



HAL
open science

Évaluation du déplacement orthodontique au sein des greffes osseuses : revue systématique de la littérature

Romain Ponsan

► **To cite this version:**

Romain Ponsan. Évaluation du déplacement orthodontique au sein des greffes osseuses : revue systématique de la littérature. Médecine humaine et pathologie. 2020. dumas-03813956

HAL Id: dumas-03813956

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03813956v1>

Submitted on 13 Oct 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITÉ CLERMONT AUVERGNE
UNITÉ DE FORMATION ET DE RECHERCHE D'ODONTOLOGIE

Année 2020

Thèse n°

THÈSE

Pour le **DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE-DENTAIRE**

Présentée et soutenue publiquement le 2 Octobre 2020

par

Romain PONSAN

**ÉVALUATION DU DÉPLACEMENT ORTHODONTIQUE AU SEIN DES
GREFFES OSSEUSES : REVUE SYSTÉMATIQUE DE LA
LITTÉRATURE**

JURY :

Président du Jury :	M. NICOLAS Emmanuel	Professeur des Universités, Praticien Hospitalier
Membres du Jury :	M. VEYRUNE Jean-Luc	Professeur des Universités, Praticien Hospitalier
	Mme GRÉMEAU-RICHARD Christelle	Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier
	M. EL HELOU Marwan	Assistant Hospitalo-Universitaire, Praticien Hospitalier
Directeur de thèse :	Mme <u>MELKA-LAURIAN Anne-Claire</u>	Assistant Spécialiste Hospitalière, Praticien Hospitalier

**UNIVERSITÉ CLERMONT AUVERGNE
UFR ODONTOLOGIE
63000 CLERMONT-FERRAND**

Président de l'Université :
Directeur Général des Services :

Monsieur le Professeur Mathias BERNARD
Monsieur François PAQUIS

DOYEN DE L'UFR D'ODONTOLOGIE :

Monsieur Emmanuel NICOLAS
Professeur des Universités

VICE-DOYEN, Directrice des Études :

Madame Marion BESSADET
Maître de Conférences des Universités

LISTE DES PROFESSEURS

Professeurs des Universités – Praticiens hospitaliers :

Monsieur Pascal AUROY	- Prothèses
Monsieur Radhouane DALLEL	- Sciences Anatomiques
Monsieur Laurent DEVOIZE	- Pathologie et Thérapeutique Dentaires
Madame Sophie DOMEJEAN	- Odontologie Conservatrice, Endodontie
Madame Martine HENNEQUIN	- Odontologie Conservatrice, Endodontie
Monsieur Emmanuel NICOLAS	- Prothèses
Monsieur Thierry ORLIAGUET	- Sciences Biologiques
Madame Valérie ROGER-LEROI	- Sciences Biologiques
Madame Stéphanie TUBERT-JEANNIN	- Prévention, Épidémiologie
Monsieur Jean-Luc VEYRUNE	- Prothèses

Maîtres de Conférences des Universités – Praticiens hospitaliers :

Madame Marion BESSADET	- Prothèses
Monsieur Hervé BESSE	- Pédodontie
Monsieur Guillaume BONNET	- Prothèses
Monsieur Didier COMPAGNON	- Prothèses
Monsieur Pierre-Yves COUSSON	- Odontologie Conservatrice, Endodontie
Monsieur Nicolas DECERLE	- Odontologie Conservatrice, Endodontie
Monsieur Christophe DESCHAUMES	- Pathologie et Thérapeutique Dentaires
Monsieur Jean-Christophe DUBOIS	- Prothèses
Madame Cindy LANCE	- Prothèses
Madame Christelle RICHARD	- Pédodontie
Mademoiselle Céline MELIN	- Sciences Anatomiques
Madame Estelle MACHAT	- Prévention, Épidémiologie
Monsieur Paul PIONCHON	- Sciences Anatomiques
Monsieur Dominique ROUX	- Odontologie Conservatrice, Endodontie

Professeur des Universités :

Monsieur Alain ARTOLA	- Neurosciences
-----------------------	-----------------

Maître de Conférences des Universités :

Mademoiselle Lénaïc MONCONDUIT	- Neurosciences
--------------------------------	-----------------

Professeur Certifié

Mademoiselle Gaëlle DUCOS	- Anglais
---------------------------	-----------

Maîtres de Conférences des Universités Associés :

Monsieur Félix AUTISSIER	- Sciences de Gestion
Madame Anne DEPREUX	- Informatique et Pédagogie
Madame Merian NASSRA	- Sciences Biologiques

Aux membres du jury

Au président du jury,

À Monsieur le Professeur Emmanuel NICOLAS,

Doyen de l'UFR d'Odontologie, Professeur des Universités – Praticien Hospitalier, Prothèses

Pour m'avoir fait l'honneur de présider ce jury et de juger ce travail,

Pour vos conseils éclairés, votre disponibilité à mon égard et votre patience qui force à l'admiration face à mes saillies qui en auraient déconcerté plus d'un,

Que vous trouviez ici, l'expression de ma reconnaissance et de mon profond respect.

À Monsieur le Professeur Jean-Luc VEYRONE,

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier, Prothèses

Pour m'avoir fait l'honneur de juger ce travail,

Pour notre passion commune à l'orthodontie, votre humour qui fait toujours mouche (du moins en ce me concerne), et votre répartie unique dont j'ai eu la chance de profiter dans ce couloir que nous avons en commun (hormis également ce 16 juin, même si vous êtes de 3 ans mon cadet),

Que vous trouviez ici, l'expression de ma reconnaissance et de mon profond respect.

À Madame le Docteur Christelle GRÉMEAU-RICHARD,

Maître de conférences des Universités – Praticien Hospitalier, Pédodontie

Pour m'avoir fait l'honneur de juger ce travail,

Pour votre gentillesse, votre patience et accompagnement à toute épreuve, je vous remercie pour toute l'implication que vous avez eue à mon égard. Vous m'avez lancé avec mon mémoire, vous finissez par ma thèse, la boucle est bouclée,

Que vous trouviez ici, l'expression de ma reconnaissance et de mon profond respect.

À Monsieur le Docteur Marwan EL HELOU,

Assistant Hospitalo-Universitaire - Praticien Hospitalier, Spécialiste qualifié en Orthopédie Dento-Faciale

Pour m'avoir fait l'honneur de juger ce travail,

Pour tes conseils avisés, ta confiance, tes remarques toujours très justes et pertinentes, tu as (j'espère) pu me voir progresser tout au long de cet internat et je te suis reconnaissant de toute l'aide que tu as pu y apporter,

Que tu trouves ici, l'expression de ma reconnaissance, de mon respect et de mon amitié.

À ma directrice de thèse,

À Madame le Docteur Anne-Claire MELKA-LAURIAN,

Assistante Spécialiste-Universitaire, Spécialiste qualifiée en Chirurgie-Orale

Pour m'avoir fait l'honneur de juger ce travail,

Pour ta force de caractère et ton énergie communicative. Rencontrée alors que tu devenais tout juste assistante, je suis heureux de voir le chemin admirable que tu as parcouru, et très touché que tu aies accepté de bien vouloir m'encadrer pour ce travail,

Que tu trouves ici, l'expression de ma reconnaissance, de mon respect et de mon amitié.

Aux enseignants ayant marqué ma formation

**À Madame le Docteur Delphine SOULIER-PEIGUE,
Praticien Hospitalier, Spécialiste qualifié en Orthopédie**

Pour m'avoir accompagné tout au long de mon internat. Ton oreille toujours attentive et ton humanité sont précieuses pour le service. Je te souhaite beaucoup de réussite et espère sincèrement que tu mèneras le service au plus loin qu'il peut aller car il le mérite.

**À Madame le Docteur Cynthia BAUER,
Ancienne Assistante Hospitalo-Universitaire, Spécialiste qualifiée en Orthopédie**

Pour m'avoir appris plus que personne. Ta rigueur et ton implication sont admirables, ton apport dans le service a été immense, et l'est encore aujourd'hui puisque ton aide pour l'élaboration de ce travail a été, comme toujours, très généreuse et judicieuse. Je te remercie pour tout ce que tu as su nous apporter.

**À Monsieur le Docteur Marwan NASSRA,
Praticien Hospitalier, Spécialiste qualifié en Orthopédie**

Pour ta bonne humeur et ta présence incontournable dans le service. Tu te dévoues au-delà de ce que tu devrais et ton attitude exemplaire force le respect. Tu es celui avec qui je garderai probablement le plus de souvenirs, notamment tes cours de pliage qui prenaient rapidement un autre virage. On adorait te chambrer, mais dans le fond sache qu'on t'apprécie énormément et sois certain qu'on est infiniment reconnaissant de toute l'aide que tu nous as apportée durant ces 3 ans.

**À Monsieur le Professeur ORLIAGUET Thierry,
Professeur des Universités – Praticien Hospitalier, Sciences biologiques**

A la fois pour votre grand professionnalisme, et votre immense humanité. Je porte beaucoup d'affection à votre égard et suis sensible à votre implication que vous avez eue dans notre parcours. Vous dépassez parfois votre rôle, mais vous le faites toujours avec sincérité, bienveillance et avec une grande intelligence. En espérant vous revoir sur pied rapidement, mais surtout autour d'un verre en terrasse à Biarritz.

Remerciements personnels

A mes parents,

Ces quelques lignes ne pourront jamais résumer assez bien la reconnaissance et l'amour infini que je vous porte, pour tout ce que vous avez fait, et tout ce que vous faites encore. Ça avait l'air facile, et c'est ça que j'admire le plus car je sais que ça ne l'était pas. Un grand merci, vous avez tellement géré que je me dis que vous auriez quand même pu en faire un(e) deuxième.

A mes grands-parents,

Papi André et mamie Jeanine, merci pour tous ces moments passés chez vous durant les vacances, vous m'avez supporté au-delà du seuil de tolérance acceptable. Vous voir avec cette forme olympique me fait chaud au coeur et force le respect. Je vous aime et vous promets de rattraper cette absence un peu trop longue.

Mamie Bernadette, ça y est je peux te le garantir j'ai vraiment fini les études. Je sais qu'à chaque fois que je venais te voir, tu avais un doute sur la réalité vraie de ces études. Sois-en maintenant assurée, je ne t'ai jamais menti! Je t'aime et te promets que maintenant que c'est fini, tu me verras (presque) tous les dimanches.

Papi René, avec ton caractère légendaire, tu me faisais toujours beaucoup rire. J'aurais aimé que tu sois là pour voir la fin, mais c'est moi qui ai un peu abusé, j'ai un peu tiré sur les études. J'espère tout de même que tu es fier de moi.

A toute ma famille,

Oncles, tantes, cousins et cousines, je ne peux pas faire de paragraphes pour chacun car plus les remerciements sont longs, plus on va se rendre compte que ma thèse était vraiment courte, question de relativité...

J'ai une pensée pour chacun et chacune d'entre vous, pour tout ce que vous avez pu m'apporter, les moments partagés, je sais qu'on forme une vraie famille et qu'on sera toujours là les uns pour les autres. C'est le principal et je suis fier de savoir que je peux compter sur vous.

A Lucie,

Ma Lulu, un petit soleil tout doux au loin, volcanique de près. Tous les matins je me dis que j'ai une chance incroyable de t'avoir et me demande comment tu fais pour me supporter. C'est une énigme dont toi seule doit avoir le secret. Je t'admire, tu es bien plus que brillante, et je t'assure qu'on se sent petit face à toi, heureusement que la réalité physique est là pour nous le faire oublier... Je suis fier et surtout très chanceux de faire cette route à tes côtés, que dire à part croiser les doigts et espérer qu'elle nous réserve de merveilleuses choses. Et juste comme ça, merci pour ton soutien infailible et précieux pour l'élaboration de cette thèse, tu es la meilleure. Je t'aime.

Aux vieux de la vieille,

Jojo, si je compte bien ça fait 12 ans qu'on ne se lâche plus. Tu es un véritable pilier pour moi, j'ai mille souvenirs qui déboulent quand j'écris ces lignes, et ça fait chaud au coeur de te compter parmi mes proches. Au final, nos chemins ne sont pas tant différents, et je peux dire que je suis fier de nous. J'espère que ça continuera encore longtemps car ça compte énormément pour moi.

Franky, si je compte bien ça fait encore plus longtemps que Jojo, et je suis certain que les meilleurs moments sont à venir. Je sais que je peux compter sur toi, n'oublie pas que je mise énormément sur ta villa sur la côte landaise.

Quentin et Anna, pour clôturer cette petite dédicace à notre petite bande du lycée et tous ces souvenirs géniaux.

A mes petits toulousain(e)s, j'ai l'impression que ça fait 10 ans que je vous ai quittés, vivement le retour quand même...

Casta et José, autant insupportables qu'attachants, c'est dire! J'ai énormément de chance de vous avoir, ça a été très difficile de me passer de vous durant ces 3 années. Faut qu'on trouve un terrain d'entente pour l'avenir du coup, mais je suis dur en affaires...

Tom, mon binôme qui a (un peu) plus vite percé que moi en ODF. Ça fait plaisir de te savoir présent, de près ou de loin, et surtout de voir que tu tiens désormais l'alcool comme un mec du Nord. Dommage que tu ne puisses pas faire une démonstration durant la soirée de thèse. Déconne pas, Tahiti c'est bien mais pense à revenir un jour quand même...

Au chibro,

Thorob, JP, Alex, Alexis, Benji, Paul, Nico et Pibert, vous êtes les rois des beaufs, on peut rentrer nulle part en boîte avec vous, vous mettez mille ans à prendre une décision, mais c'est pour ça que je vous aime et que vous m'avez fait passer des moments de rigolade légendaires. Vous vous êtes rangés un peu trop vite à mon goût mais c'est toujours un vrai régal de vous retrouver. J'espère que vous ne changerez jamais mais j'ai bon espoir pour ça.

Aux poupoules, Claire, Solène et Constance, les stars de la promo, il faudrait vous inventer si je ne vous avais pas connues.

Sophie, Loulou, Fabien, Eugénie et Yannis, de la Corse à S'Agaro, ainsi que toutes nos soirées toulousaines, j'ai passé d'excellents moments avec vous et les souvenirs ne manquent pas.

Anissa, on s'est rapproché par la force de l'internat et depuis on ne se quitte plus. J'ai toujours été persuadé que tu avais des clones chez toi et que vous vous relayiez dans la semaine pour pouvoir faire tout ce que tu fais, mais finalement je me rends à l'évidence...tu es juste au level up ! Promis, je t'enverrai tous mes cas injouables car je sais que tu n'attends que ça.

Antoine, le boss incontestable, bosser l'internat avec toi m'a découragé plus d'une fois, je ne sais toujours pas comment tu fais !

Caro et Pierre, pour ces soirées mémorables de P2-D1 et nos gueules du lendemain (et à Jojo pour son hôtel 5* all inclusive)

Audrey et Ana, je sais que ce sera toujours un vrai plaisir de vous revoir lors du come back toulousain!

A tous mes cointernes clermontois,

Nico et Chloé, mes petits rageous préférés, j'ai pas mis longtemps à m'apercevoir que vous alliez être indispensables à mon internat, et j'ai eu bon! Je ne sais pas ce que j'aurais fait sans vous, vous avez été mes piliers contre vents et marées, et on sait qu'il y en a eu des tornades et des inondations... Torchez moi vite cette dernière année, ne tuez personne, et ramenez-vous à Lyon, pour qu'on puisse ensuite passer aux choses sérieuses à Toulouse (on le sait tous que ça se finira là-bas).

Ma petite Manon, l'envie de te tuer m'est venue bien plus d'une fois mais j'ai toujours gardé à l'esprit qu'il me fallait un casier vierge pour exercer. On pourra vraiment dire que tu as rythmé mon internat. Mes journées vont me sembler bien vides sans toi et tu vas terriblement me manquer. Les souvenirs débordent lorsque j'écris ces lignes et tu resteras une rencontre incroyable pour moi.

Loulou, qui vient clôturer ce joli trio de notre petite promo d'odf. Tu es vraiment unique, parfois un peu trop incompréhensible pour moi, mais c'est comme ça que j'ai appris à t'apprécier et je ne te changerais pour rien au monde.

Vivi pour ta douceur, ta gentillesse et ta patience mises à rude épreuve par cette thèse commune. Maintenant que j'ai vu ce barbeuc de compétition, impossible que je ne vienne pas vous voir cet été.

Romain, l'esprit d'Hubert d'OSS117 dans le corps d'un candidat des Anges, c'est pas commun! Un grand merci pour m'avoir fait dévaler ma première piste enneigée et tes histoires d'une finesse inégalable, mais toujours très drôles.

Solange, tu es une martienne, j'adore. C'est toujours un vrai régal de partager des moments avec toi, tu es une fille fascinante et d'une intelligence rare.

Marie Laure et Nono, que j'ai connues internes et qui peuvent aujourd'hui me coller des fiches de dysfonctionnement, le monde est mal fait. Vous êtes mes 2 targets préférées, mais comme on dit, qui aime bien châtie bien.

A tous mes autres cointernes, Florian, Julia, Marie So, Gagz, Audrey, Laeti, Anne, et Pauline (maintenant ma prof, le temps passe vite !!) vous comprendrez que je ne pouvais pas faire un paragraphe pour chacun d'entre vous, mais sachez que je termine cet internat avec des souvenirs plein la tête pour chacun d'entre vous.

A tous les anciens,

Ma petite Elsa, une évidence post-JO. C'est toujours un vrai bonheur de venir chez **Felix** et toi, vous êtes géniaux, et secrètement je vous admire. Attention, possibilité d'être futurs voisins dans quelques semaines...

Jojo t'es un phénomène, le mec le plus lunaire que je connaisse, t'es polyvalent mais brillant dans tout ce que tu touches, bref t'es le meilleur voilà c'est pas compliqué !

Marion, t'es une vraie aventurière, une vraie basque, mais pas une vraie ortho! Il me tarde de te revoir.

Rémy et Cecile, mes néo-Toulousains à qui je vais m'empresse d'emboîter le pas!

JD, mon grand coach de première année, dur dur de te voir quitter le navire si tôt.

Et à toutes mes autres rencontres de Clermont, à qui je réserve peu de places sur ces pages mais pourtant le coeur y est :

Suz tu es un rayon de soleil, c'est toujours un vrai bonheur de te croiser, encore plus d'être logé (merci à **Faf** également, votre vraie voie c'est Airbnb je vous le dis).

Louis tu es plus connu que le maire de Clermont, je ne m'ennuie jamais quand je te vois.

Gabz, Sofiane, Abel et Samy mes (petits maintenant grands) externes préférés, pas les plus grands travailleurs mais les plus tchatteurs ça c'est clair ! C'est bizarre quand je vous voyais, ça partait vite en pause café quand même, patient ou pas patient... faut qu'on se prévoit un Hacienda au retour du beau temps, promis.

A Yann et à toute l'équipe, vous m'avez accueilli comme un roi. Vous débordez de bonne humeur, d'humour et de bienveillance. Yann je vous admire, si un jour je réalisais le quart de ce que vous avez fait j'en serais heureux et fier. Je n'ai jamais croisé quelqu'un comme vous, vous êtes un paradoxe à vous tout seul, j'ai l'impression de côtoyer une star hollywoodienne au quotidien, alors j'en profite car c'est peu probable que cela se reproduise !

TABLE DES MATIÈRES

I. INTRODUCTION	1
II. MATÉRIEL ET MÉTHODE	3
A. Équation, stratégie de recherche et bases de données interrogées	3
B. Méthode de sélection des articles	3
C. Stratégie de sélection des articles	4
D. Stratégie d'analyse des articles	4
III. RÉSULTATS	6
A. Phase de sélection des articles	6
B. Analyse de la littérature disponible	7
1. Caractéristiques générales des études incluses	7
2. Caractéristiques relatives aux greffes réalisées	8
3. Caractéristiques de l'OTM	9
4. Moyens d'évaluation utilisés	10
C. Résultats obtenus dans les études incluses	12
1. Dynamique de l'OTM	12
2. Réponse tissulaire	13
IV. DISCUSSION	17
A. Qualité de la recherche réalisée	17
1. Période de parution, type et qualité de la littérature rencontrée	17
2. Limites méthodologiques liées à la recherche	18
3. Limites liées au choix des critères de sélection	18
4. Limites liées aux risques de biais des études	19
5. Limites liées à la comparabilité des études	20
B. Discussion des principaux résultats obtenus	21
1. Dynamique de l'OTM	21
2. Réponse tissulaire	23
C. Confrontation avec la littérature	26
V. CONCLUSION	28
VI. BIBLIOGRAPHIE	30

TABLE DES ILLUSTRATIONS

FIGURE 1 : DIAGRAMME DE FLUX RECAPITULATIF	6
GRAPHIQUE 1 : POPULATION DE L'ECHANTILLON	8
GRAPHIQUE 2 : REPARTITION DES TYPES DE GREFFES	9
GRAPHIQUE 3 : REPARTITION DES MOYENS D'EVALUATION DE LA DYNAMIQUE DE L'OTM	11
GRAPHIQUE 4 : REPARTITION DES MOYENS D'EVALUATION DE LA REPONSE TISSULAIRE	12
TABLEAU 1 : CARACTERISTIQUES GENERALES ET PRINCIPAUX RESULTATS DES ETUDES	16
TABLEAU 2 : SCORES ARRIVE	17

TABLE DES ABRÉVIATIONS

ARRIVE	Animal Research : Reporting <i>in vivo</i> Experiments
BB	Bovine Bone
BMP	Bone Morphogenetic Protein
β -TCP	Bêta-Tricalcique Phosphate
CBCT	Cone Beam Computed Tomography
CONSORT	Consolidated Trial of Reporting Trials
EARR	External Apical Root Resorption
HE	Hématoxyline-Éosine
MeSH	Medical Subject Headings
Micro-CT	Micro-Computed Tomography
OTM	Orthodontic Tooth Movement
PCR	Polymerase Chain Reaction
rhBMP-2	Recombinant Human Bone Morphogenetic Protein 2
ROG	Régénération Osseuse Guidée
TRAP	Tartrate-Resistant Acid Phosphate
3D	Tridimensionnelle

I. INTRODUCTION

De nombreuses situations cliniques peuvent conduire à un défaut osseux intra-oral, influençant les différentes options thérapeutiques orthodontiques envisagées. Leurs étiologies principales sont congénitales (majoritairement les agénésies mais aussi les cas de fentes alvéolo-palatines, avec une prévalence allant de 1-2‰ en Europe à 3-4‰ en Amérique du Nord (1)), traumatiques (luxation, expulsion, avulsion ou chirurgie iatrogène), inflammatoires ou infectieuses (lésions parodontales, endodontiques, kystiques), et tumorales bénignes ou malignes (d'origine odontogène ou non-odontogène). Les conséquences pour le patient sont tout aussi bien esthétiques que fonctionnelles, nécessitant donc une réhabilitation du secteur lésé.

Avant de procéder à toute réhabilitation dentaire du secteur concerné, une régénération osseuse guidée (ROG) est souvent nécessaire.

Actuellement, le gold standard dans la littérature demeure la greffe autologue, par ses propriétés de biocompatibilité, d'ostéo-conduction et d'ostéo-induction (2–7). L'inconvénient majeur pour le patient réside essentiellement dans l'existence de deux sites opératoires, un site donneur et un receveur (8–11).

Dans le but de limiter la morbidité de cette double chirurgie lors des greffes autologues, des allogreffes (greffon prélevé d'un autre individu de la même espèce) et xénogreffes (principalement issues d'os bovins) sont également utilisées. Cependant, les xénogreffes, dont le Bio-Oss[®], peuvent présenter comme inconvénient un défaut de biodégradabilité et de résorption, ne s'intégrant donc pas intégralement au processus de remodelage osseux (12,13).

Enfin, des alternatives basées sur l'ingénierie tissulaire se développent de plus en plus, avec l'association le plus souvent de matrice osseuse (rôle d'ostéo-conduction) et de facteurs de croissance (rôle d'ostéo-induction), ou encore l'utilisation de cellules souches ostéoprogénitrices. Les analyses histologiques et radiologiques permettent de constater qu'il s'agit d'une technique alternative intéressante dans le cadre de la reconstruction de défauts osseux alvéolaires, avec des résultats cliniquement prévisibles (14–16).

Dans ce contexte, il est parfois nécessaire de réaliser un traitement orthodontique, sectoriel ou global, permettant entre autres de déplacer une ou plusieurs dents au sein de la greffe osseuse. Ce déplacement orthodontique, aussi appelé Orthodontic Tooth Movement (OTM), s'avère être une des options thérapeutiques envisageables pour réhabiliter la zone édentée, représentant très souvent l'alternative principale à la réhabilitation implantaire (17,18). Il est sous la dépendance de multiples facteurs, et ses caractéristiques doivent également être précisées pour appréhender et prévenir au mieux les effets iatrogènes.

Au vu des multiples étiologies des défauts osseux, de leur prévalence relativement fréquente, des diverses greffes possibles, et du développement croissant des traitements orthodontiques dans l'arsenal thérapeutique pour corriger un édentement : il s'avère important de connaître les caractéristiques d'un OTM au sein d'une greffe osseuse.

C'est dans cette optique que nous avons réalisé une revue systématique de la littérature, ayant un double objectif : à la fois évaluer la dynamique de l'OTM au sein de différents types de greffes osseuses, puis analyser d'un point de vue microscopique les différentes réactions tissulaires, aussi bien au niveau de la dent déplacée qu'au niveau de la greffe osseuse.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODE

A. Équation, stratégie de recherche et bases de données interrogées

Une recherche systématique d'articles a été conduite au mois d'avril 2020 par deux investigateurs distincts dans les bases de données suivantes : Cochrane, PubMed.

Pour chaque base de données, une seule équation de recherche, englobant les termes s'intéressant à notre problématique, a été soumise : **((alveolar bone grafting) OR (bone substitutes)) AND ((tooth movement) OR (orthodontics, corrective))**.

À la suite de cette première recherche numérique, une seconde a été réalisée manuellement au sein des bibliographies des articles présélectionnés, de manière ascendante. Certains articles qui n'apparaissaient pas lors de la réalisation de la recherche systématique ont permis de compléter les articles sélectionnés pour cette revue de la littérature.

B. Méthode de sélection des articles

Critères d'inclusion

Les articles répondant aux critères suivants ont été inclus dans notre revue de la littérature :

- étude clinique contrôlée conduite chez l'homme ;
- étude expérimentale conduite chez l'animal ;
- étude observationnelle ;
- étude comparative ;
- étude portant sur le mouvement dentaire orthodontique au sein d'une greffe osseuse, avec ou sans facteurs de croissance ;
- étude incluant des patients atteints de fentes labio-palatines unilatérales ;
- articles traduits en anglais ou en français ;
- restriction de date limitée à 1990.

Critères d'exclusion

Les articles présentant au moins un des critères suivants ont été exclus de notre revue de la littérature :

- étude traitant des thérapeutiques orthodontiques accélérées par corticotomie ;
- étude traitant des thérapeutiques orthopédiques et/ou interceptives chez l'enfant atteint de fente labio-palatine ;
- étude traitant des mouvements orthodontiques réalisés après greffe gingivale ou plastie des tissus mous ;
- étude portant sur l'éruption dentaire physiologique à travers une greffe osseuse;
- rapports de cas ;
- articles rédigés et traduits dans d'autres langues qu'en anglais ou en français.

C. Stratégie de sélection des articles

La sélection des articles de notre revue de la littérature a été réalisée selon le modèle PRISMA (19). Après avoir interrogé les bases de données avec l'équation de recherche établie, elle s'est effectuée de la manière suivante :

- la première étape a permis de présélectionner les articles en fonction de leur titre ;
- la deuxième étape consistait à lire le résumé de tous les articles présélectionnés, afin de les inclure ou de les exclure en fonction du respect des critères de sélection ;
- lors de la troisième étape, les articles ont été lus en intégralité afin de les inclure ou de les exclure définitivement ;
- la quatrième étape correspondait à l'analyse des articles retenus.

D. Stratégie d'analyse des articles

Notre analyse portait sur cinq principaux paramètres qui ont été relevés pour chaque article et consignés dans un tableau d'extraction des données. En cas de données manquantes, seules les données disponibles ont été exploitées. Les principaux paramètres étudiés étaient les suivants :

- l'objectif principal de l'étude ;
- l'échantillon concerné ;
- le(s) type(s) de greffe utilisée ;
- les paramètres orthodontiques utilisés, précisant le dispositif orthodontique, l'intensité de la force, le type de mouvement engendré, la ou les dents concernées et le délai d'initiation de la force après la greffe ;
- le(s) moyen(s) d'évaluation.

III. RÉSULTATS

A. Phase de sélection des articles

Lors de la recherche numérique par équation, 203 articles ont été identifiés au sein des bases de données interrogées. Après application des critères de sélection et lecture complète des articles présélectionnés, 13 articles ont été retenus.

La recherche manuelle, à partir de la bibliographie des articles sélectionnés, a permis d'inclure 5 articles supplémentaires. Ainsi, le nombre d'articles à analyser était de 18.

Le diagramme de flux récapitulant notre démarche d'identification et de sélection des articles est présenté Figure 1.

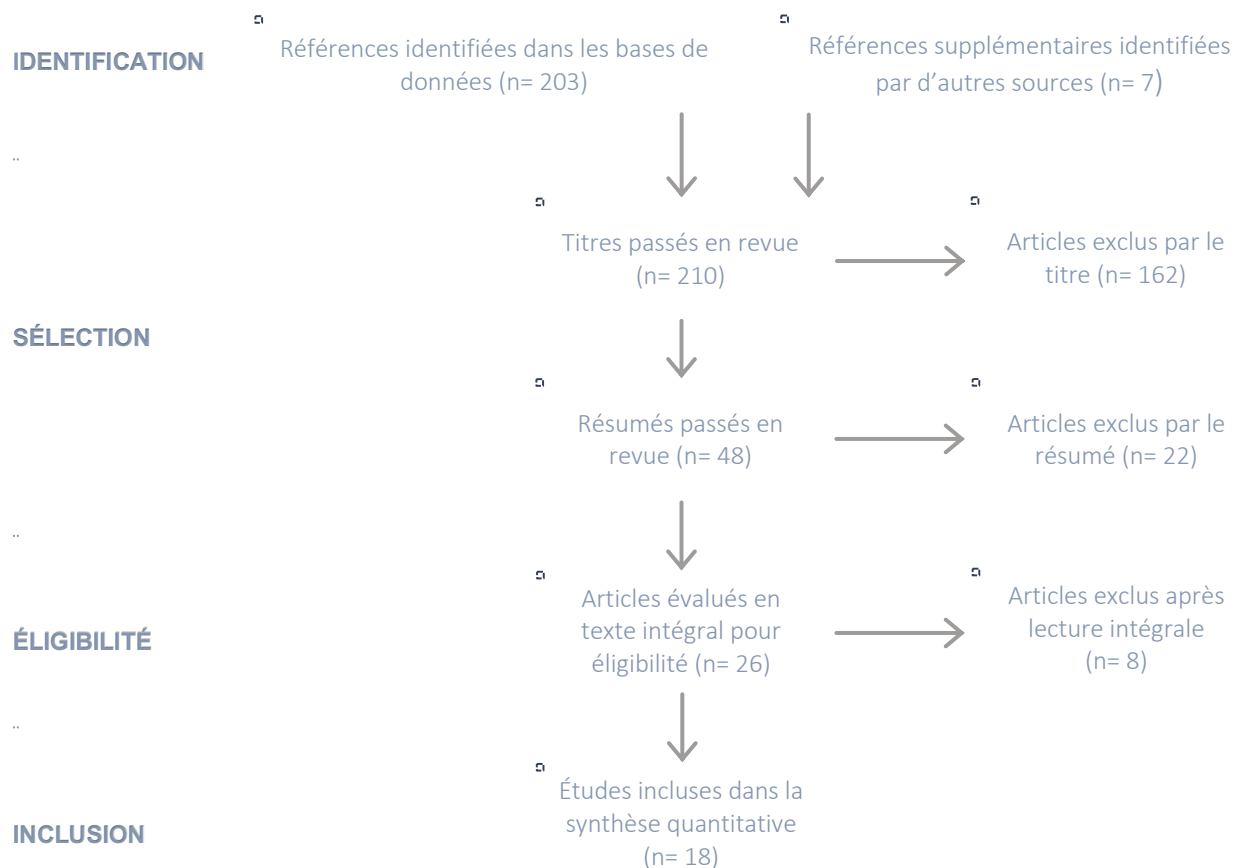


Figure 1 : Diagramme de flux récapitulatif

B. Analyse de la littérature disponible

1. Caractéristiques générales des études incluses

L'ensemble des résultats en rapport avec les caractéristiques générales et les protocoles des études incluses (greffes et OTM réalisées, moyens d'évaluation, ...) est résumé dans le Tableau 1.

La composition des échantillons des dix-huit études incluses sont illustrées dans le Graphique 1.

Sur les dix-huit études, 83% (n=15) étaient des études expérimentales menées chez l'animal :

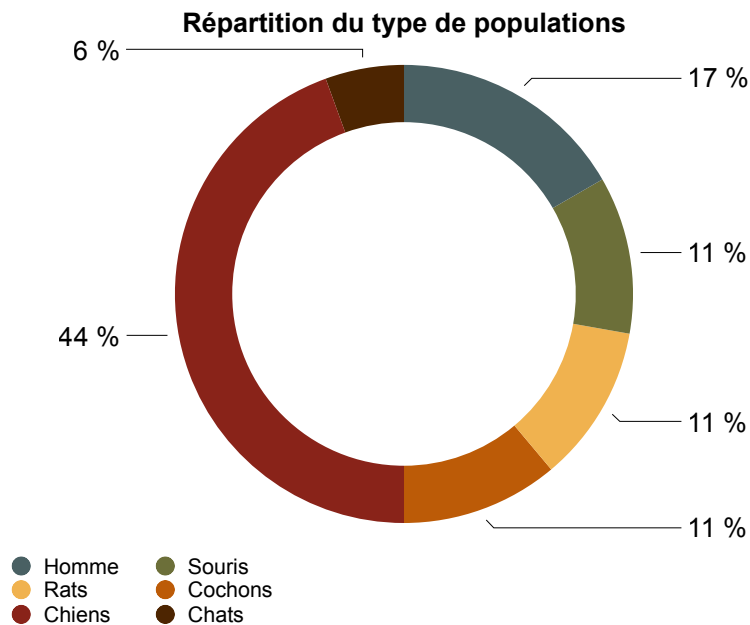
- 73% (n=11) d'entre elles étaient contrôlées avec un design en split-mouth (20–30);
- 13% (n=2) étaient contrôlées mais sans adopter un design en split-mouth (31,32);
- 7% (n=1) n'étaient pas contrôlées mais avaient un design en split-mouth (33);
- 7% (n=1) n'étaient pas contrôlées et ne présentaient pas un design en split-mouth (34).

La composition des échantillons et la durée de suivi des études expérimentales étaient très hétérogènes. Les animaux inclus étaient des souris, des rats, des cochons, des chats ou des chiens. Leur nombre variait entre 3 et 60, avec une durée de suivi totale de 7 à 52 semaines, mais la durée de suivi relative à l'OTM variait quant à elle de 1 jour à 36 semaines.

Les trois articles restants étaient menés chez l'Homme. Parmi eux, on comptait une seule étude interventionnelle prospective contrôlée (35), et deux études descriptives rétrospectives (36,37).

Le nombre de sujets inclus variait entre 20 et 30, et leur âge médian lors de l'inclusion de 12,7 à 20,5 ans.

Les études cherchaient à répondre à deux objectifs principaux : d'une part étudier la dynamique de l'OTM (n=9), et d'autre part évaluer la réponse tissulaire et la microarchitecture de l'os et de la racine dentaire (n=15). Un tiers des études (n=6) étudiaient les deux critères à la fois.



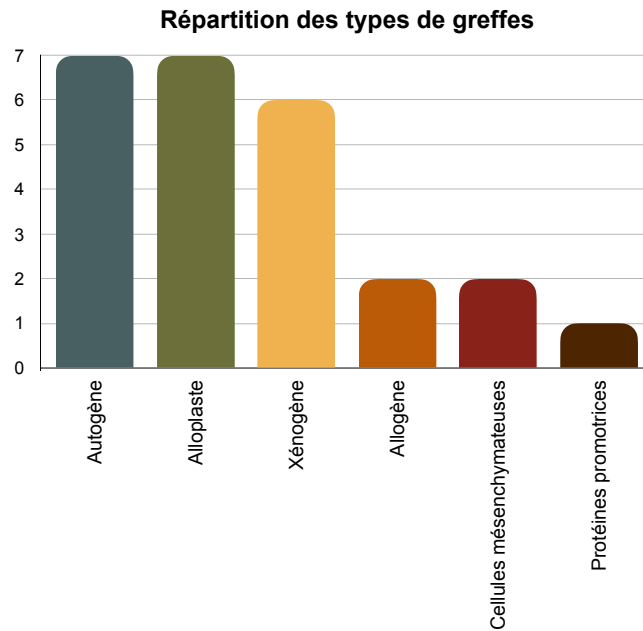
Graphique 1 : Population de l'échantillon

2. Caractéristiques relatives aux greffes réalisées

Les résultats relatifs aux greffes réalisées sont résumés dans le Graphique 2.

Les greffes autogènes (n=7) (22,26,28,33,35–37), alloplastiques (n=7) (20,23,26,30,31,33,34) et les xéno greffes (n=6) (21,23,27,29,31,32) ont été utilisées quasiment dans les mêmes proportions.

Un tiers des études (n=6) avait pour protocole d'utiliser plusieurs types de greffes afin de les comparer entre elles (20,23,26,28,31,33).



Graphique 2 : Répartition des types de greffes

3. Caractéristiques de l'OTM

Afin d'effectuer les mouvements dentaires orthodontiques, les dispositifs utilisés étaient principalement un ressort Nickel-Titane (n=14), fermé pour treize des études (20–23,25,25–29,31,32,34), et ouvert dans une seule (33). Une seule étude a eu recours à une chaînette élastomérique (24).

Aucune des études menées chez l'Homme (n=3) ne mentionnait le dispositif orthodontique utilisé (35–37). L'OTM était réalisé dans le cadre d'un traitement multi-attaches, le plus souvent en technique Edgewise.

Suivant la localisation du défaut osseux comblé par la greffe, et afin de déplacer la ou les dent(s) au sein de ce site, les mouvements dentaires étudiés variaient :

- 50% (n=9) des OTM réalisés au sein de la greffe étaient des mésialisations (20–23,27,28,30–32) ;
- 11% (n=2) des études indiquaient qu'elles procédaient à une distalisation (29,33) ;
- 11% (n=2) des études avaient recours à un mouvement mixte (mésialisation et distalisation) (24,35) ;
- 28% (n=5) des études ne mentionnaient pas le mouvement dentaire réalisé (25,26,34,36,37).

La répartition des différentes valeurs de forces utilisées dans les études était la suivante :

- 17% (n=3) des études utilisaient une force de 10g (20,21,31);
- 39% (n=7) des études avaient recours à des forces allant de 30 à 100g (22,24,26,28–30,32);
- 17% (n=3) des études appliquaient des forces supérieures à 100g, dont une qui utilisait une force de 460g sur des cochons (23,27,34) ;
- 28% (n=5) des études ne mentionnaient pas la valeur de la force appliquée (25,33,35–37).

Le délai d'initiation de l'OTM après la réalisation de la greffe variait de 0 semaine (OTM réalisé immédiatement après la greffe) à 78 semaines. Il était hétérogène selon les études, mais la plupart d'entre elles initiait l'OTM entre 4 et 8 semaines après la greffe (n=8) (20,21,23,26,30–33).

Une seule étude, menée chez l'Homme, ne mentionnait aucun délai (36).

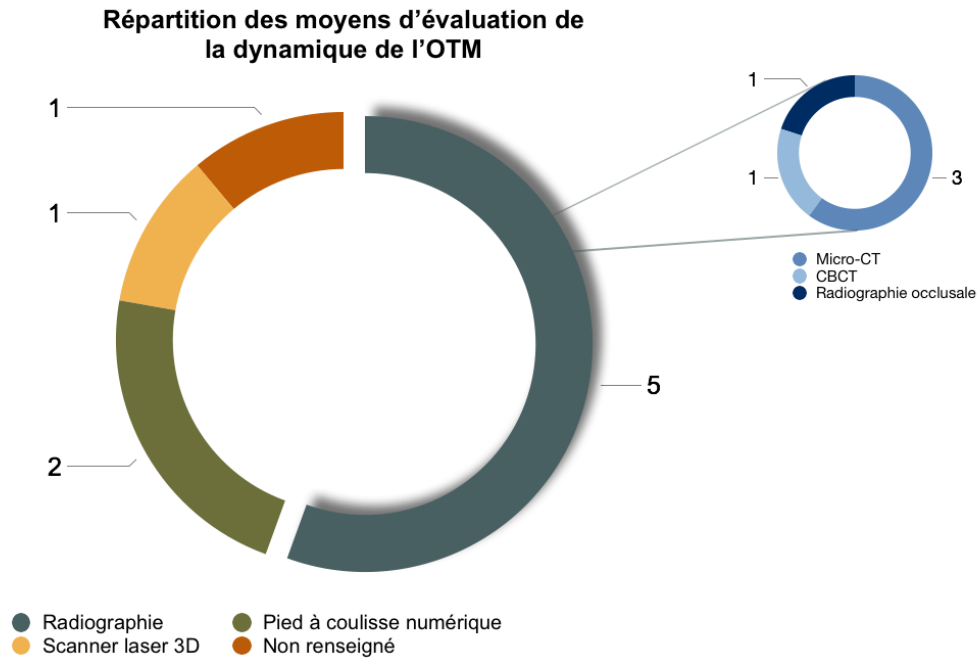
4. Moyens d'évaluation utilisés

a) Dynamique de l'OTM

La dynamique de l'OTM a été mesurée dans neuf études (20,21,23–26,30–32), à l'aide de moyens numériques appliqués sur radiographies, photographies ou moulages (Graphique 3).

L'outil radiologique était le plus utilisé (n=5) (20,21,23,24,31), avec en particulier le micro-CT (20,21,31), permettant d'obtenir et de comparer des valeurs précises de déplacement dentaire, au micromètre près.

Dans une moindre mesure, le scanner laser 3D (n=1) et le pied à coulisse numériques (n=2) ont également été utilisés.



Graphique 3 : Répartition des moyens d'évaluation de la dynamique de l'OTM

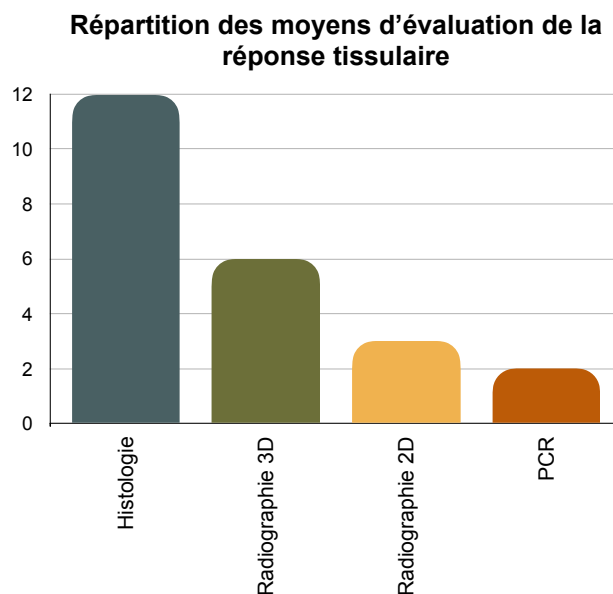
b) Réponse tissulaire

Quinze études (21,22,24–29,31–37) se sont intéressées aux réponses tissulaires et à la microarchitecture osseuse et radulaire au cours de l'OTM (Graphique 4).

L'histologie a été utilisée dans 67% de nos études (n=12) (21,22,24–29,31–34). Elle permet d'étudier au microscope, à l'aide de coloration le plus souvent, la structure des tissus. Les investigateurs ont eu recours à plusieurs types de colorations : TRAP (Tartrate-Resistant Acid Phosphate), HE (Hématoxyline-Éosine), fluorescence.

La PCR, ou réaction de polymérisation en chaîne, permettant quant à elle le séquençage de certains gènes (tels que RUNX2, RANKL ou encore OPG), a été utilisée dans 11% de nos études (n=2) (21,22).

La radiographie permettait d'analyser le support osseux alvéolaire et les résorptions radulaires. La radiographie tridimensionnelle était la plus répandue puisqu'elle était utilisée dans six des onze études utilisant l'outil radiologique pour analyser la réponse tissulaire à l'OTM : micro-CT (n=4) (21,25,31,32) et CBCT (n=2) (36,37). Trois études ont utilisé la radiographie bidimensionnelle : occlusale (n=2) (24,26) et rétro-alvéolaire (n=1) (35). Une étude n'a pas précisé le type de radiographie réalisée (33).



Graphique 4 : Répartition des moyens d'évaluation de la réponse tissulaire

C. Résultats obtenus dans les études incluses

Les principaux résultats des études sont consignés dans le Tableau 1.

1. Dynamique de l'OTM

La moitié de nos études (n=9) mentionnait des résultats sur la dynamique de l'OTM en elle-même, exploités sur des radiographies, photographies ou moulages.

Six des études rapportaient une dynamique de l'OTM significativement ralentie par l'effet de la greffe osseuse ($p < 0,05$) (20,21,23,26,31,32).

Deux des études rapportaient une dynamique de l'OTM inchangée, avec aucune différence significative entre le groupe contrôle et le groupe expérimental ($p > 0,05$) (24,30).

Enfin, une seule étude avançait quant à elle une dynamique de l'OTM plus rapide de manière significative dans le groupe présentant une greffe (au bout de 8 semaines, déplacement dentaire de $3,7 \pm 1,8$ mm dans le groupe avec greffe contre $2,7 \pm 1,7$ mm dans le groupe sans greffe, avec $p < 0,05$) (25).

Une seule de nos études comparait non seulement l'influence d'une greffe sur la dynamique de l'OTM, mais également l'influence du délai d'initiation de l'OTM après la greffe (32). Les résultats supposaient que l'allongement du délai d'initiation de l'OTM provoquait un ralentissement de la vitesse du déplacement dentaire au sein de la greffe ($p < 0,001$).

2. Réponse tissulaire

Quinze de nos études, soit 83%, mentionnaient des résultats en rapport avec la réponse tissulaire, concernant aussi bien la microarchitecture osseuse que l'état radiculaire de la dent déplacée.

a) Explications microscopiques du ralentissement de l'OTM

Tout d'abord, l'étude de Klein et al. publiée en 2018 (21) apportait une explication quant au ralentissement de l'OTM dans le cas de greffe xénogène d'os bovin : c'est l'absence de résorption des particules contenues dans la greffe, au niveau des zones de pression radiculaires, qui constitue un obstacle mécanique au déplacement dentaire.

L'étude d'Araujo et al. publiée en 2001 (29) confirmait elle aussi la présence de particules de Bio-Oss® au niveau de la zone alvéolaire non-utilisée, mais précisait qu'elles ont été résorbées de la zone greffée ayant déjà subi le déplacement dentaire.

b) Microarchitecture osseuse

Les trois études menées chez l'Homme (35–37), basées sur des analyses radiographiques (radiographie occlusale et CBCT), mettaient en évidence que l'OTM permet un maintien du support alvéolaire de la dent déplacée, même si celui-ci peut être diminué sur certains sites comparé à ceux de la dent controlatérale non déplacée.

Les analyses histologiques, menées dans douze études (21,22,24–29,31–34), ont permis d'évaluer de nombreux critères sur différents types de greffes, générant ainsi des résultats très variés. Il en ressort principalement que les greffes permettent

une augmentation significative de la hauteur, de la densité et du volume osseux, ainsi qu'une diminution significative des lacunes de résorptions osseuses au sein des sites greffés après OTM.

Avec une forte augmentation d'expression de RANKL, TRAP, OPG et RUNX2, les résultats retenus par PCR dans les études de Klein et al. (21) et de Sun et al. (22) ($p=0,02$ concernant l'augmentation d'expression de TRAP, et $p=0,04$ pour celles de RANKL et RUNX2), permettaient quant à eux de conclure que l'OTM stimule le remodelage osseux lors des phases précoces, au niveau des zones de pression radiculaire des zones greffées.

c) *Microarchitecture radiculaire*

Aucune des trois études menées chez l'Humain n'a mesuré la présence de résorptions radiculaires (EARR) après OTM.

Après analyse des huit études s'intéressant à la présence ou non de résorptions radiculaires chez l'animal (24,25,27–29,31,33,34), il en ressortait que la réalisation d'une greffe osseuse n'empêche pas l'apparition de résorptions radiculaires après l'OTM, mais elle semble avoir un caractère préventif sur l'apparition d'une EARR, avec notamment une diminution du volume des lacunes de résorption (par exemple, diminution de plus de 30% de leur volume dans l'étude d'Oltramari et al. (27), passant d'une moyenne de 6,52% à 4,16%, $p=0,0359$).

Objectif	Échantillon	Auteurs Année, pays Design de l'étude	Caractéristiques de l'échantillon Type, nombre, âge moyen	Type de greffe	Paramètres orthodontiques				Méthode d'évaluation	Résultats
					Dispositif utilisé	OTM réalisé	Force utilisée	Délai initiation après greffe		
Évaluer la dynamique de l' OTM	Animal	Klein et al. 2019, Israël (20) Étude expérimentale prospective contrôlée	Souris ♂ N=30 6 S	Allogène (pvt fémoral et tibial) Alloplaste (β-TCP)	Ressort NiTi fermé	Més M2	10g	4 S	Radio (Micro-CT)	→ Dynamique de l'OTM ralentie par les greffes par rapport au GC → Pas de différence significative entre les 2 types de greffe Mesure OTM à J+3 S au niveau JAC (µm) (p<0,01) : β-TCP / Allogreffe < Contrôle (707,3±30,6) / (648,3±31,6) (921,7±48,9) Mesure OTM à J+3 S au niveau furcation (µm) (p<0,05) : β-TCP / Allogreffe < Contrôle (617,9±9,3) / (558,6±16,8) (810,8±41,8)
		Machibya et al. 2018, Chine (23) Étude expérimentale prospective contrôlée et randomisée	Chiens N=6 1,5 A	Xénogène (Bio-Oss®) Alloplaste (β-TCP)	Ressort NiTi fermé	Més PM2	150g	Grp E : 4 S Grp L : 8 S	Radio (CBCT)	→ Dynamique de l'OTM ralentie par la greffe Bio-Oss® par rapport au groupe témoin (p<0,05) → Pas de différence significative entre les 2 types de greffe, ni entre le groupe β-TCP et le groupe témoin Mesure OTM à J+8 S (mm) après différents délais d'initiation : Bio-Oss® / β-TCP / Contrôle (4,22) / (4,76) / (4,97) → Pas d'influence significative du délai d'initiation de l'OTM sur sa dynamique à J+4 S ou J+8 S au sein du même type de greffe ou du GC
		Sheats et al. 1991, Etats-Unis (30) Étude expérimentale prospective contrôlée	Chats N=12 NR	Alloplaste (β-TCP céramique)	Ressort NiTi fermé	Més PM1	100g	6 S	Clinique	→ Pas de différence significative avec ou sans greffe sur la dynamique de l'OTM Mesure OTM à J+9 S (mm) : GE / GC (1,12 à 3,47) / (0,76 à 3,01)
Évaluer la réponse tissulaire	Humain	Yang et al. 2019, Chine (35) Étude interventionnelle prospective contrôlée	Humains (FLAP uni) N=20 12,7 A	Autogène (pvt iliaque)	NR	12 dist 8 més	NR	3 M	Radio (rétro-alvéolaire)	→ Pas de différence statistiquement significative du support osseux côté greffe avant et après OTM → Diminution du support osseux du côté greffé par rapport à la dent controlatérale (p<0,05) Support alvéolaire (%) : T1 (après greffe) / T2 (après OTM) < T3 (dent controlatérale) (86,48) / (87,11) (90,81)
		Garib et al. 2016, Brésil (36) Étude descriptive rétrospective	Humain 16 ♂, 14 ♀ (FLAP uni) N=30 20,5 A	Autogène (pvt iliaque)	NR	NR	NR	NR	Radio (CBCT)	→ Différence statistiquement significative du niveau osseux mésial, avant et après OTM, avec perte osseuse dans le GE (p<0,05) → Pas de différence significative du niveau osseux distal → Maintien d'un support alvéolaire cliniquement satisfaisant dans les deux groupes
		Yatabe et al. 2015, Brésil (37) Étude descriptive rétrospective	Humain 16 ♂, 14 ♀ (FLAP uni) N=30 20,5 A	Autogène (pvt iliaque)	NR	NR	NR	78 S	Radio (CBCT)	→ Perte d'épaisseur osseuse en vestibulaire des canines par rapport au GC, mais maintien d'un support alvéolaire global satisfaisant cliniquement (p=0,002) Épaisseur de la crête alvéolaire niveau canine (mm) : Côté fente < Côté contrôle (0,20) (0,45)
	Animal	Sun et al. 2018, Chine (22) Étude expérimentale prospective contrôlée et randomisée	Rats N=39 8 S	Autogène (pvt os spongieux iliaque)	Ressort fermé	Més M2	100g	8 S	Histo (TRAP, HE, Fluorescence) PCR	→ OTM stimule le remodelage osseux dans la zone de greffe lors des phases précoces Pour le GE : augmentation de l'expression de TRAP (p=0,02) et RANKL (p=0,04) à J+3 et de RUNX2 (p=0,04) à J+5
		Gedrange et al. 2010, Pologne (34) Étude expérimentale prospective contrôlée	Cochons N=3 NR	Alloplaste (NanoBone®)	Ressort NiTi fermé	NR	100-200g	0 S	Histo	→ Les greffes alloplastiques NanoBone® n'empêchent pas l'apparition de résorption radiculaire Pourcentage de dents touchées par des résorptions radiculaires : - Région apicale : 100% (taille moyenne = 1 442µm) - Région moyenne : 66% (taille moyenne = 877µm) - Région cervicale : 16%
Animal	Oltamari et al. 2007, Brésil (27) Étude expérimentale prospective contrôlée	Cochons ♂ N=6 1 A	Xénogène (Gen-Tech®)	2 ressorts NiTi fermés (1V, 1P) + sectionnel acier V et P	Més M1	460g	12 S	Histo	→ Les greffes xénogènes d'os bovin permettent un maintien du support alvéolaire et préviennent des résorptions radiculaires lors de l'OTM Résorption osseuse (mm) (p = 0,0018) : GE (2,18) < GC (3,26) Résorption radiculaire (%) (p = 0,0359) : GE (4,16) < GC (6,52)	
	Kawamoto et al. 2002, Japon (28) Étude expérimentale prospective contrôlée	Chiens ♀ N=6 1 A	Autogène (pvt tibial) Protéines rhBMP-2	Ressort NiTi fermé	Més PM2	100g	16 S	Histo	→ L'implantation de rhBMP2 constitue un obstacle mécanique en augmentant la densité osseuse et favorise les résorptions radiculaires lors des OTM	
	Araujo et al. 2001, Suède (29) Étude expérimentale prospective contrôlée	Chiens N=5 1 A	Xénogène (Bio-Oss®)	Ressort fermé + sectionnel 0.18x0.25	Dist PM2	30-50g	12 S	Histo	→ On observe autant de résorptions radiculaires avec ou sans greffe xénogène d'os bovin → Durant l'OTM, les particules de Bio-Oss® sont éliminées de la zone alvéolaire du déplacement dentaire, alors que dans la zone non-utilisée le biomatériau reste inactif	

		Hossain et al. 1996, Bangladesh (33) Étude expérimentale prospective	Chiens N=9 NR	Autogène (pvt moelle + os spongieux iliaque : PMCB) Alloplaste (β -TCP céramique : TCPC)	Ressort ouvert + arc lingual sectionnel	Dist I1	NR	2-4 S	Radio Histo	→ Les greffes TCPC semblent prévenir des résorptions radiculaires (<i>p</i> NC) Résorptions radiculaires à J+15 S : TCPC < PMCB		
Évaluer la dynamique de l' OTM et la réponse tissulaire	Animal	Klein et al. 2018, Israël (21) Étude expérimentale prospective contrôlée	Souris ♂ N=44 6-7 S	Xénogène (os bovin)	Ressort NiTi fermé	Més M2	10g	4 S	Radio (Micro-CT) Histo PCR	→ Dynamique de l'OTM ralentie par la greffe Mesure OTM à J+2 S (μ m) (<i>p</i> <0,05) : GE < GC (371,7±76,30) < (480,81±128,60) Mesure OTM à J+3 S (μ m) (<i>p</i> <0,05) : GE < GC (550,36±101,52) < (836,72±130,831)	→ L'absence de résorption des BB constitue une obstruction mécanique à l'OTM % BB / zone de pression (<i>p</i> <0,01) : sans OTM < OTM à J+3 S (5) (45) → L'OTM stimule le remodelage osseux au niveau des zones de pression radiculaires Nb d'OCS / zone de pression (<i>p</i> <0,01) : sans OTM < GC < GE Expression RANKL et OPG (<i>analyse qualitative</i>) : sans OTM < GC < GE	
		Ru et al. 2016, Chine (31) Étude expérimentale prospective contrôlée et randomisée	Rats ♂ N=60 5 S	Xénogène (Bio-Oss®) Alloplaste (BoneCeramic® = hydroxyapatite + β -TCP)	Ressort NiTi fermé	Més M2	10g	4 S	Radio (Micro-CT) Histo	→ Dynamique de l'OTM ralentie par les greffes par rapport au groupe témoin (<i>p</i> <0,05) → Pas de différence significative entre les 2 types de greffe Mesure OTM à J+4 S (mm) : Bio-Oss® / BoneCeramic® < Contrôle (0,8) (0,8) (1)	→ Le BoneCeramic® possède un meilleur potentiel ostéoconducateur et induit moins de résorptions radiculaires lors de l'OTM qu'en l'absence de greffe ou qu'avec l'utilisation de Bio-Oss® Morphologie osseuse à J+4 S : - BV/TV, Tb.N, Tb.Th : Bio-Oss® / GC < BoneCeramic® (<i>p</i> <0,05) - Tb.Sp : BoneCeramic® < Bio-Oss® / GC (<i>p</i> <0,05) Volume des lacunes de résorptions radiculaires à J+4 S : BoneCeramic® < Bio-Oss® / GC (<i>p</i> <0,05)	
		Tanimoto et al. 2015, Japon (24) Étude expérimentale prospective contrôlée	Chiens ♀ N=3 3 M	bMSCs + CAP	Chaînette élasto (changée chaque mois) + sectionnel .016x.022 avec bk .018x.025	Dist I2 Més C	100g	24 S	Radio (occlusale) Histo	→ Pas de différence significative avec ou sans greffe sur la dynamique de l'OTM Mesure OTM (mm/mois) : GE / GC (1,00) (0,5 à 2,0)	→ Les OTM réalisés en zone de greffe induisent moins de résorptions radiculaires qu'en l'absence de greffe (<i>analyse qualitative</i>)	
		Ahn et al. 2014, Corée du Sud (32) Étude expérimentale prospective contrôlée et randomisée	Chiens ♂ N=12 6 M	Xénogène (Bio-Oss®) + OrthoBlast® (matrice osseuse déminéralisée)	Ressort NiTi fermé	Més PM2	100g	0, 2, 12 S (selon grp)	Radio (Micro-CT) Pied à coulisse numérique Histo	→ Délai d'initiation de l'OTM influence sa dynamique, de façon différente selon s'il y a greffe ou non (<i>p</i> <0,001) → Dynamique de l'OTM ralentie lorsqu'il est débuté tardivement après la greffe (<i>p</i> <0,001) Mesure OTM à J+6 S (mm) : O-12 < OG-12 < O-0 < OG-2 < OG-0 < O-2 (1,18) (1,75) (2,30) (2,42) (3,44) (3,51)	→ La greffe autorise un délai d'application de l'OTM plus réduit Apposition osseuse (<i>p</i> <0,001) : O-2 > OG-0 > OG-2 > OG-12 > O-0 > O-12	
		Seifi et al. 2012, Iran (25) Étude expérimentale prospective contrôlée	Chiens ♂ N=3 13±1 M	Allogène os lyophilisé déminéralisé (CenoBone®)	Ressort NiTi fermé + sectionnel acier .012	NR	NR	0 S	Radio (Micro-CT) Pied à coulisse numérique Histo	→ Dynamique de l'OTM accélérée par les greffes par rapport au groupe témoin Mesure OTM à J+8 S (mm) (<i>p</i> <0,05) : GC < GE (2,7±1,7) (3,7±1,83)	→ La réalisation d'une greffe après une avulsion permet le maintien du support alvéolaire et diminue le risque de résorption Résorption osseuse (mm) (<i>p</i> <0,05) : GE < GC (1,79±0,40) (2,67±0,61) Résorption radiaire (<i>p</i> <0,05) : GE < GC	
		Zhang et al. 2011, Chine (26) Étude expérimentale prospective contrôlée et randomisée	Chiens ♂ N=7 6 M	Autogène (pvt iliaque) bMSCs Alloplaste (β -TCP)	Ressort NiTi fermé + sectionnel .016x.025 avec bk .022x.028	NR	NR	50g	8 S	Radio (occlusale) Scanner laser 3D Histo	→ Dynamique de l'OTM influencée par le type de greffe réalisée Mesure OTM à J+12 S (mm) (<i>p</i> <0,05) : Autogène < bMSCs + β -TCP < β -TCP (4,665±0,483) (5,345±0,936) (6,986±1,412)	→ Les greffes β -TCP+bMSCs permettent d'obtenir un meilleur renouvellement parodontal et un meilleur support osseux Hauteur alvéolaire (%) (<i>p</i> <0,05) : β -TCP < Autogène / bMSCs + β -TCP (56,31±7,72) (72,42±8,72) (73,60±6,51) Os nouvellement formé (%) à J+20 S (<i>p</i> <0,05) : Autogène / β -TCP < bMSCs + β -TCP (0,36±0,11) (0,64±0,39) (1,66±0,60)

A : An
BB : Bovine Bone
BK : Bracket
bMSCs : bone Marrow Stem Cell
 β -TCP : Beta Tri-Calcium Phosphate
BV/TV : Bone Volume / Total Volume

C : Canine
CAP : Carbonated Hydroxyapatite
CBCT : Cone Beam Computed Tomography
Dist : Distalisation
E : Early
Elasto : Elastomérique

FLAP uni : Fente Labio-Alvéolo-Palatine unilatérale
g : gramme
CBCT : Cone Beam Computed Tomography
Dist : Distalisation
GE : Groupe Expérimental
Grp : Groupe
Histo : Histologie

HE : Hématoxyline-Eosine
I1 / I2 : Incisive centrale / latérale
J : Jour
JAC : Jonction Amélio-Cémentaire
L : Late
M : Mois

M1 / M2 : Première / Deuxième molaire
Més : Mésialisation
Micro-CT : Micro Computed Tomography
 μ m / mm : Micro / millimètre
NC : Non Communiqué
NiTi : Nickel-Titane

NR : Non Renseigné
O : groupe sans greffe
OG : groupe greffe
OTM : Orthodontic Tooth Movement
P : Palatin
PCR : Polymerase Chain Reaction

PM1 / PM2 : Première / Deuxième prémolaire
O : groupe sans greffe
OG : groupe greffe
OTM : Orthodontic Tooth Movement
P : Palatin
PCR : Polymerase Chain Reaction

Tb.N : Trabecular Number
TCPC : Tri-Calcium Phosphate Ceramic
Tb.Th : Thickness Trabecular
TRAP : Tartrate-Resistant Acid Phosphate
V : Vestibulaire
3D : Tridimensionnel

Tableau 1 : Caractéristiques générales et principaux résultats des études

IV. DISCUSSION

A. Qualité de la recherche réalisée

1. Période de parution, type et qualité de la littérature rencontrée

Notre revue de la littérature incluait dix-huit études, toutes publiées entre 1991 et 2019. Treize d'entre elles, soit 72%, avaient des dates de publication comprises entre 2010 et 2019 (20–26,31,32,34–37). Les données analysées étaient donc relativement récentes.

Parmi les études incluses, 83% étaient des études expérimentales (20–34), 11% des études rétrospectives descriptives (36,37), et 6% des études interventionnelles cliniques (35). Elles étaient contrôlées pour 83% d'entre elles (20–32,34,35).

Nos conclusions concernant les études expérimentales présentaient un niveau de preuve modéré, comme en témoignaient les scores ARRIVE (38), répertoriés dans le Tableau 2. Nous n'avons pas déterminé les scores CONSORT concernant les études menées chez l'Homme car ce score ne s'applique pas aux types d'études incluses (aucun essai clinique).

Auteurs, Année (Référence)	Score ARRIVE (/20)
Klein et al., 2019	14
Klein et al., 2018	16
Sun et al., 2018	13
Mabula Machibya et al., 2018	14
Ru et al., 2016	13
Ahn et al., 2014	14
Seifi et al., 2012	13
Zhang et al., 2011	16
Gedrange et al., 2010	9
Oltramari et al., 2007	12
Kawamoto et al., 2002	11
Araujo et al., 2001	13
Hossain et al., 1996	11
Sheats et al., 1991	12

Tableau 2 : Scores ARRIVE

2. Limites méthodologiques liées à la recherche

Le choix des termes utilisés pour l'établissement de notre équation a fait l'objet d'une réflexion approfondie. Il était nécessaire de trouver l'équation adéquate à notre problématique.

Il a été décidé de ne pas utiliser les termes MeSH. Ce choix peut être discuté, mais l'utilisation de ces derniers ne nous permettait pas de générer des résultats avec tous les articles souhaités. En effet, après avoir établi l'équation en mots-clés, nous l'avons transformée afin de n'utiliser que des termes MeSH. Nous nous sommes alors aperçus qu'un certain nombre d'articles, non ou mal indexés, ne figuraient plus parmi les résultats. Ainsi, nous avons décidé d'utiliser l'équation initiale, comprenant des mots-clés.

Les mots-clés ont été choisis de telle sorte à dénombrer un maximum d'articles sur notre sujet, de manière restrictive, sans l'être trop pour autant. Il a été choisi d'utiliser « alveolar bone grafting » et « bone substitute » pour permettre d'inclure tous les articles ayant pour sujet les greffes osseuses alvéolaires.

3. Limites liées au choix des critères de sélection

Réaliser les bons choix lors de l'établissement des critères de sélection permet de répondre au mieux aux objectifs d'une revue de la littérature. Ainsi, les critères d'inclusion des études nous permettaient d'obtenir des résultats en accord avec les objectifs que nous avons définis.

Néanmoins, certains critères d'exclusion choisis peuvent être discutés. Tout d'abord, les articles traitant de greffes osseuses dans le cadre de l'orthodontie accélérée par corticotomie n'ont pas été inclus. En effet, l'objectif de notre étude était d'analyser le mouvement dentaire au sein d'un défaut osseux dont l'étendue correspondait à celle d'une ou plusieurs dents. Le défaut osseux consécutif à une corticotomie inter-radiculaire n'était alors pas comparable, puisqu'il s'agissait d'une section superficielle d'os alvéolaire au piérotome (39).

Ensuite, les articles traitant de greffes gingivales ou plastie des tissus mous n'ont pas été inclus, l'objectif étant d'évaluer la dynamique et la réponse tissulaire lors d'un déplacement dentaire au sein d'une greffe osseuse.

Pour finir, les articles publiés avant 1990 n'ont pas été inclus. Cette date a été décidée de manière arbitraire, afin d'inclure les études les plus récentes possibles tout en étant le plus exhaustif possible.

Il a été décidé en amont de ne pas inclure les revues de la littérature publiées précédemment, qui abordaient le déplacement dentaire au sein des greffes osseuses. Une seule figurait parmi nos résultats, avant application des critères de sélection : celle de Reichert et al., publiée en 2010 (2).

Une rapide analyse de cette revue de la littérature nous a révélé qu'elle incluait majoritairement des rapports de cas, et avait donc un faible niveau de preuve scientifique.

De plus, elle avait deux objectifs principaux : l'étude de l'OTM, mais aussi des mouvements dentaires physiologiques (éruption dentaire), au sein d'une greffe osseuse. Notre étude se focalisait quant à elle uniquement sur la première partie.

Enfin, sa date de publication, et par conséquent celles des articles qu'elle avait analysés, justifiait la nécessité d'une actualisation.

Aussi, de nombreux articles ont été exclus au fur et à mesure des étapes de sélection. Bien qu'ils aient pour sujet les greffes osseuses ainsi que les mouvements orthodontiques, leur lecture complète révélait qu'il n'y avait pas d'analyse à proprement parler du déplacement dentaire au sein de la greffe osseuse.

4. Limites liées aux risques de biais des études

Notre revue de la littérature incluait dix-huit articles. Parmi eux, certains présentaient des risques de biais, mettant en péril la validité interne des études. Ces derniers pouvaient être énoncés par les auteurs ou révélés lors de l'analyse des articles.

Tout d'abord, l'étude de Hossain et al. publiée en 1996 (33), présentait un risque de biais de confusion car elle ne disposait pas de groupe contrôle permettant de comparer l'effet de l'OTM sur un site sans avulsion et/ou sans greffe osseuse.

Lorsque des études procédaient à l'établissement de plusieurs groupes, souvent en fonction du type de greffe utilisée, il était attendu que la répartition eût été réalisée par randomisation. Or, deux études (28,33) n'y ont pas procédé, ce qui constituait un biais de sélection. En revanche, neuf études (20–25,27,29,30) ont utilisé un design en split-mouth, permettant de s'affranchir de la variabilité inter-individuelle et ne nécessitant donc pas de randomisation.

5. Limites liées à la comparabilité des études

L'une des limites de notre revue de la littérature était la grande hétérogénéité des études incluses, en termes de populations étudiées, de protocole appliqué (paramètres orthodontiques et délais d'initiation de l'OTM) et des moyens d'évaluation mis en place, rendant difficile la comparaison des résultats.

En ce qui concerne la population de nos études, trois d'entre elles étaient menées chez l'Humain et quinze chez l'animal (huit chez le chien, deux chez le cochon, deux chez la souris, deux chez le rat et enfin une seule chez le chat).

Les forces utilisées étaient également très variables, allant de 10g à 460g, mais leur intensité n'était pas forcément adaptée ni à la taille, ni à la surface radiculaire de la dent à déplacer. Par exemple, dans trois études différentes, une force continue de 100g a été utilisée pour mésialiser une molaire de rat (22), une prémolaire de chien (28) ou une prémolaire de chat (30), alors qu'elles sont toutes les trois très différentes anatomiquement. De plus, en sachant que l'effet d'une force de 20g sur une molaire de rat est comparable à une force de 1kg sur une molaire humaine (40), la force de 100g utilisée dans l'étude chez le rat reviendrait à utiliser une force de 5kg chez l'Homme, ce qui est inenvisageable cliniquement. Aussi, la plupart des forces utilisées chez la souris ou le rat dans nos études sont de l'ordre de 10g (20,21,31), ce qui reviendrait à utiliser une force de 500g sur une dent humaine, intensité beaucoup trop élevée également.

Ainsi, il était impossible d'extrapoler chez l'Homme la plupart des résultats obtenus dans les études expérimentales.

En ce qui concerne la variabilité des délais d'initiation de l'OTM, allant de 0 semaine à 78 semaines, elle s'expliquait essentiellement par les différences de durées du cycle du remodelage osseux selon le modèle animal utilisé (il est par exemple trois fois plus rapide chez le rat par rapport à l'Humain (31,41)). Ces différences étaient, quoi qu'il en soit, éloignées de celles du modèle humain, rendant une application directe des résultats, ou même une comparaison des résultats inter-animaux, impossibles en ce qui concerne le délai d'initiation de l'OTM.

Enfin, la diversité des moyens d'évaluation avait pour effet d'obtenir des résultats de nature (quantitatif ou qualitatif) et de précision (allant de l'ordre du micromètre jusqu'au millimètre) différentes, et donc difficilement comparables entre eux.

B. Discussion des principaux résultats obtenus

Les principaux résultats obtenus suite à notre revue de la littérature sont doubles, s'intéressant à la dynamique de l'OTM et à la réponse tissulaire d'un point de vue microarchitectural. Chacun d'eux dépend principalement de trois facteurs : la présence ou non de la greffe, le type de greffe réalisée, le délai d'initiation de l'OTM post-greffe.

1. Dynamique de l'OTM

Influence de la greffe

Lorsqu'un délai de cicatrisation du site post-avulsion est respecté avant l'application d'une force orthodontique, la dynamique de l'OTM est ralentie au sein d'une greffe osseuse, par rapport au site non-greffé.

Cependant, les études de Sheats et al. de 1991 (30) et de Tanimoto et al. de 2015 (24) n'ont pas retrouvé de différence significative entre la dynamique de l'OTM au sein d'un site greffé et non-greffé, à la suite d'avulsions.

Concernant l'étude de Sheats et al. (30), sa validité interne était toutefois impactée du fait de la faible coordination inter-examineurs et de son nombre

d'exclusions relativement importants (quatre chats exclus sur douze, soit un tiers de l'échantillon), remettant en cause la fiabilité des résultats.

L'étude de Tanimoto et al. (24) avait pour sa part débuté l'OTM vingt-quatre semaines après la greffe, durée largement supérieure à celle des autres études (de quatre à six semaines en général), permettant un remaniement osseux complet et réduisant ainsi la différence de composition tissulaire entre le site greffé et non-greffé. De plus, le faible échantillon (n=3) est également à relever, diminuant la puissance de l'étude.

Seule l'étude de Seifi et al. de 2012 (25) rapportait un OTM accéléré au sein d'une allogreffe (CenoBone®). Ce résultat s'opposait à celui de toutes les autres études, et pourrait s'expliquer par le fait que l'OTM a été initié immédiatement après l'avulsion, profitant ainsi de la dynamique du remodelage osseux, optimisée par les propriétés ostéoinductrices des molécules de BMP contenues dans la greffe (42,43). A l'inverse, les études mettant en évidence le ralentissement du déplacement dentaire à travers des greffes osseuses avaient initié l'OTM quatre semaines après la greffe chez la souris ou le rat, permettant l'établissement d'une cicatrisation du site (20,21,23,31).

Influence du type de greffe

L'hétérogénéité des résultats rend difficile l'établissement d'une classification claire entre les différents types de greffe et leur influence sur la dynamique de l'OTM.

L'étude de Zhang et al. de 2011 (26) est la seule permettant de conclure à une différence significative concernant la cinétique de l'OTM entre plusieurs types de greffes : le déplacement dentaire était plus rapide à travers la greffe de β -TCP qu'à travers celle de β -TCP associé aux cellules souches ostéoprogénitrices iliaques, elle-même plus rapide qu'à travers l'autogreffe d'os iliaque.

Influence du délai d'initiation

Le délai d'initiation de l'OTM semble influencer sa dynamique, de façon différente s'il y a eu greffe osseuse ou non.

Dans l'étude d'Ahn et al. de 2014 (32), lorsque l'initiation de l'OTM est immédiate, le déplacement dentaire est plus rapide au niveau du site greffé que non-greffé, résultat venant appuyer celui de l'étude Seifi et al. de 2012 (25).

En revanche, lorsque l'OTM est débuté deux semaines après la greffe, il est environ 50% moins important six semaines plus tard au niveau du site greffé par rapport au site non-greffé (32).

Enfin, après douze semaines de cicatrisation, l'OTM était plus rapide de près de 50% au niveau des sites greffés par rapport aux non-greffés (32).

Selon cet article, la xéno greffe avait pour avantage de pouvoir débiter l'OTM immédiatement tout en maintenant une vitesse de déplacement dentaire optimale. Transposé à l'Humain, il découlerait de ce résultat un traitement orthodontique raccourci, et débuté d'emblée en post-opératoire.

Cependant, dans l'étude de Mabula Machibya de 2018 (23), il n'y avait aucune différence significative concernant la vitesse de déplacement dentaire, selon si l'OTM était débuté à quatre ou à huit semaines, aussi bien pour les sites ayant reçu une greffe xénogène de Bio-Oss[®], une greffe alloplaste de β -TCP ou n'ayant reçu aucune greffe.

2. Réponse tissulaire

a) Explications microscopiques du ralentissement de l'OTM

Une des raisons pouvant expliquer le ralentissement différentiel de l'OTM à travers les différentes greffes osseuses serait leur degré de perturbation de l'homéostasie tissulaire (20,21,29).

Le fait que le déplacement dentaire soit ralenti à travers une xéno greffe d'os bovin résiderait dans le fait que les particules BB, représentant un obstacle mécanique

à l'OTM, n'aient toujours pas été résorbées par les ostéoclastes au bout de quatre semaines, malgré une forte augmentation de ces-derniers (21).

En revanche, le processus d'élimination des molécules de β -TCP est encore mal connu. A sa proximité, le très faible nombre de cellules du système réticulo-endothélial suggère une absence de résorption par les ostéoclastes ou les macrophages, mais plutôt une élimination par dissolution (20,44).

b) Microarchitecture osseuse

Influence de la greffe

Les greffes osseuses permettent, avec un taux de réussite et de prédictibilité variable, une augmentation du volume, de la densité, de la hauteur de l'os alvéolaire, et une diminution des résorptions osseuses après OTM.

Toutefois, elles ne permettent pas d'obtenir un support alvéolaire aussi important que le site controlatéral n'ayant pas de défaut osseux (35–37).

Influence du type de greffe

En terme de hauteur alvéolaire et de volume osseux nouvellement formé, les techniques d'ingénierie tissulaire, associant β -TCP et cellules mésenchymateuses de la moelle osseuse iliaque, permettent d'obtenir des résultats équivalents voire supérieurs comparé aux greffes autogènes, et des résultats significativement supérieurs aux greffes alloplastiques de β -TCP (26).

L'étude de Ru et al. publiée en 2016 (31) précisait que la hauteur, la densité et le volume osseux était supérieur pour la greffe alloplastique de BoneCeramic® comparée à celle xénogénique de Bio-Oss®, alors qu'il ressortait de l'étude de Zhang et al. de 2011 (26) que la greffe associant β -TCP et les cellules mésenchymateuses de la moelle osseuse iliaque permettait d'obtenir une apposition osseuse supérieure à une greffe autogène ou alloplaste.

Influence du délai d'initiation

L'OTM stimule davantage le remodelage osseux lorsqu'elle est débutée précocement.

L'étude de Ahn et al. publiée en 2014 (32) précise qu'après une greffe de Bio-Oss®, l'apposition osseuse était plus importante si l'OTM était débuté précocement.

Étant donné que les deux tiers du remodelage alvéolaire se produisent dans les trois premiers mois après une avulsion dentaire, la résorption alvéolaire se stabilise totalement à partir du sixième mois. Ainsi, pour un maintien optimal du niveau osseux, il est nécessaire que l'OTM au sein de la greffe osseuse soit terminé avant le sixième mois (31,45). C'est pourquoi il convient de le débiter le plus précocement possible lorsqu'il est planifié de déplacer une dent au sein d'une greffe osseuse de grande étendue, puisque cette dernière se déplacera, de manière optimale, de l'ordre de 1mm/mois (31).

c) *Microarchitecture radiculaire*

Influence de la greffe

Les résultats relatifs au lien potentiel entre OTM et résorptions radiculaires au sein d'un site greffé sont partagés.

Au-delà de toutes considérations liées aux greffes, les résorptions radiculaires après OTM font partie des effets indésirables fréquents d'un traitement orthodontique. Elles apparaissent préférentiellement au niveau du tiers apical (34,46,47). En effet, les zones avec le volume le plus réduit, ce sont elles qui subissent les niveaux de contrainte par unité de surface les plus élevés (31,48,49). C'est également le cas au niveau des sites greffés.

La plupart des études ayant analysé les résorptions radiculaires semblaient indiquer un caractère préventif de la greffe osseuse (24,25,27,31,33).

Une seule étude, celle de Kawamoto et al. de 2002 (28), concluait à une aggravation des résorptions radiculaires après l'utilisation de rhBMP-2.

Influence du type de greffe

Certaines greffes ont un caractère plus préventif que d'autres au niveau des résorptions radiculaires. Ces dernières sont donc influencées par le type de greffe réalisé.

Deux études, celle d'Araujo et al. de 2001 (29) et celle de Ru et al. de 2016 (31), indiquent que l'utilisation de Bio-Oss® ne semble pas prévenir de l'apparition de résorptions radiculaires. Son efficacité à ce propos serait donc inférieure à celle d'autres greffes telles que BoneCeramic®, CenoBone® ou encore Gen-Tech® (qui est pourtant une xéno greffe d'os bovin également).

Influence du délai d'initiation

Aucune étude n'a pour l'instant analysé la relation potentielle entre le délai d'initiation de l'OTM et les résorptions radiculaires associées de la dent déplacée.

Cependant, il est à noter que les résorptions radiculaires suite à un OTM au sein d'une greffe se produisent généralement entre le jour 0 et 7, puis se stabilisent jusqu'au jour 28 (31,48).

C. Confrontation avec la littérature

L'utilisation combinée de greffe osseuse et de force orthodontique est particulièrement utilisée dans les cas de réhabilitation orale des patients présentant une fente alvéolo-palatine. Très souvent, le défaut alvéolaire consécutif à la fente alvéolaire se situe au niveau du site d'une incisive latérale, et il y a, dans la majorité des cas, soit agénésie soit dysplasie importante de cette dernière (50,51). Deux principaux choix thérapeutiques sont alors possibles : la réhabilitation par restauration prothétique (voire implanto-prothétique) ou la réhabilitation par voie orthodontique avec substitution de l'incisive latérale par la canine (52,53). Les progrès réalisés dans le domaine du déplacement orthodontique à travers les greffes osseuses permettent d'envisager la solution de la fermeture d'espace, avec un risque de résorptions

radiculaire et osseuse maîtrisé et inférieur comparé à celui associé au choix d'ouverture de l'espace (54).

Actuellement, l'ingénierie tissulaire permet d'utiliser une matrice osseuse (préférentiellement le β -TCP pour ses qualités mécaniques intéressantes (26)) ayant le rôle d'élément biocompatible, ostéo-conducteur et résorbable par les ostéoclastes (55–57), accompagnée d'éléments ostéo-inducteurs permettant de stimuler l'ostéogénèse. Il s'agit d'une alternative intéressante à la greffe autologue, qui reste actuellement le gold standard. Ces substituts osseux présentent aussi un avantage par rapport aux xéno greffes, telles que le Bio-Oss[®], pourtant largement répandu : ils semblent se résorber et s'intégrer plus facilement au processus de remodelage osseux (20,21).

Le moment d'initiation de l'OTM serait également un facteur prédominant pour minimiser les effets iatrogènes mais aussi pour réaliser un déplacement plus rapide et diminuer la durée du traitement orthodontique. Il est ainsi plus intéressant de débiter un OTM le plus précocement possible après la réalisation de la greffe, profitant de la dynamique du remodelage osseux (32).

V. CONCLUSION

Notre revue systématique de la littérature avait pour objectifs principaux d'évaluer la dynamique de l'OTM au sein d'une greffe alvéolaire, ainsi que d'analyser microscopiquement la réponse tissulaire au niveau de la zone de l'OTM (étude de l'état osseux et radiculaire).

Après analyse des dix-huit études sélectionnées, nous pouvons conclure que :

- La présence d'une greffe alvéolaire, quelle qu'elle soit, ralentit l'OTM, mais dans des proportions différentes suivant le type de greffe et le délai d'initiation de la force orthodontique ;
- Les greffes alloplastiques associant β -TCP et les cellules mésenchymateuses de la moelle osseuse iliaque semblent permettre, avec les greffes autogènes, un meilleur maintien de l'os, tant au niveau quantitatif que qualitatif ;
- L'OTM participe à la préservation du niveau osseux en stimulant le remodelage, et ce d'autant plus qu'il s'effectue précocement. Il est donc préférable, dans le cadre d'un traitement orthodontique, d'effectuer l'OTM au sein d'une greffe osseuse le plus rapidement possible après sa réalisation ;
- Dans l'ensemble, les greffes alvéolaires ont un caractère préventif en ce qui concerne les résorptions radiculaires de la dent concernée par l'OTM, à des degrés variables selon le type de greffes réalisés.

Néanmoins, il est encore difficile d'énoncer une conclusion et une conduite à tenir claires à propos des éléments suivants :

- Le choix du délai d'initiation de l'OTM provoquant le moins d'effets iatrogènes (principalement les résorptions radiculaires) de la dent à déplacer ;
- Le choix du délai d'initiation de l'OTM permettant d'obtenir un déplacement orthodontique le plus rapide possible ;
- Le choix du type de greffes facilitant le déplacement dentaire, permettant l'optimisation du traitement orthodontique dans sa globalité.

Il sera donc nécessaire de poursuivre le développement d'autres études, sur le modèle animal et humain, avec des paramètres orthodontiques adaptés, permettant entre autres de comparer les différents types de greffes entre elles, afin d'établir un

cahier des charges précis de chacune d'elles pour guider au mieux le praticien dans son choix thérapeutique.

VI. BIBLIOGRAPHIE

1. Marko Vuletić, Predrag Knežević, Dražen Jokić, Jerko Rebić, Domagoj Žabarović and Darko Macan. Alveolar Bone Grafting in Cleft Patients from Bone Defect to Dental Implants. déc 2014;Acta Stomatol Croat.
2. Reichert C, Götz W, Smeets R, Wenghöfer M, Jäger A. The impact of nonautogenous bone graft on orthodontic treatment. Quintessence Int Berl Ger 1985. sept 2010;41(8):665-72.
3. Albrektsson T, Johansson C. Osteoinduction, osteoconduction and osseointegration. Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc. oct 2001;10 Suppl 2:S96-101.
4. Eppley BL, Pietrzak WS, Blanton MW. Allograft and alloplastic bone substitutes: a review of science and technology for the craniomaxillofacial surgeon. J Craniofac Surg. nov 2005;16(6):981-9.
5. Kao ST, Scott DD. A review of bone substitutes. Oral Maxillofac Surg Clin N Am. nov 2007;19(4):513-21, vi.
6. Habibovic P, de Groot K. Osteoinductive biomaterials--properties and relevance in bone repair. J Tissue Eng Regen Med. févr 2007;1(1):25-32.
7. Shahnaseri S, Sheikhi M, Hashemibeni B, Mousavi SA, Soltani P. Comparison of autogenous bone graft and tissue-engineered bone graft in alveolar cleft defects in canine animal models using digital radiography. Indian J Dent Res Off Publ Indian Soc Dent Res. févr 2020;31(1):118-23.
8. Eppley BL, Sadove AM. Management of alveolar cleft bone grafting--state of the art. Cleft Palate-Craniofacial J Off Publ Am Cleft Palate-Craniofacial Assoc. mai 2000;37(3):229-33.
9. Ochs MW. Alveolar cleft bone grafting (Part II): Secondary bone grafting. J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg. janv 1996;54(1):83-8.
10. Gimbel M, Ashley RK, Sisodia M, Gabbay JS, Wasson KL, Heller J, et al. Repair of alveolar cleft defects: reduced morbidity with bone marrow stem cells in a resorbable matrix. J Craniofac Surg. juill 2007;18(4):895-901.
11. Moreau JL, Caccamese JF, Coletti DP, Sauk JJ, Fisher JP. Tissue engineering solutions for cleft palates. J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg. déc 2007;65(12):2503-11.
12. Li Y, Chen S-K, Li L, Qin L, Wang X-L, Lai Y-X. Bone defect animal models for testing efficacy of bone substitute biomaterials. J Orthop Transl. juill 2015;3(3):95-104.
13. Haas Junior OL, da Silva Meirelles L, Scolari N, Emmel Becker O, Fernandes Santos Melo M, Belle de Oliveira R. Bone grafting with granular biomaterial in segmental maxillary osteotomy: A case report. Int J Surg Case Rep. 2016;25:238-42.
14. Behnia H, Khojasteh A, Soleimani M, Tehranchi A, Khoshzaban A, Keshel SH, et al. Secondary repair of alveolar clefts using human mesenchymal stem cells. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. août 2009;108(2):e1-6.
15. Zaky SH, Cancedda R. Engineering craniofacial structures: facing the challenge. J Dent Res. déc 2009;88(12):1077-91.
16. He Y, Zhang Z-Y, Zhu H-G, Qiu W, Jiang X, Guo W. Experimental study on reconstruction of segmental mandible defects using tissue engineered bone combined bone marrow stromal cells with three-dimensional tricalcium phosphate. J Craniofac Surg. juill 2007;18(4):800-5.
17. Nordquist GG, McNeill RW. Orthodontic vs. Restorative Treatment of the Congenitally Absent Lateral Incisor—Long Term Periodontal and Occlusal Evaluation. J Periodontol. 1975;46(3):139-43.
18. Ishihara Y, Arakawa H, Nishiyama A, Kamioka H. Occlusal reconstruction of a patient with ameloblastoma ablation using alveolar distraction osteogenesis: a case report. Head Face Med. 2 juin 2020;16(1):12.
19. Gedda M. Traduction française des lignes directrices PRISMA pour l'écriture et la lecture des revues systématiques et des méta-analyses. Elsevier-Masson. 2014;
20. Klein Y, Kunthawong N, Fleissig O, Casap N, Polak D, Chaushu S. The impact of alloplast and allograft on bone homeostasis: Orthodontic tooth movement into regenerated bone. J Periodontol. 30 déc 2019;
21. Klein Y, Fleissig O, Stabholz A, Chaushu S, Polak D. Bone regeneration with bovine bone impairs orthodontic tooth movement despite proper osseous wound healing in a novel mouse model. J Periodontol. 2019;90(2):189-99.
22. Sun J, Zhang X, Li R, Chen Z, Huang Y, Chen Z. Biological Effects of Orthodontic Tooth Movement Into the Grafted Alveolar Cleft. J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg. 2018;76(3):605-15.
23. Machibya FM, Zhuang Y, Guo W, You D, Lin S, Wu D, et al. Effects of bone regeneration materials and tooth movement timing on canine experimental orthodontic treatment. Angle Orthod. mars 2018;88(2):171-8.
24. Tanimoto K, Sumi K, Yoshioka M, Oki N, Tanne Y, Awada T, et al. Experimental Tooth Movement Into New Bone Area Regenerated by Use of Bone Marrow-Derived Mesenchymal Stem Cells. Cleft Palate-Craniofacial J Off Publ Am Cleft Palate-Craniofacial Assoc. 2015;52(4):386-94.
25. Seifi M, Ghorraishian SA. Determination of orthodontic tooth movement and tissue reaction following demineralized freeze-dried bone allograft grafting intervention. Dent Res J. mars 2012;9(2):203-8.
26. Zhang D, Chu F, Yang Y, Xia L, Zeng D, Uludağ H, et al. Orthodontic tooth movement in alveolar cleft repaired with a tissue engineering bone: an experimental study in dogs. Tissue Eng Part A. mai 2011;17(9-10):1313-25.
27. Oltramari PVP, de Lima Navarro R, Henriques JFC, Taga R, Cestari TM, Ceolin DS, et al. Orthodontic movement in

- bone defects filled with xenogenic graft: an experimental study in minipigs. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* mars 2007;131(3):302.e10-17.
28. Kawamoto T, Motohashi N, Kitamura A, Baba Y, Suzuki S, Kuroda T. Experimental tooth movement into bone induced by recombinant human bone morphogenetic protein-2. *Cleft Palate-Craniofacial J Off Publ Am Cleft Palate-Craniofacial Assoc.* sept 2003;40(5):538-43.
 29. Araújo MG, Carmagnola D, Berglundh T, Thilander B, Lindhe J. Orthodontic movement in bone defects augmented with Bio-Oss. An experimental study in dogs. *J Clin Periodontol.* janv 2001;28(1):73-80.
 30. Sheats RD, Strauss RA, Rubenstein LK. Effect of a resorbable bone graft material on orthodontic tooth movement through surgical defects in the cat mandible. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* déc 1991;49(12):1299-303; discussion 1304.
 31. Ru N, Liu SS-Y, Bai Y, Li S, Liu Y, Wei X. BoneCeramic graft regenerates alveolar defects but slows orthodontic tooth movement with less root resorption. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* avr 2016;149(4):523-32.
 32. Ahn H-W, Ohe J-Y, Lee S-H, Park Y-G, Kim S-J. Timing of force application affects the rate of tooth movement into surgical alveolar defects with grafts in beagles. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* avr 2014;145(4):486-95.
 33. Hossain MZ, Kyomen S, Tanne K. Biologic responses of autogenous bone and beta-tricalcium phosphate ceramics transplanted into bone defects to orthodontic forces. *Cleft Palate-Craniofacial J Off Publ Am Cleft Palate-Craniofacial Assoc.* juill 1996;33(4):277-83.
 34. Gedrange T, Gredes T, Spassow A, Mai R, Alegrini S, Dominiak M, et al. Orthodontic tooth movement into jaw regions treated with synthetic bone substitute. *Ann Acad Med Stetin.* 2010;56(2):80-4.
 35. Yang C, Qian Y, Chen Z, Yang Y, Yu Q. Study on Tooth Movement After the Alveolar Bone Grafting in Patients With Unilateral Cleft Lip and Palate. *J Craniofac Surg.* juin 2019;30(4):e284-8.
 36. Garib D, Massaro C, Yatabe M, Janson G, Lauris JRP. Mesial and distal alveolar bone morphology in maxillary canines moved into the grafted alveolar cleft: Computed tomography evaluation. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* mai 2017;151(5):869-77.
 37. Yatabe MS, Ozawa TO, Janson G, Faco RA de S, Garib DG. Are there bone dehiscences in maxillary canines orthodontically moved into the grafted alveolar cleft? *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* févr 2015;147(2):205-13.
 38. Kilkenny et al. Animal research Reporting in vivo experiments The ARRIVE guidelines. 2010.
 39. Thierry M, Charrier J-B. Les corticotomies alvéolaires : principes et applications cliniques. *Int Orthod.* 1 déc 2008;6(4):343-54.
 40. Ren, Y. The Rat as a Model for Orthodontic Tooth Movement--a Critical Review and a Proposed Solution. oct 2004;The European Journal of Orthodontics(26).
 41. Per Åstrand The Departments of Stomatognathic Physiology, Oral Pathology, Oral Surgery, and Prosthetics, School of Dentistry, University of Umeå, Sweden & Gunnar E. Carlsson. Changes In The Alveolar Process After Extractions In The White Rat A Histologic And Fluorescence Microscopic Study. *Acta Odontologica Scandinavica.* 2 juill 2009;
 42. Yuan X, Cao H, Luo S. Influence of bone remodeling in extraction sites on tooth movement. 2003;
 43. Yuan X, Luo S, Shen G. Experimental study on selecting optimal time of orthodontic tooth movement into extraction sites. 2003;
 44. Martinez A, Franco J, Saiz E, Guitian F. Maxillary Sinus Floor Augmentation on Humans: Packing Simulations and 8 Months Histomorphometric Comparative Study of Anorganic Bone Matrix and Beta-Tricalcium Phosphate Particles as Grafting Materials. 2010;Materials science&engineering C, Materials for biological applications.
 45. Schropp L, Wenzel A, Kostopoulos L, Karring T. Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: a clinical and radiographic 12-month prospective study. 2003;Int J Peri-odontics Restorative Dent.
 46. Brezniak N., Wasserstein A. Root resorption after orthodontic treatment. 1993;J Orthod Dentofacial Orthop.
 47. Maltha J.C., Van Leenwen E.J., Kuijpers-Jagtman A.M. Tissue reactions to light orthodontic forces. 1995;Eur J Orthod.
 48. Ru N, Liu SS, Zhuang L, Li S, Bai Y. In vivo microcomputed tomography evaluation of rat alveolar bone and root resorption during orthodontic tooth movement. 2013;Angle Orthod.
 49. Chan E, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: part 7. Extent of root resorption under areas of compression and tension. 2006;Am J Orthod Dentofacial Orthop.
 50. Richard Michael Halpern, James Noble. Location and Presence of Permanent Teeth in a Complete Bilateral Cleft Lip and Palate Population. *Angle Orthod* 2010. mai 2010;
 51. Lourenco Ribeiro L, Teixeira Das Neves L, Costa B, Ribeiro Gomide M. Dental anomalies of the permanent lateral incisors and prevalence of hypodontia outside the cleft area in complete unilateral cleft lip and palate. *Cleft Palate Craniofac J.* 2003;
 52. Sandra F Cassolato, Bruce Ross, John Daskalogiannakis, James Noble, Bryan Tompson, D Paedo. Treatment of dental anomalies in children with complete unilateral cleft lip and palate at SickKids hospital, Toronto. *Cleft Palate Craniofac J.* mars 2009;

53. Barbara C M Oosterkamp, Pieter U Dijkstra, Hendrik J Rimmelink, Robert P van Oort, Andrew Sandham. Orthodontic space closure versus prosthetic replacement of missing upper lateral incisors in patients with bilateral cleft lip and palate. nov 2010;Cleft Palate Craniofac J .
54. Stefan Schultze-Mosgau, Emeka Nkenke, Andreas K Schlegel, Ursula Hirschfelder, Jörg Wiltfang. Analysis of bone resorption after secondary alveolar cleft bone grafts before and after canine eruption in connection with orthodontic gap closure or prosthodontic treatment. Oral Maxillofac Surg. nov 2003;
55. Horch, H.H., Sader, R., Pautke, C., Neff, A., Deppe, H., and Kolk, A. Synthetic, pure-phase beta-tricalcium phosphate ceramic granules (Cerasorb) for bone regeneration in the reconstructive surgery of the jaws. Int J Oral Maxillofac Surg. 2006;(35).
56. Wang, S., Zhang, Z., Zhao, J., Zhang, X., Sun, X., Xia, L., Chang, Q., Ye, D., and Jiang, X. Vertical alveolar ridge augmentation with beta-tricalcium phosphate and autologous osteoblasts in canine mandible. Biomaterials. 2009;
57. Koepp, H.E., Schorlemmer, S., Kessler, S., Brenner, R.E., Claes, L., Gunther, K.P., and Ignatius, A.A. Biocompatibility and osseointegration of beta-TCP: histomorphological and biomechanical studies in a weight-bearing sheep model. 2004;J Biomed Mater Res B Appl Biomater(70).

N°

PONSAN (Romain) – " ÉVALUATION DU DÉPLACEMENT ORTHODONTIQUE AU SEIN DES GREFFES OSSEUSES : REVUE SYSTÉMATIQUE DE LA LITTÉRATURE "

1fig., 4graph., 2tab., 30 cm. – (Thèse : Chir. Dent. ; Université Clermont-Auvergne ; 2020) – N°

Objectif : L'objectif principal de cette revue de la littérature était de réaliser un bilan des connaissances sur le déplacement dentaire orthodontique (OTM) au sein des greffes osseuses. Il s'agissait d'analyser la dynamique du mouvement orthodontique, ainsi que les réponses tissulaires, aussi bien au niveau du site greffé que de la racine de la dent déplacée.

Matériel et méthode : Une recherche numérique a été menée en avril 2020 au sein des bases de données Pubmed et Cochrane. Une présélection a été effectuée selon le type, le titre et le résumé des articles, et seuls ceux satisfaisant l'ensemble de nos critères de sélection après lecture complète ont été retenus. Une seconde recherche, manuelle, a été menée au sein des bibliographies. Les articles sélectionnés ont ensuite été analysés selon cinq paramètres : l'objectif principal de l'étude, son échantillon, les type(s) de greffe réalisée, les paramètres orthodontiques, et les moyens d'évaluation mis en œuvre.

Résultats : La moitié des études s'intéresse à la dynamique de l'OTM et deux tiers d'entre elles rapportent une dynamique significativement ralentie par la greffe osseuse ($p < 0,05$). Une étude ajoute que l'allongement du délai d'initiation de l'OTM provoquait un ralentissement du déplacement dentaire ($p < 0,001$). L'analyse des études s'intéressant aux réponses tissulaires (83% des études) apporte comme résultats que les greffes permettent une augmentation significative de la hauteur, de la densité, du volume osseux, et une diminution significative des résorptions osseuses et radiculaires lors de l'OTM.

Conclusion : Les greffes osseuses provoquent un ralentissement de l'OTM, une meilleure préservation de l'environnement osseux, et une diminution des résorptions radiculaires de la dent déplacée. Ces conclusions sont à nuancer en fonction du type de greffe et du délai d'initiation de l'OTM dans le but d'optimiser le traitement orthodontique.

RUBRIQUE DE CLASSEMENT : Revue de la littérature

MOTS CLÉS : Orthopédie dento-faciale, mouvement dentaire orthodontique, greffe osseuse alvéolaire, substitut osseux

MOTS CLÉS ANGLAIS : Orthodontics, tooth movement, alveolar bone grafting, bone substitute

JURY :

Président : M. NICOLAS Emmanuel, Professeur des Universités - Praticien Hospitalier

M. VEYRUNE Jean-Luc, Professeur des Universités - Praticien Hospitalier

Mme GRÉMEAU-RICHARD Christelle, Maître de Conférence des Université - Praticien Hospitalier

Asseseurs :

M. EL HELOU Marwan, Assistant Hospitalo-Universitaire - Praticien Hospitalier

Mme MELKA-LAURIAN Anne-Claire, Assistante Spécialiste Hospitalière - Praticien Hospitalier