

UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2023

N° 58

THÈSE

Présentée pour le Diplôme d'État de Docteur en Chirurgie Dentaire

le 14/09/2023

par

BISMUTH CHEKROUN Emma

née le 22 / 03 / 1995 à PARIS 14ème

**TAUX D'ÉCHEC DES MINI-VIS D'ANCRAGE
ORTHODONTIQUE ET FACTEURS DE RISQUE ASSOCIÉS :
REVUE SYSTÉMATIQUE DE LA LITTÉRATURE**

Président :	Professeur DAVIDEAU Jean-Luc
Assesseurs :	Docteur BAHI-GROSS Sophie <u>Docteur BOLENDER Yves</u> Docteur MONSONEGO Shyrel
Membre invité :	<u>Docteur OHAYON Jérémy</u>

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE DE STRASBOURG

Doyen : Professeur Florent MEYER

Doyens honoraires : Professeur Maurice LEIZE
Professeur Youssef HAIKEL
Professeur Corinne TADDEI-GROSS

Professeurs émérites : Professeur Henri TENENBAUM
Professeur Anne-Marie MUSSET

Responsable des Services Administratifs : Mme Marie-Renée MASSON

Professeurs des Universités

Vincent BALL	Ingénierie Chimique, Energétique - Génie des Procédés
Agnès BLOCH-ZUPAN	Sciences Biologiques
François CLAUSS	Odontologie Pédiatrique
Jean-Luc DAVIDEAU	Parodontologie
Youssef HAÏKEL	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Olivier HUCK	Parodontologie
Sophie JUNG	Sciences Biologiques
Marie-Cécile MANIERE	Odontologie Pédiatrique
Florent MEYER	Sciences Biologiques
Maryline MINOUX	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Damien OFFNER	Prévention - Epidémiologie - Economie de la Santé - Odontologie Légale
Corinne TADDEI-GROSS	Prothèses
Béatrice WALTER	Prothèses
Matthieu SCHMITTBUHL	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques - Biomatériaux - Biophysique - Radiologie

Délégation (Juin 2024)

Maîtres de Conférences

Youri ARNTZ	Biophysique moléculaire
Sophie BAHU-GROSS	Chirurgie Buccale - Pathologie et Thérapeutique - Anesthésiologie et Réanimation
Yves BOLENDER	Orthopédie Dento-Faciale
Fabien BORNERT	Chirurgie Buccale - Pathologie et Thérapeutique - Anesthésiologie et Réanimation

Disponibilité (Nov. 2023)

Claire EHLINGER	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Olivier ETIENNE	Prothèses
Gabriel FERNANDEZ	Prévention - Epidémiologie - Economie de la Santé - Odontologie Légale
DE GRADO	
Florence FIORETTI	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Catherine-Isabelle GROS	Sciences Anatomiques et Physiologiques - Biophysique - Radiologie
Nadia LADHARI	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques - Biomatériaux - Biophysique

Disponibilité (Déc. 2023)

Davide MANCINO	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Catherine PETIT	Parodontologie
François REITZER	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Martine SOELL	Parodontologie
Marion STRUB	Odontologie Pédiatrique
Xavier VAN BELLINGHEN	Prothèses
Delphine WAGNER	Orthopédie Dento-Faciale
Etienne WALTMANN	Prothèses

À Monsieur le Professeur Jean-Luc DAVIDEAU

Professeur des Universités

Praticien hospitalier

Unité fonctionnelle de Parodontologie

*Merci de m'avoir fait l'honneur de présider ce jury de thèse.
Veuillez trouver ici l'expression de ma reconnaissance.*

À Monsieur le Docteur Yves BOLENDER

Maître de Conférences des Universités

Praticien hospitalier

Unité fonctionnelle d'Orthopédie Dento-Faciale

Merci de m'avoir fait l'honneur de diriger cette thèse.

Merci pour votre implication au quotidien et pour l'excellence de votre enseignement.

Vous m'avez transmis votre passion pour l'orthodontie.

*Veillez trouver ici l'expression de mes sincères remerciements
et le témoignage de mon plus grand respect.*

À Madame le Docteur Sophie BAHI-GROSS

Maître de Conférences des Universités

Praticien hospitalier

Unité fonctionnelle de Chirurgie Buccale

Merci de m'avoir fait l'honneur de participer à ce jury de thèse.

Veillez trouver ici l'expression de ma sincère gratitude.

À Madame le Docteur Shyrel MONSONEGO

Chef de Clinique des Universités-Assistant des Hôpitaux
Unité fonctionnelle d'Orthopédie Dento-Faciale

*Merci de m'avoir fait l'honneur de participer à ce jury de thèse.
Votre implication et votre extrême bienveillance sont un exemple que je tâcherai de
suivre.
Merci pour l'excellence de votre enseignement et pour votre disponibilité en clinique
Veuillez trouver ici l'expression de mes sincères remerciements
Et le témoignage de mon plus grand respect.*

À Monsieur le Docteur Jeremy OHAYON

Ancien Chef de Clinique des Universités-Assistant des Hôpitaux

Praticien Attaché

Unité fonctionnelle d'Orthopédie Dento-Faciale

Merci de m'avoir fait l'honneur de diriger ce travail de thèse.

*Merci pour votre aide précieuse lors de la préparation de ma thèse et de mon
mémoire.*

Merci pour tout ce que vous m'avez transmis lors de ma formation clinique.

Merci pour cette belle amitié qui s'est créée au fil de l'internat.

Veillez trouver ici l'expression de ma plus grande reconnaissance.

À mon mari, Isaac,

Tu es mon pilier. Les mots ne pourront jamais exprimer à quel point je te remercie pour ton amour, ta gentillesse et ta patience tout au long de mes études. Ta présence inconditionnelle et ton soutien indéfectible ont été des éléments essentiels qui ont contribué à la réalisation de ce projet de thèse.

Tu t'es investi énormément pour mon internat. Tu as accepté de quitter ta petite vie parisienne pour découvrir les mauricettes et les flammekueches. Ces trois années nous ont construits. Je pense que c'était une expérience très enrichissante que nous garderons en mémoire toute notre vie.

D'ailleurs, tu as su en tirer des bénéfices sur le plan professionnel. J'espère devenir aussi intéressée et dévouée que toi dans mon métier. J'ai hâte de travailler en collaboration avec toi sur des cas ortho-esthétiques.

Merci de t'être occupé aussi bien et aussi souvent de Joseph. Tu es un père exemplaire et un mari si attentionné.

Cette thèse est le fruit de notre travail, l'accomplissement de tous les sacrifices que tu as faits pour moi. Je suis fière de partager cette réussite avec toi.

Avec tout mon amour.

À mon fils, Joseph,

Merci pour tout le bonheur que tu m'apportes chaque jour.

À un an, tu es déjà une personne formidable et je suis fière d'être ta mère.

Ce n'était pas facile de reprendre le travail après ta naissance. Ce ne l'était pas non plus de te quitter pour voyager et participer à diverses formations et congrès, mais c'est promis, dès novembre, je compte profiter de chaque instant avec toi.

Je t'aime tant.

À mes parents,

Vous avez tout fait pour me tracer une voie sans obstacles, tout fait pour que je sois heureuse et que je ne manque de rien. Je vous aime, mes chers parents. J'espère que vous trouverez dans cette thèse l'expression de ma reconnaissance éternelle et aussi de la fierté. Sans vous, je ne serais jamais arrivée jusqu'ici. Ma réussite d'aujourd'hui est la vôtre.

Maman,

Merci pour tout le temps que tu as consacré à mes études. Tu as toujours cru en moi et si j'en suis là, c'est grâce à toi.

Partir à Strasbourg a renforcé notre lien déjà extrêmement fort, grâce à nos appels quotidiens que je ne veux jamais manquer. J'ai hâte de rentrer pour que nous puissions encore plus papoter. Comme nous aimons le dire, tu es une lionne. Tu ne recules devant rien pour protéger et faire grandir tes lionceaux. Tu as tout donné pour notre éducation et notre épanouissement. Devenir moi-même maman n'a fait que renforcer mon admiration envers toi. J'espère un jour pouvoir être à ta hauteur. Si déjà je m'en rapproche, je pourrais dire que j'ai réussi dans ma vie.

Papa,

Très jeune, j'ai rejoint la "team Montefiore" quand je travaillais pour mes examens de première année. Ensuite, j'ai continué avec mes examens de dentaire et la préparation au concours de l'internat. Merci de m'avoir régulièrement prêté ton bureau. C'était un plaisir de te voir plus souvent en y étant et de découvrir ton univers professionnel. Merci de m'avoir partagé tous tes conseils, ton sens du travail et ton efficacité. J'admire ta réussite et ton intelligence. Il y a eu du chemin depuis le moment où tu m'interrogeais pour le bac d'Histoire ! En plus de me guider dans le travail, tu m'as aussi montré l'importance de profiter de la vie avec nos nombreuses vacances. Tu es aussi sérieux que ouf, et j'aime tant ton lâcher-prise.

Je t'adore, mon papou.

À ma sœur, Ora,

Nous avons une relation unique, tu es pour moi comme une jumelle. Je suis fière d'être ta sœur, et j'espère qu'un jour tu prendras pleinement conscience de toutes tes nombreuses qualités, ma chère petite huitre. J'attends avec impatience le moment où nous ouvrirons notre cabinet, et où nous pourrons échanger sur nos cas cliniques pour progresser ensemble.

Chaque instant que nous passons ensemble est un bonheur.

Merci d'être ma confidente, de m'écouter, de me comprendre et de m'apporter quotidiennement ton soutien.

À mon frère, Solal,

Merci pour toutes nos heures passées à jouer et à rire de tout. (En vérité, tu ris surtout de moi.)

L'ambiance au bisclub ne serait pas la même sans ton sens de l'humour. J'ai pu m'endurcir grâce à toi et à ta franchise. J'admire ta détermination, ta débrouillardise et ton détachement, et je suis convaincue que tu iras loin avec ces qualités. J'apprends énormément grâce à toi, et j'ai hâte que tu puisses transmettre ta pro-attitude à Joseph.

Merci à **Clara**, qui te rend heureux. J'espère qu'elle continuera à me ressembler !

À ma sœur, Pearl,

Tu es le rayon de soleil de la maison et tu nous apportes tant de joie au quotidien. Tu es une source d'inspiration pour moi. Tu es d'une intelligence remarquable, travailleuse, gentille et dévouée envers tes amis et ta famille. Tu as toujours les mots justes, et j'adore discuter avec toi. Nous partageons tellement de choses ensemble. J'ai hâte de reprendre nos goûters chez Meunier, de refaire des TikToks avec toi, ou encore de cuisiner des recettes de granola. Merci pour ton soutien et pour tous tes efforts afin que nous ayons une maison calme pour travailler !

À mes grands-parents Marcel, Josette, Meyer et Jeanine et mes oncles, tantes, cousins et cousines,

Merci pour ces moments à vos côtés, tous ces souvenirs et ces instants passés qui m'ont apporté beaucoup de bonheur.

À mes beaux-parents,

Merci pour votre soutien pendant mes études, qui n'ont pas été de tout repos, ainsi que pour tous ces moments partagés. Votre gentillesse et votre bienveillance me touchent profondément. J'ai beaucoup de chance d'avoir une belle famille comme la vôtre. Vous êtes attentionnés au quotidien. Je prends énormément de plaisir à passer des week-ends avec vous. Une mention spéciale à Isabelle et à nos longues discussions du samedi matin que j'adore !

À Ben,

Tu étais un ami et je ne pouvais pas rêver mieux, tu es devenu mon beau-frère. Merci pour ton immense générosité au quotidien. Tu l'as bien montré en m'aidant avec mes statistiques. Merci de prendre soin de ma sœur. J'ai hâte de t'avoir comme voisin et qu'on aille se manger des sandwiches charcuteries chez panzer.

À Micka, Sam, Elsa et Ariel,

Merci pour toutes nos joies partagées et toutes les imitations de Micka qui nous font tant rire ! J'ai hâte de passer plus de temps avec vous en rentrant et qu'on fasse des après-midis cousins au jardin !

À Debo, Jordan et Noah,

Merci pour toutes nos sorties (la biscochek à l'escape game, les journées plages, les restau...) Vous me manquez au quotidien, j'espère qu'on fera vite des prochaines vacances ensemble ! Je vous adore

À Ruben,

Merci pour ta gentillesse et tous nos moments ensemble ! Avec toi, il y a toujours des fous rires, j'aimerais qu'il y en ait plus !

À Nathan,

Merci pour nos après-midis à jouer aux cartes et à manger des bonbons. J'adore partager des moments avec toi et je suis très contente de ta réussite tant méritée !

À mes meilleures amies,

Olivia ma partenaire de discussions philosophiques,

Eva mon binôme, qui m'a montré et motivée dans le chemin de l'orthodontie,

Eve ma copine de bain de pieds,

Léa ma feelgoodette,

Pauline ma ménagère,

Merci pour tous ces moments de joies partagés ensemble, tous ces voyages, ces cafés, ces anniversaires, tous ces souvenirs passés et futurs qui me sont si chers et resteront pour toujours ancrés dans mon cœur. Vous êtes toutes formidables et je sais notre amitié durable.

À Sarah, Alexandre, Mélanie, Alexandra, Daniel, Lauren, sans vous, mes études à Montrouge n'auraient pas été pareilles.

À Johanna, pour notre amitié depuis la ferme de Thizy et pour nos nombreuses révisions ensemble.

À Clarisse, Anaïs, Sandra, merci pour tous nos bons moments depuis Janson.

À Shana, Cyrièle et Vic, mes pestes préférées.

À Jérem et Aurel,

Sans vous, ces trois années à Strasbourg n'auraient pas été les mêmes. Vous êtes mon coup de foudre amical. Vous nous avez accueillis, Isaac et moi, comme des membres de votre famille. Merci pour vos nombreuses invitations, nos parties de cabos, nos aprèm, nos sorties et pour nos vacances.

Jérem, tu es comme un frère pour moi, merci d'avoir été mon assistant personnel pendant l'internat, et ce, même avant d'occuper le poste d'AHU ! Tous mes souvenirs pendant l'internat avec toi resteront gravés !

Aurel, ma sauvage, merci pour tous nos fous rires (Giovanni, Gavroche et autres), nos sessions de sport, nos appels, nos shabbats, nos sessions shopping (il a fallu qu'on fasse ça le jour des débordements à Strasbourg !).

Votre amitié m'est si chère. Je compte sur vous pour ne pas me faire pleurer et pour instaurer des retrouvailles quotidiennes !!

À Shyrel,

Merci pour tes si belles invitations et pour m'avoir partagé tes secrets de cuisine ! Merci pour ton extrême gentillesse pendant l'internat. Merci de m'avoir suivie dans les différents sports dans lesquels je t'ai embarquée. On a bien ri !

Merci pour tous nos instants passés avec **Samuel et Levi.**

À Flore,

Merci pour ces trois années à tes côtés, c'était un plaisir de t'avoir en tant que voisine de boxe. Deux pleureuses béliers ensemble ça ne pouvait que matcher !

Merci pour ta générosité, ta bonne humeur quotidienne et ta bienveillance. Merci pour tous nos fou rires entre chaque patient et pour ton soutien pendant l'internat !

À Yaël,

Merci pour nos super déjeuners avec nos pauses café/chocolat tant attendues.

À mes co-internes, Estelle, Valentin, Caroline, Constance, Guillaume, Gael, merci pour tous nos bons moments ensemble.

À toute l'équipe enseignante du département d'Orthopédie Dento-Faciale du CHU de Strasbourg, Cihan, Hélène, Elia, Mélanie, Mathieu, Morgan, Nicolas, Quentin, Valérie, Delphine, Frédéric, Dr Grollemund, Dr Kanter, Dr Martin, Dr Siebert et Dr Starck, merci pour votre pédagogie, votre bienveillance et votre sympathie.

À Estelle et Fabienne, merci de m'avoir fait autant rire pendant l'internat, merci pour votre joie de vivre quotidienne et tout votre travail pour que le service fonctionne.

À Peggy et Isabelle, merci pour votre accueil et votre serviabilité. C'était un plaisir de travailler avec vous et de descendre au labo discuter avec vous !

Aux Dr Mike et Marie Laure Lahmi, merci de m'avoir fait découvrir l'orthodontie et pour vos précieux conseils.

À Laulau, merci d'avoir accepté de lire ma thèse et pour ta gentillesse.

UNIVERSITÉ DE STRASBOURG
FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2023

N° 58

THÈSE

Présentée pour le Diplôme d'État de Docteur en Chirurgie Dentaire

le 14/09/2023

par

Emma BISMUTH CHEKROUN

née le 22 / 03 / 1995 à PARIS 14ème

**TAUX D'ÉCHEC DES MINI-VIS D'ANCRAGE
ORTHODONTIQUE ET FACTEURS DE RISQUE ASSOCIÉS :
REVUE SYSTÉMATIQUE DE LA LITTÉRATURE**

Président :	Professeur DAVIDEAU Jean-Luc
Assesseurs :	Docteur BAHI-GROSS Sophie <u>Docteur BOLENDER Yves</u> Docteur MONSONEGO Shyrel
Membre invité :	<u>Docteur OHAYON Jérémy</u>

Table des matières

Liste des figures	5
Liste des tableaux	6
Introduction	7
1 Ancrage osseux, mini-vis : généralités	9
1.1 Notion d'ancrage orthodontique	9
1.1.1 Définition.....	9
1.1.2 Historique	9
1.2 Les ancrages osseux temporaires.....	11
1.2.1 Les types d'ancrages osseux temporaires	11
1.2.1.1 Indications des ancrages osseux.....	11
1.2.1.2 Contre-indications des ancrages osseux.....	12
2 Analyse de la littérature : taux de succès, facteurs de risques... 13	13
2.1 Méthodologie	13
2.1.1 Stratégie de recherche	13
2.1.2 Critères de sélection	13
2.1.3 Paramètres évalués.....	14
2.2 Résultats.....	17
2.2.1 Généralités et données démographiques.....	18
2.2.2 Résultats sur le critère de jugement principal.....	18
2.2.3 Résultats sur les critères de jugement secondaires	23
2.2.3.1 Facteurs dépendant de l'hôte	23
2.2.3.2 Facteurs liés au site d'insertion	27
2.2.3.3 Facteurs liés à la mini-vis	34
2.2.3.4 Facteurs chirurgicaux	38
2.2.3.5 Facteurs orthodontiques.....	43
2.3 Discussion.....	48
2.3.1 Qualités des études sélectionnées.....	48
2.3.2 Limites de l'analyse	48
2.3.3 Critère de jugement principal : taux d'échec	49

2.3.4 Critères de jugement secondaires	50
2.3.4.1 Facteurs dépendant de l'hôte	50
2.3.4.2 Facteurs liés au site d'insertion	56
2.3.4.3 Facteurs liés à la vis	62
2.3.4.4 Facteurs chirurgicaux	69
2.3.4.5 Facteurs orthodontiques	76
2.3.4.6 Facteurs de risque supplémentaires.....	80
Conclusion	81
Références bibliographiques.....	84

Liste des figures

Fig. 1 : Alehyane et al., 3e loi de Newton (5)	9
Fig. 2 : Classification de la proximité radicaire selon Kuroda et al. (1).....	16
Fig. 3 : Schéma de la mesure de proximité radicaire sur CBCT par Watanabe et al. (36).....	16
Fig. 4: Diagramme de flux des études retenues	17
Fig. 5 : Proximité radicaire et distance à la crête alvéolaire (78).....	76

Liste des tableaux

Tab. 1 : Taux d'échec des mini-vis dans les études recensées	19
Tab. 2 : Influence de l'âge sur le taux d'échec des mini-vis	23
Tab. 3 : Influence du genre sur le taux d'échec des mini-vis	24
Tab. 4 : Influence des relations squelettiques sagittales sur le taux d'échec des mini-vis	25
Tab. 5 : Influence des relations verticales sagittales sur le taux d'échec des mini-vis	25
Tab. 6 : Influence de l'hygiène buccale et de l'inflammation sur le taux d'échec des mini-vis	26
Tab. 7 : Influence des caractéristiques osseuses sur le taux d'échec des mini-vis ...	28
Tab. 8 : Influence de l'arcade d'insertion sur le taux d'échec des mini-vis	30
Tab. 9 : Influence de la localisation sur le taux d'échec des mini-vis	33
Tab. 10 : Influence du côté d'insertion sur le taux d'échec de la mini-vis	34
Tab. 11 : Influence du diamètre sur le taux d'échec des mini-vis	35
Tab. 12 : Influence de la longueur sur le taux d'échec des mini-vis	36
Tab. 13 : Influence du matériau sur le taux d'échec des mini-vis	37
Tab. 14 : Facteurs vis : influence du type de vis, auto-forant / auto-taraudant	38
Tab. 15 : Influence de l'opérateur sur le taux d'échec des mini-vis	39
Tab. 16 : Influence du torque d'insertion sur le taux d'échec des mini-vis	40
Tab. 17 : Influence de l'axe d'insertion sur le taux d'échec des mini-vis	41
Tab. 18 : Influence du tissu d'insertion sur le taux d'échec des mini-vis	42
Tab. 19 : Influence de la proximité radiculaire sur le taux d'échec des mini-vis	43
Tab. 20 : Influence du délai de mise en charge sur le taux d'échec des mini-vis	44
Tab. 21 : Influence du type de mouvement orthodontique sur le taux d'échec des mini-vis	46
Tab. 22 : Influence des forces orthodontiques sur le taux d'échec des mini-vis	47

Introduction

Les mini-vis d'ancrage orthodontique ont révolutionné la gestion de l'ancrage en orthodontie.

Elles répondent à de nombreuses indications en repoussant continuellement les limites des traitements orthodontiques conventionnels. Leur caractère peu contraignant, leur facilité de mise en place ainsi que leurs dimensions réduites en font un moyen d'ancrage idéal et un outil précieux pour les thérapeutiques orthodontiques, que ce soit pour les adolescents ou les adultes.

Bien que les mini-vis présentent des taux de réussite élevés, le taux d'échec est non négligeable et compris entre 0 et 30 %. Cet échec reste encore aujourd'hui mal expliqué.

De nombreuses études se sont intéressées à ces échecs et aux divers facteurs pouvant les influencer. Par exemple, selon Kuroda *et al.*, la proximité radiculaire est un des facteurs influençant le plus fortement le taux de succès des ancrages osseux (1). L'inflammation autour de la vis serait également, d'après Miyawaki *et al.*, un facteur déterminant (2). Enfin, Motoyoshi *et al.* soulignent l'importance de l'épaisseur d'os cortical en estimant qu'il y aurait sept fois plus d'échecs lorsque celle-ci est inférieure à 1 mm (3).

Une meilleure compréhension de ces échecs serait précieuse afin d'améliorer la prise en charge des patients et de prendre toutes les précautions nécessaires pour limiter l'échec. L'identification de facteurs de risque d'échec et l'évaluation de leur éventuelle influence permettrait d'améliorer la gestion pré-, per- et post-opératoire et ainsi de maximiser le taux de succès.

Notre objectif est de consulter la littérature de façon systématique afin de répondre à la question suivante : Quel est le taux d'échec des mini-vis d'ancrage orthodontique et quels sont les facteurs de risque associés ?

Pour cela nous détaillerons dans une première partie la notion d'ancrage et de mini-vis orthodontique en général. Nous étudierons, dans un second temps, le taux d'échec des mini-vis à travers une revue de littérature tout en examinant les différents facteurs de risques d'échec recensés dans les études.

Ce travail de thèse précède une étude clinique dans le cadre d'un mémoire de spécialité en orthopédie dento-faciale dont le but est d'étudier le taux d'échec et les facteurs de risque des mini-vis au sein du service d'orthopédie dento-faciale des Hôpitaux Universitaires de Strasbourg.

1 Ancrage osseux, mini-vis : généralités

1.1 Notion d'ancrage orthodontique

1.1.1 Définition

En orthodontie, la notion d'ancrage implique la résistance à une force de déplacement (4), conformément à la troisième loi de Newton « l'action est toujours égale à la réaction ; c'est-à-dire que les actions de deux corps l'un sur l'autre sont toujours égales et de sens contraire » (Fig. 1). Ainsi, l'ancrage est un élément primordial pour éviter les mouvements parasites lors d'une mécanique orthodontique.

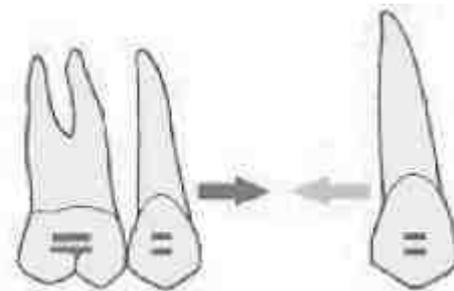


Fig. 1 : Alehyane et al., 3e loi de Newton (5)

Ainsi, pour garantir le meilleur traitement orthodontique, le praticien recherche un système d'ancrage efficace. En fonction de la situation clinique, une perte d'ancrage peut être tolérée voire recherchée. Néanmoins, lorsqu'aucun mouvement parasite n'est souhaité, il est nécessaire de trouver un ancrage stable en toutes circonstances, on parle d'ancrage absolu. Il semblerait que les ancrages osseux temporaires tels que les mini-vis d'ancrage orthodontique soient les plus proches d'un ancrage absolu à ce jour.

1.1.2 Historique

L'histoire de l'ancrage orthodontique est ancienne. En effet, les orthodontistes recherchent depuis longtemps l'ancrage parfait pour minimiser les mouvements dentaires indésirables (6).

Nous pouvons citer quelques étapes significatives dans le développement des ancrages osseux :

- 1878 : le premier ancrage squelettique est réalisé par Humphry (7) par une ligature insérée à travers un trou au niveau du ramus ;
- 1945 : Gainsforth et Higley (8) testent des vis en vitalium chez le chien pour renforcer la stabilité de leurs dents. Toutefois, lors de l'application des forces, les vis ont été perdues (9) ;
- 1964 puis 1969 : Bränemärk (10) démontre la résistance de vis ostéointégrées en titane à des contraintes élevées, avec des résultats stables à 5 ans ;
- 1983 : Creekmore et Eklund (11) mènent les premiers essais cliniques réellement concluants avec une expérimentation d'un cas d'ingression et de vestibuloverision des incisives maxillaires chez un patient en utilisant une vis insérée au niveau de l'épine nasale antérieure. Ils démontrent ainsi la capacité des mini-vis à supporter des forces constantes de grande intensité afin de mobiliser tout un groupe de dents, sans perte d'ancrage ni infection ;
- 1984 : Roberts (12) applique le principe d'ostéointégration en utilisant des implants comme piliers d'ancrage orthodontique et orthopédique. Ces travaux sont validés par les études cliniques de Shapiro et Kokich (13) en 1988 ;
- 1997 : Kanomi (14) introduit le premier système de mini-vis spécifiquement conçu pour une utilisation orthodontique et basé sur des vis utilisées lors des chirurgies orthognatiques et reconstructrices.

Depuis près de 25 ans, les mini-vis ont considérablement évolué dans leur conception que ce soit en termes de tailles ou de modèles.

1.2 Les ancrages osseux temporaires

1.2.1 Les types d'ancrages osseux temporaires

L'ancrage osseux (ou squelettique) peut se décliner en deux catégories (6) :

- Les mini-plaques d'ancrage,
- Les mini-vis d'ancrage, qui sont l'objet de ce travail.

Les mini-vis représentent l'ancrage osseux temporaire le plus fréquemment utilisé en raison de leur simplicité de mise en œuvre et de leur efficacité. Il existe de nombreux types de mini-vis, variant selon le matériau utilisé (titane, acier chirurgical...), la dimension (longueur et diamètre) ou la forme (cylindro-conique, cylindrique lisse...). Généralement posées à travers la gencive, elles peuvent aussi être mises en place sous la gencive après réalisation d'un lambeau, on parle alors de vis enfouie. Aujourd'hui, les mini-vis représentent des alternatives simples en ancrage « absolu » temporaire, qui peuvent être utilisées de deux façons :

- En ancrage direct, où les mini-vis sont utilisées pour effectuer les mouvements souhaités sans solliciter de dents ; la force est directement appliquée sur l'ancrage osseux ;
- En ancrage indirect, où les implants sont utilisés pour renforcer l'ancrage dentaire préexistant (5) ; la force est appliquée sur une dent stabilisée par l'ancrage osseux.

Bien qu'ils aient révolutionné l'approche de l'ancrage en orthodontie, les mini-implants présentent des indications et contre-indications précises.

1.2.1.1 Indications des ancrages osseux

Selon Bonte, l'insertion d'une mini-vis peut pallier l'insuffisance de l'ancrage dentaire traditionnel dans plusieurs situations et « représenter ainsi un apport thérapeutique certain pour un déplacement limité qui n'intéresse pas toute l'arcade (15) ».

Les principales indications des ancrages osseux sont (16) :

- Ancrage dentaire insuffisant, notamment en cas d'édentement postérieur (17) ;
- Support parodontal affaibli après une maladie parodontale ;
- Renforcement d'ancrage, lorsqu'aucun mouvement indésirable n'est toléré ;
- Mouvements complexes : ingression molaire, ingression antérieure, fermeture d'espaces d'extractions, distalisation d'arcade, mésialisation molaire.

1.2.1.2 Contre-indications des ancrages osseux

Les ancrages osseux peuvent présenter des contre-indications générales (5,18) :

- Absolues : maladies ou médicaments affectant la qualité osseuse, déficit immunitaire sévère, cardiopathie valvulaire, infarctus du myocarde récent, pathologie maligne évolutive ;
- Relatives : grossesse, âge du patient, pathologie aiguë ou chronique non stabilisée ou non traitée.

Les ancrages osseux peuvent présenter des contre-indications locales (5,18) :

- Absolues : irradiation de la sphère oro-faciale, obstacles anatomiques, insuffisance de volume osseux ;
- Relatives : hygiène bucco-dentaire insuffisante, site infectieux.

2 Analyse de la littérature : taux de succès, facteurs de risques

Dans cette deuxième partie, nous réalisons une analyse de la littérature afin de répondre aux questions suivantes : quel est le taux d'échec des mini-vis ? Quels sont, le cas échéant, les facteurs de risque d'échec ?

Nous présentons cette revue de littérature selon la méthode IMRED (*Introduction, Méthodologie, Résultats Et Discussion*) et suivant les recommandations PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*).

2.1 Méthodologie

Notre méthodologie comprend les 4 axes suivants : la stratégie de recherche, les critères de sélection, le recueil des données et la méthode d'analyse.

2.1.1 Stratégie de recherche

Nous avons réalisé une recherche bibliographique à partir de bases de données scientifiques : PubMed, Wiley-Online Library et ScienceDirect.

Nous avons utilisé les mots-clés : *success rate, anchorage, mini-implant, miniscrew, failure rate, orthodontic*.

Notre équation de recherche était la suivante :

((success-rates) OR (failure-rates)) AND (orthodontic treatment) AND ((mini-screws) OR (micro-screws) OR (mini-implants) OR (temporary anchorage devices) OR (TAD)).

2.1.2 Critères de sélection

Nos critères d'inclusion étaient :

- Articles en version intégrale ;
- Études prospectives, de cohortes, essais contrôlés randomisés (ECR) ;
- Articles correspondant à notre problématique ;

- Période : aucune restriction n'a été appliquée sur la date de publication ;
- Langue : aucune restriction.

Nos critères d'exclusion étaient :

- Études animales ;
- Études portant sur un autre ancrage osseux que les mini-vis ;
- Études avec faible niveau de preuve : rapports, séries de cas, études rétrospectives ;
- Impossibilité d'obtenir le texte intégral ;
- Étude portant sur l'insertion secondaire de mini-vis après un échec.

2.1.3 Paramètres évalués

Le critère de jugement principal était le taux d'échec des mini-vis.

En fonction des études, l'échec était défini comme au moins l'une des conditions suivantes :

- Perte de la mini-vis (3,19–30) ;
- Mobilité de la mini-vis (20,22,25,31,32) ;
- Inflammation gingivale autour de la mini-vis (19,20,28,33).

Plusieurs études prennent aussi en compte les douleurs perçues par les patients (19,27).

Les critères de jugement secondaires étaient les facteurs de risque d'échec des mini-vis retrouvés dans les études. Ces facteurs ont été réunis en 5 catégories :

Les facteurs dépendant de l'hôte :

- Âge ;
- Genre : femme ou homme ;
- Rapports squelettiques dans le sens sagittal : valeur de l'angle SNA (32,34,35) ;

- Rapports squelettiques dans le sens vertical : valeurs des angles SN-MP (32), FMA (21,34,36) et de l'angle du plan mandibulaire (35,37) ;
- Hygiène et inflammation: valeur de l'OPI (orthodontic plaque index) (34) ;
- Les patients étaient alors classés en groupes selon s'ils présentaient une « bonne/moyenne/mauvaise hygiène » (19,34,37,38) ; ou une « inflammation légère/moyenne/sévère avec une hypertrophie inflammatoire » (39) ;
- Habitudes néfastes : tabac (nombre de cigarettes par jour) (28).

Les facteurs dépendant du site

- Caractéristiques osseuses : épaisseur de la corticale osseuse ;
- Localisation sur arcade ;
- Côté d'insertion : droit ou gauche ;
- Arcade : maxillaire ou mandibulaire.

Les facteurs dépendant de la vis

- Dimensions de la vis : diamètre et longueur ;
- Matériau : acier ou titane ;
- Type de vis : auto-forante/auto-taroudante.

Les facteurs chirurgicaux

- Opérateurs ;
- Torque d'insertion ;
- Axe d'insertion : mesuré en degrés, par rapport à la corticale osseuse ;
- Tissu d'insertion de la mini-vis : gencive attachée ou muqueuse libre ;
- Proximité radiculaire : mesurée sur un cliché rétro-alvéolaire (Fig. 2), sur un Cone Beam (CBCT) (Fig. 3) ou en utilisant le periotest (PTV – PerioTest Value) qui évalue la stabilité primaire de la vis en se basant sur l'effet de l'amortissement.



Fig. 2 : Classification de la proximité radiculaire selon Kuroda et al. (1)

Classe I : vis sans contact radiculaire (A et D) ; Classe II : contact entre l'apex de la vis et la lamina dura (B et E) ; Classe III : contact entre le corps de la vis et la lamina dura (C et F).

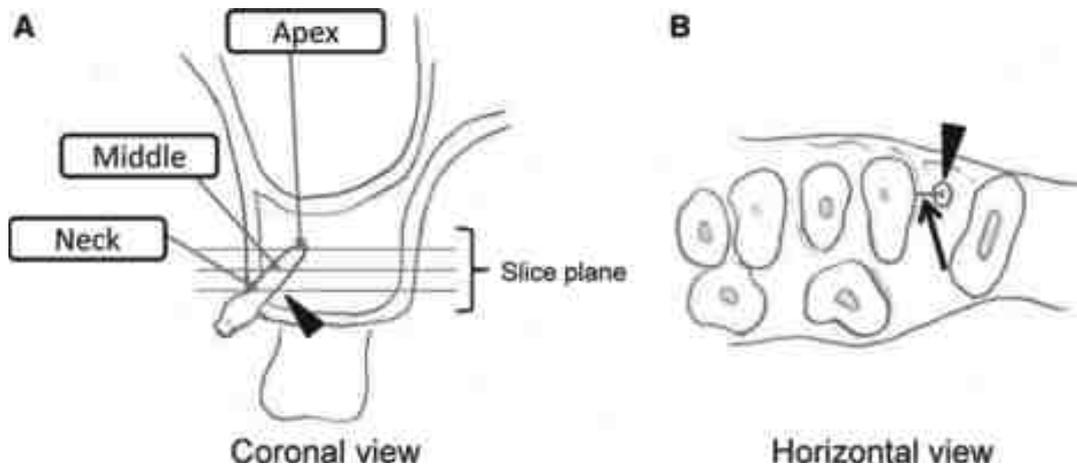


Fig. 3 : Schéma de la mesure de proximité radiculaire sur CBCT par Watanabe et al. (36)

Les facteurs orthodontiques

- Délais de mise en charge : précoce ou tardif ;
- Type de mouvement orthodontique ;
- Forces orthodontiques mesurées en grammes.

2.2 Résultats

Nous avons collecté les articles correspondant à notre problématique selon la méthodologie récapitulée dans le diagramme de flux Prisma ci-dessous (Fig. 4) :

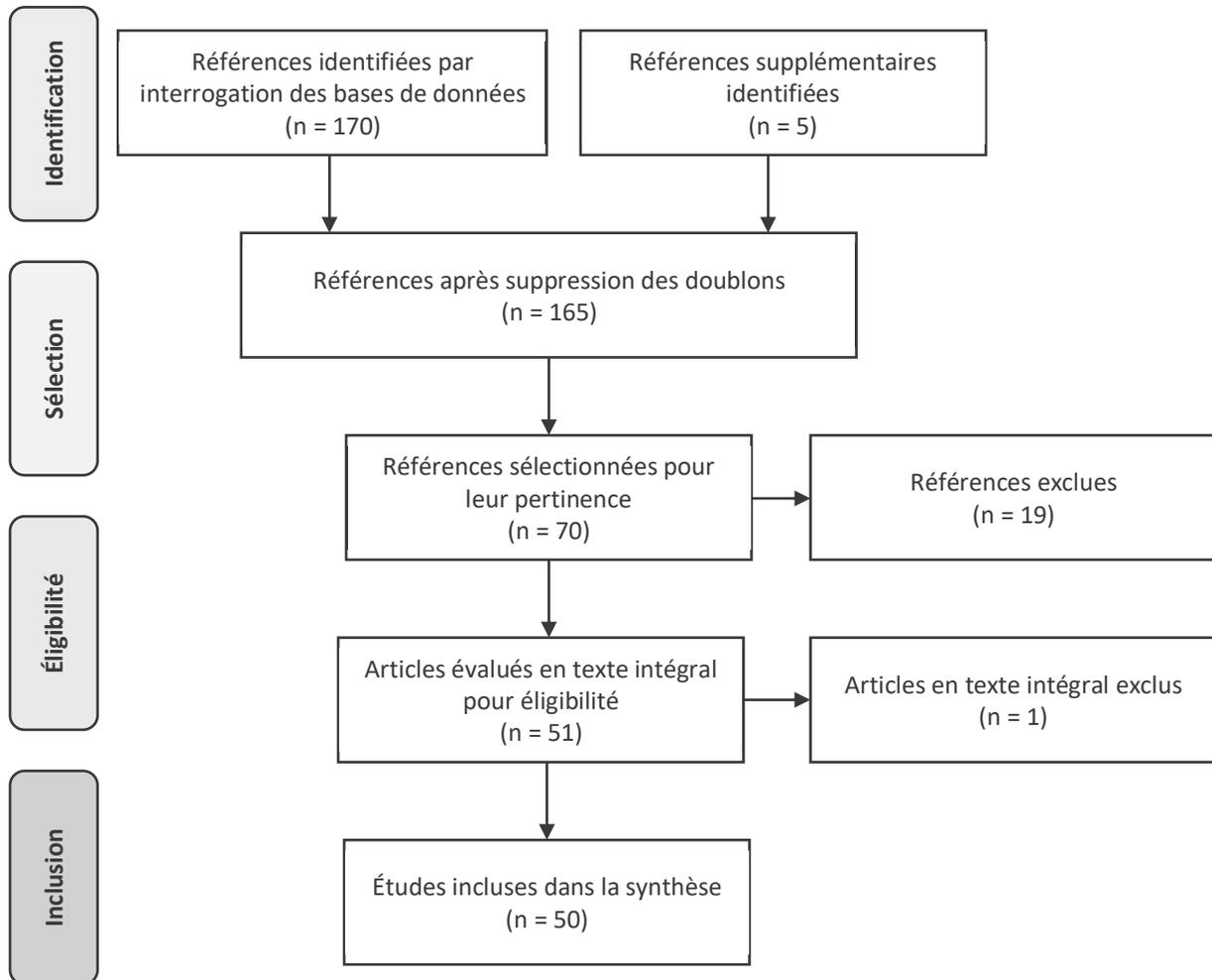


Fig. 4: Diagramme de flux des études retenues

Les cinquante études éligibles ont été obtenues pour 86% à partir de PubMed, 8% de Wiley-Online Library, les 6% autres étant issues de ScienceDirect et de recherches manuelles directes.

Ces études ont été recensées dans le Tableau 1 (Tab. 1).

2.2.1 Généralités et données démographiques

Les principales caractéristiques des études recensées sont réunies dans le 1^{er} tableau (Tab. 1). La taille des échantillons de patients dans les études sélectionnées variait d'un minimum de 10 à un maximum de 386 patients, avec une cohorte moyenne de 71 patients. Les échantillons étaient généralement composés de jeunes adultes avec une moyenne d'âge de 23,6 ans.

En ce qui concerne le nombre de mini-vis, on dénote une grande variabilité avec un minimum de 20 mini-vis et un maximum de 772 mini-vis, la moyenne s'établissant à 145 mini-vis.

La longueur et le diamètre relevés permettent de constater que les mini-vis utilisées avaient une longueur minimale de 3 mm et maximale de 15 mm, avec une longueur plus souvent utilisée de 8 mm, et un diamètre minimal de 1,1 mm et maximal de 4 mm avec un diamètre plus souvent utilisé de 2 mm.

2.2.2 Résultats sur le critère de jugement principal

Le taux global d'échec des mini-vis, sans distinction du type de mini-vis, de diamètre, de longueur ou de site d'insertion s'établit à 14,9 % en moyenne, la valeur la plus élevée étant de 34 % (Tab. 1).

Tab. 1 : Taux d'échec des mini-vis dans les études recensées

Publication	Design de l'étude	Nombre de patients	Age moyen + écart-type en année	Nombre de mini-vis	Type de mini-vis	Diamètre (mm)	Longueur (mm)	Sites d'insertion	Taux d'échec (%)
Aly <i>et al.</i> (2018) (19)	EP	82	21,41	148 (Mx:106, Md :42)	3M (ESPE, Neuss, Germany); Jeil (Medical, Seoul, Korea); Morelli, (Sorocaba, Brazil)	1,5/1,6/1,8	6/8/10	Mx/ Md V/P	17,8%
Ashith <i>et al.</i> (2018) (31)	EC	10	NS	20	S.K. Surgicals, India Dentos, Korea	1,3	8	Mx/Md EIR PM2-M1	30,0%
Asscherickx <i>et al.</i> (2010) (40)	EP	34	NS	33	Ortho-implant (Straumann)	3,3/4	4/6	P (suture / paramédian)	9,0%
Bayat et Bauss (2010) (28)	EP	88	36,9	110	Lomas (Mondel Medical Systems, Tuttlingen, Germany)	2	7/9/11	NS	18,2%
Berens <i>et al.</i> (2005) (41)	EP	49	NS	133	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)/Dual Top (Jeil Medical, Seoul, Korea)	1,3/1,6/2	NS	Mx/Md V/P	23,3%
Berens <i>et al.</i> (2006) (29)	EP	85	28	239	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)/Dual Top (Jeil Medical, Seoul, Korea)	1,4/1,8/2	NS	Mx/Md V/P	23,3%
Bollero <i>et al.</i> (2018) (42)	EC	15	16,2 ± 4,6	30	Leone, Italy Spider Screw, Italy	1,5	8	Mx Mésial des M	0,00%
Chaddad <i>et al.</i> (2008) (43)	ECR	10	NS	32 (Mx:17, Md:15)	C-Implant (Seoul, Korea), Dual Top (Jeil Medical, Seoul, Korea)	1,4/2	6/10	Mx/Md Postérieur	12,5%
Chang <i>et al.</i> (2019) (44)	ECR	386	24,3	772	OrthoBoneScrew (Newton's A Ltd, Hsinchu City, Taiwan)	2	12	IFZ	6,3%
Cheng <i>et al.</i> (2004) (33)	EP	44	29 ± 8,9	92	Titanium mini-implants (Leibinger, Freiburg, Germany; or Mondeal, Tuttlingen, Germany)	2	5-15	Mx/Md Postérieur	11,0%
Di Leonardo <i>et al.</i> (2018) (20)	EP	49	26,9 ± 8,9	133	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)/Dual Top (Jeil Medical, Seoul, Korea)	1,1/1,6	5/6/7/8/9/10	Mx/Md V/P	13,2%
Dobranski <i>et al.</i> (2014) (21)	EP	166	25,8	293 (Mx : 259, Md :34)	S.I.N implant (Brazil)	1,6/1,8	6/8/10	Mx/Md V/P	12,6%
Durrani <i>et al.</i> (2017) (45)	ECR	30	18 ± 1,8	60	ASTRA TECH (Densply, York, Pa)	2	13	Mx EIR PM2-M1	16,6%
Garfinkle <i>et al.</i> (2008) (46)	EP	13	14,8	82	Osteomed (Addison, Tex)	1,6	6	Mx/Md V Région PM/M	19,5%
Geshay <i>et al.</i> (2021) (47)	EP	26	27,4	82	MSI (Dentos, Seoul, Korea)	1,7	3	Mx EIR C-PM1, EIR PM2-M1	32,9%
Gill <i>et al.</i> (2023) (37)	EP	32	25	64	ASTM B 265 Gr5	2	12/14	IFZ	28,1%
Gupta <i>et al.</i> (2012) (22)	EP	20	NS	40	Denticon, Mumbai	1,4	8	Mx EIR PM2-M1	22,5%
Ichinohe <i>et al.</i> (2019) (48)	EP	25	23,4 ± 5,6	50	ISA, BIODENT, Tokyo, Japan	2	9	Mx P	8-24%

Publication	Design de l'étude	Nombre de patients	Age moyen + écart-type en année	Nombre de mini-vis	Type de mini-vis	Diamètre (mm)	Longueur (mm)	Sites d'insertion	Taux d'échec (%)
Inoue <i>et al.</i> (2014) (49)	EP	58	21,9	112	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)/Dual Top (Jeil Medical, Seoul, Korea)	1,4/1,5/1,6	NS	Mx/Md	10,5-17,9%
Iwai <i>et al.</i> (2015) (50)	ECR	80	23,2 ± 8	142	ISA, BIODENT, Tokyo, Japan	1,6	8	Mx EIR PM2-M1	5,6-8,5%
Jeong <i>et al.</i> (2015) (51)	EP	134	20,08 ± 7,52	331	Miangan; Biomaterials Korea, Seoul, Korea	1,2	7	Mx/Md V EIR PM2-M1	17,2%
Justens <i>et al.</i> (2008) (52)	EP	31	21,4	50	Dual-Top Anchor System; Jeil Medical Corporation, Seoul, Korea	1,8/2	8/10	Mx/Md	34%
Jing <i>et al.</i> (2016) (34)	EP	114	19,26 ± 9,19	253 (Mx:209, Md:51)	NS	1,4/2	6/8/10	Mx/Md V/P Rétromolaire	11,46%
Kim <i>et al.</i> (2010) (23)	EP	138	23,4 ± 8	210	KLS-Martin, Jacksonville, Fla Orthoplant, Biomaterials Korea, Seoul, Korea)	1,5/2	5	Mx P	9,2%
Kim <i>et al.</i> (2010) (53)	EP	25	26	50	C-Implant (Seoul, Korea)	1,5	8,5	Mx V EIR PM2-M1	2,8-7,1%
Kuroda <i>et al.</i> (2007) (1)	EP	75	21,8 ± 8,2	79	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)/ Keisei Medical Indus- trial, Tokyo, Japan	1,2/2/2,3	6/7/8/10/11/12	Mx/Md V/P Région PM/M	11,4%
Lee <i>et al.</i> (2010) (54)	EP	141	27	260	C-Implant (Seoul, Korea)	1,8	8,5	Mx EIR PM2-M1	15,38%
Motoyoshi <i>et al.</i> (2006) (24)	EP	41	24,9 ± 7	124 (Mx :80, Md :44)	ISA, orthodontic implants (Biodent, Tokyo, Japan)	1,6	8	Mx/Md V EIR PM2-M1	14,5%
Motoyoshi <i>et al.</i> (2007) (3)	EP	32	23,2 ± 8	87	ISA, orthodontic implants (Biodent, Tokyo, Japan)	1,6	8	Mx/Md EIR PM2-M1	12,6%
Motoyoshi <i>et al.</i> (2009) (55)	EP	65	24,8 ± 7,8	148	ISA, orthodontic implants (Biodent, Tokyo, Japan)	1,6	8	Mx V EIR PM2-M1	11,3-11,7%
Motoyoshi <i>et al.</i> (2010) (56)	EP	52	26,1 ± 8,4	134	ISA, orthodontic implants (Biodent, Tokyo, Japan)	1,6	8	Mx/Md V Postérieur	9,5
Park <i>et al.</i> (2006) (38)	EP	87	15,5 ± 8,3	227 (Mx :124, Md :103)	Stryker Leibinger Inc, Kalamazoo, Mich/ Osteomed, Addison, Tex/ Absoanchor, Dentos, Daegu, Korea/ KLS-Martin, Jacksonville, Fla	1,2/2	4/5/6/8/10/12/ 14/15	Mx/Md V	8,4%
Park <i>et al.</i> (2019) (32)	EP	40	NS	98 (Mx :62, Md : 36)	Osstem Implant, Busan, Korea	1,6	6	Mx/Md EIR PM2-M1	11,2%
Sarul <i>et al.</i> (2015) (25)	EP	27	NS	54	OrthoEasy Pin	NS	6/8	Md V EIR M1-M2	26,0%
Shigeeda <i>et al.</i> (2014) (30)	EP	58	24,4 ± 8,5	165	ISA, orthodontic implants (Biodent, Tokyo, Japan)	1,6	8	Mx/Md EIR PM2-M1	5,0%

Publication	Design de l'étude	Nombre de patients	Age moyen + écart-type en année	Nombre de mini-vis	Type de mini-vis	Diamètre (mm)	Longueur (mm)	Sites d'insertion	Taux d'échec (%)
Shinohara <i>et al.</i> (2013) (57)	EP	50	21,8 ± 5,7	147	ISA, orthodontic implants (Biodent, Tokyo, Japan)	1,6	8	Mx/Md V EIR PM2-M1	5,4%
Son <i>et al.</i> (2014) (26)	ECR	70	22,3-23,2	140	ISA self-drill type anchor screw; Biodent, Tokyo, Japan	1,6	8	Mx V EIR PM2-M1	4,0%
Sreenivasagan <i>et al.</i> (2021) (58)	ECR	31	27 ± 9	59 (Mx :44, Md :15)	Favanchor TM Skeletal anchorage system (India) SK, Surgicals (Pune, India)	1,3/1,5/2	12	Mx/Md IR/IFZ/BS	13,2%
Suzuki <i>et al.</i> (2013) (59)	EP	105	21,4 ± 4,9	186	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)/	1,3	5/6/7	Mx/Md V EIR PM2-M1	6,6% (Mx) ; 29,7% (Md)
Topouzelis et Tsaousoglou (2012) (60)	EP	44	27,2 ± 7,3	82	Dual-Top Anchor System; Jeil Medical Corporation, Seoul, Korea	1,2/1,4	8/10	Mx/Md V/P/TRM	9,8%
Tsai <i>et al.</i> (2016) (27)	EP	139	25,7 ± 7,5	254	Syntec Scientific Corp, Taiwan Huang-Liang Bio-medical Technology, Taiwan	1,5/2	8/9/10/11/12	Mx/Md	16,3%
Tsaousidis et Baus (2008) (61)	EP	59	35,8	76	LOMAS (Mondeal, Tuttlingen, Germany)	2	7-11	Mx/Md V/P	18,4%
Türköz <i>et al.</i> (2011) (62)	ECR	62	15,7 ± 4,2	112	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)	1,4	7	Mx V EIR PM2-M1	22,3%
Uchida <i>et al.</i> (2021) (63)	EP	83	25 ± 8,2 27,3 ± 10,7	161	ISA, orthodontic implants (Biodent, Tokyo, Japan)	2	6	Mx P (médian) Mésial/distal de M1	12,8%
Viwattanatipa <i>et al.</i> (2009) (39)	EP	49	23,2	97	Osteomed, Dalas, Tex	1,2	8/10/12	Mx EIR PM2-M1 / IFZ	11,0%
Watanabe <i>et al.</i> (2013) (36)	EP	107	21	190 (Mx :132, Md :58)	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)	1,4	5/6/8	Mx/Md V EIR PM2-M1	15,0%
Watanabe <i>et al.</i> (2017) (64)	EP	60	25,4 ± 10,5	20	Dual Top (Jeil Medical, Seoul, Korea)	1,4	6	Mx V EIR PM2-M1	14,2%
Wiechmann <i>et al.</i> (2007) (65)	ECR	49	26,9 ± 8,9	133	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)/Dual Top (Jeil Medical, Seoul, Korea)	1,1/1,6	5/6/7/8/10	Mx/Md P/V	23,3%
Wu <i>et al.</i> (2009) (66)	EP	166	26,5 ± 8,9	414 (Mx :268, Md :135)	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)/Lomas (Mondel Medical Systems, Tuttlingen, Germany)/Bio-ray, Syntex Scientific Co, Chang Hua, Taiwan	1,1 /1,5/1,7/2	7/8/10/11/12/13 /14/15	Mx/Md IR/TRM/CE	10,1%
Yoo <i>et al.</i> (2014) (67)	EP	132	25,3 ± 8,0	227	Biomaterials Korea, Seoul	1,5	7	Mx/Md V	17,1-19,7%

EP : étude prospective – EC : essai contrôlé – ECR : essai contrôlé randomisé – NS : non spécifié – NE : non étudié – Mx : maxillaire – Md : mandibule – V : vestibulaire – P : palatin – I : incisive – C : canine – PM 1 : première prémolaire – PM 2 : deuxième prémolaire – M1 : première molaire – M2 : deuxième molaire – EIR : espace inter-radiculaire – IFZ : infrazygomatique – IR : inter-radiculaire – BS : buccal shelf – TRM : trigone rétro molaire – CE : crête édentée

2.2.3 Résultats sur les critères de jugement secondaires

2.2.3.1 Facteurs dépendant de l'hôte

Plusieurs facteurs dépendant de l'hôte peuvent influencer le taux d'échec : l'âge, le sexe, les rapports squelettiques, l'hygiène bucco-dentaire et les habitudes néfastes.

2.2.3.1.1 Âge

Parmi les cinquante études de notre revue, dix ont recherché un lien entre l'âge et le taux d'échec (Tab. 2).

La majorité de ces études n'ont trouvé aucun effet significatif de l'âge (24,32,35–37,48). Néanmoins, trois auteurs ont rapporté une influence statistiquement significative de l'âge avec un taux d'échec plus bas chez les sujets de plus de 20 ans par rapport aux plus jeunes (19,34,54). Par exemple, dans l'étude d'Aly *et al.* (19), le taux d'échec était de 16,5% chez les sujets de plus de 20 ans tandis qu'il était de 31,4% chez les plus jeunes.

Tab. 2 : Influence de l'âge sur le taux d'échec des mini-vis

Publication	Design de l'étude	Nombre de patients	Age moyen + écart-type en année	Nombre de mini-vis	Type de mini-vis	Influence*
Aly <i>et al.</i> (2018) (19)	EP	82	21,41	148	3M (ESPE, Neuss, Germany); Jeil (Medical, Seoul, Korea); Morelli, (Sorocaba, Brazil)	Oui
Gill <i>et al.</i> (2023) (37)	EP	32	25	64	ASTM B 265 Gr5	Non
Ichinohe <i>et al.</i> (2019) (48)	EP	25	23,4 ± 5,6	50	ISA, BIODENT, Tokyo, Japan	Non
Jing <i>et al.</i> (2016) (34)	EP	114	19,26 ± 9,19	253	NS	Oui
Kuroda <i>et al.</i> (2007) (35)	EP	75	21,8 ± 8,2	79	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)/ Keisei Medical Industrial, Tokyo, Japan	Non
Lee <i>et al.</i> (2010) (54)	EP	141	27	260	C-Implant (Seoul, Korea)	Oui
Motoyoshi (2006) (24)	EP	41	24,9 ± 7	124	ISA, orthodontic implants (Biodent, Tokyo, Japan)	Non
Park <i>et al.</i> (2006) (38)	EP	87	15,5 ± 8,3	227	Stryker Leibinger Inc, Kalamazoo, Mich/ Osteomed, Addison, Tex/ Absoanchor, Dentos, Daegu, Korea/ KLS-Martin, Jacksonville, Fla	Non
Park <i>et al.</i> (2019) (32)	EP	40	NS	98	Osstem Implant, Busan, Korea	Non
Watanabe <i>et al.</i> (2013) (36)	EP	107	21	190	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)	Non

* : influence statistiquement significative avec $p \leq 0,05$ – NS : non spécifié – EP : étude prospective

2.2.3.1.2 Genre

Parmi les cinquante études de notre revue, douze ont recherché un lien entre le genre et le taux d'échec (Tab. 3) (19,24,34–38,54,55,63,66,67).

Aucune d'entre elles n'a relevé de lien entre le sexe du patient et le taux d'échec des mini-vis (19,24,34–38,54,55,63,66,67).

Tab. 3 : Influence du genre sur le taux d'échec des mini-vis

Publication	Design de l'étude	Nombre de patients	Age moyen + écart-type en année	Nombre de mini-vis (répartition selon le sexe)	Influence*
Aly <i>et al.</i> (2018) (19)	EP	82	21,41	148 (F : 113, H : 35)	Non
Gill <i>et al.</i> (2023) (37))	EP	32	25	64 (F : 52, H : 12)	Non
Jing <i>et al.</i> (2016) (34)	EP	114	19,26 ± 9,19	253 (F : 163, H : 90)	Non
Kuroda <i>et al.</i> (2007) (35)	EP	75	21,8 ± 8,2	79 (F : 71, H : 7)	Non
Lee <i>et al.</i> (2010) (54))	EP	141	27	260 (F : 20, H : 59)	Non
Motoyoshi (2006) (24)	EP	41	24,9 ± 7	124 (F : 114, H : 10)	Non
Motoyoshi <i>et al.</i> (2009) (55)	EP	65	24,8 ± 7,8	148 (F : 163, H : 45)	Non
Park <i>et al.</i> (2006) (38)	EP	87	15,5 ± 8,3	227 (F : 138, H : 89)	Non
Uchida <i>et al.</i> (2021) (63)	EP	83	Préforage 1,2mm : 25 ± 8,2 Préforage 1,5mm : 27,3 ± 10,7	161 (F : 116, H : 45)	Non
Watanabe <i>et al.</i> (2013) (36)	EP	107	21	190 (F : 138, H : 52)	Non
Wu <i>et al.</i> (2009) (66)	EP	166	26,5 ± 8,9	414 (F : 335, H : 79)	Non
Yoo <i>et al.</i> (2014) (67)	EP	132	25,3 ± 8,0	227 (F : 89, H : 43)	Non

* : influence statistiquement significative avec $p \leq 0,05$ – EP : étude prospective – F : femme – H : homme

2.2.3.1.3 Rapports squelettiques

2.2.3.1.3.1 Dans le sens sagittal

Parmi les cinquante études de notre revue, trois ont recherché un lien entre les rapports squelettiques sagittaux et le taux d'échec (Tab. 4). Aucune influence n'a été retrouvée (32,34,35).

Tab. 4 : Influence des relations squelettiques sagittales sur le taux d'échec des mini-vis

Publication	Design de l'étude	Nombre de patients	Age moyen + écart-type en année	Nombre de mini-vis	Type de mini-vis	Influence*
Jing <i>et al.</i> (2016) (34)	EP	114	19,26 ± 9,19	253	NS	Non
Kuroda <i>et al.</i> (2007) (35)	EP	75	21,8 ± 8,2	79	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)/ Keisei Medical Industrial, Tokyo, Japan	Non
Park <i>et al.</i> (2019) (32)	EP	40	NS	98	Osstem Implant, Busan, Korea	Non

* : influence statistiquement significative avec $p \leq 0,05$ – EP : étude prospective – NS : non spécifié

2.2.3.1.3.2 Dans le sens vertical

Parmi les cinquante études de notre revue, six ont recherché un lien entre les rapports squelettiques sagittaux et le taux d'échec (Tab. 5) (21,32,34–37). Deux études ont rapporté un lien avec un taux d'échec plus important chez les patients présentant une typologie hyperdivergente (34,37).

Par exemple, l'étude de Jing *et al.* (2016) (34) a observé des taux d'échec de 5,26% chez les patients avec un angle FMA petit, 8,7% chez ceux avec un angle FMA moyen et 19,48% chez ceux avec un FMA grand ($p < 0,05$).

De même, dans l'étude de Gill *et al.* (2023) (37), les taux d'échec étaient de 0% chez les sujets avec un angle du plan mandibulaire petit, 17,9% chez ceux avec un angle du plan mandibulaire moyen et 50% chez ceux avec un angle du plan mandibulaire grand ($p = 0,003$).

Tab. 5 : Influence des relations verticales sagittales sur le taux d'échec des mini-vis

Publication	Design de l'étude	Nombre de patients	Age moyen + écart-type en année	Nombre de mini-vis	Type de mini-vis	Influence*
Dobranski <i>et al.</i> (2014) (21)	EP	166	25,8	293	S.I.N implant (Brazil)	Non
Gill <i>et al.</i> (2023) (37)	EP	32	25	64	ASTM B 265 Gr5	Oui
Jing <i>et al.</i> (2016) (34)	EP	114	19,26 ± 9,19	253	NS	Oui
Kuroda <i>et al.</i> (2007) (35)	EP	110	22,5 ± 8,1	216	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)/ Gebrüder Martin GmbH, Tuttlingen, (Germany)	Non
Park <i>et al.</i> (2019) (32)	EP	40	NS	98	Osstem Implant, Busan, Korea	Non
Watanabe <i>et al.</i> (2013) (36)	EP	107	21	190	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)	Non

* : influence statistiquement significative avec $p \leq 0,05$ – EP : étude prospective – NS : non spécifié

2.2.3.1.4 Hygiène buccale et inflammation

L'hygiène buccale est généralement assimilée à l'inflammation des tissus dans les articles recensés.

Parmi les cinquante études, sept ont recherché un lien entre l'hygiène buccale ou l'inflammation et le taux d'échec (Tab. 6) (19,34,37–39,54,66). À l'exception d'une étude (54) qui n'a trouvé aucun lien, la majorité des auteurs ont observé une influence avec un taux d'échec plus élevé en cas d'inflammation gingivale ou de mauvaise hygiène (19,34,37–39,66).

En effet, d'après Park *et al.* (38), l'inflammation joue un rôle significatif avec un taux d'échec de 4,7% en l'absence d'inflammation versus 15,6% en présence d'inflammation. Au contraire, les résultats ne sont pas significatifs pour l'hygiène.

Jing *et al.* (34) présentent des taux d'échec de 2,86% chez les patients avec une bonne hygiène orale ; de 9,93% chez ceux avec une hygiène moyenne et de 18,08 % chez ceux avec une mauvaise hygiène ($p = 0,002$). Ces observations sont corroborées par Gill *et al.* (37), qui rapportent un risque d'échec cinq fois plus élevé pour les patients avec une mauvaise hygiène bucco-dentaire par rapport aux patients avec une bonne hygiène. De plus, les patients avec une inflammation tissulaire avaient 1,9 fois plus de risque de présenter des échecs que les patients sans inflammation.

Tab. 6 : Influence de l'hygiène buccale et de l'inflammation sur le taux d'échec des mini-vis

Publication	Design de l'étude	Nombre de patients	Age moyen + écart-type en année	Nombre de mini-vis	Type de mini-vis	Influence*
Aly <i>et al.</i> (2018) ((19)	EP	82	21,41	148	3M (ESPE, Neuss, Germany); Jeil (Medical, Seoul, Korea); Morelli, (Sorocaba, Brazil)	Oui
Gill <i>et al.</i> (2023) (37)	EP	32	25	64	ASTM B 265 Gr5	Oui
Jing <i>et al.</i> (2016) (34)	EP	114	19,26 ± 9,19	253	NS	Oui
Lee <i>et al.</i> (2010) (54)	EP	141	27	260	C-Implant (Seoul, Korea)	Non
Park <i>et al.</i> (2006) (38)	EP	87	15,5 ± 8,3	227	Stryker Leibinger Inc, Kalamazoo, Mich/ Osteomed, Addison, Tex/ Absoanchor, Dentos, Daegu, Korea/ KLS-Martin, Jacksonville, Fla	Oui
Viwattanatipa <i>et al.</i> (2009) (39)	EP	49	23,2	97	Osteomed, Dalas, Tex	Oui

Publication	Design de l'étude	Nombre de patients	Age moyen + écart-type en année	Nombre de mini-vis	Type de mini-vis	Influence*
Wu <i>et al.</i> (2009) (66)	EP	166	26,5 ± 8,9	414	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)/Lomas (Mondel Medical Systems, Tuttlingen, Germany)/Bio-ray, Syntex Scientific Co, Chang Hua, Taiwan	Oui

* : influence statistiquement significative avec $p \leq 0,05$ – EP : étude prospective – NS : non spécifié

2.2.3.1.5 Habitudes néfastes

Parmi les cinquante études, une seule a abordé ce facteur (28).

Bayat et Bauss (28) ont évalué l'association entre le tabagisme et le taux d'échec des mini-vis orthodontiques. Cette étude incluait 110 mini-vis chez 88 patients répartis en 3 groupes : les non-fumeurs, les fumeurs légers (≤ 10 cigarettes/jour) et les gros fumeurs (> 10 cigarettes/jour). Les taux d'échec étaient respectivement de 9,5%, 11% et 57,8%. Le taux d'échec était donc plus important chez les gros fumeurs par rapport aux fumeurs légers ($p=0,005$) et aux non-fumeurs ($p<0,001$). Il n'y avait pas de différence significative entre les non-fumeurs et les fumeurs légers.

2.2.3.2 Facteurs liés au site d'insertion

Plusieurs facteurs dépendant du site d'insertion peuvent influencer le taux d'échec : les caractéristiques osseuses, l'arcade concernée, la position sur l'arcade et le côté d'insertion.

2.2.3.2.1 Caractéristiques osseuses

Parmi les cinquante études de notre revue, cinq ont recherché un lien entre les caractéristiques osseuses et le taux d'échec (Tab. 7) (3,48,55,56,59).

Les caractéristiques osseuses ont été étudiées en mesurant l'épaisseur de la corticale osseuse et en mesurant la stabilité primaire des mini-implants.

Par ailleurs, les méthodes de mesures de la stabilité primaire variaient selon les études :

- La mesure du torque à l'insertion pour 2 études (3,56)
- Le periotest pour 1 étude (48)
- La mesure de la contrainte osseuse pour 1 étude (55).

Trois études concluent à une influence des caractéristiques osseuses sur le taux d'échec des mini-implants (3,48,55). D'après ces études, il existerait une corrélation positive entre la stabilité primaire et l'épaisseur de la corticale osseuse.

C'est le cas pour Motoyoshi *et al.* (3,55) qui suggèrent que des zones d'os cortical d'au moins 1,0 mm d'épaisseur doivent être sélectionnées afin de garantir un succès.

De la même manière, Ichinohe *et al.* (48) recommandent une épaisseur d'os cortical supérieure à 1,5 mm pour une insertion au niveau du palais médian. En effet, le taux d'échec des mini-vis étaient de 50,0% lorsque l'épaisseur de l'os cortical était inférieure à 1,5mm et de 7,5% lorsqu'elle était supérieure ($p=0,005$).

Au contraire, deux études concluent à une absence de lien (56,59).

Tab. 7 : Influence des caractéristiques osseuses sur le taux d'échec des mini-vis

Publication	Design de l'étude	Nombre de patients	Age moyen + écart-type en année	Nombre de mini-vis	Type de mini-vis	Influence*
Ichinohe <i>et al.</i> (2019) (48)	EP	25	23,4 ± 5,6	50	ISA, BIODENT, Tokyo, Japan	Oui
Motoyoshi (2007) (3)	EP	32	23,2 ± 8	87	ISA, orthodontic implants (Biodent, Tokyo, Japan)	Oui
Motoyoshi <i>et al.</i> (2009) (55)	EP	65	24,8 ± 7,8	148	ISA, orthodontic implants (Biodent, Tokyo, Japan)	Oui
Motoyoshi <i>et al.</i> (2010) (56)	EP	57	26,1 ± 8,4	134	ISA, BIODENT, Tokyo, Japan	Non
Suzuki <i>et al.</i> (2013) (59)	EP	105	21,4 ± 4,9	186	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)	Non

* : influence statistiquement significative avec $p \leq 0,05$ – EP : étude prospective

2.2.3.2.2 Arcade maxillaire ou mandibulaire

Parmi les cinquante études de notre revue, treize ont recherché un lien entre l'arcade d'insertion de la mini-vis et le taux d'échec (Tab. 8) (19,21,24,32,34,36,38,43,46,55,58,66,67).

La majorité des études concluent à l'absence de lien. Néanmoins, quatre auteurs rapportent une influence de l'arcade d'insertion avec un taux d'échec plus important pour les mini-vis placées à l'arcade mandibulaire par rapport à celles placées à l'arcade maxillaire (34,36,38,58)

C'est par exemple le cas de Park *et al.* (38) qui ont observé un taux d'échec de 4% au maxillaire versus 14,6% à la mandibule, cette différence étant statistiquement significative.

Tab. 8 : Influence de l'arcade d'insertion sur le taux d'échec des mini-vis

Publication	Design de l'étude	Nombre de patients	Age moyen + écart-type en année	Nombre de mini-vis et arcade d'insertion	Type de mini-vis	Influence*
Aly <i>et al.</i> (2018) (19)	EP	82	21,41	148 Mx : 106 Md : 42	3M (ESPE, Neuss, Germany); Jeil (Medical, Seoul, Korea); Morelli, (Sorocaba, Brazil)	Non
Chaddad <i>et al.</i> (2008) (43)	ECR	10	NS	32 Mx : 17 Md : 15	C-Implant (Seoul, Korea), Dual Top (Jeil Medical, Seoul, Korea)	Non
Dobranski <i>et al.</i> (2014) (21)	EP	166	25,8	293 Mx : 259 Md : 34mi	S.I.N implant (Brazil)	Non
Garfinkle <i>et al.</i> (2008) (46)	EP	13	14,8	82 Mx : 19 Md : 17	Osteomed (Addison, Tex)	Non
Jing <i>et al.</i> (2016) (34)	EP	114	19,26 ± 9,19	253 Mx : 209 Md : 51	NS	Oui
Motoyoshi (2006) (24)	EP	41	24,9 ± 7	124 Mx : 80 Md : 44	ISA, orthodontic implants (Biodent, Tokyo, Japan)	Non
Motoyoshi <i>et al.</i> (2009) (55)	EP	65	24,8 ± 7,8	148 Mx : 115 Md : 94	ISA, orthodontic implants (Biodent, Tokyo, Japan)	Non
Park <i>et al.</i> (2006) (38)	EP	87	15,5 ± 8,3	227 Mx : 124 Md : 103	Stryker Leibinger Inc, Kalamazoo, Mich/ Osteomed, Addison, Tex/ Absoanchor, Dentos, Daegu, Korea/ KLS-Martin, Jacksonville, Fla	Oui
Park <i>et al.</i> (2019) (32)	EP	40	NS	98 Mx : 62 Md : 36	Osstem Implant, Busan, Korea	Non
Sreenivasagan <i>et al.</i> (2021) (58)	ECR	31	27 ± 9	59 Mx : 44 Md : 15	Favanchor TM Skeletal anchorage system (India) SK, Surgicals (Pune, India)	Oui
Watanabe <i>et al.</i> (2013) (36)	EP	107	21	190 Mx : 132 Md : 58	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)	Oui
Wu <i>et al.</i> (2009) (66)	EP	166	26,5 ± 8,9	414 Mx : 268 Md : 135	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)/Lomas (Mondel Medical Systems, Tuttlingen, Germany)/Bio-ray, Syntex Scientific Co, Chang Hua, Taiwan	Non
Yoo <i>et al.</i> (2014) (67)	EP	132	25,3 ± 8,0	227 Mx : 110 Md : 117	Biomaterials Korea, Seoul	Non

* : influence statistiquement significative avec $p \leq 0,05$ – EP : étude prospective – ECR : essai contrôlé randomisé – NS : non spécifié – Mx : arcade maxillaire – Md : arcade mandibulaire

2.2.3.2.3 Localisation sur l'arcade

Parmi les cinquante études de notre revue, neuf ont recherché un lien entre la localisation sur l'arcade de la mini-vis et le taux d'échec (Tab. 9). Six études n'ont montré aucun effet de la localisation sur le taux d'échec (19,21,34,40,63,66) et trois études ont montré une influence (61,65,67)

La localisation des mini-vis peut être :

- Vestibulaire : inter-radiculaire
- Palatine : inter-radiculaire, suture palatine, paramédiane
- Linguale : inter-radiculaire
- Autre : crête infrazygomatique, crête édentée, trigone rétromolaire, buccal shelf.

Résultats avec sites d'insertion palatins :

Le taux d'échec varie selon les études de 0% (66) à 44% (61) avec dans l'ensemble un taux d'échec de 16,1 % (19,21,34,40,61,63,66).

Deux études ont évalué spécifiquement l'effet de la localisation uniquement au palais (40,63).

Dans l'étude d'Asscherickx *et al.* (2010) (40), le taux d'échec des mini-vis insérées au niveau du palais médian était de 11,2% et celui des mini-vis en paramédian de 8% sans différence significative.

Dans l'étude d'Uchida *et al.* (2021) (63), le taux d'échec au niveau médian était similaire : 11,8%, il était spécifiquement de 12,5% au niveau médian en mésial de la première molaire et de 11,1% en distal de la première molaire, sans différence significative entre les deux.

Résultats avec sites d'insertion inter-radiculaires vestibulaires au maxillaire et à la mandibule :

Le taux d'échec global varie selon les études de 9,16% (21) à 16,7% (19) avec dans l'ensemble un taux d'échec de 11,9% (19,21,66).

Certaines études sont plus précises. En effet, Tsaousidis et Bauss (2008) (61) distinguent les localisations d'insertion en vestibulaire selon l'arcade et observent un taux d'échec de 20,0% au maxillaire en vestibulaire contre 5,0% à la mandibule.

Aly *et al.* (2018) (19) analysent le taux de succès des mini-vis entre chaque dent en vestibulaire et observent un meilleur taux de succès entre la première et la deuxième prémolaire à la mandibule et dans la zone antérieure au maxillaire.

Yoo *et al.* (2014) (67) rapportent un taux d'échec le plus faible dans la région médiane (de la première prémolaire à la première molaire, taux d'échec de 15%), suivi de la région antérieure (entre les incisives et la première prémolaire, taux d'échec de 18,2%), et enfin de la région postérieure (de la première à la deuxième molaire, taux d'échec de 37,5%).

Résultats avec sites d'insertion inter-radiculaires en lingual à la mandibule :

Nous n'avons pas obtenu de valeur brute de taux d'échec en lingual. Cependant, d'après l'étude de Wiechmann *et al.* (2007), en comparaison aux localisations de mini-vis en vestibulaire ou palatin, le taux d'échec en lingual à la mandibule était significativement plus élevé, ($p=0,0011$)(65).

Résultats avec sites d'insertion dans les crêtes édentées :

Une seule étude observe un taux d'échec de 30,8% pour les mini-implants insérés au niveau des crêtes édentées (66).

Résultats avec sites d'insertion dans les zones rétromolaires :

Deux études se sont intéressées à cette localisation et observent un taux d'échec de 0,0 % (66) et de 20,0 % (34)

Tab. 9 : Influence de la localisation sur le taux d'échec des mini-vis

Publication	Design de l'étude	Nombre de patients	Age moyen + écart-type en année	Nombre de mini-vis	Type de mini-vis	Localisation (nombre de mini-vis)	Influence*
Aly <i>et al.</i> (2018) (19)	EP	82	21,41	148	3M (ESPE, Neuss, Germany); Jeil (Medical, Seoul, Korea); Morelli, (Sorocaba, Brazil)	V (156) / P (24)	Non
Asscherickx <i>et al.</i> (2010) (40)	EP	34	NS	32	Ortho-implant (Straumann)	P suture médiane (9) / paramédian (25)	Non
Dobranski <i>et al.</i> (2014) (21)	EP	166	25,8	293	S.I.N implant (Brazil)	V (131) / P ou L (162)	Non
Jing <i>et al.</i> (2016) (34)	EP	114	19,26 ± 9,19	253	NS	V (208) / P (30) / RM (15)	Non
Tsaousidis et Bauss (2008) (61)	EP	59	35.8	76	LOMAS (Mondeal, Tuttlingen, Germany)	Mx V (20) / P (18) Md V (38)	Oui
Uchida <i>et al.</i> (2021) (63)	EP	83	25 ± 8,2 27,3 ± 10,7	161	ISA, orthodontic implants (Biodent, Tokyo, Japan)	P Mésial/distal de M1 (80/81)	Non
Wiechmann <i>et al.</i> (2007) (65)	ECR	49	26,9 ± 8,9	133	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)/Dual Top (Jeil Medical, Seoul, Korea)	V / P / L	Oui
Wu <i>et al.</i> (2009) (66)	EP	166	26,5 ± 8,9	414	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)/Lomas (Mondel Medical Systems, Tuttlingen, Germany)/Bio-ray, Syntex Scientific Co, Chang Hua, Taiwan	V (393) / P (11) CE(13) / RM(1)	Non
Yoo <i>et al.</i> (2014) (67)	EP	132	25,3 ± 8,0	227	Biomaterials Korea, Seoul	V I-PM1 (22) PM1-M1 (173) M1-M2 (32)	Oui

* : influence statistiquement significative avec $p \leq 0,05$ – EP : étude prospective – ECR : essai contrôlé randomisé – NS : non spécifié – Mx : maxillaire – Md : mandibule – V : vestibulaire – P : palatin – L : lingual – RM : rétromolaire – CE : crête édentée – I : incisive – PM 1 : première prémolaire – M1 : première molaire – M2 : deuxième molaire

2.2.3.2.4 Côté d'insertion

Parmi les cinquante études de notre revue, neuf ont recherché un lien entre le côté d'insertion de la mini-vis et le taux d'échec (Tab. 10) (19,21,24,37,54,55,59,66,67). Seules deux études ont trouvé une influence, avec des conclusions différentes. Dobranski *et al.* (21) ont noté un taux d'échec plus élevé du côté gauche (18,97%) que du côté droit (7,58%). Au contraire, Wu *et al.* (66), rapportent un nombre d'échecs plus élevé à droite (13,9%) qu'à gauche (6,7%).

Tab. 10 : Influence du côté d'insertion sur le taux d'échec de la mini-vis

Publication	Design de l'étude	Nombre de patients	Age moyen + écart-type en année	Nombre de mini-vis	Type de mini-vis	Influence*
Aly <i>et al.</i> (2018) (19)	EP	82	21,41	148 71G 77D	3M (ESPE, Neuss, Germany); Jeil (Medical, Seoul, Korea); Morelli, (Sorocaba, Brazil)	Non
Dobranski <i>et al.</i> (2014) (21)	EP	166	25,8	293 137 G 156 D	S.I.N implant (Brazil)	Oui
Gill <i>et al.</i> (2023) (37)	EP	32	25	64 32 G 32 D	ASTM B 265 Gr5	Non
Lee <i>et al.</i> (2010) (54)	EP	141	27	260 126 G 134 D	C-Implant (Seoul, Korea)	Non
Motoyoshi (2006) (24)	EP	41	24,9 ± 7	124 62 G 62 D	ISA, orthodontic implants (BIODENT, Tokyo, Japan)	Non
Motoyoshi <i>et al.</i> (2009) (55)	EP	65	24,8 ± 7,8	148 105 G 104 D	ISA, orthodontic implants (Biodent, Tokyo, Japan)	Non
Suzuki <i>et al.</i> (2013) (59)	EP	105	21,4 ± 4,9	186 93 G 93 D	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)/	Non
Wu <i>et al.</i> (2009) (66)	EP	166	26,5 ± 8,9	414 194 G 209 D	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)/Lomas (Mondel Medical Systems, Tuttlingen, Germany)/Bio-ray, Syntex Scientific Co, Chang Hua, Taiwan	Oui
Yoo <i>et al.</i> (2014) (67)	EP	132	25,3 ± 8,0	227 120 G 107 D	Biomaterials Korea, Seoul	Non

* : influence statistiquement significative avec $p \leq 0,05$ – EP : étude prospective – G : gauche – D : droite

2.2.3.3 Facteurs liés à la mini-vis

Plusieurs facteurs dépendant de la mini-vis peuvent influencer le taux d'échec : les dimensions, le matériau et le type.

2.2.3.3.1 Dimensions

2.2.3.3.1.1 Diamètre

Parmi les cinquante études de notre revue, sept ont recherché un lien entre le diamètre de la mini-vis et le taux d'échec (Tab. 11). La majorité des études ne retrouvent aucun lien entre ce facteur et l'échec (19,21,34,38,43).

Deux études rapportent des effets du diamètre, mais ces effets diffèrent en fonction de la localisation (29,66).

À la mandibule, les auteurs s'accordent pour dire qu'un diamètre plus important, supérieur à 1,4 mm pour Wu *et al.* (66) et à 2 mm pour Berens *et al.* (29), est associé à un taux d'échec réduit. En effet, dans l'étude de Berens *et al.* (29), à la mandibule, le taux d'échec des mini-vis avec des diamètres de plus de 2 mm était de 4,7% alors qu'il était de 23,3% pour les mini-vis de diamètre inférieur.

Au contraire, au maxillaire, les diamètres réduits, inférieurs ou égaux à 1,4 mm, sont associés à un taux d'échec réduit ($p=0,036$)(66).

Tab. 11 : Influence du diamètre sur le taux d'échec des mini-vis

Publication	Design de l'étude	Nombre de mini-vis	Type de mini-vis	Diamètre (mm)	Influence*
Aly <i>et al.</i> (2018) (19)	EP	148	3M (ESPE, Neuss, Germany); Jeil (Medical, Seoul, Korea); Morelli, (Sorocaba, Brazil)	1,5 / 1,6 / 1,8	Non
Berens <i>et al.</i> (2006) (29)	EP	239	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)/Dual Top (Jeil Medical, Seoul, Korea)	1,4 / 1,8 / 2	Oui
Chaddad <i>et al.</i> (2008) (43)	ECR	32	C-Implant (Seoul, Korea), Dual Top (Jeil Medical, Seoul, Korea)	1,4 / 2	Non
Dobranski <i>et al.</i> (2014) (21)	EP	293	S.I.N implant (Brazil)	1,6 / 1,8	Non
Jing <i>et al.</i> (2016) (34)	EP	253	NS	1,4 / 2	Non
Park <i>et al.</i> (2006) (38)	EP	227	Stryker Leibinger Inc, Kalamazoo, Mich/ Osteomed, Addison, Tex/ Absoanchor, Dentos, Daegu, Korea/ KLS-Martin, Jacksonville, Fla	1,2 / 2	Non
Wu <i>et al.</i> (2009) (66)	EP	414	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)/Lomas (Mondel Medical Systems, Tuttlingen, Germany)/Bio-ray, Syntex Scientific Co, Chang Hua, Taiwan	1,1 / 1,5 / 1,7 / 2	Oui

* : influence statistiquement significative avec $p \leq 0,05$ – EP : étude prospective – ECR : essai contrôlé randomisé – NS : non spécifié

2.2.3.3.1.2 Longueur

Parmi les cinquante études de notre revue, dix ont recherché un lien entre la longueur de la mini-vis et le taux d'échec (Tab. 12) (19,21,25,29,37,38,43,59,66). Seules deux études ont conclu à un effet significatif de la longueur avec un meilleur taux de succès pour des mini-vis plus longues (25,59).

En effet, Sarul *et al.* (25) rapportent un meilleur taux de succès pour les vis de 8 mm de longueur comparativement à celles de 6 mm : 81,5% contre 66% respectivement, cette différence étant statistiquement significative ($p < 0,05$).

D'autre part, Suzuki *et al.* (59) différencient l'arcade maxillaire et l'arcade mandibulaire. À la mandibule, les vis de 5mm de longueur ont présenté plus d'échecs que celles de 6 ou 7 mm. Cependant, ils n'ont noté aucune différence significative de taux de succès au maxillaire pour les longueurs de 5,6 et 7 mm. Enfin, ils concluent que lorsque l'on utilise une vis de 1,3 mm de diamètre, les longueurs minimales sont de 5 mm au maxillaire et 6 mm à la mandibule.

Tab. 12 : Influence de la longueur sur le taux d'échec des mini-vis

Publication	Design de l'étude	Nombre de mini-vis	Type de mini-vis	Longueur (mm)	Influence*
Aly <i>et al.</i> (2018) (19)	EP	82	3M (ESPE, Neuss, Germany); Jeil (Medical, Seoul, Korea); Morelli, (Sorocaba, Brazil)	6 / 8 / 10	Non
Berens <i>et al.</i> (2006) (29)	EP	85	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)/Dual Top (Jeil Medical, Seoul, Korea)	NS	Non
Chaddad <i>et al.</i> (2008) (43)	ECR	10	C-Implant (Seoul, Korea), Dual Top (Jeil Medical, Seoul, Korea)	6 / 10	Non
Dobranski <i>et al.</i> (2014) (21)	EP	166	S.I.N implant (Brazil)	6 / 8 / 10	Non
Gill <i>et al.</i> (2023) (37)	EP	32	ASTM B 265 Gr5	12 / 14	Non
Jing <i>et al.</i> (2016) (34)	EP	114	NS	6 / 8 / 10	Non
Park <i>et al.</i> (2006) (38)	EP	87	Stryker Leibinger Inc, Kalamazoo, Mich/ Osteomed, Addison, Tex/ Absoanchor, Dentos, Daegu, Korea/ KLS-Martin, Jacksonville, Fla	4 / 5 / 6 / 8 / 10 / 12 / 14 / 15	Non
Sarul <i>et al.</i> (2015) (25)	EP	27	OrthoEasy Pin	6 / 8	Oui
Suzuki <i>et al.</i> (2013) (59)	EP	105	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)/	5 / 6 / 7	Oui
Wu <i>et al.</i> (2009) (66)	EP	166	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)/Lomas (Mondel Medical Systems, Tuttlingen, Germany)/Bio-ray, Syntex Scientific Co, Chang Hua, Taiwan	7 / 8 / 10 / 11 / 12 / 13 / 14 / 15	Non

* : influence statistiquement significative avec $p \leq 0,05$ – EP : étude prospective – ECR : essai contrôlé randomisé – NS : non spécifié

2.2.3.3.2 Matériau

Parmi les cinquante études de notre revue, cinq ont recherché un lien entre le matériau constituant la mini-vis et le taux d'échec (Tab. 13). Les matériaux étudiés étaient le titane et l'acier inoxydable. Pour la majorité des auteurs, il n'y avait aucune différence statistiquement significative entre ces deux matériaux (27,42,44,66). Seuls Ashith *et al.* (31) ont observé un taux d'échec plus important pour les mini-vis en acier par rapport à celles en titane (50% versus 10% d'échecs respectivement), cette différence étant statistiquement significative.

Tab. 13 : Influence du matériau sur le taux d'échec des mini-vis

Publication	Design de l'étude	Nombre de mini-vis et matériau	Type de mini-vis	Influence*
Ashith <i>et al.</i> (2018) (31)	EC	20 SS : 10 Ti : 10	S.K. Surgicals, India Dentos, Korea	Oui
Bollero <i>et al.</i> (2018) (42)	EC	30 SS : 15 Ti : 15	Leone, Italy Spider Screw, Italy	Non
Chang <i>et al.</i> (2019) (44)	ECR	772 SS : 386 Ti : 386	OrthoBoneScrew (Newton's A Ltd, Hsinchu City, Taiwan)	Non
Tsai <i>et al.</i> (2016) (27)	EP	254 SS : 151 Ti : 103	Syntec Scientific Corp, Taiwan Huang-Liang Bio-medical Technology, Taiwan	Non
Wu <i>et al.</i> (2009) (66)	EP	414 SS : 20 Ti : 375	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)/Lomas (Mondel Medical Systems, Tuttlingen, Germany)/Bio-ray, Syntex Scientific Co, Chang Hua, Taiwan	Non

* : influence statistiquement significative avec $p \leq 0,05$ – EP : étude prospective – EC : essai contrôlé – ECR : essai contrôlé randomisé – SS : acier inoxydable – Ti : titane

2.2.3.3.3 Type de mini-vis : auto-forante / auto-taraudante

Parmi les cinquante études de notre revue, quatre ont recherché un lien entre le type de mini-vis et le taux d'échec (Tab. 14) (22,26,50,62). Sur les quatre études, seulement une a indiqué une influence significative avec un meilleur taux de succès pour les mini-vis auto-forantes (62).

Tab. 14 : Facteurs vis : influence du type de vis, auto-forant / auto-taraudant

Publication	Design de l'étude	Nombre de mini-vis et type	Type de mini-vis	Influence*
Gupta <i>et al.</i> (2012) (22)	ECR	40 AF : 20 AT : 20	Denticon, Mumbai	Non
Iwai <i>et al.</i> (2015) (50)	ECR	142 AF : 71 AT : 71	ISA, BIODENT, Tokyo, Japan	Non
Son <i>et al.</i> (2014) (26)	ECR	140 AF : 70 AT : 70	ISA self-drill type anchor screw; Biodent, Tokyo, Japan	Non
Türköz <i>et al.</i> (2011) (62)	ECR	112 AF : 34 AT : 78	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)	Oui

* : influence statistiquement significative avec $p \leq 0,05$ – ECR : essai contrôlé randomisé – AF : auto-forante –
AT : auto-taraudante

2.2.3.4 Facteurs chirurgicaux

Plusieurs facteurs chirurgicaux peuvent influencer le taux d'échec : l'opérateur, le torque d'insertion, l'axe d'insertion, la nature du tissu parodontal et la proximité radiculaire.

2.2.3.4.1 L'opérateur

Parmi les cinquante études de notre revue, cinq ont recherché un lien entre l'expérience de l'opérateur et le taux d'échec (Tab. 15) (21,23,47,54,66). Les articles comparaient soit deux types d'opérateurs (moins expérimenté *versus* plus expérimenté) soit des mêmes opérateurs suivis dans le temps, supposant qu'avec le temps et le placement de multiples mini-vis, leur expérience augmente.

Les deux études comparant les opérateurs moins expérimentés aux plus expérimentés n'ont démontré aucune différence significative (21,54). Cependant, les études ayant suivi des mêmes praticiens au cours du temps, rapportent une influence avec un taux d'échec réduit pour les mini-vis placées en fin de période de suivi par rapport à celles placées au début (23,47,66).

Tab. 15 : Influence de l'opérateur sur le taux d'échec des mini-vis

Publication	Design de l'étude	Nombre de mini-vis	Type de mini-vis	Opérateurs	Influence*
Dobranski <i>et al.</i> (2014) (21)	EP	293	S.I.N implant (Brazil)	Opérateurs ayant posé 50 mini-vis antérieurement vs Opérateurs ayant posés 200 mini-vis	Non
Geshay <i>et al.</i> (2021) (47)	EP	82	MSI (Dentos, Seoul, Korea)	1 opérateur novice Comparaison entre les 41 premières vis posées et les 41 dernières	Oui
Kim <i>et al.</i> (2010) (23)	EP	210	KLS-Martin, Jacksonville, Fla Orthoplant, Biomaterials Korea, Seoul, Korea)	Suivi des mêmes opérateurs sur quatre périodes consécutives de 18 mois	Oui
Lee <i>et al.</i> (2010) (54)	EP	260	C-Implant (Seoul, Korea)	Opérateur ayant posé 174 mini-vis antérieurement vs Opérateur ayant posé 85 mini-vis	Non
Wu <i>et al.</i> (2009) (66)	EP	414	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)/Lomas (Mondel Medical Systems, Tuttlingen, Germany)/Bio-ray, Syntex Scientific Co, Chang Hua, Taiwan	Suivi des mêmes opérateurs entre 2002 et 2006	Oui

* : influence statistiquement significative avec $p \leq 0,05$ – EP : étude prospective

2.2.3.4.2 Torque d'insertion

Parmi les cinquante études de notre revue, sept ont recherché un lien entre le torque d'insertion et le taux d'échec (Tab. 16), toutes concluant à une influence (3,20,24,43,58,59,64).

Plusieurs études, notamment celles menées par Suzuki *et al.* (59) et Di Leonardo *et al.* (20) ont suggéré qu'un couple d'insertion optimal se situe entre 5 et 10 N.cm.

D'autres études prospectives, comme celle menée par Motoyoshi *et al.* (3) ont restreint cette plage idéale à une valeur de couple comprise entre 8 et 10 N.cm.

Sreenivasagan *et al.* (58), différencient les valeurs de torque idéales en fonction du site de placement. Ainsi, le torque d'insertion préconisé était de 10,06 N.cm pour les vis en infra-zygomatique, 10,25 N.cm pour les vis en buccal shelf et 6,6 N.cm pour les vis en inter-radiculaire.

D'autre part, Watanabe *et al.* (64) ont observé que les valeurs de couple d'insertion étaient significativement plus élevées dans le groupe ayant présenté des échecs de mini-vis par rapport au groupe « succès ». Ils suggèrent ainsi que des valeurs de couple d'insertion appropriées permettent d'obtenir une stabilité favorable après la mise en place des mini-vis.

En revanche, dans leur essai contrôlé randomisé, Chaddad *et al.* (43) ont rapporté un meilleur taux de succès des mini-vis placées avec des valeurs de couple plus élevées, en particulier d'au moins 15 N.cm.

Tab. 16 : Influence du torque d'insertion sur le taux d'échec des mini-vis

Publication	Design de l'étude	Nombre de mini-vis	Type de mini-vis	Influence*
Chaddad <i>et al.</i> (2008) (43)	ECR	32	C-Implant (Seoul, Korea), Dual Top (Jeil Medical, Seoul, Korea)	Oui
Di Leonardo <i>et al.</i> (2018) (20)	EP	133	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)/Dual Top (Jeil Medical, Seoul, Korea)	Oui
Motoyoshi (2006) (24)	EP	124	ISA, orthodontic implants (Biodent, Tokyo, Japan)	Oui
Motoyoshi (2007) (3)	EP	87	ISA, orthodontic implants (Biodent, Tokyo, Japan)	Oui
Suzuki <i>et al.</i> (2013) (59)	EP	186	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)	Oui
Sreenivasagan <i>et al.</i> (2021) (58)	ECR	59	Favanchor TM Skeletal anchorage system (India) SK, Surgicals (Pune, India)	Oui
Watanabe <i>et al.</i> (2017) (64)	EP	20	Dual Top (Jeil Medical, Seoul, Korea)	Oui

* : influence statistiquement significative avec $p \leq 0,05$ – EP : étude prospective – ECR : essai contrôlé randomisé

2.2.3.4.3 Axe d'insertion

Parmi les cinquante études de notre revue, quatre ont recherché un lien entre l'axe d'insertion et le taux d'échec (Tab. 17), aucune ne concluant à une influence (19,34,37,38).

Tab. 17 : Influence de l'axe d'insertion sur le taux d'échec des mini-vis

Publication	Design de l'étude	Nombre de mini-vis	Type de mini-vis	Sites d'insertion	Angulations étudiées (nombre de mini-vis)	Influence*
Aly <i>et al.</i> (2018) (19)	EP	148	3M (ESPE, Neuss, Germany); Jeil (Medical, Seoul, Korea); Morelli, (Sorocaba, Brazil)	Mx / Md V/P	Diagonale (29) 90° (119)	Non
Gill <i>et al.</i> (2023) (37)	EP	64	ASTM B 265 Gr5	IFZ	0-45° (4) 45-90° (60)	Non
Jing <i>et al.</i> (2016) (34)	EP	253	NS	Mx / Md V / P / RM	10-20° (25) 30-45° (157) 60-70° (44) 90° (27)	Non
Park <i>et al.</i> (2006) (38)	EP	227	Stryker Leibinger Inc, Mich/ Osteomed, Addison, Tex/ Absoanchor, Korea/ KLS-Martin, Fla	Mx / Md	10-20° (67) 30-40° (105) 90° (54)	Non

* : influence statistiquement significative avec $p \leq 0,05$ – EP : étude prospective – NS : non spécifié – Mx : maxillaire – Md : mandibule – V : vestibulaire – P : palatin – IFZ : crête infrazygomatique - RM : rétromolaire

2.2.3.4.4 Nature du tissu parodontal

Parmi les cinquante études de notre revue, cinq ont recherché un lien entre le tissu dans lequel la vis était placée et le taux d'échec (Tab. 18) (34,37–39,43). Le tissu d'insertion dans les études pouvait être la gencive attachée, la ligne de jonction muco-gingivale ou la muqueuse alvéolaire.

Sur les cinq études, une seule a conclu en l'influence de la présence de tissus kératinisés sur le taux d'échec (39).

En effet, Viwattanatipa *et al.* (39) recommandent une insertion à la ligne muco-gingivale plutôt qu'en muqueuse libre. Les taux d'échec étaient de 7,2% et 25,8% respectivement, cette différence étant statistiquement significative ($p < 0,01$).

Tab. 18 : Influence du tissu d'insertion sur le taux d'échec des mini-vis

Publication	Design de l'étude	Nombre de mini-vis	Type de mini-vis	Localisation	Influence*
Chaddad <i>et al.</i> (2008) (43)	ECR	32	C-Implant (Seoul, Korea), Dual Top (Jeil Medical, Seoul, Korea)	Mx / Md Région postérieure GA/MA	Non
Gill <i>et al.</i> (2023) (37)	EP	64	ASTM B 265 Gr5	IFZ GA/MA	Non
Jing <i>et al.</i> (2016) (34)	EP	253	NS	Mx / Md V / P / RM GA/MA	Non
Park <i>et al.</i> (2006) (38)	EP	227	Stryker Leibinger Inc, Kalamazoo, Mich/ Osteomed, Addison, Tex/ Absoanchor, Dentos, Daegu, Korea/ KLS-Martin, Jacksonville, Fla	Mx / Md Comparaison entre placement en GA Vs Placement 3mm apicalement à la LJMG	Non
Viwattanatipa <i>et al.</i> (2009) (39)	EP	97	Osteomed, Dalas, Tex	Mx EIR PM2-M1 / IFZ Comparaison entre placement à la LJMG Vs Placement en MA	Oui

* : influence statistiquement significative avec $p \leq 0,05$ – ECR : essai contrôlé randomisé – EP : étude prospective – NS : non spécifié – Mx : maxillaire – Md : mandibule – IFZ : crête infrazygomatique – V : vestibulaire – P : palatin – RM : rétromolaire – GA : gencive attachée – LJMG : ligne de jonction muco-gingivale – EIR : espace inter-radicaire – MA : muqueuse alvéolaire

2.2.3.4.5 Proximité radiculaire

Parmi les cinquante études de notre revue, quatre ont recherché un lien entre la proximité radiculaire, entre la mini-vis et une dent, et le taux d'échec (Tab. 19) (1,30,36,53). La proximité radiculaire était mesurée, selon les articles, sur un CBCT, sur un cliché rétro-alvéolaire ou par l'intermédiaire du periotest. Trois études ont conclu à une influence majeure (1,30,36) et une étude a rapporté une absence d'influence (53).

Shigeeda *et al.* (2014) (30) ont examiné la relation de cause à effet entre la stabilité des vis et leur degré de proximité avec la racine en utilisant la PTV et le CBCT. Il y

avait une forte corrélation entre l'état de contact entre la vis et l'os et la valeur de la PTV.

Les vis mandibulaires avaient une plus grande mobilité que les vis maxillaires, même lorsque la vis évitait le contact avec la racine.

De plus, Watanabe *et al.* (36) ont également montré que le CBCT était supérieur à la radiographie rétro-alvéolaire pour évaluer la proximité radiculaire.

Tab. 19 : Influence de la proximité radiculaire sur le taux d'échec des mini-vis

Publication	Design de l'étude	Nombre de mini-vis	Type de mini-vis	Méthode radiologique	Influence*
Kim <i>et al.</i> (2010) (53)	EP	50	C-Implant (Seoul, Korea)	CBCT	Non
Kuroda <i>et al.</i> (2007) (1)	EP	79	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)/ Keisei Medical Industrial, Tokyo, Japan	CBCT / RA	Oui
Shigeeda <i>et al.</i> (2014) (30)	EP	165	ISA, orthodontic implants (Biodent, Tokyo, Japan)	CBCT / PTV	Oui
Watanabe <i>et al.</i> (2013) (36)	EP	190	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)	CBCT / RA	Oui

* : influence statistiquement significative avec $p \leq 0,05$ – EP : étude prospective – CBCT : tomographie volumique à faisceau conique – RA : cliché rétro-alvéolaire – PTV : periotest value

2.2.3.5 Facteurs orthodontiques

Plusieurs facteurs orthodontiques peuvent influencer le taux d'échec des mini-vis : le délai de mise en charge, le type de mouvement et la force appliquée.

2.2.3.5.1 Délai de mise en charge

Parmi les cinquante études de notre revue, quatre ont recherché un lien entre le délai de mise en charge de la vis et le taux d'échec (Tab. 20) (36,37,46,59). La mise en charge des mini-vis pouvait être immédiate, précoce (après quelques semaines) ou tardive (après quelques mois). Deux études ont observé une absence d'effet du délai de mise en charge sur le taux d'échec des mini-vis (36,46).

Au contraire, Gill *et al.* (37) et Jeong *et al.* (51) ont rapporté un meilleur taux de succès quand la mise en charge était tardive, c'est-à-dire deux semaines après la pose pour l'étude de Gill *et al.* (37) et 12 à 16 semaines après la pose pour Jeong *et al.* (51)

En effet dans l'étude de Gill *et al.* (37), le taux d'échec était de 39,1% lorsque la mise en charge était immédiate alors qu'il était de 0% lorsqu'elle était effectuée deux semaines après à leur pose.

Dans l'étude de Jeong *et al.* (51), le taux d'échec en fonction du délai de mise en charge après insertion des vis était de 13,56% à 4 semaines ; de 8,97% à 8 semaines ; de 11,32% à 12 semaines et de 5,00% à 16 semaines.

Tab. 20 : Influence du délai de mise en charge sur le taux d'échec des mini-vis

Publication	Design de l'étude	Nombre de mini-vis	Type de mini-vis	Délai de mise en charge	Influence*
Garfinkle <i>et al.</i> (2008) (46)	EP	82	Osteomed (Addison, Tex)	Précoce / Tardive / Non chargée	Non
Gill <i>et al.</i> (2023) (37)	EP	64	ASTM B 265 Gr5	Immédiate / Après 2 semaines	Oui
Jeong <i>et al.</i> (2015) (51)	EP	331	Miangan; Biomaterials Korea, Seoul, Korea	Après 4 semaines / 8 semaines / 12 semaines / 16 semaines	Oui
Watanabe <i>et al.</i> (2013) (36)	EP	190	AbsoAnchor (Dentos, Daegu, Korea)	Précoce / Tardif	Non

* : influence statistiquement significative avec $p \leq 0,05$ – EP : étude prospective

2.2.3.5.2 Type de mouvement orthodontique

Parmi les cinquante études de notre revue, cinq ont recherché un lien entre le type de mouvement orthodontique supporté par la vis et le taux d'échec (Tab. 21) (21,23,32–34). Les mouvements étudiés étaient la rétraction antérieure, la protraction postérieure, l'ingression, la distalisation molaire, le redressement radiculaire ou une combinaison de mouvements. La majorité des auteurs n'a observé aucune influence du type de mouvement sur le taux d'échec (21,23,33,34).

À l'inverse, l'étude prospective en bouche fractionnée de Park *et al.* (32) a observé un taux d'échec plus important pour le mouvement de distalisation par rapport à la rétraction (Odds ratio = 7,49 ; $p < 0,05$). Au contraire, il n'y avait pas de différence

significative entre les taux d'échec des mouvements d'ingression et de rétraction ($p > 0,05$).

Tab. 21 : Influence du type de mouvement orthodontique sur le taux d'échec des mini-vis

Publication	Design de l'étude	Population (patients + mini-vis)	Age moyen + écart-type en année	Type de mini-vis	Diamètre (mm)	Longueur (mm)	Localisation	Type de mouvements orthodontiques	Influence*
Cheng <i>et al.</i> (2004) (33)	EP	44 patients 92 Mv	29 ± 8,9	Titanium mini-implants (Leibinger, Freiburg, Germany; or Mondeal, Tuttlingen, Germany)	2	5 / 15	Mx / Md Région postérieure	Rétraction : 15 Protraction : 25 Ingression M : 79 Redressement M : 21	Non
Dobranski <i>et al.</i> (2014) (21)	EP	166 patients 293 Mv	25,8	S.I.N implant (Brazil)	1,6 / 1,8	6 / 8 / 10	Mx / Md P / V / L	Distalisation M : 128 Ingression : 74 Protraction : 46 Rétraction : 45	Non
Jing <i>et al.</i> (2016) (34)	EP	114 patients 253 Mv	19,26 ± 9,19	NS	1,4 / 2	6 / 8 / 10	Mx / Md V / P / RM	Ingression : 46 Protraction : 9 Redressement : 13 Rétraction : 142 Combinaison : 43	Non
Kim <i>et al.</i> (2010) (23)	EP	138 patients 210 Mv	23,4 ± 8	KLS-Martin, Jacksonville, Fla Orthoplant, Biomaterials Korea, Seoul, Korea)	1,5 / 2	5	Mx P	Distalisation : 55 Mésialisation : 10 Ingression : 36 Rétraction : 71 Combinaison : 25	Non
Park <i>et al.</i> (2019) (32)	EP	40 patients 98 Mv	NS	Osstem Implant, Busan, Korea	1,6	6	Mx / Md EIR PM2-M1	Rétraction : 56 Distalisation : 34 Ingression : 8	Oui

* : influence statistiquement significative avec $p \leq 0,05$ – EP : étude prospective – Mv : mini-vis – NS : non spécifié – Mx : maxillaire – Md : mandibule – V : vestibulaire – P : palatin – L : lingual – EIR : espace inter-radicaire

2.2.3.5.3 Forces orthodontiques

Parmi les cinquante études de notre revue, deux ont recherché un lien entre les forces orthodontiques supportées par la vis et le taux d'échec (Tab. 22) (19,34).

Dans leur étude prospective, Aly *et al.* (19) analysent le taux d'échec de mini-vis mises en charge immédiatement avec des forces allant de 50 à 450 g. Ils ont observé un taux d'échec le plus faible entre 150 et 250 g. En effet, le taux d'échec diminuait lorsque le niveau de force augmentait jusqu'à 250 g (29,4% ;21,6% ;6,9% pour 100, 150 et 250 g, respectivement). Ainsi les auteurs recommandent des forces de mise en charge allant jusqu'à 250 g.

À l'inverse, Jing *et al.* (34) n'ont pas noté d'influence du niveau de force orthodontique sur le taux d'échec des mini-vis.

Tab. 22 : Influence des forces orthodontiques sur le taux d'échec des mini-vis

Publication	Design de l'étude	Nombre de mini-vis	Type de mini-vis	Forces orthodontiques	Influence*
Aly <i>et al.</i> (2018) (19)	EP	148	3M (ESPE, Neuss, Germany); Jeil (Medical, Seoul, Korea); Morelli, (Sorocaba, Brazil)	50 g à 450 g	Oui
Jing <i>et al.</i> (2016) (34)	EP	253	NS	<1 N : 16 Mv 1-2 N : 193 Mv >2 N : 44 Mv	Non

* : influence statistiquement significative avec $p \leq 0,05$ – EP : étude prospective – NS : non spécifié – N : Newton – Mv : mini-vis

2.3 Discussion

2.3.1 Qualités des études sélectionnées

La majorité des articles incluses dans notre revue sont des études prospectives (40 études) avec un niveau de preuve de qualité correcte de grade B. Nous retrouvons également 2 études contrôlées de grade B. Enfin, 8 études sont des essais contrôlés randomisés correspondant à un haut niveau de preuve scientifique de grade A (68).

2.3.2 Limites de l'analyse

Notre analyse de la littérature scientifique comporte un certain nombre de limites.

Une limite essentielle réside dans le manque d'homogénéité dans les définitions d'éléments majeurs de notre étude tels que le succès ou l'échec. En voici quelques exemples :

- « succès » peut désigner : fonctionnellement stable jusqu'à la fin du traitement sans signes d'inflammation ou de pathologie autour de la vis ; ancrage fonctionnel jusqu'à la fin du mouvement souhaité ; absence d'infection pendant plus de 4 mois ; absence d'infection jusqu'en fin de traitement ; stabilité...
- « échec » peut signifier : perte spontanée de l'implant ; mobilité de l'implant ; perte lors d'une visite de routine ; inflammation autour de l'implant...
- « stabilité » est définie selon une période qui s'avère variable d'une étude à l'autre.

Un biais important est celui de l'évaluation des mini-vis. En effet, plusieurs paramètres peuvent affecter les taux de réussite rapportés : la méthode et la qualité des études, l'inclusion d'autres variables dans l'analyse de critère de jugement principal, le type de mini-vis, le diamètre, la longueur, le site d'insertion, le manque d'homogénéité dans les protocoles de pose des mini-implant, la durée de la période d'observation ou encore les différences de calendrier de recrutement des sujets.

Enfin, de nombreuses études n'ont pas renseigné l'ensemble des paramètres étudiés.

2.3.3 Critère de jugement principal : taux d'échec

La variabilité des définitions des termes « succès » et « échec » rend difficile l'évaluation à la fois quantitative et qualitative des taux correspondants et mériterait à l'avenir une uniformisation afin d'atteindre une plus grande homogénéité dans les recherches scientifiques – ce constat et cette suggestion sont partagés par la plupart des auteurs. Toutefois, notre revue de littérature a permis de calculer un taux d'échec moyen de 14,9 %, selon plusieurs critères (Tab. 1).

Revue systématique

Le taux d'échec moyen constaté dans notre revue est de 14,9 % pour 50 études. Ce taux se situe dans la fourchette basse de ceux généralement observés dans les revues systématiques et méta-analyses :

- Alharbi *et al.* (69) observent un taux d'échec de 13,5%
- Schätzle *et al.* (70) indiquent un taux d'échec plus élevé (16,4%) pour les mini-vis à 12 semaines, portant sur 17 études, soit 2 374 vis pour 1 196 patients. Toutefois, les critères d'échec ne sont pas précisés.

Méta-analyses

- Crismani *et al.* (71) : taux d'échec de 16,2%, portant sur 14 études, soit 1519 vis pour 452 patients. Les critères d'échec ne sont pas précisés ;
- Dalessandri *et al.* (72) : taux d'échec < 20% pour toutes les études incluses. Les conclusions de ces analyses doivent être interprétées avec prudence en raison de la nature disparate des études examinées et de l'hétérogénéité des données.
- Papadopoulos *et al.* (73) : taux d'échec de 12,3% portant sur 8 études. Dans cette méta-analyse, l'échec est défini par la perte ou la nécessité de déplacer la mini-vis ou de la remplacer ;
- Papageorgiou *et al.* (74) : taux d'échec de 13,5% pour 52 études, 4 987 mini-vis et 2 281 patients. Les critères d'échec retenus sont les mêmes que ceux que nous avons retenus pour notre revue ;

2.3.4 Critères de jugement secondaires

2.3.4.1 Facteurs dépendant de l'hôte

2.3.4.1.1 Âge

Parmi les onze études de notre revue de littérature s'intéressant à l'influence de l'âge, huit n'ont relevé aucun lien (24,32,35–37,48) et trois ont rapporté des taux d'échecs plus élevés chez le sujet jeune (19,34,54).

Certaines revues systématiques et méta-analyses observent également un taux d'échec réduit chez le sujet âgé (69,72,73,75).

Les hypothèses invoquées par Papadopoulos *et al.* (73) sont la densité osseuse et l'épaisseur corticale plus favorables chez le sujet âgé. Ramirez *et al.* (76) suggèrent également qu'un parodonte plus épais chez le sujet âgé pourrait jouer un rôle.

À l'inverse, d'autres auteurs ne retrouvent pas d'influence de l'âge sur le taux d'échec des mini-implants (48,71,74,77).

En effet, dans leur méta-analyse, Papageorgiou *et al.* (74) n'ont observé aucune différence significative liée à l'âge en comparant les plus de 20 ans aux moins de 20 ans. Cependant, cette étude comporte certains facteurs confondants pouvant entraîner des résultats contradictoires, comme l'inclusion d'autres types d'ancrage osseux (mini-plaques) ou encore les différences d'épaisseur d'os cortical observées à la mandibule entre adultes et adolescents.

Reynders *et al.* (2009) (77) et Crismani *et al.* (2010) (71) n'ont pas identifié l'âge comme un facteur de risque d'échec et ont constaté des résultats contradictoires parmi les études incluses.

De plus, les études ne sont pas toujours comparables car les tranches d'âges étudiées ne sont pas les mêmes. Par exemple, l'étude de Lee *et al.* (54) compare les patients de moins de 20 ans, ceux ayant entre 20 et 30 ans et enfin les plus de 30 ans alors que Jing *et al.* (34) observent des patients de moins de 12 ans, entre 12 et 18 ans et de plus de 18 ans.

- Même si dans certaines études l'âge est considéré comme un facteur de risque, dans la majorité des articles de plus haut niveau de preuve, l'âge ne modifie en rien le taux d'échec des mini-vis.

2.3.4.1.2 Genre

Parmi les douze études de notre revue de littérature s'intéressant à l'influence du genre, aucune n'a relevé de lien avec le taux d'échec (19,24,34–38,54,55,63,66,67). Ce constat est confirmé par de nombreuses études rétrospectives (78–84) et également dans les revues systématiques et méta-analyses considérées (71–73,75–77).

En effet, la méta-analyse de Dalessandri *et al.* (72), basée sur l'inclusion de 26 publications et rapportant des taux d'échec inférieurs à 20%, a comparé le sexe en utilisant un échantillon de 1240 hommes, 3121 femmes sans trouver de différence significative ($p=0,6$). De plus la symétrie du graphique en entonnoir suggère un faible risque de biais de publication.

- D'après la littérature, en particulier les études de haut niveau de preuve, il semblerait que le genre n'influence pas le taux d'échec des mini-vis.

2.3.4.1.3 Côté d'insertion

Parmi les neuf études de notre revue de littérature s'intéressant à l'influence du côté d'insertion, sept n'ont relevé aucun lien (19,24,37,54,55,59,67) et deux ont rapporté des résultats contradictoires (21,66).

En effet, Dobranski *et al.* (21) ont noté un taux d'échec plus élevé du côté gauche tandis que Wu *et al.* (66), au contraire, trouvaient un taux d'échec plus élevé à droite. Dobranski *et al.* (21) expliquent que les résultats contradictoires dans les études pourraient être liés à divers facteurs tels que le côté de mastication préférentiel, les

difficultés d'accès lors de la mise en place des mini-vis, différents niveaux d'hygiène chez les droitiers et gauchers et des erreurs statistiques aléatoires.

Un meilleur taux de succès des mini-vis à gauche est également retrouvé dans les revues systématiques de Ramirez *et al.* (76) et de Dalessandri *et al.* (72). Cette différence serait liée au nombre plus élevé de patients droitiers avec pour conséquence une meilleure hygiène sur le côté gauche et donc un taux d'échec réduit.

- ➔ Il semble que le côté d'insertion ait une influence sur le taux d'échec des mini-vis, il est nécessaire de mener des études complémentaires s'intéressant uniquement à ce facteur afin de conclure de manière fiable.

2.3.4.1.4 Rapports squelettiques

2.3.4.1.4.1 Dans le sens sagittal

Parmi les études de notre revue de littérature s'intéressant à l'influence des rapports squelettiques sagittaux, aucune n'a démontré d'influence sur le taux d'échec (32,34,35).

Ces résultats sont en accord avec une majorité d'études de la littérature. En effet, les études rétrospectives de Chen *et al.* (85), Miyawaki *et al.* (2), Moon *et al.* (86), Yao *et al.* (84) en viennent à la même conclusion.

De la même façon, dans leur revue systématique, Reynders *et al.* (77) ont constaté que la typologie squelettique antéro-postérieure n'était pas un facteur de risque. Cette conclusion est également corroborée par Papageorgiou *et al.* (2012) (74).

Seules deux études rétrospectives rapportent un taux d'échec plus important pour les patients présentant une classe III squelettique.

En effet, dans l'étude d'Arqub *et al.* (87), le taux de survie à 12 mois est de 74,4 % pour la classe I ; de 86,7 % pour la classe II et de 65,3 % pour la classe III. Il existe toutefois un biais de localisation. En effet, les mini-vis insérées chez les patients en classe II étaient principalement utilisées pour rétracter les dents antérieures maxillaires, tandis que la plupart des mini-implants des patients en classe III étaient

positionnés dans la zone rétromolaire ou en buccal shelf afin de distaler l'ensemble de l'arcade inférieure.

De leur côté, Yi Lin *et al.* (88) expliquent que leurs résultats pourraient être dus au hasard car il n'y a aucune raison physiologique, connue à ce jour, qui pourrait expliquer ces différences de taux d'échec.

- ➔ Il semblerait que les rapports squelettiques sagittaux n'influencent pas le taux d'échec des mini-vis. Néanmoins, des études complémentaires s'intéressant uniquement à ce facteur seraient nécessaires afin de conclure de manière fiable.

2.3.4.1.4.2 Dans le sens vertical

Parmi les six études de notre revue de littérature s'intéressant à l'influence des rapports squelettiques verticaux, seules deux ont noté une influence avec un taux d'échec plus important pour les patients présentant une typologie hyperdivergente (34,37). Ces résultats pourraient être attribués à la densité osseuse et à l'épaisseur corticale réduite chez les patients hyperdivergents, ce qui pourrait compromettre la stabilité primaire et l'ostéointégration finale des mini-implants (34,37).

Par ailleurs, les revues systématiques de Reynders *et al.* (77) et Papageorgiou *et al.* (74) ne considèrent pas la typologie verticale, évaluée à l'aide des angles FMA et Sn-GoGn, comme facteur de risque d'échec.

- ➔ Il semblerait que les rapports squelettiques verticaux n'influencent pas le taux d'échec des mini-vis. Néanmoins, des études complémentaires s'intéressant uniquement à ce facteur seraient nécessaires afin de conclure de manière fiable.

2.3.4.1.5 Hygiène buccale et inflammation

Parmi les sept études de notre revue de littérature s'intéressant à l'influence de l'hygiène buccale, une seule n'a rapporté aucun lien tandis que les six autres étaient en faveur d'un taux d'échec plus important chez le patient présentant une moins bonne hygiène orale.

Park *et al.* (38) ont distingué hygiène orale et inflammation. L'inflammation affectait significativement le taux de succès des mini-vis alors que les résultats n'étaient pas significatifs pour l'hygiène. Cependant, d'après les auteurs, l'hygiène doit indirectement jouer un rôle dans le taux de succès des mini-vis du fait des taux de succès plus élevés pour les mini-vis positionnées à gauche comparativement à celles du côté droit. Les échantillons étant composés d'une majorité de droitiers, l'hygiène est meilleure du côté gauche et pourrait donc justifier cette différence.

Viwattanatipa *et al.* (39) considèrent que l'hypertrophie inflammatoire des gencives pourrait être attribuée à l'irritation causée par les ligatures en acier inoxydable et à l'accumulation de la plaque.

Ces résultats sont corroborés par la méta-analyse de Dalessandri *et al.* (72) qui observent huit fois plus d'échec en lien avec l'inflammation des tissus environnants et recommandent une bonne hygiène buccale autour de la vis par prévention.

Seule l'étude de Lee *et al.* (54) n'a rapporté aucune influence de l'hygiène ou de l'inflammation dans le taux d'échec des mini-vis. Cependant, cette absence de résultat pourrait être attribuée au choix des groupes comparés. En effet, les auteurs ont séparé les patients en deux groupes distincts : « bonne hygiène » et « mauvaise hygiène ». Dans les autres études mentionnées, l'hygiène est généralement comparée en trois groupes : « bonne », « moyenne » et « mauvaise ». Ces autres études observent des effets significatifs entre les groupes avec une « bonne hygiène » et avec une « mauvaise hygiène ». Cependant aucune différence significative n'est observée entre le groupe « bonne hygiène » et « hygiène moyenne ». De ce fait dans l'étude de Lee *et al.* (54), la classification en deux groupes de patients pourrait être trop large et ainsi biaiser les résultats.

→ Il semblerait que l'hygiène buccale influence le taux d'échec des mini-vis notamment en raison de l'inflammation des tissus mous autour de la vis. Néanmoins, des études complémentaires s'intéressant uniquement à ce facteur seraient nécessaires afin de conclure de manière fiable.

2.3.4.1.6 Habitudes néfastes

En implantologie, le tabagisme est reconnu comme un facteur de risque d'échec majeur (79). Cependant, la littérature est pauvre concernant ce facteur en orthodontie.

La seule étude de notre revue s'intéressant à l'influence du tabagisme a relevé un taux d'échec plus important chez les gros fumeurs par rapport aux fumeurs légers ($p=0,005$) et aux non-fumeurs ($p<0,001$). Il n'y avait pas de différence significative entre les non-fumeurs et les fumeurs légers (28).

Cette même étude est citée dans différentes méta-analyses et revues systématiques portant sur les facteurs de risque d'échec des mini-vis (69,76).

Ces résultats sont en contradiction avec ceux de l'étude de Melo *et al.* (89) qui ne retrouve pas d'association significative entre le tabac et les échecs des mini-implants. Cependant, les auteurs suggèrent que l'absence de différence significative de leur résultat pourrait être due au manque de distinction entre les fumeurs légers et les fumeurs lourds au sein du groupe de fumeurs. De plus, en raison de la nature rétrospective de leur étude, il n'a pas été possible de confirmer les relations temporelles entre les variables d'exposition et l'échec des mini-implants.

De futures études devraient étudier l'effet d'un arrêt temporaire du tabac sur le pronostic des mini-vis orthodontiques.

→ Il semblerait que le tabagisme, en particulier chez les gros fumeurs, influence le taux d'échec des mini-vis. Néanmoins, des études complémentaires s'intéressant uniquement à ce facteur seraient nécessaires afin de conclure de manière fiable.

2.3.4.2 Facteurs liés au site d'insertion

2.3.4.2.1 Caractéristiques osseuses

Parmi les cinq études de notre revue de littérature s'intéressant à l'influence des caractéristiques osseuses, deux n'ont rapporté aucun lien (56,59) tandis que les trois autres étaient en faveur d'un taux d'échec plus important chez le patient présentant une épaisseur d'os cortical réduite (3,48,55).

Tout d'abord, le terme de qualité osseuse n'est pas clairement défini dans la littérature. Il comprend des aspects physiologiques et structurels ainsi que le degré de minéralisation du tissu osseux dont les rôles ne sont pas encore clairement définis. Alors que certains auteurs supposent que la qualité osseuse est équivalente à la densité minérale osseuse, d'autres considèrent que la qualité osseuse fait référence à l'épaisseur de l'os cortical. Des différences méthodologiques de mesure de la stabilité primaire et de l'épaisseur de la corticale, des différences de conception, de dimensions des mini-implants et de taille de l'échantillon, pourraient être à l'origine de différences dans les résultats.

D'après les trois études de notre revue concluant à un effet des caractéristiques osseuses sur le taux d'échec des mini-implants, il existe une corrélation positive entre la stabilité primaire et l'épaisseur de la corticale osseuse, avec notamment une épaisseur nécessaire de plus de 1,0 mm en vestibulaire et 1,5 mm en palatin (48).

Cette conclusion est également retrouvée dans la méta-analyse de Papageorgiou *et al.* (74) qui corrélate clairement le taux de réussite des mini-vis à l'épaisseur de la corticale, avec un minimum de 1,0 mm.

Une autre méta-analyse de Marquezan *et al.* (90) incluant douze études s'est également intéressée à ce facteur et a montré un lien positif entre épaisseur corticale et stabilité primaire. À noter toutefois que le coefficient de corrélation était qualifié de modéré (coefficient de corrélation=0,338). Tout l'intérêt de cette étude réside dans le fait qu'elle a été réalisée en combinant des résultats comparables ; les études ont été regroupées selon la méthode de mesure de la stabilité primaire et le substrat osseux.

À l'inverse, deux études ont conclu à une absence d'effet (56,59).

C'est aussi ce que concluent Reynders *et al.* (77) dans une revue systématique, qui ne retiennent pas la quantité d'os péri-implantaire ni l'épaisseur corticale comme facteurs d'influence, faute de contrôle de ces paramètres dans les publications sélectionnées.

- ➔ Il semblerait que les caractéristiques osseuses influencent le taux d'échec des mini-vis, notamment l'épaisseur d'os cortical. Néanmoins, des études complémentaires s'intéressant uniquement à ce facteur seraient nécessaires afin de conclure de manière fiable.

2.3.4.2.2 Localisation sur l'arcade

Parmi les neuf études de notre revue de littérature s'intéressant à l'influence de l'emplacement des mini-vis sur le taux d'échec, six n'ont trouvé aucun lien (19,21,34,40,63,66). De même, les revues systématiques de Casana-Ruiz *et al.* (91) et Reynders *et al.* (77) n'ont pas pu établir de conclusion fiable sur ce facteur.

Résultats des sites d'insertion au palais

Le palais offre un excellent emplacement pour l'insertion des mini-vis car il est éloigné des racines des dents (92).

Dans notre revue, le taux d'échec varie selon les études de 0 % à 44 % avec une moyenne globale de 16,1 %. Ce taux est plus élevé que celui établi par la méta-analyse de Mohammed *et al.* (4,7 %) (92), mais est proche du taux d'échec des revues systématiques de Papageorgiou *et al.* (74) et Schätzle *et al.* (70), qui ont enregistré respectivement des taux de 15,6 % et 10,5 %.

L'étude de Tsaousidis et Bauss (61) observe un taux d'échec de 44 % au palais, ce qui est nettement supérieur aux autres études de la littérature. Les auteurs justifient ces résultats par plusieurs facteurs, notamment l'épaisseur de la muqueuse palatine et le long bras de levier pouvant causer une surcharge sur l'os et un desserrage de la

vis. De plus, la pression permanente de la langue pourrait également être la cause d'un desserrage prématuré de la vis. Cependant, l'explication la plus probable semble être l'insuffisance de tissu osseux dans le site d'insertion car les mini-vis ont été insérées chez des patients souffrant de maladies parodontales ou ayant subi des pertes dentaires précoces, ce qui a possiblement affecté la qualité de l'os.

Dans notre revue, deux études ont examiné l'effet de la localisation sur le taux d'échec des mini-vis uniquement au palais, sans trouver d'effet significatif (40,63). Cependant Asscherickx *et al.* (40) indiquent que la région paramédiane est celle de choix pour les adolescents pour éviter toute altération de la croissance au niveau de la suture palatine.

L'étude rétrospective d'Arqub *et al.* (87) confirme ces résultats, ne trouvant pas de différence dans le taux d'échec entre les mini-vis médianes et paramédianes. Cette étude constate également un taux d'échec des mini-vis palatines de 8,5%, ce qui est similaire aux taux d'échec des études d'Asscherickx *et al.* (40) et d'Uchida *et al.* (63), qui étaient de 9,0 % et 12,8 %.

Dans leur méta-analyse, Mohammed *et al.* (92) ont examiné trois sites d'insertion palatins (médio-palatin, paramédian et parapalatin) et, contrairement aux deux études de notre revue, ont noté des différences en fonction de la localisation. En effet, la zone médio-palatine présentait le taux d'échec le plus bas (1,3%), peut être en raison de la finesse des tissus mous et de la qualité de l'os cortical dans cette zone ainsi qu'à la facilité d'insertion directe. Le taux d'échec paramédian était de 4,8%, juste derrière la zone médiane palatine. La zone parapalatine, utilisée pour insérer des vis dans les bords latéraux du palais, avait un taux d'échec de 5,5%. Comparée aux autres sites d'insertion, la probabilité de toucher les racines dans la zone parapalatine est plus élevée.

Résultats avec sites d'insertion inter-radiculaires vestibulaires au maxillaire et à la mandibule

Dans notre revue, le taux d'échec global des mini-vis vestibulaires était de 11,9%, ce qui est conforme aux taux retrouvés dans la littérature.

En effet, la méta-analyse de Papageorgiou *et al.* (74) rapporte un taux d'échec de 10,9%. De même, les résultats de la méta-analyse de Mohammed *et al.* (92) sont similaires, montrant un taux d'échec de 9,6% au maxillaire et de 12,3% à la mandibule.

Toutefois, contrairement à la méta-analyse de Mohammed *et al.* (92), Tsaousidis et Bauss (61) observent un taux d'échec plus faible en vestibulaire à la mandibule par rapport au maxillaire. Cependant le nombre de mini-vis étudié étant assez faible, cela pourrait avoir influencé les résultats.

Au maxillaire, Aly *et al.* (19) et Yoo *et al.* (67) rapportent des taux d'échec plus faibles dans les régions antérieures par rapport à la région postérieure. Ce résultat est également retrouvé dans la méta-analyse de Papageorgiou *et al.* (74) qui observent un échec de 23,7% en postérieur, contre seulement 4,2% en antérieur ($p=0,006$).

A la mandibule, Aly *et al.* (19) observent un meilleur taux de succès entre la première et la deuxième prémolaire. Cela pourrait s'expliquer par la présence d'un espace inter-radiculaire suffisant. L'étude de Poggio *et al.* (93) s'est spécifiquement intéressée à cet aspect et a observé que la plus grande largeur mésio-distale à la mandibule se trouvait entre les prémolaires.

Résultats avec sites d'insertion en lingual à la mandibule :

D'après Wiechmann *et al.* (65), le taux d'échec des mini-vis posées en lingual à la mandibule était significativement plus élevé que celles posées en vestibulaire ou palatin ($p=0,0011$).

Ces constatations sont corroborées par la méta-analyse de Papageorgiou *et al.* (74) qui rapportent un taux d'échec à la mandibule en lingual de 73,3% contre 9,1% en vestibulaire, cette différence étant statistiquement significative ($p<0,001$).

Résultats avec sites d'insertion dans les crêtes édentées :

Une seule étude observe un taux d'échec de 30,8% pour les mini-implants insérés au niveau des crêtes édentées (66). Toutefois, seulement 13 mini-vis ont été implantées dans cette zone. Afin de préciser ces résultats, des études avec un effectif plus important sont nécessaires.

Résultats avec sites d'insertion dans les zones rétromolaires :

Deux études se sont intéressées à cette localisation et observent un taux d'échec de 0,0 % (66) et de 20,0 % (34). Encore une fois, les résultats pourraient être biaisés en raison du nombre réduit de mini-vis étudiées (une seule mini-vis pour l'étude de Wu *et al.* (66) et 15 mini-vis pour l'étude de Jing *et al.* (34))

- ➔ Il ne fait aucun doute que la qualité des traitements orthodontiques avec des mini-vis est affectée par le choix du site d'insertion des implants. L'emplacement des mini-vis dépendra des besoins du traitement, de la conception biomécanique. Il est également important de comprendre les limites anatomiques des différents sites d'insertion. L'hétérogénéité des résultats peut être due aux différentes méthodologies utilisées (différentes techniques d'insertion, nombre de mini-vis, type de mini-vis, nature des opérateurs).

2.3.4.2.3 Arcade d'insertion

Parmi les seize études de notre revue de littérature s'intéressant à l'influence de l'arcade d'insertion, neuf n'ont rapporté aucun lien (19,21,24,32,43,46,55,66,67) tandis que les quatre autres étaient en faveur d'un taux d'échec plus important pour les mini-vis mandibulaires (34,36,38,58).

Comme 9 études de notre revue, la revue systématique de Ramírez-Ossa *et al.* (76), évaluant 12 études, ne conclut pas à une différence significative entre les deux arcades.

Cependant, au sein de ces 12 études, nous pouvons relever certaines limites dans l'évaluation de l'effet de la localisation sur le taux de succès comme la faible taille de

l'échantillon de l'étude de Chaddad *et al.* (43) qui pourrait avoir limité la capacité à détecter une différence.

Une autre limite pourrait être la définition du taux de succès qui, comme nous l'avons écrit, varie selon les études. Cette définition est notamment jugée comme insuffisante pour l'étude de Motoyoshi *et al.* (55) d'après la méta-analyse de Dalessandri *et al.* (72).

Jing *et al.* (34) partent du postulat que le placement de mini-implants à la mandibule pourrait être un facteur de protection en raison de la densité osseuse plus élevée de la mandibule. Pourtant, les résultats des quatre études de notre revue indiquent le contraire.

Il pourrait y avoir plusieurs raisons à cela :

1. Bien que l'insertion à la mandibule puisse assurer une meilleure stabilité primaire, avec une prolongation du temps de guérison, l'insertion au maxillaire permettrait une meilleure ostéointégration en raison de l'apport sanguin et nutritionnel environnant (34) ;
2. Un vestibule plus étroit avec une plus grande surface de muqueuse mobile à la mandibule rend difficile un nettoyage approfondi par les patients et est donc susceptible de provoquer des infections (34) ;
3. Une plus grande densité osseuse à la mandibule pourrait provoquer un couple d'insertion plus élevé, ce qui est préjudiciable à la survie des mini-vis (34) ;
4. L'os cortical plus épais et plus dur de la mandibule pourrait provoquer une surchauffe lors du forage et pourrait expliquer le taux d'échec plus élevé (58). Toutefois cela ne s'appliquerait qu'à l'insertion vestibulaire des mini-vis au maxillaire et n'expliquerait pas le taux de réussite élevé des mini-implants au palais (72) ;
5. Les mini-vis mandibulaires pourraient être plus exposées aux interférences masticatoires (71).

La plupart des revues systématiques et méta-analyses rapportent également un plus grand taux d'échec à la mandibule (70–72,74,75,91,92,94). C'est par exemple le cas de Papageorgiou *et al.* (74), qui observent 1,5 fois plus de risque d'échec à la

mandibule en précisant que l'explication la plus probable est la différence de largeur d'espace inter-radiculaire, plus importante à l'arcade maxillaire.

De plus, des données récentes indiquent que l'os trabéculaire joue également un rôle important dans la stabilité primaire des mini-vis, ce qui pourrait profiter à la stabilité obtenue dans les sites d'insertions maxillaires (94).

➔ Malgré les résultats de la majorité des études de notre revue suggérant que le type d'arcade n'influence pas le succès des mini-vis, la plupart des études de haut niveau de preuve considèrent ce facteur comme significatif avec un meilleur taux de succès pour les vis au maxillaire.

2.3.4.3 Facteurs liés à la vis

2.3.4.3.1 Dimensions

2.3.4.3.1.1 Diamètre

Parmi les sept études de notre revue de littérature s'intéressant à l'influence du diamètre, cinq n'ont rapporté aucun lien (19,21,34,38,43) tandis que deux rapportaient différents effets du diamètre sur le taux de succès en fonction de la localisation (29,66).

À la mandibule, le taux d'échec est réduit pour des diamètres plus importants, supérieurs à 1,4 mm pour Berens *et al.* (29) et à 2 mm pour Wu *et al.* (66).

Deux études rétrospectives font la même observation (2,95).

De plus, des revues systématiques ont également conclu à un risque d'échec significativement plus faible pour des diamètres de 2 mm ou plus par rapport à des diamètres de 1,2 mm ou moins (70). Cependant, la plage recommandée de diamètre varie considérablement selon les études, de 1,4 à 2 mm dans certaines méta-analyses (94) tandis que d'autres recommandent des diamètres supérieurs à 1,4 mm (75).

Au maxillaire, au contraire, Wu *et al.* (66) recommandent d'utiliser des diamètres de moins de 1,4 mm de diamètre.

Cette différence de recommandation selon la localisation s'expliquerait par la différence d'épaisseur d'os cortical entre le maxillaire et la mandibule. A la mandibule, l'os cortical est plus épais, ce qui pourrait entraîner des fractures des mini-implants de petit diamètre (66). De plus, les auteurs expliquent qu'il y aurait plus d'échec au maxillaire avec des diamètres de plus de 1,4 mm car ces mini-vis sont généralement placées à distance de la zone inter-radiculaire, dans des zones non-kératinisées, qui sont plus à risque d'échec (66).

À l'inverse, la majorité des études de notre revue ne rapportent pas d'effets significatifs du diamètre des mini-implants sur leur taux d'échec.

Cependant, les résultats de l'étude de Park *et al.*(38) ont pu être influencés par la disproportion des échantillons. En effet, il y avait 222 vis de 1,2 mm de diamètre et seulement 5 vis de 2 mm diamètre.

Par ailleurs, nous pouvons relever que le niveau de preuve des études en faveur d'une absence d'effet significatif du diamètre était supérieur à celui des études en faveur d'une influence. En effet, d'après la méta-analyse de Dalessandri *et al.* (72), les deux études en faveur d'un effet du diamètre sur le taux de succès étaient de faible (29) et de moyen (66) niveau de preuve en terme de définition du taux de succès, de configuration de l'étude, de description de l'analyse et d'exploitation des résultats. Au contraire, les cinq études n'ayant par rapporté d'influence du diamètre avaient toutes un niveau de preuve moyen à élevé.

De la même manière, de nombreuses études rétrospectives (34,78,83,96), prospectives (19,21,38,43) ainsi que des méta-analyses (72–74,91) ne rapportent pas d'effets significatifs du diamètre des mini-implants sur leur taux d'échec.

- ➔ Il n'existe pas de consensus clair dans la littérature sur l'influence du diamètre des mini-vis sur leur taux d'échec. Les résultats sont controversés, des études complémentaires s'intéressant uniquement à ce facteur seraient nécessaires afin de conclure de manière fiable.

2.3.4.3.1.2 Longueur

Parmi les dix études de notre revue de littérature s'intéressant à l'influence de la longueur, huit n'ont rapporté aucun lien (19,21,29,37,38,43,66) tandis que deux étaient en faveur d'un taux d'échec plus important pour les mini-vis présentant une longueur réduite (25,59).

En implantologie, une plus grande quantité de surface de contact entre l'os et l'implant est connue pour réduire les échecs implantaires. Par conséquent, les implants dentaires sont généralement choisis pour être aussi longs et larges que possible, en fonction de la disponibilité de l'os. (97)

Le même principe est également vrai pour les mini-vis et c'est ce que nous retrouvons dans deux études de notre revue. Les vis plus longues avec un diamètre plus large sont considérées comme plus stables que les vis courtes et étroites (88). Cependant, contrairement aux implants dentaires, le diamètre et la longueur de la vis sont limités par l'espace disponible entre les racines adjacentes puisque les mini-vis sont placées le plus souvent dans les espaces inter-radiculaires (1).

Bien sûr, la taille de la mini-vis dépendra également de l'emplacement anatomique d'insertion et de l'épaisseur des tissus mous à cet endroit (5).

Le facteur le plus important pour un succès optimal serait la longueur de vis réellement enfoncée dans l'os.

Les vis les plus minces sont préférées pour l'insertion entre les racines pour diminuer le risque de toucher les racines (25).

Cependant, il y a un risque accru de fracture car la résistance mécanique est étroitement liée au diamètre (75) et un taux de succès plus faible serait probablement en lien avec la diminution de la surface de contact entre l'os et l'implant (71). Ainsi, certaines revues systématiques et méta-analyses ont suggéré un meilleur taux de succès pour des mini-vis d'au moins 5-8 mm de longueur (94) ou d'au moins 8 mm de longueur (71,75).

Comme la majorité des études de notre revue, nous retrouvons également dans la littérature des revues systématiques et méta-analyses n'ayant pas trouvé d'effets significatifs de la longueur sur le taux de succès (72–74,77,91).

- ➔ La longueur des mini-vis est un des facteurs les plus controversés. Plusieurs études ont examiné la relation entre longueur et taux de succès mais les résultats sont contradictoires. Des études complémentaires bien menées sont nécessaires afin de préciser l'impact de ce facteur.

2.3.4.3.2 Matériau

Parmi les cinq études de notre revue de littérature s'intéressant à l'influence du matériau, quatre n'ont rapporté aucun lien (27,42,44,66) tandis qu'une seule était en faveur d'un taux d'échec plus important pour les mini-vis en acier (31).

L'influence du matériau sur le taux d'échec n'est pas encore assez claire. La plupart des mini-vis disponibles sur le marché sont en titane mais on trouve également des mini-vis en acier inoxydable (27,98). Malgré les caractéristiques distinctes de ces deux matériaux, ils remplissent tous deux les conditions biomécaniques requises pour les dispositifs d'ancrage orthodontique.

Le titane présente une meilleure biocompatibilité que l'acier inoxydable. Parmi les inconvénients des vis en titane figurent le prix plus élevé que l'acier inoxydable et la nécessité d'un forage préalable dans les os très denses (99,100). Ramirez-Ossa *et al.* (76) estiment, dans leur revue de littérature, que les alliages de titane contiennent des éléments qui améliorent la résistance à la flexion et préviennent les fractures.

Certaines études *in vitro* et sur des animaux ont montré que les deux matériaux présentaient des résultats similaires en ce qui concerne la résistance à la rupture et à la torsion, la stabilité mécanique et les réponses histologiques (101).

De la même manière, l'étude rétrospective de Yao *et al.* (84) conclut que les mini-vis en acier inoxydable peuvent être utilisées comme ancrages orthodontiques et sont comparables aux mini-vis en titane. Les auteurs ajoutent que l'acier inoxydable

présente de meilleures propriétés de résistance à la flexion que le titane et peut donc subir une plus grande flexion avant que la rupture ne se produise. Les propriétés de torsion de l'acier inoxydable permettraient aux opérateurs de sentir la réponse de la vis lors de l'insertion.

Des résultats similaires sont retrouvés dans les études prospectives de Wu *et al.* (66) et Tsai *et al.* (27), ainsi que dans l'essai contrôlé en bouche fractionnée de Bollero *et al.* (42).

D'après Pan *et al.* (102), malgré leurs nombreuses différences, l'alliage de titane et l'acier inoxydable répondent tous deux aux exigences mécaniques des mini-vis. Le facteur déterminant pour la stabilité primaire serait la profondeur d'insertion plutôt que le matériau de l'implant.

Le choix de la profondeur appropriée est extrêmement important pour la stabilité primaire de la mini-vis et est déterminant pour la réussite du traitement. Bien que les mini-vis en alliage de titane réalisent un ancrage stationnaire principalement par rétention mécanique, elles peuvent atteindre une ostéointégration partielle après 3 semaines. Cette intégration partielle est un avantage particulièrement dans les applications orthodontiques car elle permet un ancrage efficace avec une insertion et un retrait aisés (103).

Cependant, l'ostéointégration partielle peut également compliquer le retrait des implants à mini-vis en alliage de titane en augmentant les valeurs de couple nécessaires au retrait.

Mecenas *et al.* (104) sont les seuls à avoir mené une revue systématique ayant pour but d'étudier la différence de taux de succès des mini-vis en acier et en titane. Six études ont été retenues. Seule l'étude de Ashith *et al.* (31) a rapporté des taux de succès plus importants pour les vis en titane, mais cette étude présentait de nombreux biais et ses résultats doivent être interprétés avec prudence. Les quatre autres études n'ont pas rapporté de différence de taux de succès entre les deux types de vis (27,42,44,66).

➔ L'influence des différents matériaux utilisés pour fabriquer les mini-vis sur leur stabilité n'est pas claire. Compte tenu des résultats disponibles dans la littérature, il semblerait que le matériau utilisé, titane ou acier, n'ait pas d'incidence sur le taux de succès des mini-vis. Avec un coût inférieur à celui du titane et une efficacité clinique similaire, l'acier semble être un matériau de choix pour les mini-vis orthodontiques.

Néanmoins, du fait de nombreux biais et facteurs confondants, ces résultats sont controversés et des études complémentaires s'intéressant uniquement à ce facteur seraient nécessaires afin de conclure de manière fiable.

2.3.4.3.3 Type de vis : auto-forant ou auto-taraudant

Il existe principalement deux types de mini-vis pour les traitements orthodontiques : les vis auto-forantes qui ne nécessitent pas de pré-trou et les vis auto-taraudantes, qui demandent le forage d'un pré-trou, d'un diamètre généralement inférieur à celui de la mini-vis.

Parmi les quatre études de notre revue de littérature s'intéressant à l'influence du type de vis (22,26,50,62), une seule a rapporté un lien (62).

En effet, dans cette étude, Türköz *et al.* (62) observent un meilleur taux de succès pour les vis auto-forantes après mise en charge et une meilleure stabilité à 1 mois. Les auteurs expliquent cela par des dommages osseux moindres qu'avec un préforage mais concluent sur la nécessité de clarifier la stabilité clinique à long terme. Toutefois, il est important de prendre en compte, dans l'interprétation des résultats de l'étude, qu'il y avait une hétérogénéité dans les groupes comparés (88).

Des études sur animal ont également montré des résultats en faveur des mini-vis auto-forantes avec un meilleur contact os-vis et une meilleure stabilité initiale grâce à des conceptions de filetage plus profondes. De plus, il est également allégué que leur temps d'insertion est réduit et que leur risque d'endommagement radiculaire est moindre (104,105).

Contrairement aux études animales ou artificielles, dans la majorité des études chez l'homme, et en particulier les études de haut niveau des preuves, il ne semble pas y

avoir de différence significative dans le taux de succès des mini-vis auto-forantes et auto-taraudantes (74,94,106). La raison de ce résultat contraire pourrait être liée à la différence de qualité (os cortical plus fin chez l'homme) et de quantité (moins dense chez l'homme) de l'os alvéolaire.

Dans notre revue, trois études ne montrent pas de différence sur le taux de succès entre les vis auto-forantes et auto-taraudantes (22,26,50).

Néanmoins, sans que cela affecte le taux de succès, des différences sont observées entre les deux types de mini-vis ; comme par exemple, un taux d'échec plus important observé en cas de contact radiculaire avec les vis auto-forantes (26,50). D'après les auteurs, l'hypothèse serait que la méthode auto-taraudante impliquant le forage d'un trou pilote dans l'os pourrait créer une concavité sur la surface radiculaire en cas de contact radiculaire. Cette concavité pourrait amortir le choc causé par le contact radiculaire (26) .

De plus, d'après Gupta *et al.* (22), les vis auto-forantes ont une mise en place plus rapide, plus confortable pour le patient avec moins de dommage thermique de l'os. Cependant la méthode auto-taraudante resterait utile en cas d'os très dense.

La méta-analyse de Yi *et al.* (106) incluant 6 études de haute qualité conclut également en l'absence de différence de taux de succès entre les vis auto-forantes et auto-taraudantes en vestibulaire. Mais les résultats doivent être interprétés avec prudence pour d'autres sites d'insertion.

- ➔ La majorité des études, et en particulier les études de haut niveau de preuve, n'ont pas trouvé de différence significative entre les mini-vis auto-forantes et auto-taraudantes. Par conséquent, le choix du type de vis doit dépendre de la densité osseuse

2.3.4.4 Facteurs chirurgicaux

2.3.4.4.1 Opérateur

Parmi les cinq études de notre revue de littérature s'intéressant à l'influence de l'opérateur, deux n'ont rapporté aucun lien (21,54) tandis que les trois autres étaient en faveur d'un taux d'échec plus élevé pour les praticiens moins expérimentés (23,47,66).

Les trois études en faveur d'un impact de l'opérateur sur le taux d'échec ont observé des mêmes opérateurs suivis dans le temps alors que les deux études n'ayant rapporté aucun lien ont observé deux groupes d'opérateurs distincts. La progression de l'opérateur pourrait donc jouer un rôle important. Bien que l'une des trois études ait été spécifique aux implants palatins, les auteurs ont estimé que ce facteur d'influence devait également s'appliquer aux mini-vis vestibulaires (23).

Des études rétrospectives ont également observé un impact de l'opérateur sur le succès des mini-vis avec un meilleur taux de succès pour les opérateurs ayant posé un plus grand nombre de vis antérieurement (96,107). En effet, d'après Lim *et al.* (96), l'expérience de l'opérateur influence le taux de succès pour plusieurs raisons. Ils mentionnent le mouvement de la mini-vis oscillant sur son axe ("wobbling") durant l'insertion, qui peut endommager le tissu osseux. Une bonne habileté du clinicien, acquise avec des insertions répétées, permettrait de réduire ces rotations non axiales, améliorant ainsi le taux de réussite. De plus, les cliniciens expérimentés seraient capables d'insérer une vis avec un angle adéquat, minimisant ainsi la proximité radiculaire, susceptible d'entraîner des échecs des mini-vis.

La revue systématique de Gintautaitė et Gaidytė (108) , citant deux études, conclut également que l'expérience du praticien affecte la stabilité des mini-vis.

En revanche, deux études de notre revue n'ont trouvé aucun lien entre l'expérience de l'opérateur et le taux de réussite des mini-vis (21,54), et une étude rétrospective n'a observé aucune différence significative entre les poses de mini-vis par des orthodontistes et des chirurgiens oraux (85). Il convient de noter que dans les deux études de notre revue, les opérateurs dits « moins expérimentés » avaient posé un

nombre assez important de mini-vis (entre 50 et 80) (21,54). Nous pouvons supposer que l'impact de ce facteur aurait été plus visible avec des opérateurs ayant posé moins de mini-vis.

La revue de Ramirez *et al.* (76) ne parvient pas, quant à elle, à statuer sur le sujet en raison de résultats contradictoires dans les études.

Enfin, les méta-analyses de Papageorgiou *et al.* (74) et de Dalessandri *et al.* (72), s'intéressent à ce facteur et n'établissent pas de caractère opérateur-dépendant du succès ou de l'échec, le nombre d'études étant trop faible pour statuer.

➔ Il existe peu d'informations disponibles de haute qualité dans la littérature pour statuer sur ce facteur. Les résultats des études sur l'influence de l'opérateur sont contradictoires, probablement en raison de la diversité des méthodes utilisées, telles que l'insertion des mini-implants dans diverses régions anatomiques ou les différents niveaux de formation des opérateurs. Néanmoins, en considérant les études disponibles, l'hypothèse la plus raisonnable est que l'expérience de l'opérateur a une incidence sur le taux d'échec des mini-vis, avec un taux d'échec plus élevé chez les opérateurs moins expérimentés.

2.3.4.4.2 Torque d'insertion

Parmi les sept études de notre revue s'intéressant à l'influence du torque d'insertion, toutes ont montré une corrélation entre le couple d'insertion et le taux de réussite des mini-vis (3,20,24,43,58,59,64). Néanmoins, les valeurs optimales de couple variaient selon les études en raison de nombreux facteurs non évalués.

Plusieurs auteurs recommandent un couple d'insertion de 5-10 N.cm (20,24,59) tandis que Chaddad *et al.* (43) ont obtenu, au cours d'un essai contrôlé randomisé, de meilleurs résultats avec des valeurs de couple d'au moins 15 N.cm.

Inversement, la méta-analyse de Papageorgiou *et al.* (2012) (74) a conclu que des valeurs de couple d'insertion supérieures à 10 N.cm étaient associées à un taux d'échec plus élevé des mini-vis.

Ramirez-Ossa *et al.* (76) suggèrent que des niveaux de couple d'insertion trop élevés peuvent augmenter les échecs en raison d'une compression osseuse excessive, de fractures de la corticale et d'une résorption osseuse, conduisant à une défaillance de la mini-vis. Ces éléments pourraient expliquer le taux d'échec plus élevé des mini-vis placées à la mandibule présentant une corticale osseuse plus épaisse.

De nombreux facteurs pourraient expliquer les disparités de couples d'insertion recommandés :

- Les dimensions : les mini-vis plus épaisses nécessitent un couple d'insertion plus important, comme le montrent Sreenivasagan *et al.* (58)
- L'épaisseur de corticale (58)
- La localisation de la mini-vis (94)

Selon les revues systématiques de Reynders *et al.* en 2009 (77) et 2012 (109), il n'y a pas suffisamment de preuves pour recommander des niveaux spécifiques de couple d'insertion en raison de la faible qualité des études évaluant cette corrélation.

- ➔ Le torque à l'insertion semble influencer le taux de succès des mini-vis. Cependant, une connaissance approfondie des valeurs de couple d'insertion selon la localisation est nécessaire pour une pose soigneuse et l'obtention d'une stabilité maximale. Des études complémentaires s'intéressant uniquement à ce facteur seraient nécessaires afin de conclure de manière fiable sur l'influence de celui-ci et sur les couples d'insertion optimaux.

2.3.4.4.3 Axe d'insertion

Parmi les quatre études de notre revue s'intéressant à l'influence de l'axe d'insertion, aucune n'a montré de corrélation avec le taux de réussite des mini-vis (19,34,37,38).

Plusieurs études ont montré une stabilité accrue avec des angles de 45 à 70 degrés en expliquant notamment que l'angulation permettrait d'augmenter la surface de contact de la vis avec l'os cortical et ainsi d'accroître la stabilité et aussi de diminuer le risque de dommages radiculaires (110–113). Au contraire, plusieurs auteurs ont observé un meilleur taux de succès avec une angulation perpendiculaire à la surface osseuse tout en indiquant que les angles de placements inférieurs à 90 degrés créeraient potentiellement un bras de levier et diminueraient la résistance de l'ancrage (114–118).

En général, le placement des mini-vis perpendiculairement à la surface osseuse donne les valeurs de stabilité plus élevées contre les forces d'arrachement (119). Cependant, les mini-vis ne sont presque jamais chargées avec des forces perpendiculaires dans les situations cliniques de routine, les forces appliquées sur la tête de vis créent généralement un effet de type cisaillement. Par conséquent, les études évaluant les forces de cisaillement doivent imiter les forces orthodontiques agissant sur les vis (119,120).

Les résultats des études examinant l'effet de l'angulation sur le taux de succès des mini-vis sont très disparates.

De plus, la majorité des données disponibles dans la littérature présentent un niveau de preuve limité étant donné qu'elles sont principalement basées sur des études expérimentales (120), *in-vitro* (110,111,119) ou des simulations par la méthode des éléments finis (113,115–117).

Les résultats de la seule méta-analyse abordant le sujet, réalisée par Papageorgiou *et al.* indique une absence d'effet de l'angulation pour des mini-vis inclinées de 10 à 90 degrés (74).

➔ L'axe d'insertion ne semble pas influencer le taux d'échec des mini-vis. Néanmoins, du fait de l'existence de certains biais, des études complémentaires s'intéressant uniquement à ce facteur sont nécessaires afin de conclure de manière fiable.

2.3.4.4.4 Nature du tissu parodontal

Parmi les cinq études de notre revue s'intéressant à l'influence du tissu parodontal d'insertion, quatre n'ont montré aucun lien (34,37,38,43) tandis qu'une seule était en faveur d'un taux d'échec réduit en présence de tissus kératinisés.

En effet, Viwattanatipa *et al.* (39) recommandent une insertion en gencive attachée pour éviter toute irritation ou inflammation. Les auteurs observent des taux de survie nettement inférieurs pour les vis placées dans des tissus non kératinisés. L'équipe remarque également un effet de l'épaisseur de la muqueuse : plus elle est importante, plus la réaction hypertrophique inflammatoire est sévère. Des résultats similaires sont retrouvés dans la littérature (84,111)

Inversement, certaines études n'ont pas constaté de lien entre la présence de tissus kératinisés et le taux de succès (34,38,85,96). Cependant, Chaddad *et al.* (43) soulignent que, bien que ce soit statistiquement non significatif, les mini-vis défailtantes dans l'étude avaient une émergence de vis au niveau de la muqueuse buccale plutôt qu'au sein de la gencive kératinisée.

De plus, même si la stabilité est comparable, les mini-vis en muqueuse ont tendance à être plus inflammatoires, ce qui multiplierait par plus de quatre le risque d'échec des mini-vis (2).

Enfin, comme le soulignent Lim *et al.* (96), ces résultats pourraient être dus au fait que c'est généralement la stabilité initiale qui est évaluée dans les études. Bien que les tissus non kératinisés, tels que les muqueuses mobiles, présentent un risque élevé d'infection par rapport aux tissus kératinisés, ce problème se produit rarement lors de la pose des vis. Par conséquent, le type de tissu n'influencerait pas la stabilité initiale mais serait plus déterminant par la suite.

Les méta-analyses ne parviennent pas à conclure sur le sujet (72,73,76,77,108).

➔ Il semblerait que le tissu gingival d'insertion influence le taux d'échec des mini-vis, et que la présence de tissus kératinisés soit associée à un taux d'échec moins élevé. Néanmoins, du fait de l'existence de certains biais, des études complémentaires s'intéressant uniquement à ce facteur sont nécessaires afin de conclure de manière fiable.

2.3.4.4.5 Proximité radiculaire

Parmi les quatre études de notre revue s'intéressant à l'influence de la proximité radiculaire, une n'a montré aucun lien (53) tandis que les trois autres étaient en faveur d'un taux d'échec plus élevé en cas de proximité radiculaire (1,30,36).

Kuroda *et al.* (1) ont mesuré la distance entre la lamina dura et la vis et ont montré une corrélation entre proximité radiculaire et l'échec, d'autant plus marquée à la mandibule. La limite de la surface de la lamina dura étant difficile à identifier sur des radiographies en deux dimensions, ils ont également examiné des radiographies en trois dimensions. Dans leur étude, le taux de succès dans les groupes avec contact radiculaire était de 63 % alors que dans le groupe sans contact radiculaire, il était supérieur à 90 %.

Par ailleurs, le fait que cette tendance soit encore plus marquée à la mandibule pourrait être lié à :

1. Une faible hauteur de gencive attachée et/ou un vestibule peu profond
2. Un accès difficile au site d'insertion
3. Des distances inter-radiculaires réduites par rapport au maxillaire (36)

D'autres études se sont intéressées à ce facteur et ont observé les mêmes conclusions. Par exemple, dans une étude rétrospective menée par Jung *et al.* (81), la distance vis-surface radiculaire a été identifiée comme un facteur de risque, avec l'augmentation de la distance vis-surface radiculaire associée à une augmentation significative du taux de réussite des mini-vis.

De même, les revues systématiques de Mohammed *et al.* (92), Gintautaitė et Gaidytė (108) et Papageorgiou *et al.* (74) ont conclu que le contact radiculaire était un facteur de risque majeur augmentant de trois à huit fois les taux d'échec.

À l'inverse, d'après Kim *et al.* (53), la proximité radiculaire n'est pas en soi un facteur de risque majeur pour l'échec des mini-implants. Le contact avec la racine n'entraînerait pas nécessairement l'échec de l'implant car les autres surfaces de l'implant en contact avec l'os peuvent assurer la stabilité, en particulier si la zone de contact entre l'implant et la racine est stable pendant le traitement. En revanche, les mini-implants en contact avec des racines adjacentes sur plus d'une face présenteraient davantage d'échecs, probablement dus à une diminution du contact entre l'os et l'implant. Toutefois, leur échantillon ne comportait que 15 mini-implants avec une proximité radiculaire, constituant ainsi une limite de l'étude.

Ces observations sont également partagées par Haddad et Saadeh (78). On notera cependant plusieurs biais dans cette étude. Tout d'abord, du fait de son caractère rétrospectif, elle se trouve en bas de l'échelle de preuve. De plus, la taille des différents groupes était largement différente avec 229 patients dans le groupe « succès » contre 31 patients dans le groupe « échec ». Enfin, les mesures ont été prises uniquement sur des radiographies en deux dimensions, ce qui pourrait provoquer des erreurs.

Les auteurs mettent en lumière une autre notion intéressante, l'importance de la distance entre la vis et la crête alvéolaire. La stabilité des implants est associée à la distance entre le mini-implant et la crête alvéolaire. La distance entre la mini-vis et la crête alvéolaire est plus petite dans les cas d'échec (3,43 mm vs 7,46 mm en moyenne) (Fig. 5).

Le corollaire clinique du placement de la mini-vis en gencive attachée en restant à distance de la crête alvéolaire serait d'anguler la vis apicalement pour la positionner dans un niveau osseux vestibulo-lingual/palatin plus épais.



Fig. 5 : Proximité radiculaire et distance à la crête alvéolaire (78)

- ➔ La proximité radiculaire apparaît comme un facteur déterminant dans l'échec des mini-vis. Le taux d'échec des mini-vis semble nettement plus élevé en cas de proximité radiculaire, en particulier à la mandibule. Des études complémentaires notamment en imagerie tridimensionnelle permettraient de conclure de manière fiable.

2.3.4.5 Facteurs orthodontiques

2.3.4.5.1 Délai de mise en charge

Parmi les quatre études s'intéressant à l'influence du délai de mise en charge, deux n'ont montré aucun lien (36,46) tandis que les deux autres étaient en faveur d'un taux d'échec plus important en cas de mise en charge immédiate (37,59).

Tout d'abord, Garfinkle *et al.* (46) nous apprennent que le taux de succès augmenterait significativement lorsque les mini-vis sont soumises à des forces. Les auteurs suggèrent que l'application d'une force pourrait stimuler une adaptation osseuse protectrice qui renforce la rétention mécanique initiale de la vis et minimise les micromouvements de bascule. Cependant, le nombre limité d'implants et de patients dans cette étude pourrait avoir produit ce phénomène par hasard.

Comme l'illustrent les résultats des études de notre revue, l'influence de ce facteur fait l'objet de controverses. En effet, d'une part, plusieurs études rétrospectives concluent à l'absence d'effet du délai de mise en charge sur le taux d'échec des mini-vis (1,2,84). Ces conclusions sont également corroborées par des revues de littérature et méta-analyses ayant comparé mise en charge précoce (moins de 2 semaines) et mise en

charge tardive (plus de 2 semaines) ou mise en charge immédiate et mise en charge tardive (plus de 4 semaines) (71,72,74,121).

D'autre part, tout comme Gill *et al.* (37) qui ont observé un meilleur taux de succès quand la mise en charge était tardive, d'autres auteurs dans la littérature recommandent de différer la mise en charge.

C'est par exemple le cas de Jeong *et al.* (51) qui rapportent des taux d'échec de 13,56 %, 8,97 %, 11,32 % et 5,00 % à 4, 8, 12 et 16 semaines après la pose, respectivement. D'après les auteurs, la stabilité des mini-implants est généralement acquise 12 à 16 semaines après l'insertion, et une mise en charge immédiate pourrait provoquer l'échec du mini-implant. La défaillance après la mise en charge a été observée au cours des 12 premières semaines. Ainsi, ils recommandent d'attendre au moins 12 semaines après la pose pour mettre en charge les mini-vis.

De manière similaire, Chen *et al.* (85) observent un taux d'échec trois fois plus important lorsque la mise en charge est réalisée moins de 3 semaines après la pose.

Enfin, certaines revues systématiques ne parviennent pas à conclure sur le sujet. C'est le cas de Reynders *et al.* (77) qui déplorent l'absence de standardisation des délais de mise en charge. En effet, dans les études, la mise en charge pouvait être considérée précoce jusqu'à 4 semaines après la pose de la mini-vis et les définitions de mise en charge tardive variaient fortement.

De la même façon, Ramirez-Ossa *et al.* (76) ne parviennent pas à dégager de consensus quant à la l'intensité de la force et les protocoles de mise en charge.

- ➔ L'influence du délai de mise en charge est un facteur controversé en raison de l'hétérogénéité des études, des échantillons et des définitions des différents délais. Des études complémentaires, s'intéressant uniquement à ce facteur et comparant des délais similaires sont nécessaires afin de conclure de manière fiable.

2.3.4.5.2 Type de mouvement orthodontique

Parmi les cinq études s'intéressant à l'influence du type de mouvement orthodontique, quatre n'ont observé aucun lien (21,23,33,34), tandis qu'une seule était en faveur d'un taux d'échec plus élevé pour les mouvements de distalisation (32).

Arqub *et al.* (87) rapportent également un moindre taux de succès pour la distalisation. En plus de la qualité et de la quantité d'os, divers facteurs liés à l'hôte, tels que l'intensité des forces et l'hygiène bucco-dentaire, pourraient être à l'origine de ces taux de survie des mini-vis plus faibles.

D'autres études observent une influence d'autres mouvements. C'est par exemple le cas de Gurdan et Szalma (122) qui montrent une mobilité des vis plus importante en cas de mouvement d'ingression par rapport au mouvement d'égression ($p = 0,036$). Cependant, les auteurs précisent qu'il y avait plus de mini-implants en position palatine pour le mouvement d'ingression et que la majorité des mini-implants pour l'égression étaient en vestibulaire, ce qui pourrait influencer le résultat.

Antoszezwska *et al.* (123) et Kuroda *et al.* (1) trouvent également un moindre taux de succès pour le mouvement d'ingression. Néanmoins, les mini-implants étudiés pour le mouvement d'ingression dans l'étude de Kuroda *et al.* étaient posés en postérieur. Ainsi ces résultats pourraient être dus aux difficultés techniques d'insertion ou aux obstacles à l'hygiène orale.

À l'inverse, comme la majorité des études que nous avons répertoriées, la revue systématique de Ramírez-Ossa *et al.* (76) conclut en l'absence de différence selon le type de mouvement. Il en est de même pour la méta-analyse de Papageorgiou *et al.* (74).

D'autres méta-analyses n'abordent pas ce sujet (71,75) ou ne parviennent pas à étudier le facteur en raison d'un nombre insuffisant d'études incluses (72).

- ➔ Il semblerait, d'après les études à plus haut niveau de preuve, que le type de mouvement n'influence pas le taux d'échec des mini-vis. Cependant, du fait de l'existence de plusieurs biais et du manque de comparabilité entre les études, il serait nécessaire de mener des études complémentaires et comparables afin de pouvoir conclure de manière fiable.

2.3.4.5.3 Forces orthodontiques

Deux études ont recherché un lien entre les forces orthodontiques supportées par la vis et le taux d'échec (19,34).

Aly *et al.* (19) recommandent des forces de mise en charge allant jusqu'à 250 g. De la même façon, la revue systématique de Crismani *et al.* (71) recommande une mise en charge avec des forces allant jusqu'à 200 cN (soit 200 g).

Au contraire, l'étude de Jing *et al.* (34) n'a pas observé d'influence de la force sur le taux de succès des mini-vis. Néanmoins, nous pouvons supposer que les niveaux de force utilisés dans l'étude étaient trop faibles (maximum 2N) pour objectiver des différences.

D'après la revue systématique de Janssen *et al.* (124), des forces orthodontiques variant de 100 à 400 g peuvent être appliquées, sans provoquer de différence significative de taux de réussite. Cependant, il s'agit d'une revue systématique portant sur les mini-vis mais aussi sur les mini-plaques qui sont généralement supportées par plusieurs vis, pouvant ainsi fausser le niveau de force toléré.

Il convient également de noter que les forces appliquées doivent être régulièrement contrôlées et ajustées en fonction de la réponse clinique du patient.

- ➔ Les forces orthodontiques recommandées pour la mise en charge des mini-vis peuvent varier selon les études. Actuellement, il n'existe pas de consensus mais il semblerait que le niveau de forces des mini-implants recommandé soit jusqu'à 200 g. Des études supplémentaires sont nécessaires. Il serait intéressant d'évaluer l'influence du niveau de force selon le type de mini-vis, le type de mouvement souhaité ou encore la localisation du mini-implant.

2.3.4.6 Facteurs de risque supplémentaires

D'autres facteurs de risque sont retrouvés dans la littérature mais n'ont pas été discutés en raison de leur rareté, de résultats contradictoires ou de leur faible représentation au sein des études. On retrouve notamment :

- La malocclusion (2,39) ;
- Les troubles temporo-mandibulaires (2,35) ;
- Les maladies parodontales (2,35) ;
- L'état de surface des vis (32,43,107,125–129) ;
- Le design des vis (116,130–136) ;
- La chirurgie d'accès (2,35,39) ;
- La possibilité d'enfourer les vis (38,77) ;
- Le type de mécanique directe ou indirecte (123,137) ;
- Le module (38,85,138) ;
- La durée de la sollicitation mécanique de la vis (19,33,82,86).

Conclusion

Notre revue met en évidence la difficulté d'évaluer de manière précise les taux d'échec des mini-vis d'ancrage orthodontique en raison de l'absence d'uniformité dans les définitions des termes « succès » et « échec », ce qui nuit à la comparabilité des études et à l'établissement de conclusions fiables. Malgré ces défis, notre analyse a permis de calculer un taux d'échec moyen de 14,9% selon plusieurs critères.

Les facteurs influençant la performance des mini-vis sont liés à l'hôte, au site d'insertion et à la mini-vis elle-même, en particulier :

L'hygiène buccale est essentielle pour prévenir les échecs, en raison de l'inflammation des tissus mous autour des mini-vis. Le tabagisme semble être un facteur de risque majeur, avec un taux d'échec plus élevé chez les gros fumeurs.

Les caractéristiques osseuses, la localisation sur l'arcade et l'arcade d'insertion, semblent jouer un rôle dans le taux de réussite des mini-implants en orthodontie. Toutefois des études axées sur ces divers aspects et menées avec une méthodologie commune seraient nécessaires.

Les rapports squelettiques, le matériau ainsi que le type de vis ne semblent pas influencer le taux d'échec des mini-vis.

Concernant l'influence des dimensions (diamètre et longueur), il n'existe pas de consensus clair, ainsi des études complémentaires spécifiquement axées sur chaque facteur sont nécessaires pour parvenir à des conclusions fiables.

Les facteurs chirurgicaux influençant les mini-vis orthodontiques comprennent l'opérateur, le torque à l'insertion, l'axe d'insertion, la nature du tissu parodontal d'insertion et la proximité radiculaire. L'expérience de l'opérateur semble influencer le taux d'échec des mini-vis. De même, le torque à l'insertion joue un rôle dans le taux de succès, ainsi que le tissu parodontal et la proximité radiculaire. En revanche, l'axe d'insertion ne semble pas affecter les résultats.

En ce qui concerne les facteurs orthodontiques, le délai de mise en charge, le type de mouvement et les forces recommandées, des études complémentaires avec une

méthodologie commune et des critères d'évaluation standardisés sont nécessaires afin d'obtenir des conclusions fiables.

En résumé, l'uniformisation et l'approfondissement de la méthodologie de recherche sont essentielles pour évaluer de manière précise les taux d'échec des mini-vis orthodontiques et fournir des recommandations cliniques précises.



SIGNATURE DES CONCLUSIONS

Thèse en vue du Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire

Nom - prénom de l'impétrant : BISMUTH Emma

Titre de la thèse : Taux d'échec des mini-vis d'ancrage orthodontique et facteurs de risque associés : revue systématique de la littérature

Directeurs de thèse : Docteurs Yves BOLENDER et Jeremy OHAYON

VU

Strasbourg, le : 05 JUL. 2023
Le Président du Jury,

Professeur J.-L. DAVIDEAU

VU

11 JUL. 2023

Strasbourg, le :
Le Doyen de la Faculté
de Chirurgie Dentaire de Strasbourg,

Professeur F. MEYER

Références bibliographiques

1. Kuroda S, Yamada K, Deguchi T, Hashimoto T, Kyung HM, Takano-Yamamoto T. Root proximity is a major factor for screw failure in orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;131(4 Suppl):68-73.
2. Miyawaki S, Koyama I, Inoue M, Mishima K, Sugahara T, Takano-Yamamoto T. Factors associated with the stability of titanium screws placed in the posterior region for orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003;124(4):373-8.
3. Motoyoshi M, Yoshida T, Ono A, Shimizu N. Effect of cortical bone thickness and implant placement torque on stability of orthodontic mini-implants. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2007;22(5):779-84.
4. Nabbout F, Faure J, Baron P, Braga J, Treil J. Centres de résistance des groupes dentaires et mécanique orthodontique : 1. Détermination des centres de résistance. *Int Orthod.* 2007;5(4):437-46.
5. Alehyane N, Bouyahyaoui N, Benyahia H, Zaoui F. Mini-vis et ancrage orthodontique : mise au point. *Rev Odont Stomat.* 2011;(40):204-21.
6. Wahl N. Orthodontics in 3 millennia. Chapter 15 : skeletal anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;134(5):707-10.
7. Humphry. On the growth of the jaws. *J Anat Physiol.* 1878;12(Pt 2):288-93.
8. Gainsforth BL, Higley LB. A study of orthodontic anchorage possibilities in basal bone. *Am J Orthod Oral Surg.* 1945;31(8):406-17.
9. Pereira S, Antoun H. Chronologie du plan de traitement : paro, ortho, implanto. *Inf Dent.* 2017;28(2):149-58.
10. Brånemark PI, Adell R, Breine U, Hansson BO, Lindström J, Ohlsson A. Intra-osseous anchorage of dental prostheses. *Scand J Plast Reconstr Surg.* 1969;3(2):81-100.
11. Creekmore TD, Eklund MK. The possibility of skeletal anchorage. *J Clin Orthod.* 1983;17(4):266-9.
12. Roberts WE, Smith RK, Zilberman Y, Mozsary PG, Smith RS. Osseous adaptation to continuous loading of rigid endosseous implants. *Am J Orthod.* 1984;86(2):95-111.
13. Shapiro PA, Kokich VG. Uses of implants in orthodontics. *Dent Clin North Am.* 1988;32(3):539-50.
14. Kanomi R. Mini-implant for orthodontic anchorage. *J Clin Orthod.* 1997;31(11):763-7.

15. Bonte E. Les minivis en orthodontie. *Inf Dent*. 2015;22-6.
16. Davarpanah M, Caraman M, Khoury PM, Augeraud E, Agachi A, Szmukler-Moncler S. L'apport de l'ancrage squelettique en orthodontie. *Actual Odonto-Stomatol*. 2007;(237):41-58.
17. Melsen B, Dalstra M. L'ancrage squelettique au passé, présent et futur. *Orthod Fr*. 2017;88(1):35-44.
18. Chang HP, Tseng YC. Miniscrew implant applications in contemporary orthodontics. *Kaohsiung J Med Sci*. 2014;30(3):111-5.
19. Aly SA, Alyan D, Fayed MS, Alhammadi MS, Mostafa YA. Success rates and factors associated with failure of temporary anchorage devices : a prospective clinical trial. *J Investig Clin Dent*. 2018;9(3):8.
20. Di Leonardo B, Ludwig B, Lisson JA, Contardo L, Mura R, Hourfar J. Insertion torque values and success rates for paramedian insertion of orthodontic mini-implants : a retrospective study. *J Orofac Orthop*. 2018;79(2):109-15.
21. Dobranszki A, Faber J, Scatolino IVMC, Dobranszki NPDAC, Toledo OA de. Analysis of factors associated with orthodontic microscrew failure. *Braz Dent J*. 2014;25(4):346-51.
22. Gupta N, Kotrashetti SM, Naik V. A comparative clinical study between self tapping and drill free screws as a source of rigid orthodontic anchorage. *J Maxillofac Oral Surg*. 2012;11(1):29-33.
23. Kim YH, Yang SM, Kim S, Lee JY, Kim KE, Gianelly AA, *et al*. Midpalatal miniscrews for orthodontic anchorage : factors affecting clinical success. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2010;137(1):66-72.
24. Motoyoshi M, Hirabayashi M, Uemura M, Shimizu N. Recommended placement torque when tightening an orthodontic mini-implant. *Clin Oral Implants Res*. 2006;17(1):109-14.
25. Sarul M, Minch L, Park HS, Antoszewska-Smith J. Effect of the length of orthodontic mini-screw implants on their long-term stability: prospective study. *Angle Orthod*. 2015;85(1):33-8.
26. Son S, Motoyoshi M, Uchida Y, Shimizu N. Comparative study of the primary stability of self-drilling and self-tapping orthodontic miniscrews. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2014;145(4):480-5.
27. Tsai CC, Chang HP, Pan CY, Chou ST, Tseng YC. A prospective study of factors associated with orthodontic mini-implant survival. *J Oral Sci*. 2016;58(4):515-21.
28. Bayat E, Bauss O. Effect of smoking on the failure rates of orthodontic miniscrews. *J Orofac Orthop*. 2010;71(2):117-24.

29. Berens A, Wiechmann D, Dempf R. Mini- and micro-screws for temporary skeletal anchorage in orthodontic therapy. *J Orofac Orthop.* 2006;67(6):450-8.
30. Shigeeda T. Root proximity and stability of orthodontic anchor screws. *J Oral Sci.* 2014;56(1):59-65.
31. Ashith MV, Shetty BK, Shekatkar Y, Mangal U, K M. Assessment of Immediate Loading with Mini-Implant Anchorage in Critical Anchorage Cases Between Stainless Steel Versus Titanium Miniscrew Implants: A Controlled Clinical Trial. *Biomedical and Pharmacology Journal.* 2018;11(2):971-7.
32. Park HJ, Choi SH, Choi YJ, Park YB, Kim KM, Yu HS. A prospective, split-mouth, clinical study of orthodontic titanium miniscrews with machined and acid-etched surfaces. *Angle Orthod.* 2019;89(3):411-7.
33. Cheng SJ, Tseng IY, Lee JJ, Kok SH. A prospective study of the risk factors associated with failure of mini-implants used for orthodontic anchorage. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2004;19(1):100-6.
34. Jing Z, Wu Y, Jiang W, Zhao L, Jing D, Zhang N, *et al.* Factors affecting the clinical success rate of miniscrew implants for orthodontic treatment. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2016;31(4):835-41.
35. Kuroda S, Sugawara Y, Deguchi T, Kyung HM, Takano-Yamamoto T. Clinical use of miniscrew implants as orthodontic anchorage : success rates and postoperative discomfort. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;131(1):9-15.
36. Watanabe H, Deguchi T, Hasegawa M, Ito M, Kim S, Takano-Yamamoto T. Orthodontic miniscrew failure rate and root proximity, insertion angle, bone contact length, and bone density. *Orthod Craniofac Res.* 2013;16(1):44-55.
37. Gill G, Shashidhar K, Kuttappa MN, Kushalappa P B D, Sivamurthy G, Mallick S. Failure rates and factors associated with infrazygomatic crestal orthodontic implants : a prospective study. *J Oral Biol Craniofac Res.* 2023;13(2):283-9.
38. Park HS, Jeong SH, Kwon OW. Factors affecting the clinical success of screw implants used as orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;130(1):18-25.
39. Viwattanatipa N, Thanakitcharu S, Uttraravichien A, Pitiphat W. Survival analyses of surgical miniscrews as orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;136(1):29-36.
40. Asscherickx K, Vannet BV, Bottenberg P, Wehrbein H, Sabzevar MM. Clinical observations and success rates of palatal implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137(1):114-22.

41. Berens A, Wiechmann D, Rüdiger J. L'ancrage intra-osseux en orthodontie à l'aide de mini- et de microvis. *Int Orthod*. 2005;3(3):235-43.
42. Bollero P, Di Fazio V, Pavoni C, Cordaro M, Cozza P, Lione R. Titanium alloy vs. stainless steel miniscrews: an in vivo split-mouth study. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2018;22(8):2191-8.
43. Chaddad K, Ferreira AFH, Geurs N, Reddy MS. Influence of surface characteristics on survival rates of mini-implants. *Angle Orthod*. 2008;78(1):107-13.
44. Chang CH, Lin JS, Roberts WE. Failure rates for stainless steel versus titanium alloy infrazygomatic crest bone screws: a single-center, randomized double-blind clinical trial. *Angle Orthod*. 2019;89(1):40-6.
45. Durrani OK, Shaheed S, Khan A, Bashir U. Comparison of in-vivo failure of single-thread and dual-thread temporary anchorage devices over 18 months: a split-mouth randomized controlled trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2017;152(4):451-7.
46. Garfinkle JS, Cunningham LL, Beeman CS, Kluemper GT, Hicks EP, Kim MO. Evaluation of orthodontic mini-implant anchorage in premolar extraction therapy in adolescents. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2008;133(5):642-53.
47. Geshay D, Campbell P, Tadlock L, Schneiderman E, Kyung HM, Buschang P. Stability of immediately loaded 3 mm long miniscrew implants: a feasibility study. *Dental Press J Orthod*. 2021;26(1):e2119155.
48. Ichinohe M, Motoyoshi M, Inaba M, Uchida Y, Kaneko M, Matsuike R, *et al*. Risk factors for failure of orthodontic mini-screws placed in the median palate. *J Oral Sci*. 2019;61(1):13-8.
49. Inoue M, Kuroda S, Yasue A, Horiuchi S, Kyung HM, Tanaka E. Torque ratio as a predictable factor on primary stability of orthodontic miniscrew implants. *Implant Dent*. 2014;23(5):576-81.
50. Iwai H, Motoyoshi M, Uchida Y, Matsuoka M, Shimizu N. Effects of tooth root contact on the stability of orthodontic anchor screws in the maxilla: Comparison between self-drilling and self-tapping methods. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2015;147(4):483-91.
51. Jeong JW, Kim JW, Lee NK, Kim YK, Lee JH, Kim TW. Analysis of time to failure of orthodontic mini-implants after insertion or loading. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg*. 2015;41(5):240-5.
52. Justens E, De Bruyn H. Clinical outcome of mini-screws used as orthodontic anchorage. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2008;10(3):174-80.
53. Kim SH, Kang SM, Choi YS, Kook YA, Chung KR, Huang JC. Cone-beam computed

tomography evaluation of mini-implants after placement : is root proximity a major risk factor for failure? *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;138(3):264-76.

54. Lee SJ, Ahn SJ, Lee JW, Kim SH, Kim TW. Survival analysis of orthodontic mini-implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137(2):194-9.
55. Motoyoshi M, Inaba M, Ono A, Ueno S, Shimizu N. The effect of cortical bone thickness on the stability of orthodontic mini-implants and on the stress distribution in surrounding bone. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2009;38(1):13-8.
56. Motoyoshi M, Uemura M, Ono A, Okazaki K, Shigeeda T, Shimizu N. Factors affecting the long-term stability of orthodontic mini-implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010 May;137(5):588.e1-5; discussion 588-9.
57. Shinohara A, Motoyoshi M, Uchida Y, Shimizu N. Root proximity and inclination of orthodontic mini-implants after placement: cone-beam computed tomography evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;144(1):50-6.
58. Sreenivasagan S, Subramanian AK, Nivethigaa B. Assessment of insertion torque of mini-implant and its correlation with primary stability and pain levels in orthodontic patients. *J Contemp Dent Pract.* 2021;22(1):84-8.
59. Suzuki M, Deguchi T, Watanabe H, Seiryu M, Iikubo M, Sasano T, *et al.* Evaluation of optimal length and insertion torque for miniscrews. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;144(2):251-9.
60. Topouzelis N, Tsaousoglou P. Clinical factors correlated with the success rate of miniscrews in orthodontic treatment. *Int J Oral Sci.* 2012;4(1):38-44.
61. Tsaousidis G, Bauss O. Influence of insertion site on the failure rates of orthodontic miniscrews. *J Orofac Orthop.* 2008;69(5):349-56.
62. Türköz C, Ataç MS, Tuncer C, Balos Tuncer B, Kaan E. The effect of drill-free and drilling methods on the stability of mini-implants under early orthodontic loading in adolescent patients. *Eur J Orthod.* 2011;33(5):533-6.
63. Uchida Y, Namura Y, Inaba M, Osada A, Charleston-Coad T, Nakamura Y, *et al.* Influence of pre-drilling diameter on the stability of orthodontic anchoring screws in the mid-palatal area. *J Oral Sci.* 2021;63(3):270-4.
64. Watanabe T, Miyazawa K, Fujiwara T, Kawaguchi M, Tabuchi M, Goto S. Insertion torque and periosteal values are important factors predicting outcome after orthodontic miniscrew placement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017;152(4):483-8.
65. 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):263-7.

66. Wu TY, Kuang SH, Wu CH. Factors associated with the stability of mini-implants for orthodontic anchorage : a study of 414 samples in Taiwan. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009;67(8):1595-9.
67. Yoo SH, Park YC, Hwang CJ, Kim JY, Choi EH, Cha JY. A comparison of tapered and cylindrical miniscrew stability. *Eur J Orthod.* 2014;36(5):557-62.
68. HAS, Haute Autorité de Santé. Etat des lieux niveau preuve gradation. 2013.
69. Alharbi F, Almuzian M, Bearn D. Miniscrews failure rate in orthodontics : systematic review and meta-analysis. *European Journal of Orthodontics.* 2018;40(5):519-30.
70. Schätzle M, Männchen R, Zwahlen M, Lang NP. Survival and failure rates of orthodontic temporary anchorage devices : a systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2009;20(12):1351-9.
71. Crismani AG, Bertl MH, Celar AG, Bantleon HP, Burstone CJ. Miniscrews in orthodontic treatment : review and analysis of published clinical trials. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137(1):108-13.
72. Dalessandri D, Salgarello S, Dalessandri M, Lazzaroni E, Piancino M, Paganelli C, *et al.* Determinants for success rates of temporary anchorage devices in orthodontics : a meta-analysis (n > 50). *Eur J Orthod.* 2014;36(3):303-13.
73. Papadopoulos MA, Papageorgiou SN, Zogakis IP. Clinical effectiveness of orthodontic miniscrew implants : a meta-analysis. *J Dent Res.* 2011;90(8):969-76.
74. Papageorgiou SN, Zogakis IP, Papadopoulos MA. Failure rates and associated risk factors of orthodontic miniscrew implants : a meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012;142(5):577-595.e7.
75. Hong SB, Kusnoto B, Kim EJ, BeGole EA, Hwang HS, Lim HJ. Prognostic factors associated with the success rates of posterior orthodontic miniscrew implants : a subgroup meta-analysis. *Korean J Orthod.* 2016;46(2):111.
76. Ramírez-Ossa DM, Escobar-Correa N, Ramírez-Bustamante MA, Agudelo-Suárez AA. An umbrella review of the effectiveness of temporary anchorage devices and the factors that contribute to their success or failure. *J Evid Based Dent Pract.* 2020;20(2):101402.
77. Reynders R, Ronchi L, Bipat S. Mini-implants in orthodontics : a systematic review of the literature. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;135(5):564.e1-19; discussion 564-565.
78. Haddad R, Saadeh M. Distance to alveolar crestal bone : a critical factor in the success of orthodontic mini-implants. *Prog Orthod.* 2019;20(1):19.
79. Hourfar J, Bister D, Kanavakis G, Lisson JA, Ludwig B. Influence of interradicular and palatal placement of orthodontic mini-implants on the success (survival) rate. *Head Face Med.*

2017;13(1):14.

80. Chen Y, Shin HI, Kyung HM. Biomechanical and histological comparison of self-drilling and self-tapping orthodontic microimplants in dogs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;133(1):44-50.
81. Jung YR, Kim SC, Kang KH, Cho JH, Lee EH, Chang NY, *et al.* Placement angle effects on the success rate of orthodontic microimplants and other factors with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;143(2):173-81.
82. Moon CH, Lee DG, Lee HS, Im JS, Baek SH. Factors associated with the success rate of orthodontic miniscrews placed in the upper and lower posterior buccal region. *Angle Orthod.* 2008;78(1):101-6.
83. Lim HJ, Eun CS, Cho JH, Lee KH, Hwang HS. Factors associated with initial stability of miniscrews for orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;136(2):236-42.
84. Yao CCJ, Chang HH, Chang JZC, Lai HH, Lu SC, Chen YJ. Revisiting the stability of mini-implants used for orthodontic anchorage. *J Formos Med Assoc.* 2015;114(11):1122-8.
85. Chen YJ, Chang HH, Lin HY, Lai EHH, Hung HC, Yao CCJ. Stability of miniplates and miniscrews used for orthodontic anchorage : experience with 492 temporary anchorage devices. *Clin Oral Implants Res.* 2008;19(11):1188-96.
86. Moon CH, Park HK, Nam JS, Im JS, Baek SH. Relationship between vertical skeletal pattern and success rate of orthodontic mini-implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;138(1):51-7.
87. Arqub SA, Gandhi V, Mehta S, Palo L, Upadhyay M, Yadav S. Survival estimates and risk factors for failure of palatal and buccal mini-implants. *Angle Orthod.* 2021;91(6):756-63.
88. Yi Lin S, Mimi Y, Ming Tak C, Kelvin Weng Chiong F, Hung Chew W. A study of success rate of miniscrew implants as temporary anchorage devices in singapore. *Int J Dent.* 2015;2015:294670.
89. Melo ACM, Andrighetto AR, Hirt SD, Bongiolo ALM, Silva SU, Silva MAD da. Risk factors associated with the failure of miniscrews : a ten-year cross sectional study. *Braz Oral Res.* 2016;30(1):e124.
90. Marquezan M, Mattos CT, Sant'Anna EF, de Souza MMG, Maia LC. Does cortical thickness influence the primary stability of miniscrews?: a systematic review and meta-analysis. *Angle Orthod.* 2014;84(6):1093-103.
91. Casaña-Ruiz MD, Bellot-Arcís C, Paredes-Gallardo V, García-Sanz V, Almerich-Silla JM, Montiel-Company JM. Risk factors for orthodontic mini-implants in skeletal anchorage

biological stability: a systematic literature review and meta-analysis. *Sci Rep.* 2020;10(1):5848.

92. Mohammed H, Wafaie K, Rizk MZ, Almuzian M, Sosly R, Bearn DR. Role of anatomical sites and correlated risk factors on the survival of orthodontic miniscrew implants : a systematic review and meta-analysis. *Prog Orthod.* 2018;19(1):36.

93. Poggio PM, Incorvati C, Velo S, Carano A. « Safe zones »: a guide for miniscrew positioning in the maxillary and mandibular arch. *Angle Orthod.* mars 2006;76(2):191-7.

94. Cunha AC, da Veiga AMA, Masterson D, Mattos CT, Nojima LI, Nojima MCG, *et al.* How do geometry-related parameters influence the clinical performance of orthodontic mini-implants? a systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2017;46(12):1539-51.

95. Uesugi S, Kokai S, Kanno Z, Ono T. Prognosis of primary and secondary insertions of orthodontic miniscrews : what we have learned from 500 implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017;152(2):224-31.

96. Lim HJ, Choi YJ, Evans CA, Hwang HS. Predictors of initial stability of orthodontic miniscrew implants. *Eur J Orthod.* 2011;33(5):528-32.

97. Cochran DL, Morton D, Weber HP. Consensus statements and recommended clinical procedures regarding loading protocols for endosseous dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2004;19 Suppl:109-13.

98. Brånemark PI, Hansson BO, Adell R, Breine U, Lindström J, Hallén O, *et al.* Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl.* 1977;16:1-132.

99. Chen F, Terada K, Hanada K, Saito I. Anchorage effect of osseointegrated vs nonosseointegrated palatal implants. *Angle Orthod.* 2006;76(4):660-5.

100. Elias CN, Lima JHC, Valiev R, Meyers MA. Biomedical applications of titanium and its alloys. 2008;

101. Scribante A, Montasser MA, Radwan ES, Bernardinelli L, Alcozer R, Gandini P, *et al.* Reliability of orthodontic miniscrews: bending and maximum load of different ti-6al-4v titanium and stainless steel temporary anchorage devices (TADs). *Materials (Basel).* 2018;11(7):1138.

102. Pan CY, Chou ST, Tseng YC, Yang YH, Wu CY, Lan TH, *et al.* Influence of different implant materials on the primary stability of orthodontic mini-implants. *Kaohsiung J Med Sci.* 2012;28(12):673-8.

103. Vande Vannet B, Sabzevar MM, Wehrbein H, Asscherickx K. Osseointegration of

- miniscrews: a histomorphometric evaluation. *Eur J Orthod.* 2007;29(5):437-42.
104. Mecnas P, Espinosa DG, Cardoso PC, Normando D. Stainless steel or titanium mini-implants ? *Angle Orthod.* 2020;90(4):587-97.
105. Çehreli S, Arman-Özçırpıcı A. Primary stability and histomorphometric bone-implant contact of self-drilling and self-tapping orthodontic microimplants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012;141(2):187-95.
106. Yi J, Ge M, Li M, Li C, Li Y, Li X, *et al.* Comparison of the success rate between self-drilling and self-tapping miniscrews : a systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod.* 2017;39(3):287-93.
107. Jung BA, Kunkel M, Göllner P, Liechti T, Wagner W, Wehrbein H. Prognostic parameters contributing to palatal implant failures : a long-term survival analysis of 239 patients. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23(6):746-50.
108. Gintautaitė G, Gaidytė A. Surgery-related factors affecting the stability of orthodontic mini implants screwed in alveolar process interdental spaces : a systematic literature review. *Stomatologija.* 2017;19(1):10-8.
109. Meursinge Reynders RA, Ronchi L, Ladu L, van Etten-Jamaludin F, Bipat S. Insertion torque and success of orthodontic mini-implants : a systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012;142(5):596-614.e5.
110. Tatli U, Alraawi M, Toroğlu MS. Effects of size and insertion angle of orthodontic mini-implants on skeletal anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2019;156(2):220-8.
111. Wilmes B, Su YY, Drescher D. Insertion angle impact on primary stability of orthodontic mini-implants. *Angle Orthod.* 2008;78(6):1065-70.
112. Xu Z, Wu Y, Zhao L, Zhou Y, Wei X, Tang N, *et al.* Effect of placement angle on the stability of loaded titanium microscrews in beagle jaws. *Angle Orthod.* 2013;83(4):659-66.
113. Albogha MH, Kitahara T, Todo M, Hyakutake H, Takahashi I. Predisposing factors for orthodontic mini-implant failure defined by bone strains in patient-specific finite element models. *Ann Biomed Eng.* 2016;44(10):2948-56.
114. Perillo L, Jamilian A, Shafieyoon A, Karimi H, Cozzani M. Finite element analysis of miniscrew placement in mandibular alveolar bone with varied angulations. *Eur J Orthod.* 2015;37(1):56-9.
115. Lee J, Kim JY, Choi YJ, Kim KH, Chung CJ. Effects of placement angle and direction of orthopedic force application on the stability of orthodontic miniscrews. *Angle Orthod.* 2013;83(4):667-73.
116. Sana S, Reddy R, Talapaneni AK, Hussain A, Bangi SL, Fatima A. Evaluation of

stability of three different mini-implants, based on thread shape factor and numerical analysis of stress around mini-implants with different insertion angle, with relation to en-masse retraction force. *Dental Press J Orthod.* 2020;25(6):59-68.

117. Jasmine MIF, Yezdani AA, Tajir F, Venu RM. Analysis of stress in bone and microimplants during en-masse retraction of maxillary and mandibular anterior teeth with different insertion angulations : a 3-dimensional finite element analysis study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012;141(1):71-80.

118. Petrey JS, Saunders MM, Kluemper GT, Cunningham LL, Beeman CS. Temporary anchorage device insertion variables: effects on retention. *Angle Orthod.* 2010;80(4):446-53.

119. Araghbidikashani M, Golshah A, Nikkerdar N, Rezaei M. In-vitro impact of insertion angle on primary stability of miniscrews. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016;150(3):436-43.

120. Pickard MB, Dechow P, Rossouw PE, Buschang PH. Effects of miniscrew orientation on implant stability and resistance to failure. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137(1):91-9.

121. Al-Sawai AA, Labib H. Success of immediate loading implants compared to conventionally-loaded implants : a literature review. *J Investig Clin Dent.* 2016;7(3):217-24.

122. Gurdan Z, Szalma J. Evaluation of the success and complication rates of self-drilling orthodontic mini-implants. *Niger J Clin Pract.* 2018;21(5):546-52.

123. Antoszewska J, Papadopoulos MA, Park HS, Ludwig B. Five-year experience with orthodontic miniscrew implants: a retrospective investigation of factors influencing success rates. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;136(2):158.e1-158.e10.

124. Janssen KI, Raghoobar GM, Vissink A, Sandham A. Skeletal anchorage in orthodontics--a review of various systems in animal and human studies. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2008;23(1):75-88.

125. Al-Thomali Y, Basha S, Mohamed RN. Effect of surface treatment on the mechanical stability of orthodontic miniscrews. *Angle Orthod.* 2022;92(1):127-36.

126. Le Guéhennec L, Soueidan A, Layrolle P, Amouriq Y. Surface treatments of titanium dental implants for rapid osseointegration. *Dent Mater.* 2007;23(7):844-54.

127. Frauchiger VM, Schlottig F, Gasser B, Textor M. Anodic plasma-chemical treatment of CP titanium surfaces for biomedical applications. *Biomaterials.* 2004;25(4):593-606.

128. Fernandes DJ, Marques RG, Elias CN. Influence of acid treatment on surface properties and in vivo performance of Ti6Al4V alloy for biomedical applications. *J Mater Sci Mater Med.* 2017;28(10):164.

129. Moghaddam SF, Mohammadi A, Behroozian A. The effect of sandblasting and acid etching on survival rate of orthodontic miniscrews : a split-mouth randomized controlled trial. *Prog Orthod.* 2021;22(1):2.
130. Topcuoglu T, Bicakci AA, Avunduk MC, Sahin Inan ZD. Evaluation of the effects of different surface configurations on stability of miniscrews. *ScientificWorldJournal.* 2013;2013:396091.
131. Dastenaei FM, Zand MM, Noorollahian S. Thread pitch variant in orthodontic miniscrews: a 3-D finite element analysis. 2015;
132. Pouyafar V, Meshkabadi R, Sadr Haghighi AH, Navid A. Finite element simulation and statistical investigation of an orthodontic mini-implant's stability in a novel screw design. *Proc Inst Mech Eng H.* 2021;235(9):1046-57.
133. Budsabong C, Trachoo V, Pittayapat P, Chantarawaratit PO. The association between thread pitch and cortical bone thickness influences the primary stability of orthodontic miniscrew implants : a study in human cadaver palates. *J World Fed Orthod.* 2022;11(2):68-73.
134. Jedliński M, Janiszewska-Olszowska J, Mazur M, Grocholewicz K, Suárez Suquía P, Suárez Quintanilla D. How does orthodontic mini-implant thread minidesign influence the stability ? : systematic review with meta-analysis. *J Clin Med.* 2022;11(18):5304.
135. Gracco A, Giagnorio C, Incerti Parenti S, Alessandri Bonetti G, Siciliani G. Effects of thread shape on the pullout strength of miniscrews. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012;142(2):186-90.
136. Yashwant AV, Dilip S, Krishnaraj R, Ravi K. Does change in thread shape influence the pull out strength of mini implants ? an in vitro study. *J Clin Diagn Res.* 2017;11(5):ZC17-20.
137. Holberg C, Winterhalder P, Rudzki-Janson I, Wichelhaus A. Finite element analysis of mono- and bicortical mini-implant stability. *Eur J Orthod.* 2014;36(5):550-6.
138. Sharma P, Valiathan A, Sivakumar A. Success rate of microimplants in a university orthodontic clinic. *ISRN Surg.* 2011;2011:982671.

BISMUTH (Emma) – Taux d'échec des mini-vis d'ancrage orthodontique et facteurs de risque associés : revue systématique de la littérature.

(Thèse : 3^{ème} cycle Sci. odontol. : Strasbourg : 2023 ; N°58)

N°43.22.23.58

Résumé :

Les mini-vis d'ancrage orthodontique ont révolutionné la gestion de l'ancrage en orthodontie.

Elles répondent à de nombreuses indications en repoussant continuellement les limites des traitements orthodontiques conventionnels. Leur caractère peu contraignant, leur facilité de mise en place ainsi que leurs dimensions réduites en font un moyen d'ancrage idéal et un outil précieux pour les thérapeutiques orthodontiques, que ce soit pour les adolescents ou les adultes.

Bien que les mini-vis présentent des taux de réussite élevés, le taux d'échec est non négligeable et compris entre 0 et 30 %. Cet échec reste encore aujourd'hui mal expliqué.

Une meilleure compréhension de ces échecs serait précieuse afin d'améliorer la prise en charge des patients et de prendre toutes les précautions nécessaires pour limiter l'échec. L'identification de facteurs de risque d'échec et l'évaluation de leur éventuelle influence permettrait d'améliorer la gestion pré-, per- et post-opératoire et ainsi de maximiser le taux de succès.

Notre objectif est de consulter la littérature de façon systématique afin de répondre à la question suivante : Quel est le taux d'échec des mini-vis d'ancrage orthodontique et quels sont les facteurs de risque associés ?

Rubrique de classement : Orthopédie Dento-Faciale

Mots-clés : mini-vis, ancrage orthodontique, échec, succès, temporaire

MeSH : mini-screws, orthodontic anchorage, failure, success, temporary

Jury :

Président : Professeur DAVIDEAU Jean-Luc

Assesseurs : Docteur BAHI-GROSS Sophie

Docteur BOLENDER Yves

Docteur MONSONEGO Shyrel

Membre invité : Docteur OHAYON Jérémy

Coordonnées de l'auteur :

Adresse postale :

Emma BISMUTH CHEKROUN

18 avenue de la Paix Simone Veil

67 000 STRASBOURG

Adresse de messagerie :

emmabismuth1@gmail.com