation de premier ordre dans le plan horizontal sert d'activation de distalisation. Un coup supplémentaire sur l'arc lingual doit être effectué du côté de la molaire à distaler afin de contrer la force de rotation linguale de la molaire engendrée par la première activation (Figure 26). Dans l'article n°23(100), 3 groupes de patients traités par cet arc lingual modifié avec des ancrages différents sont comparés, le premier groupe n'a qu'un arc lingual, le 2ème groupe a un arc lingual avec un sectionnel en renfort d'ancrage et enfin le 3ème groupe rajoute, par rapport au 2ème groupe, un lip bumper

porté durant l'après-midi et la nuit. Aucune différence significative entre les 3 groupes n'a été observée dans la quantité de distalisation réalisée. En revanche, une différence significative dans la perte d'ancrage antérieure a été trouvée, les groupes 2 et 3 ayant une perte d'ancrage inférieure au groupe sans renfort d'ancrage.

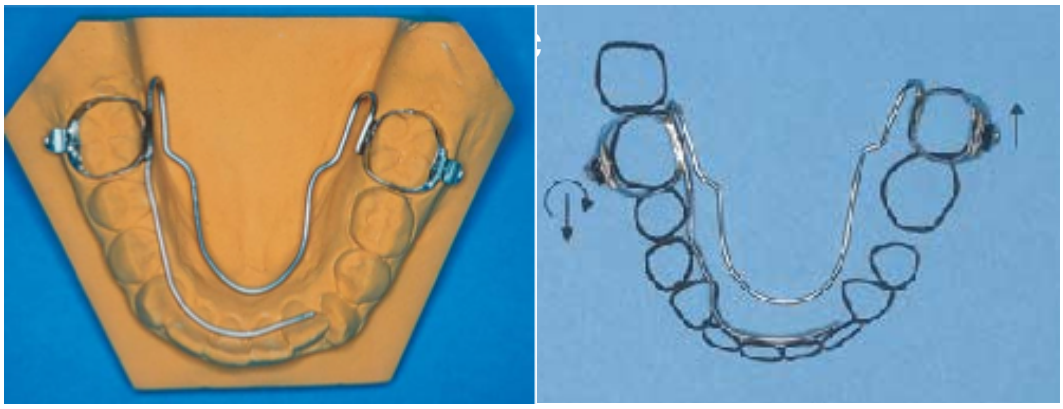


Figure 25 : Arc lingual modifié utilisé dans les 2 études de Kinzinger et al. (100,103)

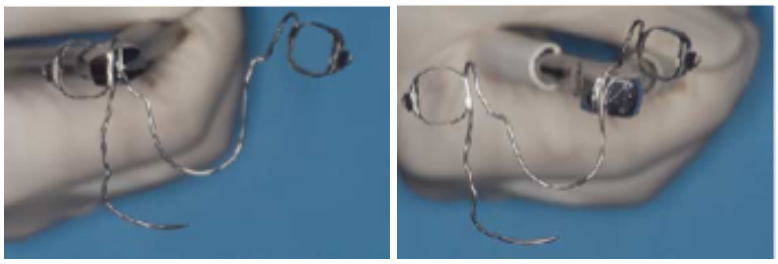


Figure 26 : Activation de l'ALM. A gauche première activation pour la distalisation, à droite 2ème activation pour contrer la rotation molaire induite par la 1ère activation. Images issues de l'article n°25 de Kinzinger (103)

N° article	Multi-Attaches (MA)/Autre dispositif (FEO,…) *Ancrages Osseux (AO) : Minivis MV, Miniplaques MP,…* *Traction inter-maxillaire TIM, Réduction interproximale (RIP), Arc Lingual modifié (ALM)*	Technique d'ancrage pour distalisation mandibulaire	Type de distalisation : Unilatérale/bilatérale Dent par dent / Groupe de dents / En masse
1	MA + AO *AO : Fil ostéosynthèse dans branche montante mandibulaire,*	AO : ancrage direct	Bilatérale En masse
2	MA + AO *AO : MV vestibulaire entre 5< et 6< à droite et 4< et 5< à gauche*	AO : ancrage direct pour 7 et 6 puis indirect	Bilatérale Dent par dent : 7 puis 6, puis prémolaires
3	MA + AO + TIM *AO : MV vestibulaire entre 5< et 6<* *TIM : élastiques de classe III*	AO : ancrage direct TIM : élastiques ancrage arcade maxillaire	Bilatérale En masse
4	MA + AO *AO : MP sur ligne oblique externe au niveau des DDS, tête placée entre 6< et 7<*	AO : ancrage direct	Bilatérale En masse
6	MA + AO + TIM *AO : MP ramale, tête placée en*	AO : ancrage direct TIM : ancrage arcade	Bilatérale En masse

	vestibulaire du tube de la 7<, MV entre 6> et 7>pour n2 *TIM : élastiques de classe III*	maxillaire pour n1 et ancrage MV maxillaire pour n2	
7	MA + AO *AO : MP ramale, tête placée en vestibulaire du tube de la 7<*	AO : ancrage direct	Bilatérale En masse
8	MA + AO *AO : MV vestibulaire entre 5< et 6<*	AO : ancrage direct	Bilatérale En masse
10	TIM *TIM : ressort en traction*	Ancrage arcade maxillaire	Bilatérale En masse
11	MA + AO + TIM *AO : MV vestibulaire entre 5< et 6<* *TIM : élastiques de classe III pendant 2 mois*	AO : ancrage indirect pour 7 et 6 puis direct pour reste de l'arcade	Bilatérale Groupe de dent : 7 et 6 puis reste arcade
12	MA + AO + RIP AO : MV principalement entre 5< et 6<	AO : ancrage direct	Bilatérale Groupe de dent : secteurs latéraux jusqu'à la 3< puis secteur antérieur
13	MA avec arcs à boucles multiples + TIM + AO *MA : départ système arcs à boucles + TIM : élastiques de classe III mais proalvéolie maxillaire importante donc décision distalisation mandibulaire avec MV* *AO : MV vestibulaires implantées verticalement entre 6< et 7<*	TIM : ancrage arcade maxillaire AO : ancrage direct	Bilatérale En masse
14	MA + AO *AO : MV dans zone rétromolaire*	AO : ancrage direct distalisation 7 puis indirect	Bilatérale Dent par dent : 7 puis 6 puis 4 et 5 en même temps, puis secteur antérieur 3 à 3
15	MA avec arcs à boucles multiples + TIM *TIM : élastiques de classe III courts*	Ancrage arcade maxillaire avec TIM III et arcs à boucles maxillaire et mandibulaire	Bilatérale (asymétrique) Dent par dent à gauche, en masse à droite (tim III et arc à boucles multiples)
16	MA + AO *AO : MV vestibulaire entre 6< et 7< ou en distal de 7<*	AO : ancrage direct	Bilatérale En masse (de 7 à 3)
17	MA + FEO + TIM *FEO : J-Hook Headgear* *TIM : élastiques de classe III*	FEO : ancrage extra-oral (tête) TIM : ancrage arcade maxillaire	Bilatéral En masse
18	MA + ostéotomie	« accélération du mouvement dentaire en distal » par ostéotomie, ancrage arcade mandibulaire antérieure de 4 à 4	Bilatérale Dent par dent (7 puis 6)
19	Lip Bumper	Ancrage musculaire : lèvre inférieure	Bilatérale Distalisation 6
21	MA + AO *AO : MV vestibulaire entre 6< et 7< ou en distal de 7, ou dans zone rétromolaire*	AO : ancrage direct	Bilatérale En masse
22	MA + AO (TIM) AO : MV vestibulaire entre 5> et 6> (maxillaire)	AO : ancrage direct (TIM III sur vis >)	Bilatérale, asymétrique En masse
23	ALM sur bagues 36 et 46 ou 37 et 47 (dans 1 des 3 groupe système	3 groupes comparés avec 3 ancrages différents : Arc lingual seul (avec bras	Unilatérale Distalisation 6 ou 6/7

	amovible avec lip bumper à mettre nuit)	allant de la molaire baguée côté ancrage jusqu'à la 2< côté distalisation, arc lingual + sectionnel vestibulaire (acier passif .016x.022) dans la région de l'ancrage, arc lingual + sectionnel vestibulaire + Lip Bumper (porté après-midi + nuit)	
24	MA + AO *AO : MP rétromolaires bord antérieur du ramus*	AO : ancrage direct ou indirect	Bilatérale En masse ou Dent par dent (7 puis 6 puis reste arcade)
25	ALM + MA	Ancrage dentaire : avec arc lingual et MA sur toute l'arcade sauf sur 6/7 à distaler	Unilatérale Distalisation 6 ou 6/7
26	Lip Bumper	Ancrage musculaire	Bilatérale Distalisation 6

Rmq : les numéros présents dans ce tableau, hors les numéros de la colonne des articles, correspondent au numéro des dents, à savoir : 4, première prémolaire ; 5, deuxième prémolaire ; 6, première molaire ; 7, deuxième molaire. Les symboles < et > correspondent respectivement aux termes mandibulaire et maxillaire.

Tableau 6 : Systèmes et techniques de distalisation utilisés

N° article	Technique distalisation avec MA Section arc	Slot brackets	Section d'arc pour distalisation
1	-> Ressort en traction du fil d'ostéosynthèse à la 3<	.022x.028	Dès nivellement : .020x.020 NiTi mémoire de forme jusqu'au .019x.025 TMA
2	MA pas dès début, d'abord -> 7 unitaire ressort en compression sur arc entre MV et 7 -> puis 6 unitaire, idem -> puis arc continu	.022x.028	.017x.025 Acier
3	-> TIM III + chaînette élastomérique de la MV à bras sur arc entre 2< et 3<	.022x.028	.019x.025 Acier
4	-> chaînette élastomérique de la tête de la MP à la 3< et la 4<	.022x.028	.019x.025 Acier
6	-> chaînette élastomérique ou ressort en traction (non précisé) de la MP à bras sur arc entre 2< et 3<	.022x.028	NR (section d'arc de .016 NiTi à .019x.025 Acier)
7	-> chaînette élastomérique ou ressort en traction (non précisé) de la MP à bras sur arc entre 2< et 3<	.022x.028	.019x.025 Acier
8	-> chaînette élastomérique de la MV à un bras sur arc entre 2< et 3<	.022x.028	.019x.025 Acier
11	-> 7 et 6 : ressorts en compression entre 6< et 7<, et entre 5< et 6< -> ressort en traction de la MV à bras sur arc entre 3< et 4<	.022x.028	.019x.025 Acier
12	-> secteurs latéraux jusqu'à la 3 : ressorts en traction ou chaînette élastomérique de la MV à 3< -> secteur antérieur : ressort en traction ou chaînette élastomérique de la MV à 3<, ligature en 8 de 3 à 3	.022x.028	.019x.025 Acier
13	-> arcs à boucle multiples + TIM III -> ressort en traction de la MV à bras sur arc entre 3< et 4<	.022x.028	-> .018x.025 Acier sup et inf avec boucles -> arc pour distalisation MV non renseigné
14	-> pas de prise en charge secteur antérieur et canines pour distalisation secteurs latéraux	NR	NR

	-> distalisation 7 ancrage direct (technique non précisée) -> ligature de la 7 à la MV : distalisation 6 puis 5 et 4 avec chaînette élastomérique à la 7		
15	-> arc à boucles multiples au maxillaire (.019x.025 acier) -> ressort entre 34 et 37 avec TIM III, idem distalisation 36, sectionnel de 44 à 47 avec TIM III courts -> alignement nivellement toute arcade< avec chaînette sur 37 pour distaler 35, puis 34, puis 33. -> arc à boucles multiples	.022x.028	.018x.025 Acier
16	-> secteurs latéraux jusqu'à la 3 : ressorts en traction ou chaînette élastomérique de la MV à 3< -> secteur antérieur : ressort en traction ou chaînette élastomérique de la MV à 3<, ligature en 8 de 3 à 3	.022x.028	.017x.025 TMA
17	->J-Hook que la nuit (placées entre 2< et 3<) -> TIM III élastiques courts après port des FEO pour maintenir résultats FEO	NR	.016x.022 TMA
18	-> ostéotomie en forme de coin en distal des 7< étendue 2 ou 3 mm plus distal que la distalisation souhaitée -> ressort en compression pour 7<, puis idem pour 6< une fois arc lingual bloquant positions de la 7<	.022x.028	.016x.022 Acier
21	-> chaînette élastomérique de la MV à la 3< ou la 4<	.022x.028	.018x.025 TMA ou Acier
22	-> TIM élastiques de classe III de la MV> à l'arcade mandibulaire ou l'on a un arc sectionnel coulissant, incisives < non PEC au début	.022x.028	NR
24	2 méthodes : ->distalisation 7< ancrage passif avec ligature métal entre MP et 4< et ressort en compression entre 6< et 7<. Idem pour distalisation 6. Puis ancrage direct. Ou -> distalisation en masse avec ressort en traction ou chaînette élastomérique de la MP à la 4<	.022x.028	.018x.025 ou .019x.025 Acier

Rmq : les numéros présents dans la 2ème colonne de ce tableau, correspondent au numéro des dents, à savoir : 4, première prémolaire ; 5, deuxième prémolaire ; 6, première molaire ; 7, deuxième molaire. Les symboles < et > correspondent respectivement aux termes à mandibulaire et maxillaire.

Tableau 7 : Techniques de distalisation avec MA

3.3.2.3 Age des patients dans les articles en fonction de la technique utilisée

Le Tableau 8 ci-dessous résume l'âge des patients en fonction de la technique utilisée.

13 articles, sur les 23 relatifs aux effets quantitatifs de la distalisation molaire mandibulaire, ne traitent que des patients adultes, 7 des enfants uniquement et 3 articles ont pour objet à la fois des enfants et des adultes.

N° article	Technique utilisée	Age	A : Adultes (> 18ans) E : enfants (< 18ans)
1	MA + AO	34 ± 9,4 ans (adultes)	A
2	MA + AO	18 ans	A
3	MA + AO + TIM	20 ans	A
4	MA + AO	32 ans	A
6	MA + AO + TIM	21 et 22 ans	A
7	MA + AO	23,9 ± 5,52 ans (>18 ans)	A
8	MA + AO	25 ans	A
10	TIM	9,6 ± 2,1 ans (6 à 15 ans)	E
11	MA + AO + TIM	21,3 ans	A
12	MA + AO + RIP	28,3 ± 8,4 ans (hommes >18	A

		ans, femmes >17 ans)	
13	MA arcs à boucles + TIM + AO	20 ans	A
14	MA + AO	17,6 ans	E
15	MA arcs à boucles + TIM	18 ans	A
16	MA + AO	22,1 ± 5,17 ans (12,8 à 31,6)	A + E
17	MA + FEO + TIM	21,1 ± 4,4 ans (« nongrowing patients »)	A
18	MA + ostéotomie	26 ans	A
19	Lip Bumper	10,2 ans (7,9 à 13,1 ans)	E
21	MA + AO	17.9 ± 5.7 years (11 à 28 ans)	A + E
22	MA + AO (TIM)	16 ans	E
23	ALM	13,1 ans (12,2 à 14,3 ans)	E
24	MA + AO	26,9 ans (16,1 à 43,5 ans)	A + E
25	ALM + MA	12,7 ans (12,5 à 12,9 ans)	E
26	Lip Bumper	13,1 ans (10,5 à 17,3 ans)	E

Tableau 8 : Age des patients en fonction de la technique employée.

3.3.2.4 Quantification du mouvement molaire mandibulaire : critères évalués et méthode d'évaluation

La quantification de la distalisation est principalement évaluée grâce à l'utilisation de téléradiographies de profil (TRP), avant et après distalisation. Lorsque cela est précisé, la quantité de mouvement distal est principalement mesurée par rapport à des lignes de référence sur un tracé céphalométrique. La mesure se fait également avec des superpositions générales et/ou locales de tracés céphalométriques, avant/après traitement et parfois même, après contention (Tableau 9).

Les critères de distalisation molaire évalués sont la quantité de la distalisation coronair e de la première molaire mandibulaire (le plus souvent) et en complément, de la deuxième molaire mandibulaire (parfois).

Seuls 5 articles mesurent la modification de position de l'apex dans le sens sagittal.

La version corono-distale de la molaire mandibulaire est exprimée en pourcentage lorsque le déplacement de l'apex et de la couronne est connu (déplacement de la racine par rapport à la couronne), soit, en degrés par rapport à un plan de référence, le plus souvent le plan mandibulaire (7 articles) ou, plus rarement le plan de Francfort (2 articles) (Tableau 10).

	Systèmes utilisés pour quantification de la distalisation			
	TRP avec lignes de référence sur tracé céphalométrique	Superpositions Générale G/ Locales L grâce à TRP	Autres	Non renseigné
N° articles	1, 6, 7, 10, 12, 14, 16, 17, 19 (angulation molaire), 21, 26	G + L : 2, 4, 11, 19, 22, 24 G : 3, 13	- 6 : Superposition CBCT utilisé pour 1 cas dans un article avec 2 cas, technique non renseignée - 8 : Superposition CBCT sur le corps de la mandibule - 15 : modèles d'étude, technique non renseignée - 19 : comparaison superpo TRP et imagerie 3D - 23 : modèles d'étude. Mesure de la distance entre projection perpendiculaire du point distal 4< sur PSM et projection perpendiculaire de la cuspide distale 6< sur PSM -24 : superposition tracés mandibulaires et occlusogrammes pour avoir valeurs dans les 3D (avant/après traitement et 1 an après fin traitement)	18, 25

Tableau 9 : Méthodes d'évaluation utilisées par les 23 articles pour la quantification de la distalisation

	Distalisation couronne		**Distalisation racine**		**Version corono-distale (tipping)**		**Ingression/ Egression**
N° article	Ligne(s) de référence	Point dentaire	Ligne(s) de référence	Point dentaire	Ligne(s) de référence	Ligne choisie pour définir l'axe molaire	Ligne de référence et point dentaire
1	VFH (⊥PF passant par le point ptérygoïdien)	Point le plus distal de la couronne de la 6<	/	/	⊥PF passant par le point ptérygoïdien	Point le plus distal de la couronne de la 6< et point le plus distal de la racine distale de la 6<	/
6	⊥PF	/	⊥PF	/	/	/	/
7	2 mesures car 2 lignes de référence utilisées : 1) VFH 2) ⊥PM passant par le point menton	Point le plus distal de la couronne de la 6<	2 mesures car 2 lignes de référence utilisées : 1) VFH 2) ⊥PM passant par le point menton	Apex de la racine distale de la 6<	2 mesures car 2 lignes de référence utilisées : PF et PM	Point le plus distal de la couronne de la 6< et point le plus distal de la racine distale de la 6<	2 mesures, une apicale et une coronaire. ⊥PM : Du PM à l'apex de la racine distale de la 6< et du PM au point le plus distal de la couronne

							de la 6<
10	⊥PO passant le centre de la selle turcique	Point le plus mésial de la couronne de la 6<	/	/	/	/	⊥PM : Du PM au sommet de la cuspide mésiale 6<
12	⊥PF passant par le centre de la selle turcique	Point le plus mésial de la 6<	/	/	/	/	/
14	« par rapport au plan mandibulaire »	/	/	/	PM	/	/
16	⊥PM passant par le point le plus distal de la corticale lingual de la symphyse mandibulaire	Point central de la couronne (milieu de la ligne de plus grand contour)	/	/	PM	⊥ligne de plus grand contour de la dent passant par le point central de la couronne	⊥PM : du PM au point central de la couronne
17	VFH	Sommet cuspide mésiale	VFH	Apex racine mésiale	PM	Ligne passant par sommet cuspide mésiale et apex racine mésiale	⊥PM : du PM au sommet de la cuspide mésiale
19	/	Centre de résistance de la 1ère molaire	/	/	PM	⊥ ligne tangente aux pointes cuspidiennes de 6< passant par centre de la furcation 6<	/
21	Idem 16						

26	⊥PM passant par le point le plus distal de la corticale lingual de la symphyse mandibulaire	Point le plus distal de la couronne	/	/	PM	Ligne passant par sommet cuspide mésiale et apex racine mésiale	/

Tableau 10 : Quantification du mouvement distal avec l'utilisation de lignes de référence sur TRP

3.3.2.5 Quantités de la distalisation molaire mandibulaire dans le sens sagittal et temps de traitement (Tableau 11Tableau 12).

Le temps de distalisation moyen, lorsqu'il est précisé, est de 9,1 mois.

La moyenne de distalisation coronaire pour tous les articles est de 3,1mm et la moyenne de distalisation coronaire sur 9,1 mois est de 3,4mm, soit 0,37mm de distalisation par mois en moyenne. La distalisation la plus rapide est de 1,5mm par mois en moyenne, pour l'article n°25 de Kinzinger et al(103) utilisant l'arc lingual modifié. On retrouve également une moyenne de distalisation de 1,3 mm par mois pour le rapport de cas de l'article n°18 de Finotti et al(104) dans lequel des corticotomies ont été effectuées. La technique ayant la quantité de distalisation par mois la plus faible (0,04 mm/mois) est l'utilisation de TIM III avec des ressorts inter-arcades, employée dans l'article de Vanlaecken et al(105).

La moyenne de distalisation coronaire pour les techniques utilisant les ancrages osseux est de 3,25mm, avec en moyenne 9 mois de distalisation, soit 0,36mm de distalisation molaire mensuelle en moyenne. Dans l'article de Sugawara(92) utilisant les mini-plaques la distalisation molaire coronaire la plus importante pour un patient était de 7,1mm accompagnée d'une distalisation radiculaire de 3,2mm.
Si l'on considère les 4 articles utilisant les miniplaques, la distalisation moyenne est de 3,65mm. Les 2 articles (n°4 et 6) donnant une information sur le temps de distalisation montrent un recul molaire durant 6,8 mois en moyenne, avec 0,64mm de distalisation par mois en moyenne.
Pour les minivis, la moyenne de distalisation est de 3,08mm en 9,9 mois, soit 0,31mm de distalisation molaire mensuelle.
La technique d'Abalakov (article 1) donne une distalisation molaire moyenne de 0,47mm par mois.

La distalisation moyenne pour l'arc lingual modifié est de 4,01mm, en 3,75 mois, soit une moyenne de 1,1mm par mois.

Le distalisation moyenne avec les Lip Bumper (articles n° 19 et 26) est de 1,31mm, en 9 mois, soit 0,15mm par mois.

Lorsque cela est précisé, tous les articles notent, quel que soit le système utilisé, une version corono-distale de 6,5° en moyenne, avec un ratio de 61% (i.e. déplacement racine/déplacement couronne x100). La distalisation radiculaire est quant à elle de 1,7mm en moyenne. Seuls 2 articles (numéros 4 et 19) parlent de « mouvement en translation » mais aucune valeur n'est précisée. Dans 2 articles on note même une mésialisation de l'apex : l'article de Kuroda et al.(72) utilisant les J-Hook Headgear note une mésialisation de l'apex de 2 mm en moyenne et l'article numéro 24 de Sugawara et al(92) rapporte avec les mini-

plaques une mésialisation de l'apex pour 2 patients sur 15. Au total, 11 articles ne donnent pas de valeur concernant le déplacement radiculaire et la version corono-distale.

Sugawara et al(92) estiment que lorsque le ratio est inférieur à 25%, le type de mouvement obtenu n'est pas un mouvement en translation. Sur les 29 molaires distalées qu'ils ont étudiées, 20 ont un déplacement dit pour eux en translation, dont seulement 2 avec un ratio de 100%. Pour les 9 dents subissant un mouvement de version corono-distale, 2 molaires ont vu leur racine se mésialer. Dans cet article également, la distalisation molaire coronaire la plus importante était de 7,1mm accompagnée d'une distalisation radiculaire de 3,2mm. La distalisation radiculaire la plus importante était de 4,2mm avec une distalisation coronaire de 4,8mm.

N° article	Temps de traitement	Temps de distalisation molaire	Quantité de distalisation molaire		
			Couronne (mm)	Apex (mm)	Version corono-distale
1	/	6 mois	2,8 +/- 0,6***	/	7,5° +/- 1,5***
2	2,5 ans	1 an	3	/	/
3	1,7 ans	8 mois	2,19	/	9,72°
4	1,9 ans	5,5 mois	4	*« bodily movement »*	
6	n1 : 2,3 ans n2 : 3,2 ans	6 mois 9 mois	4,2 4,9	3,2 3,1	76% 63%
7	/	/	⊥PF[1] 3,2*** +/- 2,12 ⊥PM[2] 2,1**** +/-1,44	⊥PF[1] 2,0** +/-2,33 ⊥PM[2] 0,8* +/-1,36	⊥PF[1] 4,6°*** (62,5%) +/-3,8 ⊥PM[2] 1,45° NS (38%) +/-4,72
8	1 an	8 mois	3,2	/	/
10	1,3 +/- 0,3 ans	1,3 +/- 0,3 ans	0,6*	/	/
11	2,3 ans	4 mois	3	/	/
12	1,7 ans	/	2,1	/	/
13	2,7 ans	4 mois arcs à boucles 12 mois distalisation MV	4	3	(75%)
14	1,5 ans	6 mois (secteurs latéraux)	4	/	10°
15	2,2 ans	5 mois (37) 7 mois (36 et 37)	5 à gauche 2 à droite	/	/
16	1,7 ans +/- 5 mois	Moyenne de 15 mois (De 7 à 23 mois)	1ère molaire : 2,45***+/- 2,18 2ème molaire : 2,08*** +/-1,06	/	1ère molaire : 7,62°***+/-9,63 2ème molaire : 8,25°***+/-6,80
17	2,2 ans +/- 6 mois	J-Hook : 8,9 mois +/- 4,6 Puis Tim III courts : 7,9 mois +/- 3,5	1,5*** +/- 0,9	! Mésialisation ! -2,0** +/-1,3	9,8° ***+/-4,5
18	/	3,8 mois pour 7 2,2 mois pour 6 Total : 6 mois	8	*« mouvement de translation, sans version »*	
19	6 mois	6 mois	Tomographie : 1,66*+/-0,53 TRP : 0,61NS+/-1,15	/	Tomographie : 6,31°*+/- 1,28 TRP : 3,38°NS+/-3,67
21	/	12,3 +/- 5,7 mois	2,92*** +/-	/	4,95°* +/-5,94

			2,11		
22	1,3 ans	12 mois	5 à gauche 2 à droite	/	/
23	4 mois	4 mois	3,33+/-1,28 (pas de diff sign entre groupes)	/	/
24	2,4 ans	/	3,5+/-1,4	1,8+/-1,4	51,4%
25	/	13 semaines 16 semaines 16 semaines Moy : 15 sem, 3,5 mois	6 5 3,5 Moy : 4,8	/	/
26	1 an	12 mois	0,95	/	4,73°
Moyenne		9,1 mois	3,1 mm	1,7 mm	6,5° ou 61%

p-value (pour les études pouvant et ayant réalisé une analyse statistique) :
**p<0,05 ; ** p<0,01 ; ***p<0,001 ; NS = non significatif*
[1]⊥PF : mesure effectuée par rapport à une perpendiculaire au Plan de Francfort passant par le point ptérygoïdien
[2]⊥PM : mesure effectuée par rapport à une perpendiculaire au Plan Mandibulaire passant par le point menton
/ : Non renseigné
% : La version corono-distale en % représente la différence de déplacement de la racine par rapport à celui de la couronne.

Tableau 11 : Temps de distalisation et variation de la position dans le sens sagittal de la 1ère molaire mandibulaire parmi les articles

Technique	**Distalisation coronaire moyenne**	**Temps moyen en mois**	**Distalisation/mois***	**Version corono-distale en ° ou %**
AO (tous confondus)	3,25 mm	8,9 mois	0,39 mm/mois	6,7° 69,1%
AO avec MV	3,08 mm	9,9 mois	0,33 mm/mois	8,1° 75%
AO avec MP	3,65 mm	6,8 mois	0,64 mm/mois	4,6° 63,2%
AO technique Abalakov	2,8 mm	6 mois	0,47 mm/mois	7,5°
ALM	4,01 mm	3,8 mois	1,07 mm/mois	/
LB	1,31 mm	9 mois	0,15 mm/mois	4,1°
Corticotomie	8 mm	6 mois	1,33 mm/mois	/
FEO + TIM III	1,5 mm	16,8 mois	0,09 mm/mois	9,8°
TIM III seuls	0,6 mm	15,6 mois	0,04 mm/mois	/
TIM III + arc à boucles	5 mm	7 mois	0,71 mm/mois	/

**Les moyennes de distalisation par mois ont été calculées avec seulement les articles précisant les temps de distalisation*

Tableau 12 : Temps de distalisation et variation de la position dans le sens sagittal de la 1ère molaire mandibulaire parmi les articles en fonction des techniques de distalisation employées

3.3.2.6 Stabilité du déplacement et système de contention (Tableau 13).

9 articles (n°1, 7, 10, 12, 16, 19, 21, 23, 26) ne donnent aucun renseignement quant à l'utilisation d'un éventuel système de contention post-traitement et aucune information sur la stabilité du traitement à moyen et long termes. Seuls 4 articles donnent une valeur quantitative

de la récidive en période de contention. Pour Sugawara et al(92) la valeur de récidive n'est pas corrélée à la quantité de déplacement distal et de version corono-distale. Seul l'article de Kuroda et al.(72) donne une valeur à 2 ans post-traitement pour la couronne et la racine : la couronne s'est mésialée de 0,1 mm alors que la distalisation initiale était de 1,5mm et la racine s'est distalée de 0,1 mm alors qu'elle s'était initialement mésialée de 2mm.

Le système de contention mandibulaire est en grande majorité un fil collé, en lingual, de canine à canine donc pas de système de contention molaire.

N° article	**Recul traitement : temps suivi post-traitement**	**TRP ? Superpositions Générales G/ Locales L mesures céphalométriques**	**Distalisation post-traitement Couronne C Racine R Tipping T**	**Récidive distalisation**	**Système de contention**
2	1,8 ans	TRP Superpositions G +L	C : 3 mm	« minimal relapse » C : -1 mm (33,3%)	/
3	3 ans	TRP Superpositions G +L	C : 2,19 mm T : 9,72°	« stable » C : -0,7mm (32%)	Fil collé 3-3 sup et inf
4	/				Fil collé 2-2 sup 3-3 inf
6	n1 : 2,8 ans n2 :	n1 : TRP n2 : /	n1 : C : 4,2 mm R : 3,2 mm T : 24% n2 : /	n1 : « stable » n2 : /	n1 : Fil collé 3-3 sup et inf n2 : Fil collé 3-3 sup et inf + gouttière sup et inf
8	2 ans	Photos exo + endo, moulages	/	« stable »	Gouttière sup et inf
11	/				Fil collé 3-3 inf + gouttière sup
13	1 an	Photos endo	/	« stable »	/
14	1 an	/	/	« no relapse »	Fil collé 3-3 inf + plaque amovible sup
15	1 an	Photos exo + endo	/	« stable »	Contentions amovibles sup et inf h24 pendant 1 an puis que nuit encore 1 an
17	2 ans	Mesures céphalométriques avec lignes de références pour 10 patients sur 14	C : 1,5mm*** R : -2 mm** (mésialisation) T : 9,8°***	C : -0,1mm NS (6,7%) R : 0,1 mm NS T : 0,2° NS	/
18	2 ans	/	/	« stable »	Fil collé 3-3 sup et inf + implants 35 et 45
22	/	/	/	/	Fil collé 3-3 sup + plaque Hawley amovible inf
24	1 an	Superpositions mandibule depuis TRP et	C : 3,5 mm R : 1,8 mm T : 38,7%	C : -0,3 mm (9%)	Fil collé 3-3 inf

		occlusogramme			
25	/				Maintenu par la mise en place de la 5 définitive sur l'arcade avec MA

Tableau 13 : Temps de recul post-traitement, valeurs de récidive du déplacement de la 1ère molaire mandibulaire dans le sens sagittal.

3.3.2.7 Effets parasites associés à la distalisation molaire mandibulaire

3.3.2.7.1 sur les incisives mandibulaires dans le sens sagittal

Les déplacements observés au niveau des incisives mandibulaires dans le sens sagittal sont variables selon les études et la mécanique utilisée. Les résultats sont présentés dans le Tableau 14.

Dans la majorité des cas, les auteurs observent un déplacement lingual des incisives que l'on attribuer à l'utilisation d'ancrages osseux dans un nombre important d'articles. 15 articles sur les 20 donnant des valeurs quantifiées, rapportent une diminution moyenne de IMPA de 4,3°, avec un maximum de -17,5° dans l'article de Kook et al(93), sur un patient traité par une distalisation en masse sur plaque ramale.

A l'opposé, le lip bumper comme système de distalisation(84)(75) induit une augmentation de IMPA de 3,8° en moyenne.

L'article n°18 ne donne pas de valeurs exactes mais exprime un résultat de vestibuloversion et vestibuloposition de l'incisive mandibulaire suite à la distalisation molaire.

L'article n°12 effectue, en plus de la distalisation molaire, un stripping mandibulaire, la valeur de réduction amélaire variant de 0,2 à 0,3mm par surface dentaire (dents non précisées) et éventuellement davantage en fonction de l'indice de Bolton du patient qui interfère avec le repositionnement de l'incisive mandibulaire.

N° article	**Version (vestibulo-version (+) linguo-version (-)**	**Position (vestibulo-position (+) linguo-position (-))**	**IMPA**	**Système de distalisation utilisé**	**Distalisation molaire en mm**
1			-13,8° ***	AO (fil ostéosynthèse)	2,8***
2		+1mm	+2°	AO (MV)	3
3			-2,1°	AO (MV)	2,19
4	-10,5°	-4mm	-10°	AO (MP)	4
6		-2,5mm	+4° -17,5°	AO (MP)	4,2 4,9
7	-10,5°***	-4,2mm ***	-11,2° ***	AO (MP)	3,2***
8		-5,1mm	-8,6°	AO (MV)	3,2
10		-1mm*	-0,9°NS	TIM III	0,6*
11	-10,7°	-1,9mm	-10,4°	AOI (MV)	3
12		-3,2mm	-4,8°	AO (MV + RIP)	2,1
13	-4,9°	-4mm		AO (MV+TIM III)	4
14		-2,1mm	-2,7°	AO (MV)	4
15	-4,3°	+0,5mm	-4,8°	Arc à boucles + TIM III	5G 2D
16			-2,45°	AO (MV)	2,45

17		-1,2mm (couronne) (+0,7mm racine)	-4°	FEO + TIM III	1,5
19			+3,19°	LB	0,61
21			-0,8°	AO (MV)	2,92
22	-7°	-2mm	-8°	AO (MV)	5G 2D
23			+3,36°	ALM	3,33
26	+4,37°	+0,9mm	+4,38°	LB	0,95
Moyenne	-6,2°	-2,1mm	-4,3°		3,1

Tableau 14 : Variation de la position des incisives mandibulaires dans le sens sagittal.

3.3.2.7.2 sur le sens vertical (Tableau 15)

Les articles n°19, 23, 24, 25 et 26 ne donnent pas de valeurs quantitatives concernant l'impact sur le sens vertical.

3 articles (n°3, 6 et 16) utilisant un ancrage osseux (2 avec minivis et 1 avec plaque ramale) pour une distalisation en masse de l'arcade rapportent une diminution de l'angle FMA alors que 10 autres indiquent une augmentation de cet angle (de 0,4° à 3,8°).

Au niveau des déplacements dentaires on observe essentiellement une ingression des molaires mandibulaires, une égression des molaires maxillaires et une égression des incisives mandibulaires. Les articles donnant des valeurs dentaires verticales pour plusieurs groupes de dent montrent que l'ingression augmente de plus en plus à la partie postérieure de l'arcade.

En moyenne on note une rotation anti-horaire du plan d'occlusion de 0,45°, renseignée par seulement 10 articles (n°1, 3, 4, 6, 10, 11, 13, 15, 17 et 21) sur les 23. 4 articles (n° 6, 14, 16 et 22) notent une rotation horaire du plan d'occlusion. Ces articles utilisent tous des ancrages osseux, mais des techniques de distalisation différentes.

N° article	**Ingression(-) Egression(+) molaire mandibulaire**	**Ingression(-) Egression(+) molaire maxillaire**	**Ingression(-) égression(+) incisive mandibulaire**	**Rotation du plan d'occlusion (horaire (+), anti-horaire (-))**	**Sens vertical global FMA**	**Sens vertical global GoGn/SN**
1				-0,9° NS	+0,4° NS	
2						+1°
3	-0,4mm	-0,6mm		-0,7°	-0,4°	Anterior facial height -0,7°
4				-1,5°	0°	SN/PM 0°
6	+ -	+1,7mm +	+ +	+3° -1°	-1,5° +2°	Hauteur verticale antérieure + 2 mm
7	-0,77mm ***		+0,93mm **		+0,42° NS	
8						SN/PM +0,1°
10	-0,1mm NS	+1,5mm*	+1,4mm*	-0,7°*		ANS-Me +4,2mm
11	-	0	+	-	+0,2°	SN-GoMe 0° ANS-Me

						-0,1mm
12						Facial height ratio +0,4
13	-		+	-3,3°	+	SN-GoGn +2,8°
14	-0,2mm	+0,1mm	+1,6mm	+3,5°	+3,8°	
15		+		-	+ (faible)	SN-MP +1,6°
16	-0,43mm (1ère molaire) -1,07mm (2ème molaire)	-1mm	+0,02mm	+0,46	-0,7°	
17	+0,1mm		+1,7mm	-4,5°	+0,1°	
18	+				0°	0°
21	+0,23mm (1ère molaire) -0,62mm (2ème molaire)		+0,69mm	-1,77°	+0,34°	
22				+2°	+1°	

Tableau 15 : Variation de la position des 1ères (et 2èmes si précisé) molaires supérieure et inférieure, des incisives inférieures, de l'angulation du plan d'occlusion et squelettique, dans le sens vertical.

3.3.2.7.3 sur le sens transversal

Seuls 8 articles (Tableau 16) apportent des informations sur l'effet thérapeutique de la distalisation mandibulaire sur le sens transversal.

Ces 8 articles notent une augmentation de la largeur inter-molaire mandibulaire de 0,99mm en moyenne.

Seuls 4 articles donnent des valeurs sur les changements transversaux de position de la canine mandibulaire :

- pas de changement de largeur inter-canine pour l'article de Hakami et al(106) avec l'utilisation des miniplaques en ancrage direct,
- 0,2mm d'augmentation de la largeur inter-canine (mais valeur non significative) pour l'article de Kuroda et al(72),
- Les articles de Hashish et Mostafa(84) et de O'Donnell(75) et al trouvent une augmentation de la largeur inter-canine de 1,73mm en moyenne avec le Lip Bumper.

Les 2 articles utilisant le Lip Bumper (n° 19 et 26) rapportent une augmentation du périmètre d'arcade de 4,15mm et 4,18mm respectivement. La profondeur d'arcade a augmenté en moyenne de 1,26mm pour 4 articles (n°17, 19, 23 et 26).

Seul l'article n°17 de Kurada et al(72), avec le système de distalisation amovible, donne des valeurs de suivi avec une diminution de 0,1mm de la largeur inter-molaire à 2 ans post-traitement (T3), après augmentation de 1,5mm entre le pré-traitement (T1) et la fin du traitement (T2). La largeur inter-canine quant à elle est stable entre T2 et T3.

Deux articles notent une rotation mésio-vestibulaire de la première molaire mandibulaire, dont celui de Oh et al(107) qui trouve également une rotation disto-vestibulaire de la 2ème molaire mandibulaire.

N° article	Largeur inter-molaire	Largeur inter-canine	Périmètre d'arcade Longueur d'arcade (arch length)	Profondeur d'arcade (arch depth)	Rotation molaire
3	0mm	/	/	/	/
4	+1mm	0mm	/	/	/
16	+0,98mm	/	/	/	Mésio-vestibulaire minimale de la 6 et disto-vestibulaire significative de la 7
17	+1,5mm* (T2-T1) (-0,1mm NS (T3-T2))	+0,2mm NS (T2-T1) 0mm NS (T3-T2)	/	+0,2mm NS (T2-T1) -0,1mm NS (T3-T2)	/
19	+1,83mm*	+1,80mm*	+4,15mm*	+2,19mm*	/
21	+0,39mm NS		/	/	/
23	+0,98mm	/	/	+1,38mm	Mésio-vestibulaire de 2° de la 6 (rmq : résultat ici pour les molaires distalées car système de distalisation unilatéral, les molaires d'ancrage n'ont pas eu de différence significative)
26	+1,21mm	+1,65mm	+4,18mm	+1,25mm	/
Total	+0,99mm	+0,91mm	+4,17mm	+1,26mm	/

Tableau 16 : Variations dans le sens transversal après distalisation mandibulaire.

4. DISCUSSION

Le but de notre recherche était de connaître la place de la distalisation dans la correction d'une DDM, en recherchant ses limites anatomiques et en tentant de la quantifier en fonction de la technique utilisée.

4.1 CRITIQUE DE LA METHODE

4.1.1 Recueil et sélection des articles

Un seul opérateur a sélectionné, lu et interprété les articles de cette revue. Par conséquent, il peut exister un biais de sélection et des articles pertinents ont pu être omis. Un recueil par deux opérateurs indépendants, avec un recoupement des articles retenus par chacun d'eux, aurait été plus adapté.

L'équation de recherche utilisée pour cette revue ne permettait pas de cibler un élément particulier de la distalisation et générait des résultats avec un nombre d'articles conséquent. Cela nous a contraint à ne pas étendre notre recherche à la base de données Google Scholar, l'équation de recherche manquant de précision, le nombre d'articles générés y était trop important.

L'adoption de paramètres supplémentaires (âge, de type d'étude, année de publication...) dans les critères d'inclusion/exclusion aurait permis de mieux cibler la recherche et d'ajuster notre équation de recherche. Mais cela aurait diminué le nombre des techniques employées et par conséquent, aurait empêché d'établir des comparaisons cohérentes entre ces différentes techniques.

Les 26 articles inclus dans notre étude ont été publiés dans 9 journaux différents, dont seulement 4 possédaient un impact factor supérieur à 1. Malgré le faible niveau de preuve scientifique accordé aux articles retenus, selon les critères de l'Evidence Based Medecine,(3 et 4 selon la grille de l'ANAES soit un grade C) le fait qu'ils aient été publiés dans des revues variées, dont certaines considérées comme étant de haute qualité scientifique, traduit la pertinence de ces publications et révèle un véritable intérêt porté à ce sujet par le monde orthodontique.

Les études incluses dans cette revue étaient en majorité des études rétrospectives (10). On dénombrait 13 rapports ou séries de cas. Seules deux études de cette revue étaient prospectives, celles de JUNG(88) et de O'DONNELL et al(75). Une seule était une revue systématique de la littérature, celle de HASHISH et MOSTAFA(84). Le niveau de preuve de la littérature étudiée était donc faible, avec l'existence de nombreux biais, ce qui ne permet pas d'extrapoler les résultats obtenus à la population générale. Toutefois, cela nous a permis d'énumérer les différentes techniques de distalisation molaire actuelles, d'en appréhender les principales modalités cliniques, de cibler leurs limites et surtout, pour chacune d'entre elle, de quantifier en partie leur efficacité.

4.1.2 Les critères d'inclusion et de non-inclusion

Notre revue de la littérature n'avait pas de critères de sélection concernant l'âge des patients. La recherche axée à la fois sur des patients adultes et sur des patients en croissance a inévitablement induit des biais de recrutement dans les résultats. Une recherche réalisée uniquement sur des patients adultes aurait été plus pertinente, mais n'aurait pas permis d'effectuer un recueil exhaustif des différentes techniques de distalisation. Or cet élément nous semblait essentiel pour répondre à l'objectif initial, à savoir connaître la place de la distalisation molaire dans nos thérapeutiques actuelles.

4.1.3 Temps de recul

La majorité des articles se limitait à l'évaluation des effets cliniques pendant la phase active (durant laquelle l'appareil fixe était porté) ou à la fin du traitement. Très peu de publications retenues proposaient l'analyse d'un suivi à plus long terme.

4.1.4 Diversité des matériel et méthodes des différents articles

Notre revue de la littérature présentait 15 articles dont les objectifs étaient similaires, cependant les articles différaient en de nombreux points méthodologiques : type d'appareils étudiés, moyens mécaniques de traitement (caractéristiques du multi-attaches, de l'ancrage squelettique…), moyens d'obtention des effets, critères de jugement. Les comparaisons se sont donc avérées complexes à réaliser et les interprétations qui en découlent sont donc à nuancer.

4.2 CRITIQUE DES RESULTATS

4.2.1 Les limites anatomiques de la distalisation mandibulaire

Plusieurs limites anatomiques ont pu être abordées dans cette revue.

4.2.1.1 Proximité du canal dentaire

Le rapport de cas sur la paresthésie unilatérale temporaire(101) apporte une notion à laquelle le clinicien devra prêter attention avant d'entreprendre une distalisation molaire mandibulaire. En outre, il convient de réaliser un examen radiologique lors de la planification thérapeutique, afin d'appréhender les rapports anatomiques entre le canal mandibulaire et les racines des dents à distaler. Toutefois, dans le cas présenté, il s'agissait d'un patient avec des racines de 2èmes molaires mandibulaires ayant une longueur excessive. Par conséquent, la probabilité de survenue de cet événement reste très faible.

4.2.1.2 La corticale linguale

Du fait de la forme de l'arcade mandibulaire, et afin de ne pas provoquer une extrusion radiculaire hors des surfaces osseuses, l'espace disponible entre les racines et la corticale linguale doit être évalué.

Dans les 2 études sur le calcul des limites anatomiques, les distances moyennes entre la racine et la corticale linguale étaient de 2,77mm à 10 mm de la jonction cémento-amélaire et de 2,7mm à 6mm de la furcation(68,99). Si l'on recherche une quantité de distalisation molaire de 3 mm, l'espace disponible semble être approprié.

Cependant, les variations individuelles sont importantes et dans 1/3 des cas, les racines sont déjà en contact avec la corticale linguale. Pour ces patients, toute thérapeutique de distalisation est dès lors contre-indiquée.

Hormis pour les patients en classe I de l'article de Choi et al.(99), où cette distance est réduite à 4mm de la furcation, les 2 articles trouvent que la distance de la racine à la corticale linguale diminue lorsque l'on se rapproche de l'apex. Pour Choi et al., l'espace disponible serait plus important chez les patients en classe III squelettique par rapport aux patients en classe I squelettique. Cependant cette différence n'est significative qu'à 0 et 2 mm de la furcation. Pour Kim et al.(68) la présence de la troisième molaire mandibulaire n'a pas de d'influence significative sur l'espace rétromolaire mesuré chez les patients atteints de malocclusions de classe III.

Pour Kim et al((68) les limites de la distalisation molaire mandibulaire doivent être évaluées à 2 niveaux : la distalisation coronaire et la distalisation radiculaire. La limite anatomique pour la partie coronaire étant représentée par le bord antérieur du ramus alors que la limite anatomique pour la partie radiculaire serait la corticale linguale, en particulier à hauteur de l'apex dentaire. Une thérapeutique de distalisation ne prenant pas en compte ces limites pourrait engendrer des complications.

Si la dent se déplace fortement dans la corticale externe, cela peut entraîner une perte d'os alvéolaire, une récession gingivale avec exposition radiculaire, compromettant le soutien parodontal et donc la pérennité du traitement (49,108,109).

Pour Kim et al., la téléradiographie de profil sous-estimerait l'espace disponible entre les racines et les corticales mandibulaires. Ils préconisent donc le recours à une évaluation de cette par imagerie tridimensionnelle (ex : CBCT). Mais les doses d'irradiation plus élevées et

les coûts inhérents à ce type d'imagerie ne permettent pas d'y avoir recours de façon systématique Comme Kim et al. nous préconisons donc la réalisation d'examens 3D seulement pour les patients nécessitant une distalisation molaire significative (ex : distalisation supérieure à 3 mm), mais également chez les patients présentant, à la téléradiographie de profil, une distance inférieure à 3,9mm entre la deuxième molaire et le ramus. En effet, dans cette situation, la probabilité d'avoir déjà une racine au contact de la corticale linguale est importante(68).

4.2.2 Objectifs de la distalisation mandibulaire chez les patients traités

Les articles retenus dans cette revue mentionnaient la distalisation molaire mandibulaire pour corriger en partie une DDM, mais également pour corriger une classe III occlusale.

Pour tous les articles inclus dans notre revue, la distalisation molaire permettait de corriger l'encombrement mais sa valeur initiale exacte n'était jamais communiquée, excepté dans 2 articles. Les autres donnant le plus souvent une notion d'encombrement « léger » ou « modéré ». Ainsi, au vu de ces résultats, nous pouvons conclure que la distalisation apparaît comme une solution thérapeutique efficiente et reproductible pour le traitement des DDM légères à modérées (ex : inférieure à 4 mm)? Pour les DDM plus importantes en revanche, d'autres études sont nécessaires pour pouvoir conclure, la distalisation ne pouvant apporter qu'une partie de l'espace nécessaire.

Comme évoqué précédemment, (99)les patients en classe III ont un espace rétromolaire avec la corticale linguale plus important à 0 et 2mm de la furcation et cette distance diminue dans les dans les zones les plus apicales. Nous pouvons également souligner que les rapports de cas de cette revue, traitant de patients en classe III, étaient des cas avec une classe III squelettique et occlusale importante, dont les plans de traitements proposés en première intention étaient souvent ortho-chirurgicaux. Nous pouvons ainsi penser que la distalisation importante réalisée pour compenser ce type de malocclusion, permettrait dans d'autres situations de repositionner l'incisive mandibulaire, tout en corrigeant l'encombrement (ex : classe I avec DDM). Cette tendance est confirmée par les analyses statistiques effectuées dans notre revue, avec une diminution moyenne de l'IMPA de 4,3°.

L'article de Chen et al(110) démontre également que l'indication de la distalisation est possible dans un cas de DDM par défaut particulier : une patiente en classe I occlusale, avec une biproalvéolie, un encombrement mandibulaire "léger" et une courbe de Spee modérée. Suite à la thérapeutique de distalisation réalisée, cette patiente a vu son IMPA diminuer de 6,8°, la résolution de son encombrement et le nivellement de sa courbe de Spee.

4.2.3 Techniques de quantification de la distalisation

Lorsque la méthode de mesure était la même (par exemple utilisation de la TRP 2D), les paramètres choisis (les points, lignes et angles de références) différaient, n'autorisant que peu de comparaisons entre les études. D'une manière générale, les mesures céphalométriques effectuées sur des téléradiographies de profil souffrent de plusieurs écueils. Des erreurs d'identification des repères, leur projection en deux dimensions, la superposition de structures anatomiques et des problèmes relatifs à l'orientation de la tête ont soulevé des réserves quant à la fiabilité de ces analyses.

Nous avons également pu constater dans l'article n°7 de Yu et al.(111) que 2 lignes de référence avaient été utilisées pour mesurer la quantité de distalisation molaire mandibulaire :

une ligne perpendiculaire au plan mandibulaire et une ligne perpendiculaire au plan de Francfort et passant par le point ptérygoïdien. Les valeurs de distalisation obtenues ont été différentes : 3,2mm pour la valeur trouvée en fonction du plan de Francfort contre 2,1mm pour la valeur trouvée en fonction du plan de mandibulaire. Nous pensons que les valeurs de distalisation molaire calculées par rapport au plan mandibulaire sont plus pertinentes pour le seul calcul de la distalisation, car ne dépendant pas d'autres facteurs. La mesure effectuée grâce à la perpendiculaire au plan de Francfort est dépendante d'autres modifications anatomiques et structurales : une rotation du plan d'occlusion ou du plan palatin par exemple, entraîne avec elle la mandibule et crée de fait un biais dans la mesure. Les mesures effectuées par rapport à la corticale linguale de la symphyse mandibulaire, structure stable, semble être une solution plus appropriée pour le calcul de la distalisation molaire, car moins dépendante d'autres facteurs occlusaux.

Outre les techniques de mesure différentes utilisées sur les TRP 2D, nous avons constaté que les valeurs calculées sur TRP 2D et sur CBCT différaient également. L'article n°9 de Kim et al(68) sur le calcul des limites anatomiques postérieures à la distalisation mandibulaire souligne une différence de mesure entre ces 2 techniques radiographiques. Il semblerait que la TRP 2D sous-estime l'espace disponible et qu'un examen 3D serait préférable. Cette tendance à la sous-estimation est également rapportée dans l'article de Davidovitch et al(73) (par ailleurs, seul article retenu dans la revue de Hashish et Mostafa(84)) où la moyenne pour une même méthode de distalisation est de 1,66 mm lorsque mesurée sur examen 3D contre 0,61 mm sur examen céphalométrique 2D.

Notons enfin que ces mesures et les interprétations qui en découlent, résultent le plus souvent d'un seul opérateur et examinateur ce qui peut engendrer une certaine part de subjectivité dans les valeurs céphalométriques calculées.

4.2.4 Techniques de distalisation employée, impact sur le mouvement de distalisation

Plusieurs techniques de distalisation molaire mandibulaire sont à la portée du praticien. L'orientation vers une technique particulière dépendra des paramètres cliniques du patient et des objectifs de traitement (repositionnement incisif ou non…). La majorité des articles retenus utilisaient des systèmes d'ancrage osseux, ne laissant que peu d'articles pour comparer leur efficacité sur la distalisation avec d'autres systèmes. De plus parmi les articles utilisant les ancrages osseux, les différentes façons d'utiliser cet ancrage (direct, indirect, recul en masse ou dent par dent, position de l'ancrage osseux…) ne permettent pas d'obtenir des groupes homogènes pouvant être comparés de façon cohérente.

Chaque technique utilisée a démontré son efficacité dans le mouvement de distalisation. Le recul molaire moyen, toutes techniques confondues, est de 3,1mm en 9,1mois, soit 0,34mm/mois en moyenne.

La technique qui semble la plus rapide est l'association de toutes techniques de distalisation aux corticotomies, avec un recul moyen de 1,33mm/mois (104). Cette analyse est en adéquation avec la littérature car il est aujourd'hui admis que les corticotomies sont des moyens efficaces pour diminuer les temps de traitement orthodontiques, en accélérant les déplacements dentaires(112). Il est cependant nécessaire de préciser que cet article de notre revue, utilisant la corticotomie, ne concerne qu'un cas clinique et que la technique de mesure de la valeur de recul communiquée n'est pas renseignée.

L'arc lingual modifié, avec un recul moyen de 1,07mm/mois s'avère également efficace, mais là encore les patients sont des enfants en croissance et la technique de mesure du recul n'est pas précisée pour l'un des 2 articles(103) inclus; la mesure est réalisée grâce à des moulages en plâtre pour le deuxième (100). Ainsi, ces résultats peuvent être anormalement élevés et doivent être interprétés avec précaution car la comparaison avec les mesures radiologiques n'est pas possible.

Lorsque les valeurs sont précisées nous remarquons que la distalisation molaire ne se fait jamais dans un mouvement de translation pure. Toutes les techniques font état d'une disto-version coronaire (aussi appelée tipping distal). Ce constat est cohérent, puisqu'aucune des techniques utilisées ne présente une direction de force passant sous le centre de résistance de l'arcade, ou même le centre de résistance dentaire lorsque la distalisation est faite dent par dent. La technique avec ancrage osseux semblant présenter le moins de mouvement de tipping est l'utilisation des miniplaques, avec un tipping moyen de 4,6° contre 7,5° et 8,1° pour la technique Abalakov et les minivis respectivement. Nous supposons que ce phénomène de tipping arrive également lorsque la racine est en contact avec la corticale linguale. En effet, la racine se retrouve alors bloquée distalement, ne permettant plus qu'un mouvement de distalisation coronaire. Ceci pourrait être une des raisons pour laquelle Sugawara et al.(92) ne trouvent aucune corrélation entre la quantité de recul et la version corono-distale, la distance à la corticale linguale présentant de grandes variations individuelles (68).

Étonnamment, aucun article sur la distalisation molaire mandibulaire par aligneurs n'a été trouvée lors de nos recherches. La distalisation molaire maxillaire par aligneurs a fait l'objet d'études (113) mais la distalisation molaire mandibulaire reste à étudier.

4.2.5 Temps de distalisation et recueil des données

Le suivi des patients ne se faisait pas sur la même durée. De même, le temps total d'application des forces de distalisation variait entre les articles. L'interprétation des résultats est donc compliquée et il n'est pas possible de savoir si la distalisation est constante, mais aussi, si celle-ci crée au départ un mouvement de translation suivi d'un mouvement de corono-version par exemple. De plus les mesures sont le plus souvent effectuées à la fin du traitement orthodontique, mais nous pouvons supposer que durant le traitement, il peut déjà y avoir une récidive, dès l'arrêt de la force de distalisation.

4.2.6 Temps de distalisation

Le couplage de la force de distalisation avec des corticotomies semble pouvoir diminuer le temps nécessaire à l'obtention d'un mouvement de recul. L'article de Finotti et al.(104) de notre revue conclue avoir distaler de 8 mm en 6 mois, soit la technique avec la vitesse de distalisation la plus rapide avec une moyenne de 1,33mm par mois. A l'inverse, la distalisation avec FEO semble être la technique nécessitant un temps plus long avec une moyenne de distalisation de 0,09mm par mois. Parmi les différents ancrages osseux, les techniques avec miniplaques présentes dans notre revue sont plus rapides pour distaler (0,64mm/mois), les minivis et la technique Aabalakov étant plus lentes (respectivement 0,33mm/mois et 0,47mm/mois).

4.2.7 Traitement sans extraction ?

Peut-on vraiment parler de traitements sans extraction lorsque dans tous les articles retenus les dents de sagesse ont été extraites ? En effet, l'objectif de cette recherche était de

savoir si la distalisation molaire mandibulaire avait sa place dans le traitement de la DDM sans extraction. Si nous considérons les dents de sagesse sur le même plan que les prémolaires, alors force est de constater qu'il n'existe pas, ou très peu, de littérature scientifique sur le sujet. Ainsi, si cette revue a permis de mettre en avant la pertinence de la distalisation dans les traitements de DDM sans extraction de prémolaires, il nous est impossible d'affirmer que la distalisation molaire mandibulaire fonctionne sans aucune extraction.

4.2.8 Utilisation des ancrages osseux

Nous avons vu que la distalisation de l'arcade mandibulaire pouvait se faire à l'aide d'ancrages osseux, type minivis ou miniplaques. Le taux de succès des minivis, retrouvé dans deux revues systématiques de la littérature est de 86,5%(114)(115). Celui des miniplaques, légèrement plus élevé, est de 96,8% à 98,6% (116)(117)(118). Il n'existe pas encore d'étude concernant le taux de succès de la technique Abalakov, puisque sa mise au point est très récente (premier cas traité en 2016(97)).

Le protocole de mise en place des minivis comme celui de l'ancrage d'Abalakov est très simple, en revanche, celui des miniplaques est un peu plus complexe, nécessitant la réalisation d'un lambeau et sont majoritairement posées et déposées sous anesthésie générale.

Les minivis présentent le problème de leur positionnement. Une mise en place entre les racines entraîne des interférences au cours du processus de distalisation, nécessitant un déplacement de la minivis au cours du traitement (95). Une mise en place dans la zone rétromolaire peut ne pas être suffisante pour résister aux efforts requis pour une distalisation totale de l'arcade (92).

4.2.9 Recul, récidive/stabilité

Notre revue n'apporte que peu de renseignements sur la quantité de récidive des molaires mandibulaires distalées pendant la période de contention. En effet, seuls 4 articles sur les 23 donnent une valeur quantitative de récidive après distalisation molaire, en ce qui concerne la position de la couronne. Seul l'article de Kuroda et al.(72) indique également le mouvement de récidive de la racine.. Il existe différents rapports sur les corrélations entre la version corono-distale et la récidive. Chung et al.(94) ont déclaré que plus le mouvement dentaire était important et que plus les dents étaient disto-versées, plus la récidive était importante. Cependant, Sugawara et al.(92) n'ont trouvé aucune corrélation significative entre la quantité de récidive et le taux de version corono-distale.

Le système de contention des articles de notre revue est en grande majorité un fil collé, en lingual, de canine à canine. Il faut souligner qu'il n'y a donc pas de système de contention molaire utilisé pour maintenir les résultats obtenus de recul molaire.

L'article n° 18 de notre revue de littérature avait pour objectif de rouvrir l'espace de 35 et 45 absentes en distalant les molaires mandibulaires(104). Une réhabilitation prothétique avec des implants en place de 35 et 45 a été effectuée à la fin de traitement. Aucun recul sur le traitement n'a été apporté pour ce cas clinique mais nous pouvons supposer qu'en plaçant un implant en mésial de la molaire, l'éventuel mouvement de récidive de mésialisation molaire est contenu.

De même, dans l'article de Kim et Sung (119) des minivis vestibulaires ont été maintenues après le traitement pendant 11 mois. Leur but était de contenir et de pérenniser les mouvements verticaux et antéro-postérieurs réalisés grâce à une liaison de la minivis à la molaire avec un arc rigide. Le traitement était resté stable pour les auteurs avec une récidive de 0,7mm de mésialisation de la couronne de la 1ère molaire (qui avait subi une distalisation de 2,19mm).

De nombreux articles sur la distalisation mandibulaire ont montré une stabilité de l'arcade mandibulaire et de l'occlusion, sans donner de valeur quantitative, un à cinq ans après le traitement(90)(93) (102)(110)(119)(120)(121)(122)(123)(124)(125)(126).

4.3 SYNTHESE

Au travers de cette revue de la littérature, nous avons recensé 8 techniques de distalisation molaire différentes : l'ancrage osseux de type Abalakov, l'ancrage osseux sur mini-plaques, l'ancrage osseux sur mini-vis, les TIM de Classe III, les arcs à boucles multiples, les forces extra-orales, le Lip-Bumper et l'arc lingual modifié. Pour apporter plus de pertinence à notre étude et répondre aux objectifs initiaux, nous avons réalisé une synthèse des données recueillies, se basant uniquement sur les articles ayant traité au minimum 10 patients. En fonction de différents paramètres, l'intérêt clinique de chaque technique est présenté dans le Tableau 17.

Si toutes les méthodes de distalisation s'avèrent efficaces, celle qui permet d'obtenir la plus grande valeur de recul molaire au niveau de la couronne est l'utilisation d'arc lingual modifié, avec un recul moyen de 3,33mm (article n°23). Toutefois, la valeur de distalisation mesurée n'est pas comparable aux autres valeurs pour les raisons citées précédemment. Si l'on considère les valeurs mesurées depuis une téléradiographie de profil, la technique qui permet d'obtenir la plus grande valeur de recul molaire est l'utilisation des minivis avec un recul moyen de 2,74mm (articles n°12,16,21,24). Cette distalisation s'accompagne d'un déplacement radiculaire distal de 1,8mm en moyenne. A l'inverse, l'emploi de TIM de Classe III s'avère être la technique la moins efficace dans ce domaine. Le recul moyen étant de 0,6mm (article n°10). Le déplacement radiculaire n'a pas pu être quantifié.

Concernant ce dernier paramètre, nous constatons que l'ancrage osseux sur mini-vis est le plus efficace (1,8mm de recul en moyenne) (article n°24) alors que les forces extra-orales se révèlent contre-productives. Une mésialisation de 2mm en moyenne étant observée (article n°17).

Compte-tenu du déplacement inégal entre la couronne et les racines, les techniques de distalisation induisent inévitablement un mouvement de version. Le maximum de version est logiquement associé à la technique des forces extra-orales, puisque celles-ci engendrent un déplacement en sens contraire de la couronne et des racines. (version moyenne = 9,8°) (article n°17). Ce sont les ancrages osseux sur miniplaques qui semblent induire le moins de version, avec une valeur moyenne de 1,45° (article n°7).

En ce qui concerne la vitesse de déplacement, il apparaît qu'en dehors de l'arc lingual modifié, la minivis est la méthode la plus efficiente, avec un déplacement moyen de 0,2 mm par mois.

Parmi les études portant sur plus de 10 patients, seuls 2 articles (n° 17 et 24) donnent des informations sur le recul à long terme et la quantité de récidive. L'article n°17 utilisant les FEO avec un recul de 2 ans trouve une récidive de la distalisation de 0,1mm pendant que l'article n°24 utilisant les minivis en trouve 0,3mm 1 an après traitement et conclue que cette récidive n'est pas corrélée à la quantité de distalisation et à la version corono-linguale.

Enfin, les caractéristiques anatomiques du patient représentent les principales limites du recours à ces techniques. La position du canal alvéolaire inférieur et la distance entre les racines et la corticale linguale étant les principaux paramètres à évaluer avant d'entreprendre une distalisation molaire.

Ainsi, à la lumière de ces constats, la distalisation molaire mandibulaire apparaît comme une solution thérapeutique fiable et reproductible pour le traitement des DDM négatives sans extraction de prémolaires. En pratique clinique, elle doit donc être privilégiée dès lors qu'elle n'excède pas 3 mm. Au-delà, cette solution doit être discutée au cas par cas et confrontée à d'autres alternatives thérapeutiques, en fonction du rapport bénéfices/risques. Il conviendra d'évaluer la position du canal mandibulaire et de la corticale linguale par rapport aux racines des dents à distaler, afin de se prémunir d'éventuelles complications. En première intention, nous recommandons d'utiliser les ancrages osseux pour la valeur de déplacement qu'ils permettent d'obtenir, mais également pour leur efficience en termes de rapidité, de mise en œuvre, de coût et de confort pour le patient. Quelle que soit la technique employée, la réalisation de corticomies, adjuvantes au traitement, doit être évoquée avec le patient.

N° article	Système	Distalisation couronne en mm	Distalisation racine en mm	Tipping en ° ou %	Déplacement couronne en mm/mois (rapidité)
7	AO : MP	2,1	0,8	1,45° 38%	NR
10	TIM III	0,6	NR	NR	0,04
12,16,21,24	AO : MV	2,1 ; 2,45 ; 2,92 ; 3,5 Moyenne : 2,74	NR, NR, NR, 1,8	NR ; 7,62° ; 4,95° ;51,4% Moyenne : 6,29°	NR, 0,16 ; 0,24 ; NR Moyenne : 0,2
17	FEO	1,5	-2 (mésialisation !)	9,8°	0,09
19	LB	0,61 (TRP) 1,66 (3D)	NR	3,38° (TRP) 6,31° (3D)	0,1 (TRP) 0,28 (3D)
23	ALM	3,33	NR	NR	0,83

Tableau 17 : Synthèse des résultats de notre revue de la littérature pour les études comportant au minimum 10 patients.

L'objectif initial de cette revue (quantifier le recul molaire pour chaque technique de distalisation et identifier les limites anatomiques) était très large. Des analyses de la littérature, ciblant une technique de distalisation en particulier afin d'en appréhender tous les aspects (mise en œuvre, indications, coût, récidive, quantification, etc), seraient pertinentes. De même, des revues de la littérature prenant en compte des critères d'âge et/ou de sexe permettraient probablement d'établir des différences entre les techniques suivant le type de patient traité. Pour chacune des méthodes de distalisation évoquée, la réalisation d'essais cliniques sur des échantillons de patients important est absolument nécessaire. Le niveau de preuve actuel demeurant très faible. Par ailleurs, il conviendrait de réaliser des études prospectives portant sur la stabilité à moyen et long termes de ces traitements, en quantifiant notamment la valeur et le taux de récidive. Les différents systèmes de contention post-traitement devraient également être étudiés et comparés. Enfin, les méthodes de traitement globales, plus récentes, telles que l'orthodontie linguale et les aligneurs n'ont pas été prises en compte dans cette revue. Là encore, la littérature scientifique est très pauvre. Des investigations, visant à déterminer si ces systèmes sont adaptés à la distalisation molaire mandibulaire, doivent être réalisées.

CONCLUSION

La distalisation molaire mandibulaire est une solution thérapeutique prédictible pour la correction de la DDM par défaut dans les traitements sans extraction de prémolaires. Notre revue de littérature, bien que discutable sur certains points, a démontré que la distalsiation est un protocole de traitement accessible, efficient et reproductible.

Avant d'y avoir recours, le praticien se devra s'assurer d'étudier les éléments cliniques fixant les limites d'ordre anatomique et quantitatif à sa réalisation. En particulier, les dysmorphoses et particularités individuelles de nos patients influencent ces données. L'anatomie de la mandibule, en forme de fer à cheval, nous contraint à prendre en compte au moins 2 éléments : la distance disponible entre la racine distale de la 2ème molaire mandibulaire et la corticale linguale, ainsi que l'épaisseur de la symphyse mandibulaire disponible, en cas de repositionnement incisif. De plus, le recours à l'avulsion des dents de sagesse lorsqu'elles sont présentes, semblent pour le moment inévitable.

Qu'elle s'effectue avec un dispositif fixe ou amovible, la distalisation peut être réalisée à tout âge et selon différentes modalités. La quantité et le temps de distalisation ne semblent peu influencés par la technique utilisée. Ces dernières années, l'utilisation croissante ces dernières années des ancrages osseux, a étendu les indications de recours à la distalisation et a permis de pallier certains effets indésirables engendrés par les autres techniques (vestibulo-version incisive, non compliance du patient…). Cependant la version corono-distale reste un phénomène difficilement contrôlable. Le manque d'études avec du recul sur la stabilité de la distalisation molaire mandibulaire ne nous permet pas de conclure à une efficacité sur le long terme.

Parfois, à elle seule la distalisation molaire mandibulaire ne suffit pas à corriger une DDM négative importante. Elle pourra être utilisée en complément d'autres solutions de traitement de la DDM sans extraction : la réduction amélaire interproximale, l'expansion transversale et la version incisive. La combinaison de tous ces moyens, dans les limites de leurs indications, permet de traiter la majorité des patients, tout en repoussant le recours aux extractions de prémolaires saines.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Deux cas cliniques présentant une macrodontie relative (A) et une microdontie relative (B). 12
Figure 2 : Mesure de l'espace nécessaire dent par dent et report sur une feuille de papier 16
Figure 3 : Méthode dite des secteurs pour mesurer l'espace disponible sur l'arcade 16
Figure 4 : Fil de laiton mis en place sans tenir compte des malpositions 17
Figure 5 : Superposition matérialisant l'espace disponible et l'espace nécessaire 17
Figure 6 : Indice d'irrégularité de Little 17
Figure 7 : Segmentation de l'arcade selon Lundström 18
Figure 8 : Mesure de la profondeur de la courbe de Spee pour l'indice de Baldridge 19
Figure 9 : Importance des paramètres évalués pour la planification du traitement (0: aucune importance pour la planification du traitement - 4: très important pour la planification du traitement) d'après l'étude D'Evrard et al(24) 20
Figure 10 : Traitements sans extraction: distribution des fréquences des méthodes utilisées pour la gestion de l'espace (les orthodontistes pouvaient en choisir plusieurs) d'après l'étude d'Evrard et al(24) 22
Figure 11 : Accessoires de réduction d'émail commercialisés, selon l'article de Livas et al(36). 23
Figure 12 : Emplacement du centre de résistance (CR) de toute la dentition, tel que déterminé à l'aide d'un arc rigide. À une angulation de force de 23°, la ligne d'action de la force passe par le CR. Schéma issu de l'article de Chae et al. (69) 27
Figure 13 : Modèles de mouvement des dents pour 5 angulations de force par rapport au plan occlusal: A, -30°; B, -15°; C, 0°; D, 15°; E, 30°. Les figures de gauche et de droite sont respectivement dans le cas des arcs rigides et élastiques de .016 x .022 inch. Schéma issu de l'article de Chae et al.(69) 28
Figure 14 : Image tirée d'un article de Kuroda et al.(72) sur l'utilisation de J-Hook Headgear à la mandibule. 29
Figure 15 : Illustration d'un Lip Bumper 30
Figure 16 : Protocole de distalisation molaire selon Sugawara et al. (92)A recul molaire unitaire et ancrage indirect, B recul sectoriel et ancrage direct 31
Figure 17 : Illustration de la modélisation par éléments finis de l'étude de Park et al.(96) 32
Figure 18 : Schématisation des mouvements effectués avec la force appliquée au niveau du bracket, issue de l'article de Parl et al. A : dans le sens antéro-postérieur ; B : dans le sens linguo-vestibulaire ; C : dans le sens supéro-inférieur ; D : déplacement en vue occlusale. 33
Figure 19 : Schématisation des mouvements effectués avec la force appliquée au niveau de la jonction émail-cément, issue de l'article de Parl et al. A : dans le sens antéro-postérieur ; B : dans le sens linguo-vestibulaire ; C : dans le sens supéro-inférieur ; D : déplacement en vue occlusale. 33
Figure 20 : Organigramme correspondant à la revue de la littérature effectuée. 37
Figure 21 : Répartition des articles sélectionnés selon leur année de publication. 38
Figure 22 : Répartition des articles sélectionnés selon leur pays de publication. 38
Figure 23 : Répartition des articles sélectionnés selon leur journal de publication et leur Impact Factor. 39
Figure 24 : Répartition des patients étudiés dans chaque article sélectionné selon le sexe et l'âge moyen. 40
Figure 25 : Arc lingual modifié utilisé dans les 2 études de Kinzinger et al. (100,103) 45

Figure 26 : Activation de l'ALM. A gauche première activation pour la distalisation, à droite 2ème activation pour contrer la rotation molaire induite par la 1ère activation. Images issues de l'article n°25 de Kinzinger (103)..... 45

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau récapitulatif de l'étude de Gorucu montrant les différences pour les 3 traitements entre T0 préptraitement, T1 fin de traitement, T2 3 ans post-traitement(60) 25
Tableau 2 : Résumé des 2 études de notre revue dont l'objectif est d'étudier la quantité de distalisation molaire possible en fonction des limites anatomiques postérieures de la mandibule 42
Tableau 3 : Issu de l'étude de Choi et al.(101) représentant la moyenne de la distance rétromolaire avec la ligne sagittal et la ligne cuspidienne, à 0,2,4 et 6 mm apicalement à la furcation. 42
Tableau 4 : Issu de l'étude de Kim et al.(70) représentant la distance entre la racine de la 2ème molaire mandiubulaire et la corticale linguale interne du corps mandibulaire, à 2,4,6,8 et 10 mm apicalement à la JEC. 42
Tableau 5 : Objectifs thérapeutiques principaux (•) et secondaires (◊) pour l'utilisation de la distalisation molaire mandibulaire 44
Tableau 6 : Systèmes et techniques de distalisation utilisés 47
Tableau 7 : Techniques de distalisation avec MA 48
Tableau 8 : Age des patients en fonction de la technique employée. 49
Tableau 9 : Méthodes d'évaluation utilisées par les 23 articles pour la quantification de la distalisation 50
Tableau 10 : Quantification du mouvement distal avec l'utilisation de lignes de référence sur TRP 52
Tableau 11 : Temps de distalisation et variation de la position dans le sens sagittal de la 1ère molaire mandibulaire parmi les articles 54
Tableau 12 : Temps de distalisation et variation de la position dans le sens sagittal de la 1ère molaire mandibulaire parmi les articles en fonction des techniques de distalisation employées 54
Tableau 13 : Temps de recul post-traitement, valeurs de récidive du déplacement de la 1ère molaire mandibulaire dans le sens sagittal. 56
Tableau 14 : Variation de la position des incisives mandibulaires dans le sens sagittal. 57
Tableau 15 : Variation de la position des 1ères (et 2èmes si précisé) molaires supérieure et inférieure, des incisives inférieures, de l'angulation du plan d'occlusion et squelettique, dans le sens vertical. 58
Tableau 16 : Variations dans le sens transversal après distalisation mandibulaire. 59
Tableau 17 : Synthèse des résultats de notre revue de la littérature pour les études comportant au minimum 10 patients. 68
Tableau 18 : Tableau récapitulatif - indices par rapport au niveau scientifique de chaque étude. 74

ANNEXES

Annexe 1 : tableau récapitulatif – Indices par rapport au niveau scientifique de chaque étude

Annexe 1 :

Tableau 18 : Tableau récapitulatif - indices par rapport au niveau scientifique de chaque étude.

	Article	Avis d'un comité d' éthique	Consen-tement	Type d' étude*	Place de l'évaluation de la quantification de la distalisation	Nombre de patients	Groupe contrôle	Durée de traitement	Durée totale de suivi	Opérateur(s)	Auto-évaluation, fiabilité méthode (hors discussion)	Tests statistiques pour le paramètre effets cliniques
1	**Wagner 2019.** *Recul mandibulaire en masse par fils d'ostéosynthèse : une étude de cohorte.* *(98)*	/	Oui	R	Principal : évaluer les effets thérapeutiques de la distalisation de l'arcade mandibulaire	9	Non	NR	6 mois	1 orthodontiste et 1 chirurgien maxillo-facial	Analyses céphalométriques réalisées par 2 opérateurs n'ayant pas traités les patients. Les clichés radiographiques ont été numérotés avant réalisation des tracés, afin de conserver l'anonymat.	Pour la description des données quantitatives : les médianes et les intervalles interquartiles. Pour les données qualitatives : des proportions et des nombres. Pour l'analyse des différences entre les mesures avant et après traitement par technique Abalakov : des modèles linéaires à effet mixte. Test de Wald sur le coefficient associé à la variable moment : tester l'hypothèse nulle H0 « il n'y a pas d'effet moment » :
2	**Aslan et Al. 2019.** *Nonextraction Treatment of a Class III Malocclusion Case Using Mini-Screw-Assisted Lower Molar Distalization.* *(127)*	/	/	R CR	Secondaire L'objectif principal : traitement de compensation de classe III par distalisation mandibulaire.	1	Non	2,5 ans	4,3 ans (1,8 ans post fin de ttt)	Probablement un des auteurs	Tracés et superpositions générales et locales TRP probablement par l'auteur.	/
3	**Kim et Sung 2018.** *Nonsurgical correction of a Class III skeletal anterior open-bite malocclusion using multiple microscrew implants and digital profile prediction.* *(119)*	/	/	R CR	Secondaire L'objectif principal : traitement de compensation de classe III et de correction d'une béance antérieure par distalisation mandibulaire.	1	Non	1,7 ans	4,7 ans	Probablement un des auteurs	Tracés et superpositions générales TRP et superpositions des modèles 3D probablement par l'auteur.	/
4	**Akami et Al. 2018.** *Miniplate-Aided Mandibular Dentition*	/	/	R CR	Secondaire L'objectif principal : traitement de compensation de classe III par	1	Non	1,9 ans	1,9ans	Probablement un des auteurs	Tracés et superpositions générales et locales TRP probablement par l'auteur.	/

	Distalization as a Camouflage Treatment of a Class III Malocclusion in an Adult. (106)				distalisation mandibulaire sans extraction.							
5	**Choi et Al. 2017.** *Bone availability for mandibular molar distalization in adults with mandibular prognathism. (99)*	Oui	Oui	R	Principal : étudier l'espace rétromolaire disponible pour la distalisation molaire mandibulaire chez les patients atteints de prognathisme mandibulaire.	110 (CBCT) -49 Cl I (groupe contrôle) -61 Cl III (groupe expérimental)	Oui -49 Cl I	/	/	multicentrique	2 types de scanners CBCT mais avec la même taille de voxel. Même opérateur qui mesure les distances rétro-molaires à 2 semaines d'intervalle.	- différence de distribution selon le sexe entre les groupes de classe I et de classe III : test du chi 2 de Pearson - comparabilité des estimations des espaces rétro-molaires à différents niveaux verticaux entre les groupes de classe I et de classe III : tests de Toukey-Kramer
6	**Kook et Al. 2016.** *Distalization of the mandibular dentition with a ramal plate for skeletal Class III malocclusion correction. (93)*	/	/	R CR	Secondaire L'objectif principal : traitement de compensation de classe III par distalisation mandibulaire à l'aide d'une plaque ramale	2	Non	1er cas : 2,25 ans 2ème cas : 3,2 ans Moyenne : 2,7 ans	1er cas : 5 ans 2ème cas : 3,2 ans Moyenne : 4,1 ans	Probablement un des auteurs	Tracés et superpositions générales et locales TRP probablement par l'auteur. Pour le cas 1 superpositions aussi sur image 3D.	/
7	**Yu et Al. 2016.** *Treatment effects of mandibular total arch distalization using a ramal plate. (111)*	Oui	Oui	R	Principal : évaluer les effets thérapeutiques de la distalisation de l'arcade mandibulaire	22	Non	NR	NR	Probablement le même opérateur, patients traités dans le même service hospitalier d'orthodontie.	La numérisation céphalométrique de TRP de 8 cas sélectionnés au hasard a été répétée 2 semaines après la première par le même examinateur. Le calcul de la méthode d'erreur par le coefficient de corrélation interclasse a été appliqué pour évaluer la fiabilité intra-examinateur. Ce coefficient pour toutes les variables variait entre 0,961 et 0,912	Test de Shapiro-Wilk pour évaluer la normalité des distributions. Test t de Student à échantillon apparié pour évaluer les différences entre les variables avant et après traitement, car toutes ces variables étaient normalement distribuées. Le niveau de signification a été fixé à $p < 0,05$. Correction de Bonferroni a été appliquée pour compenser les comparaisons multiples, résultant en un niveau de signification de $p < 0,001$.
8	**Chen et Al. 2016.** *Distalization of the maxillary and mandibular*	/	/	R CR	Secondaire L'objectif principal : correction bi-proalvéolie par distalisation	1	Non	1 an	3 ans	Probablement un des auteurs	Superpositions sur images 3D probablement par l'auteur.	/

	dentitions with miniscrew anchorage in a patient with moderate Class I bimaxillary dentoalveolar protrusion. (110)				maxillaire et mandibulaire avec minivis							
9	**Kim et Al. 2014.** *Mandibular posterior anatomic limit for molar distalisation. (68)*	Non	Non	R	Principal : étudier la limite anatomique postérieure pour la distalisation molaire mandibulaire.	34	Non	/	/	NR	Toutes les mesures ont été effectuées deux fois, par le même examinateur, à 2 semaines d'intervalle. Le test t apparié a été effectué pour vérifier la reproductibilité des mesures. La formule Dahlberg a été utilisée pour calculer les erreurs de méthode	Test t de Student (2-sample t test) pour étudier si différence entre groupes avec ou sans présence de 3ème molaire. Test ANOVAet tests post-hoc de Tukey pour comparer les mesures Test de corrélation de Pearson pour étudier les corrélations Test t de Student (2-sample t test) pour comparer la distance au Ramus entre groupe avec et sans contact de la racine distale de 7 avec corticale linguale.
10	**Vanlaecken et Al. 2014.** *Class III correction using an inter-arch spring-loaded module. (105)*	Oui	NR	R	Principal : évaluer les effets thérapeutiques de la distalisation de l'arcade mandibulaire.	30	Oui, 30 sujets non traités avec 6 des 26 variables céphalométriques présentant une différence significative	1,3±0,3 ans	Groupe traité : 1,3 0,3 ans Groupe contrôle : NR	Un des auteurs a approuvé l'utilisation des cas cliniques de son cabinet privé. Donc 1 orthodontiste pour le traitement des 30 patients.	1 enquêteur a effectué les tracés sur TRP imprimées. L'erreur dans la localisation, la superposition et la mesure des changements des repères par un examinateur a été mesurée sur les céphalogrammes de 10 sujets sélectionnés au hasard. Tous les céphalogrammes ont été enregistrés deux fois indépendamment à deux reprises avec un intervalle de 2 semaines. Pour toutes les variables céphalométriques, les différences entre les mesures répétées indépendantes de chaque individu avant / après le traitement ont été enregistrées. Le coefficient de fiabilité de corrélation intraclasse a été utilisé pour déterminer la fiabilité des mesures céphalométriques. Les	Tests appariés : comparer la morphologie dento-faciale des sujets du groupe expérimental Test t bilatéral pour comparer les formes de départ des échantillons témoins et expérimentaux Test t bilatéral pour comparer les changements squelettiques et dentaires entre l'échantillon traité et l'échantillon du groupe contrôle

											résultats : valeur supérieure à 0,9 indiquant une fiabilité élevée.	
11	**Jacob et al. 2013.** *Skeletal Class III malocclusion correction using miniscrew implants. (128)*	Non	Non	R CR	Secondaire. L'objectif principal : correction d'une classe III symétrique	1	Non	2,3 ans	2,3 ans	Probablement un des auteurs	Tracés et superpositions générales et locales TRP probablement par l'auteur.	/
12	**Jung 2013.** *A comparison of second premolar extraction and mini-implant total arch distalization with interproximal stripping. (88)*	Oui	NR	P Comparative	Principal : comparer les changements dentaires antéro-postérieurs entre un groupe traité avec extractions de 4 prémolaires et un groupe traité avec distalisation de l'arcade mandibulaire + stripping.	66 (2 groupes : 34 et 32)	Non	Groupe avec extraction : 2 ans en moyenne ±0,4 ans Groupe avec distalisation et stripping : 1, 7 ans en moyenne ±0,6 ans	Groupe avec extraction : 2 ans en moyenne ±0,4 ans Groupe avec distalisation et stripping : 1, 7 ans en moyenne ±0,6 ans	2 opérateurs : 1 orthodontiste par groupe traité. Les 2 ont été formés dans la même université, chacun travaille avec la même technique (mêmes brackets). 1 seul opérateur a placé les minivis mais pas précisé si celui qui fait le traitement.	Tous les céphalogrammes ont été tracés et numérisés par un enquêteur (non opérateur), et les valeurs céphalométriques ont été calculées à l'aide d'un logiciel. Avant l'analyse des données, 30 céphalogrammes sélectionnés au hasard ont été retracés et mesurés deux fois à 2 semaines d'intervalle, et l'erreur de mesure a été calculée par la formule de Dahlberg.16 L'erreur a varié entre 0,2 mm et 0,6 mm pour les mesures linéaires et entre 0,4u et 1,0u pour les mesures angulaires.	Test de Shapiro-Wilk : confirmation que toutes les variables suivaient une distribution normale Tests indépendants (Independent t-test): comparaison des variables
13	**Jing et Al. 2013.** *Nonsurgical correction of a Class III malocclusion in an adult by miniscrew-assisted mandibular dentition distalisation. (129)*	/	/	R CR	Secondaire Objectif Principal : correction classe III occlusale	1	Non	2,7 ans	3,7 ans	Probablement un des auteurs	Tracés et superpositions générales TRP probablement par l'auteur.	/
14	**Poletti et Al. 2013.** *Dentoalveolar class III treatment using retromolar miniscrew*	/	/	R CR	Secondaire Objectif principal : distalisation arcade mandibulaire pour correction classe III	1	Non	1,5 ans	2,5 ans	Probablement un des auteurs	Tracés et superpositions générales et locales TRP probablement par l'auteur.	/

	anchorage. (91)											
15	**Hu et al. 2012.** *Distalization of the mandibular dentition of an adult with a skeletal Class III malocclusion.* *(102)*	/	/	R CR	Secondaire Objectif principal : correction classe III asymétrique par distalisation asymétrique	1	Non	2,2 ans	3,2 ans	Un orthodontiste Un opérateur pour les tracés	Tracés et superpositions générales TRP probablement par l'auteur.	/
16	**Oh et al. 2011.** *Treatment effects of microimplant-aided sliding mechanics on distal retraction of posterior teeth.* *(107)*	NR	NR	R	Principal : quantifier les effets de la mécanique de distalisation assistée par micro implants sur les dents postérieures maxillaires et/ou mandibulaires	23	Non	1,7 ±0,4 ans	1,7 ±0,4 ans	1. Monocentrique, mais on ne sait pas s'il y a plusieurs opérateurs (1 service hospitalier)	Tous les céphalogrammes avant et après traitement ont été tracés par 1 examinateur. Les mesurer sur modèles également par le même opérateur. 20 films céphalométriques et modèles de 10 patients ont été retracés, renumérisés et réévalués 1 mois plus tard. Test t apparié : calcule des erreurs de mesure.. Il n'y avait pas de différence significative entre les 2 mesures. Formule de Dahlberg : mesurer la gamme des erreurs méthodologiques, les résultats étaient de 0,3 pour les mesures angulaires et de 0,1 mm pour les mesures linéaires.	Test de Kolmogorov-Smirnov : pour distribution normale ou non Test t de Student apparié : quand l'échantillon a montré une distribution normale Test Wilcoxon : si échantillon n'a pas montré une distribution normale
17	**Kuroda et al. 2010.** *Adult Class lll Treatment Using a J-Hook Headgear to the Mandibular Arch.* *(72)*	NR	NR	R	Principal : quantification des changements à l'arcade mandibulaire après utilisation des High-Pull J-Hook à la mandibule.	14	Non	Moyenne : 2,2 ±0,5 ans	Moyenne : 6,3 ans (suivi post-traitement : 4,1±2,4 ans	Monocentrique, 1 cabinet privé et 1 orthodontiste.	Pour les TRP : 1 examinateur a tracé à la main au hasard les céphalogrammes. Précision du traçage confirmée par un orthodontiste qui s'est joint à cette étude en tant que collaborateur. Mesures céphalométriques calculées avec un logiciel d'analyse céphalométrique. Un observateur expérimenté a effectué toutes les mesures. Tous les enregistrements	Test t apparié : pour la reproductibilité des mesures sur tracés céphalogrammes n'a montré aucune différence significative entre les variables mesurées à 2 semaines d'intervalle. Test de Wilcoxon : pour évaluer les changements des mesures céphalométriques et d'analyse des plâtres du stade T1 à T3.

											(traçage et mesures) ont été effectués deux fois par le même opérateur. La fiabilité intra-observateur a été calculée en remesurant toutes les variables au bout de 2 semaines. Pour les moulages : Un observateur expérimenté a fait toutes les mesures pour éliminer l'erreur inter-observateur. Trois mesures ont été prises pour chaque paramètre et moyennées. La valeur moyenne a été utilisée dans l'étude	
18	**Finotti et al. 2009.** *La distalisation des molaires mandibulaires peut-elle être facilitée ? Une nouvelle méthode thérapeutique. (104)*	/	/	R CR	Secondaire Objectif principal : utilisation de la corticotomie pour ouverture d'espace agénésie 35/45	1	Non	NR	NR (recul à 2 ans post-traitement)	Probablement un des auteurs	Tracés et superpositions générales TRP probablement par l'auteur. Pas de mesures céphalométriques.	/
19	**Hashish et Mostafa 2009.** *Effect of lip bumpers on mandibular arch dimensions. (84)*	/	/	Revue Systématique	Principal : examiner les effets du lip bumper sur les dimensions de l'arcade mandibulaire.	1 article retenu (étude prospective avec 16 patients traités et et un groupe contrôle de 18 témoins)	Dans l'article retenu oui (18 témoins)	6 mois	6 mois	NR	NR Tracés TRP, superpositions tomographiques, modèles recueillis	Dans l'étude retenue : Les sujets ont été assignés au hasard au groupe expérimental ou témoin. Toutes les données ont été mesurées indépendamment par deux observateurs. Une analyse de variance (ANOVA) : pour déterminer les différences statistiquement significatives entre les patients expérimentaux et les patients témoins. Des comparaisons : pour les changements dentaires et d'arcade évalués. Coefficient de corrélation de Pearson : Fiabilité interobservateur, pour établir des relations entre les données radiographiques recueillies par chaque observateur.
20	**Farronato et al. 2008.** *Temporary lip paresthesia during orthodontic molar distalization: Report of a case.*	/	/	R CR	Secondaire (pas une quantification de la limite) Objectif principal : description d'un case report ayant eu une paresthésie	1	Non	NR	NR Au moins 8 mois (apparition paresthésie à 6 mois post	Probablement un des auteurs Patient issu d'un cabinet privé	CBCT : analysé probablement par l'opérateur	/

	(101)				labiale suite à une distalisation molaire mandibulaire (limite anatomique)				utilisation de coile puis contrôle à 2 mois après)			
21	**Park et al. 2005.** *Group Distal Movement of Teeth Using Microscrew Implant Anchorage.* *(130)*	Non	Non	R	Principal : quantifier les effets de traitement de la distalisation des molaires maxillaires et mandibulaires. Mais un objectif secondaire : taux de réussite des mini-implants	13	Non	NR	NR	1 opérateur : 1 orthodontiste	Pour calculer l'erreur de mesure, tous les films et modèles céphalométriques ont été retracés et renumérisées et réévalués à un mois d'intervalle.	Statistiques descriptives (moyenne et l'écart-type) : pour 20 mesures céphalométriques au prétraitement ou avant la distalisation, le post-traitement et les changements entre le prétraitement et le post-traitement. Pour les données appariées, test t apparié et test de rang signé par Wilcoxon. Les erreurs de mesure ont été calculées sur la base des différences entre les premières et deuxièmes valeurs mesurées avec un test t apparié. Il n'y avait pas de différence significative entre les deux mesures.
22	**Chung et al. 2005.** *C-Orthodontic Microimplant for Distalization of Mandibular Dentition in Class III Correction.* **(89)**	/	/	R CR	Secondaire Objectif principal : correction classe III asymétrique suite à une perte des d'incisives centrales mandibulaires.	1	Non	1,3 ans	1,3 ans	Probablement un des auteurs	Tracés et superpositions générales et locales TRP probablement par l'auteur.	/
23	**Kinzinger et al. 2004.** *Various Anchorage Approaches inUnilateral Mandibular Molar Distalization Using a Fixed LingualArch Appliance.* **(100)**	NR	NR	R	Principal : tester divers systèmes d'ancrage avec l'arc lingual. Critères évalués : quantifier perte d'ancrage et l'étendue et la qualité de la ditalisation	20	Non	16,3 semaines	NR	Probablement un des auteurs	Moulages, TRP et photo intra-orales : on ne sait pas si opérateur est aussi examinateur Les moulages dentaires et les céphalogrammes latéraux ont été analysés deux fois avec un intervalle de 3 mois. Si des écarts ont été détectés, la valeur moyenne des deux mesures a été appliquée pour la vérification statistique.	Moyenne arithmétique et écart type : pour chaque variable des mesures de plâtre dentaire et des analyses céphalométriques. analyse de variance (ANOVA) : évaluation statistique des variations des variables individuelles entre le début (T1) et la fin (T2) du traitement. Test post-hoc (Tukey-HDS) : pour les multicomparaisons entre les groupes de patients PG 1–3 Les différences de p <0,05 ont été considérées comme statistiquement significatives.
24	**Sugawara et al. 2004.** *Distal movement of mandibular molars in adult patients with the skeletal anchorage system.* **(92)**	NR	NR	R	Principal : évaluer la quantité moyenne de distalisation des molaires mandibulaires, Objectif secondaire : évaluer le type de mouvement dentaire Objectif tertiaire :	15	Non	2,4 ans en moyenne (de 21 à 39 mois)	3,4 ans en moyenne	Monocentrique. Un ou plusieurs opérateurs ?	Tous les tracés et mesures céphalométriques ont été effectués par un seul chercheur, et l'erreur de méthode intra-individuelle n'a pas dépassé 0,2 mm.	Corrélation entre la quantité de déplacement postérieur au niveau de la couronne, le taux de basculement et la quantité de rechute : statistiquement analysé (test non précisé). Test t apparié : pour comparer la position des premières molaires mandibulaires à la dépose de l'appareil et à 1 an après le traitement.

					déterminer la stabilité à un an après le traitement							
25	**Kinzinger et al. 2000.** *Fixed Lingual Arch Appliance for Compliance-Free Unilateral Molar Distalization in the MandibleThree Case Studies. (103)*	NR	NR	R (CR)	Secondaire Objectif principal : analyser un appareil lingual permettant l'évolution des 2èmes prémolaires mandibulaires	3	Non	13 semaines pour 1er cas Et 16 semaines pour les 2 autres	NR	Monocentrique, 1 orthodontiste	NR : probablement l'opérateur qui mesure en bouche espace gagné cars pas de TRP ou moulages	/
26	**O'Donnell et al. 1998.** *Perioral forces and dental changes resulting from mandibular lip bumper treatment. (75)*	NR	NR	P	Principal : comparer les forces de pré et post-traitement produites par un pare-lèvres sur les premières molaires mandibulaire et déterminer les effets dentaires de cet appareil 1 an après traitement	25 (patients issus d'une étude antérieure comprenant 38 patients)	Non	1 an	1 an	NR Probablement un des auteurs	(patients issus d'une étude antérieure donc biais de sélection, dans cette étude pas de renseignement non plus sur avis comité d'éthique et consentement du patient) Opérateur différent de l'examinateur ? Vingt-cinq radiographies céphalométriques ont été sélectionnées au hasard, retracées par le même examinateur et redigitisées. => aucune mesure n'était significativement différente à p 0,05. L'erreur de mesure des moulages dentaires a été évaluée de manière similaire et n'a révélé aucune différence statistiquement significative dans aucune des mesures à p 0,05.	Les forces de prétraitement et de post-traitement ont été comparées à des analyses de variance de mesures répétées. Tests t de Student appariés : pour évaluer les changements dentaires et squelettiques Analyse de corrélation de Pearson : pour évaluer la relation entre le mouvement dentaire, la force et l'âge du patient.

**R : rétrospective, CR : Case Report, P : prospective, NR : non renseigné*

BIBLIOGRAPHIE

1. Burrow SJ. To extract or not to extract: A diagnostic decision, not a marketing decision. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 mars 2008;133(3):341-2.
2. Weinberg M, Sadowsky C. Resolution of mandibular arch crowding in growing patients with Class I malocclusions treated nonextraction. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 oct 1996;110(4):359-64.
3. Thilander B, Nyman S, Karring T, Magnusson I. Bone regeneration in alveolar bone dehiscences related to orthodontic tooth movements. Eur J Orthod. 1 mai 1983;5(2):105-14.
4. Wennström JL, Lindhe J, Sinclair F, Thilander B. Some periodontal tissue reactions to orthodontic tooth movement in monkeys. J Clin Periodontol. 1987;14(3):121-9.
5. Fuhrmann R. Three-dimensional interpretation of periodontal lesions and remodeling during orthodontic treatment. J Orofac Orthop Fortschritte Kieferorthopädie. 1 août 1996;57(4):224-37.
6. Wehrbein H, Bauer W, Diedrich P. Mandibular incisors, alveolar bone, and symphysis afterorthodontic treatment. A retrospective study. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 sept 1996;110(3):239-46.
7. Yared KFG, Zenobio EG, Pacheco W. Periodontal status of mandibular central incisors after orthodontic proclination in adults. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 juill 2006;130(1):6.e1-6.e8.
8. Garlock DT, Buschang PH, Araujo EA, Behrents RG, Kim KB. Evaluation of marginal alveolar bone in the anterior mandible with pretreatment and posttreatment computed tomography in nonextraction patients. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 févr 2016;149(2):192-201.
9. Bassigny F, Canal P. Manuel d'orthopédie dento-faciale. Paris; New York: Masson; 1982. 210 p.
10. Chateau ME, Baron R, Charron C, Dangy B. Orthopédie dento-faciale. 1, Bases fondamentales. Paris, France: J. Prélat; 1975. 418 p.
11. Tweed CH. Clinical Orthodontics. C. V. Mosby; 1966. 556 p.
12. De Coster L. [Dento-facial orthopedics; morphogenetic factor]. Rev Belge Stomatol Belg Tijdschr Voor Stomatol. 1953;50(1):15-38.
13. Van der Linden FP. Development of the dentition. Vol. 1. Quintessence Pub Co; 1983.
14. Nance HN. The limitations of orthodontic treatment; mixed dentition diagnosis and treatment. Am J Orthod. avr 1947;33(4):177-223.
15. Little RM. The Irregularity Index: A quantitative score of mandibular anterior alignment. Am J Orthod. 1 nov 1975;68(5):554-63.
16. Lundström A. Indication index for the evaluation of the demand for treatment of malocclusions. Tandlakartidningen. 1978;70(8):508.
17. Steiner CC. Cephalometrics In Clinical Practice. Angle Orthod. 1 janv 1959;29(1):8-29.
18. Tweed CH. The Frankfort-mandibular incisor angle (FMIA) in orthodontic diagnosis, treatment planning and prognosis. Angle Orthod. 1954;24(3):121–169.
19. Ricketts RM. A foundation for cephalometric communication. Am J Orthod. 1 mai 1960;46(5):330-57.
20. Holdaway RA. A soft-tissue cephalometric analysis and its use in orthodontic treatment planning. Part II. Am J Orthod. 1 avr 1984;85(4):279-93.
21. Loreille J-P, Delaire J, Caillard P, Sarazin J. Céphalométrie et orthodontie. Paris, France: Editions S.N.P.M.D.; 1992. 316 p.
22. Baldridge DW. Leveling the curve of Spee: its effect on mandibular arch length. JPO J

Pract Orthod. janv 1969;3(1):26-41.
23. Garcia R. Leveling the curve of Spee: a new prediction formula. J Charles H Tweed Int Found. avr 1985;13:65-72.
24. Evrard A, Tepedino M, Cattaneo PM, Cornelis MA. Which factors influence orthodontists in their decision to extract? A questionnaire survey. J Clin Exp Dent. 1 mai 2019;11(5):e432-8.
25. Steiner CC. Cephalometrics for you and me. Am J Orthod. 1 oct 1953;39(10):729-55.
26. Almurtadha RH, Alhammadi MS, Fayed MMS, Abou-El-Ezz A, Halboub E. Changes in Soft Tissue Profile After Orthodontic Treatment With and Without Extraction: A Systematic Review and Meta-analysis. J Evid Based Dent Pract. 1 sept 2018;18(3):193-202.
27. Işıksal E, Hazar S, Akyalçın S. Smile esthetics: Perception and comparison of treated and untreated smiles. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 janv 2006;129(1):8-16.
28. Johnson DK, Smith RJ. Smile estheties after orthodontic treatment with and without extraction of four first premolars. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 août 1995;108(2):162-7.
29. Erdinc AE, Nanda RS, Işıksal E. Relapse of anterior crowding in patients treated with extraction and nonextraction of premolars. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 juin 2006;129(6):775-84.
30. Francisconi MF, Janson G, Freitas KMS, Oliveira RCG de, Oliveira RCG de, Freitas MR de, et al. Overjet, overbite, and anterior crowding relapses in extraction and nonextraction patients, and their correlations. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 juill 2014;146(1):67-72.
31. Garib DG, Bressane LB, Janson G, Gribel BF. Stability of extraction space closure. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 janv 2016;149(1):24-30.
32. Zachrisson BU, Alnæs L. Periodontal Condition in Orthodontically Treated and Untreated Individuals II. Alveolar Bone Loss: Radiographic Findings. Angle Orthod. 1 janv 1974;44(1):48-55.
33. Øgaard B. Marginal bone support and tooth lengths in 19-year-olds following orthodontic treatment. Eur J Orthod. 1 févr 1988;10(1):180-6.
34. Sheridan JJ. Air-rotor stripping. J Clin Orthod JCO. janv 1985;19(1):43-59.
35. Sheridan JJ. Air-rotor stripping update. J Clin Orthod JCO. nov 1987;21(11):781-8.
36. Livas C, Jongsma AC, Ren Y. Enamel Reduction Techniques in Orthodontics: A Literature Review. Open Dent J. 31 oct 2013;7:146-51.
37. Lapenaite E, Lopatiene K. Interproximal enamel reduction as a part of orthodontic treatment. Stomatologija. 2014;16(1):19-24.
38. Pinheiro M, Martinho LR. Interproximal enamel reduction. World J Orthod. 2002;3(3).
39. Stroud JL, English J, Buschang PH. Enamel thickness of the posterior dentition: its implications for nonextraction treatment. Angle Orthod. avr 1998;68(2):141-6.
40. Chudasama D, Sheridan JJ. Guidelines for contemporary air-rotor stripping. J Clin Orthod JCO. 2007;41(6):315-20.
41. Solow B. The Dentoalveolar Compensatory Mechanism: Background and Clinical Implications. Br J Orthod. 1 juill 1980;7(3):145-61.
42. Fränkel R. A Functional Approach to Orofacial Orthopaedics. Br J Orthod. 1 janv 1980;7(1):41-51.
43. Haas AJ. Palatal expansion: Just the beginning of dentofacial orthopedics. Am J Orthod. 1 mars 1970;57(3):219-55.
44. Glassman AS, Nahigian SJ, Medway JM, Aronowitz HI. Conservative surgical orthodontic adult rapid palatal expansion: Sixteen cases. Am J Orthod. 1 sept 1984;86(3):207-13.
45. Atik E, Akarsu-Guven B, Kocadereli I, Ciger S. Evaluation of maxillary arch

dimensional and inclination changes with self-ligating and conventional brackets using broad archwires. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 juin 2016;149(6):830-7.
46. Scott P, DiBiase AT, Sherriff M, Cobourne MT. Alignment efficiency of Damon3 self-ligating and conventional orthodontic bracket systems: A randomized clinical trial. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 oct 2008;134(4):470.e1-470.e8.
47. Melsen B. Biological reaction of alveolar bone to orthodontic tooth movement. Angle Orthod. 1 avr 1999;69(2):151-8.
48. Lo Giudice A, Barbato E, Cosentino L, Ferraro CM, Leonardi R. Alveolar bone changes after rapid maxillary expansion with tooth-born appliances: a systematic review. Eur J Orthod. 25 2018;40(3):296-303.
49. Garib DG, Henriques JFC, Janson G, de Freitas MR, Fernandes AY. Periodontal effects of rapid maxillary expansion with tooth-tissue-borne and tooth-borne expanders: A computed tomography evaluation. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 juin 2006;129(6):749-58.
50. Pangrazio-Kulbersh V, Jezdimir B, de Deus Haughey M, Kulbersh R, Wine P, Kaczynski R. CBCT assessment of alveolar buccal bone level after RME. Angle Orthod. 4 sept 2012;83(1):110-6.
51. Damon DH. The Damon low-friction bracket: a biologically compatible straight-wire system. J Clin Orthod JCO. nov 1998;32(11):670-80.
52. Cattaneo PM, Treccani M, Carlsson K, Thorgeirsson T, Myrda A, Cevidanes LHS, et al. Transversal maxillary dento-alveolar changes in patients treated with active and passive self-ligating brackets: a randomized clinical trial using CBCT-scans and digital models. Orthod Craniofac Res. 2011;14(4):222-33.
53. Corbridge JK, Campbell PM, Taylor R, Ceen RF, Buschang PH. Transverse dentoalveolar changes after slow maxillary expansion. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 sept 2011;140(3):317-25.
54. Morais JF, Melsen B, de Freitas KMS, Castello Branco N, Garib DG, Cattaneo PM. Evaluation of maxillary buccal alveolar bone before and after orthodontic alignment without extractions: A cone beam computed tomographic study. Angle Orthod. 18 juin 2018;88(6):748-56.
55. Steiner GG, Pearson JK, Ainamo J. Changes of the Marginal Periodontium as a Result of Labial Tooth Movement in Monkeys. J Periodontol. 1981;52(6):314-20.
56. Batenhorst KF, Bowers GM, Williams JE. Tissue Changes Resulting from Facial Tipping and Extrusion of Incisors in Monkeys. J Periodontol. 1974;45(9):660-8.
57. Al-Ansari NB, Abdul Ameer SA, Nahidh M. A New Method for Prediction of Dental Arch Perimeter. Clin Cosmet Investig Dent. 19 déc 2019;11:393-7.
58. Burke SP, Silveira AM, Goldsmith LJ, Yancey JM, Van Stewart A, Scarfe WC. A meta-analysis of mandibular intercanine width in treatment and postretention. Angle Orthod. févr 1998;68(1):53-60.
59. Mauad BA, Silva RC, Aragón MLS de C, Pontes LF, da Silva NG, Normando D. Changes in lower dental arch dimensions and tooth alignment in young adults without orthodontic treatment. Dent Press J Orthod. 2015;20(3):64-8.
60. Gorucu-Coskuner H, Atik E, Kocadereli I. Effects of Three Different Orthodontic Treatment Methods on the Stability of Mandibular Incisor Alignment. J Clin Pediatr Dent. 1 oct 2017;41(6):486-93.
61. Massaro C, Miranda F, Janson G, Almeida RR de, Pinzan A, Martins DR, et al. Maturational changes of the normal occlusion: A 40-year follow-up. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 août 2018;154(2):188-200.
62. Ab Rahman N, Wey MC, Othman SA. Mandibular arch orthodontic treatment stability using passive self-ligating and conventional systems in adults: A randomized controlled trial.

Korean J Orthod. janv 2017;47(1):11-20.
63. De la Cruz A, Sampson P, Little RM, Årtun J, Shapiro PA. Long-term changes in arch form after orthodontic treatment and retention. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 mai 1995;107(5):518-30.
64. Jo A-R, Mo S-S, Lee K-J, Sung S-J, Chun Y-S. Finite-element analysis of the center of resistance of the mandibular dentition. Korean J Orthod. janv 2017;47(1):21-30.
65. Jarabak JR, Fizzell JA. Technique and treatment with the light-wire appliances. Mosby; 1972.
66. Nabbout F, Faure J, Baron P, Braga J, Treil J. L'ancrage dentaire en orthodontie : les données du scanner. Int Orthod. 1 sept 2004;2(3):241-56.
67. Graber T. Physiologic principles of functional appliances. Mosby 1985;p 86.
68. Kim S-J, Choi T-H, Baik H-S, Park Y-C, Lee K-J. Mandibular posterior anatomic limit for molar distalization. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 août 2014;146(2):190-7.
69. Chae J-M, Park JH, Kojima Y, Tai K, Kook Y-A, Kyung H-M. Biomechanical analysis for total distalization of the mandibular dentition: A finite element study. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 mars 2019;155(3):388-97.
70. Proffit WR. Equilibrium Theory Revisited: Factors Influencing Position of the Teeth. Angle Orthod. 1 juill 1978;48(3):175-86.
71. Rey D, Angel D, Oberti G, Baccetti T. Treatment and posttreatment effects of mandibular cervical headgear followed by fixed appliances in Class III malocclusion. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 mars 2008;133(3):371-8.
72. Kuroda Y, Kuroda S, Alexander RG, Tanaka E. Adult Class lll Treatment Using a J-Hook Headgear to the Mandibular Arch. Angle Orthod. 1 mars 2010;80(2):336-43.
73. Davidovitch M, McInnis D, Lindauer SJ. The effects of lip bumper therapy in the mixed dentition. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 janv 1997;111(1):52-8.
74. Ferris T, Alexander RG, Boley J, Buschang PH. Long-term stability of combined rapid palatal expansion–lip bumper therapy followed by full fixed appliances. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 sept 2005;128(3):310-25.
75. O'Donnell S, Nanda RS, Ghosh J. Perioral forces and dental changes resulting from mandibular lip bumper treatment. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 mars 1998;113(3):247-55.
76. Nevant CT, Buschang PH, Alexander RG, Steffen JM. Lip bumper therapy for gaining arch length. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 oct 1991;100(4):330-6.
77. Osborn WS, Nanda RS, Currier GF. Mandibular arch perimeter changes with lip bumper treatment. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 juin 1991;99(6):527-32.
78. Bergersen EO. A cephalometric study of the clinical use of the mandibular labial bumper. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 juin 1972;61(6):578-602.
79. Moin K, Bishara SE. An Evaluation of Buccal Shield Treatment. Angle Orthod. 1 janv 2007;77(1):57-63.
80. Murphy CC, Magness WB, English JD, Frazier-Bowers SA, Salas AM. A Longitudinal Study of Incremental Expansion Using a Mandibular Lip Bumper. Angle Orthod. 1 août 2003;73(4):396-400.
81. Häsler R, Ingervall B. The effect of a maxillary lip bumper on tooth positions. Eur J Orthod. 1 févr 2000;22(1):25-32.
82. Grossen J, Ingervall B. The effect of a lip bumper on lower dental arch dimensions and tooth positions. Eur J Orthod. 1 avr 1995;17(2):129-34.
83. Bjerregaard J, Bundgaard AM, Melsen B. The effect of the mandibular lip bumper and maxillary bite plate on tooth movement, occlusion and space conditions in the lower dental arch. Eur J Orthod. 1 janv 1980;2(4):257-65.
84. Hashish DI, Mostafa YA. Effect of lip bumpers on mandibular arch dimensions. Am J

Orthod Dentofacial Orthop. 1 janv 2009;135(1):106-9.
85. Seo Y-J, Chung K-R, Kim S-H, Nelson G. Camouflage treatment of skeletal Class III malocclusion with asymmetry using a bone-borne rapid maxillary expander. Angle Orthod. 17 juill 2014;85(2):322-34.
86. Byloff F, Darendeliler MA, Stoff F. Mandibular molar distalization with the Franzulum Appliance. J Clin Orthod JCO. sept 2000;34(9):518-23.
87. Kuroda S, Tanaka E. Application of Temporary Anchorage Devices for the Treatment of Adult Class III Malocclusions. Semin Orthod. 1 juin 2011;17(2):91-7.
88. Jung M-H. A comparison of second premolar extraction and mini-implant total arch distalization with interproximal stripping. Angle Orthod. 30 nov 2012;83(4):680-5.
89. Chung K, Kim S-H, Kook Y. C-Orthodontic Microimplant for Distalization of Mandibular Dentition in Class III Correction. Angle Orthod. 1 janv 2005;75(1):119-28.
90. Chen K, Cao Y. Class III malocclusion treated with distalization of the mandibular dentition with miniscrew anchorage: A 2-year follow-up. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 déc 2015;148(6):1043-53.
91. Poletti L, Silvera AA, Ghislanzoni LTH. Dentoalveolar class III treatment using retromolar miniscrew anchorage. Prog Orthod. 23 mai 2013;14(1):7.
92. Sugawara J, Daimaruya T, Umemori M, Nagasaka H, Takahashi I, Kawamura H, et al. Distal movement of mandibular molars in adult patients with the skeletal anchorage system. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 févr 2004;125(2):130-8.
93. Kook Y-A, Park JH, Bayome M, Kim S, Han E, Kim CH. Distalization of the mandibular dentition with a ramal plate for skeletal Class III malocclusion correction. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 août 2016;150(2):364-77.
94. Chung K-R, Kim S-H, Choo H, Kook Y-A, Cope JB. Distalization of the mandibular dentition with mini-implants to correct a Class III malocclusion with a midline deviation. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 janv 2010;137(1):135-46.
95. Chung K-R, Ahn H-W, Kim S-J, Lee K-B, Kim S-H. Correction of collapsed occlusion with degenerative joint disease focused on the mandibular arch and timely relocation of a miniplate. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 mars 2012;141(3):e53-63.
96. Park M, Na Y, Park M, Ahn J. Biomechanical analysis of distalization of mandibular molars by placing a mini-plate: A finite element study. Korean J Orthod. 1 sept 2017;47(5):289-97.
97. Bernard-Granger C, Filippi R, Cresseaux P. Quand l'alpinisme vient révolutionner l'ancrage orthodontique. L'orthodontiste. déc 2017;6(5):8.
98. Wagner L. Recul mandibulaire en masse par fils d'ostéosynthèse: une étude de cohorte. [Thèse de doctorat]. 2019.
99. Choi YT, Kim Y-J, Yang K-S, Lee D-Y. Bone availability for mandibular molar distalization in adults with mandibular prognathism. Angle Orthod. 26 sept 2017;88(1):52-7.
100. Kinzinger G, Fritz U, Diedrich P. Various Anchorage Approaches inUnilateral Mandibular Molar Distalization Using a Fixed LingualArch Appliance. J Orofac Orthop Fortschritte Kieferorthopädie. 1 févr 2004;65(2):137-49.
101. Farronato G, Garagiola U, Farronato D, Bolzoni L, Parazzoli E. Temporary lip paresthesia during orthodontic molar distalization: Report of a case. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 juin 2008;133(6):898-901.
102. Hu H, Chen J, Guo J, Li F, Liu Z, He S, et al. Distalization of the mandibular dentition of an adult with a skeletal Class III malocclusion. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 déc 2012;142(6):854-62.
103. Kinzinger G, Gross U, Diedrich P. Fixed Lingual Arch Appliance for Compliance-Free Unilateral Molar Distalization in the MandibleThree Case Studies. J Orofac Orthop Fortschritte Kieferorthopädie. 1 nov 2000;61(6):440-9.

104. Finotti M, Torre MD, Roberto M, Miotti FA. La distalisation des molaires mandibulaires peut-elle être facilitée ? Une nouvelle méthode thérapeutique. Orthod Fr. 1 déc 2009;80(4):371-8.
105. Vanlaecken R, Williams MO, Razmus T, Gunel E, Martin C, Ngan P. Class III correction using an inter-arch spring-loaded module. Prog Orthod. 2 mai 2014;15(1):32.
106. Hakami Z, Chen PJ, Ahmida A, Janakiraman N, Uribe F. Miniplate-Aided Mandibular Dentition Distalization as a Camouflage Treatment of a Class III Malocclusion in an Adult [Internet]. Case Reports in Dentistry. 2018 [cité 8 janv 2020]. Disponible sur: https://www.hindawi.com/journals/crid/2018/3542792/
107. Oh Y-H, Park H-S, Kwon T-G. Treatment effects of microimplant-aided sliding mechanics on distal retraction of posterior teeth. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 avr 2011;139(4):470-81.
108. Kaley J, Phillips C. Factors related to root resorption in edgewise practice. Angle Orthod. 1991;61(2):125-32.
109. Wainwright WM. Faciolingual tooth movement: its influence on the root and cortical plate. Am J Orthod. sept 1973;64(3):278-302.
110. Chen G, Teng F, Xu T-M. Distalization of the maxillary and mandibular dentitions with miniscrew anchorage in a patient with moderate Class I bimaxillary dentoalveolar protrusion. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 mars 2016;149(3):401-10.
111. Yu J, Park JH, Bayome M, Kim S, Kook Y-A, Kim Y, et al. Treatment effects of mandibular total arch distalization using a ramal plate. Korean J Orthod. 1 juill 2016;46(4):212-9.
112. Albanese-Pierratte H, Givelet M. Modification de la vitesse du déplacement orthodontique: données acquises en 2013 et revue systématique de la littérature sur les corticotomies alvéolaires et l'accélération du mouvement orthodontique [Mémoire CECSMO]. [Rennes]; 2013.
113. Simon M, Keilig L, Schwarze J, Jung BA, Bourauel C. Treatment outcome and efficacy of an aligner technique – regarding incisor torque, premolar derotation and molar distalization. BMC Oral Health. 11 juin 2014;14:68.
114. Alharbi F, Almuzian M, Bearn D. Miniscrews failure rate in orthodontics: systematic review and meta-analysis. Eur J Orthod. 28 sept 2018;40(5):519-30.
115. Papageorgiou SN, Zogakis IP, Papadopoulos MA. Failure rates and associated risk factors of orthodontic miniscrew implants: a meta-analysis. Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod. nov 2012;142(5):577-595.e7.
116. Findik Y, Baykul T, Esenlik E, Turkkahraman MH. Surgical difficulties, success, and complication rates of orthodontic miniplate anchorage systems: Experience with 382 miniplates. Niger J Clin Pract. 5 janv 2017;20(5):512.
117. Lam R, Goonewardene MS, Allan BP, Sugawara J. Success rates of a skeletal anchorage system in orthodontics: A retrospective analysis. Angle Orthod. janv 2018;88(1):27-34.
118. De Clerck EEB, Swennen GRJ. Success rate of miniplate anchorage for bone anchored maxillary protraction. Angle Orthod. nov 2011;81(6):1010-3.
119. Kim D, Sung S. Nonsurgical correction of a Class III skeletal anterior open-bite malocclusion using multiple microscrew implants and digital profile prediction. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 août 2018;154(2):283-93.
120. Yanagita T, Kuroda S, Takano-Yamamoto T, Yamashiro T. Class III malocclusion with complex problems of lateral open bite and severe crowding successfully treated with miniscrew anchorage and lingual orthodontic brackets. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 mai 2011;139(5):679-89.
121. Farret MM, Farret MMB, Farret AM, Farret MM, Farret MMB, Farret AM.

Orthodontic camouflage of skeletal Class III malocclusion with miniplate: a case report. Dent Press J Orthod. août 2016;21(4):89-98.
122. Chung K-R, Kim Y-J, Jeon HH, Kim S-H, Nelson G. The Biocreative Strategy. Part 6: Class III Treatment. J Clin Orthod JCO. 2018;52(11):604-20.
123. Ma QL, Conley RS, Wu T, Li H. Asymmetric molar distalization with miniscrews to correct a severe unilateral Class III malocclusion. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 mai 2016;149(5):729-39.
124. Tavares CAE, Sheffer MAR, Allgayer S. Surgery first using skeletal anchorage with tandem mechanics for mandibular molar distalization. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 janv 2018;153(1):118-30.
125. Kondo E, Arai S. Nonsurgical and nonextraction treatment of a skeletal class III adult patient with severe prognathic mandible. World J Orthod. 2005;6(3):233-47.
126. Gonzalez B. Non-extraction treatment of a Class III skeletal case. Int J Orthod Milwaukee Wis. 2009;20(2):15-21.
127. Aslan BI, Küçükkaraca E. Nonextraction Treatment of a Class III Malocclusion Case Using Mini-Screw-Assisted Lower Molar Distalization. Turk J Orthod. juin 2019;32(2):119-24.
128. Jacob HB, Tadlock L, Swapp A. Skeletal Class III malocclusion correction using miniscrew implants. J World Fed Orthod. 1 sept 2013;2(3):e151-8.
129. Jing Y, Han X, Guo Y, Li J, Bai D. Nonsurgical correction of a Class III malocclusion in an adult by miniscrew-assisted mandibular dentition distalization. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 juin 2013;143(6):877-87.
130. Park H-S, Lee S-K, Kwon O-W. Group Distal Movement of Teeth Using Microscrew Implant Anchorage. Angle Orthod. 1 juill 2005;75(4):602-9.

université de BORDEAUX

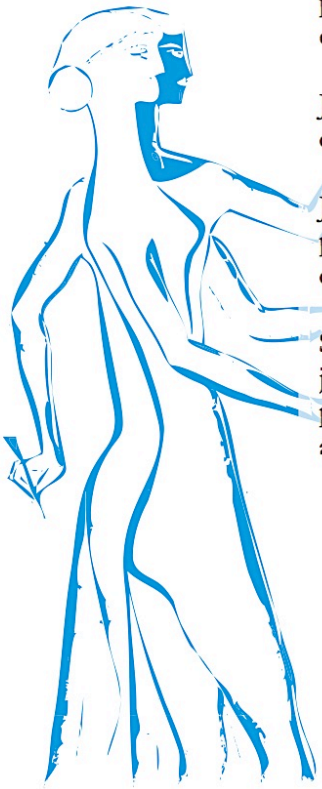
Collège des Sciences de la Santé

UFR des Sciences Odontologiques

Serment

En présence de mes Maîtres et de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de l'art dentaire.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un honoraire au-dessus de mon travail. Ma langue taira les secrets qui me seront confiés. Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe.
Mes connaissances et mon état ne serviront ni à diffuser des propos non avérés, ni à corrompre les mœurs, ni à favoriser le crime.



Je ne permettrai pas que des conditions de croyance, de nation et de race viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Je promets et je jure de conformer strictement ma conduite professionnelle aux principes et aux règles prescrites par le code de déontologie.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné de jouir heureusement de la vie et de ma profession, honoré à jamais parmi les hommes. Si je le viole et que je me parjure, puissé-je avoir un sort contraire.

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 :

Hélène NOLY, le 04 décembre 2020
Thèse pour l'obtention du DIPLOME d'ETAT de DOCTEUR en CHIRURGIE DENTAIRE 2020 – n°72

Discipline : Orthopédie Dento Faciale

Titre : Solutions thérapeutiques sans extraction de prémolaires face à une DDM négative : place et limite de la distalisation mandibulaire. Revue de la littérature.

Résumé

Objectif : L'objectif de cette revue de la littérature était de rechercher et quantifier les limites de la distalisation molaire mandibulaire en fonction des caractéristiques anatomiques du patient et des techniques utilisées. Cette analyse permettait de préciser la place de cet outil thérapeutique dans la gestion de la DDM négative sans extraction de prémolaires.

Matériel et méthode : Une étude de la littérature sur Cochrane, Pubmed, Scopus a été réalisée jusqu'en avril 2019. Les études humaines, essais cliniques randomisés, études prospectives et rétrospectives discutant des limites anatomiques et des effets quantitatifs de la distalisation molaire mandibulaire ont été inclus. Un examinateur a sélectionné et extrait les données.

Résultats : Un total de 26 articles a été sélectionné. Parmi les 3 articles analysant des limites anatomiques, la corticale linguale et non le bord antérieur du ramus a été retenue comme la limite postérieure à la distalisation, le nerf alvéolaire inférieur a également été un frein à la distalisation mais rapporté seulement pour un cas clinique. La quantité de distalisation ne semblait que peu ou pas impactée par la technique de distalisation utilisée dans les 23 articles restants. Elle était en moyenne de 3,4 mm en 9,1 mois. L'utilisation croissante ces dernières années des ancrages osseux permettait de mieux contrôler les effets parasites engendrés par d'autres techniques. Cependant la version corono-distale demeure un phénomène quasiment inévitable.

Conclusion : La distalisation molaire mandibulaire trouve sa place dans la gestion de la DDM négative. Son utilisation associée à l'expansion transversale, à la version incisive et au stripping permet de repousser les limites des traitements sans extraction de prémolaires.

Mots-clés : distalisation mandibulaire ; orthodontie ; mouvement dentaire ; sans extraction ; dysharmonie dento-maxillaire

Title : Therapeutics solutions without premolar extraction in arch length discrepancy : place and limit of mandibular distalization. Literature review.

Summary

Purpose : The aim of this literature review was to search and quantify the limits of mandibular molar distalization according to the anatomical characteristics of the patient and the techniques used. This analysis was a way to define the place of this therapeutic tool in the management of arch length discrepancy without extraction of premolars.

Material and method : A literature survey of Cochrane, Pubmed, Scopus was conducted until April 2019. Human studies, randomized clinical trials, prospective and retrospective studies talking about the anatomical limitations and quantitative effects of mandibular molar distalization were included. A single reviewer selected and extracted data.

Results : a total of 26 articles were selected. Among the 3 articles analyzing the anatomical limits, the lingual cortex and not the anterior border of the branch was retained as the posterior limit to distalization, the inferior alveolar nerve was also an obstacle to distalization but reported only for 1 clinical case. The amount of distalization was slightly or not affected by the distalization technique used in the remaining 23 articles. The mean value of distalization was 3.4 mm in 9.1 months. The increasing use of bone anchorage these last years has made possible a better control of the parasitic effects generated by other techniques. However, the corono-distal version remained an almost inevitable event.

Conclusion : Mandibular molar distalization has its place in the management arch length discrepancy. Its use, combined with transverse expansion, incisor version and stripping, allows to push the limits of treatments without the extraction of premolars.

Keywords : mandibular distalization ; orthodontics ; tooth movement techniques ; nonextraction ; arch length discrepancy

Université de Bordeaux – Collège des Sciences de la Santé
UFR des Sciences Odontologiques
46 Rue Léo Saignat
33076 BORDEAUX