

**UNIVERSITÉ PAUL SABATIER - TOULOUSE III
FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE**

Année : 2013

2013-TOU3-3062

T H E S E

Pour le
Diplôme d'état de docteur en chirurgie dentaire
Présentée et soutenue publiquement
par

Constance PUJO

Le 10 décembre 2013

Les ancrages vissés en orthodontie : présentation et revue de
la littérature

Directeur de thèse

Dr Pascal BARON

Jury

Docteur DURAN Damien
Docteur COURTOIS Bruno
Docteur VERGNES Jean-Noël

Président
Assesseur
Assesseur



FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE

DIRECTION

ADMINISTRATEUR PROVISoire

Mr SIXOU Michel

ASSESEURS DU DOYEN

• ENSEIGNANTS :

Mme GRÉGOIRE Geneviève

Mr CHAMPION Jean

Mr HAMEL Olivier

Mr POMAR Philippe

• PRÉSIDENTE DU COMITÉ SCIENTIFIQUE

Mme GRIMOUD Anne-Marie

• ÉTUDIANT :

Mr HAURET-CLOS Mathieu

CHARGÉS DE MISSION

Mr PALOUDIER Gérard

Mr AUTHER Alain

RESPONSABLE ADMINISTRATIF

Mme GRAPELOUP Claude

HONORARIAT

DOYENS HONORAIRES

Mr LAGARRIGUE Jean

Mr LODTER Jean-Philippe

Mr PALOUDIER Gérard

Mr SOULET Henri

ÉMÉRITAT

Mr PALOUDIER Gérard

PERSONNEL ENSEIGNANT

56.01 PÉDODONTIE

Chef de la sous-section : Mr VAYSSE

Professeur d'Université : Mme BAILLEUL-FORESTIER

Maîtres de Conférences : Mme NOIRRIT-ESCLASSAN, Mr VAYSSE

Assistants : Mr DOMINÉ, Mme GÖTTLE

Chargés d'Enseignement : Mme BACQUÉ, Mr TOULOUSE

56.02 ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE

Chef de la sous-section : Mr BARON

Maîtres de Conférences : Mr BARON, Mme LODTER, Mme MARCHAL-SIXOU, Mr ROTENBERG,

Assistants : Mme ELICEGUI, Mme OBACH-DEJEAN, Mr PUJOL

Chargés d'Enseignement : Mr GARNAULT, Mme MECHRAOUI, Mr MIQUEL

56.03 PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ, ODONTOLOGIE LÉGALE

Chef de la sous-section : Mr HAMEL

Professeur d'Université : Mme NABET, Mr PALOUDIER, Mr SIXOU
 Maître de Conférences : Mr HAMEL, Mr VERGNES
 Assistant :
 Chargés d'Enseignement : Mr DURAND, Mr PARAYRE

57.01 PARODONTOLOGIE

Chef de la sous-section : Mr BARTHET

Maîtres de Conférences : Mr BARTHET, Mme DALICIEUX-LAURENCIN
 Assistants : Mr MOURGUES, Mme VINEL
 Chargés d'Enseignement : Mr. CALVO, Mr LAFFORGUE, Mr PIOTROWSKI, Mr SANCIER

57.02 CHIRURGIE BUCCALE, PATHOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE, ANESTHÉSIOLOGIE ET RÉANIMATION

Chef de la sous-section : Mr CAMPAN

Professeur d'Université : Mr DURAN
 Maîtres de Conférences : Mr CAMPAN, Mr COURTOIS, Mme COUSTY
 Assistants : Mme BOULANGER, Mr EL KESRI, Mme FERNET-MAGNAVAL
 Chargés d'Enseignement : Mr FAUXPOINT, Mr GANTE, Mr L'HOMME, Mme LABADIE, Mr PLANCHAND, Mr SALEFRANQUE

57.03 SCIENCES BIOLOGIQUES (BIOCHIMIE, IMMUNOLOGIE, HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE, GÉNÉTIQUE, ANATOMIE PATHOLOGIQUE, BACTÉRIOLOGIE, PHARMACOLOGIE)

Chef de la sous-section : Mr KÉMOUN

Professeurs d'Université : Mme DUFFAUT
 Maîtres de Conférences : Mme GRIMOUD, Mr KEMOUN, Mr POULET
 Assistants : Mr BARRAGUÉ, Mr BLASCO-BAQUE, Mme SOUBIELLE
 Chargés d'Enseignement : Mr BARRÉ, Mr SIGNAT, Mme VALERA

58.01 ODONTOLOGIE CONSERVATRICE, ENDODONTIE

Chef de la sous-section : Mr GUIGNES

Maîtres de Conférences : Mr DIEMER, Mr GUIGNES, Mme GURGEL-GEORGELIN, Mme MARET-COMTESSE
 Assistants : Mr ARCAUTE, Mlle DARDÉ, Mme DEDIEU, Mme DUEYMES, Mme FOURQUET, Mr MICHETTI
 Chargés d'Enseignement : Mr BALGUERIE, Mlle BORIES, Mr ELBEZE, Mr MALLET, Mlle PRATS,

58.02 PROTHÈSES (PROTHÈSE CONJOINTE, PROTHÈSE ADJOINTE PARTIELLE, PROTHÈSE COMPLÈTE, PROTHÈSE MAXILLO-FACIALE)

Chef de la sous-section : Mr CHAMPION

Professeurs d'Université : Mr ARMAND, Mr POMAR
 Maîtres de Conférences : Mr BLANDIN, Mr CHAMPION, Mr ESCLASSAN, Mme VIGARIOS
 Assistants : Mr CHABRERON, Mr DESTRUHAUT, Mr GALIBOURG, Mr HOBEILAH
 Chargés d'Enseignement : Mr ABGRALL, Mr FLORENTIN, Mr FOLCH, Mr GHRENASSIA, Mme LACOSTE-FERRE, Mme LASMOLLES, Mr LUCAS, Mr MIR, Mr POGÉANT, Mr RAYNALDY

58.03 SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES, OCCLUSODONTIQUES, BIOMATÉRIEAUX, BIOPHYSIQUE, RADIOLOGIE

Chef de la sous-section : Mme GRÉGOIRE

Professeur d'Université : Mme GRÉGOIRE
 Maîtres de Conférences : Mme JONJOT, Mr NASR
 Assistants : Mr CANIVET, Mr DELANNÉE, Mr MONSARRAT
 Chargés d'Enseignement : Mr AHMED, Mme BAYLE-DELANNÉE, Mme MAGNE, Mr TREIL, Mr VERGÉ

L'université Paul Sabatier déclare n'être pas responsable des opinions émises par les candidats.
 (Délibération en date du 12 Mai 1891).

Mise à jour au 19 novembre 2013

REMERCIEMENTS

Je dédie cette thèse,

A mes parents, Bernard et Bégonia (et Eden) sans qui bien sur je ne serais pas là. Je ne vous remercierais jamais assez pour tout l'amour et l'attention que vous me portez. Merci de m'avoir toujours fait confiance dans tous mes choix, de ne m'avoir jamais bridée. Merci de m'avoir offert une maison douillette où il fait bon vivre. Ce travail est aussi le fruit de votre patience, de mon premier cri à tous les autres qui ont suivi Malgré que je ne vous le dise jamais, je vous aime très très fort !

A mes grands-parents,

Mamie Carmela et papi Paco : gracias por todo su amor y apoyo durante estos años. gracias por viajar en Galicia y he aprendido a hablar español tan bien, que era muy útil para mí pekin express! Creo que muchos de ustedes, y en especial a ti, mi papi, espero que estés orgulloso de mí, donde estás..... Toda la familia española, te quiero

Mamie Linette et papi Michel (Père castor raconte nous une histoire!) : merci de vous montrer si disponible et si attentionné pour moi. J'ai beaucoup appris de vous humainement. Vous m'avez inculqué les valeurs de travail, de respect et de réussite, qui aujourd'hui me sont si chères. J'espère que vous êtes fier de moi, je vous aime.

A ma grande sœur Virginie : merci de t'être toujours bien occupé de moi, tu es une sœur extraordinaire, qui a toujours su me guider dans le bon chemin. J'admire ta rigueur, ta sagesse, ta patience (avec moi ce n'est pas toujours évident) et l'attention que tu portes à toute la famille. Je suis tellement heureuse de t'avoir auprès de moi, je t'aime sœurlette et je te souhaite plein de bonheur avec Stéphane!

A ma famille : trop nombreuse pour vous citer tous. Je vous remercie de votre soutien. Je souhaite à tous le monde d'avoir une famille unie comme la notre. Je vous embrasse tous : taties, tontons, cousins, cousines, neveux et nièces; de Toulouse, de Marseille, de Paris et d'Espagne.

Une petite pensée particulière pour :

Nanou : en plus d'être une marraine en or, tu as été ma maitresse adorée et je te remercie de m'avoir fait autant aimer l'école et les études ! Ma réussite scolaire est aussi la tienne !

Mes trois merveilleux cousins : **Soso** (ma morue d'amour), **Clairounette** (mon mini-moi!!! oulala ca promet) et **Françisco** (mamadou pour les intimes) : vous êtes comme mes frères et sœurs, je vous ai vu naître (et j'ai même changé vos couches et tout le bordel qui va avec!) et grandir (malheureusement..). Je me souviendrai toujours de la tente bleue, des vacances à Chaum (vive le ski et les jeux de sociétés!!!), des supers vacances à Gruissan et les nombreux séjours à Disneyland! On passe beaucoup de temps ensemble et j'espère qu'on restera aussi proche toute la vie. Votre poisson rouge et Kinder Bueno vous aime!

Cora, ma grande cousine, notre complicité depuis l'enfance est évidente. Je n'oublierai jamais nos spectacles de chant et de danse délirants à Chaum, nos fous rires au sport et aux

réunions « soft paris », les bouquins « coquins » que tu m'as fait découvrir et tes nombreuses boules de poils que j'ai longtemps voulu martyriser !!

A Olivier, mon petit coeur, mon repère, l'épaule sur laquelle je me repose.... Souvent ! Tu n'as jamais cessé de croire en moi et chaque jour passé à tes côtés me rend meilleure.... Ta patience et ta sérénité sont de précieuses qualités pour me supporter, moi et mon sale caractère... Merci de faire partie de ma vie, Je t'aime très fort ...

A Polo, mon binôme de choc!!! Merci pour ta bonne humeur quotidienne et nos nombreuses crises de fou rire, ça a été un vrai plaisir de travailler avec toi.

A tous mes amis de la fac : Manue, Sarah, Marine, Marion, Camillou, Pougette, Aude, Cecile, Nono, Fafou, Clotilde, Antoine, Vallau, Guillaume, Alex pti etiop, Antoine, Bibo, Layou, Bertrand. J'ai rencontré des gens généreux, drôles et très fêtards !! Merci pour ces années passées avec vous, définitivement trop courtes... et VIVE LES MORUES!!!!

A ma Cyrielle : que de bons moments passés avec toi, ma poulette!!! Ta rencontre à la fac dentaire, puis les soirées, l'internat, le sport (et tous tes moniteurs), et pour finir PEKIN EXPRESS!! Ma Fion, comment pourrais je oublier ce qu'on a vécu ensemble durant cette belle aventure!! Ce beau voyage gravé à vie dans ma mémoire, je suis tellement contente de l'avoir partagé avec toi! On a su rester soudé dans les moments durs, on était les reines de l'auto stop et je suis fière de nous et de notre parcours!!! Je souhaite que notre très belle amitié dure toute la vie même si j'en ai aucun doute la dessus! Et bien sur PEKIN ON FIREEEEE !!!!!!

A mes amis pékinois : la belle Sarah (« ca me souleeeeeee »), notre Denis le vosgien aux multiples dons (mi-homme mi-sapin, magicien, mentaliste et obligé ...petit clin d'œil au bouton vert) et Lolo et Lolotte (notre papa et maman de pékin!). Je ne pensais pas rencontrer des personnes aussi gentilles, rigolotes, généreuses et sincères durant cette aventure! Vous êtes super surtout ne changez pas!

A mes trois plus anciennes et meilleures amies, Béné, Sarah et Marine! Le temps passe, il faut devenir adulte à ce qu'il paraît. Merci de votre écoute et de votre bienveillance à mon égard pendant toutes ces années. Que de bons moments passés ensemble, de franches rigolades, à faire ce qu'il ne faut pas faire, une grande complicité nous lie pour la vie. Je n'aurais pas pu rêver meilleures amies, je vous aime.

A mes copains du sport : Alex, Elina, Elo, Guillaume et Amandine. On forme une sacré équipe, vive le cx, body pump, body combat et mon préféré le body attack!!!

A notre ami et administrateur de page facebook et twitter : Victor, merci de nous avoir aidé à traverser la tempête médiatique de Pékin express! Sans toi c'était le naufrage!!!

A tous ceux que j'ai oublié, qu'ils ne m'en veuillent pas..... PEKIN ON FIREEEEEEE

A notre président de jury,

Docteur Damien DURAN

- Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Docteur en Sciences Odontologiques,
- Habilitation à diriger des recherches (H.D.R.),
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier,
- Chevalier dans l'ordre des Palmes Académiques,
- Expert près de la Cour d'Appel de Toulouse.

*Vous nous faites l'honneur de présider notre jury.
Votre implication au sein de notre université force l'admiration.
Veuillez trouver ici le témoignage de notre profond respect.*

A notre directeur de thèse,

Professeur Pascal BARON

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Responsable de la sous-section d'Orthopédie Dento-Faciale,
- Docteur en Chirurgie Dentaire.
- Docteur de l'Université Paul Sabatier,
- Maîtrise Biologie Humaine, Biomathématiques,
- Enseignant-chercheur au CNRS (FRE 2960) – Laboratoire d'Anthropologie,
- Spécialiste qualifié en Orthopédie-Dento-Faciale,
- Responsable de l'Unité Fonctionnelle d'Orthodontie au CHU Toulouse-Rangueil.

Merci pour votre aide et votre disponibilité ainsi que pour votre œil à la fois critique et bienveillant qui nous a permis, nous l'espérons, de fournir un travail de qualité.

Docteur Bruno COURTOIS

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Diplôme d'Etudes Supérieures en Chirurgie Buccale,
- D.E.A. Rayonnement et Imagerie en Médecine,
- CES Odontologie Chirurgicale,
- CES de Prothèse Dentaire, option : Prothèse maxillo-faciale,
- Maîtrise de Sciences Biologiques et Médicales
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier

*C'est un honneur pour nous que vous ayez accepté de siéger à notre jury.
Votre sens de la pédagogie et votre rigueur nous ont accompagnés pendant
notre cursus universitaire.
Vos connaissances et votre expérience sont pour nous source d'estime et
d'intérêt. Veuillez trouver ici l'expression de notre sincère considération.*

Docteur Jean-Noël VERGNES

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Maîtrise de Sciences Biologiques et Médicales,
- Master 2 Recherche – Epidémiologie clinique,
- Diplôme d'Université de Recherche Clinique Odontologique,
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier

*Nous vous remercions très chaleureusement pour avoir accepté de participer à notre jury.
Vos qualités humaines, votre pédagogie et votre gentillesse ont constitué un véritable
soutien et modèle au long de nos études.*

TABLE DES MATIERES

Introduction.....	13
Partie I : Eléments de base sur l’ancrage et les systèmes d’ancrage squelettique temporaire.....	14
1.1. Ancre orthodontique.....	14
1.1.1 Définition et historique.....	14
1.1.2. Ancre passif et ancre actif.....	15
1.1.2.1. Ancre passif.....	15
1.1.2.1.1. Ancre dentaire.....	16
1.1.2.1.2. Ancre musculaire.....	16
1.1.2.1.3. Ancre cortical.....	17
1.1.2.2. Ancre actif.....	17
1.1.3. Le trinôme de De Nevreze.....	17
1.1.4. Les moyens d’ancrage orthodontique.....	19
1.1.4.1. Ancre intra-oral dentaire.....	19
1.1.4.2. Ancre extra-oral.....	19
1.1.4.3. Ancre intra-oral non dentaire.....	20

1.2. Les systèmes d’ancrage squelettique temporaire (ancrages vissés)	21
1.2.1. Généralités	21
1.2.1.1. Définition.....	21
1.2.1.2. Avantage de l’utilisation des ancrages vissés.....	22
1.2.1.3. Réaction tissulaire autour des ancrages vissés.....	23
1.2.2. Les mini-vis	23
1.2.2.1. Historique.....	23
1.2.2.2. Description.....	24
1.2.2.2.1. Caractéristiques et avantages.....	24
1.2.2.2.1.1. Liés aux propriétés des mini-implants.....	24
1.2.2.2.1.2. Liés au protocole chirurgical.....	25
1.2.2.2.2. Cahier des charges des mini-vis.....	25
1.2.2.2.2.1. Mécaniques.....	25
1.2.2.2.2.2. Physiologiques.....	26
1.2.2.2.2.3. Pratiques.....	26
1.2.2.3. Aspect biologique.....	27
1.2.2.3.1. Biocompatibilité.....	27
1.2.2.3.2. Bio-intégration.....	27
1.2.2.4. Aspect biomécanique.....	28
1.2.2.4.1. Composition et matériau.....	28
1.2.2.4.2. Intérêts biomécaniques.....	28
1.2.2.5. Protocole d’utilisation.....	30
1.2.2.5.1. La pose.....	30
1.2.2.5.1.1. Entretien avec le patient et examen clinique.....	30
1.2.2.5.1.2. Repérage radiographique du site d’implantation.....	31
1.2.2.5.1.3. Utilité d’un guide chirurgical.....	31
1.2.2.5.1.4. Lieux d’implantation.....	32
1.2.2.5.1.5. Protocole opératoire d’insertion.....	32
1.2.2.5.2. La mise en charge.....	34
1.2.2.5.3. La dépose.....	34

1.2.2.6. Critères de pérennité.....	34
1.2.2.6.1. Facteurs de l'hôte.....	35
1.2.2.6.2. Facteurs iatrogénique ou de l'opérateur.....	35
1.2.2.6.3. Facteurs implantaires.....	35
1.2.2.7. Complications.....	35
1.2.2.7.1. Complications per-opératoires.....	36
1.2.2.7.2. Complications post-opératoires.....	36
1.2.2.8. Contre-indications.....	36
1.2.2.8.1. Contre-indications générales.....	36
1.2.2.8.2. Contre-indications locales.....	37
1.2.2.9. Perception.....	37
1.2.2.9.1. Du patient.....	37
1.2.2.9.2. De l'orthodontiste.....	37
1.2.3. Les plaques squelettiques.....	37
1.2.3.1. Historique.....	38
1.2.3.2. Description.....	38
1.2.3.2.1. Caractéristiques.....	38
1.2.3.2.2. Avantages et inconvénients.....	40
1.2.3.3. Fabrication.....	41
1.2.3.4. Fiche technique.....	41
1.2.3.4.1. Système Bollard.....	42
1.2.3.4.2. Apport du système Bollard.....	44
1.2.3.5. Protocole d'utilisation.....	44
1.2.3.5.1. La pose.....	44
1.2.3.5.1.1. Examen clinique et radiologique.....	45
1.2.3.5.1.2. Choix du type de plaques.....	45
1.2.3.5.1.3. Choix des sites de pose.....	45
1.2.3.5.1.4. Protocole opératoire d'insertion.....	46
1.2.3.5.2. La mise en charge.....	50
1.2.3.5.3. La dépose.....	51
1.2.3.6. Complications.....	51
1.2.3.7. Contre-indications.....	52

1.2.3.8. Facteurs de stabilité.....	52
1.2.3.9. Perception.....	52
1.2.3.9.1. Du patient.....	53
1.2.3.9.2. De l'orthodontiste.....	53

Partie II : Revue de littérature des dispositifs d'ancrage

vissé.....	55
2.1. Les principes de la démarche d'EBM.....	55
2.1.1. Définition.....	55
2.1.2. Contrat de soin et responsabilité civile.....	55
2.2. La revue de littérature.....	56
2.2.1. Etudes sur les mini-vis.....	58
2.2.2. Etudes sur les plaques squelettiques.....	71
2.2.3. Etudes comparatives.....	86
2.2.3.1. Méthode orthodontique classique versus ancrages vissés.....	86
2.2.3.2. Mini-vis versus plaque squelettique.....	94
2.3. Discussions.....	102
2.3.1. Synthèse sur les ancrages vissés : mini-vis et mini-plaques.....	102
2.3.2. Synthèse spécifique sur les mini-vis.....	104
2.3.3. Synthèse spécifique sur les mini-plaques.....	104
2.3.4. Synthèse sur les études comparatives mini-vis/mini-plaques.....	106
Conclusion.....	108
Annexes.....	110
Références	
Bibliographique.....	111

INTRODUCTION

La biomécanique orthodontique est régie par la 3^{ème} lois de Newton, définie par le principe de la réciprocité des forces, « A chaque action, une réaction d'intensité égale et de sens opposé se produit ». Cette réaction qui s'applique sur la structure d'appui pour déplacer les dents, peut entraîner des effets secondaires non désirés. L'orthodontiste recherche le plus souvent la fixité des dents supports, à partir duquel il pourra délivrer des forces motrices : la notion d'ancrage est ainsi une donnée indispensable en orthodontie. Aussi depuis quelques années, l'apparition des ancrages osseux a fait considérablement évoluer les concepts de traitement en faisant émerger un nouveau type de mécanique orthodontique. Spécifiquement conçus pour l'orthodontie, ils permettent d'améliorer l'efficacité de l'ancrage et d'offrir de nouvelles possibilités thérapeutiques tout en diminuant la participation du patient à la réussite du traitement. Ils constituent d'autre part une alternative intéressante aux ancrages conventionnels comme les élastiques inter-maxillaires et les appareillages extra-oraux, qui sont peu confortables et dont le port est peu observé par le patient en 2013. Il existe deux types d'ancrage vissé en orthodontie constitué par : les mini-vis et les plaques squelettiques.

Le but de ce travail est de faire le point sur l'actualité des ancrages vissés en révisant la littérature scientifique disponible.

Dans la première partie, après avoir défini le concept d'ancrage orthodontique, les mini-vis puis les plaques squelettiques sont présentées.

La seconde partie est une revue ordonnée de la littérature concernant ces deux types d'ancrage osseux, d'abord étudié individuellement puis comparativement aux ancrages traditionnels et entre eux. Enfin, une synthèse met en avant l'intérêt bénéfique et réel à utiliser ces ancrages osseux « absolus », tels qu'ils ont été défini par leur plus grand promoteur HEE MOON KYUNG. L'usage de ses ancrages vissés s'est largement répandu sous l'impulsion de cliniciens avisés qui par la présentation des nombreux résultats de traitement ont démontré l'efficacité incontestable de ce nouvel arsenal orthodontique. Cependant il existe peu d'essais thérapeutiques à haut niveau de preuve permettant de confirmer le bien fondé de ce que certains n'hésitent pas à appeler « une révolution orthodontique » (1).

PARTIE I : ELEMENTS DE BASE SUR L'ANCRAGE ET LES SYSTEMES D'ANCRAGE SQUELETTIQUE TEMPORAIRE.

1.1. L'ANCRAGE ORTHODONTIQUE

1.1.1. DEFINITION ET HISTORIQUE

Selon le Larousse, l'ancrage est un terme de marine du xv^e siècle qui évolue au xix^e siècle pour devenir plus général et définir le principe « d'attacher à un point fixe ». L'ancrage joue un rôle primordial en orthodontie. Il se définit comme l'élément résistant aux mouvements dentaires indésirables sur lequel s'appuie la force motrice nécessaire aux déplacements dentaires souhaités.

La fixité d'une dent ou d'un groupe de dent ne peut être retenue de façon absolue. En effet, il n'existe aucun point fixe dans la cavité buccale, et toute dent se déplace de façon physiologique. Quelle que soit la méthode orthodontique utilisée, la biomécanique orthodontique est régie par la réciprocité des forces définie par la 3^e loi de Newton (principe d'action- réaction) (2). Si le mouvement dentaire obtenu est indésirable, il faudra le supprimer ou au moins le contrôler avec des systèmes de renfort d'ancrage. Dans les traitements orthodontiques conventionnels, les déplacements intra-arcades sollicitent l'ancrage dento-alvéolaire et des systèmes de renforts d'ancrage tel que des élastiques intra-oraux et des forces extra-oraux. Ces systèmes de renfort d'ancrage sont certes efficaces mais nécessitent la coopération du patient (2). Cela constitue une perte de contrôle de l'ancrage par le praticien. Ainsi, l'orthodontiste est en permanence

confronté à la notion de perte d'ancrage. Seul un système d'ancrage efficace peut s'opposer à ces mouvements indésirables résultant de la perte d'ancrage. (3,4)

Différentes écoles orthodontiques ont donc cherché des moyens pour améliorer la gestion de l'ancrage. L'ancrage absolu peut être obtenu en disposant d'un point fixe qui ne peut être l'organe dentaire. Reste à notre disposition l'os environnant et, plus précisément, la capacité de l'os cortical à résister à l'action d'une force. Un système quelconque fixé dans l'os cortical va soit servir à stabiliser la zone nécessitant un ancrage absolu, soit servir de support aux auxiliaires permettant les déplacements dentaires. La résistance aux forces sera directement dépendante des qualités intrinsèques de la corticale osseuse. L'implant orthodontique est ainsi conceptualisé. (5, 6)

Dans certains cas, le contrôle de l'ancrage peut devenir une véritable préoccupation difficile à gérer et peut hypothéquer le succès du traitement. Plus particulièrement chez les adultes, car l'ancrage naturel est souvent restreint : le nombre de dents présentes est diminué, les crêtes alvéolaires sont plus ou moins résorbées et la maladie parodontale, présente chez les 2/3 des patients adultes, entraîne des mobilités plus ou moins importantes.

Ces modifications physiopathologiques vont avoir des répercussions importantes sur l'ancrage ainsi que l'élaboration des systèmes de forces. Les précautions que l'on doit prendre chez l'adulte doivent être renforcées, surtout dans le cas d'un parodonte atteint.

1.1.2. ANCRAGE PASSIF ET ANCRAGE ACTIF

1.1.2.1. Ancrage passif

C'est l'ancrage naturel par opposition avec l'ancrage actif qui lui est mécanique. Il est donc constitué par la dent elle-même. Chaque dent a sa valeur propre d'ancrage plus ou

moins élevée selon sa surface radiculaire (longueur, volume, et nombre de ses racines), la position de son centre de résistance, le tissu osseux et l'environnement musculaire adjacent.

On peut donc distinguer trois types d'ancrages passifs :

- L'ancrage dentaire
- L'ancrage musculaire
- L'ancrage cortical

1.1.2.1.1. Ancre dentaire

C'est la résistance naturelle qu'offre la dent du fait de son attache ligamentaire dans son os alvéolaire et qui dépend de la surface radiculaire exposée. JARABAK propose d'attribuer des valeurs guides pour chaque dent (7). L'importance du coefficient est en rapport avec la qualité de l'ancrage de la dent considérée. Pour une même force, plus la surface radiculaire est importante, moins la pression est élevée et plus la valeur d'ancrage de la dent à considérer est importante. Les valeurs d'ancrage ont été réactualisé par deux articles d'une équipe toulousaine (8,9) en utilisant une analyse tridimensionnelle établit sur un échantillon de 80 cas et de 120 cas.

1.1.2.1.2. Ancre musculaire

Il s'agit de l'ensemble des limites que l'enveloppe fonctionnelle impose aux déplacements des dents en fonction de ses caractères propres, de sa tonicité, et des comportements habituels. Les arcades sont placées de telle manière qu'il y a un équilibre entre les pressions musculaire internes et externes .C'est le couloir dentaire de CHATEAU (10). Des lèvres minces et tendues s'opposent bien plus aux mouvements de torque linguo-vestibulaire des incisives inférieures que des lèvres atones. C'est un facteur de récidence important à prendre en compte dans les objectifs de traitement (11).

1.1.2.1.3. Ancrage cortical

Il s'agit d'une notion ancienne, originale développée par RICKETTS (12). Selon cet auteur : « les dents se déplacent plus lentement à travers l'os cortical ». Ce principe est appliqué pour renforcer l'ancrage molaire, en particulier au niveau de l'arcade mandibulaire. RICKETTS (13) a en effet montré que la région de la ligne oblique externe était une zone idéale pour ancrer les molaires inférieures. Voilà pourquoi cet auteur conseille de placer les racines de ces dents dans cette zone de résistance.

1.1.2.2. Ancrage actif.

Cet ancrage, mécanique, utilise un appareillage orthodontique spécifique. Il vient renforcer l'ancrage naturel et ainsi empêcher le déplacement des dents d'appuis.

L'orthodontiste dispose de trois types d'ancrages actifs :

- L'ancrage intra-oral dentaire : ce sont uniquement des dents qui servent d'ancrage.
- L'ancrage extra-oral : appareils utilisant des appuis péri-crâniens.
- L'ancrage intra-oral non dentaire : implants, mini-vis

1.1.3. LE TRINOME DE DE NEVREZE

Il correspond à l'ancrage différentiel. Il est commun de dire que lorsqu'un corps se déplace les forces motrices l'emportent sur les forces de résistances. DE NEVREZE a déterminé un trinôme applicable en orthodontie.

Les différents paramètres de ce trinôme sont :

- La résistance mobile (RM) : il s'agit de la structure à déplacer. Cela peut être une dent, un groupe de dent ou une arcade.
- La force motrice (FM) : il s'agit du système de forces appliqué sur la ou les dents à déplacer.
- La résistance stable (RS) : elle correspond à l'ancrage. C'est la structure qui servira d'appui pour réaliser le déplacement dentaire. Comme pour la résistance mobile, RS peut être constituée d'une dent, d'un groupe de dent, ou d'une arcade dentaire. Mais cela peut également être une structure extra-orale ou tout autre dispositif orthodontique spécifique.

En fonction des dents à déplacer et des dents sur lesquelles il sera pris appui, on déterminera leur appartenance à la résistance mobile ou stable. Puis chaque dent ayant une valeur d'ancrage, on pourra décrire trois types de situation :

Situation 1 : la résistance mobile est égale à la résistance stable $RS=RM$

- Si $FM < RS + RM$: pas de déplacement
- Si $FM > RS + RM$: déplacement égal et symétrique des deux structures.

Situation 2 : la résistance stable est supérieur à la résistance mobile $RS > RM$

- Si $FM > RS > RM$: déplacement des deux structures mais de façon inégale. Il y a alors un mouvement parasite de l'ancrage.
- Si $FM < RS > RM$: déplacement orthodontique recherché qui se produit sans mouvement parasite.

Situation 3 : La résistance stable est inférieure à la résistance mobile $RS < RM$

- Si $FM < RS < RM$: pas de déplacement
- Si $FM > RS < RM$: déplacement de la structure d'ancrage uniquement. Il y a perte d'ancrage.

1.1.4. LES MOYENS D'ANCRAGE ORTHODONTIQUE (14)

Ces derniers sont nombreux, on peut les décomposer en trois types différents :

1. L'ancrage intra-oral dentaire
2. L'ancrage extra-oral
3. L'ancrage intra-oral non dentaire

1.1.4.1. Ancrage intra-oral dentaire

- Les moyens d'ancrage INTRA-ARCADE : on solidarise des dents d'une même arcade, par des fils lourds et passifs, comme par exemple des appareils bi-bagues (les arcs linguaux, des arcs transpalatins ou le lip bumper) ou par un bridge provisoire, des ligatures métalliques en huit ou dans des cas d'édentement.
- Les moyens d'ancrage INTER-ARCADE : on sollicite les deux arcades. On peut utiliser des tractions intermaxillaires (TIM) (élastiques qui relient l'arcade supérieure et l'arcade inférieure et utiles pour corriger des classes II ou III) ou des dispositifs fixes de correction intermaxillaire type forsus ou enfin des appareils amovibles.

1.1.4.2. Ancrage extra-oral

Nous pouvons mettre en place des systèmes de forces extra- orales. Ce moyen nécessite une totale coopération de la part du patient et génère des contraintes difficilement acceptables sur le plan social et sur le plan personnel, notamment pour les adultes. L'appui est ici osseux, péri-crânien. Les différentes surfaces d'appui osseuses offrent une

excellente résistance stable permettant un meilleur contrôle de l'ancrage. Ces forces agissent essentiellement dans le plan sagittal. Selon le sens de la force, on distingue :

- Les F.E.O antéro-postérieures
- Les F.E.O postéro-antérieures : cas du masque de DELAIRE par exemple, qui prend appui sur le front et le menton. Il sert d'ancrage à une force de traction dirigée vers le maxillaire, et est utile pour traiter les rapports de classe III. Il limite la prognathie mandibulaire en freinant la croissance et corrige la rétrognathie maxillaire.

1.1.4.3. Ancrage intra-oral non dentaire

- Implants conventionnels ostéo-intégrés

Un implant dentaire conventionnel est une racine artificielle en titane que l'on fixe dans l'os de la mâchoire pour remplacer une dent manquante et qui est destiné à accueillir une prothèse dentaire.

Initialement, WILLEMS et al (15) en 1999 ont incorporé les premiers implants prothétiques aux traitements orthodontiques afin de renforcer l'ancrage. Les implants endo-osseux étaient localisés dans les secteurs édentés (15), les régions palatines (16,17) et les régions rétro-molaires(18). Ils servent dans un premier temps de moyen d'ancrage orthodontique, puis, retrouvent leur finalité quand débute la phase prothétique.

Les implants conventionnels représentent une efficacité sans faille en matière d'ancrage et ne nécessitent pas la collaboration du patient une fois posés. Malheureusement même si leur taux d'échec est très faible, ces implants conventionnels présentent de nombreux inconvénients dans la pratique orthodontique (19). La procédure chirurgicale est invasive, ils ne permettent pas une pose aisée. Leur mise en place est parfois difficile, et dépendante des conditions anatomiques : absence d'au moins une dent ménageant un espace et un volume osseux suffisant. Leur coût, la place nécessaire, la période d'attente pour l'ostéo-intégration sont autant de facteurs limitant pour l'orthodontiste.

- Ancrage intra osseux par mini-vis et plaques squelettiques.

Les systèmes d'ancrages intra buccaux et intra osseux sont fixés à l'os, sans solliciter les dents. En ce sens, les mini-vis sont un moyen d'ancrage « absolu ». Les mini-vis et les mini-plaques squelettiques, d'élaboration récente, semblent remplir enfin le cahier des charges requis par les orthodontistes et les chirurgiens. Elles présentent l'avantage de ne nécessiter aucune coopération du patient et de raccourcir le temps de traitement. Leur mise en œuvre est facile et ouvre de nombreuses possibilités thérapeutiques. (44)

1.2. LES SYSTEMES D'ANCRAGES SQUELETTIQUES TEMPORAIRES

1.2.1. GENERALITES

1.2.1.1. Définition

Ce sont des dispositifs d'ancrages squelettiques transitoires que l'on peut placer à de nombreux sites buccaux proches de l'arcade dentaire. Les ancrages vissés comportent à la fois les mini-vis et les plaques squelettique et sont considérés par Baron (1) comme « un saut technique et conceptuel considérable ».

D'après Buschang et al. (20), « les résultats de l'étude de surveillance montrent que l'utilisation des mini-vis en clinique orthodontique devient la norme plutôt que l'exception ».

1.2.1.2. Avantage de l'utilisation des ancrages vissés

Tout système mécanique est défini par son efficacité. L'efficacité orthodontique peut, schématiquement, être définie par trois critères (21):

- La coopération du patient : moins la coopération sera sollicitée, meilleurs seront les résultats.
- L'efficacité du système mécanique, elle-même définie par : la qualité, la rapidité des mouvements et la fiabilité du système mécanique.
- L'absence ou le contrôle des mouvements parasites éventuels.

Les ancrages squelettiques temporaires orthodontiques peuvent répondre à ces trois critères et permettent d'obtenir une efficacité orthodontique maximale.

Les ancrages vissés présentent de nombreux avantages, notamment vis à vis des implants conventionnels (22) :

Ils sont mieux acceptés par les patients par leur protocole chirurgical moins invasif (avec une intervention chirurgicale sans lambeaux pour les mini-vis) et leur taille réduite. Ils ont peu de limites anatomiques et peuvent être utilisés même chez les enfants, ou en période de croissance (22). Lors de la mise en charge (immédiate puis progressive) où les forces orthodontiques sont faibles et continues, les ancrages vissés restent stables et ne risquent pas d'endommager les structures adjacentes. Ils permettent une connexion facile aux dispositifs orthodontiques avec un inconfort minimal pour les patients. Ils facilitent certaines situations orthodontiques voir même résolvent des situations orthodontiques difficiles avec des thérapeutiques orthodontiques classiques. La durée de traitement peut ainsi être réduite.

Le succès de ces ancrages osseux est dépendant des mesures prises pour respecter la biologie osseuse lors de leur mise en œuvre chirurgicale et orthodontique. Un certain nombre de critères biologiques, chirurgicaux et mécaniques devront être respectés.

1.2.1.3. Réaction tissulaire autour des ancrages vissés

Ces ancrages vissés ont fait l'objet d'une étude par De Clerck et al en 2007 (23). Elle avait pour but de caractériser les réactions tissulaires morphologiques et fonctionnelles autour des ancrages vissés. A l'issue de cette étude il a été montré que :

- Les ancrages vissés en titane offrent un ancrage fonctionnel et structurel direct en accord avec les définitions de Branemark. (24)
- L'index d'ostéo-intégration (% de contact entre l'os et l'implant) varie selon : le temps laissé entre la pose et la mise en charge, les forces de mise en charge appliquées, la technique chirurgicale et la localisation des ancrages vissés. Cet index d'ostéo-intégration est significativement plus élevé à la mandibule qu'au maxillaire selon Deguchi et al. (25). La stabilité clinique nécessaire pour des ancrages orthodontiques peut être obtenue avec un niveau d'ostéo-intégration de 5 %. Il n'y a pas de perte d'os marginal sous l'effet des forces orthodontiques. Tant que l'ostéo-intégration reste inférieur à 25 %, les vis restent facilement déposables.
- La stabilité implantaire n'est pas affectée par la longueur de la vis mais plutôt par son diamètre (26) (27). La diminution du diamètre implantaire augmente le nombre de sites potentiels d'insertion mais aussi facilite la dépose chirurgicale. Cependant il ne faut pas trop diminuer le diamètre sinon le risque de fracture de la vis augmente.

1.2.2. LES MINI-VIS

1.2.2.1. Historique

Auparavant, l'utilisation des ancrages implantaires était sporadique étant donné le protocole onéreux et fastidieux nécessaire à leur mise en place. CREEKMORE est le premier à utiliser les mini-vis au niveau du secteur antérieur (28), ROBERTS (18) utilisait les implants rétromolaires, WEHRBEIN (29) les implants palatins. L'avènement des mini-vis en 1997 est venu compléter le panel des moyens d'ancrages orthodontiques, grâce à la simplicité de sa mise en œuvre, avec KANOMI (30), COSTA en 1998 (31) puis PARK en 1999 (32). C'est en 2002 que KYUNG (33, 34, 35, 36, 37) et MELSEN (38, 39, 40, 41) ont généralisé l'usage des mini-vis et ouvert au monde l'accès à de nouvelles thérapeutiques.

1.2.2.2. Description

1.2.2.2.1. Caractéristiques et avantages

Malgré la grande variété des mini-vis disponibles sur le marché, toutes présentent des caractéristiques communes : elles possèdent une tête (permet de relier la dent à l'ancrage), un col trans-gingival et un corps intra-osseux.

Les mini-vis présentent de nombreux avantages, qui sont liés à la fois aux propriétés du mini-implant et à leur protocole chirurgical.

1.2.2.2.1.1. Lié aux propriétés des mini-implants

Les dimensions sont réduites : ils ont une petite taille, de diamètre (environ 1,4 mm) et de longueur variable (de 5 mm à 12 mm). Ainsi, ils ouvrent un large éventail de localisations potentielles d'implantation comme les zones inter-radicaire ou édenté. Avec leur tête d'émergence arrondie d'une taille de 1 ou 2 mm, ils gênent peu le patient et sont faciles à nettoyer. De nombreux systèmes de forces orthodontiques peuvent leur être connectés et on a une utilisation optimale des forces sans prendre en compte la situation et le nombre des autres dents. Une application est possible à tous les stades de

développement, même en interception. La durée du traitement est plus courte, sans nécessité de préparation d'ancrage dentaire. Le dispositif d'ancrage est indépendant de la coopération du patient et améliore leur confort pendant le traitement (il n'y a plus de FEO ou de barre palatine par exemple).

1.2.2.2.1.2. Lié au protocole chirurgical

La mise en place est simple et sous anesthésie locale. La plupart du temps il n'est pas nécessaire de réaliser un lambeau et les suites opératoires sont minimales, voire inexistantes, aussi bien à la pose qu'à la dépose. La mise en charge est le plus souvent immédiate, ce qui réduit le temps de traitement. La dépose est, elle aussi, facilitée du fait de l'ostéo-intégration partielle du mini implant.

1.2.2.2.2. Cahier des charges des mini-vis (42)

Le but des mini-vis est de fournir un appui au déplacement dentaire lorsque l'ancrage conventionnel n'est pas toujours suffisant, principalement chez les adultes.

La conception de la mini-vis doit répondre à des critères :

1.2.2.2.2.1. Mécaniques

- Obtention d'une stabilité suffisante pour assurer l'ancrage. L'ancrage est cortical dans tous les cas ; la partie insérée dans l'os spongieux ne permettant qu'une stabilisation de la mini-vis.
- La mini-vis ne doit subir aucune déformation ou fracture lors du vissage. Ensuite, elle doit avoir une bonne tenue mécanique pour éviter les fractures en fatigue. Lors de la dépose, la contrainte maximale se situe au niveau du col, cette partie doit donc être la plus résistante de la mini-vis. (41)
- Le choix du type de la mini-vis (diamètre, longueur, connecteur externe) se fait en fonction des critères anatomiques du site implantaire ; ce dernier étant déterminé par la mécanique orthodontique.
- La plupart des mini-vis sont aujourd'hui autotaraudantes et autoforantes (autoamorçantes). La pointe de la vis possède un angle d'attaque qui permet de forer la

corticale afin d'amorcer le vissage. Cette particularité permet d'éviter la réalisation d'un avant-trou.

- La mini-vis doit bloquer les forces et couples de réaction lors de la mise en place du dispositif élastique de traction. Les forces appliquées ne doivent pas excéder 150 g, ceci lorsque la ligne d'action de la force est perpendiculaire au grand axe de l'implant-vis.

1.2.2.2.2. Physiologiques

- Forme atraumatique pour les tissus mous et évitant l'accumulation de plaque bactérienne

- Le matériau utilisé doit être biocompatible et éviter la corrosion.

- Il n'est pas nécessaire que les mini-vis soient ostéo-intégrées pour être utilisées (38, 39, 42). L'ostéo-intégration est un phénomène cicatriciel biologique par remaniement osseux, qui a lieu inexorablement mais qui est long à se mettre en place (2 à 6 mois). L'utilisation des mini-vis est trop ponctuelle pour que ce phénomène soit observé. Néanmoins plus la vis reste longtemps dans l'os, plus l'ostéo-intégration augmente selon Melsen (38).

1.2.2.2.3. Pratiques

- Protocole de mise en place chirurgicale simple, accessibilité de la connexion avec le système de traction. Les vis sont mises en place selon une procédure chirurgicale stérile sous anesthésie locale.

- La mise en place des mini-vis est temporaire ; celles-ci seront retirées après utilisation dont la durée est en moyenne de 3 à 8 mois.

- La dépose de la vis après son utilisation est facilitée par un faible taux d'ostéo-intégration.

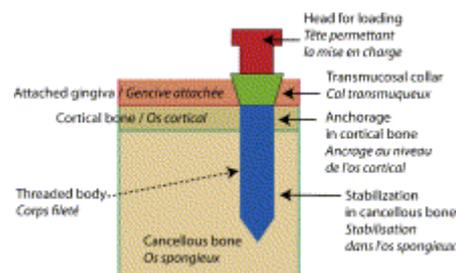


fig 1 : Principe de l'ancrage par minivis. (42)

1.2.2.3. Aspect biologique

1.2.2.3.1. Biocompatibilité

Au niveau biologique, la mini-vis doit être ostéo-coalescente, hémocompatible, anallergique et non toxique.

Le matériau répondant le mieux à ces impératifs est le titane commercialement pur de grade 1 ou de grade 2, ainsi la plupart des mini-vis actuellement sur le marché sont en alliage de titane. La couche de passivation, constituée de dioxyde de titane, qui se forme immédiatement lorsque l'implant est au contact de l'air libre, est à l'origine de la biocompatibilité et des propriétés d'ostéo-intégration du titane. Le Ti6Al4V est l'alliage le plus répandu pour la fabrication des mini-vis, c'est un alliage de 90 % de titane, de 6 % d'aluminium, de 4 % de vanadium et d'une très faible fraction d'oxygène. L'aluminium augmente les propriétés mécaniques, diminue la densité; le vanadium améliore la résistance à la corrosion. (44) Elles peuvent être aussi en acier chirurgical, mais ce sont les alliages en titane qui présentent une biocompatibilité supérieure à celle de l'acier.

1.2.2.3.2. Bio-intégration

Contrairement aux implants utilisés dans le cadre d'une thérapeutique prothétique, la mini-vis est utilisée de manière temporaire. L'ostéo-intégration n'est pas recherchée et peut être minimisée par l'utilisation de surfaces lisses réduisant les forces nécessaires à la dépose des mini-vis.

De plus, de nombreux auteurs comme LIOU et al (45), COSTA et al (40), MELSEN (39) et OHMAE(43) affirment qu'il est inutile d'attendre la période d'ostéo-intégration pour la mise en charge des mini-vis car leur stabilité primaire suffit à supporter les forces orthodontiques. La mise en charge immédiate conduit à la formation d'un tissu fibreux interposé entre l'os et l'implant comme l'ont montré MAJZOUB et al (46). Ce dernier est responsable d'un léger déplacement en direction des forces orthodontiques à la manière

d'une dent qui se déplace avec son ligament. Ce processus aboutit à la bio-intégration de la mini-vis dans le tissu osseux. Certains auteurs parlent donc de fibro-intégration dans le cas des mini-vis. (47)

1.2.2.4. Aspect biomécanique

1.2.2.4.1. Composition et matériaux

Au niveau mécanique, la mini-vis doit avoir un module d'élasticité et une résistance mécanique à la fatigue qui lui permet de supporter l'intensité des forces orthodontiques et cela durant toute la durée du traitement.

Actuellement, deux concepts sont proposés : l'un dont les mini-vis sont en titane et l'autre dont les mini-vis sont en acier chirurgical (38).

Les mini-vis en titane présentent une plus grande élasticité, moins dense, et ont une plus haute résistance à la fatigue lorsqu'elles sont soumises à un nombre élevé de cycles que les mini-vis en acier chirurgical. Le principal inconvénient de l'utilisation est de présenter un risque de fracture lors de la dépose. L'acier chirurgical présente lui une capacité de déformation avant la rupture plus importante, ce qui en fait un matériau plus malléable. La résistance mécanique est augmentée par rapport au titane, on peut donc appliquer des forces de traction supérieures avant d'arriver au pliage de la mini-vis. L'acier a la plus grande résistance à la fatigue oligocyclique (nombre de cycles limité). Le principal inconvénient de l'acier chirurgical réside dans la complexité à l'usinage qui augmente le temps de fabrication, et par conséquent, son coût.

1.2.2.4.2. Intérêts biomécaniques (44)

Du point de vue biomécanique, l'utilisation de mini-vis offre deux avantages majeurs :

- Un système de forces plus efficace

Lorsque le moyen d'ancrage est dentaire, les forces interviennent au niveau de la partie coronaire des dents, c'est-à-dire à distance du centre de résistance. Pour effectuer une translation, l'orthodontiste introduit des informations au niveau de l'arc pour compenser les mouvements parasites de version. Dans le cas des mini-vis, le vecteur de forces peut selon le lieu d'implantation se rapprocher voire passer par le centre de résistance d'une dent à déplacer. Cela simplifie le système biomécanique à employer pour réaliser les objectifs orthodontiques.

- Un ancrage absolu

La notion d'ancrage absolu montre que malgré un léger déplacement (inférieur à 1mm) pouvant avoir lieu au cours d'un mouvement orthodontique, les mini-vis constituent un moyen d'ancrage stable lorsque les forces mises en jeu sont de forte intensité. Les forces d'ingression des secteurs postérieurs habituellement prises en charge par un appui péri-crânien (F.E.O) peuvent être supportées par des mini-vis.

Deux principes d'ancrage sont communément admis :

- L'ancrage direct (29) : le système de force induisant le déplacement dentaire est fixé directement sur la tête de l'implant (fig 2). La tête ne présente alors pas de caractéristiques particulières si ce n'est une collerette de rétention.

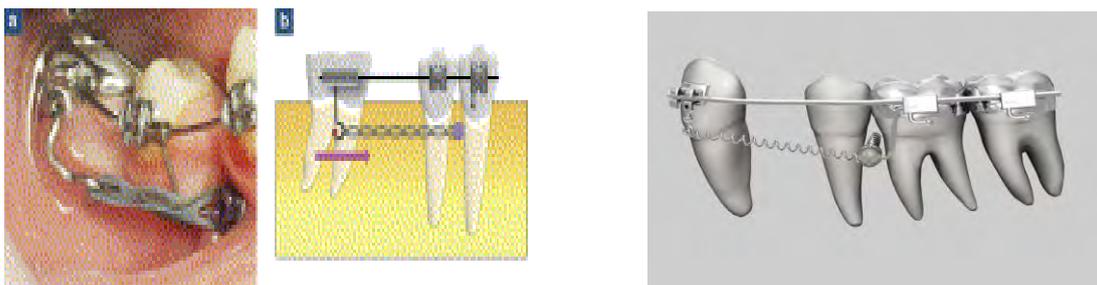


Fig 2 : principe de l'ancrage direct (20)

- L'ancrage indirect (48) : le système de force induisant le déplacement dentaire est classiquement solidaire de l'appareillage orthodontique. Un auxiliaire relie alors l'appareillage (ou la dent à ancrer) à la mini-vis, permettant le contrôle des

mouvements parasites induits par le système de force (fig 3). La solidarisation de l'auxiliaire nécessite une tête particulière en forme d'attache orthodontique (« tête bracket »).

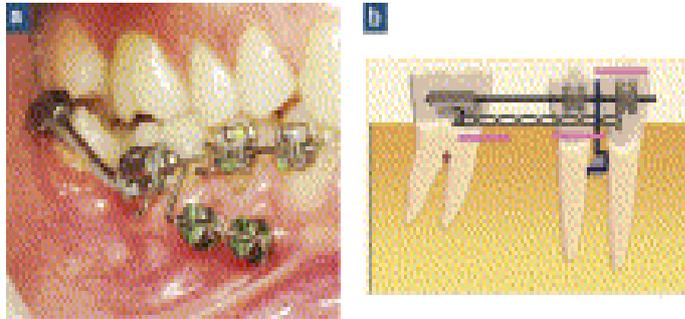


Fig 3 : principe de l'ancrage indirect (20)

1.2.2.5. Protocole d'utilisation

1.2.2.5.1. La pose

Avant toute implantation, le site envisagé doit faire l'objet d'un examen clinique et radiographique adapté afin d'évaluer la qualité et la quantité osseuse (garant d'une bonne stabilité primaire) et de guider le geste en évitant d'éventuelles lésions radiculaires, neurologiques ou sinusiennes.

1.2.2.5.1.1. Entretien avec le patient et examen clinique (49)

L'anamnèse constitue la première étape de l'entretien avec le patient. Elle doit être rigoureuse afin d'identifier d'éventuels facteurs de risques ou une contre-indication d'ordre général. Elle permet également d'évaluer les attentes et les priorités du patient ainsi que son degré de motivation.

L'examen clinique doit évaluer l'hygiène du patient, le degré d'ouverture buccale, les tissus parodontaux et la ligne muco-gingivale est repérée afin de s'assurer que la hauteur

de gencive attachée disponible est suffisante pour permettre l'insertion de la mini-vis. La palpation de différents sites implantaire envisageables est réalisée afin d'apprécier la morphologie et le volume des remparts alvéolaires.

1.2.2.5.1.2. Repérage radiographique du site d'implantation

La radiographie rétro alvéolaire représente le meilleur compromis (coût et taux d'irradiation par rapport au bénéfice escompté) pour aider à la mise en place des mini-vis. En effet malgré la limitation de l'observation à deux dimensions, elle fournit suffisamment de renseignements sur les structures anatomiques présentes sur le site d'implantation. Elle permet notamment de visualiser la morphologie des racines et d'évaluer l'importance des espaces inter-radiculaires. L'usage du scanner ou du Cône Beam 3D se justifie seulement dans les cas où les clichés rétro alvéolaires mettent en évidence une réelle proximité radulaire ou que des structures anatomiques nobles de type sinus ou nerf alvéolaire inférieur seraient proches du site d'insertion. (50)

1.2.2.5.1.3. Utilité d'un guide chirurgical

MELSEN et al (51) positionnent en bouche un guide radiologique. Il sera orienté selon l'axe du mini implant et présentera une boucle pour simuler la tête implantaire envisagée et, après une radiographie rétro alvéolaire, la position est contrôlée et validée. Ce guide peut alors servir de guide chirurgical (fig 4).

Le guide chirurgical est un système ingénieux qui permet au praticien de mieux prendre ses repères lors de la mise en place d'un mini implant. Il permet en effet de mieux visualiser le lieu et parfois l'axe d'implantation et de minimiser les risques de lésions par traumatisme lors de la mise en place des mini-vis.



Fig 4 : Exemple de guide chirurgical (51)

1.2.2.5.1.4. Lieux d'implantation

Beaucoup de sites peuvent être envisagés mais leurs localisations les plus fréquentes sont la symphyse mandibulaire et l'apophyse zygomatique du maxillaire. Le site idéal étant au niveau de la région du tiers apical dans l'espace inter-radiculaire, pour s'assurer de s'éloigner au maximum des apex et d'avoir un os alvéolaire plus épais. (51)

- Il doit garantir une sécurité chirurgicale : le chirurgien doit pouvoir insérer la mini-vis sans risquer de léser un élément anatomique. (53)
- Il doit être accessible : la mini- vis doit pouvoir être insérée et retirée facilement.
- Il ne doit pas induire une gêne chez le patient.
- Il ne doit pas présenter de frein, de bride ou de tissus trop mobile pour ne pas générer une irritation d'origine mécanique ou empêcher une maintenance correcte.
- Il doit présenter une densité osseuse suffisante. Un os trop peu minéralisé ou trop mince peut compromettre la stabilité primaire, et donc ne constituera pas un bon ancrage. (48)
- Idéalement, il doit être constitué de gencive attachée kératinisée. C'est fréquemment le cas au maxillaire, au contraire de la mandibule où de nombreux sites ont peu de gencive attachée. (49)
- Le choix du site d'implantation se fait aussi selon la biomécanique du mouvement dentaire à réaliser et la position initiale et finale des éléments dentaires, le mini-implant ne doit pas être positionné sur le trajet des structures dentaires à déplacer.

1.2.2.5.1.5. Protocole opératoire d'insertion (132, 133, 134)

Le protocole chirurgical de mise en place est rapide et simple, et fait appel comme tout acte chirurgical à tous les préalables d'aseptie.

Repérage du site d'implantation et évaluation de l'épaisseur des tissus mous : la zone du site implantaire sera marquée par une petite perforation avec la pointe d'une sonde. La mesure de l'épaisseur des tissus mous se fait aussi avec une sonde parodontale. Elle conditionne le choix de la longueur du col de la mini-vis.

Anesthésie : elle est indispensable et il s'agit d'une simple anesthésie locale au niveau du site d'implantation. Une faible quantité de solution anesthésique est recommandé

puisque le clinicien ne doit pas chercher à obtenir une anesthésie profonde des dents mais surtout celle des tissus mous.

Incision : la plupart des auteurs préconisent de ne réaliser ni incision de décharge, ni lambeau.

Forage : aujourd'hui on ne prépare plus de « pré-trou » ou de « préforage » car la majorité des mini-vis sont autotaraudante et autoforante. Ainsi on réalise seulement une simple indentation à la surface de l'os cortical à l'aide d'une fraise boule de petit diamètre monté sur contre angle. Ce trou-guide facilite l'insertion de la vis, réduit les microtraumatismes à sa pose et guide le vissage selon l'axe souhaité.

Insertion : elle est trans-gingivale à l'aide d'un tournevis manuel ou d'un contre-angle à vitesse lente, sous irrigation continue, jusqu'à ce que la tête soit au contact de la muqueuse. Dans tous les cas, il est conseillé de visser le dernier tiers manuellement afin de mieux contrôler la stabilité primaire. Le praticien doit s'assurer que toute la partie filetée est enfouie et que la collerette est en position juxta-osseuse. L'insertion peut se faire soit obliquement (selon un angle de 30° à 40° par rapport au grand axe des dents au maxillaire et de 10° à 20° à la mandibule) quand l'espace inter-radicaire est très étroit soit perpendiculairement à la surface osseuse (le plus pratiqué) quand il y a suffisamment d'espace entre les racines.

Contrôle radiographique et de la stabilité primaire : il est conseillé d'effectuer une radiographie de contrôle (rétro alvéolaire ou panoramique dentaire) pour vérifier l'axe d'insertion et le bon positionnement de la vis. La stabilité primaire de l'implant est vérifiée manuellement et il faut tester la mobilité de la vis en traction et en compression à l'aide d'une sonde. Un test de percussion sur la tête de la vis avec le manche d'un miroir doit produire un son sourd et métallique.

Prescription et soins post-opératoire : elle est constituée d'un antalgique de palier 1 à prendre en cas de douleurs et des bains de bouche seront à commencer 24 heures après l'intervention et à poursuivre pendant 10 jours. De plus, un brossage méticuleux de la tête implantaire au moyen d'une brosse à dent souple sera recommandé.

1.2.2.5.2. La mise en charge

Les forces appliquées sur les mini-vis sont contrôlées, unidirectionnelles, continues et relativement faibles (de l'ordre de 20 à 300 g) (54). Ainsi, la mise en charge de la mini-vis peut être immédiate après la pose si une stabilité primaire satisfaisante est obtenue (131). Dans la majorité des cas, une ligature élastomérique représentant une charge de 50 g peut être mise en place dans la semaine suivant la pose afin de stabiliser la mini-vis. Un délai de trois semaines à un mois est alors préconisé par les auteurs avant la véritable mise en charge (300g).

1.2.2.5.3. La dépose

Les vis d'ancrage peuvent être retirées au tournevis ou avec un porte-vis en effectuant un mouvement de rotation dans le sens contraire à celui de son insertion. Une anesthésie locale n'est le plus souvent pas nécessaire dans 90% des cas. Nous n'avons pas rencontré de situation d'ostéo-intégration rendant cette dépose difficile. La cicatrisation osseuse et gingivale après dépose est rapide (6 à 8 jours).

1.2.2.6. Critères de pérennité (55, 129, 63)

Les échecs des mini-vis sont peu nombreux. Aujourd'hui avec la connaissance des facteurs de risque et le respect rigoureux du protocole de mise en place, le taux d'échec moyen dans les études est évalué à 5 %. Ces échecs sont principalement attribués au vissage dans la gencive non kératinisée, dans un os alvéolaire de mauvaise qualité, à des forces orthodontiques excessives, ou encore dans un contexte inflammatoire.

La pérennité de la mini-vis dépend de plusieurs facteurs de maintenance, avec l'aide de SUNG et al (33) on a rassemblé en trois groupes les facteurs d'échecs et de succès :

1.2.2.6.1. Facteurs de l'hôte

Il s'agit de la sélection optimale du site : par une densité et épaisseur de la corticale osseuse suffisante (56,33) et une mise en place dans la gencive attachée. L'absence d'inflammation ou d'infection du site et l'herméticité des tissus mous autour du col de la mini-vis doivent être observée. Le patient doit maintenir une hygiène orale correcte.

1.2.2.6.2. Facteurs iatrogéniques ou de l'opérateur : assurer une bonne manipulation et suivre un protocole standardisé

Il faut éviter les traumatismes chirurgicaux minimes par vibration, échauffement de l'os (57) (une irrigation importante est indispensable) et pression due au vissage (58) qui engendrent des micro-fractures du tissu osseux et nécrosent les cellules osseuses péri implantaire. L'effraction d'une structure anatomique (nerf, artère, sinus) ou l'insertion dans le ligament ou dans une racine dentaire est à proscrire. Une importante proximité entre une mini-vis et une racine augmente le risque d'échec (59). La fracture du mini implant ou une stabilité mécanique initiale insuffisante peut aussi survenir.

1.2.2.6.3. Facteurs implantaires

Il prend en compte le choix du matériel mini-implantaire (type de surface et morphologie) et la répartition de la charge orthodontique (131) : une surcharge peut provoquer une mobilité de l'implant-vis et une résorption osseuse. Les forces exercées doivent être continues et relativement faibles. Les forces appliquées sur les mini-vis ne doivent pas excéder 400 g afin d'éviter les risques de surcharge. Il est également recommandé que la direction de traction soit latérale, c'est-à-dire perpendiculaire au grand axe de la mini-vis.

1.2.2.7. Complications

Les complications per et post-opératoires sont discrètes et limitées si l'indication et le protocole sont respectés.

1.2.2.7.1. Complications per-opératoires (60,130)

Il peut s'agir d'une mobilité et désinsertion de la mini-vis, d'une fracture, d'une infection, d'une lésion radiculaire, de l'effraction du sinus, d'une lésion nerveuse et d'une lésion vasculaire.

1.2.2.7.2. Complications post-opératoires

Il peut se produire une mobilité en cours de traitement, une migration (46, 61), un rejet de la mini-vis, une fracture, un recouvrement par les tissus mous et des lésions des tissus environnants (lésions ulcéreuses et douloureuses par frottement de la mini-vis sur les lèvres ou la face interne des joues) (27,62).

1.2.2.8. Contre-indications (63, 64, 65, 66)

1.2.2.8.1. Contre-indications générales

- Cardiopathies à haut risque, risque d'endocardite
- Syndrome osseux, notamment par l'utilisation de médicament susceptible d'entraver la cicatrisation des plaies gingivales et osseuses tel que les biphosphonates, les immunomodulateurs, les anti-épileptiques. (66)
- Diabète non équilibré
- Hémopathie
- Déficits immunitaires congénitaux ou acquis

1.2.2.8.2. Contre-indications locales

- Risque d'ostéoradionécrose
- Qualité et quantité osseuses insuffisantes
- Parodontite non stabilisée. Largeur d'os inter-radicaire insuffisante.
- Pathologie des muqueuses buccale : lichen plan, kératose (67)

1.2.2.9. Perception

1.2.2.9.1. Du patient

Wiechmann et al (68), a réalisé une étude sur 50 patients : elles ne gênent que peu de gêne chez le patient, 80 % des patients trouvent la pose comparable au changement d'un arc orthodontique, d'une obturation tel qu'un amalgame. De façon générale, les patients ont donc estimé que l'impact de la chirurgie était très faible. D'après l'étude de Berens et al (69), les patients ont aussi très bien toléré l'insertion chirurgicale des mini-vis. Enfin, les mini-vis sont un dispositif moins onéreux que les plaques squelettiques ou les implants et présentent donc un bon rapport coût bénéfice-risque.

1.2.2.9.2. De l'orthodontiste

Les mini-vis s'inscrivent dans le cadre de l'ancrage absolu, avec une simplicité d'utilisation qui ne les rend que plus flexibles. Ces mini-vis sont en effet très faciles à poser et à déposer et donc très pratique pour le praticien. (69)

1.2.3. LES PLAQUES SQUELETTIQUES.

1.2.3.1. Historique

JENNER et al (70) en 1985 ont été les premiers à rapporter l'usage d'une plaque d'ostéosynthèse servant d'ancrage orthodontique. Plus récemment, les mini-plaques ont servi au maxillaire par SHERWOOD (71) ou à la mandibule par SUGAWARA (72) pour corriger des béances squelettiques chez des patients adultes qui auraient nécessité une chirurgie orthognathique. Leur usage s'est étendu par la suite grâce à SHERWOOD à l'intrusion (73) ou grâce à SUGAWARA à la distalisation molaire (74). De nombreuses publications démontrent l'avenir prometteur de ces dispositifs.

1.2.3.2. Description

1.2.3.2.1. Caractéristiques

Ce sont des appareils d'ostéosynthèse modifiés, les mini-plaques en titane étant temporairement fixées par des vis mono corticales. Ce système a été décrit dans l'étude de Sugawara et al (75).

Les mini-plaques sont composées de trois parties (fig 5 et 6) :

- Un corps sous périosté en forme de « T », de « Y », de « I » ou de « L ».
- Un bras trans-muqueux de 3 longueurs différentes.
- Une tête intra-orale positionnée en dehors de la denture pour ne pas interférer avec les mouvements dentaires. Elle est constituée de 3 crochets continus pour l'attachement des systèmes de traction orthodontique et possède 2 variantes selon la direction des crochets.

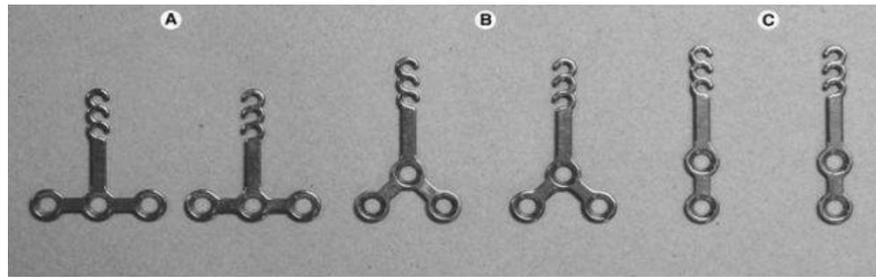


Fig 5 : SAS, plaques d'ancrage en titane ; A : plaque en « T », B : plaque en « Y », C : plaque en « I » (76)

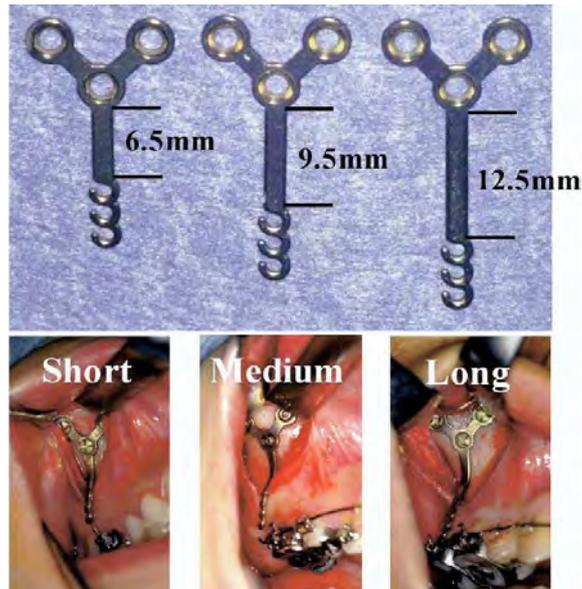


Fig 6 : Pose de 3 plaques en « Y » au maxillaire présentant 3 bras trans-muqueux de longueur différentes (21)

Ces plaques en titane en L, I, T ou Y fixées à l'os par autotaraudage avec des vis monocorticales de 1,2 à 2 mm de diamètre et 4 à 6 mm de long ont été décrites par De Clerck, *et al.* (77) et Chung, *et al.* (78) en 2002.

Le design de la plaque n'aurait pas d'importance sur la stabilité, comme le révèle l'étude de Veziroglu, *et al.* en 2008 (79), bien que Sugawara (80) estime que les plaques en L s'utilisent plus pour l'ingression et la distalisation des molaires mandibulaires alors que les plaques en Y sont mieux adaptées à l'arcade maxillaire.

Pour DeClerck (81), il n'ya pas de véritable ostéo-intégration similaire à un implant classique mais plutôt une apposition osseuse liée à une stimulation de l'ostéogénèse périostée. La rétention initiale des vis est principalement une très importante rétention mécanique liée à la différence de diamètre entre le pas externe des vis et celui du trou pilote réalisé pour les y placer.

1.2.3.2.2. Avantages et inconvénients

- Avantages

- Le principal avantage des mini-plaques est l'obtention du mouvement tridimensionnel désiré des molaires (intrusion, extrusion, distalisation, protraction, vestibulo ou linguo version) à distance des racines dentaires. Elles permettent ainsi de traiter des béances sévères par intrusion molaire ou encore des encombrements importants, des protrusions supérieures et des inversés d'articulé antérieure par distalisation molaire sans avoir à recourir à des extractions.

- Une distalisation en masse est possible et permet de réduire la durée du traitement. Elles constituent un complément voire une alternative à la chirurgie orthognatique pour les cas de malocclusion squelettique. Les mini-plaques sont particulièrement utiles dans la correction de béances sévères et de malocclusions de classe III prononcées.

- D'après DEFFRENNES (82), les plaques d'ancrages ont pour intérêt de déplacer des dents avec un point d'appui osseux soit directement soit indirectement en bloquant une dent par cet ancrage osseux. De plus, en raison de l'ancrage squelettique, il y a aucune réaction des forces sur les dents d'ancrage et donc pas de mouvement indésirable. Les ancrages osseux sont placés à distance de la région dento-alvéolaires et ne dérangent pas le mouvement des dents voisines.

- Ces appareils exigent moins de coopération nécessaire de la part du patient : les ancrages osseux remplacent les appareils auxiliaires, tels que les FEO, les élastiques inter-maxillaires, le Nance-appareil, le Trans palatine Arch et l'arc lingual.

- Simplicité de manipulation pour l'orthodontiste : avec une vis de blocage d'ancrage qui peut être facilement activée et désactivée en fonction des besoins d'ancrage qui peuvent changer pendant tout le traitement.

- Pas besoin d'attendre l'ostéo-intégration. La charge immédiate est possible (83).

- Utilisation de ces dispositifs aussi bien à la mandibule qu'au maxillaire sans le risque d'altérer une structure anatomique à risque : la fixation du système d'ancrage se fait à distance des racines et les vis sont très courtes, n'excédant pas l'épaisseur de la corticale. En effet les analyses osseuses dans le périmètre de l'implant ont montré que les forces se

concentraient dans son périmètre immédiat, et principalement dans l'os cortical. (75)(77)
Ces analyses justifient l'idée que la longueur des vis dans l'os trabéculaire n'a pas d'importance, et donc les mini-plaques offrent l'avantage d'un lieu d'insertion choisi indépendant du potentiel osseux.

- Inconvénients

- La pose des plaques nécessite une intervention chirurgicale avec décollement sous périoste sous anesthésie locale
- Les suites opératoires peuvent être marquées par un œdème parfois important
- La dépose nécessite une anesthésie et un lambeau
- Les intolérances muqueuses
- Le coût de la plaque et de l'intervention
- Les risques d'infections.

1.2.3.3. Fabrication

Les ancrages osseux sont faits de titane pur. Les trois parties sont fabriquées à partir d'une seule pièce de titane sans procédures de courbure. Il n'y a pas de traitement par la chaleur ce qui diminue significativement le risque de fracture (84).

1.2.3.4. Fiche technique

Il existe plusieurs types de plaque d'ancrage dont le système Bollard qui est le plus sophistiqué.

1.2.3.4.1. Le système Bollard

L'implant Bollard en est à sa quatrième génération, c'est celle que nous présentons ici (fig 7). L'ancrage osseux de Bollard est composé de trois parties (84,85) :

- Une mini-plaque en titane de 0,7 d'épaisseur ,percée de 2 ou 3 trous de 1,4 mm de diamètre qui recevront les mini-vis de 5 ou 7 mm de longueur et 2,3 de diamètre. (M)
- Une barre de connexion ronde de 1,5 mm de diamètre, traverse les tissus mous. (N)
- Une unité de fixation cylindrique avec une vis de verrouillage, permet l'insertion d'arcs auxiliaires reliant l'ancrage squelettique à l'appareillage orthodontique. (F)

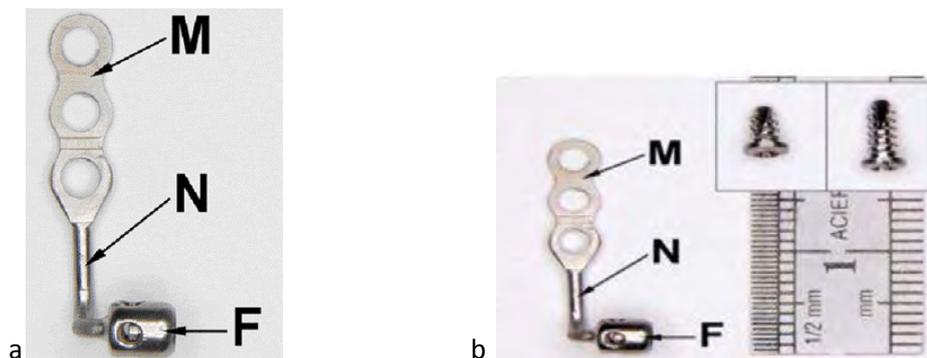


Fig 7 : a : composition de l'ancrage Bollard. La mini plaque (M), la barre de connexion (N), l'unité cylindrique de fixation munie d'une vis de verrouillage (F) ; b : Système Bollard et vis monocorticales de 5 et 7 mm de longueur (85)

Il existe deux systèmes :

- Le système sans crochet (fig 8 et 9) : l'unité de fixation contient 2 gorges verticales avec un diamètre de .045 (1,1mm). Un arc connectique carré avec une taille maximale de .032 x .032 peut y être inséré et fixé solidement par une vis de verrouillage pour connecter l'ancrage osseux à l'appareil orthodontique. En changeant la forme et la longueur du fil, le point d'application de la force peut être ajusté pour obtenir la direction de traction souhaitée. Grâce au double pli de la barre de connexion, l'unité de fixation est orientée

parallèlement au procès alvéolaire ou à l'arcade dentaire ce qui réduit les risques d'irritations des tissus mous.



Fig 8 : Ancrage Bollard à la mandibule (84)

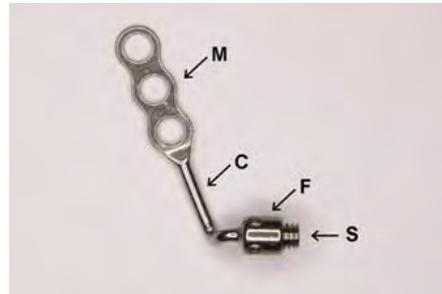


Fig 9 : Ancrage Bollard au maxillaire(84)

M : Mini plaque F : Unité cylindrique de fixation avec des trous à sa base pour laisser passer le fil C : Barre de connexion ronde S : Vis de verrouillage

- Le système avec crochet (fig 10 et 11) : il est plus petit que le modèle sans crochet et contient un tube avec une section de .020x.020. Il y a aussi un crochet pour fixer directement des élastiques ou des ressorts hélicoïdaux.



Fig 10 : système Bollard avec crochet à la mandibule (81)



Fig 11 : système Bollard avec crochet au maxillaire (81)

1.2.3.4.2. Apport du système Bollard

Le principal avantage du système Bollard est de diminuer les problèmes d'infiltration bactérienne et leurs conséquences habituelles : ostéolyse et perte fréquente de l'implant.

Le fait que la barre de connexion émerge au niveau de la ligne muco-gingivale ou au sein de la gencive attachée est essentiel pour assurer une bonne gestion des tissus mous (21). De plus, la barre de connexion est de section ronde et de surface lisse ce qui favorise une meilleure adaptation de la muqueuse à l'endroit où elle traverse les tissus mous. Elle permet le maintien d'une hygiène dentaire efficace en facilitant l'accès au brossage. Pour De Clerck (78), l'excellente adaptation des tissus mous autour de la mini-plaque est la clé du succès car elle limite le risque d'hypertrophie des muqueuses et d'infection. En outre, l'unité de fixation est cylindrique et agit de même, ce qui est une amélioration par rapport à une mini-plaque pénétrante classique.

De plus, il permet d'avoir des connections aisées avec les mécaniques orthodontiques et il constitue un ancrage direct pour les thérapeutiques orthodontiques. Il est adaptable à un grand nombre d'applications cliniques et il est modifiable durant le traitement. Son unité d'attachement permet de varier le point d'application de la force en changeant la configuration du fil auxiliaire.

1.2.3.5. Protocole d'utilisation

Le protocole et les techniques chirurgicales ont été établis dans l'étude du Dr De Clerck, Dr Siciliano, Dr Cornelis, Dr Scheffler, Dr Mahy, Dr Tulloch et le Dr Ruiz en 2008 (86). Dans cette étude 200 systèmes Bollard ont été posés sur 164 patients. Le taux de succès était de 92,5%.

1.2.3.5.1. La pose

La mise en place chirurgicale ne peut être réalisée par l'orthodontiste car c'est une technique chirurgicale « sensible » nécessitant de faire un lambeau et d'avoir une asepsie rigoureuse. Sa durée est en moyenne comprise entre 15 et 30 minutes par plaque et est considérée comme étant aisée. Cinq facteurs clés doivent être respectés lors de la pose :

l'aseptie, le site d'ancrage qui nécessite 2 mm d'os cortical, la force masticatoire, l'ajustement de la plaque à la surface osseuse et la technique d'implantation. (83)

Pour diminuer le risque d'infection, il est recommandé de ne pas associer la pose de l'implant avec une extraction à proximité et de réaliser un détartrage soigneux avant la mise en place de l'ancrage squelettique. En cas d'extraction, celle-ci est réalisée au moins deux semaines avant la pose du système.

Un nivellement préalable des arcades doit être réalisé par l'orthodontiste en totalité jusqu'à la mise en place d'arcs suffisamment lourds. Ces arcs doivent simplement permettre la mise en place de tractions élastiques entre l'arcade dentaire et l'implant. Leur choix est libre à l'orthodontiste en fonction de sa philosophie de traitement (81). L'appareil fixé est collé en premier et on pose l'ancrage osseux qu'une fois progressé en fil droit.

1.2.3.5.1.1. Examen clinique

L'anamnèse et l'examen clinique se déroulent de la même manière que lors de la pose de mini-vis. (49)

1.2.3.5.1.2. Choix du type de plaques

Le choix du type de plaques (plaque en T, en I, en Y ou en L), la longueur du fût (5,7 ou 10mm) dépendent du site de la pose, de la densité osseuse (deux ou trois vis), de la profondeur du vestibule et de la typologie faciale.

1.2.3.5.1.3. Choix des sites de pose

Les différents sites de pose sont principalement (21) :

- Au maxillaire :
 - Au niveau des piliers malaires : c'est la localisation la plus fréquente mais la plus délicate techniquement car elle est difficile d'accès. La plaque est le plus souvent située entre la première et la deuxième molaire (zone de densité osseuse maximale) : dans les faces longues, les plaques en « I » sont les plus utilisées, dans les faces courtes les

plaques en « T » sont préférées.

- Au niveau des piliers canins maxillaires (entre la canine et la première prémolaire, en arrière du frein latéral) : cette localisation est plus simple car le vestibule est beaucoup plus haut. La zone supra-apicale est également très facilement accessible. Les plaques en « I » seront préférées. L'émergence du fût doit se faire impérativement à distance des freins latéraux.

- A la mandibule :

- Entre la première et la deuxième molaire : du fait de l'anatomie locale, la difficulté de pose est importante, le vestibule étant souvent peu profond avec une courbure corticale externe marquée. Les plaques en « T » avec deux ou trois vis et fût court de 5mm sont utilisées.

- Entre la canine et la première prémolaire : la plaque est positionnée en arrière du frein latéral. Les plaques en « T » ou en « L » sont le plus souvent utilisées.

- Au niveau symphysaire : cette localisation est peu fréquente. L'émergence se fait à 1 ou 2mm du frein médian de la lèvre inférieure. Les plaques en « L » sont utilisées.

1.2.3.5.1.4. Protocole opératoire d'insertion

La pose des plaques d'ancrage se fait soit seule à l'aide d'une anesthésie locale, soit associée à un geste chirurgical complémentaire (disjonction, désinclusion...). Chez l'enfant, la gestion dans le même temps opératoire de la germectomie des troisièmes molaires permet une meilleure approche psychologique du geste chirurgical.

Anesthésie : la majorité des opérations se fait sous anesthésie locale cependant l'anesthésie générale est préférée chez les jeunes enfants. Par exemple, si on doit poser quatre mini-plaques pour des tractions orthopédiques chez les jeunes enfants, on préfère souvent réaliser une anesthésie générale.

Incision : de manière générale, une incision verticale partant de la jonction fibro-muqueuse, et remontant verticalement sur 10 à 15 mm en zone de muqueuse libre est réalisée. Le lambeau muco-périosté est alors récliné, l'os est totalement exposé. Le décollement sous-périosté doit être suffisamment large pour insérer la plaque et faciliter son placement (85). Pour éviter une interférence avec les mécaniques orthodontiques,

l'incision ne doit pas être trop proche des dents .Mais la forme et la dimension de l'incision varie selon le site d'implantation.

- Crête maxillo-malaire : la pose du ZAS (Zygoma Anchorage System ou système d'ancrage zygomatique) a été décrite par De Clerck et al (86). La première incision est verticale et fait environ 1 cm. Elle est parallèle et en mésiale par rapport à la crête et va jusqu'à 1 mm en dessous de la ligne muco gingivale (LMG) dans la gencive attachée. La deuxième incision est horizontale et part de la première. Elle est parallèle à la LMG et s'étend en distal.

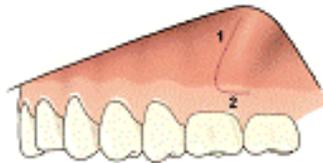


Fig 12: en « L » à convexité antérieur. (86)

- Région canine mandibulaire : une incision horizontale est réalisée à partir de la première prémolaire jusqu'en mésiale de la canine (1 mm au dessus de la LMG); puis une incision verticale est faite afin d'obtenir une incision en « L » inversé avec un angle légèrement supérieur à 90 °. Dans la région du foramen mentonnier, l'os doit être exposé avec précaution.



Fig 13: incision en « L » inversée (86).

- Région molaire mandibulaire : le lambeau est plus petit. L'incision débute au niveau de la crête alvéolaire si le patient est édenté dans cette région, ou à

partir du sulcus si les dents sont présentes. Ce lambeau est horizontal avec une petite incision verticale antérieure afin d'obtenir une meilleure laxité de celui-ci.

Insertion, adaptation parfaite au site et positionnement de la plaque : Celle-ci est alors préformée à la pince puis essayée pour s'adapter parfaitement au site osseux et avoir un bon contact avec l'os cortical. Le corps de la plaque muni de la zone de vissage est positionné environ 5mm au-dessus des apex des dents. Le "bras" de la plaque doit sortir à la jonction de la gencive attachée et de la muqueuse libre (ligne muco-gingivale) pour éviter tout bourgeonnement et infection.

Préforage et vissage : malgré l'utilisation de vis d'ostéosynthèse autoforantes et autotaraudantes, il est préférable de réaliser un préforage de 1,6mm de diamètre avant l'insertion de chaque vis, en commençant par la vis médiane. La première vis n'est pas complètement serrée dans le but de donner un peu de rotation à la mini plaque et de pouvoir l'ajuster idéalement. Le trou inférieur est percé et la vis insérée, suivi par le trou supérieur et toutes les vis sont serrées pour assurer une forte et stable rétention. Les parties sous-muqueuses (corps et fût) de la plaque doivent être au contact osseux pour limiter les zones de frottement de la muqueuse et du périoste (risque d'inflammation).

- Crête maxillo malaire : le cylindre doit pénétrer la gencive attachée devant la furcation radiculaire des prémolaires molaires perpendiculairement à la surface de l'os alvéolaire.

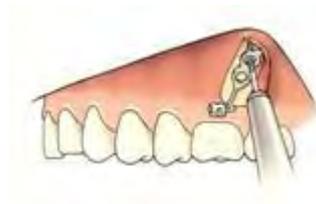


Fig 14 : percage du trou au milieu(86)

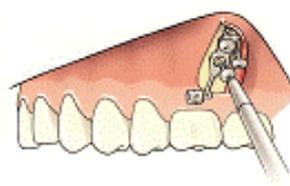


Fig 15 : insertion des minivis au maxillaire(86)

- Région canine mandibulaire : le positionnement est le même sauf que situé à 1 mm au dessus de la LMG. Le centre des trous dans la mini-plaque est situé entre les axes de l'incisive latérale et de la canine. Le premier trou est percé à travers le trou supérieur de la mini-plaque au niveau des apex radiculaires, le plus proche de l'unité d'attachement.

Réglage en bouche et suture du lambeau : le fût sort à la jonction des deux muqueuses (ligne muco gingivale). Un off-set est réalisé à la pince pour éloigner la partie émergente de la gencive attachée. La fermeture de l'abord se fait par quelques points avec un fil de suture à résorption rapide. Le fait que la barre de connexion passe au niveau de la LMG ou à 1 mm dans la gencive attachée permet une fermeture serrée des tissus et facilite la cicatrisation. À tout moment, l'axe de la tête peut être conformé en bouche pour s'adapter aux nécessités thérapeutiques.

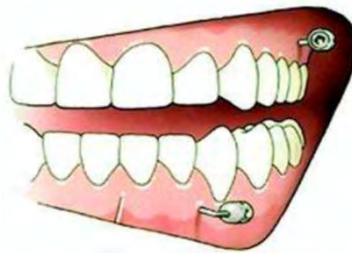


Fig 16 : orientation de l'unité de fixation. (86)

Les systèmes Bollard sont placés avec leurs unités de fixation parallèle à l'os alvéolaire et à l'arc dentaire. Elles sont orientées vers l'avant dans la portion postérieure du maxillaire et de la mandibule. Dans la portion antérieure de la mandibule (entre l'incisive latérale et la canine), les unités de fixation sont orientées vers l'arrière pour réduire l'irritation de la joue et de la lèvre.

Prescription, recommandations et soins post-opératoire : Une application locale de glace associée à l'absence de contacts répétitifs par la langue, la joue, la pression des doigts et le nettoyage avec une brosse à dent souple une semaine après la chirurgie des tissus mous autour du mécanisme sont recommandés. Le patient doit aussi réaliser des bains de bouche à la chlorexidine pendant la première semaine suivant la pose de l'ancrage (81).

Ainsi, peu de suites opératoires sont à noter, cependant la probabilité de survenue d'un œdème post-opératoire est élevée, c'est un effet secondaire du lambeau. Une antibioprophylaxie associée à la prise d'anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) est cependant conseillée.



Fig 17 : Vue clinique après cicatrisation d'un ancrage Bollard posé au Maxillaire (85).

1.2.3.5.2. La mise en charge

La mise en charge doit être très précoce (deux à trois jours après la pose). Le premier mois, les forces utilisées doivent être de faible intensité (n'excédant pas 100-150 g), l'inflammation osseuse disparaissant à 15 jours environ. Une dizaine de jours après l'intervention, l'orthodontiste ôte les fils de sutures résorbables encore présents, réitère les conseils d'hygiène buccale et une augmentation progressive de la charge est réalisée à chaque contrôle mensuel si besoin. Au total, la conformation précise et la mise en charge douce sont les deux critères essentiels à la stabilité initiale des plaques, permettant une utilisation orthodontique ultérieure fiable.

1.2.3.5.3. La Dépose

Il faut déposer les mini-plaques dès que l'ancrage n'est plus nécessaire et ceci avant même la fin du traitement orthodontique pour éviter une apposition osseuse et donc des difficultés à la dépose. La dépose est simple, rapide et dure dans 81,4 % des cas moins de

15 minutes (86). Une petite incision muco-périostée sous anesthésie locale est réalisée pour exposer la mini-plaque et les vis. On dépose le système en dévissant les vis avec un tournevis, on rince avec une solution saline et on suture. Des bains de bouche de chlorexidine sont faits pendant les 3 jours suivant la dépose.

1.2.3.6. Complications

Une étude de Choi BH, Zhu SJ, Kim YH a comme objectifs l'étude des complications de ce type d'ancrage orthodontique et l'évaluation de leur stabilité (87).

En résumé de cette étude, le taux de succès a été élevé (93 %) et on peut conclure que la première complication est une mobilité d'origine infectieuse. Les infections sont toutes situées au niveau de la mandibule (la faible profondeur du vestibule inférieur favoriserait celles-ci), bien que la section ronde de la barre de connexion ainsi qu'une bonne hygiène orale réduisent ce risque. Ce résultat confirme la fiabilité de l'utilisation des mini-plaques pour le maxillaire. La seconde complication est une mobilité d'origine mécanique. Le patient peut être tenté de triturer avec sa langue l'unité de fixation. Les forces musculaires ainsi développées sont intermittentes, d'intensité variable et peuvent augmenter la mobilité de l'implant même en l'absence d'infection.

L'étude de De Clerck et al. (86) suggère que la douleur est une complication minime tandis que l'œdème post-opératoire constitue un problème constant. Sa probabilité de survenue est élevée, c'est un effet secondaire du lambeau. Son volume varie beaucoup, tout en restant généralement moindre que celui observé en cas d'avulsion d'une dent de sagesse. Ainsi l'utilisation de glace pendant 1 à 2 heures en post- opératoire en association avec l'usage d'anti-inflammatoires en pré- opératoire est recommandée pour diminuer cette complication.

Il y en a d'autres plus communes tels que : une perte d'ancrage, une fracture de la plaque, des infections superficielles, une déhiscence de la muqueuse autour de la plaque.

1.2.3.7. Contre-Indications

Les contre-indications générales et locales sont les mêmes que pour l'utilisation des mini-vis. (63, 64, 65, 66)

1.2.3.8. Facteurs de stabilité (66)

Afin de s'assurer de la stabilité des mini-plaques squelettiques, il faut maîtriser les principaux facteurs de risque. Le but est notamment d'éviter l'inflammation et les infections autour des implants fixant la mini-plaque. Les facteurs de risques sont composés de **facteurs généraux** concernant la santé en général du patient (tabagisme, âge, diabète, risque d'endocardite infectieuse, médicament) et de **facteurs locaux**.

Pour De Clerck (81), l'excellente adaptation des tissus mous autour de l'implant est la clef du succès car elle limite le risque d'hypertrophie des muqueuses et d'infection en offrant une bonne étanchéité entre l'implant et les tissus mous.

Les facteurs locaux tels que les tissus mous et durs en mauvais état (par la qualité ou la quantité) dans la région de l'ancrage, une mauvaise hygiène dentaire, une ouverture buccale limitée ou un accès au site réduit, le non respect du protocole de mise en place et une mauvaise stabilité primaire peuvent limiter l'utilisation des plaques squelettiques et peuvent conduire à l'échec implantaire : excès de mobilité des ancrages vissés, ulcération importante de la joue, fracture et position indésirable de la mini-plaque.

1.2.3.9. Perception

1.2.3.9.1. Du patient

Face à un besoin d'ancrage, le praticien est amené à indiquer la pose d'un dispositif d'ancrage osseux qui peut engendrer chez le patient la crainte de ressentir des douleurs.

L'article de Cornelis et al de 2008 (88), nous montre que les patients s'attendraient à plus de douleurs que ce qu'ils ressentent réellement.

Les questionnaires ont montré que : de manière générale les ancrages vissés ont été bien tolérés, aucun des patients n'a souhaité leur dépose, et après 1 an, 72% des patients disaient n'y faire plus attention.

Le principal inconvénient durant le traitement est l'irritation de la joue (surtout juste après la pose). Une limitation initiale de l'ouverture buccale très légère a pu être encore notée après 6 mois et 1 an. Le nettoyage de l'ancrage a constitué un problème tout au long du traitement. Malgré le fait qu'il a été spécifié aux patients de ne pas toucher les ancrages vissés avec leur langue pour ne pas desserrer la mini-plaque, un tiers ont admis le faire et cette mauvaise habitude a eu tendance à persister. Certains ont clairement exprimé leur gêne, avec l'impression désagréable d'un corps étranger dans la bouche, notamment due à l'accumulation de nourriture piégé par le dispositif.

La pose de ancrages vissés s'est avérée pour près de 82% des patients moins douloureuse que prévue. La douleur et le désagrément per-opératoire ont été minimes. Pour les autres patients, où cela s'est avéré pire que prévu, les deux principales raisons ont été l'œdème post-chirurgical (qui a persisté 5 jours en moyenne après l'opération) et l'irritation de la joue.

On remarque qu'ils sont toujours perçus comme étant mieux que les FEO (Forces Extra Orales), presque toujours meilleurs que les appareils dentaires usuels et équivalents à une extraction.

1.2.3.9.2. De l'orthodontiste (88)

Pour les orthodontistes, les cas étaient jugés initialement comme étant légèrement à très difficiles. Après 1 an d'utilisation de mini-plaques, ces mêmes cas étaient jugés très ou modérément faciles. Ils ont jugés la complexité globale de manipulation des mini-plaques et de leurs attachements et les ont notés comme étant très ou modérément faciles.

Tous les orthodontistes ont dit qu'ils utiliseraient les mini-plaques à nouveau et ils ont évalué leur satisfaction moyenne sur une échelle de 1 à 4 à 3.8 (3 étant une satisfaction modérée et 4 une grande satisfaction).

PARTIE II : REVUE DE LITTÉRATURE DES DISPOSITIFS D'ANCRAGE VISSE.

2.1. LES PRINCIPES DE LA DEMARCHE D'EBM

2.1.1. DEFINITION (89, 90, 91)

Le concept d' «Evidence-Based Medicine» (EBM), est la nouvelle norme clinique médicale basée sur la prise en compte de faits ou de preuves issus d'une interprétation objective des données de la science. La démarche d'Evidence-Based Medicine a été définie comme «l'utilisation consciencieuse, explicite et judicieuse des meilleures preuves actuelles dans la prise de décisions concernant les soins à prodiguer à chaque patient ». L'épidémiologie clinique et tout particulièrement la lecture critique de la littérature médicale en est le fondement.

Par analogie, en EBO, l'orthodontiste doit pouvoir disposer d'une information scientifique complète, synthétique et valide, c'est à-dire basée sur la preuve scientifique, avant toute décision dans sa pratique clinique. Ainsi, elle consiste à n'utiliser des dispositifs médicaux qu'une fois validés par des études de recherche clinique publiées dans les revues scientifiques. C'est dans un souci de responsabilité du praticien envers le patient que la démarche d'EBM s'inscrit.

2.1.2. CONTRAT DE SOIN ET RESPONSABILITE CIVILE (92,93)

Malgré leur utilisation de plus en plus courante en pratique d'orthopédie dento-faciale, ces systèmes de renfort d'ancrage n'ont pas encore été confortés par des études de recherche clinique à niveau de preuves élevé. Il convient alors d'être conscient dans leur utilisation en prenant toujours en compte la balance bénéfice/risque. La loi du 4 mars 2002 relative aux droits des malades et à la qualité du système de soins a posé les principes généraux de la responsabilité des professionnels et des établissements de santé : le devoir des orthodontistes réside dans le respect de l'obligation d'information, de moyen au patient et de sécurité/résultat par rapport aux dispositifs employés. Il s'établit un véritable contrat de soins entre le praticien et le patient. C'est un contrat synallagmatique indispensable qui se forme entre le chirurgien dentiste et son patient et entraîne pour le premier de donner au second des soins conformes aux règles consacrées par la pratique dentaire et aux données de la science. Ainsi, le chirurgien-dentiste a le devoir d'entretenir et de perfectionner ses connaissances, notamment en participant à des actions de formation continue. Sa responsabilité civile peut être engagée dans certains cas, la responsabilité des professionnels de santé est subordonnée, à l'existence d'une faute, d'un préjudice (physique, moral ou économique) et d'un lien de causalité avec la faute commise.

2.2. LA REVUE DE LITTÉRATURE

➤ Constitution de la base de données

La recherche est effectuée à partir de base de données : Google Scholar, Pubmed (Medline), EM premium (EMC) et la Cochrane Collaboration. Les mots clés suivants ont été utilisés : « Skeletal Anchorage System », « Miniscrews », « Micro-implant », « Temporary orthodontic anchorage », « Bone anchor system », « De Clerck », « Miniplates ».

Malgré l'utilisation de plus en plus courante de ces ancrages osseux, la plupart des études sont des cas cliniques et il n'y a que très peu d'examen systématique de la littérature à ce jour qui évalue l'efficacité et l'efficience des ancrages osseux en orthodontie. En ODF, les revues scientifiques internationales d'impact factor élevé sont American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics (Am J Orthod Dentofacial Orthop), The Angle Orthodontist (Angle Orthod), European Journal of Orthodontist (Eur J Orthod), Journal of Clinical Orthodontics (J Clin Orthod) et Clinical Oral Implants Research (Clin Oral Implants Res).

Nous allons d'abord nous intéresser aux études sur les mini-vis, puis nous analyserons celles sur les plaques squelettiques et enfin nous évaluerons les études comparatives « ancrage traditionnel versus ancrage vissé » et « mini-vis versus plaques squelettiques ». Le but est ici de confirmer l'efficacité des ancrages osseux et de comparer ces deux techniques d'ancrage squelettique de manière à pouvoir définir dans quelle situation clinique l'une va être plus appropriée que l'autre.

Nous allons pour chacune des parties classer les études par niveau de preuve descendant : du plus haut niveau de preuve (revue systématique Cochrane, méta analyse, les essais contrôlé randomisé, étude de cohorte) au plus bas niveau de preuve (série de cas clinique, cas clinique isolé). (94)

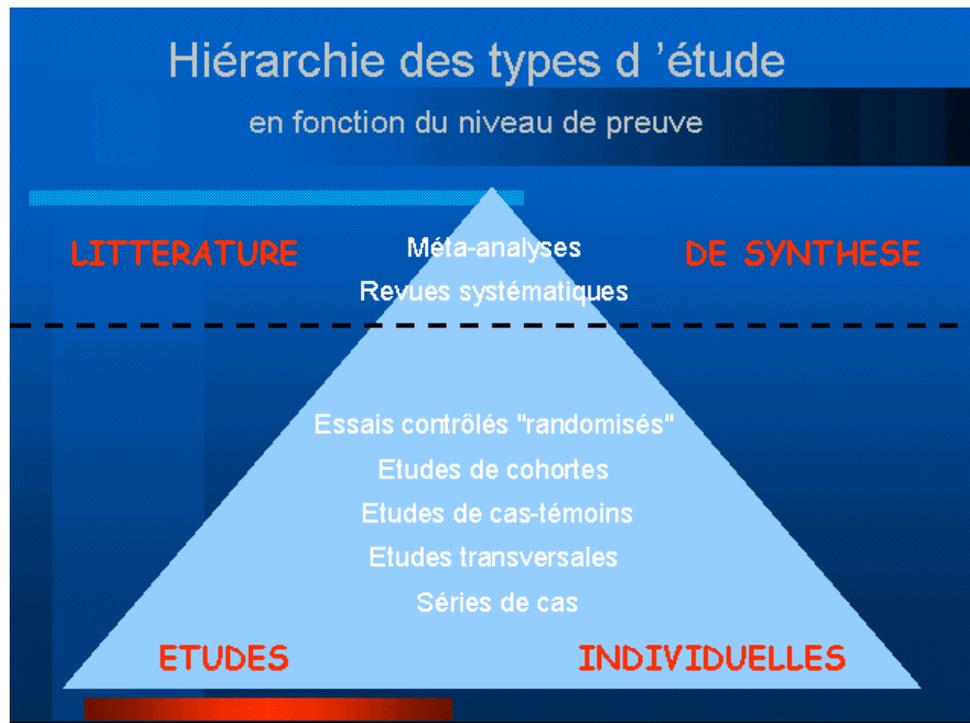


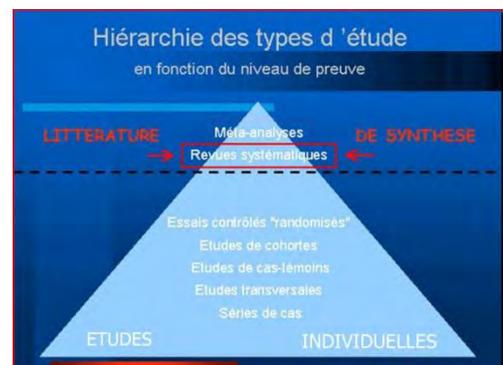
Fig 18: pyramide représentant les différentes études selon leur niveau de preuves (94)

2.2.1. ETUDES SUR LES MINI-VIS

1. Crismani AG et al, « Miniscrews in orthodontic treatment: review and analysis of published clinical trials », Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2010. (95)

C'est la seule revue systématique sur les mini-vis trouvée.

Le but de cette revue est de faire un examen et une analyse des essais cliniques publiés, menée avant Septembre 2007 avec au moins 30 mini-vis examinées dans chacun des essais. Les paramètres étudiés pouvant influencer la stabilité

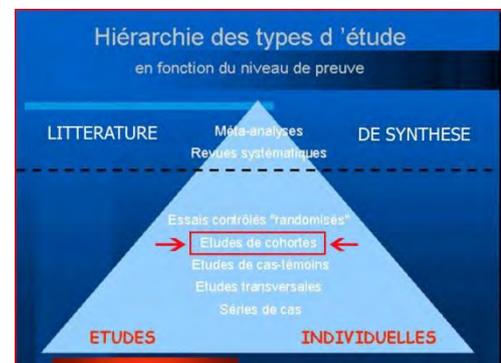


des mini-vis étaient : le sexe du patient et l'âge, le lieu et la méthode de placement des vis, la longueur de la vis et le diamètre, et la période et la quantité de chargement. 14 essais cliniques sont sélectionnés et inclus 452 patients et 1519 vis.

On en conclut que : dans tous les articles analysés, les auteurs décrivent des taux de réussite globale des mini-vis comme suffisant pour un traitement orthodontique (83,8% en moyenne). Le sexe du patient n'a montré aucune différence significative. En termes d'âge, 1 des 5 études avec des patients de plus de 30 ans a montré une différence significative. **Les vis de 1,2 mm de diamètre et d'au moins 8 mm de longueur sont préférables, car elles sont stables et minimisent le risque de dommages aux racines. Le maxillaire a été montré dans 3 études pour être mieux adapté aux mini-vis que la mandibule.** En ce qui concerne le protocole de mise en place, les données n'ont pas été concluantes pour obtenir des recommandations précises. **À taux de réussite comparables, la méthode sans lambeau doit être choisie parce qu'elle est moins invasive et provoque moins de gêne pour le patient. La charge immédiate ou précoce de mini-vis est possible,** puisque les périodes de guérison plus longues n'ont pas fourni plus de stabilité sur les mini-vis pour des forces pouvant aller jusqu'à 200 cN.

2. Wiechmann et al, "Success rate of mini- and micro-implants used for orthodontic anchorage: a prospective clinical study", Clin Oral Implants Res, 2007. (68)

Le but de cette étude clinique de cohorte prospective était d'évaluer le taux de réussite des mini-vis utilisés pour l'ancrage orthodontique. Un total de 133 mini-vis d'ancrage sont placés chez 49 patients pour soutenir les mouvements dentaires orthodontiques. La majorité des mini-vis ont été placés dans le maxillaire (82), le reste

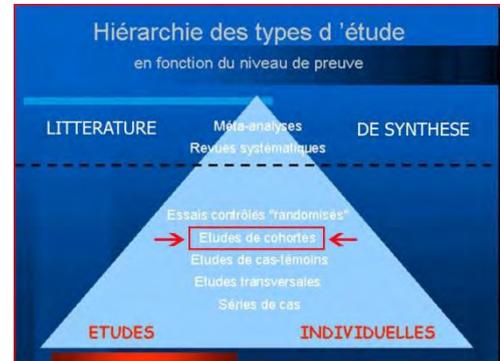


des mini-vis est placé en vestibulaire (42) et en lingual (9) de la mandibule. Un taux de survie global cumulé de 86,8% (102/133) a été trouvé par l'analyse de Kaplan-Meier. Par rapport aux autres localisations, le taux d'échec cumulé des mini-vis a été jugé significativement plus élevé lorsqu'elles ont été placées dans la face linguale de la mandibule à cause de la sollicitation de la mini-vis par les forces multidirectionnelles de la langue. Wiechmann sort cette localisation de sa pratique et les taux de réussite atteignent alors les 97 %. **Ces résultats confirment l'efficacité des mini-vis orthodontiques utilisées comme éléments d'ancrage.**

3. Cheng et al, "A prospective study of the risk factors associated with failure of mini-implants used for orthodontic anchorage", International Journal of Oral and Maxillofacial Implants, 2004. (55)

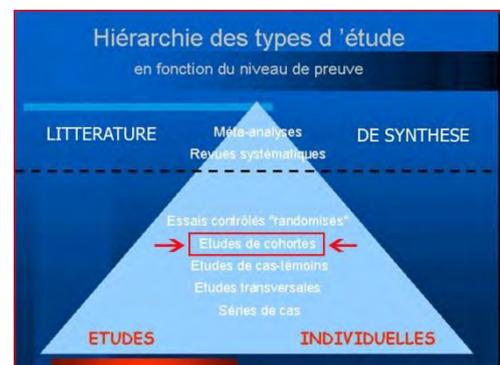
L'objectif de cette étude clinique de cohorte prospective était d'évaluer les facteurs de risque associés à l'échec de mini-vis utilisées pour l'ancrage orthodontique. Un total de 140 mini-implants sur 44 patients, dont 48 plaques squelettiques et 92 mini-vis autonomes, ont été examinés dans l'étude. La majorité des mini-vis ont été placées dans la région postérieure, et l'emplacement le plus courant était la mandibule postérieure.

Le résultat montre un taux de survie cumulatif de 89% (125/140) par l'analyse de Kaplan-Meier. Il n'y avait pas de différence significative dans le taux de survie entre les plaques squelettiques et les mini-vis autonomes, mais les plaques ont été utilisées dans des situations plus dangereuses. De plus, le risque relatif estimé d'échec des mini-vis augmente lorsqu'elles sont placées dans la mandibule postérieure ou entourées de muqueuse non kératinisée. Cette étude conclue que **la localisation anatomique et le caractère des tissus mous péri-implantaires sont deux facteurs de risques indépendants.**



4. Tseng et al, "The application of mini-implants for orthodontic anchorage", International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 2006. (96)

Le but de cette étude clinique de cohorte prospective était d'explorer l'utilisation de mini-vis d'ancrage squelettique, et d'évaluer leur stabilité et les causes de l'échec. 45 mini-vis ont été utilisées dans le traitement orthodontique. Le diamètre des mini-vis est de 2 mm, et leur longueur est de 8, 10, 12 et 14 mm. Les facteurs



de risque de l'échec ont été examinés statistiquement en utilisant le Chi-carré ou test exact de Fisher, selon le cas.

Le taux de succès global était de 91,1%. Les mini-vis placées dans la muqueuse alvéolaire provoquent une irritation et une inflammation considérable des tissus pouvant justifier des échecs de la mini-vis, alors que celles placées dans la gencive attachée montrent un taux de réussite supérieur à 90 %. **L'emplacement des mini-vis a été le facteur important lié à l'échec.**

5. Frenenthaler et al, "Bicortical titanium screws for critical orthodontic anchorage in the mandible: a preliminary report on clinical applications", Clinical Oral Implants Research, 2001. (99)

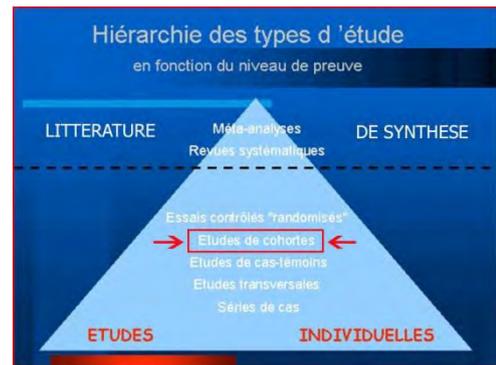
Le but de cette étude de cohorte était de montrer l'efficacité des mini-vis d'ancrage dans le cas d'une protraction des molaires mandibulaires. Chez 8 patients, 12 vis en titane ont été utilisées comme ancrage pour la protraction molaire orthodontique. Les critères pour la sélection des patients étaient: tous les cas avec un ancrage



critique dans la mandibule (c.-à-d. rétraction des dents antérieures non-désirable) et des sites molaires d'extraction. Les résultats montrent que **l'ancrage pour des forces orthodontiques de protraction des molaires mandibulaires offre différents avantages** : le temps total du traitement est réduit parce que les vis peuvent être chargées immédiatement. La ligne d'action de la force orthodontique coïncide avec le niveau du centre de résistance de la molaire résultant en un mouvement dentaire de translation latéral favorable. Enfin, le traitement ne dépend pas de la coopération du patient.

6. Gelgör et al, "Intra osseous screw-supported upper molar distalization", Angle Orthod, 2004. (100)

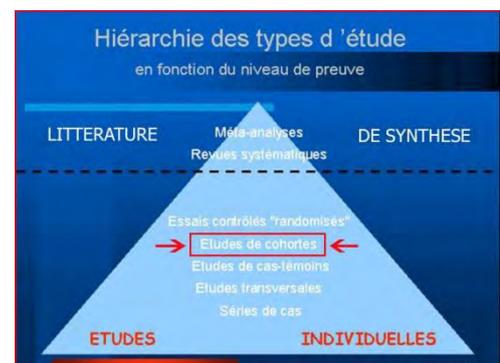
L'objectif de la présente étude de cohorte était d'étudier l'efficacité de mini-vis pour l'ancrage intra-osseux dans la distalisation de molaire maxillaire et d'analyser les changements sagittaux et verticaux du tissu squelettique et dentaire après cette distalisation. 25 sujets avec une malocclusion de classe II dentaire participent



à l'étude. Les modifications squelettiques et dentaires ont été mesurées sur des céphalogrammes et des moulages dentaires obtenus avant et après la distalisation. Les résultats montrent que : le temps moyen de distalisation pour parvenir à une classe I relation molaire était de 4,6 mois. Dans les céphalogrammes, les premières molaires supérieures se sont déplacées distalement de 3,9 mm en moyenne. Sur les moulages dentaires, la distalisation moyenne était de 5 mm. Les molaires supérieures ont subi une bascule disto-palatine de 8,8°. Il n'y avait pas de changement dans le surplomb et la supraclusion incisive ou dans les mesures d'angle du plan mandibulaire. **En conclusion, les mini-vis d'ancrage immédiatement chargées ont réussi à obtenir suffisamment de distalisation molaire sans perte d'ancrage majeur.**

7. Park et al, "Group Distal Movement of Teeth Using Microscrew Implant Anchorage", Angle Orthod, 2005. (101)

Le but de cette étude de cohorte était de quantifier les effets du traitement de distalisation des molaires maxillaires et mandibulaires utilisant des mini-vis. Le taux de réussite a également été évalué. 13 patients ont été sélectionnés. Parmi eux, 11 patients avaient des mini-vis mandibulaires et 4 patients avaient des mini-vis

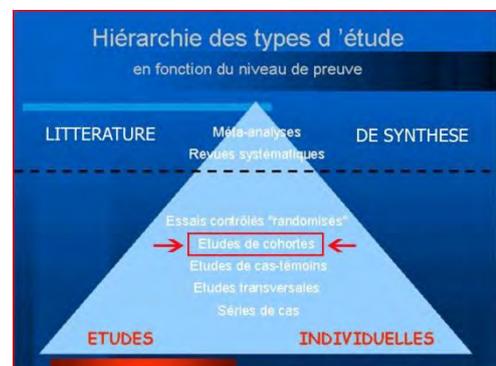


maxillaires, y compris 2 patients qui avaient les maxillaires et les mandibulaires en même temps. Les premières molaires maxillaires et les premières prémolaires ont montré un important mouvement distal, sans aucun mouvement significatif distal des dents antérieures. Les premières prémolaires mandibulaires et les premières et les deuxièmes

molaires ont montré un important mouvement distal, mais aucun mouvement significatif de l'incisive mandibulaire n'a été observé. Le taux de réussite des mini-vis était de 90% sur une période de demande moyenne de $12,3 \pm 5,7$ mois. **Les résultats pourraient soutenir l'utilisation des mini-vis comme un point d'ancrage pour le mouvement distal des dents postérieures maxillaires et mandibulaires.**

8. Deguchi et al, "Quantitative evaluation of cortical bone thickness with computed tomographic scanning for orthodontic implants", Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2006. (102)

Le but de cette étude de cohorte était d'évaluer quantitativement l'épaisseur de l'os cortical à divers endroits dans le maxillaire et la mandibule à partir des images tomographiques. Elle porte sur 10 patients et mesure les distances à partir de la surface osseuse à la surface des racines inter-corticales, et les distances entre les racines des

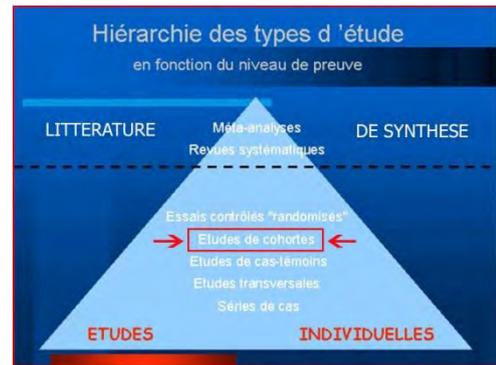


prémolaires et des molaires pour déterminer la longueur et le diamètre acceptable de la mini-vis d'ancrage au cours du traitement orthodontique. Les sites envisageables à la mandibule présentent une corticale osseuse suffisamment épaisse pour garantir la stabilité de la mini-vis. Au maxillaire, l'épaisseur osseuse des remparts alvéolaires vestibulaires postérieurs est moins importante. Cependant, il y a plus d'échecs à la mandibule due à une surchauffe de l'os lors de la mise en place, et présences de forces occlusales plus importantes et souvent plus d'atteintes des racines. Ces données montrent que **l'endroit le plus sécuritaire pour placer une mini-vis pourrait être en mésiale ou distale de la première molaire, et une taille acceptable de la mini-vis est inférieure à environ 1,5 mm de diamètre et d'environ 6 à 8 mm de longueur.**

9. Miyawaki S et al, "Factors associated with the stability of titanium screws placed in the posterior region for orthodontic anchorage", Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2003.

(26) Le but de cette étude clinique de cohorte rétrospective était d'examiner les taux de

réussite et de trouver les facteurs associés à la stabilité de mini-vis placées dans l'os alvéolaire vestibulaire de la région postérieure. 51 patients atteints de malocclusion, 134 mini-vis en titane de 3 types, et 17 mini-plaques ont été rétrospectivement étudiées en fonction des caractéristiques cliniques. Nous avons conclu que

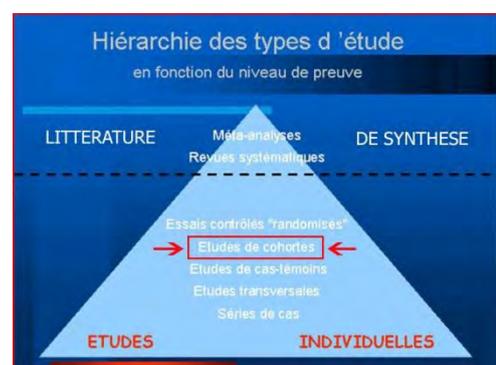


le diamètre d'une mini-vis de 1,0 mm ou moins (d'après le taux de réussite au bout d'un an), **une inflammation des tissus péri-implantaires, et un angle du plan mandibulaire élevé** (avec un os cortical mince), ont été associés à la mobilité et à l'échec de la mini-vis placée dans l'os alvéolaire vestibulaire de la région postérieure.

Cependant, nous n'avons pas pu détecter une association significative entre le taux de réussite et les variables suivantes : longueur de la mini-vis, type de chirurgie de placement, mise en charge immédiate, le lieu d'implantation, l'âge, le sexe, l'encombrement des dents, les relations antéro-postérieure des bases osseuses de la mâchoire, de la parodontite contrôlée, et des symptômes de troubles temporo-mandibulaires.

10. Nienkemper et al, "Multipurpose use of orthodontic mini-implants to achieve different treatment goals", *Journal of Orofacial Orthopedics*, 2012. (97)

L'objectif de cette étude de cohorte rétrospective était de déterminer si les mini-vis insérées dans le palais peuvent être utilisées pour atteindre plus d'un objectif de traitement consécutif ou simultané chez un même patient. Les résultats du traitement de 43 patients ont été rétrospectivement évalués. 2 systèmes

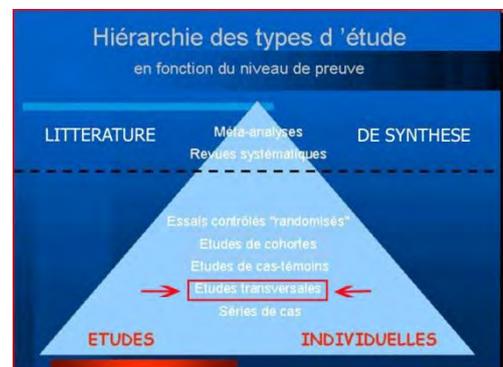


mécaniques implantaires par patient ont été appliquées de façon consécutive chez 19 patients (groupe A) ou simultanément chez 24 patients (groupe B). Les 2 groupes ont été analysés et comparés en calculant les taux de réussite pour la réalisation des objectifs de

traitement, de la survie des mini-vis et de la qualité de l'ancrage. La durée de traitement est aussi comparée. À l'exception d'un seul cas dans le groupe A, les objectifs de traitement ont été atteints chez tous les patients. La perte d'ancrage a été limitée à un patient par groupe. La mobilité des mini-vis, et donc l'échec, a été observée dans 3 cas dans le groupe A, et dans 2 cas dans le groupe B. Les durées de traitement dans les 2 groupes diffèrent largement : celles du groupe B étaient significativement plus courtes ($10,0 \pm 4,2$ mois) que celles du groupe A ($14,4 \pm 3,5$ mois). **On en conclut que les mini-vis insérées dans le palais pour l'ancrage squelettique peuvent être utilisées pour atteindre plus d'un objectif de traitement chez le même patient. Cette application multifonction peut réussir de façon consécutive et simultanée. Cette dernière option peut considérablement accélérer les traitements.**

11. Herman Currier et Miyake, “Mini-implant ancrage for maxillary canine retraction: A pilot study”, Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2006. (98)

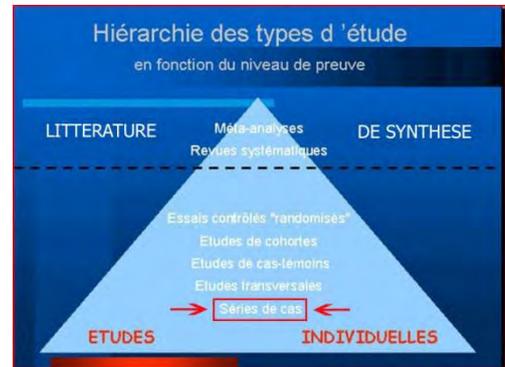
Cette étude pilote clinique transversale évalue la stabilité, la santé des tissus mous, le confort du patient et l'acceptation d'une mini-vis utilisée comme ancrage pour la rétraction de canine maxillaire permanente. L'échantillon comprenait 16 sujets qui avaient les premières prémolaires maxillaires extraites. Les résultats ont montré



que : les tissus mous environnants sont restés autour des implants stables et moins autour des mini-vis qui étaient instables ou perdues. Le confort du patient a été excellent en tout sauf 1 patient. Les taux de rétraction canine ont été calculés mensuellement et varient largement de 6,1 à 1,5 mm par mois. Un basculement excessif des couronnes dans les espaces d'extraction a été observé chez 4 patients et a été liée à la méthode de la ligature de la canine à l'arc. **En conclusion, les mini-vis sont un ancrage adéquat pour la rétraction canine supérieure lorsqu'elles sont correctement placées.**

12. Derton et Perini, "Forced eruption with miniscrews; inter-arch [corrected] method with vertical elastics versus intra-arch method using the Derton-Perini technique: two case reports." ,International Orthodontics, 2011. (103)

Le but de cette étude est de rapporter 2 cas clinique d'extrusion orthodontique pré prothétique à l'aide de mini-vis et d'ancrage osseux. Elle analyse les indications, la technique orthodontique et chirurgicale et les avantages cliniques des 2 méthodes. Dans le premier cas présenté, une molaire maxillaire cariée a été

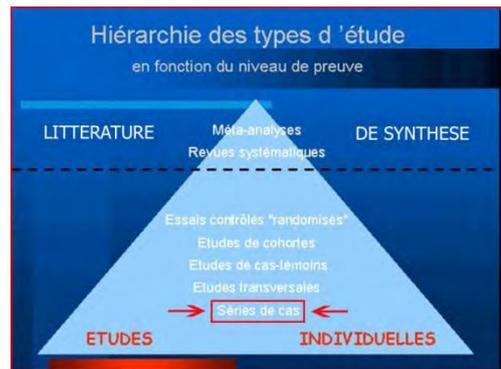


égressée à l'aide de mini-vis et d'une mécanique inter-arcade (ancrage squelettique direct) qui nécessite la coopération du patient pour gérer correctement les élastiques inter-arcades. Dans le second cas, une molaire maxillaire avec une fracture coronoradiculaire en « bec de flûte » a subi une égression forcée à l'aide de mini-vis posées sur la même arcade (ancrage osseux indirect avec la technique de « Derton-Perini ») et sans faire appel à la coopération du patient. Les résultats montrent que dans les 2 cas cliniques nous avons atteint nos objectifs d'extrusion. **Les mini-vis paraissent être des accessoires efficaces pour obtenir des égressions à visée prothétique sans mouvements parasites sur les autres dents et ne faisant pas appel à la coopération du patient quand elles sont utilisées dans un protocole intra-arcade.**

13. Tanaka et al, "Management of acquired open bite associated with temporomandibular joint osteoarthritis using miniscrew anchorage", Korean Journal Orthodontic, 2012. (104)

Cet article présente le traitement orthodontique d'un patiente de 46 ans avec une rétrusion mandibulaire squelettique et une béance antérieure due à l'arthrose de l'articulation temporo-mandibulaire à l'aide d'ancrage mini-vis. Sa douleur de l'ATM est réduite par une thérapie par gouttière, puis un traitement orthodontique a été lancé. Les objectifs du traitement sont de corriger la béance antérieure, d'établir une relation idéale

inter-incisive et de parvenir à une occlusion de classe I fonctionnelle. Pour cela, des mini-vis ont été placées au maxillaire postérieur pour intruser les molaires. Après 2 ans et 7 mois de traitement orthodontique, une occlusion acceptable a été atteinte sans réapparition des symptômes de l'ATM. La rétroposition



mandibulaire a été considérablement améliorée et les lèvres ont moins de tension lors de leur fermeture. Les molaires maxillaires ont pénétré de 1,5 mm et la mandibule a basculé dans le sens antihoraire. **En conclusion, la correction de la béance par l'intrusion molaire en utilisant des mini-vis titane est efficace pour la gestion de l'ATM-OA avec une déformation de la mâchoire.**

Tableau récapitulatif des études sur les mini-vis

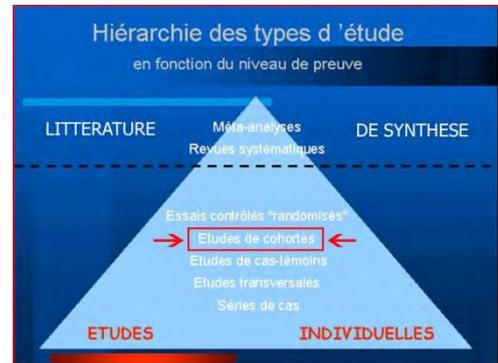
Référence	Type d'étude	Taille de l'échantillon	Durée de suivi	Résultats
Crismani AG et al « Miniscrews in orthodontic treatment: review and analysis of published clinical trials », Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2010	revue systématique	14 essais cliniques sélectionnés : 452 patients et 1519 mini-vis.		Le taux de réussite global des mini-vis est de 83,8% en moyenne. Les vis de 1,2 mm de diamètre et d'au moins 8 mm de longueur sont préférables. Le maxillaire est mieux adapté aux mini-vis que la mandibule. La méthode sans lambeau doit être choisie. La mise en charge immédiate est possible.
Wiechmann et al "Success rate of mini- and micro-implants used for orthodontic anchorage: a prospective clinical study", Clin Oral Implants Res, 2007	étude clinique de cohorte prospective	133 mini-vis chez 49 patients		Le taux de survie global est de 86,8%. Les mini-vis orthodontiques utilisées comme éléments d'ancrage sont efficaces.
Cheng et al "A prospective study of the risk factors associated with failure of mini-implants used for orthodontic anchorage", International Journal of Oral and Maxillofacial Implants, 2004	étude clinique de cohorte prospective	140 mini-vis chez 44 patients		Le risque d'échec relatif des mini-vis augmente lorsqu'elles sont placées dans la mandibule postérieure et entourées de muqueuse non kératinisée.
Tseng et al "The application of mini-implants for orthodontic anchorage", International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 2006.	étude clinique de cohorte prospective	45 mini-vis		L'emplacement de la mini-vis est un facteur important lié à l'échec. Placées dans la muqueuse alvéolaire, elles provoquent une irritation et une inflammation considérable des tissus.
Frendenthaler et al "Bicortical titanium screws for critical orthodontic anchorage in the mandible: a preliminary report on clinical	étude de cohorte	12 mini-vis chez 8 patients		Pour la protraction des molaires mandibulaires, les mini-vis offrent différents avantages : le temps total du traitement est réduit, le mouvement dentaire est efficace (de translation latéral favorable), le

applications”, Clinical Oral Implants Research, 2001.				traitement ne dépend pas de la coopération du patient.
Gelgör et al “Intra osseous screw-supported upper molar distalization”, Angle Orthod, 2004.	étude de cohorte	25 patients	4,6 mois	Les mini-vis d’ancrage immédiatement chargées ont réussi à obtenir suffisamment de distalisation molaire sans perte d’ancrage majeur.
Park et al “Group Distal Movement of Teeth Using Microscrew Implant Anchorage”, Angle Orthod, 2005	étude de cohorte	13 patients	12,3 ± 5,7 mois	Les résultats pourraient soutenir l'utilisation des mini-vis comme un point d’ancrage pour le mouvement distal des dents postérieures maxillaires et mandibulaires.
Deguchi et al “Quantitative evaluation of cortical bone thickness with computed tomographic scanning for orthodontic implants”, Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2006.	étude de cohorte	10 patients		L’endroit le plus sécuritaire pour placer une mini-vis pourrait être en mésiale ou distale de la première molaire, et une taille acceptable de la mini-vis est inférieure à environ 1,5 mm de diamètre et d’environ 6 à 8 mm de longueur.
Miyawaki S et al, “Factors associated with the stability of titanium screws placed in the posterior region for orthodontic anchorage”, Am J Orthod Dentofacial Orthop 2003.	étude clinique de cohorte rétrospective	134 mini-vis et 17 mini-plaques chez 51 patients		Le diamètre d’une vis de 1,0 mm ou moins, une inflammation des tissus péri-implantaires, et un angle du plan mandibulaire élevé (avec un os cortical mince), ont été associés à la mobilité et à l’échec de la vis placée dans l’os alvéolaire vestibulaire de la région postérieure.
Nienkemper et al, “Multipurpose use of orthodontic mini-implants to achieve different treatment goals”, Journal of Orofacial Orthopedics, 2012.	étude de cohorte rétrospective	43 patients : 19 patients (groupe A), 24 patients (groupe B)		Les mini-vis insérées dans le palais pour l’ancrage squelettique peuvent être utilisées pour atteindre plus d’un objectif de traitement chez le même patient. Cette application multifonction peut réussir de façon consécutive et simultanée. Cette dernière option peut considérablement accélérer les traitements.

Herman Currier et Miyake, "Mini-implant anchorage for maxillary canine retraction: A pilot study", Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2006	étude pilote clinique transversale	16 patients		Les mini-vis sont un ancrage adéquat pour la rétraction canine supérieure lorsqu'elles sont correctement placées.
Derton et Perini, "Forced eruption with miniscrews; inter-arch [corrected] method with vertical elastics versus intra-arch method using the Derton-Perini technique: two case reports." ,International Orthodontics, 2011.	Série de cas : 2 cas clinique	2 patients		Les mini-vis paraissent être des accessoires efficaces pour obtenir des égressions à visée prothétique sans mouvements parasites sur les autres dents et ne faisant pas appel à la coopération du patient quand elles sont utilisées dans un protocole intra-arcade.
Tanaka et al, "Management of acquired open bite associated with temporo mandibular joint osteoarthritis using miniscrew anchorage", Korean Journal Orthodontic, 2012.	Cas Clinique	1 patiente		La correction de la béance par l'intrusion molaire en utilisant des mini-vis titane est efficace pour la gestion de l'ATM-OA avec une déformation de la mâchoire.

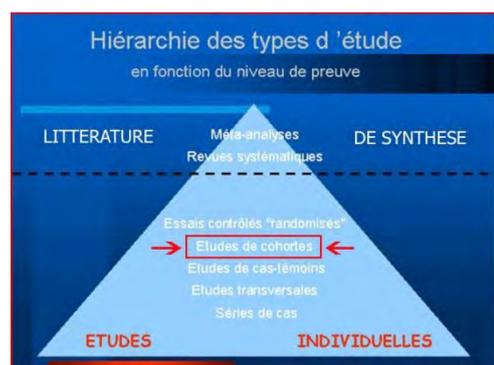
2.2.2. ETUDES SUR LES PLAQUES SQUELETTIQUES

1. De Clerck et al « The zygoma anchorage system », J Clin Orthod, 2002. (77) Cette étude de cohorte analyse le système Bollard posé sur la crête inférieure du processus zygomatique du maxillaire chez 27 patients (11 bilatéralement et 16 unilatéralement) pour la distalisation des canines maxillaires. Au final, les canines ont été distalées à un taux moyen de 1,14 mm par mois. Aucun implant n'a été perdu. Un peu d'inflammation a pu être observé autour des implants surtout lorsqu'ils ont été placés trop haut dans le vestibule. De Clerck précise que **les valeurs d'ancrage des mini-plaques sont bien supérieures à celle d'une force extra-orale lors du recul des incisives et la durée du traitement est diminuée de plusieurs mois.**



2. De Clerck et Cornelis « Maxillary molar distalization with miniplates assessed on digitized models : a prospective clinical trial », Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2007.

(85) Cette étude de cohorte analyse la distalisation molaire. 31 mini-plaques ont été posées sur les crêtes des processus zygomatiques des maxillaires de 17 patients sans croissance ayant un traitement de classe II avec un ancrage squelettique. Sur ces 17 patients, 10 n'avaient pas de contact inter incisif. L'évaluation



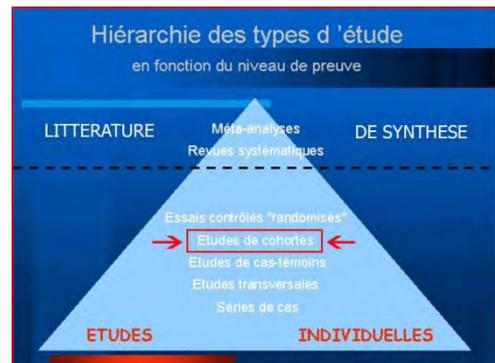
des plaques squelettiques via des logiciels informatiques portent sur l'overjet, l'overbite et les diamètres inter-canins et inter-molaires du maxillaire :

- Les molaires ont été déplacées en une occlusion corrigée de classe I pour tous les patients après une période moyenne de 7 mois +/- 2mois et ont été déplacées sur une distance moyenne de 3,27 +/- 1,7mm.

en fil droit, où le nivellement des incisives et à la correction de l'overbite sont débutés précocement dans le traitement.

4. De Clerck et al. « Biomechanics of skeletal anchorage Part 2 : Class 2 nonextraction treatment » J Clin Orthod, 2006. (106)

Cette étude de cohorte porte sur l'usage d'ancrages squelettiques Bollard chez des patients adultes présentant une classe II ne nécessitant pas d'extractions. Cette étude portait sur une période de 4 ans et demi durant laquelle 153 ancres ont été posés sur la crête du processus zygomatique du maxillaire pour

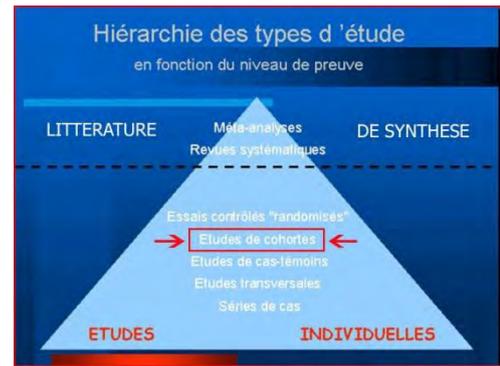


corriger cette classe II en distalisant l'ensemble de l'arc dentaire maxillaire. Sur ces 153 ancres, seuls 3 ont été perdus suite à une infection locale autour des implants. Cette thérapeutique comprend 3 étapes : après le nivellement des arcades, on va reculer d'abord le secteur postérieur. Puis on ferme les espaces créés une fois les premières molaires en classe I (les prémolaires et les incisives restantes sont collées et sont nivelées et les canines sont rétractées sur un fil droit). Enfin, on réalise la correction de l'overjet résiduel et de l'overbite et la mise en place d'une contention.

Durant la phase de distalisation molaire, les prémolaires et les canines reculent et l'overjet est réduit. Tout cela constitue un gain de temps appréciable. De plus, par son usage, l'ancre peut réduire le recours aux extractions pour traiter une classe II ou un encombrement antérieur sévère.

5. J. Sugawara "Distal movement of mandibular molars in adult patients with the skeletal anchorage system", Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2004. (74)

Cette étude de cohorte s'intéresse à la distalisation des molaires qui est un des problèmes biomécaniques les plus difficiles dans l'orthodontie traditionnelle, en particulier chez les adultes et dans la mandibule. Elle inclue 29 molaires mandibulaires et évalue chez 15 patients adultes les changements de position

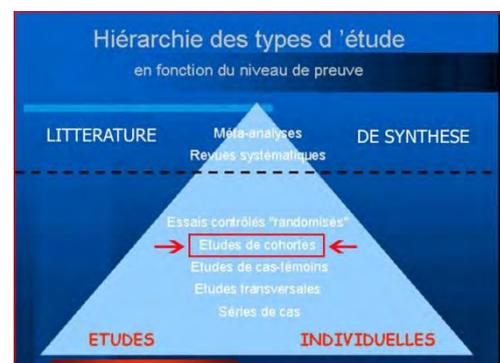


pendant et après la distalisation des molaires mandibulaires. Le montant de distalisation et la rechute et le type de mouvement des dents ont été analysés avec des radiographies céphalométriques et des moulages dentaires.

Le montant moyen de distalisation des premières molaires mandibulaires est de 3,5 mm au niveau de la couronne et de 1,8 mm au niveau de la racine. Le montant moyen de rechute était de 0,3 mm à la fois au niveau de la couronne et au niveau des apex des racines. Sur les 29 molaires mandibulaires, 9 ont été basculées vers l'arrière, et les autres ont été déplacées distalement en conformité avec les objectifs de traitement fixés. **Ainsi, la mini-plaque est une modalité fiable pour distaliser les molaires mandibulaires pour corriger les occlusions croisées antérieures, caractérisées par des malocclusions, un encombrement antérieur mandibulaire et des asymétries dentaires.**

6. De Clerck et al « the use of a bone anchor for holding upright a tipped molar in the lower jaw », J Clinid Orthod, 2004. (109)

De Clerck et al ont publié une étude de cohorte concernant le redressement de molaires mandibulaires en se servant du système Bollard. Le remplacement prothétique de la première molaire peut être compliqué par la mésialisation de la seconde molaire diminuant l'espace disponible. Il est donc nécessaire de recréer de l'espace d'où l'intérêt du traitement orthodontique préprothétique.

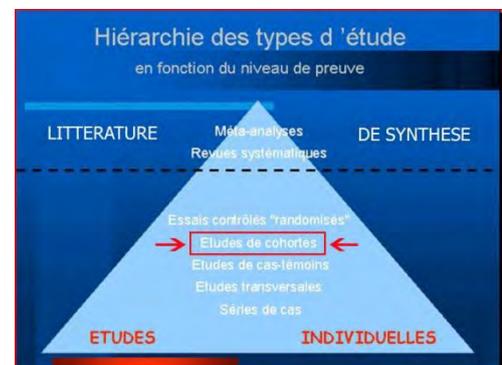


Ainsi 37 Bollard ont été posés chez 29 patients : 17 en mésial de la seconde molaire et 20 entre la canine et la première prémolaire. Seuls 4 ont été perdus peu après la pose, avant la mise en charge et toujours dans la région molaire. Cela peut sans doute être expliqué par une contamination bactérienne de la poche mésiale de la seconde molaire. De ce fait, la pose standard est faite actuellement entre la canine et la prémolaire.

Le redressement molaire prend entre 3 et 6 mois. Au final, l'intérêt de l'ancrage Bollard dans les cas de redressement molaire est de coller un bracket que sur la seconde molaire pour que l'occlusion existante ne soit pas modifiée. En outre, l'ancrage Bollard permet de pouvoir utiliser un ressort d'ingression en plus du ressort de repositionnement via son unité de fixation. **L'usage du système Bollard lors du traitement préprothétique (redressement de molaire) est prometteur et réduit la durée du traitement orthodontique.**

7. N Erverdi, A Keles et R Nanda "The Use of Skeletal Anchorage in Open Bite Treatment: A Cephalometric Evaluation" Angle orthod, 2004. (108)

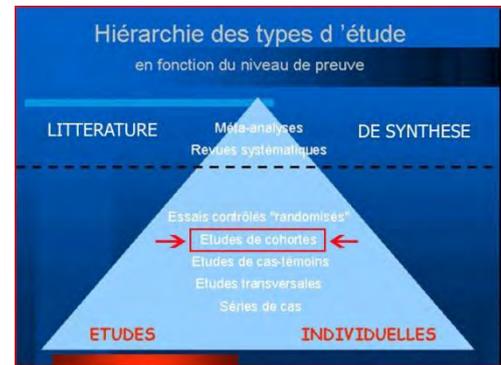
L'objectif de cette étude de cohorte était d'évaluer l'efficacité de l'ancrage squelettique par mini-plaques pour l'intrusion des dents maxillaires postérieures, afin de corriger une bécance. 10 patients caractérisés par une bécance antérieure et une croissance excessive du maxillaire postérieure, ont été inclus dans cette étude de



cohorte. Les mini-plaques de titane ont été fixées bilatéralement à la région des contreforts zygomatiques. Les résultats ont montré que, avec l'aide de l'ancrage squelettique, les dents postérieures maxillaires ont été intrusées efficacement. En conclusion, **la région zygomatique peut être un site d'ancrage utile pour l'intrusion des molaires dans un court laps de temps. L'utilisation de mini-plaque est une procédure chirurgicale beaucoup moins invasive que l'ostéotomie (impaction chirurgicale), elles réduisent le temps de traitement. Elles facilitent aussi le traitement car elles ne nécessitent pas de porter un casque ou des élastiques pour la correction de la bécance antérieure.**

8. Heymann, Cevidanes, Cornelis, De Clerck, Tulloch. “Three-dimensional analysis of maxillary protraction with intermaxillary elastics to miniplates” Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2010 (112)

Cette étude de cohorte présente 6 patients d’occlusion de classe III avec une carence maxillaire, qui ont été traités à l’aide d’élastiques intermaxillaires associés à des mini-plaques titane. Une tomодensitométrie à faisceau conique est réalisée avant et après le traitement et est utilisée pour créer des modèles volumiques en 3



dimensions qui ont été superposées sur des structures dans la base antérieure du crâne pour déterminer les changements anatomiques pendant le traitement. L’effet des forces élastiques intermaxillaires était à travers les structures naso-maxillaires. Les 6 patients ont montré des améliorations dans la relation squelettique, principalement grâce à l’avancement maxillaire avec peu d’effet sur les unités dento-alvéolaires ou changement de position mandibulaire. Ainsi, l’utilisation des élastiques intermaxillaires à partir de mini-plaque d’ancrage permet des changements squelettiques favorables et efficaces pour le traitement des classes III, et sans effets indésirables dento-alvéolaires, contrairement au FEO.

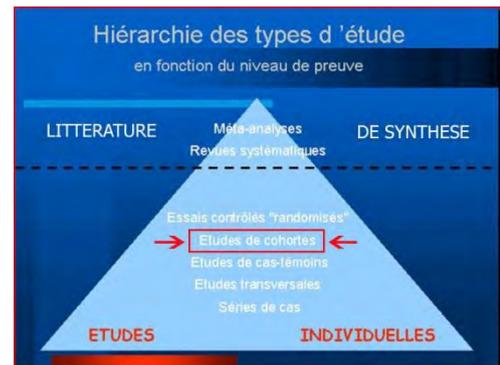
9. Sugawara et al “Treatment and post treatment dentoalveolar changes following intrusion of mandibular molars with application of a skeletal anchorage system (SAS) for open bite correction.” The international Journal of adults orthodontics and orthognatics surgery, 2002. (107)

Cette étude de cohorte a été conçue pour évaluer les changements dento-alvéolaires de pré-traitement et de post-traitement après l'intrusion des molaires mandibulaires. 9 patients adultes ont été inclus dans l'étude. Le montant de l'intrusion, la rechute, et les changements dento-alvéolaires ont été mesurés sur les radiographies céphalométriques,

les radiographies panoramiques, et des moulages dentaires. Les résultats de cette étude montraient que : Le montant moyen de l'intrusion des premières molaires mandibulaires et la seconde étaient de 1,7 mm et 2,8 mm, respectivement. Le taux de rechute était en moyenne de 27,2% au niveau des premières molaires et 30,3% des

deuxièmes molaires. Il n'y a eu aucun changement important de la hauteur de la crête osseuse, la longueur de la couronne clinique ou longueur des racines. Une rotation dans le sens antihoraire de la mandibule et une diminution de la hauteur faciale antérieure ont été observées pendant le traitement.

Ainsi, avec l'utilisation de mini-plaque, la béance antérieure peut être corrigée par la rotation anti-horaire de la mandibule accompagnée par l'intrusion des molaires.



10. Seung-hak « New treatment modality for maxillary hypoplasia in cleft patients », Angle Orthod, 2010. (110)

Cette étude, de série de cas cliniques, a pour objectif de présenter 3 jeunes patients traités avec une protraction par masque facial avec des mini-plaques d'ancrage (FM/MP) dans le but de démontrer les effets de cette association (FM/MP) sur l'hypoplasie maxillaire.

Les cas se composaient d'une fente palatine

seule, une fente labiale unilatérale et alvéolaire, et une fente labiale unilatérale et palatine. Des mini-plaques de type curviligne chirurgical ont été placées dans les zones zygomatiques des contreforts du maxillaire. Après 4 semaines, la mobilité des mini-plaques a été vérifiée, et la force orthopédique (500 g de chaque côté) a été appliquée 12 à 14 heures par jour.

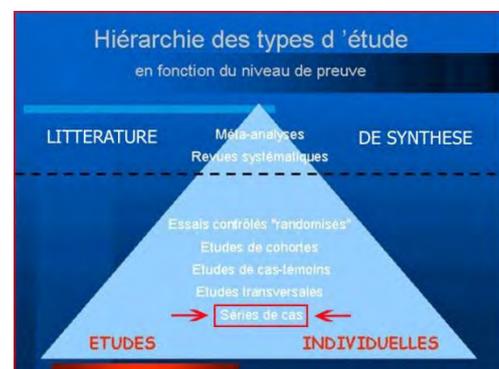
Dans tous les cas, on note un important déplacement vers l'avant mandibulaire et des effets secondaires tels que : un basculement labiale des incisives supérieures, l'extrusion



des molaires supérieures, la rotation dans le sens horaire de la mandibule et l'ouverture de l'occlusion. Mais elles sont considérées comme minimales par rapport à celle habituellement observées avec l'utilisation unique conventionnelle d'un masque facial. **En résumé, FM / MP peut être une modalité alternative efficace pour le traitement d'hypoplasie maxillaire avec un minimum d'effets secondaires indésirables chez les patients présentant des fentes.**

11. De Clerck et al « Orthopedic traction of the maxilla with miniplates: new perspective for treatment of midface deficiency », J Oral Maxillofacial Surg, 2009. (111)

Cette étude repose sur 3 cas d'adolescents présentant une classe III avec une hypoplasie maxillaire. Les objectifs de traitements ont été de maximiser les changements du massif squelettique supérieur et minimiser les mouvements dento-alvéolaires, en stimulant directement par traction sur les sutures, la croissance sagittale du maxillaire.



Le traitement a reposé sur une traction inter maxillaire entre les mini-plaques du maxillaire et de la mandibule en association avec un bite plane (plan de morsure) pour ne pas être gêné par l'articulé inversé. 4 mini-plaques ont été posées (sous anesthésie générale) sur les crêtes du processus zygomatique du maxillaire et entre la canine et l'incisive latérale mandibulaire, tout ceci des 2 côtés. On note à l'issue du traitement :

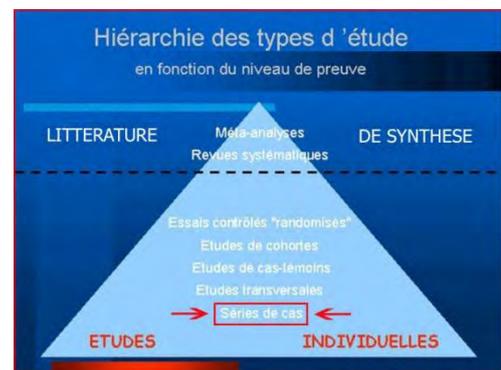
- Une correction de l'inversé d'articulé antérieur.
- Une amélioration du profil des tissus mous avec un déplacement vers l'avant de toute la partie moyenne de la face. On a noté globalement une augmentation de la convexité faciale et du profil cutané des patients.
- Aucune compensation dento-alvéolaire du fait de l'absence d'appuis dentaires.
- L'analyse céphalométrique entre le début et la fin du traitement indiquent une amélioration de la relation sagittale inter maxillaire (augmentation moyenne de l'angle ANB de + 6°).

Au final, on obtient une correction orthopédique sans effets dento-alvéolaires parasites. L'usage d'une traction inter maxillaire par ancrage Bollard est positif, tant du point de vue de l'effet squelettique global que de l'effet sur les tissus mous. Cependant ce type de traitement présente des difficultés dans la pose chirurgicale des ancrages.

12. Marinetti, Khoury « L' ancrage squelettique Bollard nouvelle utilisation », Information dentaire n°7, février 2007. (113)

C'est article présente le cas clinique d'un jeune homme de 29 ans avec un profil harmonieux mais un encombrement antérieur maxillaire qu'il aimerait corriger avec un appareil invisible.

L'examen clinique montre des rapports de classe II qui sont trop faibles pour indiquer soit des extractions de prémolaires maxillaires soit une



chirurgie d'avancée mandibulaire. Pour autant, il ne faut pas les sous-estimer car ce décalage sera plus apparent une fois les arcades alignées.

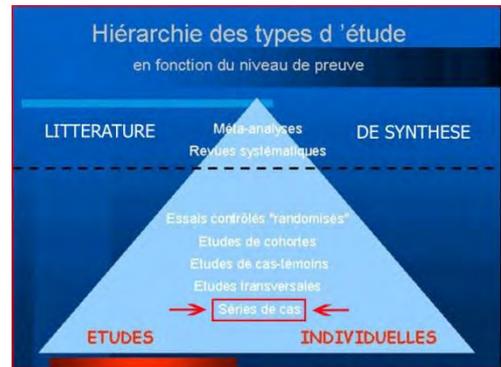
Le plan de traitement est constitué de la pose d'un appareil lingual au maxillaire et à la mandibule, d'une réévaluation du décalage de classe II une fois que les arcades seront nivelées ; suivie de la pose palatine de deux plaques d'ancrage (sous anesthésie locale en deux temps) et d'une traction (deux semaines après l'intervention) grâce à une chaînette élastomérique tendue faiblement à la première séance puis de plus en plus fort afin que toute l'arcade recule symétriquement en un temps.

La correction du décalage de classe II a pris cinq mois, mais trois mois supplémentaires ont été nécessaires pour corriger les rotations mésio-palatines excessives dues à la traction.

Ainsi les plaques squelettiques permettent un recul en masse de l'arcade, en utilisant des forces de traction importantes. La mise en place palatine de ces plaques permet de respecter l'exigence esthétique du patient.

13. Beyza et al "Orthopedic Protraction with Skeletal Anchorage in a Patient with Maxillary Hypoplasia and Hypodontia", Angle Orthod, 2006. (114)

Cette étude s'inspire d'un cas clinique et montre l'utilisation de mini-plaques placées sur la paroi nasale latérale du maxillaire pour une protraction orthopédique du maxillaire sur une fille de 11 ans présentant une hypoplasie sévère du maxillaire et une hypodontie.



La fillette présente une dépression des structures

de l'étage moyen de la face avec une importance relative de la mandibule, une relation négative croisée bilatérale buccale avec la mâchoire inférieure et un sourire inesthétique.

L'analyse céphalométrique latérale a révélé une relation de classe III squelettique en raison de la rétrusion du maxillaire.

Le plan de traitement consiste à agir immédiatement pour éviter une future chirurgie orthognathique. On va essayer de tirer profit du potentiel de croissance suturale, en appliquant une force extra-orale avec un masque via des ancrages rigides squelettiques placés dans l'os maxillaire.

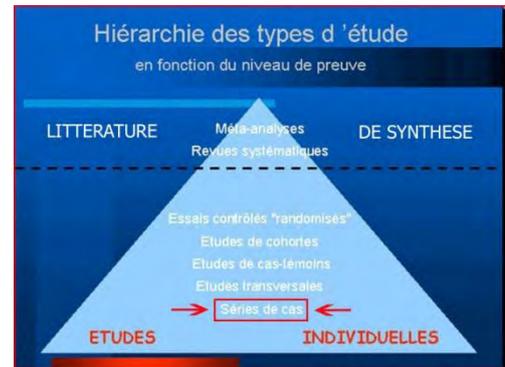
Au final, tous les objectifs de traitement ont été atteints : l'application des forces orthopédiques par des élastiques directement à la partie antérieure de l'os maxillaire à l'aide de mini-plaques d'ancrage a entraîné une amélioration remarquable de l'esthétique du visage. Le maxillaire a été élargi de 7 mm par la suture palatine médiane et a été déplacé en avant de 8 mm. La coordination des arcades dentaires, aussi bien dans les plans sagittaux que transversaux, crée une amélioration des fonctions physiologiques.

En conclusion, la thérapie du masque en conjonction avec une expansion maxillaire rapide vise à stimuler la croissance du maxillaire dans les sites sutural.

En orthopédie, les mini-plaques peuvent être utilisées comme ancrage squelettique temporaire rigide et présentent plusieurs avantages tels que la force permettant l'application immédiate après la guérison des tissus mous, la facilité d'application et le coût.

14. De Clerck et al « Biomechanics of skeletal anchorage Part 3 : Intrusion », J Clin Orthod, 2008. (115)

Cette étude met en lumière le cas clinique d'une intrusion de la molaire maxillaire. Souvent après la perte de la dent antagoniste, la molaire a tendance à s'égresser. Cela gêne le remplacement prothétique de la dent extraite car la molaire n'est plus dans un plan d'occlusion correct. De ce fait, le praticien a souvent recours à une

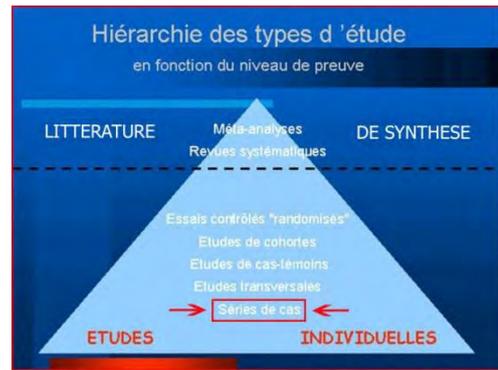


réduction homothétique de la face occlusale de la dent pouvant entraîner des sensibilités dentaires et nécessitant parfois une dévitalisation de la dent. D'où l'intérêt d'un traitement orthodontique préprothétique non invasif pour intruder la molaire.

L'ancrage Bollard est posé sur la crête du processus zygomatique du maxillaire et la molaire est baguée. Sur cette dernière un triple tube y est fixé parallèlement à l'axe longitudinal de la dent et donc perpendiculairement au plan d'occlusion. Aucun crochet élastique n'est nécessaire. La force intrusive est appliquée à distance du centre de résistance de la molaire ce qui provoque initialement une version coronaire vestibulaire. Pour compenser la vestibulo-version de la molaire, la partie inférieure du tube est attachée à distance de la bague molaire. **Au final, l'intérêt du système Bollard pour l'intrusion d'une ou plusieurs dents est le contrôle maximal de la version coronaire vestibulaire dentaire durant cette phase. Aucun auxiliaire n'est requis et il n'y a aucun effet négatif sur les autres dents. L'appareillage peut être limité aux dents intrusées ce qui améliore le confort du patient. Peu d'ajustements durant l'intrusion sont nécessaires ce qui réduit les coûts de traitement et le temps au fauteuil.**

15. Dans ce rapport de cas clinique de Fabera et al « Titanium miniplate as anchorage to close a premolar space by means of mesial movement of the maxillary molar » Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2009 est abordé la mésialisation des molaires maxillaires. (116) Il analyse le traitement orthodontique d'une femme avec des dents 15, 47 et 48 congénitalement absentes, et la persistance de la dent 55 avec une mobilité de grade 3.

L'examen clinique intra-buccal, l'analyse des soins dentaires sur les moulages et par radiographie montrent une malocclusion de classe II squelettique secteur 1 associée avec des diastèmes maxillaires et mandibulaires (les dents 12, 22 et 18 montrent une microdontie), il n'y a pas de pathologie péri-apicale.



Toutes les alternatives de traitement sont présentées au patient et ont inclus l'extraction de la dent 55 et la maintenance de certains des diastèmes maxillaires et mandibulaires. Une mini-plaque en titane a été utilisée comme ancrage pour fermer l'espace de la prémolaire 15 manquante par le mouvement mésial des dents maxillaires postérieures.

Le principal inconvénient de cette approche est la nécessité de réaliser deux chirurgies : pour implanter la mini-plaque et pour extraire 55, et pour déposer la mini-plaque. Toutefois, cette option permettrait d'éviter l'utilisation de prothèses sur implants.

Durant tout le processus du mouvement mésial des molaires, aucune mobilité de la mini-plaque a été observée, et l'hygiène du patient a été excellente. La dent 16 a été déplacée de 7,4 mm en mésial, jusqu'à ce que le contact proximal des dents 16 et 14 ait été détecté cliniquement. La traction élastique a été constamment appliquée à la dent 16, et les chaînettes ont été changées tous les mois. Les dents 17 et 18 ont avancé spontanément pendant le traitement.

Au final, nous avons atteint de bons résultats, et notre approche nécessite 1 seul ancrage temporaire, la mini-plaque, au lieu de 2 implants unitaires. **La mini-plaque a été utilisée comme ancrage pour le mouvement mésial important des molaires maxillaires, et de bons résultats thérapeutiques ont été atteints.**

Tableau récapitulatif des études sur les mini-plaques

Référence	Type d'étude	Taille de l'échantillon	Durée de suivi	Résultats
De Clerck et al « The zygoma anchorage system » J Clin Orthod, 2002	Etude de cohorte	27 patients		Les valeurs d'ancrage des mini-plaques sont bien supérieures à celle d'une force extra-orale lors du recul des incisives et la durée du traitement est diminuée de plusieurs mois.
De Clerck et Cornelis « Maxillary molar distalization with miniplates assessed on digitized models: a prospective clinical trial » Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2007	Etude de cohorte	31 mini-plaques chez 17 patients		Les mini-plaques sont une alternative simple et sûre aux FEO pour distaliser la denture maxillaire en totalité chez les patients sans croissance. Elles peuvent diminuer le recours aux extractions chez ceux ayant un encombrement ou une protrusion des dents antérieures.
De Clerck et Cornelis « Biomechanics of skeletal anchorage Part 1: class 2 extraction treatment » J Clin Orthod; 2006	Etude de cohorte	59 mini-plaques chez 31 patients	4 ans et demi	La correction de la classe II (avec extraction des premières prémolaires) est possible avec les mini-plaques. La correction de l'overbite est plus efficace si elle est faite plus tard dans le traitement avec une occlusion stable.
De Clerck et al. « Biomechanics of skeletal anchorage Part 2 : Class 2 nonextraction treatment » J Clin Orthod, 2006	Etude de cohorte	153 mini-plaques	4 ans et demi	L'ancrage est efficace dans le traitement des classes II et des encombrements antérieurs sévères. Elles permettent aussi un gain de temps appréciable.
J. Sugawara "Distal movement of mandibular molars in adult patients with the skeletal anchorage system" Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2004	Etude de cohorte	29 mini-plaques chez 15 patients		La mini-plaque est une modalité fiable pour distaliser les molaires mandibulaires pour corriger les occlusions croisées antérieures, caractérisées par des malocclusions, un encombrement antérieur mandibulaire et des asymétries dentaires.

De Clerck et al « the use of a bone anchor for holding upright a tipped molar in the lower jaw » J Clinid Orthod, 2004	Etude de cohorte	37 mini-plaques chez 29 patients		L'usage du système Bollard lors du traitement pré-prothétique (redressement de molaire) est prometteur et réduit la durée du traitement orthodontique.
N Erverdi, A Keles et R Nanda "The Use of Skeletal Anchorage in Open Bite Treatment: A Cephalometric Evaluation" Angle orthod, 2004.	Etude de cohorte	10 patients		La région zygomatique peut être un site d'ancrage de mini-plaque utile pour l'intrusion des molaires maxillaires dans un court laps de temps. Les mini-plaques facilitent aussi le traitement car elles ne nécessitent pas de porter un casque ou des élastiques pour la correction de la béance antérieure.
Heymann, Cevidanes, Cornelis, De Clerck, Tulloch. "Three-dimensional analysis of maxillary protraction with intermaxillary elastics to miniplates" Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2010	Etude de cohort	6 patients		Les résultats montrent des améliorations dans la relation squelettique, principalement grâce à l'avancement maxillaire avec peu d'effet sur les unités dento-alvéolaires ou changement de position mandibulaire.
Sugawara et al "Treatment and post treatment dentoalveolar changes following intrusion of mandibular molars with application of a skeletal anchorage system for open bite correction." Int J Adult Orthodon Orthognath Surg, 2002	Etude de cohorte	9 patients		L'utilisation de mini-plaques permet de corriger la béance antérieure par la rotation anti-horaire de la mandibule accompagnée par l'intrusion des molaires.
Seung-hak et al « New treatment modality for maxillary hypoplasia in cleft patients" Angle Orthod, 2010	Série de cas Clinique	3 patients		L'association d'un masque facial et des mini-plaques peut être une modalité alternative efficace pour le traitement d'hypoplasie maxillaire avec un minimum d'effets secondaires indésirables chez les patients présentant des fentes.

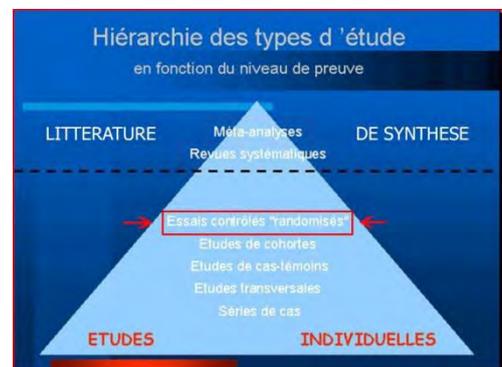
De Clerck et al « Orthopedic traction of the maxilla with miniplates: new perspective for treatment of midface deficiency » J Oral Maxillofacial Surg, 2009	Série de cas Clinique	3 patients		L'usage d'une traction inter maxillaire par ancrage Bollard dans le cas de classe III avec hypoplasie du maxillaire est positif tant du point de vue de l'effet squelettique global que de l'effet sur les tissus mous. On obtient une correction orthopédique sans effets dento-alvéolaires parasites.
Marinetti, Houry « L'ancrage squelettique « Bollard » nouvelle utilisation » Information dentaire n°7, février 2007	Cas clinique	1 patient		Les mini-plaques permettent un recul en masse de l'arcade, en utilisant des forces de traction importantes. La mise en place palatine de ces plaques permet de respecter l'exigence esthétique du patient.
Beyza et al "Orthopedic Protraction with Skeletal Anchorage in a Patient with Maxillary Hypoplasia and Hypodontia" Angle Orthod, 2006	Cas Clinique	1 patient		Les mini-plaques peuvent être utilisées comme ancrage squelettique temporaire rigide et présentent plusieurs avantages tels que la force permettant l'application immédiate après la guérison des tissus mous, la facilité d'application et le coût.
De Clerck et al « Biomechanics of skeletal anchorage Part 3 : Intrusion » J Clin Orthod, 2008.	Cas clinique	1 patient		Les mini-plaques sont efficaces pour l'intrusion de molaires et il n'y a aucun effet négatif sur les autres dents. L'appareillage peut être limité aux dents intrusées ce qui améliore le confort du patient. Peu d'ajustements durant l'intrusion sont nécessaires ce qui réduit les coûts de traitement et le temps au fauteuil.
Fabera et al « Titanium miniplate as anchorage to close a premolar space by means of mesial movement of the maxillary molar » Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2009	Cas Clinique	1 patient		La mini-plaque a été utilisée comme ancrage pour le mouvement mésial important des molaires maxillaires et de bons résultats thérapeutiques ont été atteints.

2.2.3. ETUDES COMPARATIVES

2.2.3.1. Méthode orthodontique classique versus ancrages vissés

1. L'objectif principal de l'étude de **de Skeggs RM, Benson PE, Dyer F "Reinforcement of anchorage during orthodontic brace treatment with implants or other surgical methods"** The **Cochrane collaboration, 2008** (117) était d'évaluer l'efficacité des méthodes chirurgicales (ancrages osseux) pour prévenir les mouvements dentaires indésirables par rapport aux techniques conventionnelles de renfort d'ancrage.

Les objectifs secondaires étaient d'examiner les taux d'acceptation, d'inconfort des patients et d'échec associés à ces techniques. Les auteurs de la revue Cochrane n'ont pu trouver qu'un essai clinique randomisé (ECR) pour atteindre les objectifs de cette étude. Cette étude a examiné 51

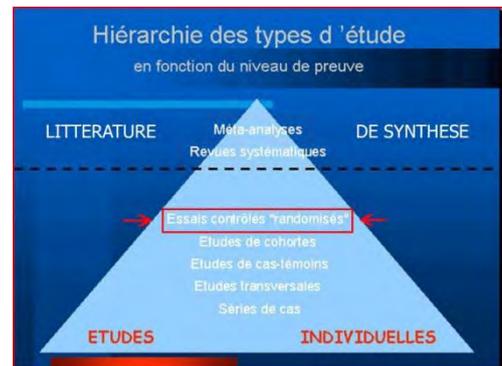


patients avec les exigences « d'ancrage absolu » traités dans deux centres. Les patients ont été randomisés pour recevoir soit un ancrage dento-alvéolaire soit un ancrage vissé avec une mini-vis palatine. La perte d'ancrage a été mesurée céphalométriquement par le mouvement mésial des points de référence dentaires et squelettiques entre T1 (début du traitement) et T2 (fin de renfort d'ancrage). Tous les points squelettiques et dentaires se sont plus déplacés en mésial dans le groupe « ancrage dento-alvéolaire » que le groupe « implant ». Les résultats ont montré des différences significatives pour le mouvement mésial de la molaire maxillaire dans les deux groupes : le changement moyen dans le groupe « implant » était de 1,5 mm et pour le groupe « ancrage dento-alvéolaire » de 3,0 mm. L'essai a été conçu pour tester une différence cliniquement significative de 2 mm, ici le résultat n'était pas statistiquement significatif, mais les auteurs concluent que **les ancrages vissés peuvent effectivement renforcer l'ancrage et sont une alternative acceptable aux coiffures en cas d'ancrage absolu**. Les auteurs de la revue ont été

incapables d'identifier les essais portant sur les objectifs secondaires de l'étude relative aux patients, les taux d'acceptation, l'inconfort et l'échec.

2. Soojin Kim et al « A comparison of miniplates and teeth for orthodontic anchorage », *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2008. (118)

Cette étude prospective comparative randomisée (ECR) analyse la fermeture des espaces orthodontique des sites d'extraction de prémolaires avec des mini-plaques d'ancrage (groupe expérimental) et en utilisant un ancrage alvéolo-dentaire (groupe témoin) chez 8 adultes. 4 prémolaires ont été extraites afin de créer un



espace suffisant pour le retrait des prémolaires maxillaires et mandibulaires. La rétraction a été réalisée avec des ressorts hélicoïdaux en nickel-titane. Des céphalogrammes latéraux ont été pris lors de l'activation initiale, à 6 semaines, et 12 semaines de charge orthodontique.

Dans l'ensemble, les plaques squelettiques avaient un taux de réussite élevé de 93,8% (15 sur 16) au cours de la période de 12 semaines de chargement orthodontique. Trois paramètres ont été mesurés et évalués : la fermeture des espaces linéaires, l'angle de basculement et la quantité de glissement d'ancrage.

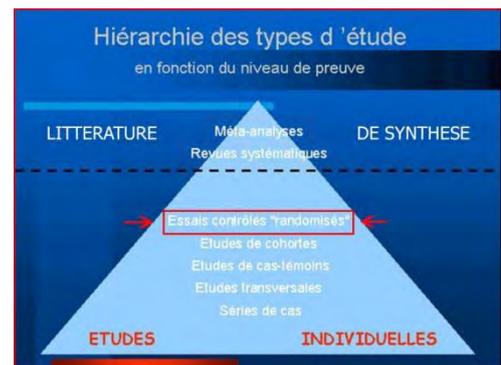
- Des quantités semblables de fermeture de l'espace ont été observées dans le groupe témoin et le groupe expérimental.
- Une différence statistiquement significative a été observée pour les quantités de basculement et de glissement entre les mini-plaques d'ancrage et l'ancrage alvéolo-dentaire :
 - Au maxillaire, la moyenne de basculement des mini-plaques était de 0,1, alors que le basculement des dents d'ancrage était de 9 °. A la mandibule, les mini-plaques ont basculé en moyenne de 3,4°, alors que la moyenne de basculement des dents d'ancrage était de 13,3 °.
 - Au maxillaire, les mini-plaques présentaient une perte d'ancrage de 1%, alors que les ancrages dento-alvéolaire avaient 37,1% de perte d'ancrage. A la

mandibule, les mini-plaques ont enregistré une perte d'ancrage moyenne de 4,5%, alors que l'ancrage alvéolo-dentaire a subi une perte d'ancrage moyenne de 31,1%.

Pour conclure, bien que la quantité totale de fermeture de l'espace a été similaire dans les deux groupes « témoin » et « expérimental », le mécanisme de fermeture de l'espace était différent. Dans le groupe témoin, le glissement des dents d'ancrage représentaient environ un tiers de la fermeture de l'espace. Dans le groupe expérimental, **les plaques squelettiques ont une mobilité très réduite et la fermeture des espaces a été réalisée presque entièrement par le mouvement des dents cibles. Ces résultats confirment que les plaques squelettiques peuvent assurer un ancrage quasi absolu.**

3. Sar C et al “Comparative evaluation of maxillary protraction with or without skeletal anchorage.” Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2011. (120)

Le but de cette étude clinique prospective contrôlée randomisée (ECR) était d'évaluer les effets squelettiques, dento-alvéolaires et les tissus mous de la protraction maxillaire avec des mini-plaques par rapport à la thérapie conventionnelle par masque et une classe III non traitée (groupe témoin). 45 sujets qui se



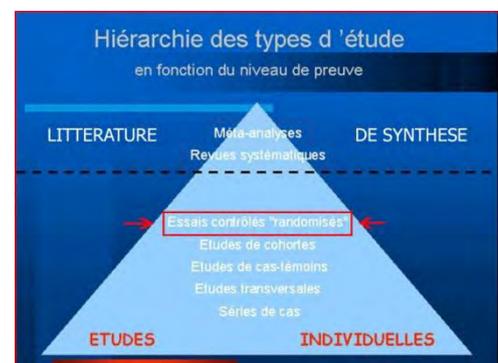
trouvaient dans une période de croissance squelettique ont été inclus dans l'étude et répartis en 3 groupes de 15 patients chacun. Tous les sujets avaient des malocclusions dentaires et squelettiques de classe III associées à un déficit maxillaire, une occlusion croisée antérieure, une supraclusion normale ou augmentée et un profil naso-maxillaire rétrusif. Avant de réaliser la protraction maxillaire, une expansion maxillaire rapide avec un appareil collé a été réalisée dans les deux groupes de traitement. Dans le premier groupe (MP + FM), un masque a été appliqué à partir de 2 mini-plaques de titane chirurgicalement placées latéralement dans les régions piriformes du maxillaire. Le deuxième groupe (FM) a reçu un traitement avec le masque conventionnel appliqué à des crochets de l'appareil d'expansion palatine. Le troisième groupe était le groupe témoin

non traité. Les tracés céphalométriques latéraux ont été obtenus au début et à la fin du traitement et analysés selon la méthode de superposition de structure.

Le résultat montre une période de traitement de 6,78 mois dans le groupe « MP + FM » et 9,45 mois dans le groupe « FM ». La période d'observation dans le groupe témoin était de 7,59 mois. Le maxillaire a progressé de 2,3 mm dans le groupe « MP + FM » et de 1,83 mm dans le groupe « FM ». Les taux de protraction étaient de 0,45 mm par mois dans le groupe « MP + FM » et 0,24 mm par mois dans le groupe « FM ». Le maxillaire a montré une rotation antérieure dans le groupe « FM », il n'y avait pas de rotation importante dans le groupe « MP + FM ». La rotation postérieure de la mandibule et la hauteur accrue du visage étaient plus évidentes dans le groupe « FM » comparé au groupe « MP + FM ». Le maxillaire et la mandibule ont progressé de manière significative dans le groupe témoin. La mésialisation des dents maxillaires dans le groupe « FM » a été éliminée dans le groupe « MP + FM ». Les relations maxillo-mandibulaire et le profil des tissus mous ont été remarquablement améliorés dans les deux groupes de traitement. **Ainsi, les effets indésirables de la thérapie conventionnelle par masque facial ont été réduits (la rotation antérieure du maxillaire, proclination des incisives supérieures, trop de mouvement vers l'avant et l'extrusion des molaires maxillaires) ou éliminés avec les mini-plaques d'ancrage et une protraction maxillaire efficace a été réalisé dans une période de traitement plus courte.**

4. Bong-Kuen Cha and Peter W. Ngan “Skeletal Anchorage for Orthopedic Correction of Growing Class III Patients”, *Semin Orthod*, 2011. (121)

Le but de la présente étude prospective comparative randomisée (ECR) était de quantifier et de comparer les effets de deux modalités de traitement pour la correction des malocclusions de classe III chez 50 patients en croissance : la protraction maxillaire dans le premier groupe (n=25) est réalisée avec un masque en association avec un appareil d'expansion maxillaire rapide (groupe RME). Le deuxième groupe (n=25)



est traité avec un masque facial avec une mini-plaque chirurgicale d'ancrage. Dans ce dernier groupe, 14 des 25 patients avaient un appareil pendulaire également utilisé pour regagner l'espace. Les 11 autres patients ont été traités par protraction maxillaire avec une seule mini-plaque. 1 seul patient a présenté une mobilité de la mini-plaque au début de la protraction maxillaire. Les mini-vis ont été remplacées et la poursuite du traitement s'est déroulée sans incident.

Le mouvement vers l'avant du maxillaire a été trouvé augmenté davantage dans le groupe « mini-plaque » par rapport au groupe « RME ». Une telle différence peut être expliquée par la transmission directe des forces orthopédiques sur les sutures maxillaires dans le groupe « mini-plaque ». La mise en place de mini-plaques dans la région du contrefort zygomatique est plus proche du centre de résistance de l'os maxillaire.

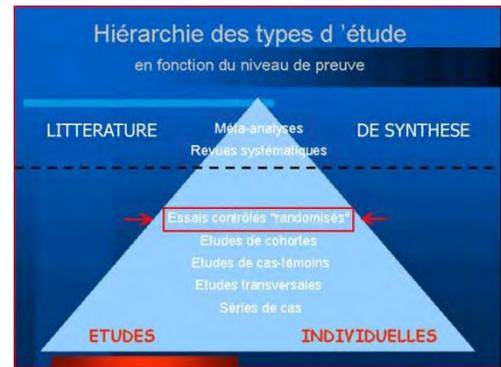
Dans le groupe « mini-plaque », le complexe maxillaire est déplacé vers l'avant sans apparition de mouvement mésial des dents postérieures, il n'y a pas de perte d'ancrage. Au contraire dans le groupe « RME », ce mouvement mésial des molaires est retrouvé, il y a une perte d'ancrage et perte de la longueur d'arcade.

L'extrusion des molaires supérieures a été trouvée inférieure dans le groupe « mini-plaque » par rapport au groupe « RME ». Une augmentation plus importante de la dimension verticale et de l'angle du plan mandibulaire a été observée dans le groupe « RME ». Ce résultat est probablement lié à la rotation vers l'arrière et vers le bas de la mandibule, résultant de l'éruption des molaires maxillaires et mandibulaires au cours de l'expansion et de l'allongement maxillaire.

Au final, la présente étude a indiqué que la protraction du maxillaire avec soit un masque en association avec un appareil d'expansion maxillaire rapide, soit avec des mini-plaques, est efficace pour la correction de l'occlusion croisée antérieure chez les patients de classe III.

5. Madhur et al "Mini-implant anchorage for en-masse retraction of maxillary anterior teeth: A clinical cephalometric study", Am J Orthodo Dentofacial Orthop, 2008. (122)

Cette étude comparative randomisée (ECR) a été menée afin de déterminer l'efficacité des mini-vis comme des unités d'ancrages intra-oraux pour la rétraction en masse des 6 dents antérieures lorsque les premières prémolaires sont extraites par rapport aux méthodes conventionnelles de renfort d'ancrage.



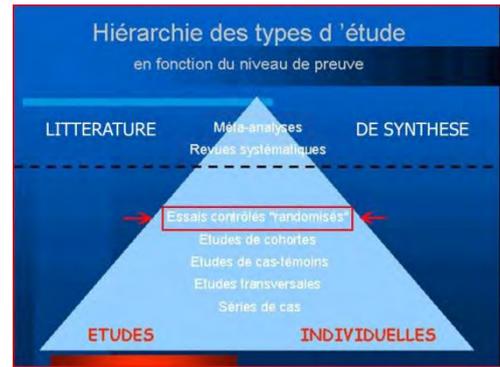
30 patients nécessitant un ancrage élevé après l'extraction des premières prémolaires maxillaires ont été sélectionnés pour cette étude. Ils ont été divisés en 2 groupes de 15 chacun. Dans le premier groupe (G1), des mini-vis ont été utilisées pour la rétraction en masse ; dans le second groupe (G2), les méthodes classiques d'ancrage de conservation ont été respectées. Les positions horizontales, verticales et angulaires de la première molaire supérieure et de l'incisive centrale ont été évaluées avant et après la rétraction orthodontique par céphalométrie. Les premières molaires maxillaires chez les patients G1 ont montré un net mouvement distal de 0,55 mm et un mouvement mésial de 1,95 mm a été trouvé dans G2. Les différences étaient statistiquement significatives. Une version distale de la première molaire de $\pm 3,63^\circ$ a été vue dans G1 et un basculement mésial de $3,7^\circ \pm 3,9^\circ$ a été observé dans G2. Aucune différence significative n'a été observée dans les taux de rétraction incisive entre les 2 groupes. Cependant, G1 a montré plus de 2 mm d'intrusion incisive, ce qui était statistiquement significatif.

Ainsi, l'étude montre que les mini-vis d'ancrage sont plus efficaces pour la rétraction des 6 dents antérieures maxillaires (lorsque les premières prémolaires sont extraites) que les méthodes conventionnelles de renfort d'ancrage, en limitant la perte d'ancrage.

6. Shingo Kuroda "Class II malocclusion treated with miniscrew anchorage: Comparison with traditional orthodontic mechanics outcomes", Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2009.(123)

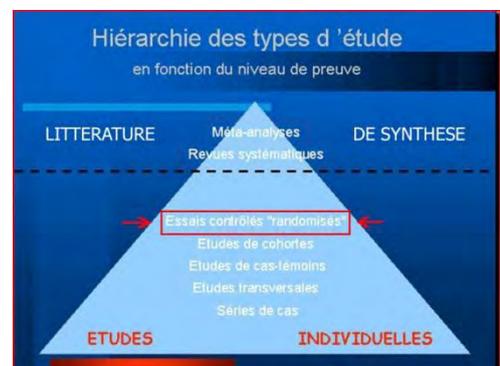
Dans cette étude comparative randomisée prospective (ECR) , nous avons comparé les résultats du traitement par analyse céphalométrique des patients atteints de classe II sévère à l'aide de mini-vis d'ancrage avec un ancrage traditionnel alvéolo-dentaire associé

à un arc trans-palatin. Les sujets étaient 22 patients de sexe féminin, qui présentaient une classe II squelettique et un angle ANB de plus de $5,0^\circ$ ou un surplomb excessif de plus de 5,0 mm. 11 patients ont été traités à l'aide de mini-vis orthodontiques d'ancrage (G1). Les 11 autres patients ont été traités avec un ancrage maximal en utilisant des coiffures et arcs trans-palatins (G2).



Les deux méthodes de traitement ont obtenu des résultats acceptables indiqués par la réduction du surplomb et l'amélioration du profil facial. Cependant, les incisives supérieures dans G1 ont été plus rétractées que ceux dans G2. Les molaires maxillaires dans G2 se sont déplacées plus en mésial que celles dans G1. La comparaison des mesures des tissus mous entre T1 (prétraitement) et T2 (post-traitement) ont montré que le profil des tissus mous était significativement amélioré dans les deux groupes. De plus, la rétraction incisive par les mini-vis d'ancrage n'a pas besoin de la coopération du patient afin de renforcer l'ancrage et a fourni plus d'amélioration significative du profil du visage que les mécaniques d'ancrages traditionnels (masque combiné avec un arc trans-palatin). L'étude conclue que **le traitement orthodontique avec ancrage mini-vis est plus simple et plus utile que la mécanique d'ancrage traditionnel pour les patients atteints de classe II.**

7. Un protocole de recherche clinique français dont le promoteur est la PHP (Hôpitaux de Paris) est en train de se développer. Il porte sur l'« Etude de l'efficacité des minivis d'ancrage squelettique comparé à l'ancrage dento-alvéolaire dans le cadre d'un traitement orthodontique » (124). C'est une étude comparative randomisée, prospective,



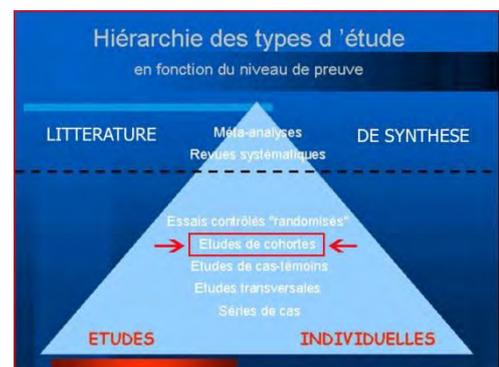
multicentrique nationale, incluant 100 sujets (6 sujets du centre hospitalo-universitaire de Toulouse) âgés de 12 à 50 ans répartis en deux groupes : le groupe mini-vis (n= 50) et

le groupe ancrage dento-alvéolaire (n=50). Sa durée est de 55 mois. A l'heure actuelle, elle est en cours de réalisation, ainsi nous ne connaissons pas encore le résultat et la conclusion de cette étude.

8. Chenchung H.H et al "Three-dimensional dental model analysis of treatment outcomes for protrusive maxillary dentition: Comparison of headgear, miniscrew, and miniplate skeletal anchorage" Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2008. (119)

Cette étude de cohorte compare l'utilisation de 2 types d'ancrages, dento-alvéolaire et osseux, pour le traitement d'une protrusion dento-alvéolaire maxillaire.

Les sujets de cette étude rétrospective étaient 40 adultes présentant une saillie dento-alvéolaire maxillaire, qui nécessite un ancrage maximal pour



stabiliser les dents postérieures lors de la rétraction des dents antérieures. Selon le type d'ancrage, les sujets ont été répartis en 3 groupes : le groupe ancrage dento-alvéolaire (n = 16), le groupe mini-vis (n = 15) et le groupe mini-plaque (n = 9). On réalise une analyse tridimensionnelle et fournit une description complète des mouvements dentaires individuels de la protrusion de la dentition maxillaire pendant le traitement orthodontique pour chacun des groupes.

Nos résultats ont démontré que le traitement orthodontique avec ancrage squelettique a entraîné une plus grande rétraction des dents antérieures maxillaires et moins de perte d'ancrage des dents postérieures que l'ancrage traditionnel. Bien que cette étude sur les modèles 3D dentaires a montré des différences subtiles entre mini-vis et mini-plaques dans la correction de protrusion dento-alvéolaire maxillaire, la performance de la mini-vis était similaire à celle de la mini-plaque dans les deux dimensions antéropostérieure et transversale, mais pas dans la dimension verticale. En plus de la rétraction antérieure, les plaques squelettiques peuvent faciliter l'intrusion des dents maxillaires postérieures, ce qui est favorable pour fermer une béance antérieure et en fournissant un contrôle vertical pendant le traitement orthodontique pour la classe II selon les cas. Ainsi toutes

les corrections de la malocclusion de classe II sont facilitées, en particulier pour les patients avec un visage hyperdivergent. Les mini-implants d'ancrage squelettique sont stables et fiables, sans l'observance du patient, ce qui augmente son acceptabilité pour de nombreux adultes.

Cette étude sur les modèles dentaires démontre que ces nouveaux ancrages osseux remplissent nos objectifs de traitement pour corriger une saillie dento-alvéolaire maxillaire. **L'ancrage par mini-vis ou mini-plaques présentent de meilleurs résultats dans le traitement de la protrusion dento-alvéolaire maxillaire que l'ancrage dento-alvéolaire par le casque conventionnel (FEO).**

2.2.3.2. Mini-vis versus plaque squelettique

1. W.K. Tsui, H.D.P. Chua et L.K. Cheung: « Bone anchor systems for orthodontic application » Discipline of Oral & Maxillofacial Surgery. (125)

Cette revue systématique a été réalisée pour étudier l'utilité et l'efficacité clinique des dispositifs d'ancrage squelettique pour déterminer le système le plus efficace d'ancrage osseux pour le mouvement orthodontique des dents. La littérature sur les dispositifs d'ancrage osseux a été sélectionnée à partir d'une



recherche sur MEDLINE dans PubMed et la COCHRANE LIBRARY à partir de Janvier 1966 à Juin 2010. D'après les recherches, les auteurs ont été incapables de trouver un ECR qui compare les différents systèmes de dispositifs d'ancrage osseux. Ils ont été regroupés en 4 différents systèmes d'ancrage osseux : 32 articles pour le groupe « mini-vis », 10 articles pour le groupe « mini-plaques », 12 articles pour le groupe « implant palatin », et 2 articles pour le groupe « implants dentaires ».

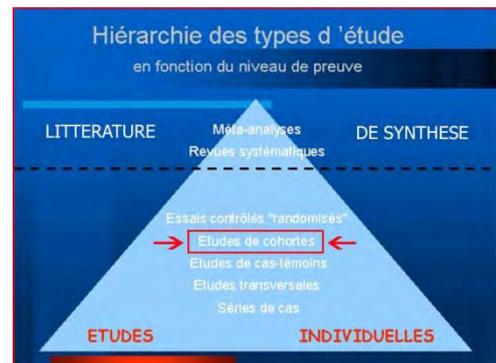
Tous les dispositifs d'ancrage osseux ont été trouvés à avoir des taux de réussite relativement élevés et ont démontré leur capacité à assurer un ancrage absolu pour le

mouvement orthodontique des dents. Le déplacement des dents a pu être obtenu avec une morbidité faible et une très bonne acceptation de la part du patient. Les taux de succès rapportés pour les 4 groupes de systèmes d'ancrage étaient généralement élevés avec une variabilité faible entre les mini-plaques, les implants palatins, les mini-vis et les implants dentaires (91,4 à 100% pour les mini-plaques; 74 à 93,3% pour les implants palatins; 61-100% pour les mini-vis; 100% pour les implants dentaires).

En conclusion, en raison de l'absence d'études randomisées et contrôlées, il n'y a pas de preuves solides pour confirmer le système d'ancrage osseux qui est le plus efficace pour réaliser le mouvement orthodontique des dents. Le choix des ancrages osseux est donc principalement basé sur les préférences des cliniciens et d'expertises.

2. Yi-Jane Chen et al “A retrospective analysis of the failure rate of three different orthodontic skeletal anchorage systems”, *Clinical Oral Implants Research*, 2007. (126)

Le but de cette étude de cohorte rétrospective était d'évaluer systématiquement la répartition des cas entre trois types de mini-implants et d'évaluer les facteurs cliniques qui influent sur les taux de défaillance des mini-implants utilisés comme ancrage orthodontique. Les données de 359 mini-implants (mini-plaques,

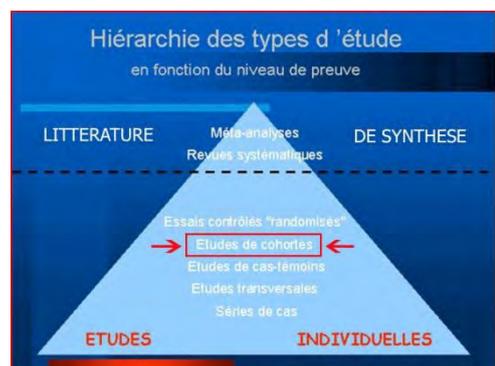


mini-vis et microscrews) dans 129 patients ont été recueillies. Les facteurs liés à la défaillance des mini-vis ont été évalués en utilisant une analyse univariée et une analyse multivariée par régression logistique pas à pas. Parmi ces trois types d'ancrage squelettique, il y avait une différence significative entre les taux d'échec de ces trois types de mini-implants. Les mini-vis et microscrews montrant des taux d'échec plus élevés que les mini-plaques. Il n'y avait aucune différence significative dans les taux d'échec parmi les mini-implants pour les variables suivantes : le sexe, le type de malocclusion, local ou de l'arcade complète de traitement, que ce soit sur le côté vestibulaire ou lingual, la longueur de la vis, schéma de chargement, ou la durée de la phase de guérison. De plus grands risques d'échecs ont été trouvés dans les patients

plus jeunes, quand un implant a été placé pour la rétraction / protraction, quand il a été mis sur le arc mandibulaire ; quand il a été placé en avant des deuxièmes prémolaires, ou lorsque vous utilisez les systèmes mini-vis / micro-vis. Après ajustement des effets potentiellement confondants, seuls trois facteurs (type de mini-implant, mise en place sur l'arcade mandibulaire et l'âge) ont été jugés statistiquement significatifs dans la prédiction de mini-implants échecs. **Les mini-implants placés chez les patients jeunes ou placés sur l'arcade mandibulaire courent un plus grand risque d'échec. Le système mini-plaque a une plus grande stabilité par rapport à celui de la mini-vis ou du microscrew. Cependant, il nécessite une intervention chirurgicale à lambeau pour l'insertion et le retrait, ce qui provoque généralement un œdème et de l'inconfort. Par conséquent, le choix du bon type d'ancrage squelettique devrait être fondé sur les besoins spécifiques de traitement de chaque patient.**

3. Sugawara, Deguchi et al “Clinical use of miniscrew implants as orthodontic anchorage: Success rates and postoperative discomfort” , Am J of Orthod Dentofacial Orthop, 2007. (127)

Dans cette étude de cohorte, nous avons évalué l'utilité clinique des mini-vis et mini-plaques pour un ancrage orthodontique. Nous avons examiné les taux de réussite, analysé les facteurs associés à leur stabilité, évalué la douleur post-opératoire et l'inconfort des patients après l'implantation par un questionnaire rétrospectif qui



comprenait une échelle visuelle analogique. 116 mini-vis en titane, et 38 mini-plaques chez 65 patients ont été rétrospectivement étudiés. Le taux de réussite pour chacun des ancrages vissés était supérieur à 80%. L'analyse de 79 mini-vis avec un diamètre de 1,3 mm ont montré aucune corrélation significative entre le taux de réussite et ces variables : l'âge, le sexe, l'angle plan mandibulaire, la relation antéro-postérieure des bases osseuses maxillaires et mandibulaires, le contrôle de la parodontite, les symptômes des

troubles temporo-mandibulaires, de chargement et la longueur de vis. La plupart des patients recevant des mini-vis ou des mini-plaques avec une chirurgie à lambeau ont signalé une douleur, mais la moitié des patients recevant des mini-vis sans chirurgie à lambeau n'a pas déclaré ressentir de douleur à tout moment après le placement. En outre, les patients ont signalé un minimum d'inconfort en raison de l'œdème dû à la chirurgie à lambeau, provoquant des difficultés d'élocutions et de mastications.

Ainsi, les mini-vis placées sans lambeau ont des taux de réussite élevés avec moins de douleur et d'inconfort après la chirurgie que les mini-vis placées avec une chirurgie à lambeau ou les mini-plaques placées avec n'importe quelle procédure.

Tableau récapitulatif des études comparatives

Référence	Type d'étude	Taille de l'échantillon	Comparaison	Durée de suivi	Résultats
Méthode orthodontique classique versus ancrages vissés					
De Skeggs RM et al. "Reinforcement of anchorage during orthodontic brace treatment with implants or other surgical methods" février 2006 du groupe Cochrane Oral Health	Essai contrôlé randomisé	51 patients	ancrage dento-alvéolaire/ ancrage vissé		Les ancrages vissés peuvent effectivement renforcer l'ancrage et sont une alternative acceptable aux coiffures en cas d'ancrage absolu.
Soojin Kim et al « A comparison of miniplates and teeth for orthodontic anchorage » Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2008.	Essai contrôlé randomisé	8 patients	Comparaison de la fermeture des espaces orthodontique des sites d'extraction de prémolaires avec des mini-plaques d'ancrage (groupe expérimental) et en utilisant un ancrage alvéolo-dentaire (groupe témoin)		Les plaques squelettiques ont une mobilité très réduite et la fermeture des espaces a été réalisée presque entièrement par le mouvement des dents cibles. Ces résultats confirment que les plaques squelettiques peuvent assurer un ancrage quasi absolu.
Sar C et al "Comparative evaluation of maxillary protraction with or without skeletal anchorage." Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2011.	Essai contrôlé randomisé	45 patients en 3 groupes de 15 : MP + FM, FM et groupe témoin non traité.	Comparer les effets squelettiques, dento-alvéolaires et sur les tissus mous lors de la protraction maxillaire dans les trois groupes. (mini plaques/ thérapie		Les effets indésirables de la thérapie conventionnelle par masque facial ont été réduits ou éliminés avec les mini-plaques. La protraction maxillaire par mini-plaque a été réalisée dans une période de traitement plus courte.

			conventionnelle par masque/ classe III non traitée.)		
Bong-Kuen Cha and Peter W. Ngan "Skeletal Anchorage for Orthopedic Correction of Growing Class III Patients" Semin Orthod, 2011	Essai contrôlé randomisé	50 patients divisés en 2 groupes de 25 : groupe RME et groupe FM/MP	Comparer les effets de deux modalités de traitement pour la correction des malocclusions de classe III		La protraction du maxillaire en conjonction avec soit RME soit mini-plaques est efficace pour la correction de l'occlusion croisée antérieure chez les patients de classe III.
Madhur et al "Mini-implant anchorage for en-masse retraction of maxillary anterior teeth: A clinical cephalometric study" Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2008	Essai contrôlé randomisé	30 patients divisés en 2 groupes de 15. G1 : des mini-vis, G2 : les méthodes classiques d'ancrage	Déterminer l'efficacité des mini-implants pour la rétraction en masse des 6 dents antérieures lorsque les premières prémolaires sont extraites par rapport aux méthodes conventionnelles de renfort d'ancrage		Les mini-vis d'ancrage sont plus efficaces pour la rétraction des 6 dents antérieures maxillaires que les méthodes conventionnelles de renfort d'ancrage, en limitant la perte d'ancrage.
Shingo Kuroda "Class II malocclusion treated with miniscrew anchorage: Comparison with traditional orthodontic mechanics outcomes" Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2009.	Essai contrôlé randomisé	22 patients divisés en 2 groupes de 11 : groupe mini-vis et groupe ancrage alvéolo-dentaire associé à un arc transpalatin	Comparer les résultats du traitement dans les deux groupes par analyse céphalométrique des patients atteints de classe II sévère		Le traitement orthodontique avec ancrage mini-vis est plus simple et plus utile que la mécanique d'ancrage traditionnel pour les patients atteints de classe II.
PHP (Hôpitaux de Paris) "Study of the Efficacy of Skeletal Anchorage (MINISCREWS) Compared to Dental Anchorage During Orthodontic Treatment."	Essai contrôlé randomisé	100 patients répartis en 2 groupes de 50 : le groupe mini-vis et le groupe ancrage	Efficacité des mini-vis d'ancrage squelettique comparée à l'ancrage dento-alvéolaire dans le cadre d'un traitement	55 mois	A l'heure actuelle, elle est en cours de réalisation, le résultat et la conclusion de cette étude ne sont pas connus.

		dento-alvéolaire	orthodontique		
Chenchung H.H et al “Three-dimensional dental model analysis of treatment outcomes for protrusive maxillary dentition: Comparison of headgear, miniscrew, and miniplate skeletal anchorage” Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2008.	étude de cohorte rétrospective	40 adultes divisés en 3 groupes : le groupe ancrage dento-alvéolaire (n = 16), le groupe mini-vis (n = 15), le groupe mini-plaque (n = 9)	Comparaison par analyse tridimensionnelle des modèles maxillaires de l'efficacité de 2 types d'ancrages, dento-alvéolaires ou osseux, pour le traitement d'une protrusion dento-alvéolaire maxillaire.		L'ancrage par mini-vis ou mini plaques présentent de meilleurs résultats dans le traitement de la protrusion dento-alvéolaire maxillaire que l'ancrage dento-alvéolaire par le casque conventionnel (FEO).
<i>Mini-vis versus plaque squelettique</i>					
W.K. Tsui, H.D.P. Chua et L.K. Cheung « Bone anchor systems for orthodontic application » Discipline of Oral & Maxillofacial Surgery	revue systématique	Groupe mini-vis : 32 articles. Groupe mini-plaque : 10 articles. Groupe implant palatin : 12 articles. Groupe implants dentaires : 2 articles.	Comparer l'utilité et l'efficacité clinique des dispositifs d'ancrage squelettique pour déterminer le système le plus efficace d'ancrage osseux pour le mouvement orthodontique des dents.		En raison de l'absence d'études randomisées et contrôlées, il n'y a pas de preuves solides pour confirmer le système d'ancrage osseux qui est le plus efficace pour réaliser le mouvement orthodontique des dents. Le choix est principalement basé sur les préférences des cliniciens et d'expertises.
Yi-Jane Chen et al. “ A retrospective analysis of the failure rate of three different orthodontic skeletal anchorage systems” Clinical Oral Implants Research, 2007.	étude de cohorte rétrospective	359 mini-implants (mini-plaques, mini-vis) chez 129 patients			Les mini-vis placées chez les patients jeunes ou sur l'arcade mandibulaire courent un plus grand risque d'échec. La mini-plaque a une plus grande stabilité par rapport à celle de la mini-vis mais elle nécessite une

					intervention chirurgicale invasive à lambeau.
Sugawara, Deguchi et al. "Clinical use of miniscrew implants as orthodontic anchorage: Success rates and postoperative discomfort" Am J of Orthod Dentofacial Orthop, 2007.	étude de cohorte rétrospective	65 patients dont 116 mini-vis et 38 mini-plaques	Comparaison des taux de réussite et évaluation de la douleur post-opératoires par un questionnaire rétrospectif avec une échelle visuelle analogique.		Les mini-vis placées sans lambeau ont des taux de réussite élevés avec moins de douleur et d'inconfort après la chirurgie que les mini-plaques placées avec n'importe quelle procédure.

2.3. DISCUSSIONS

La grande majorité des publications concernant les mini-vis et les mini-plaques sont des cas cliniques. Dans cette thèse, nous avons recherché le plus possible d'études pertinentes, à haut niveau de preuve.

Pour les mini-vis, treize études ont été choisies parmi lesquels une seule revue systématique a été trouvée. Neuf études de cohorte et une étude clinique transversale sont sélectionnées et ces différentes équipes (Melsen, Frenthaler, Miyawaki, Gelgör, Wiechmann, Cheng, Kyung, Deguchi,) vont permettre de dresser des taux de réussite de référence, de définir les possibilités thérapeutiques et les facteurs de risque associés à l'échec de mini-vis. Une série de cas et un cas clinique intéressant ont aussi été présentés. 70 % de notre recherche sur les mini-vis a donc aboutit sur des études de cohorte.

Pour les mini-plaques, quinze études ont été retenues, parmi lesquels on retrouve 60 % d'étude de cohorte (neuf études) et 40 % d'étude de série de cas (deux études) et cas cliniques simples (quatre études). Nous n'avons pas trouvé de revue systématique sur les mini-plaques.

Pour les études comparatives « *Méthode orthodontique classique versus ancrages vissés* », sept essais contrôlés randomisés et une étude de cohorte ont été trouvés. Pour les études comparatives « *mini-vis versus plaque squelettique* », une seule revue systématique et deux études de cohorte sont présentées. Aucun essai contrôlé randomisé n'a été réalisé à ce sujet.

Le concept des mini-plaques est encore peu répandu, les études à haut niveau de preuve manquent pour ce dispositif d'ancrage osseux, elles sont beaucoup plus nombreuses pour les mini-vis.

2.3.1. Synthèse sur les ancrages vissés : mini-vis et mini-plaques

A partir de cette revue de littérature, on peut retenir que les mini-vis et les plaques squelettiques font partie des systèmes squelettiques temporaires d'ancrage qui présentent de nombreux avantages par rapport au système conventionnel d'ancrage alvéolo-dentaire (FEO, forces directionnelle) :

- Ces ancrages squelettiques représentent « un ancrage absolu » : en raison de l'ancrage squelettique, il n'y a pas de mouvement indésirable des dents d'ancrage voisines. (118,77)
- De plus, le traitement ne dépend plus de la coopération du patient ; c'est donc une alternative intéressante au FEO.
- Ces ancrages osseux sont plus confortables, mieux tolérés par les patients par une mise en œuvre aisée et une simplicité d'usage pour ce dernier.
- Avec ces ancrages osseux, la ligne d'action de la force orthodontique peut coïncider avec le niveau du centre de résistance des dents à déplacer créant alors un mouvement dentaire de translation latéral favorable. Les effets parasites (rotation) sont moindres. (120)
- L'ancrage avec les ancrages vissés est permanent alors que les Forces Extra Orales pour renforcer l'ancrage ne se portent que quelques heures dans la journée.
- Ils permettent, dans toutes les études réalisées, une diminution du temps total de traitement par une mise en charge immédiate des dispositifs. (77, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123)
- De plus, ils sont plus discrets et répondent à l'exigence esthétique du patient lors du traitement orthodontique.
- Ils seront réservés plus particulièrement aux adultes, aux adolescents peu coopérant et d'après les études réalisées dans tous les cas où un ancrage absolu sera nécessaire :
 - Lorsque l'ancrage alvéolo-dentaire n'est pas suffisant ou est fortement réduit. (118)
 - Lorsque le cas orthodontique présente un décalage sévère des bases squelettiques (classe II ou III importante). (119, 120, 121, 123)
 - Lorsque le cas est orthopédique : l'ancrage alvéolo-dentaire traditionnel à lui seul ne permet pas l'application des forces orthopédiques directement

aux sutures maxillaires. Les effets indésirables de la thérapie conventionnelle par masque facial ont été réduits ou éliminés avec les mini-plaques d'ancrage. (120)

- Lorsque il n'y a plus de croissance orthopédique et en alternative à une chirurgie-orthognathique : le traitement des asymétries faciales sévères chez l'adulte consiste principalement en un repositionnement chirurgical du maxillaire ou de la mandibule. Cependant, avec les dispositifs d'ancrage osseux d'autres options de traitement variées peuvent être choisies pour les patients présentant des asymétries faciales.

2.3.2. Synthèse spécifique sur les mini-vis

A l'issu de ces études sur les mini-vis, il a été montré qu'elles possèdent une mise en œuvre facile, de nombreuses possibilités thérapeutiques (97, 105, 102, 101, 104) sans mouvements parasites sur les autres dents. Elles ne nécessitent pas la coopération du patient et diminuent la durée des traitements. Grâce à la stabilité primaire des mini-vis, l'orthodontiste peut prendre ancrage dessus rapidement après leur pose (100). Les mini-vis ont un taux de réussite moyen de 74% à 93% selon les études (94, 68). Les mini-vis placées chez les patients jeunes ou placées sur l'arcade mandibulaire en postérieur et entourées de muqueuse non kératinisée ou inflammatoire courent un plus grand risque d'échec (55, 96, 26). Les patients ont aussi très bien toléré l'insertion chirurgicale des mini-vis (69) et ne génèrent que peu de gêne chez le patient durant le traitement (68).

2.3.3. Synthèse spécifique sur les mini-plaques

Beaucoup d'études ont porté sur l'utilisation des mini plaques, notamment celle de De Clerck, qui nous montre l'intérêt des mini-plaques d'ancrage Bollard pour :

- La distalisation des molaires mandibulaires (74) sans avoir à extraire les prémolaires pour corriger les occlusions croisées antérieures, caractérisées par des malocclusions, un encombrement antérieur mandibulaire et des asymétries dentaires.
- La distalisation de la denture maxillaire en totalité chez les patients en croissance de classe II avec extraction de la première prémolaire (105) ou sans extraction de cette dernière (106). Dans les deux situations, la mécanique des plaques apporte un gain de temps de traitement appréciable.
- Les mini-plaques sont une alternative simple et sûre aux FEO pour distaliser la denture maxillaire en totalité chez les patients sans croissance (85). Cela pourrait diminuer le recours aux extractions chez ceux ayant un encombrement ou une protrusion des dents antérieures.
- La mésialisation des molaires maxillaires (116) et mandibulaires où une linguoversion excessive est redoutée : c'est le cas d'un patient avec une arcade alignée avec une occlusion quasiment idéale (79). Essayer de limiter le phénomène avec des élastiques de classe II entraîne généralement un recul des incisives maxillaires avec le risque de mener à un profil rétrusif.
- Une correction orthopédique de classe III (111) sans effets dento-alvéolaires parasites. L'usage d'une traction inter maxillaire par ancrage Bollard est positif tant du point de vue de l'effet squelettique global que de l'effet sur les tissus mous. Cependant ce type de traitement présente des difficultés dans la pose chirurgicale des ancrages.
- L'intrusion d'une ou plusieurs dents (108,115) : l'avantage est le contrôle maximal de la version coronaire vestibulaire dentaire durant cette phase. Aucun auxiliaire n'est requis et il n'y a aucun effet négatif sur les autres dents. L'appareillage peut être limité aux dents intrusées ce qui améliore le confort du patient.
- Le redressement molaire (109) : l'intérêt est de ne coller qu'un bracket que sur la seconde molaire pour que l'occlusion existante ne soit pas modifiée.
- La béance antérieure peut être corrigée par la rotation anti-horaire de la mandibule accompagnée par l'intrusion des molaires (107, 108). Par rapport à une ostéotomie pour une impaction chirurgicale du segment maxillaire postérieur,

l'utilisation de mini plaque d'ancrage est une procédure chirurgicale beaucoup moins invasive, elles réduisent le temps de traitement et elles facilitent le traitement (absence de port du casque et d'élastique).

- Les plaques squelettiques permettent un recul en masse de l'arcade (113), en utilisant des forces de traction importantes. La mise en place palatine de ces plaques permet de respecter l'exigence esthétique du patient.
- La protraction orthopédique du maxillaire présentant une hypoplasie sévère (114,110) avec une hypodontie ou avec la formation de fente labio-alvéolo-palatine est réalisable avec un minimum d'effets secondaires indésirables pour les patients.

2.3.4. Synthèse sur les études comparatives mini-vis/mini-plaques

Les études comparatives des mini-plaques par rapport aux mini-vis ont montré que :

- Les mini-plaques présentent une mise en place chirurgicale plus longue, plus compliqué et plus invasive que les mini-vis : elles nécessitent de réaliser un lambeau.
- Elles sont plus inconfortables que les mini-vis vu qu'elles provoquent généralement à la suite de la réalisation du lambeau un œdème léger à modéré, des douleurs et de la gêne pour le patient pendant les jours suivants l'acte chirurgical (126).
- Elles sont moins pratiques pour l'orthodontiste qui va être obligé de recourir au service d'un chirurgien pour les fixer, constituant un temps et un coût supplémentaire (126).
- Les mini-plaques présentent des sites d'insertion plus restreint que les mini-vis.
- Les mini-plaques présentent moins de risques d'interférence avec les racines des dents à déplacer, pendant le traitement, que les mini-vis : elles ont la possibilité de fixer les vis au-delà des niveaux des racines des dents indépendamment de la disponibilité osseuse ou de l'espace entre les racines. Ainsi les racines glissent le long de l'appareil d'ancrage.

- Les mini-plaques semblent offrir un ancrage plus fiable que les mini-vis quand des forces élevées discontinues sont utilisées. Par conséquent, elles peuvent être utilisées pour la traction orthopédique intermaxillaire de classe III (125, 126).
- Les mini-plaques possèdent des possibilités thérapeutiques plus étendues que les mini-vis : les plaques squelettiques permettent en plus le recul en une fois de l'arcade maxillaire sans la coopération du patient (113).
- Il apparaît que les plaques osseuses procurent un taux plus élevé de succès que les mini-vis. (83)
- Selon Sugawara, (127) l'utilisation de plaques d'ancrage par rapport aux mini-vis augmente de façon significative l'efficacité des systèmes de recul molaire et, est particulièrement pratique pour corriger les malocclusions de Classe II.

D'après la revue systématique « **Bone anchor systems for orthodontic application** » (125) en raison de l'absence d'études randomisées et contrôlées, il n'y a pas de preuves solides pour valider le système d'ancrage osseux vissé qui est le plus efficace. Le choix des ancrages osseux par le praticien est donc empirique et principalement basé sur ses préférences et celles d'autres cliniciens et ses habitudes d'utilisation. Dans la démarche d'EBM, on a besoin d'étude de recherche clinique à haut niveau de preuve pour permettre de réaliser une synthèse clinique qui aidera le praticien dans sa prise de décision.

Pour résumer, et selon Baumgaertel (128), l'utilisation des mini-plaques dans la pratique orthodontique sera probablement limitée aux malocclusions sévères quand les mini-vis atteignent leurs limites. On pourrait donc réserver leurs indications pour des cas chirurgico-orthodontiques ou dans les cas d'orthodontie interceptive de forte classe II ou classe III. Les mini-vis restent la méthode d'ancrage de choix pour des applications plus routinières.

CONCLUSION

Le développement des dispositifs d'ancrage squelettique, important durant ces dernières années, constitue une véritable révolution pour l'orthodontie : la revue de littérature nous montre que le champ d'application de l'orthodontie s'accroît, avec l'apparition de nouvelles perspectives thérapeutiques et une approche de traitement radicalement différente et beaucoup plus efficace dans les soins chez l'enfant et l'adulte.

Ces ancrages vissés permettent un ancrage osseux optimal dit « absolu » avec un contrôle mécanique plus fiable qui ne dépend plus de la coopération du patient. Leur utilisation permet de réduire la durée du traitement et de limiter l'apparition de mouvements parasites. Ces ancrages vissés sont moins encombrants, plus esthétiques, plus confortables et mieux tolérés par les patients que les renforts d'ancrage traditionnel. Ils sont simples à mettre en œuvre et à utiliser pour le praticien. Ainsi, ils seront réservés plus particulièrement aux adultes, aux adolescents peu coopérants et dans tous les cas où l'ancrage traditionnel alvéolo-dentaire n'est pas suffisant pour répondre aux objectifs de traitements. Les cas autrefois complexes difficiles et fastidieux à traiter avec un ancrage dento-alvéolaire traditionnel peuvent maintenant être abordés plus facilement.

Par rapport aux mini-vis, les plaques squelettiques présentent moins de risques d'interférence avec les racines des dents à déplacer par leur fixation à distance de l'arcade dentaire. Elles semblent offrir un ancrage plus fiable que les mini-vis quand des forces élevées discontinues sont utilisées, dans les cas de fort décalage squelettique tel que des forces orthopédiques. La pose des plaques est plus longue et plus invasive que celle des mini-vis et nécessite les compétences d'un chirurgien pour réaliser un lambeau. Elles sont plus inconfortables et présentent des suites post-opératoires non négligeables pour le patient. Ainsi, on réservera l'indication des plaques squelettiques pour des cas orthodontiques difficiles avec des dysmorphies importantes : les cas chirurgico-orthodontiques et orthopédiques.

Avec Baron nous pouvons conclure que : ces ancrages sont un bond en avant technique et conceptuel considérable mais il faut du temps pour que les travaux scientifiques soient publiés et fassent autorité et que ces ancrages soient parfaitement compris et acceptés par les praticiens pour une plus large application.

ANNEXES

- **Tableau récapitulatif des études sur les mini-vis (p.68)**
- **Tableau récapitulatif des études sur les plaques squelettiques (p.83)**
- **Tableau récapitulatif des études comparatives (p.98)**
 - « *Méthode orthodontique classique versus ancrage vissé* »
 - « *Mini-vis versus plaque squelettique* »

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

1. **BARON P.** Quoi de neuf en pratique orthodontique? : une interview avec Mr Baron. *Dental tribune*, novembre 2011 ; p.10-11
2. **MARCOTTE M.R.** Biomécanique en orthodontie. Paris : Édition CdP ; 1995
3. **MELSEN B, CATTANEO P.M, DALSTRA M, KRAFT D.C.** The importance of force levels in relation to tooth movement. *Semin Orthod*, 2007; **13**: 220-233
4. **FELDMAN L, BONDEMARK L.** Orthodontic anchorage: a systematic review. *Angle Orthod*, 2006; **76**(3): 493-501
5. **BARON P, GUALANO C.** Anchorage control performed with mini-screws and the lingual jet appliance. In Echarri P, Takemoto K et al: Nuevo Enfoque en orthodoncia Lingual. Ed. Ripano, Madrid, Espana 2010; p.15-26
6. **LEE T.C, LEUNG M.T, WONG R.W, RABIE A.B.** Versatility of skeletal anchorage in orthodontics. *World J Orthod*, 2008; **9**(3): 221-232
7. **JARABAK.** Technique and treatment with the light wire appliances. St. Louis, Mosby Ed; 1963
8. **NABBOUT F, FAURE J, BARON P, BRAGA J, TREIL J.** L'ancrage dentaire en orthodontie : les données du scanner. *Intern Orthod*, Septembre 2004 ; **2**(3): 241–256
9. **NABBOUT F, FAURE J, BARON P, BRAGA J, TREIL J.** Centres de résistance des groupes dentaires et mécanique orthodontique. *Intern Orthod*, Décembre 2007 ; **5**(4): 437–446
10. **CHATEAU M.** Orthopedie dento-faciale. Julien Prelat Ed. Paris ; 1970
11. **NEFUSSI J.R, VALET N, LEJOYEUX E, FLAGEUL F.** L'entité fonctionnelle odontologique au cours du déplacement orthodontique. Orthopedie dento-faciale, une approche bioprogressive. Quintessence International, 1999
12. **RICKETTS R.M.** Bioprogressive therapy as an answer to orthodontics needs. Part II. *A.J.O*, 1976; 70: 359-397
13. **RICKETTS R.M, GUGINO C.F, BENCH R.W.** Bioprogressive therapy, Denver : Rocky Mountain; 1980

14. **PHILIPPART F.** « Les mini vis », un concept d'ancrage orthodontique. Elsevier Masson Ed; 2004
15. **WILLEMS G, CARELS CE, NAERT IE et coll.** Interdisciplinary treatment planning for orthodontic-prosthetic implant anchorage in a partially edentulous patient. *Clin Oral Implant Res*, 1999; **10**(4): 331-337
16. **WEBHRBEIN H, FEIFEL H, DIEDRCH P.** Palatal implant anchorage reinforcement of posterior teeth: a prospective study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1999; **116**(6): 678-686
17. **WEHRBEIN H, GLATZMAIER J, MUNDWILLER U et al.** The orthosystem: a new implant system for orthodontic anchorage in the palate. *J Orofac Orthop*, 1996; **57**(3): 142-153
18. **ROBERTS WE, MARSHALL KJ, MOZSARY PG.** Rigid endosseous implant utilized as anchorage to protract molars and close an atrophic extraction site. *Angle Orthod*, 1990; **60**(2): 135-152
19. **WAHL N.** Orthodontics in 3 millennia. Chapter 15: Skeletal anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2008; **134**: 707-10
20. **LUDWIG B, BAUMGAERTEL S, BÖHM B, BOWMAN SJ, GLASL B et al.** Mini-implants in orthodontics. Innovative anchorage concepts. Quintessence Publishing Co. Ltd; London, 2008; p.188
21. **THEBAULT B, BEDHET N, BEHAGHEL M, ELAMRANI K.** Intérêt de l'utilisation des plaques d'ancrage. Sont-elles compatibles avec une pratique orthodontique quotidienne ? *Intern Orthod*, December 2011; **9**(4): 353–387
22. **CORNELIS M.A, SCHEFFLER N.R, DE CLERCK H.J, TULLOCH JF.C, KYUNG HM.** The development of orthodontic micro-implant. *Dental success*, 2002; **22**: 571-579
23. **CORNELIS M.A, SCHEFFLER N.R, DE CLERCK H.J et al.** Systematic review of experimental use of skeletal anchorage in orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2007; **13**(4): S52-S58
24. **BRANEMARK P.I, ADELL R, ALBREKTSSON T et al.** Osteointegrated titanium fixtures in the treatment of edentulousness. *Biomaterials*, 1983; **4**(1): 25-80
25. **DEGUCHI T, TAKANO-YAMAMOTO T, KANOMI R et al.** The use of small titanium screws for orthodontic anchorage. *J Dent Res*, 2003; **82**(5): 377-381

26. **MIYAWAKI S, KOYAMA I, INOUE M et al.** Factors associated with the stability of titanium screws placed in the posterior region for orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2003; **124**(4): 373-378
27. **MURRAY L.N, MC GUINNESS N, BIAGIONI P et al.** A comparative study of the efficacy of aphtheal in the management of recurrent minor aphthous ulceration. *J Oral Pathol Med*, 2005; **34**(7) 413-419
28. **CREEKMORE T.D, EKLUND M.K.** The possibility of skeletal anchorage. *J Clin Orthod*, 1983; **17**: 266-269
29. **WEHRBEIN H, MERZ B.R.** Aspects of the use of endosseous palatal implants in orthodontic therapy. *J. Esth. Dent*, 1998; **10**: 315-324
30. **KANOMI R.** Mini-implant for orthodontic anchorage. *J Clin Orthod*, 1997; **31**(11): 763-767
31. **COSTA A, RAFFAINI M, MELSEN B.** Miniscrews as orthodontic anchorage: a preliminary report. *Int J Adult Orthodont Orthognath Surg*, 1998; **13**(3): 201-209
32. **PARK H.S.** The skeletal cortical anchorage using titanium microscrew implants. *Korean J Orthod*, 1999; **29**: 699-706
33. **SUNG J.H, KYUNG H.M, BAE S.M, PARK H.S, KWON O.W, MC NAMARA J.A.** Microimplants in orthodontics. *Korea Dentos* , 2006, p.178
34. **KURODA S, YAMADA K, DEGUCHI T, HASHIMOTO T, KYUNG H.M, TAKANO-YAMOTO T.** Root proximity is a major factor for screw failure in orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2007; **131**: 68-73
35. **KYUNG H.M.** Micro implant anchorage. *J Clin Orthod*, 2001; **35**: 417-422
36. **KYUNG H.M.** Molar uprighting. *J Clin Orthod*, 2002; **36**: 592-596
37. **KYUNG H.M.** Development of orthodontic micro-implants for intra oral anchorage. *J Clin Orthod*, 2003; **37**: 321-328
38. **MELSEN B, LANG N.P.** Biological reactions of alveolar bone to orthodontic loading of oral implants. *Clin Oral Implants Res*, 2001; **12**: 144-152
39. **MELSEN B, COSTA A.** Immediate loading of implants used for orthodontic anchorage. *Clin Orthod Res*, 2000; **3**: 23-28
40. **COSTA A, DALSTRA M, MELSEN B.** L'aahrus anchorage system. *Ortognatodonzia Italiana*, 2000; **9**: 487-496

41. **BIRTE, MELSEN, DDS.** Mini-Implants: Where Are We? *J Clin Orthod*, 2005; **38**: 539-547
42. **MASSIF L, FRAPIER L.** Utilisation clinique des mini-vis en orthodontie. EMC (Elsevier SAS, Paris) Odontologie/Orthopédie dentofaciale, 2006; 23-492-A-17
43. **OHMAE M, SAITO S, MOROHASHI T, SEKI K, KANOMI R. et al.** A clinical and histological evaluation of titanium mini-implants as anchors for orthodontic intrusion in the beagle dog. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2001; **119**: 489-497
44. **DARQUE F, ELLOUZE S.** Biomécanique des mini-implants d'ancrage : illustration cliniques. *Intern Orthod*, 2007; **5**: 357-392
45. **LIU EJW, PAI BCJ, LIN JCY.** Do miniscrews remain stationary under orthodontic forces? *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2004; **126**(1): 42-47
46. **MAJZOUB Z, FINOTTI M, MIOTTI F.** Bone response to orthodontic loading of endosseous implants in the rabbit calvaria. *Eur J Orthod*, 1999; **33**(7): 373-381
47. **CANAL P, SALVADORI A.** Orthodontie de l'adulte. Elsevier Masson Ed, Issy-les-Moulinaux; 2008
48. **WEHRBEIN H, MERZ B.R, DIEDRICH P, GLATZMAIER J.** The use of palatal implants for orthodontic anchorage. Design and clinical application of the orthosystem. *Clin Oral Implants Res*, 1996; **7**: 410-6
49. **LAZAROO B, TILOTTA F, ERNOULT J.F.** Les mini-vis: ancrage osseux en omnipratique et en orthodontie. Mémento, 2010; 5: 51-54
50. **LESAGE CH.** Mini-screws in orthodontics: contribution of the 3D Cone Beam in the surgical technique. *Rev Odont Stomat*, December 2011; **40**: 293-302
51. **MELSEN B, VERNA C.** miniscrews implants : The Aarhus anchorage system. *Semin Orthod*, 2005; **11**: 24-31
52. **SCHNELLE M.A, BECK F.M, JAYNES R.M, HUJA S.S.** A radiographic evaluation of the availability of bone for placement of miniscrews. *Angle Orthod*, 2004; **74**: 832-837
53. **LAZAROO B, TILOTTA F, ERNOULT J.F.** Les mini-vis: ancrage osseux en omnipratique et en orthodontie. Mémento, 2010; 4: 29-47
54. **DAVARPANAH M, CARAMAN M, KHOURY P.M, AUGERAUD E, AGACHI A, SZMUKLER-MONCLER S.** L'apport de l'ancrage squelettique en orthodontie. *Actualités odonto-stomatologique*, 2007; **237**: 41-58

55. **CHENG S.J, TSENG I.Y, LEE J.J, KOK S.H.** A prospective study of the risk factors associated with failure of mini-implants used for orthodontic anchorage. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2004; **19**: 100-6
56. **DALSTRA M, CATTANEO P.M, MELSEN B.** Load transfer of miniscrews for orthodontic anchorage. *Orthodontics*, 2004; **1**: 53-62
57. **SOWDEN D, SCHIMTZ J.P.** AO self-drilling and self-tapping screws in rat calvarial bone: an ultrastructural study of the implant interface. *J Oral Maxillofac Surg*, 2002; **60**: 294
58. **HEIDEMANN W, TERHEYDEN H, GERLACH K.L.** Analysis of the osseous/metal interface of drill free screw and self-tapping screws. *J Cranio Maxillofac Surg*, 2001; **29**: 69-74
59. **KURODA S, YAMADA K, DEGUCHI T, HASHIMOTO T, KYUNG H.M, TAKANO-YAMOTO T.** Root proximity is a major factor for screw failure in orthodontic anchorage . *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2007; **131**: S68-73
60. **LAZAROO B, TILOTTA F, ERNOULT J.F.** Les mini-vis: ancrage osseux en omnipratique et en orthodontie. *Mémento*, 2010; 6 : 59-67
61. **EL-BEIALY A.R, ABOU-EL-EZZ A.M, ATTIA K.H et al.** Loss of anchorage of miniscrews: A 3-dimensional assessment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2009; **136**(5): 700-707
62. **COSTA A, PASTA G, BERGAMASCHI G.** Intra oral hard and soft tissue depths for temporary anchorage devices. *Semin Orthod*, 2005; **11**(1): 10-15
63. **KRAVITZ N.D, KUSNOTO B.** Risks and complications of orthodontic miniscrews. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2007; **131**: 43–51
64. **PEUCH-LESTRADE G.R, LE MARIE M, GUILLAUMOT G, DECKER A.** Les mini-vis en orthodontie. *Intern Orthod*, 2009; **7**: 157–169
65. **LAZAROO B, TILOTTA F, ERNOULT J.F.** Les mini-vis: ancrage osseux en omnipratique et en orthodontie. *Mémento*, 2010; 7: 69-73
66. **HOSTE S, VERCRUYSSSEN M, QUIRYNEN M, WILLEMS G.** Risk factors and indications of orthodontic temporary anchorage devices: a literature review. *Aust Orthod J*, novembre 2008; **24**(2): 140-148

67. **APEL S, APEL C, MOREA C, TORTAMANO A, DOMINGUEZ G.C, CONRADS G.** Microflora associated with successful and failed orthodontic mini-implants. *Clin Oral Implant Res*, 2009; **20**: 1186–1190
68. **WIECHMANN D, MEYER U, BÜCHTER A.** Success rate of mini- and micro-implants used for orthodontic anchorage: a prospective clinical study. *Clin Oral Implants Res*, 2007; **18**(2): 263-267
69. **BERENS A, WIECHMANN D, RUDIGER J.** L'ancrage intra-osseux en orthodontie à l'aide de mini et de micro-vis. *Intern Orthod*, 2005; **3**(3): 235-243
70. **JENNER J.D, FITSPATRICK B.N.** Skeletal anchorage utilizing bone plates. *Aust Orthod J*, 1985; **9**(2): 231-233
71. **SHERWOOD K.H, BURCH J.G, THOMPSON W .**Closing anterior open bites by intrusion of molars using titanium miniplate anchorage. *Angle Orthod*, 2003; **122**(6): 593-600
72. **UMEMORI M, SUGAWARA J, MITANI H et al.** Skeletal anchorage for open bite correction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1999; **115**(2): 166-174
73. **SHERWOOD K.H, BURCH J.G, THOMPSON W.** Intrusion of supererupted molars with titanium miniplate anchorage. *Angle Orthod*, 2003; **73**(5): 597-601
74. **SUGAWARA J, DAIMARUYA T, UMEMORI M et al.** Distal movement of mandibular molars in adult patients with the skeletal anchorage system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2004; **125**(2): 130-138
75. **SUGAWARA J, NISHIMURA M.** Minibone Plates: The Skeletal Anchorage System. *Semin Orthod*, 2005; **11**(1): 47-56
76. **YAMADA K, KURODA S, DEGUCHI T, TAKANO-YAMAMOTO T, YAMASHIRO T.** Distal movement of maxillary molars using miniscrew anchorage in the buccal interradicular region. *Angle Orthod*, 2009; **79**(1): 78-84
77. **DE CLERCK H, GEERINCK V, SICILIANO S.** The zygoma anchorage system. *J Clin Orthod*, 2002; **36**(8): 455–459
78. **CHUNG K.R, KIM Y.S, LINTON J.L, LEE Y.J.** The miniplate with tube for skeletal anchorage. *J Clin Orthod*, 2002; **36**: 407–412
79. **VEZIROGLU F, UCKAN S, OZDEN U.A, ARMAN A.** Stability of zygomatic plate-screw orthodontic anchorage system. *Angle Orthod*, 2008; **78**: 902–907
80. **SUGAWARA J.** Entretien avec le Pr. Junji Sugawara. *Orthod Fr*, 2008; **79**: 225–238

81. **DE CLERCK H.J, AMAT P.** Interview with Hugo DECLERCK. *Rev Orthop Dentofacial*, 2006; **40**(1): 9-36
82. **DEFFRENNES D.** Les mini-vis et les moyens d'ancrage osseux au service de l'orthodontie pré prothétique. ADF publication ODF, 2008.
83. **SUGAWARA J, WHITE L.** Interview Dr Junji Sugawara on the skeletal Anchorage System. *J Clin Orthod*, 1999; **33**(12): 689-696
84. **DE CLERCK H.J.** Bollard miniplates. <http://www.hugodeclerck.net/product.html>
85. **CORNELIS M.A, DE CLERCK H.J.** Maxillary molar distalization with miniplates assessed on digitized models: a prospective clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2007; **132**(3): 373-377
86. **CORNELIS M.A, DE CLERCK H.J, SCHEFFLER N.R, MAHY P et al.** Modified miniplates used for temporary skeletal anchorage in orthodontics: placement and removal surgeries. *J Oral Maxillofac Surg*, 2008; **66**(7): 1439-1445
87. **CHOI B.H, ZHU S.J, KIM Y.H.** A clinical evaluation of titanium miniplates as anchors for orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2005; **128**: 382-4
88. **CORNELIS M.A, SCHEFFLER N.R, NYSSSEN-BEHETS C et al.** Patients' and orthodontists' perceptions of miniplates used for temporary skeletal anchorage: a prospective study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2008; **133**: 18–24
89. **DURIEUX P.** « Evidence-Based Medicine»: Une médecine normalisée ou la promotion de l'esprit critique? La Presse médicale, 1998 ; cat.inist.fr
90. **SACKETT D.L et al.** « Evidence based medicine: what it is and what it isn't », *British Medical Journal*, janvier 1996; **312**(7023): 71–72
91. **DAVIDOFF F, HAYNES R.B, SACKETT D.L, SMITH R.** Evidence-based medicine. *British Medical Journal*, 1995; **310**: 1085-6
92. **DUVAL-ARNOULD D.** La responsabilité civile des professionnels de santé et des établissements de santé privés à la lumière de la loi du 4 mars 2002. www.courdecassation.fr, publication de la cour; rapport annuel de 2002
93. **BÉRY A.** Le contrat de soins. *Revue d'Orthopédie Dento-Faciale : La revue*, mars 2007 ; article 106. www.revue-odf.org
94. **DELVENNE C.** Définition des principaux types d'études. Université de liège, faculté de médecine. site web : ebm.lib.ulg.ac.be. Novembre 2012

95. **CRISMANI A.G, BERL M.H, CELAR A.G, BANTLEON H.P, BURSTONE C.J.** Miniscrews in orthodontic treatment: review and analysis of published clinical trials. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, janvier 2010; **137**(1): 108-13
96. **TSENG Y.C, HSIEH C.H, CHEN C.H, SHEN Y.S, HUANG I.Y, CHEN C.M.** The application of mini-implants for orthodontic anchorage. *Int J Oral Maxillofac Surg*, août 2006; **35**: 704-707
97. **NIENKEMPER M, WILMES B, PAULS A, DRESCHER D.** Multipurpose use of orthodontic mini-implants to achieve different treatment goals. *J Orofac Orthop*, décembre 2012; **73**(6): 467-476
98. **HERMAN R, FRANS CURRIER G, MIYAKE A.** Mini-implant anchorage for maxillary canine retraction: A pilot study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* , août 2006; **130**(2): 228–235
99. **FRENDENTHALER J.W, HAAS R, BANTLEON H.P.** Bicortical titanium screws for critical orthodontic anchorage in the mandible: a preliminary report on clinical applications. *Clin Oral Implants Res*, 2001; **12**(4): 358-363
100. **GELGÖR, BUYUKYILMAZ T, KARAMAN A.I, DOLANMAZ D, KALAYCI A.** Intraosseous screw-supported upper molar distalization. *Angle Orthod*, 2004; **74**: 838-50
101. **PARK H.G, LEE S.L, KWON O.W.** Group Distal Movement of Teeth Using Microscrew Implant Anchorage. *Angle Orthod*, juillet 2005; **75**(4): 602-609
102. **DEGUCHI T, NASU M, MURAKAMI K, YABUCHI T, KAMIOKA H, TAKANO-YAMAMOTO T.** Quantitative evaluation of cortical bone thickness with computed tomographic scanning for orthodontic implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, juin 2006; **129**(6): 721.e7-12
103. **DERTON N, DERTON R, PERINI A.** Forced eruption with miniscrews; inter-arch [corrected] method with vertical elastics versus intra-arch method using the Derton-Perini technique: two case reports. *Intern Orthod*, juin 2011; **9**(2): 179-195
104. **TANAKA E, YAMANO E, INUBUSHI T, KURODA S.** Management of acquired open bite associated with temporo-mandibular joint osteoarthritis using miniscrew anchorage. *Korean J Orthod*, juin 2012; **42**(3): 144–154
105. **DE CLERCK H.J, CORNELIS M.A.** Biomechanics of skeletal anchorage Part 1: class 2 extraction treatment. *J Clin Orthod*, 2006; **40**(4): 261-269

106. **DE CLERCK H.J, CORNELIS M.A.** Biomechanics of skeletal anchorage Part 2 : Class 2 non extraction treatment, *J Clin Orthod*, 2006; **40**(5): 290-298
107. **SUGAWARA J, BAIK U.B, UMEMORI M, TAKAHASHI I, NAGASAKA H, KAWAMURA H, MITANI H.** Treatment and post-treatment dentoalveolar changes following intrusion of mandibular molars with application of a skeletal anchorage system (SAS) for open bite correction. *The international Journal of adults orthodontics and orthognatics surgery*, 2002; **17**: 243–53
108. **ERVERDI N, KELES A, NANDA R.** The Use of Skeletal Anchorage in Open Bite Treatment: A Cephalometric Evaluation. *Angle Orthod*, juin 2004; **74**(3): 381-390
109. **DE CLERCK H.J, CORNELIS M.A, TIMMERMAN H.** Dental tours de force 4. The use of a bone anchor for holding upright a tipped molar in the lower jaw. *Ned tijdschr tandheelkd*, 2004; **111**(1): 10-13
110. **BAEK S.H, KIM K.W, CHOI J.Y.** New treatment modality for maxillary hypoplasia in cleft patients. *Angle Orthod*, 2010; **80**: 783–791
111. **DE CLERCK H.J, CORNELIS M.A, CEVIDANES L.H, HEYMANN G.C, TULLOCH J.F.** Orthopedic traction of the maxilla with miniplates: new perspective for treatment of midface deficiency. *J Oral Maxillofac Surg*, 2009; **67**: 2123-2129
112. **HEYMANN G.C, CEVIDANES L, CORNELIS M.A, DE CLERCK H.J, TULLOCH J.F.** Three-dimensional analysis of maxillary protraction with intermaxillary elastics to miniplates. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2010; **137**(2): 274-284
113. **MARINETTI A, KHOURY G.** L'ancrage squelettique « Bollard » nouvelle utilisation. *Information dentaire n°7*, février 2007; p.292-295
114. **KIRCELLI B.H, PEKTAŞ Z.O, UÇKAN S.** Orthopedic Protraction with Skeletal Anchorage in a Patient with Maxillary Hypoplasia and Hypodontia. *Angle Orthod*, janvier 2006; **76**(1): 156-163
115. **DE CLERCK H.J, CORNELIS M.A.** Biomechanics of skeletal anchorage Part 3: Intrusion. *J Clin Orthod*, 2008; **42**(5): 270-278
116. **FABERA J, VELASQUE F.** Titanium miniplate as anchorage to close a premolar space by means of mesial movement of the maxillary molar. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2009; **136**: 587-95

117. **SKEGGS R.M, BENSON P.E, DYER F.** Reinforcement of anchorage during orthodontic brace treatment with implants or other surgical methods. *Cochrane Database of Systematic Review*, 2007; Issue 3
118. **KIM S, HERRING S, WANG I.C, ALCALDE R, MAKISAAC V , HUANG F.G.** A comparison of miniplates and teeth for orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, février 2008; **133**(2): 189.e1-189.e9
119. **LAIA E.H.H, YAO C.C.J, CHANG J.Z.C, CHEN I, CHEN Y.J.** Three-dimensional dental model analysis of treatment outcomes for protrusive maxillary dentition: Comparison of headgear, miniscrew, and miniplate skeletal anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, novembre 2008; **134**(5): 636–645
120. **SAR C, ARMAN-ÖZÇIRPICI A, UÇKAN S, YAZICI A.C.** Comparative evaluation of maxillary protraction with or without skeletal anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, mai 2011; **139**(5): 636-49.
121. **CHA B.K, NGAN P.W.** Skeletal Anchorage for Orthopedic Correction of Growing Class III Patients. *Semin Orthod*, 2011; **17**: 124-137
122. **UPADHYAY M, YADAV S, PATIL S.** Mini-implant anchorage for en-masse retraction of maxillary anterior teeth: A clinical cephalometric study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, décembre 2008; **134**(6): 803–810
123. **KURODA S, YAMADA A.K, DEGUCHI B.T, KYUNG H.M, TAKANO-YAMAMOTOE T.** Class II malocclusion treated with miniscrew anchorage: Comparison with traditional orthodontic mechanics outcomes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2009; **135**: 302-9
124. **ASSISTANCE PUBLIQUE - HOPITAUX DE PARIS.** Collaborator: DENTOS. Study of the Efficacy of Skeletal Anchorage (MINISCREWS) Compared to Dental Anchorage During Orthodontic Treatment. ClinicalTrials.gov; identifier: NCT01025141.
125. **TSUI W.K, CHUA H.D.P, CHEUNG L.K.** Bone anchor systems for orthodontic application. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, novembre 2012; **41**(11): 1427-1438
126. **CHEN Y.J, CHANG H.H, HUANG C.Y, HUNG H.C, LAI H.H, YAO J.** A retrospective analysis of the failure rate of three different orthodontic skeletal anchorage systems. *Clin Oral Implants Res*, décembre 2007; **18**(6): 768-775

127. **SUGAWARA, DEGUCHI, KURODA, KYUNG, TAKANO-YAMAMOTO.** Clinical use of miniscrew implants as orthodontic anchorage: Success rates and postoperative discomfort. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, janvier 2007; **131**(1): 9-15
128. **BAUMGAERTEL S, SCHOLZ R.P.** State of the art of miniscrew implants: An interview with Sebastian Baumgaertel. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2002; **122**(6): 593-600
129. **COSTI A.** Mini-vis : les sources d'échecs. L'Orthodontie BIOPROGRESSIVE, décembre 2008 ; p.41-50
130. **TILOTTA F, LAZAROO B, GAUDY J.F.** Gestion des risques anatomiques lies à la mise en place de mini-vis palatines. *Intern Orthod*, 2008; **6**: 169-79
131. **BUCHTER A, WIECHMANN D, KOERDT S.** Load –related implant reaction of mini-implants used for orthodontic anchorage. *Clin Oral Implants Res*, 2005; **16**: 473-479
132. **FLORVAAG B et al.** Biomechanical Properties of Orthodontic Miniscrews. An In-vitro Study. *Journal of Orofacial Orthopedics*, 2010; **71**: 53-67
133. **MISCHKOWSKI, KNUEUERTZ P, FLORVAAG B, LAZAAR F, KOEBKE J, ZÖLLER J.E.** Biomechanical comparison of four different miniscrew types for skeletal anchorage in the mandibulo-maxillary area. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 2008; **37**: 948-954
134. **LEE J.S, KIM J.K, PARK Y.C, VANARSDALL R.L.** Applications cliniques des mini-implants en orthodontie. Quintessence international, 2008; p.1-11

NOM : PUJO

PRENOM : CONSTANCE

TITRE : LES ANCRAGES VISSÉS EN ORTHODONTIE: PRESENTATION ET
REVUE DE LA LITTÉRATURE

VILLE ET DATE DE SOUTENANCE :

Toulouse, le 10 décembre 2013

RÉSUMÉ Le développement des dispositifs d'ancrage squelettique, important durant ces dernières années, constitue une véritable révolution pour l'orthodontie. Le champ d'application de l'orthodontie s'accroît, avec l'apparition de nouvelles perspectives thérapeutiques. Ces ancrages osseux optimal, dit « absolu », présente un contrôle mécanique plus fiable et limite l'apparition de mouvement parasites. Leur utilisation permet de réduire la durée du traitement et ne dépend plus de la coopération du patient. Ils sont plus esthétiques, plus confortables et mieux tolérés par les patients que les renforts d'ancrage traditionnel. Ils seront réservés plus particulièrement aux adultes, aux adolescents peu coopérants et dans tous les cas où l'ancrage traditionnel alvéolo-dentaire n'est pas suffisant pour répondre aux objectifs de traitements. La pose des plaques est plus invasive que celle des mini-vis et nécessite les compétences d'un chirurgien pour réaliser un lambeau. Elles sont plus inconfortables et présentent des suites post-opératoires non négligeables pour le patient. Ainsi, on réservera l'indication des plaques squelettiques pour des cas orthodontiques difficiles avec des dysmorphies importantes : les cas chirurgico-orthodontiques et orthopédiques.

TITLE : ANCHORS SCREWED IN ORTHODONTICS: PRESENTATION AND
REVIEW OF THE LITERATURE

RESUME : The development of important during the last years of skeletal anchorage devices, is a revolution in orthodontics. The scope of orthodontics is increasing with the advent of new therapeutic perspectives. These optimal bone anchors, called " absolute", presents a more reliable mechanical controls and limits the appearance of parasitic motion. Their use can reduce the duration of treatment and no longer depends on the patient's cooperation. They are more attractive, more comfortable and better tolerated by patients than the traditional anchor reinforcements. They will be reserved especially for adults, teenagers and uncooperative in all cases where traditional alveolodental anchor is not sufficient to meet treatment goals. Sodding is more invasive than the mini- screws and requires the skills of a surgeon to perform a flap. They are uncomfortable and have significant postoperative for the patient. Thus, we reserve the indication of skeletal plates for orthodontic difficult cases with significant dysmorphies : the surgical- orthodontic and orthopedic cases.

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE :

Chirurgie dentaire

MOTS-CLÉS : Ancrage osseux, ancrage squelettique temporaire, ancrage vissé, ancrage « absolu », ancrage orthodontique, ancrage dento-alvéolaire, mini-vis, mini-implant, plaque squelettique, mini-plaque, système Bollard, EBM, contrat de soin et responsabilité civile, revue de la littérature.

INTITULÉ ET ADRESSE DE L'U.F.R. OU DU LABORATOIRE :

UNIVERSITE TOULOUSE III-PAUL SABATIER

FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE, 3 chemin des Maraîchers 31062 Toulouse Cedex 9

DIRECTEUR DE THÈSE :

Monsieur Pascal BARON