



HAL
open science

Comparaison et choix des techniques d'optimisation osseuse à visée implantaire dans les secteurs postérieurs mandibulaires

Louis Galvez

► To cite this version:

Louis Galvez. Comparaison et choix des techniques d'optimisation osseuse à visée implantaire dans les secteurs postérieurs mandibulaires. Médecine humaine et pathologie. 2022. dumas-03825213

HAL Id: dumas-03825213

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03825213v1>

Submitted on 22 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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

THÈSE

***POUR OBTENIR LE DIPLÔME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE***

Présentée et publiquement soutenue devant

Aix-Marseille Université
(Président : Monsieur le Professeur Éric BERTON)

Faculté des Sciences Médicales et Paramédicales
(Doyen : Monsieur le Professeur Georges LEONETTI)

École de Médecine Dentaire
(Directeur : Monsieur le Professeur Bruno FOTI)

***Comparaison et choix des techniques d'optimisation osseuse
à visée implantaire dans les secteurs postérieurs
mandibulaires***

Présentée par

GALVEZ Louis

Né le 25 mai 1997
À Bordeaux

Thèse soutenue le **Judi 23 juin 2022**

Devant le jury composé de

Président : Professeur RUQUET Michel

Assesseurs : Docteur TAVITIAN Patrick

Docteur SILVESTRI Frédéric

Docteur MENSE Chloé

Invité : Docteur LAN Romain

THÈSE

***POUR OBTENIR LE DIPLÔME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE***

Présentée et publiquement soutenue devant

Aix-Marseille Université
(Président : Monsieur le Professeur Éric BERTON)

Faculté des Sciences Médicales et Paramédicales
(Doyen : Monsieur le Professeur Georges LEONETTI)

École de Médecine Dentaire
(Directeur : Monsieur le Professeur Bruno FOTI)

***Comparaison et choix des techniques d'optimisation osseuse
à visée implantaire dans les secteurs postérieurs
mandibulaires***

Présentée par

GALVEZ Louis

Né le 25 mai 1997

À Bordeaux

Thèse soutenue le **Judi 23 juin 2022**

Devant le jury composé de

Président : Professeur RUQUET Michel

Assesseurs : Docteur TAVITIAN Patrick

Docteur SILVESTRI Frédéric

Docteur MENSE Chloé

Invité : Docteur LAN Romain

ADMINISTRATION

Doyens Honoraires

Professeur	Raymond SANGIUOLO†
Professeur	Henry ZATTARA
Professeur	André SALVADORI
Professeur	Jacques DEJOU

Directeur

Professeur	Bruno FOTI
------------	------------

Directeurs adjoints

Professeur	Michel RUQUET
Professeur	Anne RASKIN

Chargés de missions

Formation Initiale

Professeur	Michel RUQUET
------------	---------------

Recherche

Professeur	Anne RASKIN
------------	-------------

Formation Continue

Professeur	Frédéric BUKIET
------------	-----------------

Relations Internationales

Professeur	Hervé TASSERY
------------	---------------

Internat et Diplômes d'Etudes Spécialisées

Professeur	Virginie MONNET-CORTI
------------	-----------------------

Affaires générales

Docteur	Patrick TAVITIAN
---------	------------------

Responsable Administrative

Madame	Katia LEONI
--------	-------------

PROMOTIONS :

2019 Raymond SANGIUOLO

2020 Gaston BERGER

2021 Joseph MIGOZZI

LISTE DES ENSEIGNANTS

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS – PRATICIENS HOSPITALIERS

BUKIET Frédéric (58-01)
FOTI Bruno (58-02)
LE GALL Michel (56-01)
MONNET-CORTI Virginie (57-01)
RASKIN Anne (58-01)
RUQUET Michel (58-01)
TARDIEU Corinne (56-01)
TARDIVO Delphine (56-02)
TASSERY Hervé (58-01)
TERRER Elodie (58-01)

PROFESSEUR DES UNIVERSITÉS

ABOUT Imad (65)

PROFESSEURS ÉMÉRITES

DEJOU Jacques (58-01)
HUE Olivier (58-01)

MAITRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS – PRATICIENS HOSPITALIERS

ABOUDHARAM Gérard (58-01)	LAN Romain (56-02)
BANDON Daniel (56-01)	LAURENT Michel (58-01)
BELLONI Didier (57-01)	MAILLE Gérald (58-01)
BOHAR Jacques (56-01)	MENSE Chloé (58-01)
CAMOIN Ariane (56-01)	PHILIP-ALLIEZ Camille (56-01)
CAMPANA Fabrice (57-01)	POMMEL Ludovic (58-01)
CATHERINE Jean-Hugues (57-01)	PRECKEL Bernard-Éric (58-01)
GAUBERT Jacques (56-01)	RÉ Jean-Philippe (58-01)
GIRAUD Thomas (58-01)	ROCHE-POGGI Philippe (57-01)
GIRAUDEAU Anne (58-01)	STEPHAN Grégory (58-01)
GUIVARC'H Maud (58-01)	TAVITIAN Patrick (58-01)
JACQUOT Bruno (58-01)	TOSELLO Alain (58-01)
LABORDE Gilles (58-01)	

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITÉS ASSOCIÉS

BALLESTER Benoît (58-01)
BLANCHET Isabelle (58-01)
CASAZZA Estelle (58-01)
SILVESTRI Frédéric (58-01)

CHEFS DE CLINIQUE DES UNIVERSITÉS - ASSISTANTS DES HÔPITAUX

ANTEZACK Angeline (57-01)	MADENIAN Pauline (58-01)
ARNIER Canelle (56-01)	MANSUY Charlotte (58-01)
BAUDINET Thomas (58-01)	MARCHAL Paul (58-01)
BOREL Guillaume (56-02)	MARTIN William (56-01)
BRINCAT Arthur (57-01)	ONGHENA Tom (56-01)
BROS Agnès (56-01)	PASCHEL Laura (58-01)
CHIARINI Thomas (58-01)	PILLIOL Virginie (58-01)
DUPRAT Florence (56-01)	PRINCE Fanny (57-01)
FAURE-BRAC Mathias (57-01)	RAYNAUD Camille (58-01)
FERRE Enzo (58-01)	REYNAL Florence (56-01)
FOUQUES Agathe (56-01)	ROMAO Vincent (57-01)
HAMMOUTENE Stéphane (57-01)	ROUSCOFF Eva (57-01)
LAFONT Jacinthe (57-01)	SADOWSKI Camille (57-01)
LAURENT Camille (58-01)	TERRER Jérémy (58-01)
LIOTARD Alicia (58-01)	VEILLARD Pierre (56-01)

ASSISTANT DES UNIVERSITÉS ASSOCIÉ

GRINE Ghilès (57-01)

Intitulés des sections CNU :

56^{ème} section : Développement, croissance et prévention

56-01 Odontologie pédiatrique et orthopédie dento-faciale

56-02 : Prévention – Epidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale

57^{ème} section : Chirurgie orale, Parodontologie, Biologie Orale

57-01 : Chirurgie orale – Parodontologie – Biologie orale

58^{ème} section : Réhabilitation orale

58-01 : Dentisterie restauratrice – Endodontie – Prothèses – Fonction-Dysfonction – Imagerie – Biomatériaux

L'auteur s'engage à respecter les droits des tiers, et notamment les droits de propriété intellectuelle. Dans l'hypothèse où la thèse comporterait des éléments protégés par un droit quelconque, l'auteur doit solliciter les autorisations nécessaires à leur utilisation, leur reproduction et leur représentation auprès du ou des titulaires des droits. L'auteur est responsable du contenu de sa thèse. Il garantit l'Université contre tout recours. Elle ne pourra en aucun cas être tenue responsable de l'atteinte aux droits d'un tiers

À M. le Professeur Michel Ruquet,

Professeur des Universités,

Merci de m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider ce jury.

Je n'oublierai pas la bienveillance, l'amabilité et la disponibilité dont vous avez fait preuve dès mon arrivée à Marseille.

Veillez trouver ici le témoignage de ma sincère reconnaissance et de mon profond respect.

À M. le Docteur Patrick Tavitan,

Maître des Conférences des Universités,

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

L'engagement, le professionnalisme et la gentillesse dont vous faites preuve au quotidien sont un exemple pour nous tous.

Je tiens sincèrement à vous remercier pour l'écoute et la considération que vous portez à chacun d'entre nous,

Je ne saurai oublier votre bienveillance et la qualité de votre enseignement,

Veillez trouver en ces mots, l'expression de mon plus grand respect et de ma profonde gratitude.

À M. le Docteur Frédéric Silvestri,

Maître des Conférences des Universités,

Merci de m'avoir fait l'honneur de siéger dans ce jury et d'avoir participé à l'élaboration de ce travail de thèse.

L'amabilité de votre accueil et votre accompagnement du quotidien ont été des atouts précieux pendant mon internat.

Je tiens à vous remercier pour votre confiance, vos conseils et votre implication dans notre formation.

J'espère pouvoir continuer d'enrichir mon expérience à vos côtés pendant cette dernière année.

Veillez trouver ici le témoignage de ma sincère reconnaissance et de mon profond respect.

À Mme le Docteur Chloé Mense,

Maître des Conférences des Universités,

Merci d'avoir accepté spontanément de
siéger dans ce jury,

Ta bonne humeur, ta disponibilité et ta
gentillesse sans faille rendent chaque
jour cet internat plus agréable,

J'espère pouvoir profiter pleinement de
tes précieux conseils et de ta pédagogie
durant ma dernière année à vos côtés,

Trouve ici le témoignage de ma sincère
reconnaissance et de mon profond
respect.

À M. le Docteur Romain Lan,

Maître des Conférences des Universités,

Merci de m'avoir fait l'honneur de siéger dans ce jury,

Je me souviens de ta gentillesse et ton ouverture d'esprit lors de notre rencontre. Fidèle à toi-même, j'ai pu apprécier ta bienveillance, ta pédagogie et ton humilité.

Les échanges que j'ai la chance d'avoir avec toi sont particulièrement enrichissants et toujours plaisants.

Merci pour ton soutien, ta réactivité, ta franchise et ton dévouement.

Trouve ici le témoignage de ma sincère reconnaissance et de mon profond respect.

Aux enseignants qui ont marqué mon parcours,

À Suzie Lescaret, ma première enseignante qui a réussi marquer mes études pour toujours par sa bienveillance, son énergie, sa joie de vivre et son amour pour ses élèves.

Au Dr Odile Laviolle, merci pour la qualité de votre enseignement aussi bien à la faculté qu'à l'hôpital, pour votre gentillesse et votre disponibilité.

Au Dr Jean-Marie Marteau, vos qualités de pédagogue et de conseillers mettent tout le monde d'accord. Expérience et bienveillance à la barre, vos mousses regretteront longtemps les années d'excursion à vos côtés. Merci pour votre enseignement, votre précieux soutien pendant la préparation à l'internat et vos conseils de tous les jours.

Au Dr Grégory Stephan, votre expérience, votre sérieux, votre esprit d'équipe et votre capacité à trouver les mots justes pour rendre le compliqué évident forcent l'admiration. Je vous suis sincèrement reconnaissant pour votre engagement sans faille dans notre formation mais aussi pour l'intérêt que vous portez à notre épanouissement et notre bien-être.

Au Dr Éric Loyer, merci pour votre accompagnement, votre bienveillance et votre sympathie qui rendent chaque vacation à vos côtés plaisante et enrichissante.

Aux enseignants de restauratrice : Pr Terrer, Dr Baudinet et Dr Pillol, gentillesse et pédagogie, les secrets d'une formation réussie.

Au Dr Fabrice Campana, je n'oublierai pas la sympathie de votre accueil et la bienveillance que vous portez à notre égard.

Aux assistants marseillais, toujours disponibles et sympathiques : Fanny, Camille L., Enzo, Charlotte, Mathias, Camille S, Arthur, Jacinthe, Vincent, et Stéphane MalikTopGun vous embellissez cette aventure, merci à chacun d'entre vous !

Au Dr Virginie Magnan, merci pour votre sympathie, votre confiance et votre bonne humeur pendant toutes ces vacations d'urgences que je n'oublierai pas !

À ma famille,

À Papa et Maman, des simples mots ne suffiraient pas à vous remercier de l'amour inconditionnel que vous nous portez depuis toujours. Tout au long d'une éducation sans fautes, vous n'avez cessé de m'apporter tendresse, bienveillance écoute et confiance. Piliers d'une famille saine et aimante, vous m'avez transmis votre savoir, vos valeurs (et peut être un peu vos caractères) tout en vous souciant d'une seule chose : le bonheur de vos enfants. Aujourd'hui votre fils, votre titi, votre Luigi est heureux et Docteur, et c'est grâce à vous.

À Paul, mon frère et bien plus que ça ; mon protecteur, mon conseiller, mon ami, mon confident, mon compagnon de jeu, de rires, de « bastons », mais aussi mon exemple de tous les jours. Je suis extrêmement chanceux et fier d'avoir un frère comme toi.

À Papi Roger et Mamie Sylvia, je garde en mémoire des souvenirs d'enfance joyeux et remplis d'amour à vos côtés.

À Papi José et Mamie Josépha, merci d'avoir été des grands-parents si aimants et attentionnés avec leurs petits-enfants.

Aux cousins,

les Galvez ; Gabriel, Thomas, Xavier, Téo, Ugo, Noa et les Chaix ; Anne-Sophie et Pierre. Les moments passés ensemble sont rares mais toujours aussi drôles et précieux.

À Dada, qui m'a vu naître, grandir et évoluer. Merci pour les jeux, les sorties, les déguisements faits-maison, les crêpes, les repas succulents et surtout pour l'amour que tu nous as porté pendant toutes ces années.

À mes amis du collège et lycée, Juliette, Lucie, Léa, Émilie, Renée, Jean-Baptiste, Étienne, Gonzague, Lucas, Baptiste, Thomas, Cyril, Maxime, qui m'ont vu grandir (ou pas) murir (ou pas) et qui sont encore présents malgré les années et la distance. Merci pour tous ces souvenirs, ces rires, et ces quelques rares soirées. Le noyau dur c'est vous (à part Gonzague mais il fallait bien que je le mette quelque part), je suis si content de vous revoir à chaque fois et de vous compter encore parmi mes amis les plus proches. J'ai hâte de partager avec vous les beaux moments qui nous attendent encore.

À mes amis d'enfance, Marin et Alexis, bon je crois que je suis le premier docteur de nous trois ! Quelle joie de vous avoir retrouvé après toute ces années. Unis par les souvenirs, l'enfance, les valeurs et la déconne, je suis sûr qu'on rigolera encore ensemble dans plusieurs dizaines d'années. Mais pas aujourd'hui j'ai pas le temps y'a du swell, allez tchuss !

Aux Souuuulacais : Léa, Jeanne, Pauline, Johanna, Carla, Margaux, Thomas, Quentin, Vincent, Léandre, Jean. Avec vous le temps passe trop vite, même quand il est 6h du mat' ! Merci pour ces sessions surf, ces aprèm bronzette, ces parties de beach volley, ces repas et surtout ces soirées paisibles Tapeo-Diablo-ADBZ-Zinc. On tient une équipe solide qui n'est pas prête de bouger !

À la Team Perrens, Marie, Sarah, Céline, Chloé, Marie-Charlotte, Audrey, Christelle, Sophie, Tom, Julien, Clément, Julian, Léo, Gwada, Stan, Bordenave, Dilli, Martin, Merci à tous pour ces belles années à vos côtés que je n'oublierai jamais. Histoire de boucler la boucle, ce soir c'est « touuuurnée généraaaale » !

À tous mes copains de médecine des Adiboules, des Fifass et du Tutorat avec qui j'ai passé de si belles années pendant mes études.

À Jean-Marie et Catherine Marteau, merci pour les moments délicieux passés à vos côtés, les vacances à Maubuisson ou en pleine mer, les week-ends ski ou randonnée et les excursions marseillaises. Je vous suis très reconnaissant de m'avoir si bien accueilli dans votre belle famille.

À mes co-internes MBD,

Luc, la belle rencontre merci pour ta franche gentillesse et ton accueil « au centre de'S »,
Camille, un étage ne suffit pas à occulter ta sympathie et générosité, merci pour ces années à tes côtés,
Antoine le papa poule merci pour ce si bel accueil et ta bienveillance du quotidien,
Léna, soutien de tous les jours, la bonne copine sans laquelle je n'aurai pas vécu un si bel internat,
Romain, merci pour ta dévotion pour la famille MBD,
Alexandre le co-interne parfait, toujours prêt à prêter main-forte, merci pour ta gentillesse et ton esprit d'équipe,
Aux petits nouveaux, Angéline, Déborah et Nicolas, trois recrues parfaites pour partager cet internat mais pas que !

À l'ensemble de mes co-internes de chirurgie orale, mention spéciale pour Cyril et Justine tous deux pourvus d'une gentillesse admirable !

À l'ensemble de mes co-internes d'ODF, je suis content de partager mon internat avec la si belle équipe que vous formez.

Aux belles rencontres marseillaises :

À mon équipe de luxe,

Estelle, merci pour ton pep's, ta joie de vivre et ta générosité. Tu es une fille débordante d'énergie et une vraie copine que je compte bien garder encore longtemps ! Promis c'est la dernière fois que je loupe ton anniversaire !

Léa, une des filles les plus attentionnée, sincère et rigolote que je connaisse. Même si je te taquine un peu (beaucoup), tu resteras une de mes plus belles rencontres de mon internat.

Léna, il va y avoir comme un gros vide l'année prochaine... Merci pour ta gentillesse sans limites, pour tes conseils à l'hôpital, pour tes idées sorties et pour tous ces week-end, ces randos ces soirées partagés à tes côtés. Pas merci pour toutes tes séances photos qui durent une plombe.

Sophie, une des premières belles rencontres du Sud ! Toujours partante, c'est un vrai plaisir de partager ces belles années à tes côtés. Merci pour ta bonne humeur, ton rire et ton sens de la rave inégalé.

Émilie, je suis très content d'avoir pu partager un bout de mon internat avec toi, j'espère que tu nous reviendras vite !

Clarabouille, la bonne copine ! Merci pour tous ces moments de rire, pour ta positivité, ton dynamisme du quotidien et ton incroyable résistance à l'alcool. C'est pour quand déjà notre prochain spectacle pyrotechnique ?

Agathe, la sportive toujours partante pour de nouvelles excursions ! (Bon du coup il va falloir patienter un poil). Merci pour ta sincère gentillesse et ta bonne humeur.

Pierre, le seul non-dentiste et pourtant un des piliers de la bande ! Merci d'avoir apporté les 2% de testostérone manquant à ce groupe.

À Fanny, Camille et Fiona, vous êtes tout simplement adorables. Merci pour votre soutien à la clinique et ces bons moments passés en dehors.

À Séverine, je suis content d'avoir rencontré une fille aussi agréable et adorable et que toi.

À Delphine, la petite toulousaine toujours à l'écoute ! Merci pour ta gentillesse, ta compréhension et ta générosité.

À toute l'équipe de prothésistes du pavillon, Lolo, Marion, Brigitte, FX, même si j'en demande parfois un peu trop, vous savez toujours répondre présents ! Merci pour votre aide, votre disponibilité sans faille, votre sérieux et votre bonne humeur permanente. Travailler avec vous est un vrai plaisir.

À Camille, mon petit bonheur. Tous les deux, on a décidé de vivre notre aventure à notre façon, et tu la rends chaque jour de plus en plus belle. Merci pour tous ces moments de rires, de complicité, de joie et de tendresse, mais aussi pour le soutien, le réconfort et la motivation que tu m'apportes (tu vas enfin pouvoir te reposer un petit peu !)

Entre voyages, week-ends, soirée tous les deux, sorties sportives, et découvertes en tout genre, j'ai l'impression qu'on s'est plutôt bien trouvé. Je ne cesserai jamais d'apprécier chaque instant passé à tes côtés. Merci pour tous ces moments de bonheur, merci d'être la fille qui me rend heureux tous les jours depuis quatre ans.

Table des matières

Introduction	1
I. PROBLÉMATIQUE DES EDENTEMENTS POSTÉRIEURS MANDIBULAIRES	2
1) La mandibule : rappels anatomiques et physiologiques	2
A. Morphologie osseuse	2
B. Vascularisation	4
C. Innervation	5
D. Histologie	7
2) Physiologie de la résorption osseuse	10
A. Remodelage osseux	10
B. Cicatrisation osseuse alvéolaire post extractionnelle	11
3) Spécificité de la crête dans les secteurs postérieurs mandibulaires	12
A. Particularités structurales	12
B. Spécificité de la résorption dans les zones postérieures mandibulaires	12
4) Les types de défauts osseux	13
II. LES MOYENS CHIRURGICAUX DE RÉHABILITATIONS IMPLANTAIRES DANS LES SECTEURS POSTERIEURS ; PANORAMA DES DIFFERENTES TECHNIQUES	15
1) Impératifs de la prothèse implanto-portée dans les secteurs postérieurs	15
A. Les critères osseux	16
B. Les critères prothétiques	18
2) Moyens chirurgicaux	19
A. Principes généraux des greffes osseuses autogènes	19
B. Distraction ostéogénique	21
C. Greffe en onlay – greffe d’apposition	23
D. Ostéotomie segmentaire en sandwich- Greffe en inlay	28
E. La régénération osseuse guidée	33
III. REVUE DE LA LITTERATURE	37
1) Contexte	37
2) Matériel et méthodes	38
A. Critères d’inclusion	38
B. Méthode de recherche des études	39
3) Résultats	43
A. Description des études	43
B. Synthèse des résultats	53
4) Discussion	56
5) Implications en pratique clinique	60
Conclusion	62
Table des figures	A
Bibliographie	I

Introduction

Depuis plusieurs années, l'essor de l'implantologie orale a permis à de nombreux patients d'envisager des réhabilitations fonctionnelles et esthétiques répondant pleinement à leurs besoins. Le vieillissement de la population et l'augmentation de ses exigences ont encouragé le praticien à repousser les limites des indications de l'implantologie.

Ainsi, la région postérieure mandibulaire, définie comme l'espace s'étendant de la première prémolaire à la deuxième molaire mandibulaire, peut fréquemment s'avérer difficile à traiter chez le patient demandeur de restaurations implanto-portées. Souvent siège d'une résorption alvéolaire particulièrement importante, elle présente également des caractéristiques anatomiques et histologiques rendant délicate voire impossible la pose d'implant(s) dentaire(s).

Le chirurgien-dentiste se doit ainsi d'adapter son geste afin de respecter les structures anatomiques environnantes tout en répondant aux impératifs biologiques et mécaniques de la future restauration prothétique implanto-portée.

Face à des situations ne permettant pas de remplir ces conditions du fait d'un volume osseux insuffisant, les reconstructions osseuses pré-implantaires représentent à ce jour des solutions appropriées et prédictibles permettant la pose d'implants.

Parmi les biomatériaux préconisés pour corriger un déficit osseux, l'os autogène demeure le matériau de référence pour ses caractéristiques biologiques et immunologiques. Les techniques chirurgicales faisant appel entièrement à de l'os xénogène ou allogène ne donnant pas pleine satisfaction dans ces secteurs, elles ne seront pas développées ici.

Devant l'étendue des procédés d'augmentation osseuse possible et le manque de consensus concernant la meilleure technique chirurgicale pour reconstruire une mandibule atrophiée, le praticien est régulièrement amené à se demander quelle solution choisir pour chaque situation clinique.

Ce travail avait pour objectif de cerner les enjeux de ces procédés chirurgicaux et de faire une mise au point des données actuelles de la littérature concernant les différentes techniques d'optimisation osseuse dans les secteurs postérieurs mandibulaires atrophiés en termes de taux de survie et taux de succès implantaire.

I. PROBLÉMATIQUE DES EDENTEMENTS POSTÉRIEURS MANDIBULAIRES

1) La mandibule : rappels anatomiques et physiologiques

A. Morphologie osseuse

La mandibule est un os impair médian et symétrique. Il s'agit du seul os mobile de la face dont il constitue à lui seul l'étage inférieur. Il s'articule avec le reste du massif facial par l'articulation temporo-mandibulaire.

Elle est composée de chaque côté d'une partie horizontale, le corps, et d'une partie verticale le ramus ou branche mandibulaire. (1)

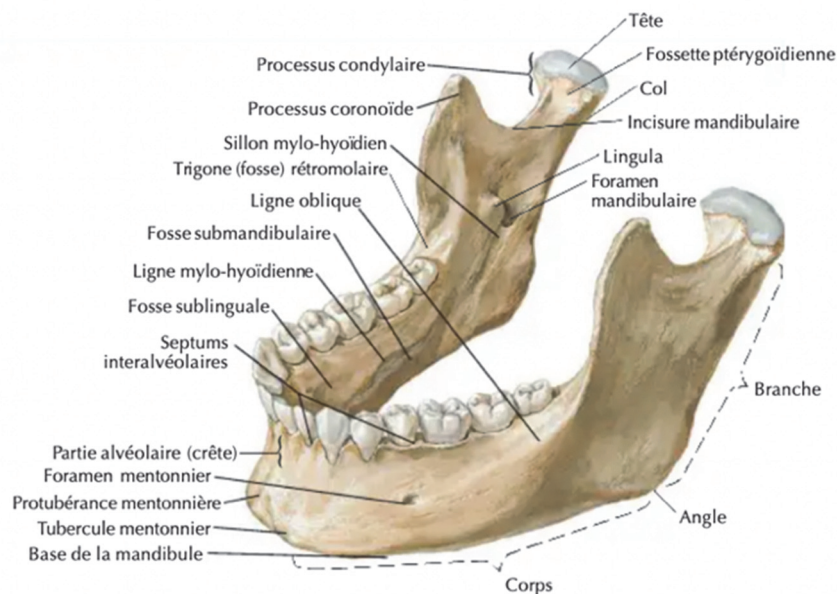


Figure 1 : vue antéro-latérale supérieure d'une mandibule adulte

La face antérieure du corps de la mandibule, appelée symphyse mentonnaire est convexe. Latéralement se trouve un orifice, le foramen mentonnier d'où émerge le nerf mentonnier, en regard des prémolaires.

La face postérieure, concave, est marquée par les reliefs des épines supérieures et inférieures, donnant respectivement insertions aux muscles génio-glosses et génio-hyoïdiens.

Le corps de la mandibule est composé de deux bords :

- Le bord supérieur, où sont situés les alvéoles dentaires et dans sa portion la plus postérieure le triangle rétro-molaire
- Le bord inférieur, corticalisé.

Les branches mandibulaires, quant à elles, se détachent de part et d'autre de l'extrémité postérieure du corps. Le bord supérieur des branches est marqué en avant par le processus coronoïde sur lequel s'insère le muscle temporal, et en arrière par le processus condyalaire qui s'articule avec l'os temporal via l'articulation temporo-mandibulaire. Ces deux éminences sont séparées par l'incisure mandibulaire.

La face externe des branches voit son relief marqué par des crêtes verticales correspondant aux insertions du masséter. Cette face présente également des crêtes correspondant aux insertions du muscle ptérygoïdien médial. Au milieu de la face interne, on note particulièrement la présence du foramen mandibulaire, bordé antérieurement par la lingula, correspondant à l'entrée du nerf mandibulaire dans la mandibule. (2) [Figure 2]

A la jonction entre la branche et le corps mandibulaire, une légère concavité marque le passage de l'artère faciale

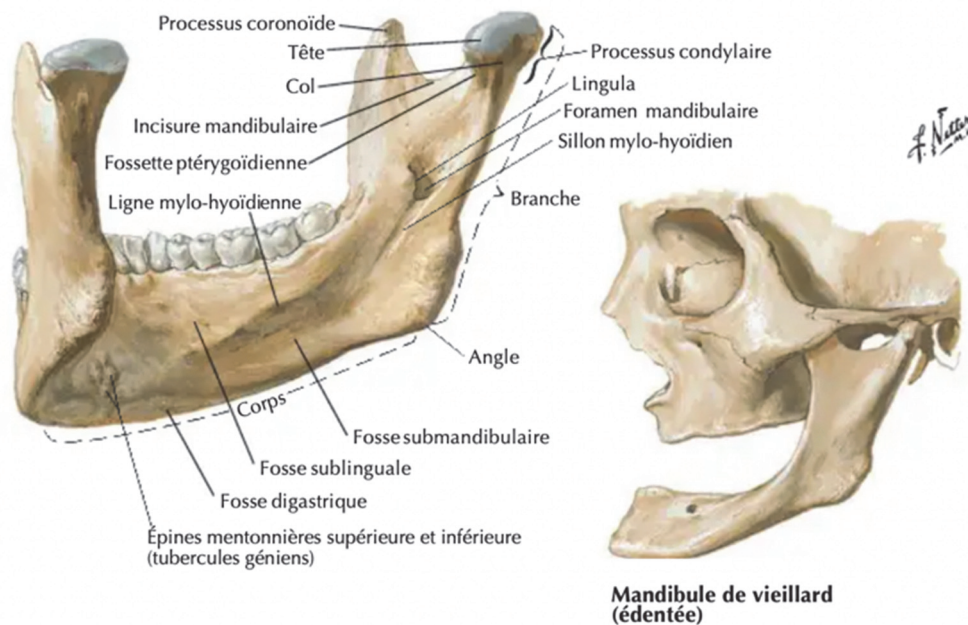


Figure 2 : vue postérieure gauche d'une mandibule adulte

B. Vascularisation

La mandibule est vascularisée par deux voies différentes, toutes deux issues de l'artère carotide externe :

- un réseau externe périosté
- un réseau interne endo-osseux

Le réseau externe est constitué de :

- **l'artère faciale** qui quitte l'artère carotide externe en regard et gagne la région submandibulaire par la face médiale. Elle est ensuite appliquée contre le périoste de la mandibule au niveau de son bord inférieur, chemine sur sa face latérale avant de gagner la joue. À ce niveau, elle donne des branches labiales supérieures et inférieures. Elle poursuit son chemin obliquement le long du nez et devient l'« artère angulaire » qui s'anastomose avec une branche de l'artère ophtalmique.

- **l'artère submentale (ASM)**, branche de l'artère faciale, qui se dirige en avant vers la portion inférieure de la mandibule. Sa lésion peut être à l'origine d'hématome du plancher (figure 3).

- **l'artère sublinguale**, branche de l'artère linguale, vascularise la partie antérieure du plancher buccal. Elle peut également être lésée en cas de perforation de la corticale.

- **l'artère massétérique** et **l'artère ptérygoïdienne** (issues de l'artère maxillaire), ainsi que l'artère mylo-hyoidienne (issue de l'artère alvéolaire inférieure) [Figure 3]

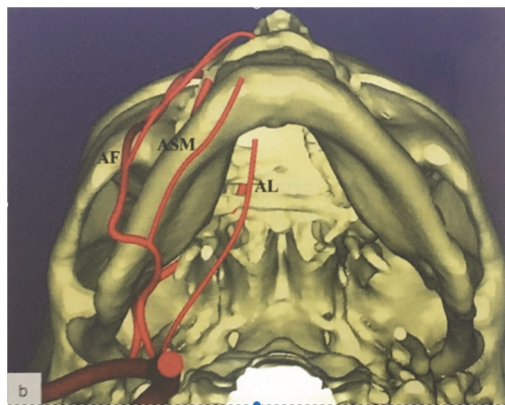


Figure 3 : vue tridimensionnelle de la face inférieure du plancher buccal représentant l'artère linguale (AL) l'artère submentale (ASM) et l'artère faciale (AF) (1)

Le réseau interne est constitué de **l'artère alvéolaire inférieure**, qui se détache de l'artère maxillaire elle-même issue de l'artère carotide externe.

Cette artère alvéolaire inférieure rentre dans la branche de la mandibule au niveau du foramen mandibulaire, chemine le long du corps de la mandibule sous les alvéoles dentaires qu'elle vascularise. Elle se divise ensuite en deux branches : l'artère mentonnière qui ressort du corps de la mandibule au niveau du foramen mentonnier d'où elle vascularisera les téguments de la face inférieure, et l'artère incisive qui poursuit son trajet dans le corps de la mandibule jusqu'à s'anastomoser avec l'artère controlatérale.

Cette artère alvéolaire est située au-dessus du nerf alvéolaire inférieur (NAI). [Figure 4]
En général, une lésion du nerf est précédée par un saignement. (1)

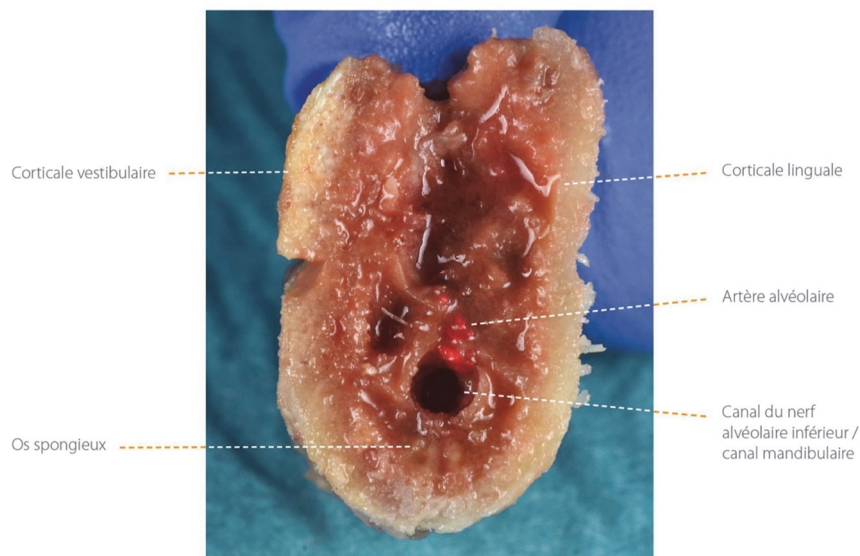


Figure 4 : coupe frontale de la mandibule (3)

C. Innervation

L'innervation sensitive de la mandibule et des dents mandibulaires est assurée par le nerf alvéolaire inférieur (NAI). Ce NAI est une branche du **nerf mandibulaire (V3)**.

Le nerf mandibulaire est à l'origine :

- De trois nerfs moteurs destinés aux muscles temporaux (temporal profond postérieur, moyen et antérieur)
- **Du nerf alvéolaire inférieur** : il entre dans la mandibule par le foramen mandibulaire, poursuit son trajet intra-osseux de dedans en dehors dans le canal mandibulaire sous les alvéoles dentaires. Ce canal décrit une position variable tout au long de son trajet : il est d'abord au contact de la corticale linguale, évolue plus centralement au niveau molaire, et s'oriente vers la corticale externe à la fin de son trajet. Dans le plan vertical, il décrit une courbe concave vers le haut et plus ou moins proche de la crête alvéolaire [figure 5]. Le nerf alvéolaire inférieur se divise ensuite en un nerf incisif (qui reste intra-osseux et assure l'innervation des dents antérieures) et un nerf mentonnier (qui émerge au niveau du foramen mentonnier et est destiné à l'innervation du menton et de la lèvre). La position du foramen mentonnier varie horizontalement de la première prémolaire à la première molaire, sa position verticale est fonction de la résorption osseuse. (4) [Figure 5]

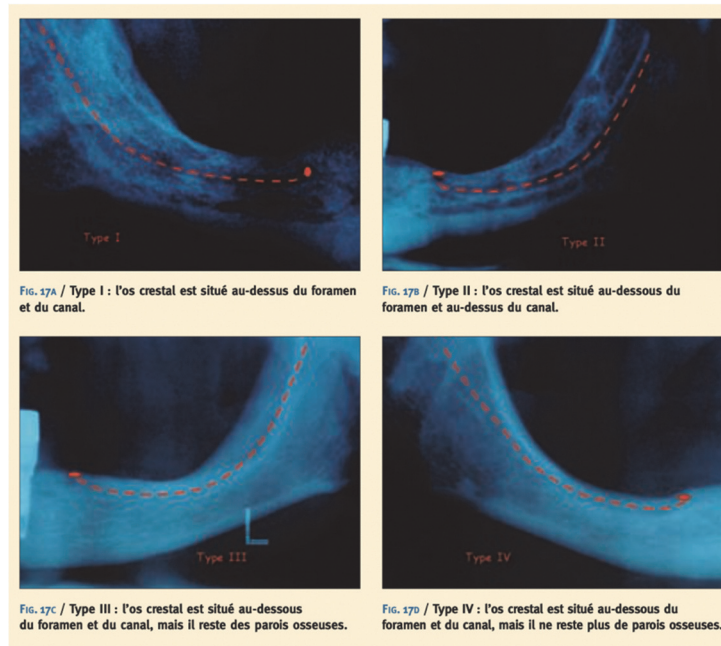


Figure 5 : images radiographiques illustrant les différentes positions du NAI et du foramen mentonnier par rapport à l'os crestal (4)

- **Du nerf mylo-hyoïdien** : il chemine vers le bas jusqu'au muscle mylo-hyoïdien.
- **Du nerf lingual** : il s'étend au niveau de la face médiale de la mandibule, entre le ptérygoïdien médial et le ptérygoïdien latéral, décrit un trajet sinueux au niveau du trigone rétro-molaire, chemine au contact du corps mandibulaire au niveau molaire pour pénétrer dans la langue dont il assure l'innervation sensitive des 2/3 antérieurs.
- **Du nerf buccal** : il traverse le buccinateur et décrit un trajet vestibulaire lui permet d'assurer l'innervation sensitive de la muqueuse jugale. [Figure 6]

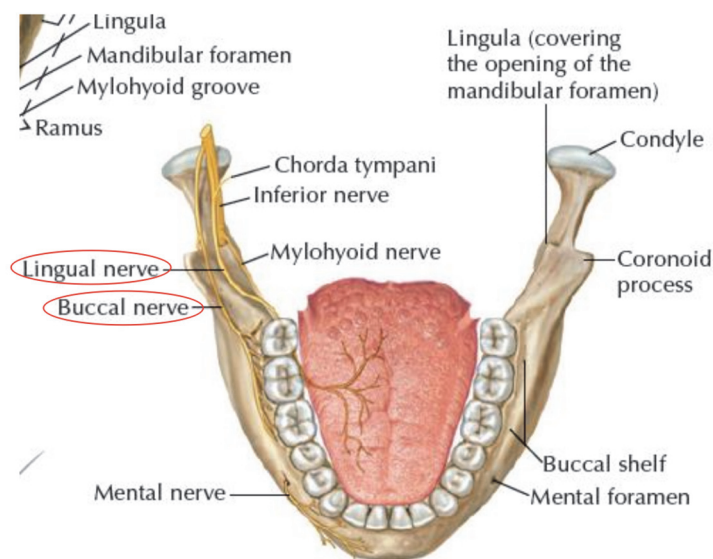


Figure 6 : vue transversale du trajet des nerfs issus du V3 (3)

D. Histologie

L'os alvéolaire est un tissu conjonctif : il est donc constitué de cellules et d'une matrice extracellulaire qui a la particularité de se minéraliser. (5)

a) Les cellules osseuses

Les ostéoblastes :

Les ostéoblastes sont responsables de la formation de la matrice organique osseuse ainsi que de sa minéralisation. Ils forment un tapis continu à la surface de l'os. Les ostéoblastes activés forment tout d'abord le tissu ostéoïde (une matrice organique non minéralisée) qu'ils minéralisent ensuite par la formation de cristaux d'hydroxyapatite. (6)(5) [Figure 7]

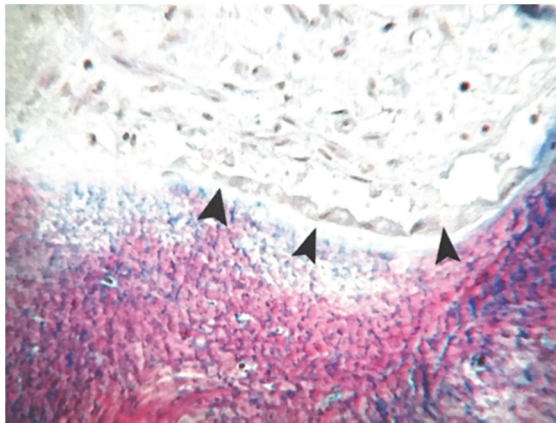


Figure 7 : coupe histologique montrant une couche d'ostéoblastes à la surface de l'os (7)

Les ostéocytes :

Les ostéocytes dérivent des ostéoblastes activés. Ils correspondent en effet aux ostéoblastes emmurés dans la matrice extra-cellulaire au cours de sa formation. L'ostéocyte est localisé dans une logette appelée ostéoplaste. Ils communiquent entre eux par l'intermédiaire de jonctions communicantes. Ces cellules n'ont pas d'activité ostéogénique mais participent à la régulation phosphocalcique ainsi qu'aux transmissions des contraintes mécaniques via leurs jonctions communicantes. (5)(6) [Figure 8]

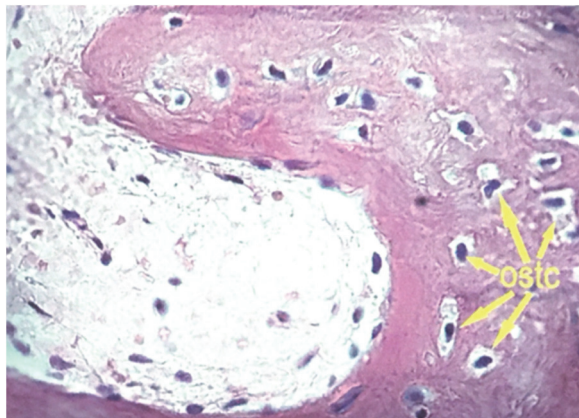


Figure 8 : coupe histologique montrant de multiples ostéocytes (7)

Les ostéoclastes

Les ostéoclastes sont des cellules multinucléées spécialisées dans l'élimination des tissus calcifiés (7). Ils sont donc présents au contact de la matrice osseuse minéralisée. Leur activité est en partie régulée par les ostéoblastes qui produisent des cytokines comme l'Interleukine 1 (IL-1) ou encore RANKL qui activent la résorption osseuse. (8)

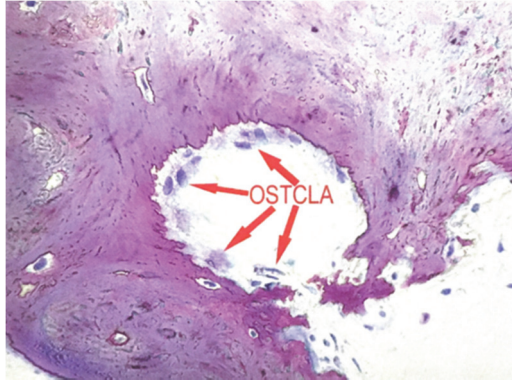


Figure 9 : coupe histologique montrant des ostéoclastes au niveau de l'os résorbé (7)

b) Organisation architecturale du tissu osseux :

L'os primaire (ou os tissé) :

Il s'agit d'un os immature et temporaire : lors de la maturation, il disparaît pour laisser place à de l'os secondaire (ou os lamellaire)

L'os primaire est formé à partir d'une ossification primaire soit du cartilage hyalin soit du tissu conjonctif. Il est constitué d'une matrice extra-cellulaire peu minéralisée, de nombreux ostéocytes et de fibres de collagène de type I non organisées.

L'os secondaire (ou os lamellaire) :

Il est composé d'une matrice extra-cellulaire, d'ostéocytes et de fibres de collagène de type I parallèles les unes aux autres, organisées sous formes de **lamelles concentriques**.

Selon l'organisation tridimensionnelle de ces lamelles, on distingue l'os compact et l'os spongieux.

- **Dans l'os compact** les lamelles forment des structures tubulaires appelées Système de Havers ou ostéons. Au sein d'un système de Havers, les lamelles les plus récentes sont en position centrale et entourent le canal de Havers contenant un vaisseau sanguin central et un nerf sensitif. Les différents ostéons communiquent entre eux par l'intermédiaire de canaux de Wolkmann. Cette organisation circulaire confère à l'os compact une grande rigidité et lui permet d'assurer une fonction de support et de protection du squelette. Il est notamment retrouvé en périphérie des os courts comme la mandibule.(9)

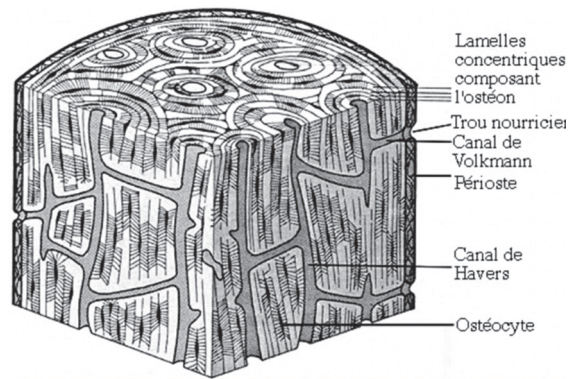


Figure 10 : Schéma illustrant l'organisation d'un système de Havers (10)

- **Dans l'os spongieux (ou os trabéculaire)** les lamelles de collagène forment un réseau tridimensionnel en travées. Dans chaque travée, les lamelles les plus récentes sont situées en périphérie. Plus fragile que l'os compact, il soutient le tissu hématopoïétique. Cet os spongieux est notamment présent dans la partie centrale des os courts comme la mandibule. (9)

Le périoste :

Le périoste est une membrane qui recouvre la surface externe des os. Il est composé de deux couches distinctes : une couche externe fibreuse et une couche interne à potentiel ostéoblastique.

La couche externe peut être divisée en deux parties : une partie superficielle peu élastique, contenant peu de cellules mais beaucoup de fibres collagéniques. C'est la partie la plus vascularisée du périoste qui assure l'apport sanguin des os. La couche profonde, elle, contient de nombreuses fibres élastiques.

La couche interne du périoste, directement au contact osseux, est hautement cellularisée. Elle contient des cellules progénitrices mésenchymateuses et ostéogéniques, des ostéoblastes et des fibroblastes. Ce réservoir de cellules lui permet de jouer un rôle majeur lors des périodes de croissance.

Le périoste est relié au tissu ostéoïde par les fibres de Sharpey. (11)

2) Physiologie de la résorption osseuse

A. Remodelage osseux

Le remodelage osseux est un processus continu permettant à l'os de conserver ses propriétés mécaniques et biologiques. Ce phénomène, sous la dépendance de facteurs locaux et systémiques, peut être décomposé en 6 phases : une phase **quiescente**, une phase **d'activation**, de **résorption**, **d'inversion**, **d'ostéoformation** et un retour à la phase **quiescente**

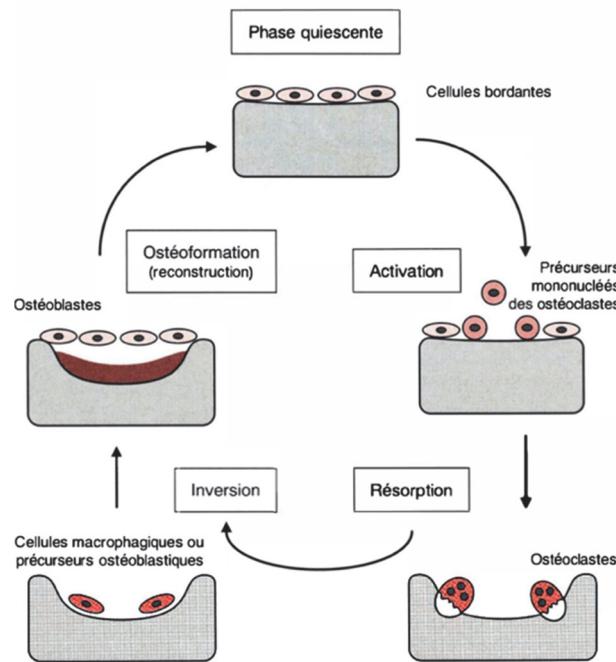


Figure 11 : schéma illustrant le cycle du remodelage osseux (6)

La phase d'activation est suivie par la phase de résorption, durant laquelle les ostéoclastes nouvellement formés, provoquent la dissolution de la matrice osseuse et sont à l'origine de lacunes osseuses appelées lacune de Howship ou cavités de résorption. Pendant la phase d'inversion, ces ostéoclastes sont remplacés par des cellules macrophagiques et/ou des précurseurs ostéoblastiques qui déposent la ligne cémentante au niveau des lacunes osseuses. Par la suite des ostéoblastes commenceront la synthèse d'une nouvelle matrice osseuse qu'ils minéraliseront : c'est la phase d'ostéoformation. La fin du cycle est marquée par le retour à une phase de repos, la phase quiescente.

Chez l'Homme, un cycle dure environ entre 4 et 6 mois. L'os spongieux subit plus fréquemment le phénomène de remaniement osseux que l'os cortical : chez l'adulte 25% de son os spongieux est renouvelé chaque année contre 4% de son os cortical. (6)

B. Cicatrisation osseuse alvéolaire post extractionnelle

À la suite d'une avulsion, un ensemble de phénomènes cicatriciels se met en place aboutissant inévitablement à une perte de volume osseux.

En effet, la cicatrisation alvéolaire se fait à partir d'un tissu conjonctif qui présente des qualités réduites par rapport au tissu d'origine.

De plus, la perte de l'organe dentaire aboutit à une disparition des pressions et du stress dans l'os alvéolaire, conduisant à une résorption périostée. Si la cicatrisation de la majorité des os du squelette mène à une reconstitution du tissu osseux sans perte, la cicatrisation alvéolaire, elle, montre toujours une perte de volume. (7)

Les plus grandes variations dimensionnelles (horizontales et verticales) ont lieu 6 mois après l'extraction. Elles conduisent irrémédiablement à l'atrophie de la crête alvéolaire. Chez l'homme des variabilités inter-individuelles ont pu être remarquées. (12)

Le processus de cicatrisation se déroule en 3 phases qui vont se chevaucher : la phase **inflammatoire**, la phase **proliférative** et la phase de **maturation** ou de **remodelage osseux**.

La phase inflammatoire :

Elle est caractérisée par la mise en place d'un caillot sanguin fibrino-plaquettaire. Deux à trois jours après l'extraction, ce caillot sanguin est envahi par des cellules inflammatoires et est remplacé par un tissu de granulation.

La phase proliférative :

Durant la phase proliférative, un phénomène de fibroplasie apparaît : on voit se disposer une matrice provisionnelle ainsi que la mise en place d'un tissu conjonctif riche en vaisseaux et cellules inflammatoires.

Parallèlement, un os réticulé (« woven bone ») est détectable à partir de la 2^e semaine post extractionnelle. Sa formation se fait selon un sens apico-coronaire.

À 30 jours, la majorité de l'os alvéolaire est remplie par de l'os réticulé, en grande quantité au niveau apical. À ce stade, on observe des ostéoclastes qui seront chargés du remodelage de l'os réticulé. Au niveau coronaire, un tissu conjonctif est présent avec un épithélium bien kératinisé. (13)

La phase de remodelage :

Après 30 jours, l'os réticulé est progressivement remplacé par de l'os lamellaire. Ce changement s'accompagne d'une résorption des murs alvéolaires conduisant à une réduction dimensionnelle de la crête. C'est cette phase qui est très variable chez l'Homme.

Les travaux d'Araujo en 2015 ont montré à **4 mois** une réduction de 25% de la section transverse. La réduction transverse serait également plus prononcée dans les zones antérieures que dans les zones postérieures (-34% VS -18%) (13)

À **partir de 6 mois**, la résorption aboutit à une perte de 50% de l'épaisseur de l'os alvéolaire.(13)

À **7-9 mois**, Hammerle observe une réduction horizontale de 3,8 mm et verticale de 1,2 mm. (14).

Certains auteurs observent jusqu'à 4,3 mm en perte horizontale et 3,6 mm en verticale.(15)

3) Spécificité de la crête dans les secteurs postérieurs mandibulaires

A. Particularités structurales

À la mandibule, plus on progresse vers la zone postérieure, plus l'épaisseur de la corticale osseuse diminue. Ainsi, sur des coupes vestibulo-linguales, l'os corticalisé représente 57% du volume osseux dans le secteur antérieur, contre 47% dans le secteur postérieur. (16)

Cependant même si la résorption est importante, l'étui cortical reste bien constitué.

L'os spongieux quant à lui, présente une densité et une trabéculatation moins importante dans la région molaire.

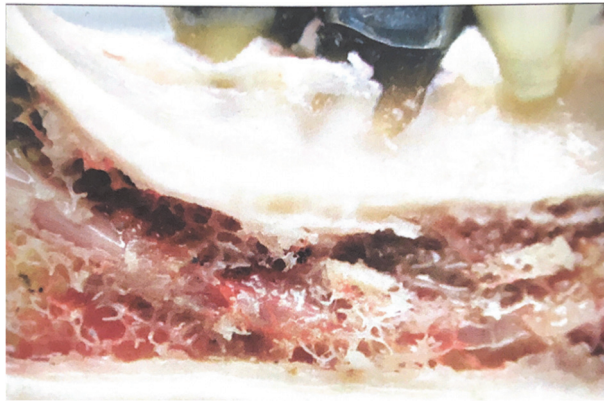


Figure 12 : la suppression de la table vestibulaire montre une trabéculatation plus lâche dans la zone molaire (16)

B. Spécificité de la résorption dans les zones postérieures mandibulaires

La résorption alvéolaire mandibulaire est jusqu'à 4 fois plus importante que celle observée au maxillaire. Cette résorption mandibulaire a la particularité de se faire selon un mode centrifuge : la résorption côté linguale est plus rapide que la résorption vestibulaire. (1)

Outre l'absence de stimulations mécaniques déjà évoquée après une avulsion, le degré de la résorption osseuse est également fonction du volume précédemment occupé par les dents avulsées : ainsi dans la région molaire mandibulaire, la résorption est souvent plus importante que dans la zone antérieure et elle est d'autant plus importante que le nombre de dents avulsées est élevé.

Si cette résorption est non compensée pendant une longue période, le défaut osseux progressera au fur et à mesure des années dans le sens vertical et dans le sens horizontal, jusqu'à atteindre un stade extrême.

Cette résorption est donc irréversible, chronique, progressive et cumulative.

Enfin cette résorption est également dépendante d'autres facteurs comme la présence de pathologies infectieuses ou l'invasivité du geste extractionnel. (17)

Conséquences de la résorption :

Cette résorption osseuse successive à la perte des organes dentaires modifie les rapports anatomiques de la région :

- **le muscle mylo-hyoïdien** : voit ses insertions devenir superficielles au fur et à mesure de la résorption osseuse, rapprochant le plancher buccal de la crête mandibulaire.
- **le muscle buccinateur** : a tendance à devenir superficielles également, jusqu'à se retrouver sur la crête osseuse. Cela peut avoir pour conséquence l'apparition d'un défaut de gencive kératinisée en regard de l'implant, et donc la nécessité de recourir à un aménagement gingival.
- **le nerf lingual** : suit le trajet du muscle mylo-hyoïdien et a donc tendance à se rapprocher de la crête. En cas de résorption avancée, le nerf lingual peut ainsi être lésé lors d'une perforation de la corticale linguale.
- **le nerf alvéolaire inférieur** : il décrit classiquement un trajet proche de la corticale médiale à l'entrée du foramen, puis prend une position plus centrale, avant de se rapprocher de la corticale vestibulaire en avant. À la suite d'une résorption osseuse post-extractionnelle, le nerf alvéolaire se rapproche de la crête osseuse, allant même jusqu'à contre indiquer toute implantation en arrière des foramens mentonniers en cas de résorption importante.

4) Les types de défauts osseux

L'évaluation du défaut osseux post-extractionnel est fondamentale dans la planification de l'acte chirurgical : le praticien doit ainsi être en mesure d'analyser la hauteur et la largeur de la crête résiduelle afin d'adapter ses choix thérapeutiques.

De nombreux auteurs ont ainsi proposé des classifications des pertes de substances osseuses afin de guider le praticien.

La classification de **Allen** en 1985 (18), apporte une notion quantitative à la description des défauts osseux, il décrit trois classes de résorption : la résorption « légère » correspondant à un défaut inférieur à 3 mm, la résorption « modérée » entre 3 et 6mm, et la résorption « sévère » supérieure à 6 mm.

Lekholm et Zarb, (19) dans la même année, classifient les défauts osseux en précisant l'atteinte ou non de l'os basal : classe A crête alvéolaire normale / B : résorption légère de la crête alvéolaire / C : os alvéolaire totalement résorbé et os basal intact / D : résorption de l'os basal

Enfin, **Cawood et Howell (1988)** classifient la résorption en fonction de la morphologie résiduelle de la crête et de la situation antérieure ou postérieure. Ils décrivent ainsi six classes :

- classe I : arcade dentée
- classe II : hauteur osseuse après avulsion
- classe III : crête arrondie de hauteur et épaisseur normales
- classe IV : crête très mince, hauteur normale
- classe V : crête plate très résorbée
- classe VI : crête négative avec résorption de l'os basal (20)

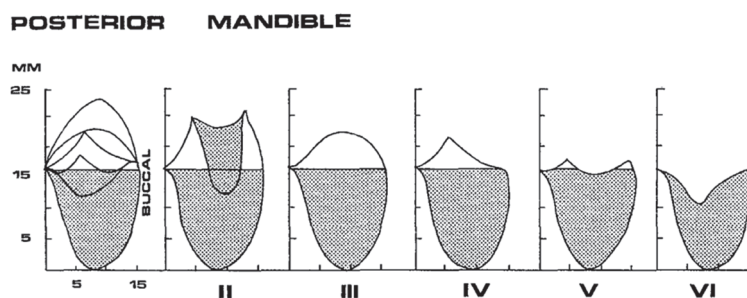


Figure 13 : Classification de la résorption dans les secteurs postérieurs mandibulaires selon Cawood et Howell (20)

Notre thèse portant sur les défauts osseux rendant impossible la mise en place d'implants sans interventions additionnels, nous nous intéresserons aux défauts osseux de type IV à VI.

Ainsi, les risques anatomiques de la zone postérieure mandibulaire sont vasculaires, nerveux et liés à la morphologie de la région :

-vasculaires : ils concernent l'artère sous-mentale, l'artère sub-linguale et l'artère alvéolaire inférieure. L'effraction de ces vaisseaux est principalement observée après perforation de la corticale linguale en raison d'une concavité anatomique du corps mandibulaire. Ces accidents se traduisent par une hémorragie importante, une tuméfaction et une élévation du plancher buccal, conduisant secondairement à une élévation et une protrusion linguale. Un hématome sublingual extensif et disséquant peut alors avoir lieu, pouvant conduire à une détresse respiratoire. (4)

-nerveux : ils concernent le nerf alvéolaire inférieur et le nerf lingual. Leur lésion affecte les territoires dépendant de leur innervation : lèvres, menton, langue et tissus gingivaux. Les conséquences sur les fonctions orales sont majoritairement temporaires mais peuvent être définitives. (4)

La zone postérieure mandibulaire peut donc s'avérer être particulièrement difficile à traiter chez le patient demandeur de restaurations implanto-portées. Le praticien ne doit pas oublier que les interventions pré-implantaires ou implantaires sont potentiellement à risque. Une bonne connaissance de l'anatomie ainsi que des risques inhérents à tout geste chirurgical dans cette zone est donc nécessaire. Elle devra être complétée par une analyse préopératoire rigoureuse, comprenant un examen clinique et radiographique complet pouvant impliquer des interventions supplémentaires gingivales et/ou osseuses. Le Cone-Beam sera l'examen radiographique de choix car moins irradiant que le scanner et fournissant des images volumiques performantes.

II. LES MOYENS CHIRURGICAUX DE RÉHABILITATIONS IMPLANTAIRES DANS LES SECTEURS POSTERIEURS ; PANORAMA DES DIFFERENTES TECHNIQUES

1) Impératifs de la prothèse implanto-portée dans les secteurs postérieurs

La réussite d'une réhabilitation orale implanto-portée est dépendante d'un grand nombre de facteurs. Avant de les définir il est important d'insister sur la nuance entre le taux de survie et le taux de succès implantaire. Toutes deux sont intimement liées au principe d'ostéo-intégration implantaire, décrit par le Pr Brånemark en 1977 comme la « *connexion structurale et fonctionnelle entre un os vivant et remanié et la surface de l'implant supportant une charge* » (21).

La notion de succès implantaire a ainsi été définie par Albrektsson puis Buser comme : (22)
-l'absence de mobilité de l'implant, de douleur, paresthésie, sensation de corps étranger, infection péri-implantaire ou alvéolyse radiologique,
-une perte osseuse inférieure à 1 mm la première année et ne dépassant par 0,2 mm par an les années suivantes.

Ainsi, la notion de succès implantaire fait référence à l'évolution de l'interface formée par l'ensemble implant/restauration dans le temps. (23) Pour des patients sains, et des conditions implantaires idéales, ce taux de succès s'élève à 91,5% selon Dierens (24)

D'après le consensus issu du Congrès International des Implantologues, la survie correspond aux implants en fonction ne remplissant pas tous les critères du succès implantaire.

Ainsi ces taux de survie sont toujours particulièrement élevés et avoisinent souvent les 98%. Cependant ils ne considèrent pas l'évolution de l'entité implant-prothèse.

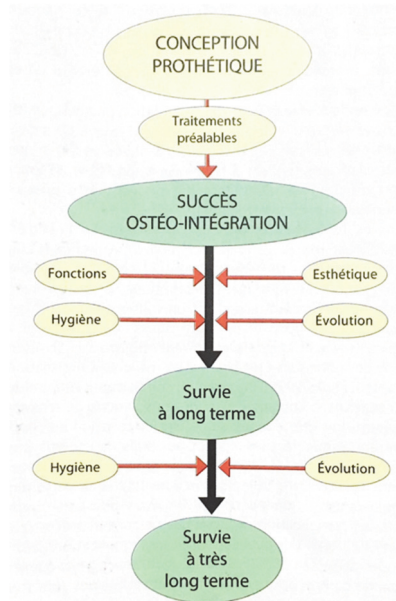


Figure 14 : Genèse, succès, et survie d'un traitement prothétique implanto-porté ou implanto-supporté (21)

Ainsi, la pose de l'implant doit être planifiée en fonction du projet prothétique envisagé.

Il s'agit du concept de « l'implantation dirigée par la conception prothétique » de Garber et Belser (25), qui doit guider tous les projets implantaires du praticien.

La mise en place d'un implant idéalement situé pour la restauration prothétique qu'il doit accueillir nécessite donc de répondre à des impératifs osseux et prothétiques strictes.

A. Les critères osseux

L'estimation de cette mesure devra se faire par une analyse radiologique tridimensionnelle de la crête (CBCT ou scanner).

a) Étude de la quantité osseuse :

Largeur de la crête :

Cette dernière correspond à l'espace mesuré entre les corticales vestibulaires et linguales au niveau du site à implanter. Le diamètre de l'implant et son positionnement doivent être choisis afin de garantir une surface minimale de 1 mm de part et d'autre de l'implant. (25)

La morphologie osseuse mandibulaire présentant souvent une concavité linguale marquée, il pourra être envisagé d'utiliser des implants courts, de modifier l'axe implantaire et d'utiliser des piliers angulés. Dans cette option thérapeutique, les implants devront être placés, par rapport au contexte biomécanique et prothétique, dans une enveloppe de maximum 15°.

Longueur de la crête :

Elle correspond à l'espace mésio-distal disponible délimité par les dents adjacentes. Des distances doivent être respectées afin de ne pas induire une lyse osseuse du parodonte des dents adjacentes. Il convient de respecter une distance de 1,5 mm minimum entre les racines des dents adjacentes et les spires implantaires. Si les dents adjacentes sont déjà remplacées par des implants, en l'absence de desmodonte source d'apport vasculaire, il faudra respecter une distance de 3 mm entre les implants (26). Cette distance peut être réduite à 2 mm en cas d'utilisation de platform-switching. (1)

Il conviendra de choisir d'abord le diamètre implantaire le plus adapté à la dent à remplacer puis de vérifier si cela est compatible avec l'espace mésio-distal disponible. Dans les secteurs postérieurs, si des versions dentaires viennent réduire cet espace, un traitement orthodontique ou encore la « prémolarisation » des sites molaires sont des solutions envisageables. (1)

Hauteur disponible :

Elle correspond à la longueur osseuse disponible entre la crête alvéolaire et l'élément anatomique le plus proche à respecter ; dans notre cas le nerf alvéolaire inférieur. Le volume osseux disponible doit être exploité au maximum en respectant une distance de 2 mm avec le NAI. (1). De plus la notion d'enfouissement du col implantaire est à considérer afin de gérer au mieux le profil d'émergence et la santé des tissus péri-implantaires : l'implant doit être situé entre 2 et 4 mm de la jonction amélo-cémentaire des dents adjacentes.

Une résorption alvéolaire ne permettant pas de respecter ces critères indique la mise en place de techniques d'augmentation osseuse verticale ou d'implants courts à surface rugueuse. (27)

b) Étude de la qualité osseuse :

À la suite d'une avulsion l'os alvéolaire est remanié tant en volume qu'en densité. De plus nous avons vu que la zone postérieure mandibulaire présente souvent des trabéculations osseuses moins abondantes. La diminution de cette densité pouvant compromettre la stabilité primaire et donc le succès implantaire, il est nécessaire d'analyser au préalable de toute chirurgie implantaire, la densité du tissu osseux d'intérêt afin d'adapter nos choix thérapeutiques.

En 1985, **Lekholm et Zarb** proposent une classification de la qualité osseuse afin de guider le diagnostic du praticien. Elle est fondée sur la proportion de tissu cortical et de tissu spongieux (19):

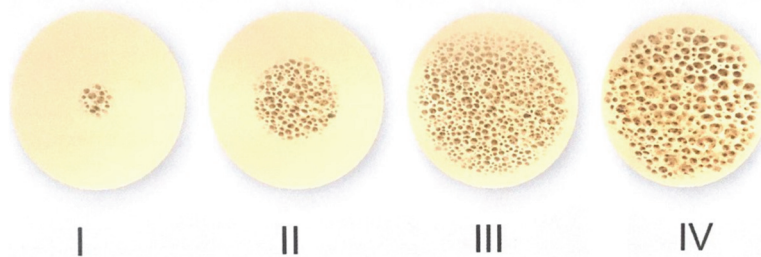


Figure 15 : Typologie osseuse fondée sur le plan histologique selon Lekholm et Zarb. (1)

- I :** Os dense, quasi essentiellement composé d'os cortical, partie spongieuse presque inexistante.
- II :** Os composé d'une partie corticale majoritaire et d'une partie spongieuse.
- III :** Os composé d'une partie corticale fine et d'une partie spongieuse consistante.
- IV :** La partie corticale est quasi inexistante et la partie spongieuse est aussi très réduite.

Les types I et II sont plus fréquents à la mandibule, alors que les type III et IV sont plus fréquents au maxillaire. (1)

Cependant cette classification repose sur une évaluation histologique souvent en inadéquation avec l'évidence clinique (28)

Trisi et Rao proposent quant à eux une classification en trois catégories reposant sur le sens clinique :

- Dense : le clinicien ne sent pas la délimitation entre une zone corticale et une zone spongieuse.
- Normal : le clinicien sent nettement le passage de la corticale à une substance osseuse moins résistante
- De faible densité : la corticale et la partie spongieuse offrent peu de résistance et sont toutes deux facilement passées.

Par rapport à la classification de Lekholm et Zarb, l'os dense correspond au type I, l'os normal au type II et III, et l'os de faible densité au type IV.

La diminution de cette densité influe directement sur la stabilité primaire de l'implant. Pour améliorer cette stabilité dans un os de moindre densité, il est possible :

- de sous-dimensionner l'alvéole implantaire,
- de poser un implant de plus gros diamètre si la largeur mésio-distale le permet.

B. Les critères prothétiques

a) La hauteur prothétique disponible

La réalisation d'une réhabilitation prothétique implanto-portée nécessite un espace vertical d'au moins 7 mm entre le col de l'implant et la dent antagoniste.

Un édentement ancien pouvant être compensé par l'égression des dents antagonistes plusieurs solutions peuvent être envisagées (1) :

- la réalisation d'une prothèse directement vissée sur l'implant,
- l'ingression orthodontique,
- la coronoplastie des dents antagonistes,
- la réhabilitation prothétique des dents antagonistes (partielle ou périphérique)
- dans certains cas extrêmes, l'avulsion des dents antagonistes

b) Le point d'émergence implantaire

Le point d'émergence implantaire doit être situé sur la face occlusale des prémolaires et molaires mandibulaires afin de permettre la mise en place d'une prothèse vissée autant que possible.

c) Le rapport implant/couronne

Il convient de limiter la hauteur des prothèses implantaires à 15 mm (29). Cependant un rapport couronne implant de 2 ou plus peut être envisageable. (30)

d) L'occlusion

Une analyse occlusale est nécessaire avant d'envisager une réhabilitation implantaire. L'occlusion statique et dynamique doit être étudiée. On recherchera à créer des contacts homogènes et simultanés sur les dents postérieures. Les contraintes axiales doivent être privilégiées. Ainsi une morphologie occlusale présentant une angulation cuspidienne faible et une table occlusale étroite est préconisée. (23)

Les morphologies des molaires mandibulaires ont également pour conséquence la création d'un bras de levier entre la couronne et l'implant, augmentant le risque de fracture implantaire. Ce risque diminuant avec l'augmentation du diamètre de l'implant, il convient d'opter pour un implant large dans ces secteurs. (1)

Les parafunctions de type bruxisme, onychophagie, tics de morsures de lèvres, doivent être recherchés car elles représentent une surcharge sur l'ensemble prothèse-implant. Cette surcharge peut être à l'origine de casse prothétique. L'indication de gouttière occlusale de port nocturne doit alors être posée. (23)

Enfin, les résorptions osseuses se faisant en direction opposée à la mandibule et au maxillaire (centripète VS centrifuge), la réhabilitation implanto-prothétique doit permettre de pouvoir retrouver des contacts cuspidés fosses satisfaisants, et ce malgré un décalage antéropostérieur des crêtes osseuses.

2) Moyens chirurgicaux

Notre thèse portant sur les greffes utilisant de l'os autogène afin de reconstruire un volume osseux important, les techniques chirurgicales visant à réhabiliter des petits défauts osseux telles que les techniques de bone splitting, bone spreading et bone core technique ne seront pas détaillées ici.

A. Principes généraux des greffes osseuses autogènes

Les greffes autogènes consistent à prélever du tissu osseux et à le greffer sur le même individu : le donneur et le receveur sont la même personne.

a) Ostéogenèse, ostéoinduction, ostéoconduction

Le succès des greffes osseuses dépend toujours de la qualité et de la rapidité de la revascularisation du greffon : plus cette revascularisation est rapide, meilleure sera la régénération du greffon. Cette régénération de greffons autogènes est le résultat de trois mécanismes fondamentaux de néovascularisation osseuse : ostéogenèse, ostéoinduction et ostéoconduction.

L'ostéoconduction désigne la propriété passive d'un matériau à favoriser la croissance osseuse d'apposition en fournissant une trame le plus souvent minérale servant de support aux ostéoblastes provenant du pourtour du site receveur. (31)

L'ostéoinduction est le processus de stimulation par des protéines conduisant à la prolifération et/ou à la différenciation de cellules souches en matrice osseuse minéralisable (32). Un matériau ostéoinducteur est donc un matériau contenant des protéines morphogénétiques osseuses (ou BMP pour Bone Morphogenetic Proteins) capables de stimuler la différenciation de cellules mésenchymateuses pluripotentes en cellules ostéoformatrices et donc d'induire une néoformation osseuse.

L'ostéogenèse est le processus de formation de la matrice osseuse par les cellules vivantes ostéogéniques présentes au sein du greffon. Le greffon fournit lui-même des cellules ostéoformatrices viables pour la néoformation osseuse. Seuls les prélèvements osseux autogènes possèdent cette capacité.

b) Facteurs influençant les propriétés du greffon

Une origine embryologique commune entre le site donneur et le site receveur est un facteur favorisant la stabilité des résultats obtenus : le taux de survie cellulaire est plus élevé diminuant ainsi l'importance de la résorption. À la mandibule, on favorisera donc les sites de prélèvement ayant une origine embryologique membraneuse, c'est-à-dire les os du massif facial.

La proportion os cortical / os spongieux est également un facteur important : la partie corticale confère au greffon une résistance mécanique aux contraintes imposées par les implants. (33) La partie spongieuse à densité cellulaire élevée assure un potentiel ostéoinducteur et ostéogénique garant d'une régénération osseuse rapide. (34)

c) Sites de prélèvements

- Sites extra-oraux :

Les sites extra-oraux les plus utilisés sont l'os iliaque et l'os pariétal.

L'os iliaque a une origine embryonnaire endochondrale et présente une partie spongieuse majoritaire, ce qui implique un fort taux de résorption au cours du temps. Le greffon iliaque n'offre pas de conditions idéales pour l'ostéo-intégration implantaire : la densité osseuse y est faible ne permettant pas une bonne stabilité primaire. (7)

L'os pariétal lui présente une origine membraneuse et une partie corticale volumineuse. Les prélèvements réalisés présentent une forme légèrement courbée et impliquent une fragilisation post-opératoire de la boîte crânienne.

Ces prélèvements extra-oraux nécessitent une intervention sous anesthésie générale par des chirurgiens compétents et impliquent des suites opératoires plus lourdes. Elles sont peu utilisées dans la pratique quotidienne.

- Sites intra-oraux :

Pour l'os mandibulaire, les sites de prélèvement classiquement décrits sont la région symphysaire et le ramus mandibulaire. (34)

Le greffon symphysaire : est un bloc corticospongieux permettant le traitement d'un espace de 2 à 3 dents et d'accès pratique. Sa quantité osseuse est donc limitée et il peut induire des complications éventuelles : sections des apex des incisives, hypoesthésie labio-mentonnière, altération de l'esthétique du visage...

Le greffon ramique (ou rétromolaire) est un os majoritairement cortical mais présentant néanmoins une partie spongieuse. Il permet le traitement d'un espace de 3 à 4 dents et n'induit pas de préjudice esthétique. Cependant l'abord chirurgical et le geste restent difficiles et des complications peuvent également apparaître : lésion du NAI et/ou du nerf lingual, dysesthésie transitoire due à l'hématome. (35)

Ces deux types de prélèvement présentent un taux de résorption plus faible qu'un os d'origine embryologique endochondrale et possèdent une excellente qualité et une densité osseuse favorisant une intégration optimale des implants. (7)

d) Avantages et inconvénients de l'autogène

L'os autogène est le seul matériau à posséder des propriétés **ostéogéniques** (les cellules osseuses sont transplantées avec le matériau greffé et peuvent former de l'os par elles-mêmes). De plus il possède également des propriétés **ostéoinductrices** (les médiateurs présents dans le greffon stimulent les cellules pluripotentes mésenchymateuses pour se différencier en cellules ostéoformatrices) et **ostéoconductrices** (le tissu osseux constitue un support à l'ostéogénèse).(7)

Malgré une résorption imprévisible, les greffons cortico-spongieux d'origine membranaire sont revascularisés rapidement et présentent un taux de résorption assez faible.

De plus, l'os autogène est caractérisé par une absence de risque de transmission de maladies infectieuses ainsi qu'une antigénicité basse (et donc l'absence de risque de rejet).

Cependant, l'os autogène nécessite la réalisation de deux sites opératoires différents et donc des complications post-opératoires plus nombreuses. Les prélèvements intra-oraux n'offrent qu'une quantité d'os limitée. Enfin les greffes osseuses autogènes suggèrent une technicité du geste chirurgical, accessible à des praticiens déjà expérimentés. (34) (35)

L'os autogène reste aujourd'hui le matériau de choix pour les reconstructions osseuses. Il est reconnu par la majorité des auteurs comme le matériau de référence parmi tous les matériaux préconisés pour corriger un déficit osseux. Les études statistiques ne mettent pas en évidence la supériorité d'un substitut à l'os autogène. (36)

B. Distraction ostéogénique

La distraction verticale, a été décrite pour la première fois en orthopédie par le médecin russe Ilizarov dans les années 1970 pour le traitement des os longs (37)(38). Elle utilise le processus de cicatrisation de l'os pour l'augmenter. Les principes ostéogéniques de la distraction sont basés sur 3 phases : latence, activation et consolidation.

L'os est augmenté en effectuant une corticotomie et en installant un dispositif de traction appelé distracteur osseux. La période de latence commence alors, et dure autour de 5-7 jours pour permettre la cicatrisation mucopériostée et réduire le risque de déhiscence de la plaie. Ensuite, la distraction est obtenue en activant la vis à un taux de 1 mm par jour moyennant deux à trois distractions réparties dans la journée, suivie d'une période de consolidation après la distraction d'en moyenne 3-4 mois permettant la maturation de l'os régénéré. Le distracteur est enfin retiré et les implants dentaires sont insérés.



Figure 16 : situation préopératoire montrant un défaut alvéolaire vertical sévère (39).

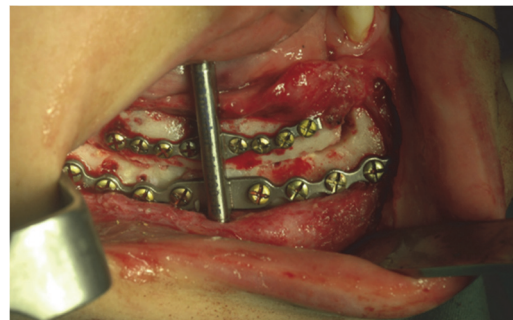


Figure 17 : fixation du distracteur (39)

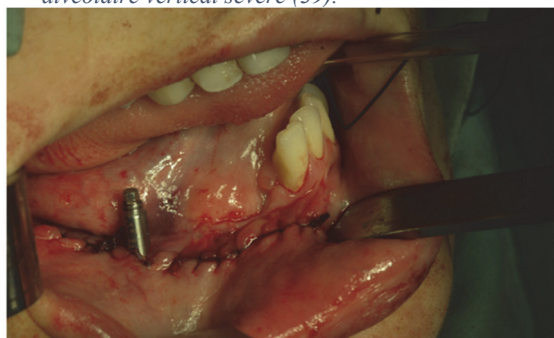


Figure 18 : sutures (39)

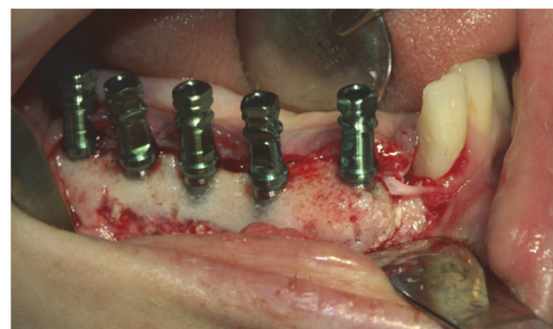


Figure 19 : mise en place de 5 implants de 13 mm de longueur, ici à 6 mois (39)



Figure 20 : situation prothétique finale

L'intérêt de cette technique est qu'aucun prélèvement osseux n'est nécessaire. L'absence de morbidité au niveau d'un site donneur représente ainsi le principal avantage de cette technique. (40). La partie coronaire du processus alvéolaire garde une vascularisation à partir du périoste lingual. De plus, le procédé de distraction implique un gain de tissus mous concomitant au gain osseux. Enfin, la distraction ostéogénique est une technique prévisible qui permettrait un gain osseux vertical supérieur aux autres techniques, s'élevant en moyenne à 6,84 mm.(41)

Cependant cette technique présente également de nombreux inconvénients : Le premier d'entre eux est l'inconfort du matériel de distraction dans la bouche (42) De plus, la distraction ostéogénique est associée à un taux de complications particulièrement élevé : (43,2-79,31%)(43). Celles-ci comprennent la rupture du dispositif de distraction, la fracture du segment osseux transporté ou de la mandibule, la lésion du nerf alvéolaire inférieur et l'inclinaison linguale du segment de transport. Enfin lorsque le rythme d'activation est trop lent, une consolidation osseuse prématurée peut survenir, alors que lorsque le rythme est trop rapide, une formation fibreuse peut retarder la formation osseuse : cette technique implique donc une coopération maximale du patient.

L'indication d'une distraction ostéogénique ne peut être posée qu'en présence d'une hauteur verticale minimale de 8 mm au total dont 6-7 mm d'os alvéolaire au-dessus du trajet nerveux afin d'éviter une fracture mandibulaire ou une lésion nerveuse. Le défaut osseux à réhabiliter doit être d'au moins 3 à 4 mm et l'édentement doit concerner au moins 3 dents. (1)

C. Greffe en onlay – greffe d'apposition

a) Principes de la greffe en onlay

Décrite pour la première fois dans les années 1970 par Baker et al. en utilisant des greffes de côtes (45), cette technique a été largement étudiée à la fin des années 80 et dans les années 90. (46)(47)

La greffe d'apposition consiste à prélever et fixer un bloc osseux cortico-spongieux directement sur la crête alvéolaire afin d'augmenter le volume osseux en vertical et/ou en latéral de la crête alvéolaire. Les blocs osseux peuvent être positionnés latéralement ou sur la crête osseuse.

Ce type de greffe nécessite un prélèvement osseux et donc un deuxième site d'intervention chirurgicale. Comme nous l'avons vu précédemment, avec un greffon spongieux peu corticalisé (par exemple d'origine iliaque), la revascularisation est meilleure mais la résorption peut être importante. Avec un greffon très corticalisé (ramus, calvaria), la résorption est moins importante dans les stades initiaux, mais la revascularisation étant moins bonne, une résorption tardive peut avoir lieu. La résorption du greffon représente ainsi le principal inconvénient de cette technique. (48)

En pratique quotidienne, la reconstruction de défaut osseux mandibulaire fait le plus souvent appel à un site de prélèvement intra-oral. Le meilleur site de prélèvement intra-oral est ramique car la morbidité et les suites post-opératoires sont inférieures aux autres sites. De plus, dans le cas de défaut postérieurs mandibulaires, le prélèvement ramique permet d'éviter le recours à un deuxième site opératoire.

Les prélèvements de blocs avec une fraise ou une scie oscillante sont généralement accompagnés d'une perte de substance osseuse importante, d'une précision et sensation tactile réduites, d'un risque majoré de lésion des structures anatomiques environnantes. L'utilisation de la MicroSaw décrite initialement par Khoury pour la méthode du volet osseux dans les chirurgies de résections apicales, ou encore le recours à la piézo-chirurgie trouvent particulièrement leur application dans les prélèvements ramiques : ils assurent entre autres une sécurité et une précision supérieure ainsi qu'un confort majoré pour l'équipe opératoire.



Figure 21 : Kit d'inserts destinés aux ostéotomies, Mectron® (49)

En fin d'intervention, le périoste doit être incisé précautionneusement de manière superficielle en vestibulaire afin d'assurer une suture étanche et sans tensions.

b) Indications :

Une greffe d'apposition/en onlay est indiquée pour augmenter le volume osseux verticalement et/ou horizontalement lorsque :

- la largeur de la crête est trop fine pour pratiquer une expansion de crête ou « split-crest » mandibulaire
- il est difficile de séparer la crête en deux corticales
- un gain osseux supérieur à 3 mm est nécessaire (1)(7)

c) Les reconstructions en 3D ou technique de coffrage :

Cette variante des greffes d'apposition permet une reconstruction tridimensionnelle verticale et horizontale du défaut osseux. Décrite notamment par Fouad Khoury ou Pierrefeu.(48), elle consiste à reconstruire au moins deux parois osseuses avec des blocs osseux et le comblement de l'espace créé par des particules osseuses autogènes.

Les blocs osseux sont affinés afin d'obtenir une corticale très mince mieux revascularisable que le bloc original. Ces blocs corticaux peuvent être apposés sur le versant vestibulaire et lingual, ou vestibulaire et occlusal. Ils constituent ainsi des murs et toits qui servent de membranes à la reconstruction tridimensionnelle et protègent de la pression des tissus mous.

En fin d'intervention, le périoste doit être incisé précautionneusement de manière superficielle en vestibulaire mais aussi en lingual afin d'assurer une suture sans tensions.

Cette technique présente ainsi plusieurs intérêts : les membranes corticales affinées agissent comme une barrière à la croissance des tissus mous et permettent ainsi de maintenir l'espace de la greffe le temps de la néoformation osseuse, diminuant ainsi le risque de résorption. De plus c'est une technique peu coûteuse (pas de dispositif de distraction ou de membrane) permettant la formation d'un volume osseux important et de bonne qualité en termes de densité et de vascularisation.

Cependant elle nécessite une technicité accrue et un prélèvement osseux important.

d) Technique chirurgicale :

Une anesthésie locale vestibulaire et linguale est réalisée, permettant au patient d'informer le chirurgien s'il se rapproche du nerf alvéolaire inférieur.

On effectue ensuite une incision crestale semblable à celle réalisée pour une avulsion d'une dent de sagesse incluse : afin d'exposer les structures osseuses de la ligne oblique externe, on réalise une décharge distale au contact osseux vers l'extérieur préservant le nerf lingual ainsi qu'une décharge mésiale. Le décollement de pleine épaisseur dénudera l'os sur une longueur d'environ 3 à 4 cm et une hauteur de 2 cm. Les dimensions du défaut osseux sont mesurées et un patron est fabriqué pour le prélèvement du greffon. Le site receveur est préparé en éliminant tout tissu fibreux et en réalisant des perforations corticales afin d'améliorer la vascularisation du greffon.



Figure 22 : vue clinique d'un défaut crestal postérieur (50)

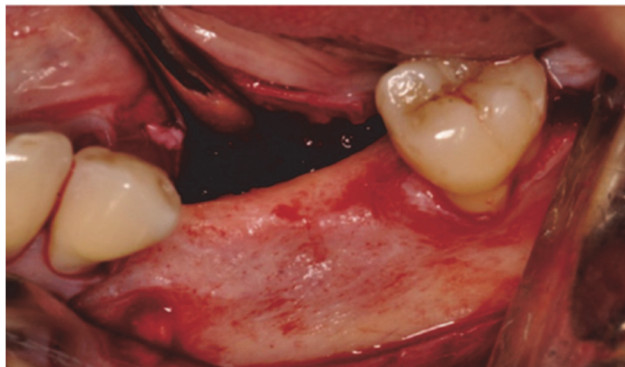


Figure 23 : décollement d'un lambeau de pleine épaisseur (50)

La taille du prélèvement dépendra de la quantité osseuse nécessaire à obtenir et de l'étendue de la ligne oblique externe. Trois lignes d'ostéotomies sont réalisées : deux verticales mésiale et distale à l'aide de la MicroSaw montée sur pièce à main, une horizontale basale reliant les deux premières grâce à la MicroSaw montée sur contre-angle. La liaison crestale des lignes d'ostéotomies verticales est réalisée par des perforations corticales grâce à un foret drill de 1 mm de diamètre.

La MicroSaw permet une pénétration osseuse maximale de 3,2 mm assurant généralement le respect du nerf alvéolaire lors des ostéotomies. Cependant, au niveau de la branche montante, le nerf alvéolaire est souvent en situation plus superficielle. L'épaisseur de la corticale ainsi que le trajet nerveux doivent être précisément analysés radiographiquement au préalable de l'intervention.

Les perforations corticales sont reliées et le bloc osseux est luxé latéralement à l'aide d'un ciseau à os et d'un maillet.

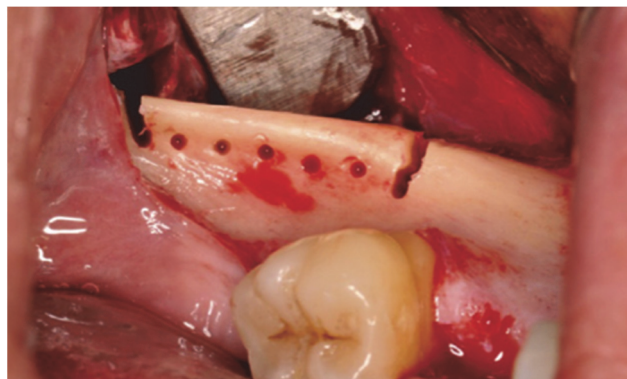


Figure 24 : prélèvement du greffon, on distingue les perforations corticales rejoignant les ostéotomies mésiale et distale (50)

Après le prélèvement, le bloc osseux est divisé longitudinalement au disque diamanté en deux fines lamelles qui sont façonnées selon le patron. Une première partie du prélèvement est stabilisée sur le site receveur en position occlusale à distance de ce dernier avec au moins deux vis d'ostéosynthèse. Les vis doivent assurer une fixation optimale du greffon afin de garantir sa cicatrisation libre de tout mouvement. L'espace entre le prélèvement osseux et le site receveur est comblé par des fragments osseux afin d'augmenter la surface du matériau de comblement et améliorer le potentiel ostéoconductif. Cet os particulaire est récupéré au niveau du greffon par des râpe à os ou bone-scraper. La deuxième lamelle est alors fixée sur le plan vestibulaire.

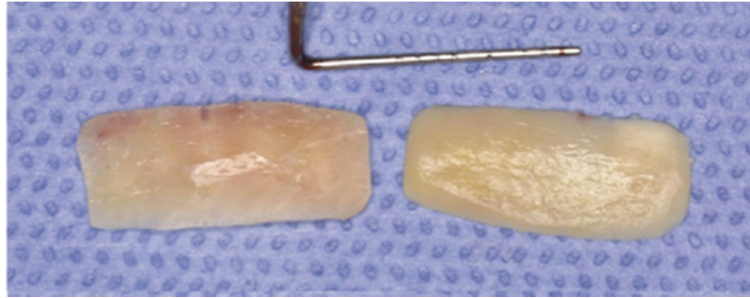


Figure 25 : division du prélèvement en deux lamelles corticales (50)



Figure 26 : fixation de la première lamelle en position occlusale à l'aide de deux vis en titane (50)

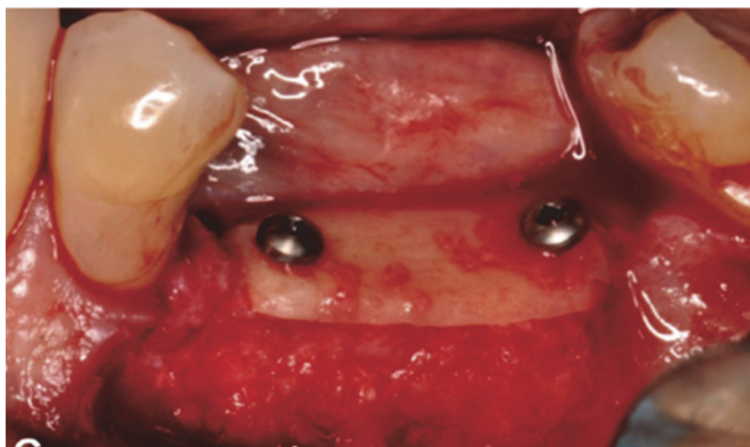


Figure 27 : Comblement de l'espace par de l'os particulaire (50)

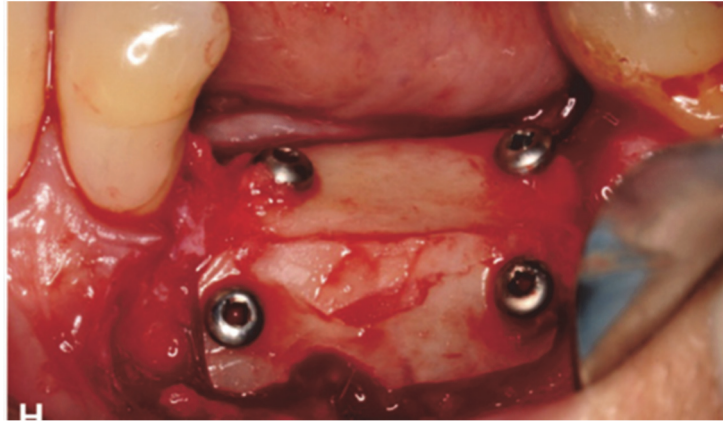


Figure 28 : fixation de la deuxième lamelle corticale en vestibulaire (50)

Enfin le périoste est délicatement sectionné afin qu'une suture étanche et libre de tension puisse être réalisée.



Figure 29 : sutures du site d'intervention (50)

Une seconde intervention 3 à 4 mois plus tard permettra la mise en place du ou des implants. Les vis seront retirées à la fin de l'intervention afin d'éviter tout mouvement du bloc osseux pendant la pose des implants. L'augmentation osseuse et l'implantation peuvent être réalisées simultanément à condition que l'implant ait une stabilité primaire suffisante. (7)

D. Ostéotomie segmentaire en sandwich- Greffe en inlay

Selon les auteurs, l'ostéotomie segmentaire postéro-mandibulaire est appelée ostéotomie en sandwich ou ostéotomie segmentaire en sandwich (SSO) ou greffe osseuse interposée ou greffe en inlay.

Elle consiste à sectionner un segment osseux crestal et à le déplacer coronairement afin de libérer un espace qui sera comblé par l'interposition d'un greffon pouvant être autogène. Le segment osseux mobilisé reste vascularisé par ses attaches muco-périostées. Cette technique permet un gain en hauteur immédiat, un déplacement instantané des tissus mous et un maintien de la morphologie de la crête osseuse.

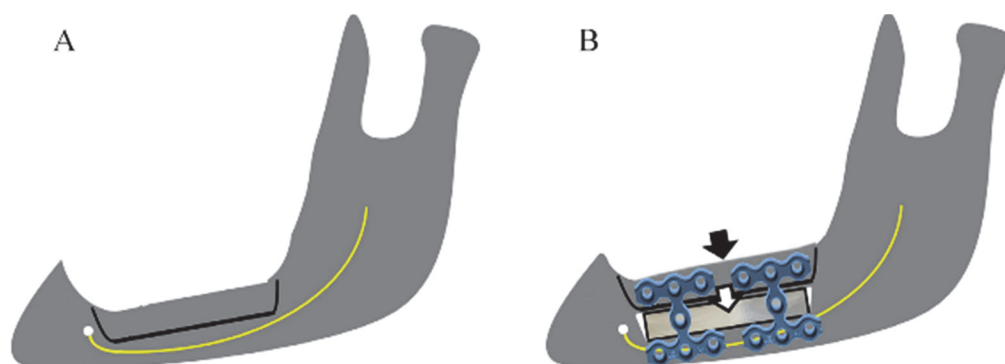


Figure 30 : Principes de l'ostéotomie segmentaire en sandwich. (A) : une ostéotomie trapézoïdale est réalisée au moins 2 mm au-dessus du NAI. (B) : le segment transporté est élevé verticalement et un greffon autogène est interposé. Des miniplaques permettent leur fixation à l'os basal. La flèche noire indique le segment transporté et la flèche blanche le greffon interpositionnel (39)

Inspirée de la chirurgie orthognatique, la « technique sandwich » a été initialement décrite par SCHETTLER en 1976 à visée d'augmentation de la crête alvéolaire en prothèse complète conventionnelle. (51)

En 1998, STELLISGMA et al. réalisent des ostéotomies interforaminales à visée implantaire. (52)

Il faudra attendre 2005 pour que YEUNG décrive une ostéotomie segmentaire en sandwich à visée implantaire dans les secteurs postérieurs mandibulaires. (53)

À partir des années 2010 Georges KHOURY intronise et développe cette technique en France.(54)

a) Indications :

Une greffe en inlay est indiquée pour augmenter le volume osseux verticalement et/ou horizontalement lorsque :

- le défaut vertical et/ou horizontal est de 4 à 8 mm
- au moins 4 mm d'os alvéolaire sont disponibles au-delà du NAI
- le NAI est à distance de la corticale vestibulaire
- et l'espace intermaxillaire est suffisant

b) Technique chirurgicale

En fonction des auteurs différentes variantes du protocole chirurgical sont décrites concernant :

- la nature du greffon d'interposition : il peut être autogène, xénogène, allogène.
- la réalisation d'une rotation du fragment déplacé supplémentaire à l'élévation afin d'obtenir une augmentation transversale et verticale.

L'intervention commence par une anesthésie locale ou loco-régionale. Une incision dans la muqueuse vestibulaire est réalisée en préservant 2 à 3 mm de gencive attachée sur la partie crestale. Cette incision permet la levée d'un lambeau de pleine épaisseur préservant la muqueuse kératinisée à la surface, et exposant l'os cortical vestibulaire et le nerf mentonnier.

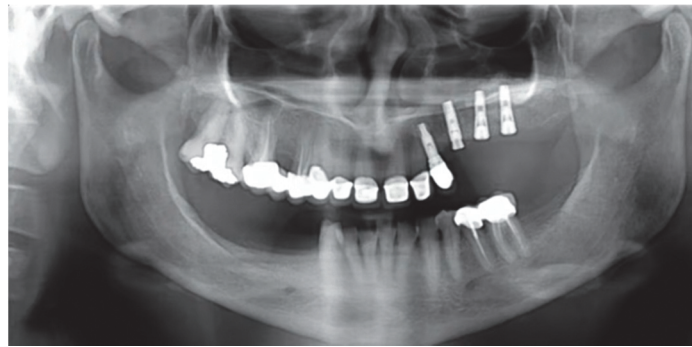


Figure 31 : : panoramique pré-chirurgicale (55)

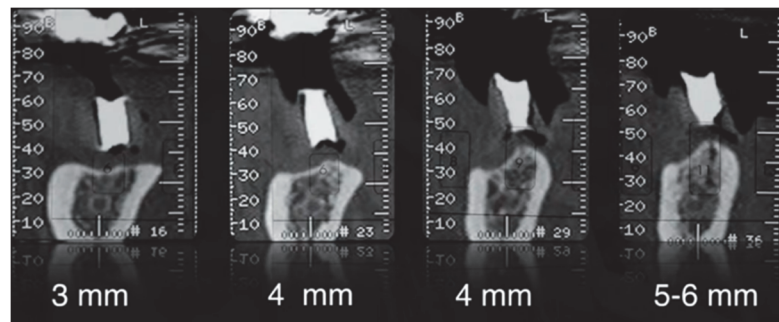


Figure 32 : Guide radiologique en place : mesure de la hauteur alvéolaire résiduelle et planification implantaire (55)

On procède ensuite aux ostéotomies de préférence à l'aide d'un dispositif chirurgical piézoélectrique. Une ostéotomie horizontale est d'abord réalisée 1 mm au-dessus de l'émergence du nerf mentonnier et à 2 mm minimum au-dessus du canal alvéolaire. Cette ostéotomie suit la courbe de la mandibule. L'ostéotomie est complète, traversant la corticale vestibulaire et la corticale linguale, elle libère ainsi totalement le segment de son adhérence osseuse qui reste attaché à sa structure muqueuse au niveau de la crête et au niveau lingual. Puis deux ostéotomies verticales rejoignant l'ostéotomie horizontale sont réalisées dans le tiers coronaire de l'os alvéolaire. Le segment osseux à mobiliser sera finalement élevé à la hauteur désirée en épargnant le périoste lingual garant de sa vascularisation. Des cales d'espacement peuvent être utilisées afin de valider l'espacement ouvert par rapport à l'objectif de départ et de pouvoir choisir des plaques d'ostéosynthèses pré-calibrées pour cette ouverture.



Figure 33 : vue clinique du défaut crestal (55)

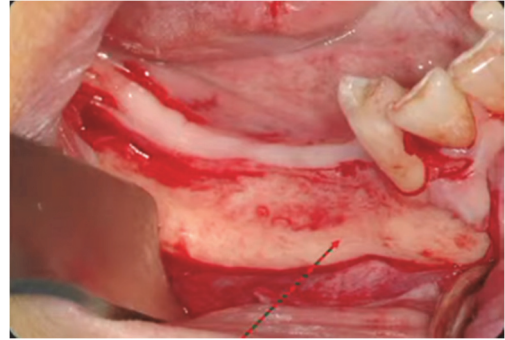


Figure 34 : : décollement de pleine épaisseur (55)

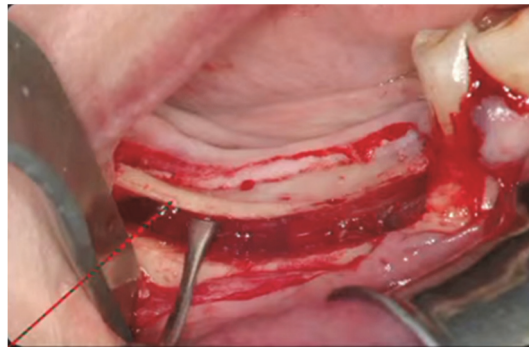


Figure 35: Après ostéotomie segmentaire, l'ouverture de l'espace médullaire et le décollement du segment osseux crestal sont réalisés (55)

Le greffon prélevé sera ensuite interposé dans l'espace libéré, soit sous forme de blocs osseux, soit sous forme d'os particulaire récolté à l'aide d'une râpe à os sur la ligne oblique externe de la mandibule. Des greffons osseux particuliers d'origine xénogène ou allogène peuvent également être utilisés.

Le fragment est ensuite stabilisé par des plaques d'ostéosynthèse, le lambeau est libéré de ses tensions et suturé de manière étanche. Le déplacement des tissus mous linguaux concomitamment au déplacement du fragment osseux, permet une relaxation tissulaire modérée, seulement au niveau vestibulaire.

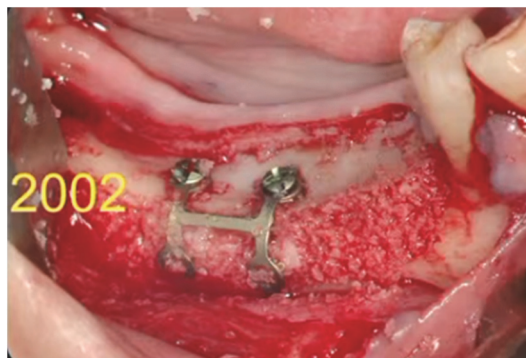


Figure 36 : stabilisation du segment osseux à la hauteur désirée par des plaques d'ostéosynthèse (55)

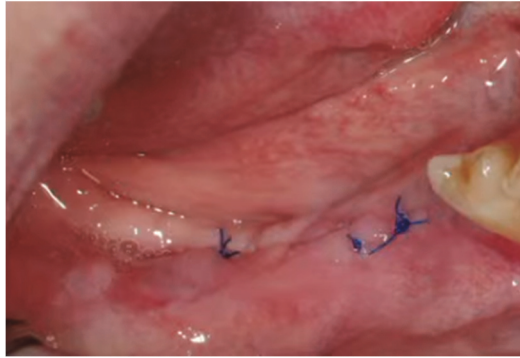


Figure 37 : vue clinique post-opératoire à une semaine (55)

À 4 mois, le site est de nouveau ouvert, les plaques sont déposées et on effectuera la mise en place des implants selon le projet prothétique initial. Les prothèses implanto-portées pourront alors être réalisées 3 mois plus tard.

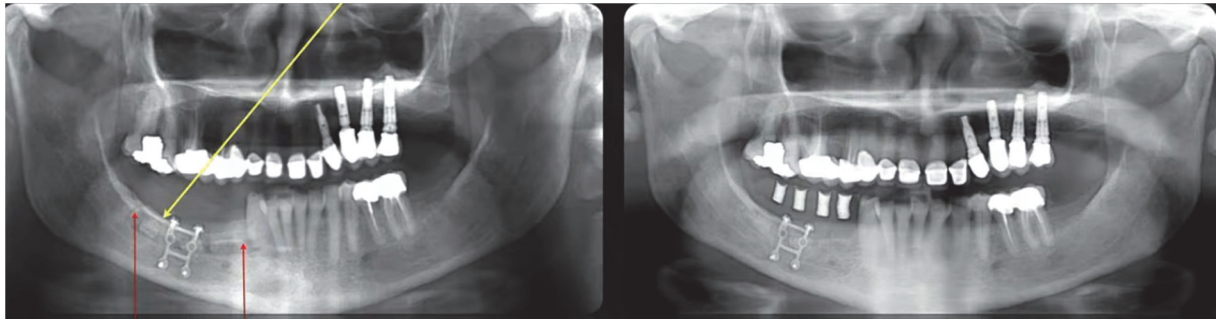


Figure 38 : panoramique post-opératoire et panoramique à 3 mois (55)

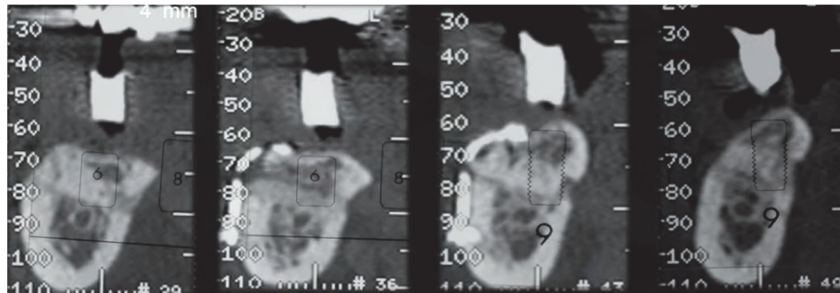


Figure 39 : Scanner pré-implantaire et planification, ici l'augmentation osseuse a permis la pose d'implants de 6 et 9 mm (55)

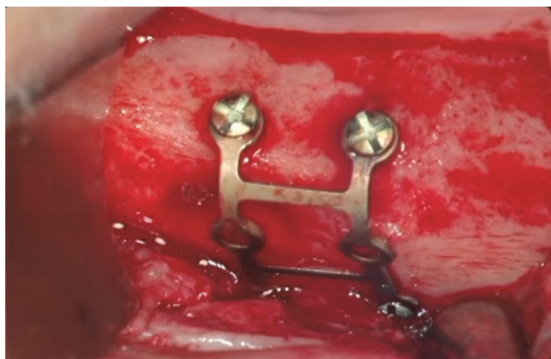


Figure 40 : vue clinique de la cicatrisation à 4 mois, on note la bonne vascularisation du site et la formation d'un os de qualité

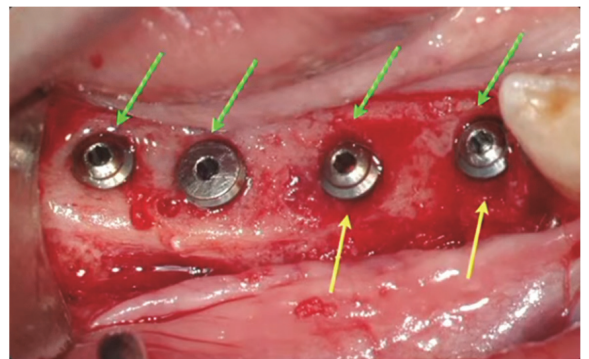


Figure 41 : Pose des implants

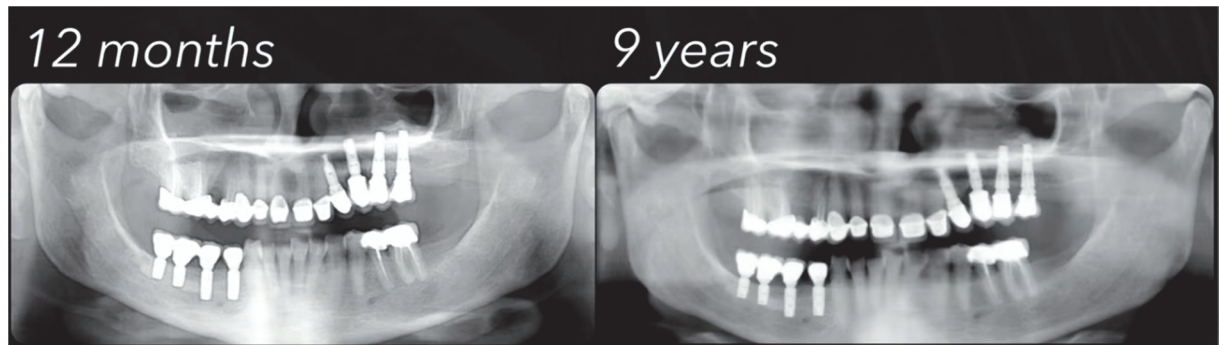


Figure 42 : Panoramique de contrôle à 12 mois et à 9 ans, on remarque la stabilité du tissu osseux péri-implantaire (55)



Figure 43 : Contrôle clinique à 2 ans (55)

c) Avantages

- Réalisation d'un seul site opératoire
- Maintien de la vascularisation du segment osseux transporté
- Risque infectieux limité : le maintien de la vascularisation permettrait une diffusion aisée de l'antibiothérapie au niveau du site opératoire.
- Relaxation tissulaire modérée et peu invasive limitant l'hématome post-opératoire.
- Cicatrisation osseuse rapide type fracturaire

d) Inconvénients

- Risque lésionnel du pédicule alvéolaire
- Paresthésies fréquentes
- Fragilité du segment osseux transporté
- Difficulté d'accès
- Temps opératoire pouvant être long

E. La régénération osseuse guidée

a) Principes

La R.O.G dérive du principe de Régénération Tissulaire Guidée, décrit en 1957 par Murray et al. Elle est basée sur le principe de sélection cellulaire dans l'objectif d'une néoformation osseuse. (56)

Cette technique repose sur l'interposition d'une membrane servant de barrière à la migration de cellules conjonctives et épithéliales dont la prolifération est plus rapide que celle de la lignée ostéoblastique. La membrane a pour but de maintenir un espace, d'isoler et de protéger le caillot sanguin formé afin de permettre une colonisation de cet espace par des cellules ostéoformatrices. La régénération osseuse est guidée à partir de la surface osseuse en direction des points les plus distants situés sous la membrane. (1)

Une activation corticale par « décortication » à la fraise boule ou à l'insert vibrant est conseillée afin d'initier la vascularisation indispensable à la régénération osseuse. (1)(34)

La régénération osseuse peut se faire avec ou sans matériau de comblement. Dans le cas de défauts osseux importants on utilisera un matériau de comblement. Ce matériau joue le rôle d'espaceur substitué rapidement par l'os néoformé. Généralement particulaire et résorbable, il est interposé entre la membrane et la surface osseuse.(34). Ce matériau peut être d'origine autogène, xénogène, allogène ou mixte combinant le plus souvent de l'os autogène et xénogène.

Afin d'assurer son rôle de barrière protectrice et garantir une herméticité cellulaire, la membrane doit être immobilisée, soit par des sutures au lambeau, soit par des vis d'ostéosynthèse ou punaises.

La membrane doit isoler le tissu sous-jacent d'une contamination bactérienne pendant la période de régénération osseuse (4 à 9 mois). (1)

En fin d'intervention la suture doit immobiliser le lambeau et recouvrir parfaitement le site d'intervention, de manière étanche et sans tensions.

b) Les membranes

Les propriétés idéales sont : biocompatibilité, facilité d'utilisation, bonne capacité à maintenir l'espace, bonne capacité d'isolement, et absence d'interférence avec le tissu néoformé. De plus les membranes résorbables doivent présenter un haut degré de résorption.

Les membranes utilisées pour la régénération osseuse guidée sont généralement regroupées en deux catégories :

-les membranes non résorbables : membranes en titane et membranes en polytétrafluoroéthylène expansé renforcées ou non en titane. Elles sont laissées en place pendant toute la durée du mécanisme de cicatrisation osseuse. Leur rigidité assure la stabilité mécanique du greffon. Cependant leur retrait implique un allongement du deuxième temps chirurgical lors de la mise en place des implants, et peut nécessiter de récliner un lambeau large, aboutissant à une résorption non négligeable du tissu osseux néoformé. De plus, ces membranes sont particulièrement sensibles à toute exposition dans la cavité buccale, conduisant à une infection et une diminution du volume osseux.(57)

-les membranes résorbables : membranes en collagène ou en polyester. Elles sont biodégradables respectivement par activité enzymatique ou par hydrolyse. Leur résistance aux expositions à la cavité buccale est supérieure aux membranes non résorbables : en cas d'exposition, leur dégradation est accélérée avec peu d'effet sur le volume osseux.(58) Le temps de leur résorption varie entre un et six mois. Cependant, une membrane rapidement résorbable peut impliquer une régénération osseuse insuffisante.

Nous préférons les membranes en collagène aux membranes en polyester car elles présentent des caractéristiques intéressantes : résorption sans réaction inflammatoire, effet hémostatique, propriétés chimiotactiques accélérant la cicatrisation.

c) Indications

Les indications des ROG sont multiples :

- Préservation alvéolaire post-extractionnelle,
- Augmentation osseuse horizontale ou verticale pré-implantaire,
- Aménagement d'un tissu osseux péri-implantaire au moment de l'implantation,

d) Technique chirurgicale

L'intervention chirurgicale commence par une anesthésie locale para-apicale vestibulaire et linguale. On procède ensuite à une incision crestale de pleine épaisseur étendue d'une à deux dents bordant l'édentement. Des incisions de décharges, modifiées au niveau des papilles, et dépassant la ligne muco-gingivale permettront la levée d'un lambeau de pleine épaisseur qui ne subira aucune tension lorsqu'il sera replacé après l'augmentation de volume de la crête.

Le site découvert doit ensuite être assaini, en retirant les tissus conjonctifs et en régularisant les éventuelles épines osseuses. Une activation corticale par « décortication » à la fraise boule ou à l'insert vibrant est initiée afin de permettre une communication entre l'espace médullaire et la zone à greffer favorisant l'accumulation de facteurs de croissance et protéines sanguines sous la membrane.



Figure 44 : vue clinique d'un défaut vertical mandibulaire (59)

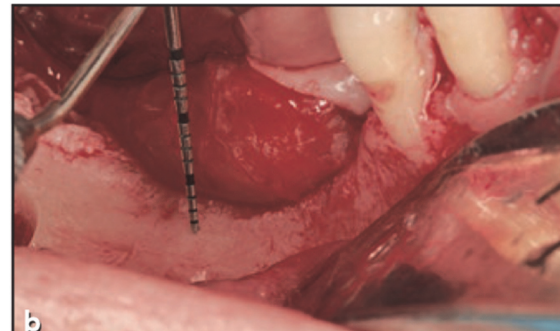


Figure 45 : Mise en évidence d'une crête en lame de couteau et mesure du défaut osseux(59)

La taille du défaut osseux est ensuite mesurée et la membrane est ensuite adaptée à ce dernier : les angles sont arrondis, et les bords doivent dépasser le défaut de 3 mm. Elle est ensuite fixée sur la corticale linguale à l'aide de pins ou de vis d'ostéosynthèse, avant d'être réclinée du même côté en attente de l'apport osseux. Le matériau de comblement est ensuite positionné et tassé raisonnablement au niveau du défaut osseux. Le défaut est sur-correcté afin de prévenir la résorption inévitable d'une partie du greffon. La membrane est rabattue et fixée au niveau vestibulaire.

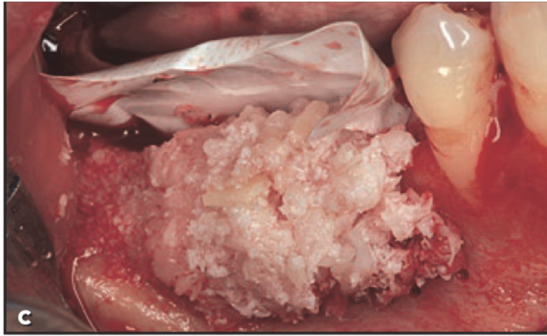


Figure 46 : mise en place d'un mélange d'os autogène et d'origine bovine sous forme particulaire(59)

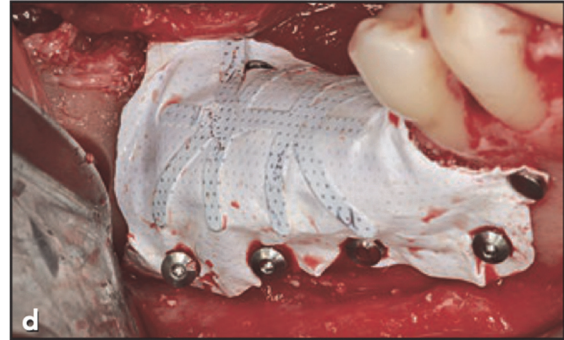


Figure 47: Fixation d'une membrane en PTFE d'os xénogène renforcée en titane(59)

Une dissection en épaisseur partielle du lambeau est ensuite réalisée afin de s'assurer de sa laxité et de son repositionnement sans tensions.

Des sutures hermétiques permettront ensuite le recouvrement correct du site comblé et permettront de guider la cicatrisation du lambeau à l'abri de toute tensions. Les tissus doivent être complètement immobilisés par les sutures, aucune mobilité ne doit être possible par les mouvements des muscles autour de la zone greffée. Un point matelassier horizontal profond dans le vestibule va permettre de réaliser cette condition. Ainsi les lambeaux sont immobilisés, empêchant une réouverture précoce du site et assurant une protection de la matrice extracellulaire de toute tension néfaste.(60)



Figure 48 : Libération du lambeau et sutures sans tensions(59)

Durant la période de cicatrisation, toute contrainte mécanique devra être évitée au niveau du site chirurgical, afin de se préserver d'une résorption trop importante, d'une exposition de la membrane ou d'une déhiscence. Le port d'une prothèse adjointe sera donc proscrit.

Si une membrane non résorbable est utilisée, elle sera idéalement déposée à 8 semaines et les implants seront posés simultanément.

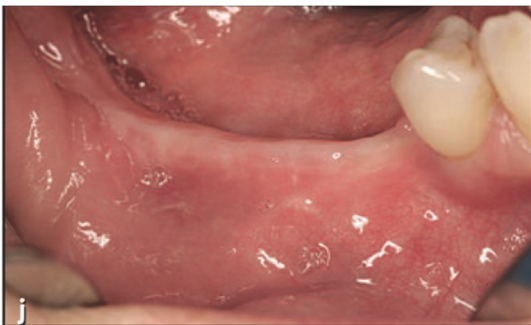


Figure 49 : Vue clinique de la cicatrisation à 9 mois(59)

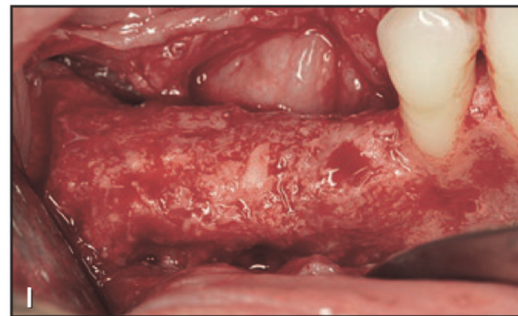


Figure 50: dépose de la membrane et mise en évidence de la crête régénérée(59)

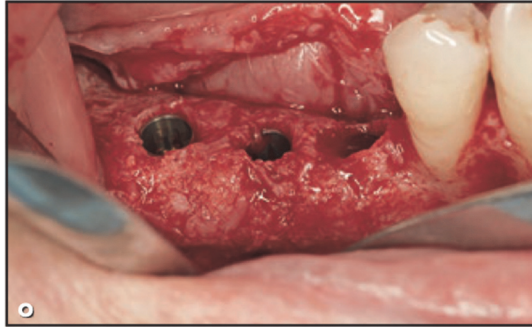


Figure 51 : Mise en place de 3 implants en position légèrement sous-crestale pour prévenir le remodelage osseux(59)



Figure 52 : vue clinique des restaurations finales (59)

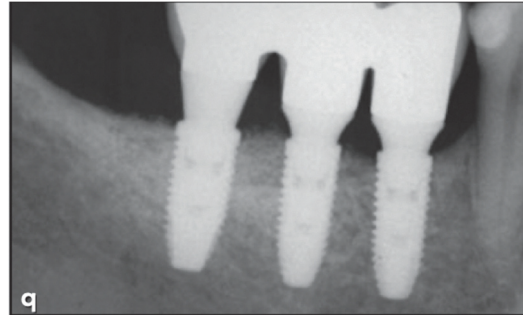


Figure 53 : rétroalvéolaire à 6mois après reconstruction finale(59)

e) Avantages :

- Adaptation parfaite du greffon à l'anatomie (modelage à souhait)
- Temps opératoire réduit
- Chirurgie en 1 temps possible pour des défauts modérés
- Technique prédictible
- Bonne ostéointégration implantaire

f) Inconvénients :

- Respect strict du protocole nécessaire afin d'assurer le maintien d'un espace suffisant et un enfouissement total de la membrane pendant tout le temps de régénération
- Expositions des membranes et infections (particulièrement les non résorbables)
- Temps de régénération supérieurs aux techniques autologues sans membrane

III. REVUE DE LA LITTERATURE

1) Contexte

Depuis quelques décennies, l'essor de l'implantologie a permis de proposer aux patients de nouvelles techniques de réhabilitations prothétiques alliant confort, esthétique et reproductibilité. Les patients deviennent alors de plus en plus exigeants et demandeurs de solutions implanto-portées.

Cependant, les implantations dans le secteur postérieur mandibulaire peuvent s'avérer particulièrement difficiles. Cette zone anatomique est le siège d'une résorption alvéolaire particulièrement importante pouvant aller jusqu'à contre-indiquer toute implantation.

Le nerf alvéolaire inférieur représente le principal obstacle anatomique, sa lésion pouvant entraîner des lésions neurologiques (paresthésies, hypo-esthésie, dysesthésie...) de la région labio-mentonnière.

De plus l'os y étant peu vascularisé et souvent très corticalisé, cette région est associée à un risque d'ostéite pouvant être à l'origine de défaut secondaire d'ostéointégration ou de résorption osseuse marginale.

Ces facteurs font de la région postérieure mandibulaire une zone souvent problématique pour la réalisation de chirurgies implantaire.

Devant ces situations délicates, les greffes osseuses représentent une solution intéressante pour augmenter le volume osseux et permettre la pose d'implants. L'os autogène demeure toujours à ce jour le « gold standard » pour reconstruire un volume et une densité osseuse favorable. Devant l'étendue des techniques chirurgicales possibles et le manque de consensus concernant la meilleure technique chirurgicale pour reconstruire une mandibule atrophiee (distraction osseuse, ostéotomie segmentaire, bloc autogène...) le praticien peut être amené à se demander quelle solution choisir pour chaque situation clinique.

Ce travail avait pour objectif de faire une mise au point des données actuelles de la littérature concernant les différentes techniques d'augmentation osseuse dans les secteurs postérieurs mandibulaires en termes de taux de survie et de succès implantaire.

2) Matériel et méthodes

A. Critères d'inclusion

a) Types d'études

Les articles éligibles à cette revue de littérature devaient :

- être des études cliniques rétrospectives, prospectives et revues de la littérature,
- être publiés durant les 5 dernières années (2017 à 2022)
- viser à traiter des défauts mandibulaires postérieurs verticaux et/ou horizontaux
- être rédigés en Anglais ou en Français

b) Types de participants

L'étude était centrée sur les patients présentant des édentements dans les secteurs postérieurs mandibulaires (complets, postérieurs ou encastrés) dont la résorption ne permet pas la pose d'implants standards (>8 mm).

c) Types d'interventions :

Les interventions de chirurgies pré-implantaires devaient concerner des techniques utilisant :

- soit de l'os autogène pur,
- soit un mélange particulaire d'os autogène et xénogène,
- soit un mélange particulaire d'os autogène et allogène.

Aucune restriction n'a été appliquée concernant les proportions et natures des biomatériaux utilisés.

d) Critères de jugement :

Critères de jugement principaux : Taux de survie et taux de succès implantaire.

Critères de jugement secondaires : gain osseux moyen (vertical et horizontal), taux de complications post-opératoires, résorption du greffon, résorption péri-implantaire.

e) Critères de non-inclusion :

Étaient non incluses de notre recherche :

- Les études publiées avant 2017
- Les études menées sur l'animal
- Les études portant sur les greffes allogéniques ou xénogéniques pures
- Les études visant à reconstruire des défauts osseux maxillaires
- Les études traitant des défauts mandibulaires antérieurs
- Les études traitant des défauts mandibulaires antérieurs et postérieurs ne distinguant pas leurs résultats en fonction de la zone traitée
- Les études rédigées dans une langue autre que l'Anglais et le Français

B. Méthode de recherche des études

Une recherche électronique a été menée dans le moteur de recherche PubMed.

Une recherche des mots clefs en terme Mesh a été entreprise. Après discussion, l'équation de recherche retenue a été la suivante :

(mandible[MeSH Terms]) AND (alveolar ridge augmentation[MeSH Terms]) OR (((((((mandible[MeSH Terms]) AND (alveolar ridge augmentation[MeSH Terms]))) AND (autogenous bone[MeSH Terms])) AND ((distraction osteogenesis[MeSH Terms])) OR (inlay bone grafting [MeSH Terms])) OR (onlay bone grafting [MeSH Terms])) NOT maxillary

Les filtres suivants ont été sélectionnés : 5 years, Humans, English, French.

La méthode de recherche électronique a abouti à l'identification de 157 références.

Après sélection selon les critères d'inclusion et de non-inclusion, 39 articles ont été retenus et la lecture des textes intégraux a permis d'inclure 12 articles couvrant une période de publication de 2017 à 2022 (figure 54)

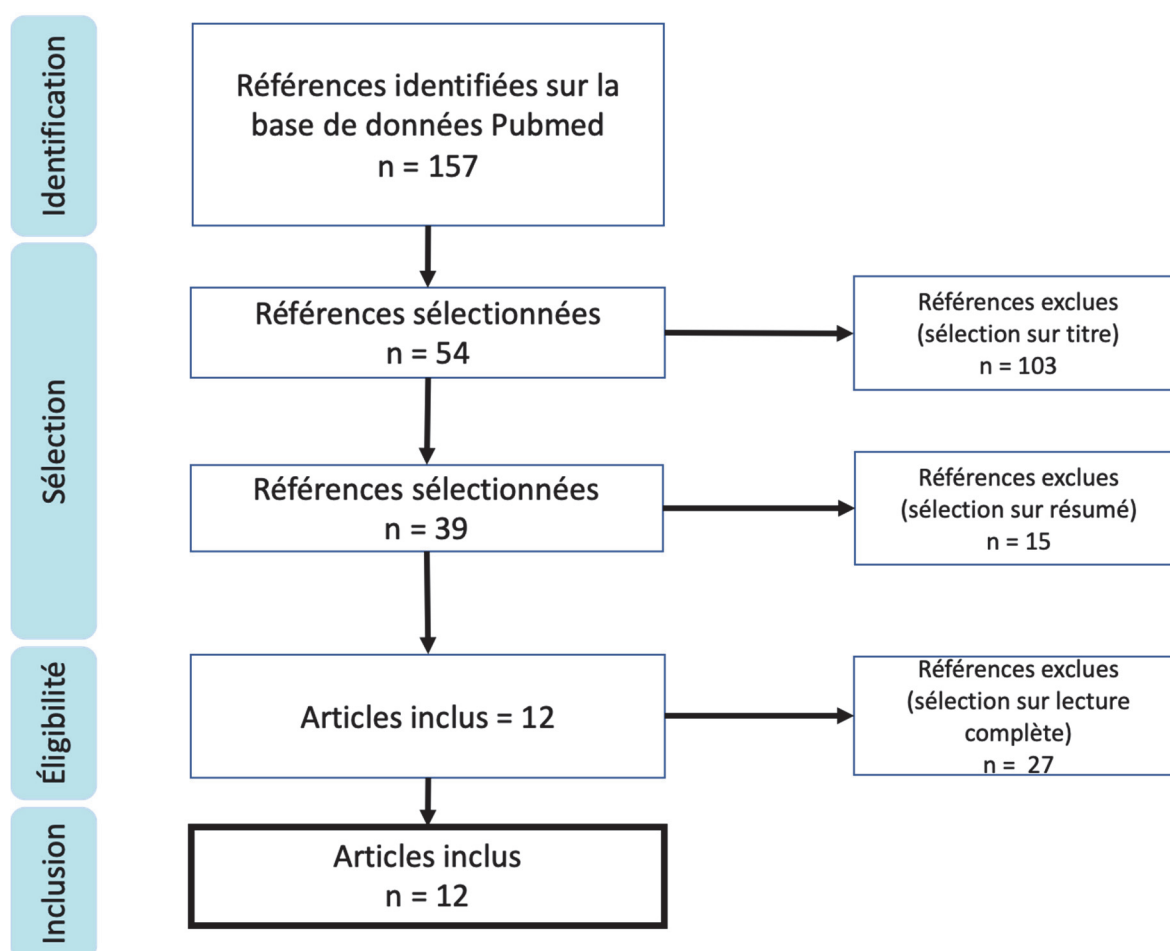


Figure 54 : Flow chart illustrant la méthodologie de sélection

a) Collecte des données et analyse :

L'extraction des données a été répertoriée dans deux tableaux d'analyse prédéfinis. Les caractéristiques principales et les résultats des études analysées y ont été transposés en fonction de la technique chirurgicale d'intérêt. Étant donné que les revues de la littérature étudiées visaient à comparer les techniques entre elles, leurs résultats n'ont pas pu être transposés dans ces tableaux.

Titre auteurs et année	Type d'étude	Nombre de patients	Âge moyen des patients (années)	Suivi moyen	Site de prélèvement matériau d'interposition	Taille du défaut
GREFFE EN ONLAY						
Nielsen et al. 2020 (61)	Retrospective	24	23	120 mois	Ramus	NR*
Novy et al. 2019 (50)	Prospective	13	53,4 ans	4 mois	Ramus	NR
Aloy-Prósper et al. 2018 (62)	Retrospective	16	47,5 ans	≥ 3 6mois	Ramus et symphyse	Vertical : 7 à 8 mm
GREFFE EN INLAY						
Khojasteh et al. 2019 (63)	Prospective	10	62,2 ans	4m ois	Matériau d'interposition -particulaire (mélange d'autogène et xénogène bauvin) ou -bloc autogène d'origine ramique	Vertical > 5 mm
Geng et al. 2019 (64)	Retrospective	63	61 ans	58 mois	Matériau d'interposition -particulaire (mélange d'autogène et xénogène bauvin)	NR
Agabiti et al. 2017 (65)	Retrospective	10	37-69 ans	40 jours	Aucun	Horizontal < 5 mm
DISTRACTION OSTÉOGÉNIQUE						
Toledano et al. 2019 (66)	Revue systématique	28	NR	≥ 18 mois	Aucun	NR
Rachmiel et al. 2017 (67)	Prospective	18	NR	≥ 36 mois	Aucun	>7 mm

Figure 55 : Récapitulatif des principales caractéristiques des études analysées

*NR = non rapporté

Titre auteurs et année	Technique utilisée*	Moyen de stabilisation du greffon	Nombre de greffes réalisées	Gain vertical	Gain horizontal	Nombre d'implants posés	Pose du/des implant(s) simultanée ou différée	TSVI **	TSCI **	Complications postopératoires**	Résorption du greffon	Méthode de mesure osseuse*****
GREFFE EN ONLAY												
Nielsen et al. 2020 (61)	-OBG + Membrane résorbable	Vis en titane	39	NR**	NR	48	Différée	100%	100%	-DNAI -PI	NR	OPG
Noyy et al. 2019 (50)	-BK	Vis en titane	15	1,6 mm	0,2 mm	0	NR	NR	NR	-DNAI, -EG -IL -Perte d'une vis	0,688 mm ³	CBCT
Aloy-Prósper et al. 2018 (62)	-OBG	NR	NR	NR	NR	36	Différée	100%	85%	NR	NR	RA
GREFFE EN INLAY												
Khojasteh et al. 2019 (63)	-IBG+ AG/XE			7,13 mm								
	-IBG+ OBG	microvis	10	7,80 mm	NR	NR	Différée	100%	NR	Aucune	«Minimale »	CBCT
	-IBG+ TNAI			6,5 9mm								
Geng et al. 2019 (64)	IBG	PO** + vis titane	75	4,8 mm (édentés partiels) 7,8 mm édentés totaux	NR	220	Différée	96,7%	95,3%	-DNAI -PC -DTK	NR	OPG
Agabiti et al. 2017 (65)	IBG	Implants	NR	NR	2,7 mm	15	Simultanée	NR	NR	aucune	NR	CBCT
DISTRACTION OSTÉOGÉNIQUE												
Toledano et al. 2019 (66)	-DO -OBG	Distracteur + minivis	NR	variable	/	77	Différée	100%	[93,7% ; 94,7%]	-IL -EG -PPG -DLVD	/	NR
Rachmiel et al. 2017 (67)	DO	Distracteur + minivis	21	14,47 mm	NR	56	Différée	96,42%	NR	-DNAI -DLVD -PC muqueuse et osseuse	1,5 mm	-OPG -CBCT

Figure 56 : Tableau récapitulatif des résultats des études analysées

* OBG = Onlay Bone Grafting BK = Boite de Khoury/IBG = Inlay Bone Grafting, AG/XE = mélange particulaire d'os Autogène et d'os Xénoène, TNAI = Transposition du Nerf Alvéolaire Inférieur, DO = Distraction ostéogénique. ** TSVI = Taux de Survie Implantaire, TSCI = Taux de Succès Implantaire, PO = plaque d'ostéosynthèse, NR = Non Raporé. ***DNAI = Dysessthésies du Nerf Alvéolaire Inférieur, PI = Péri-implantaires, EG = Exposition du Greffon, IL = Infection Locale, PC = Perturbation de la cicatrisation, DTK = Déficience en Tissu Kératinisé, PPG = Perte Partielle du Greffon, DLDV = Déplacement Lingual du Vecteur de Distraction. ****OPG = Orthopanthomogramme, CBCT = Cone Beam Computed Tomography, RA = Rétro-Alvéolaire

3) Résultats

A. Description des études

a) Qualité des études incluses

En raison du nombre d'articles publiés et de l'hétérogénéité de la conception des études liées à cette équation de recherche, nous avons décidé de baser notre étude sur les revues systématiques de littérature récentes avec un haut niveau de preuve en lien avec chaque technique chirurgicale, ainsi que sur les études postérieures à celles-ci et/ou complémentaires.

Douze articles ont ainsi été sélectionnés : 4 études rétrospectives (61)(62)(64)(65), 3 études prospectives (50)(63)(67), 4 revues systématiques (41)(68)(69)(66) et 1 consensus d'experts basé sur deux revues de la littérature (70).

Trois études portaient uniquement sur les techniques en onlay ou de coffrages. (50)(61)(62)

Trois études portaient uniquement sur les techniques en inlay. (63)(64)(65)

Deux études portaient uniquement sur la distraction ostéogénique. (66)(67)

Quatre études visaient à comparer deux ou plusieurs techniques chirurgicales entre elles. (69)(68)(41)(70).

b) Taux de survie et taux de succès implantaire

i. Technique en onlay :

Parmi les études sélectionnées traitant des greffes en onlay, 4 ont rapporté des résultats en termes de taux succès et/ou de taux de survie implantaire :

Toti et al. (69) effectuent en 2017 une revue systématique et une méta-analyse visant entre autres à comparer les implants standards placés dans l'os augmenté avec des blocs autogènes en onlay (groupe onlay) par rapport aux implants standards placés dans l'os augmenté avec n'importe quelle autre procédure d'augmentation n'impliquant pas de blocs en onlay (groupe non-onlay). Ils ont rapporté, pour le groupe onlay, un taux d'échec implantaire de 11,9% et donc un taux de survie implantaire de 88,1% sur 42 implants suivis pendant 2 ans. Les auteurs ont mis en évidence une différence en termes d'échec implantaire en faveur du groupe non-onlay, cependant elle n'était pas significative. Le taux de succès implantaire n'était pas rapporté.

Elnayef et al.(41), réalisent en 2017 une revue systématique et une méta-analyse visant à évaluer l'efficacité et la fiabilité des augmentations verticales de la mandibule atrophiée. Ils ont rapporté sur un suivi moyen de 2,4 ans, un taux de survie de 98,9% et taux de succès de 92,8% pour 250 implants placés dans des mandibules traitées par greffes en onlay, mais ne mettent pas en évidence de différence significative selon la technique ($p=0,245$ et $p=0,307$).

Nielsen et al. (61), dans leur étude rétrospective sur 10 ans comprenant 24 patients traités pour une augmentation latérale de crête par bloc autogène, ont rapporté un taux de survie et un taux de succès implantaire de 100% pour un total de 48 implants.

Enfin, Aloy-Prosper et al. (62) ont réalisé en 2018 une étude rétrospective sur 3 ans comprenant 16 patients traités pour une augmentation verticale par bloc en onlay, dans laquelle ils rapportent un taux de survie implantaire de 100% pour un total de 36 implants. Leur taux de succès implantaire atteignait lui 85%. Une différence presque significative a été trouvée entre l'épaisseur de tissus kératinisés et l'échec implantaire ($p=0,056$).

ii. Technique en inlay :

Parmi les études sélectionnées traitant des greffes en inlay, 3 ont rapporté des résultats en termes de taux succès et/ou de taux de survie implantaire :

Elnayef et al. dans leur étude précédemment citée sur les augmentations verticales (41) rapportent sur un suivi moyen de 1,9 an, un taux de survie implantaire pour les implants mis en place dans des secteurs traités par greffe en inlay de 97,3% et un taux de succès de 91,7%, sans différence significative entre les différentes techniques.

Geng et al.(64) en 2019 évaluent le résultat clinique à long terme de l'ostéotomie sandwich dans l'augmentation pré-implantaire de la mandibule atrophiée. Dans leur étude rétrospective portant sur 220 implants mis en place chez 63 patients, les auteurs ont rapporté un taux de survie implantaire de 96,7% et un taux de succès de 95,3% pour un suivi moyen de 58 mois.

De plus, Khojasteh et al.(63) publient en 2019 une étude préliminaire prospective portant sur les greffes en inlay dans la reconstruction de défauts verticaux et horizontaux coexistants à la mandibule postérieure. Ils ont comparé les résultats obtenus entre un groupe traité par greffe en inlay, un groupe traité par greffe en inlay et greffe en onlay, et un groupe traité par greffe en inlay, greffe en onlay et transposition du nerf alvéolaire inférieur. Ils ont obtenu pour le groupe greffe en inlay un taux de survie implantaire de 100% à 1an de suivi. Le taux de succès implantaire n'a pas été rapporté.

iii. Distraction ostéogénique :

Parmi les études sélectionnées traitant de la distraction ostéogénique, 3 ont rapporté des résultats en termes de taux succès et/ou de taux de survie implantaire :

Elnayef et al. rapportent dans leur méta-analyse de 2017 un taux de survie de 98,1% et un taux de succès de 93,8% pour les implants suivis en moyenne 2,3 ans et posés dans des sites préalablement traités par distraction ostéogénique.

Toledano et al.(66) en 2019 cherchent à déterminer par une revue systématique si la distraction ostéogénique donne de meilleurs résultats que les autres traitements de régénération osseuse. Le taux de survie implantaire rapporté quel que soit la technique de régénération utilisée était de 100%. Le taux de réussite observé des implants posés dans des zones régénérées par distraction variait entre 93,7% et 94,7% après 18 à 48 mois de suivi. Aucune différence significative n'a été trouvée pour les taux de survie et de réussite des implants selon la technique utilisée.

En 2017, Rachmiel et al.(67) effectuent une étude prospective sur 3 ans portant sur 18 patients sur lesquels 56 implants ont été mis en place. Ils obtiennent un taux de survie de 96,42%. Le taux de succès n'a pas été étudié.

iv. Régénération osseuse guidée :

Seule l'étude de Elnayef et al.(41) traitant des défauts verticaux rapporte des résultats en termes de taux de survie et taux de succès implantaire pour la ROG. Ils obtiennent respectivement 99,6% et 100% pour un suivi moyen de 2,4 ans. La ROG a été la technique rapportant le meilleur taux de succès dans leur revue systématique, mais avec seulement deux études rapportant ce taux. Aucune différence significative n'a été mise en évidence selon la technique utilisée.

c) Gain osseux

i. Technique en onlay :

En 2017, Elnayef et al.(41) s'intéressent dans leur revue systématique à comparer les différentes procédures d'augmentation verticale de la mandibule atrophiée. Sur 8 études portant sur la greffe en onlay et concernant 125 patients, le gain vertical moyen obtenu était de 3,47 mm. Leur méta-analyse intergroupe a également révélé que la technique en onlay permettait d'obtenir un gain vertical significativement inférieur à celui obtenu par distraction ostéogénique ($p < 0,01$) ou par technique en inlay ($p = 0,015$).

En 2018, Elnayef et al.(68) publient une revue systématique de la littérature visant à évaluer la stabilité du greffon et la cicatrisation finale entre les procédures d'augmentations osseuses latérales. Quinze articles ont été analysés quantitativement pour un suivi moyen de 11,9 mois. Le gain osseux moyen pour les sites ayant reçu une greffe en onlay était de 4,03 mm. Les auteurs ont également mis en évidence un gain osseux significativement supérieur par technique en onlay par rapport aux ROG ($p = 0,009$).

Jepsen et al. (70) publient en 2019 un rapport de consensus visant à évaluer la preuve actuelle sur l'efficacité des mesures régénératives pour la reconstruction des défauts alvéolaires. Concernant les augmentations horizontales de crête, les auteurs ont échoué à identifier un matériau, une procédure ou un protocole supérieur à l'autre à cause d'une grande variabilité des techniques et moyens utilisés qui n'ont pas permis de réaliser une méta-analyse. En ce qui concerne les augmentations verticales, après avoir analysés 12 études, les auteurs ont rapporté un gain osseux moyen de 3,46 mm pour les sites traités par greffes en onlay.

En 2019, Novy et al.(50) ont pour objectif dans leur étude prospective, d'étudier les effets de la reconstruction par technique de coffrage de la mandibule atrophique postérieure en termes de résorption et de gain osseux. Sur un total de 15 greffes réalisées, ils obtiennent une augmentation verticale à 4 mois de 1,6 mm et une augmentation latérale de 0,2 mm. Le gain osseux en volume final a été mesuré à 3,412 mm³.

En termes de largeur de crête, ils observent une différence significative entre T1 (1 à 4 mois avant la greffe) et T2 (14 jours après la greffe) mais pas entre T1 et T3 (4 mois après la greffe). En termes de hauteur de crête ils observent une différence significative entre T1 et T2 et entre T1 et T3.

ii. Technique en inlay :

Elnayef et al.(41) dans leur revue systématique comparative de 2017 rapportent un gain vertical moyen de 4,92 mm après greffe en inlay sur un total de six études représentant un échantillon de 95 patients. La méta-analyse intergroupe a également révélé que la technique en inlay permettait d'obtenir un gain vertical significativement inférieur au gain obtenu par distraction ostéogénique ($p=0,011$) et significativement supérieur à celui obtenu par technique en onlay ($p=0,015$)

Geng et al.(64) observent au moment de l'implantation 4 à 5 mois après greffe en inlay, un gain osseux vertical moyen postérieur de 4,8 mm chez les édentés partiels et de 7,8 mm chez les édentés totaux. De plus, le gain osseux vertical moyen au niveau antérieur s'est révélé significativement supérieur par rapport au gain osseux vertical moyen postérieur. Le gain osseux horizontal n'a pas été rapporté.

Dans l'étude de Khojasteh (63) et al. publiée en 2019, un gain osseux vertical de 7,13 mm et nouveau volume osseux de 647,79 mm³ a été rapporté pour le groupe inlay, tandis qu'ils notent un gain vertical de 7,80 mm et un nouveau volume osseux de 836,99 mm³ pour le groupe inlay et onlay associés. Les mesures ont été réalisées à 4 mois post-opératoires. Les gains osseux horizontaux n'ont pas été rapportés.

En 2017, Agabiti et al.(65) réalisent une cohorte rétrospective visant à évaluer l'augmentation de la largeur de la crête alvéolaire lors d'une approche en deux temps de l'ostéotomie segmentaire. Ils réalisent leurs mesures finales après la pose de l'implant, soit 40 jours après la première intervention. Un gain osseux horizontal de 2,7 mm a été rapporté ainsi qu'une différence significative en termes de largeur osseuse entre avant et après les chirurgies.

iii. Distraction ostéogénique :

En 2017, l'étude de Elnayef et al. (41) visant à comparer l'efficacité et la fiabilité des techniques d'augmentation verticale à la mandibule rapporte 4 études faisant part du gain osseux moyen obtenu par distraction ostéogénique. Sur un échantillon de 64 patients, leur analyse intragroupe révèle ainsi un gain moyen de 6,84 mm, le gain était considéré significativement non nul ($p < 0,001$).

En 2019, Jepsen et al. (70), basés sur les résultats de 3 études rapportent un gain osseux moyen de 8,04 mm par distraction ostéogénique.

En 2019, Toledano et al. (66) rapportent dans leur revue systématique les résultats de deux études : Bianchi et al. (71) ont trouvé un gain osseux statistiquement supérieur dans le groupe traité par distraction (10,3 mm) par rapport au groupe traité par greffe en inlay avec interposition d'os iliaque (5,9 mm). À l'inverse, Chiapasco et al. (72) ont constaté un gain osseux similaire dans leur deux groupes (5,3 mm pour le groupe traité par distraction et 4,6 mm pour le groupe traité par greffe en onlay). Ils concluent donc que la distraction ostéogénique semble rapporter des valeurs controversées en termes de gain osseux.

Rachmiel et al. (67) dans leur étude prospective de 2017 portant sur 21 distractions mandibulaires postérieures chez 18 patients, rapportent un gain osseux moyen de 14,47 mm à 4 mois.

iv. Régénération osseuse guidée :

Elnayef et al. (41) sur 6 études visant à évaluer les résultats obtenus par régénération osseuse guidée, rapportent en 2017 un gain osseux vertical moyen de 3,83 mm ainsi qu'un gain osseux statistiquement non nul ($p < 0,001$).

Le rapport de consensus de Jepsen et al. (70) rapporte un gain osseux vertical moyen de 4,18 mm sur un total de 20 études. Concernant les augmentations horizontales de crête, les auteurs ont échoué à identifier un matériau, une procédure ou un protocole supérieur à l'autre à cause d'une grande variabilité des techniques et moyens utilisés qui n'ont pas permis de réaliser une méta-analyse.

En 2018, Elnayef et al. (68) rapportent un gain osseux horizontal de 3,61 mm au moment de la régénération et de 2,59 mm après réévaluation finale concernant 15 articles pour un suivi moyen de 11,9 mois. La valeur des gains observés était très variable car un trop grand nombre d'études était de faible poids (échantillons trop petits ou trop grande hétérogénéité). Cependant une différence significative ($p = 0,009$) a été mise en évidence indiquant que la technique par block serait supérieure à la ROG en termes de gain osseux.

d) Complications post-opératoires

i. Technique en onlay :

Le rapport de consensus de Jepsen et al. (70) visant à évaluer la preuve actuelle sur l'efficacité des mesures régénératives pour la reconstruction des défauts alvéolaires, rapporte un taux de complications moyen (perte de la greffe, infection) de 23,9 % pour les augmentations verticales réalisées par technique en onlay.

En 2020 Nielsen et al.(61) publient une étude rétrospective à 10 ans sur 24 patients édentés partiellement à la mandibule postérieure traités pour une augmentation latérale de crête avec un bloc d'os autogène prélevé sur la branche ascendante mandibulaire. 39 augmentations latérales ont été réalisées et 48 implants ont été posés. Les résultats en termes de complications à 10 ans sont les suivants :

- 28% des patients décrivent un inconfort léger à modéré et des douleurs au niveau du site donneur après l'augmentation.
- 8,3% décrivent des dysesthésies mineures à modérées du NAI.
- 8,3% des implants présentent une péri-implantite.

En 2019, Novy et al. (50) effectuent une étude prospective de 13 patients présentant des défauts mandibulaires postérieurs sur lesquels ont été réalisées au total 15 greffes par technique de coffrage. Au total ils rapportent les complications post-opératoires suivantes :

- dysesthésies temporaires du NAI : 13,3%
- dysesthésies du NAI encore présentes à 4 mois : 20%
- infections du site donneur : 2 cas soit 13,3%
- perte de la vis occlusale : 1 cas soit 6,6 %
- exposition d'un angle du greffon : 1 cas soit 6,6 %

En 2018, Aloy-Prósper et al.(62) cherchent à évaluer les tissus mous et durs péri-implantaires dans des mandibules postérieures régénérées verticalement avec des greffes osseuses en bloc après 3 ans de suivi. Sur un total de 16 patients chez qui ont été posés 36 implants ils rapportent :

- des récessions vestibulaires chez 38,8% des implants (avec une récession moyenne de - 0,31 mm)
- des mucosites sur 19,5% des implants.
- des péri-implantites sur 25% des implants.

Une différence significative a été trouvée entre l'épaisseur de tissus kératinisés et la profondeur de sondage, la récession, la perte osseuse.

ii. Technique en inlay :

L'étude rétrospective de Geng et al. qui s'intéressait à 75 ostéotomies segmentaires réalisées sur 63 patients pour un suivi moyen de 58 mois, rapporte les complications suivantes :

- 18 dysesthésies transitoires du NAI (soit 24%)
- 18 perturbations de la cicatrisation (soit 24%) dont 6 cas d'infection du greffon (8%)
- 14 déficiences en tissu kératinisé soit 18,7% qui ont nécessité une greffe gingivale libre postopératoire.

Dans l'étude de Khojasteh et al. (63) publiée en 2019 portant sur des ostéotomies segmentaires réalisées chez 10 patients, ils ne rapportent pas d'exposition des greffons, pas d'infection ni autres complications. La cicatrisation des tissus mous s'est également déroulée sans événements indésirables.

L'étude prospective de Agabiti et al. (65) en 2017 portant sur une approche en deux temps de l'ostéotomie segmentaire postérieure mandibulaire ne rapporte aucun signe de péri-implantite, d'infections des tissus mous, ou de résorption osseuse pathologique durant le suivi à 4 ans.

iii. Distraction ostéogénique :

Le rapport de consensus de Jepsen et al. (70) rapporte un taux de complications moyen (perte de la greffe, infection) de 47,3% pour les augmentations verticales réalisées par distraction ostéogénique.

Dans leur revue de littérature de 2017, Elnayef et al.(41) ne parviennent pas à réaliser de méta-analyse concernant les complications post-opératoires mais indiquent que la distraction ostéogénique semble être la technique rapportant le plus de complications, sans apporter de données brutes.

En 2019, Toledano et al. (66) rapportent dans leur revue systématique les résultats de Bianchi et al. (71) qui ont trouvé un taux de complications post-opératoires significativement supérieur dans le groupe traité par distraction (60%) par rapport au groupe traité par greffe en inlay avec interposition d'os iliaque (16,6%). En effet le groupe traité par distraction a révélé une infection locale et deux déplacements linguaux du segment osseux déplacé pour un suivi moyen de 30 mois. Le groupe traité par technique en inlay a révélé quant à lui une exposition avec perte partielle du greffon pour un suivi moyen de 22,5 mois.

Rachmiel et al. (67) dans leur étude prospective de 2017 portant sur 21 distractions mandibulaires postérieures chez 18 patients, rapportent les complications suivantes :

- Déplacement lingual du vecteur de distraction : 9,5%
- Dysesthésies transitoires du NAI : 11%
- Déhiscence muqueuse et ossification incorrecte : 4,7%
- Desquamation du segment transposé (due à un détachement du périoste lingual de l'os transporté) : 4,7%

Ils ne remarquent cependant aucune altération de la sensibilité à long terme.

iv. Régénération osseuse guidée :

La même revue de littérature de Elnayef et al. (41) rapporte qu'au contraire la régénération osseuse guidée semble être la technique rapportant le moins de complications post-opératoires, sans données chiffrées.

Le rapport de consensus de Jepsen et al. (70) de 2019 rapporte un taux de complications moyen (exposition membrane, perte de la greffe, infection) de 12,1 % pour les augmentations verticales réalisées par régénération osseuse guidée.

e) Résorption péri-implantaire

i. Technique en onlay :

La méta-analyse de Toti et al. (69) a révélé que les implants du groupe onlay ont rapporté des résultats similaires aux implants du groupe non-onlay en termes de résorption péri-implantaire. Ils rapportent une différence de 0,006 mm entre le groupe onlay et le groupe non-onlay pour un suivi à 2 ans ([0,78-0,89mm] VS [0,62-0,90 mm]). Il y avait une différence en termes de perte osseuse marginale en faveur du groupe non-onlay mais elle n'était pas significative.

Le rapport de consensus de Jepsen et al. (70) rapporte une perte osseuse marginale moyenne de 0,77 mm pour la procédure de greffe en onlay.

Nielsen et al. (61) dans leur étude rétrospective portant sur 24 patients soit 39 greffes latérales en onlay et 48 implants posés, rapportent une perte osseuse péri-implantaire de 0,33 mm à 1 an et 0,55 mm à 10 ans. Les mesures radiographiques ont été réalisées avant l'intervention, en post-opératoire, à un an puis à 10 ans par cliché panoramique avec prise en compte du rapport d'agrandissement.

En 2018, Aloy-Prósper et al.(62) ont obtenu dans leur étude rétrospective portant sur 16 patients et 36 implants une perte osseuse marginale moyenne de 1 mm à 3 ans de suivi. Les mesures radiographiques ont été réalisés sur des clichés rétro-alvéolaires effectués en post-opératoire et à 3ans. Les auteurs signalent néanmoins que 25% des implants ont montré une perte osseuse marginale statistiquement significative à 3 ans.

ii. Technique en inlay :

Geng et al.(64) mesurent leur perte osseuse marginale sur cliché panoramique en calculant la moyenne des valeurs de pertes osseuses mésiales et distales, prenant comme référence la situation immédiatement après la pose de l'implant. Pour un suivi moyen de 58 mois, ils observent une différence significative surtout dans les premiers mois après implantations. Cette perte osseuse avoisinerait le millimètre. Les résultats suggèrent que la perte osseuse marginale péri-implantaire dans des sites traités par greffe en inlay prend place surtout dans les six premiers mois après l'implantation.

iii. Distraction ostéogénique :

Le rapport de consensus de Jepsen et al. (70) rapporte une perte osseuse marginale moyenne de 1,4 mm pour la procédure de distraction ostéogénique.

Rachmiel et al. (67) dans leur étude prospective de 2017 portant sur 21 distractions mandibulaires postérieures chez 18 patients, rapportent une perte osseuse marginale moyenne de 1,5 mm. Leurs mesures ont été réalisées sur clichés panoramiques ou CBCT sans plus de précisions sur les méthodes et temps de mesures.

iv. Régénération osseuse guidée :

Le rapport de consensus de Jepsen et al. (70) rapporte une perte osseuse marginale moyenne de 0,99 mm pour la procédure de régénération osseuse guidée.

f) Résorption du greffon

i. Technique en onlay :

En 2017, Elnayef et al. (41) n'ont pas pu réaliser une méta-analyse sur la résorption verticale du greffon, étant donné l'hétérogénéité et le manque d'informations de certaines études. Ils rapportent une résorption osseuse verticale de 1,21 mm pour les greffons en onlay.

En 2018, Elnayef et al. (68) rapportent sur 3 études une résorption horizontale moyenne après 6 mois de 0,75 mm pour les greffes en onlay.

En 2019, Novy et al. (50), dans leur étude prospective portant sur 15 greffes réalisées chez 13 patients, rapportent une résorption volumétrique entre T2 (à 14 jours après la greffe) et T3 (à 4 mois après la greffe) de 0,688 mm³ pour 77% des patients.

Entre T2 et T3, Ils observent également une différence significative ($p < 0,001$) en termes de largeur de crête obtenue et de volume osseux, mais pas en termes de hauteur de crête.

ii. Technique en inlay :

En 2017, Elnayef et al. (41) n'ont pas pu réaliser une méta-analyse sur la résorption verticale du greffon, étant donné l'hétérogénéité et le manque d'informations de certaines études. Ils rapportent une résorption osseuse verticale de 1,60 mm pour les greffons en inlay.

Geng et al.(64) en 2019 observent une différence significative du gain osseux vertical obtenu par greffe en inlay entre le moment où la greffe a été réalisée et le moment où ont été posés les implants.

Cependant ils remarquent que le gain n'a montré aucune différence significative après la pose de l'implant pour un suivi moyen de 58 mois. Les résultats suggèrent que la hauteur du greffon a retrouvé un niveau stable après la pose de l'implant.

Dans leur étude de 2019, Khojatesh et al. (63) observent radiographiquement et cliniquement une bonne intégration du segment osseux déplacé avec une résorption sur la partie supérieure du segment qualifiée de « minimale » à 4mois.

iii. Distraction ostéogénique :

En 2017, Elnayef et al. (41) n'ont pas pu réaliser une méta-analyse sur la résorption verticale du greffon, étant donné l'hétérogénéité et le manque d'informations de certaines études. Ils rapportent une résorption osseuse verticale de 1,47 mm pour les greffes par distraction ostéogénique.

En 2019, Toledano et al. (66) rapportent dans leur revue systématique les résultats de Chiapasco et al. (72) qui ont constaté une résorption du greffon significativement moins importante avant la pose de l'implant dans le groupe distraction ostéogénique (0,3 mm) par rapport au groupe onlay (0,6 mm).

iv. Régénération osseuse guidée :

En 2017, Elnayef et al. (41) n'ont pas pu réaliser une méta-analyse sur la résorption verticale du greffon, étant donné l'hétérogénéité et le manque d'informations de certaines études. Ils rapportent une résorption osseuse verticale de 0,90 mm pour les régénérations osseuses guidées.

En 2018, Elnayef et al. (68) ont rapporté sur 16 études une résorption horizontale moyenne après 6 mois de 1,22 mm pour les régénérations osseuses guidées.

B. Synthèse des résultats

a) Critères de jugement principaux

Parmi les articles analysés, tous ont rapporté un taux de survie et un taux de succès implantaire élevé quel que soit la technique. Les méta-analyses n'ont pas mis en évidence de différence significative en termes de taux de survie ou taux de succès implantaire selon la technique utilisée. Selon Elnayef et al. ces taux sont semblables à ceux obtenus dans de l'os immaculé, dans des alvéoles d'extractions, et dans des sinus greffés. (41)

b) Critères de jugement secondaires

Les principaux résultats concernant les critères de jugement secondaires ont été synthétisés dans le tableau suivant, à partir des résultats présentés dans les études au plus haut niveau de preuve :

	Gain vertical moyen (mm)	Gain horizontal moyen (mm)	Taux de complications (%)	Résorption péri-implantaire (mm)	Résorption du greffon (mm)
OBG	≤ 4 (41,50,68,70)	4,03 (68)	23,9 (70)	< 1 (61)(69)(62)(70)	Verticale : 1,21 (41) Horizontale : 0,75 (68)
IBG	4,92 (41)	2,6 (65)	/	0,99 (64)	1,60 (41)
DO	6,84 (41)	/	47,3 (70)	1,4 (70)	1,47 (variable) (41)(66)
ROG	3,83 (41) 4,18 (70)	2,59 (68)	12,1 (70)	0,99 (70)	Verticale : 0,90 (41) Horizontale : 1,22 (68)

Figure 57 : Tableau synthétique personnel des résultats portant sur les critères de jugements secondaires

OBG = Onlay Bone Grafting / IBG = Inlay Bone Grafting / DO = Distraction ostéogénique / ROG = Régénération Osseuse Guidée

A ce tableau nous pouvons également ajouter :

- **Concernant le gain osseux vertical :**

La technique en inlay a également rapporté des gains de plus de **7 mm** dans certaines études. (64)(63)

La distraction ostéogénique semble rapporter des résultats variables entre les études avec des gains verticaux s'étendant de 5,3 mm à 14,47 mm. (67)(66)(70)

La méta-analyse de Elnayef et al.(41) a également mis en évidence des différences significatives en terme de gain vertical permettant de classer les techniques par ordre décroissant de la manière suivante : distraction ostéogénique / greffe en inlay / greffe en onlay - régénération osseuse guidée.

D'après les résultats de leur méta-analyse intergroupe, Elnayef et al. admettent que la technique chirurgicale peut influencer significativement l'augmentation verticale obtenue. (41) Ils apportent ainsi les conclusions suivantes :

Pour environ 4 mm de défaut osseux : la technique n'influe pas sur l'augmentation verticale obtenue.

Pour un défaut osseux supérieur à 4 mm : la Distraction ostéogénique ou la greffe en Inlay sont les techniques chirurgicales permettant d'obtenir la plus grande augmentation verticale.

- **Concernant le gain osseux horizontal :**

-Parmi les études incluses, peu se sont intéressées au gain osseux horizontal.

-Le rapport de consensus de Jepsen et al. a échoué à identifier un matériau, une procédure ou un protocole supérieur à l'autre à cause d'une grande variabilité des techniques et moyens utilisés. (70)

- **Concernant la fréquence de survenue de complications post-opératoires :**

Toledano et al. rapportent quant à eux un taux de complications post-opératoires significativement supérieur dans le groupe traité par distraction (60%) par rapport au groupe traité par greffe en inlay avec interposition d'os iliaque (16,6%). (66)

Dans leur revue de littérature de 2017, Elnayef et al. ne parviennent pas à réaliser de méta-analyse concernant les complications post-opératoires mais indiquent que la distraction ostéogénique semble être la technique rapportant le plus de complications, sans apporter de données brutes. Cette même revue de littérature rapporte qu'au contraire la régénération osseuse guidée semble être la technique rapportant le moins de complications post-opératoires, sans données chiffrées.(41)

- **Concernant la perte osseuse péri-implantaire :**

Malgré un nombre réduit de résultats et des méthodes de mesures très variables selon les études, nous pouvons noter les résultats suivants :

-Selon Jepsen et al. la perte osseuse marginale moyenne des implants posés dans des sites traités par greffe en onlay serait de **0,77 mm** (70)

-Pour les implants posés dans des sites traités par greffe en inlay, Geng et al. ont observé une différence significative surtout dans les premiers mois après implantations suggérant que la perte osseuse prend place surtout dans les 6 premiers mois après l'implantation.(64)

- **Concernant la résorption du greffon :**

La plupart des études concernées par notre analyse présentaient des moyens, des temps, et des unités de mesures différents, ce qui rend difficile la réalisation d'une comparaison objective. Nous pouvons néanmoins retenir les résultats suivants :

-La résorption observée sur les greffes en inlay serait significative avant la pose des implants, mais la hauteur du greffon retrouverait un niveau stable après la pose des implants.(64)

-Les résultats obtenus parmi les articles analysés concernant la résorption du greffon dans la technique de distraction osseuse sont variables. Ainsi Toledano et al ont rapporté, avant la pose des implants, une résorption significativement inférieure dans les sites traités par distraction ostéogénique par rapport à ceux traités par une greffe en onlay, (66) alors que Elnayef et al rapportent une résorption de **1,47 mm** sans avoir pu réaliser de méta-analyse.(41)

4) Discussion

Les résultats rapportés sont issues d'études au niveau de preuve variable. Il convient donc de prendre du recul et d'apporter une importance supérieure aux études présentant un haut niveau de preuve avec une analyse statistique robuste comme les méta-analyses.

- **Taux de succès et de survie implantaire :**

Nous pouvons remarquer une hétérogénéité des définitions de taux de succès et de taux de survie implantaire selon les études. Deux études (63,64) ne précisaient pas les critères utilisés pour évaluer le succès et/ou la survie implantaire, deux études (61,62) utilisaient leur propre définition, une étude (62) se référait aux critères de Buser (76) pour le taux de succès et deux autres études (66,67) aux critères d'Albrektsson (22) ou des critères s'en rapprochant. Les études incluses dans les revues de la littérature analysées présentaient également des définitions différentes (41). Il en est conclu qu'il est nécessaire d'avoir une uniformité des termes pour être en mesure de tirer des conclusions fermes sur ce sujet.

Les résultats obtenus au travers de notre étude sont comparables avec ceux exposés dans la revue systématique de de Groot et al. qui n'ont pas retrouvé de différences entre les diverses procédures d'augmentation osseuse pré-implantaire pour la mandibule atrophiée, en utilisant le taux de survie implantaire comme critère de jugement principal. (73)

Selon Elnayef et al. ces taux sont semblables à ceux obtenus dans de l'os natif, dans des alvéoles d'extractions, et dans des sinus greffés.(41)

Cependant, à l'instar de l'étude analysée de Toti et al.(69), les résultats de l'étude de Rocchietta et al. semblent indiquer que les implants mis en place dans des sites traités par des greffes en onlay auraient des résultats inférieurs à ceux placés dans des sites traités par les autres techniques de greffes. (74)

Pang et al., dans leur étude de 2021 visant à évaluer le taux de survie et taux de succès cumulatifs au long terme des implants placés dans des crêtes reconstruites par des greffes en onlay d'origine ramique, ont rapporté à 15 ans un taux de survie implantaire de 72,1% et un taux de succès implantaire de 51,2%. Ils expliquent en partie ces résultats insatisfaisants par un manque d'hygiène observé chez les patients traités. (75)

Néanmoins, les essais dans la littérature n'ont rapporté des résultats que sur un faible nombre de patients et de traitements rendant difficile la généralisation des résultats. (74)

Bien que le taux de survie soit fréquemment rapporté, le taux de succès reste encore un critère rarement évalué dans les études. Sur les douze études analysées, seulement 5 rapportaient un taux de succès chiffré spécifique à une technique. (41,61,62,64,66,68)

Les résultats concernant le taux de survie et le taux de succès implantaire sont directement influencés par la longueur du suivi. Or, ce suivi était très hétérogène selon les études et le suivi à long terme rarement rapporté dans les publications. Les périodes de suivi parmi les articles rapportant un taux de succès et/ou un taux de survie implantaire s'étendent de 4 mois à 10 ans. Seulement 4 études(61,62,64,67) présentaient un suivi moyen d'au moins 3 ans et une seule étude (61) présentait un suivi moyen supérieur à 5 ans. Des études complémentaires sont ainsi nécessaires pour analyser l'influence réelle de ces techniques sur les résultats à long terme des implants.

Concernant l'influence des conditions médicales associées, l'étude de Geng ne rapporte pas de différence significative en termes de taux de survie implantaire chez les patients présentant ou non un âge avancé, un tabagisme actif, un traitement anticoagulant, une pathologie cardiovasculaire ou thyroïdienne. Cependant elle met en avant un taux de succès implantaire inférieur chez les patients fumeurs par rapport aux non-fumeurs. (64) Sur l'ensemble des études analysées, les données médicales et comportementales à propos des patients (hygiène, tabac, antécédents médicaux et dentaires) sont rarement fournies ou souvent incomplètes malgré leur influence potentielle sur le taux de survie et/ou le taux de succès implantaire.

Les données concernant le type d'implants et de restaurations prothétiques sont également variables et souvent incomplètes (état de surface, diamètre, longueur, type de connectiques, morphologie de la restauration prothétique, prothèses scellées/vissées, unitaires/plurales...)

De plus, bien que les études visaient souvent à traiter des défauts importants, peu d'entre elles ont rapporté précisément le défaut d'intérêt (62,63,65,67).

Les articles ont adopté une grande variété d'approches résultant de différences dans la conception de l'étude, les termes et définitions, la technique chirurgicale, les moyens de mesure, les données rapportées et la période de suivi.

Il n'a ainsi pas été possible de calculer un taux de survie et un taux de succès moyen pour chaque technique : l'effectif réduit, l'hétérogénéité de la conception des études, des situations cliniques, de leur puissance respective, ne permet pas d'aboutir à des résultats exempts de biais concernant chaque technique chirurgicale.

Malgré ces limites nous pouvons tout de même retenir que les techniques d'augmentations osseuses alvéolaires mises en œuvre à la mandibule postérieure atrophiée rapportent des résultats satisfaisants à court terme en ce qui concerne le taux de survie et de succès implantaire.

- **Critères de jugement secondaires :**

Les résultats exposés sur nos critères de jugement secondaires sont en accord avec ceux des précédentes revues de la littérature (74) (77) (78).

Urban et al. (78) dans leur revue de la littérature de 2019 visant à évaluer l'effet des différentes techniques d'augmentation alvéolaire sur le gain clinique vertical, ont également rapporté un gain vertical significatif pour toutes les techniques évaluées (distraction ostéogénique, greffe en onlay, greffe en inlay et régénération osseuse guidée). Leur méta-analyse a rapporté que le gain vertical était influencé par le type de technique chirurgicale mise en œuvre. Les gains osseux et les taux de complications rapportés dans leur méta-analyse sont comparables avec ceux obtenus dans notre étude :

	Gain vertical (mm)	Taux de complications (%)
DO	8,04	47,3
OBG et IBG	4,12	23,9
ROG	4,18	12,1

Figure 58 : Synthèse personnelle des résultats rapportés par la méta-analyse de Urban et al. concernant le gain osseux vertical et le taux de complications par technique (78)

*DO = Distraction ostéogénique / OBG = Onlay Bone Grafting /
IBG = Inlay Bone Grafting / ROG = Régénération Osseuse Guidée*

Parmi les articles que nous avons sélectionnés, la distraction ostéogénique a rapporté des résultats variables **en termes de gain osseux vertical** (de 5,3 mm à 14,47 mm) ce qui peut être expliqué par le nombre important de facteurs pouvant compromettre le résultat (assiduité du patient, hygiène buccale, direction du vecteur de distraction, respect des périodes de cicatrisation...).

Même si elle correspond à la technique ayant rapporté les gains verticaux les plus importants, elle reste la méthode la plus sujette aux complications post-opératoires (47,3%), ce qui limite ses domaines d'applications à des déficiences verticales sévères chez des patients préalablement sélectionnés et réalisée par un praticien expérimenté. Pour ces raisons, Rachmiel et al. ne recommandent l'application de cette intervention que pour les défauts verticaux sévères de plus de 7 mm (67), et Jepsen et al. déclarent la recommander « rarement » (70).

Par ordre décroissant sur le gain osseux vertical à court et moyen termes, la distraction ostéogénique serait suivie par les greffes en inlay, elle-même suivie par la régénération osseuse guidée et les greffes en onlay. Ces résultats sont confirmés par l'étude de Urban et al. de 2019 précédemment citée (78).

Toutes les autres procédures exposées représentent néanmoins des solutions efficaces et prédictibles pour le traitement de défauts verticaux légers à modérés allant jusqu'à 4 mm.

Cependant, ces résultats restent à prendre avec précaution car la plupart des études concernées par notre analyse présentait des moyens, des temps, et des unités de mesures différents, rendant difficile la réalisation d'une comparaison objective.

Le nombre et la puissance des articles s'intéressant à la **reconstruction de défauts horizontaux** étaient trop faible pour être en mesure de montrer la supériorité d'une technique sur les autres.

Les résultats de Elnayef et al. (68) rapportant une différence significative en faveur de la greffe en onlay par rapport à la ROG sont à prendre avec précaution. Les caractéristiques différentes des défauts osseux et les périodes de suivi courtes ont pu influencer les résultats. En effet, la plupart des études ayant mis en œuvre des ROG visait l'obtention d'une augmentation osseuse minimale pour compenser une déhiscence ou une fenestration, alors que les études rapportant l'utilisation de blocs osseux nécessitaient une augmentation plus importante.

La variabilité du type de mesures (cliniques et radiologiques) et la non-équité du nombre d'études s'intéressant à l'une ou l'autre des techniques (16 pour la ROG et 3 pour la greffe en onlay) nous amènent également à prendre du recul sur ces résultats.

Le rapport de consensus de Jepsen et al. (70) n'a pas pu identifier une procédure supérieure à l'autre. Les auteurs concluent qu'une épaisseur osseuse conséquente peut être obtenue même sur des crêtes étroites et qu'il revient au clinicien de choisir parmi les techniques possibles.

Concernant les complications post-opératoires, leur fréquence est élevée et leur variabilité importante selon les techniques. Quel que soit la technique de greffe utilisée, les complications principalement rapportées sont les dysesthésies du nerf alvéolaire inférieur, et les expositions du greffon ou de la membrane avec ou sans infection.

La distraction ostéogénique serait la technique rapportant le plus de complications post-opératoires alors que la régénération osseuse guidée serait celle le moins sujette à la survenue de complications. Ces résultats sont en accord avec ceux d'Urban et al. (78)

À propos des pertes osseuses péri-implantaires, toutes les techniques semblent être exposées à une alvéolyse moyenne d'un millimètre sur un suivi minimum d'un an.

Parmi les techniques étudiées, la distraction ostéogénique est celle ayant rapporté le plus de perte osseuse marginale avec une perte s'élevant à 1,4 mm sur un suivi d'un an minimum selon le rapport de consensus de Jepsen et al. (70) et 1,5 mm sur 3 ans selon l'étude prospective de Rachmiel et al. (67).

Les résultats obtenus sont en accord avec la méta-analyse de Urban et al. de 2019 (78) mettant en évidence une alvéolyse péri-implantaire à au moins un an de suivi de 1,4 mm pour la distraction, 0,77 mm pour les greffes en onlay et en inlay confondues, et 0,98 mm pour la régénération osseuse guidée .

Nous pouvons également noter que l'étude d'Aloy-Prosper et al. (62) portant sur les greffes en onlay a rapporté que 25% des implants ont montré une perte osseuse marginale statistiquement significative à 3 ans. A contrario, l'étude de Geng et al. (64) portant sur les greffes en inlay a mis en évidence une perte marginale significative seulement dans les six premiers mois après la pose des implants pour un suivi moyen de 4,8ans. Les auteurs expliquent cette capacité à atteindre rapidement une stabilité osseuse péri-implantaire par le maintien de la vascularisation du segment transporté propre à la greffe en inlay.

Cependant, le faible nombre de résultats rapportés, la présence ou non de fumeurs entre les études, la variabilité des moyens (panoramique, rétro-alvéolaires, CBCT) et des méthodes de

mesures (nombre de mesures par implant, placement des mesures) ainsi que l'hétérogénéité des suivis n'autorisent pas la réalisation d'une comparaison objective permettant de tirer des conclusions à long terme sur ce sujet.

Enfin, la majorité des études analysées ne rapportent pas de valeurs chiffrées concernant la **résorption du greffon**. Toutes les techniques de greffes exposées semblent être sujettes à une résorption osseuse inévitable mais les résultats observés ont été trop variables pour être en mesure de les synthétiser de manière fiable. Le tableau de synthèse rapporté dans la partie résultats expose les résultats de la revue systématique de Toledano et al. (66) et des deux revues systématiques de Elnayef et al. (41,68) Leurs auteurs n'ont cependant pas été en mesure de réaliser une méta-analyse sur ce critère étant donné l'hétérogénéité et le manque d'informations de certaines études. Les résultats de Elnayef et al. de 2018 concernant la résorption des greffes réalisées par ROG ou par greffe en onlay vont à l'encontre des données rapportées dans la littérature, les blocs autogènes étant connus pour se résorber plus rapidement que les ROG faisant appel en partie à de l'os xénogène. Comme expliqué ci-dessus, ces résultats sont à prendre avec précautions étant donné le faible suivi, la variabilité des défauts et des types de mesures, et la non-équité du nombre d'études s'intéressant à l'une ou l'autre des techniques. Ainsi, des essais cliniques comparatifs portant sur de grands échantillons semblent être nécessaires afin d'objectiver la stabilité des greffons au long terme par le moyen d'une méthode de mesure standardisée et peu invasive.

5) Implications en pratique clinique

L'analyse de nos articles nous a permis de mettre en avant certains points importants :

- Toutes les techniques d'augmentations de crête dans les secteurs postérieurs mandibulaires représentent des interventions délicates, dont les résultats sont particulièrement sensibles à la précision du geste chirurgical. Ces techniques étant très opérateur-dépendantes, elles se devront d'être simples et rapides à mettre en œuvre. Il apparaît ainsi nécessaire qu'elles soient effectuées par un praticien expérimenté maîtrisant la technique choisie.
- Chacune des procédures exposées dans ce travail semble être en mesure de répondre au traitement de défauts verticaux modérés jusqu'à 4 mm. Le choix doit être guidé par la situation clinique, les attentes du patient, les habilités du praticien et le risque de complications. Pour les défauts verticaux s'étendant au-delà de 4 mm, la distraction ostéogénique, la greffe en inlay et dans une moindre mesure la régénération osseuse guidée, semblent pouvoir compenser le déficit.
- La distraction ostéogénique reste rarement recommandée en raison de son fort taux de complications.
- Peu importe la technique adoptée, le praticien expose son geste ainsi que le patient à la survenue de complications post-opératoires diverses et fréquentes. Le praticien se doit ainsi d'en informer le patient et les traitements alternatifs doivent toujours être envisagés.

- Quel que soit la procédure d'augmentation alvéolaire utilisée, une résorption du greffon se produira. Ainsi une sur-correction du défaut devra être réalisée pour compenser cette résorption.
- Plusieurs facteurs pouvant influencer la réussite du traitement ont également été remarqués :
 - Considérations muco-gingivales :

Le praticien doit s'assurer qu'un bandeau de tissu kératinisé suffisamment important sera disponible dans la future zone de positionnement du ou des implants. Si cette condition n'est pas remplie, le praticien se doit d'envisager un aménagement gingival visant à retrouver des conditions parodontales satisfaisantes avant l'implantation.

En fin d'intervention, la laxité du lambeau doit être obtenue par dissection en épaisseur partielle afin de permettre son repositionnement et la coaptation des berges sans tensions. La réalisation de sutures hermétiques permettra d'immobiliser le lambeau et de guider sa cicatrisation.

- Adaptation et Fixation du greffon ou de la membrane :

Le greffon ou la membrane doivent être adaptés au site à augmenter et fixés de manière optimale afin de garantir sa cicatrisation libre de tout mouvement.

- Temps d'implantation :

Les expositions des membranes et des greffons ainsi que les infections bactériennes peuvent mener à la contamination bactérienne des surfaces implantaires adjacentes : il paraît donc plus sécurisé de procéder à l'implantation dans un second temps chirurgical.

- Temporisation :

La temporisation occupe une place prépondérante dans la diminution des complications. Toute pression sur la zone chirurgicale doit être éliminée et les restaurations provisoires venant prendre appui sur la zone traitée doivent être évitées au maximum.

- Enfin, les alternatives représentées par les implants courts doivent être envisagées et discutées avec les patients. Dans le cas de défauts osseux modérés, ces derniers représenteraient une option supplémentaire permettant au patient d'éviter l'inconfort et les complications éventuelles d'une chirurgie pré-implantaire. Dans le cas de défauts osseux sévères, ces implants peuvent être combinés à une chirurgie pré-implantaire afin de limiter le gain osseux à obtenir. Cependant, il existe actuellement un débat dans la littérature portant sur la propre définition des implants courts ainsi que sur leur taux de survie et de succès au long terme. Des études complémentaires doivent ainsi être menées afin de déterminer la place de ces nouveaux implants au sein de l'arsenal thérapeutique du chirurgien-dentiste.

Conclusion

Les réhabilitations prothétiques implanto-portées au niveau des secteurs postérieurs mandibulaires édentés représentent fréquemment un défi de taille pour le praticien. Les particularités anatomiques de ce secteur et l'importance de la résorption alvéolaire qu'il s'y produit en font une zone particulièrement difficile à traiter pour le chirurgien-dentiste, nécessitant souvent la réalisation d'une reconstruction osseuse préalable à la mise en place d'implants.

Parmi l'ensemble des biomatériaux disponibles pour corriger un déficit osseux, l'os autogène reste aujourd'hui le matériau de référence. Les greffes en onlay, greffes en inlay, distractions ostéogéniques et régénérations osseuses guidées représentent les principales méthodes décrites faisant appel en tout ou partie à de l'os autogène. La mise en place de ces interventions doit être le fruit d'un projet prothétique conçu en amont à partir d'une analyse clinique et radiologique approfondie. Leur domaine d'application respectif reste aujourd'hui large et controversé.

Notre revue de la littérature nous a permis de mettre en évidence une véritable hétérogénéité des publications portant sur le sujet, n'autorisant pas à ce jour la réalisation d'une comparaison objective en tout point entre les techniques. Néanmoins, il en ressort que chacune des procédures exposées dans cette thèse a rapporté des résultats élevés en termes de taux de survie et taux de succès à court terme, sans différence notable entre les techniques.

Toutes représenteraient des méthodes efficaces et fiables pour le traitement de défauts alvéolaires verticaux s'étendant jusqu'à 4 mm de hauteur. La réalisation de ces interventions expose le praticien et le patient à la survenue éventuelle de complications diverses et fréquentes, ainsi qu'à une résorption certaine d'une partie du greffon. Il s'agit enfin de techniques chirurgicales délicates, dont les résultats sont particulièrement dépendants de l'exécution précautionneuse de la chirurgie. Le choix doit ainsi être guidé par la situation clinique, les attentes du patient, les habilités du praticien et la recherche de la diminution de risque de complications.

Des essais cliniques contrôlés complémentaires, portant sur de grands échantillons et basés sur des critères standardisés, sont nécessaires pour évaluer la répercussion à long terme de ces techniques sur le taux de survie et le taux de succès implantaire.

Table des figures

Figure 1 :	vue antéro-latérale supérieure d'une mandibule adulte	4
Figure 2 :	vue postérieure gauche d'une mandibule adulte	4
Figure 3 :	vue tridimensionnelle de la face inférieure du plancher buccal représentant l'artère linguale ll'artère submentale et l'artère faciale	4
Figure 4 :	coupe frontale de la mandibule	5
Figure 5 :	images radiographiques illustrant les différentes positions du NAI et du foramen mentonnier par rapport à l'os crestal	6
Figure 6 :	vue transversale du trajet des nerfs issus du V3	6
Figure 7 :	coupe histologique montrant une couche d'ostéoblastes à la surface de l'os.....	7
Figure 8 :	coupe histologique montrant de multiples ostéocytes	7
Figure 9 :	coupe histologique montrant des ostéoclastes au niveau de l'os résorbé	8
Figure 10 :	schéma illustrant l'organisation d'un système de Havers	9
Figure 11 :	schéma illustrant le cycle du remodelage osseux	10
Figure 12 :	suppression de la table vestibulaire montre une trabéculatation plus lâche dans la zone molaire ..	12
Figure 13 :	classification de la résorption dans les secteurs postérieurs mandibulaires selon Cawood et Howell	14
Figure 14 :	genèse, succès, et survie d'un traitement prothétique implanto-porté ou implanto-supporté	15
Figure 15 :	typologie osseuse fondée sur le plan histologique selon Lekholm et Zarb.	17
Figure 16 :	situation préopératoire montrant un défaut alvéolaire vertical sévère	21
Figure 17 :	fixation du distracteur alvéolaire vertical sévère	21
Figure 18 :	suture.....	21
Figure 19 :	mise en place de 5 implants de 13 mm de longueur, ici à 6 mois	21
Figure 20 :	situation prothétique finale.....	22
Figure 21 :	kit d'inserts destinés aux ostéotomies, Mectron®	23
Figure 22 :	vue clinique d'un défaut crestal postérieur	25
Figure 23 :	décollement d'un lambeau de pleine épaisseur	25
Figure 24 :	prélèvement du greffon, on distingue les perforations corticales rejoignant les ostéotomies mésiale et distale	25
Figure 25 :	division du prélèvement en deux lamelles corticales.....	26
Figure 26 :	fixation de la première lamelle en position occlusale à l'aide de deux vis en titane.....	26
Figure 27 :	comblement de l'espace par de l'os particulaire	26
Figure 28 :	fixation de la deuxième lamelle corticale en vestibulaire	27
Figure 29 :	sutures du site d'intervention	27
Figure 30 :	principes de l'ostéotomie segmentaire en sandwich.....	28
Figure 31 :	panoramique pré-chirurgicale	29
Figure 32 :	guide radiologique en place : mesure de la hauteur alvéolaire résiduelle et planification implantaire	29
Figure 33 :	vue clinique du défaut crestal	30
Figure 34 :	décollement de pleine épaisseur	30
Figure 35 :	après ostéotomie segmentaire, l'ouverture de l'espace médullaire et le décollement du segment osseux crestal sont réalisés.....	30
Figure 36 :	stabilisation du segment osseux à la hauteur désirée par des plaques d'ostéosynthèse	30
Figure 37 :	vue clinique post-opératoire à une semaine	31
Figure 38 :	panoramique post-opératoire et panoramique à 3 mois	31
Figure 39 :	scanner pré-implantaire et planification, ici l'augmentation osseuse a permis la pose d'implants de 6 et 9 mm	31
Figure 40 :	vue clinique de la cicatrisation à 4 mois, on note la bonne vascularisation du site et la formation d'un os de qualité	31
Figure 41 :	pose des implants	31

Figure 42 :	<i>panoramique de contrôle à 12 mois et à 9 ans, on remarque la stabilité du tissu osseux péri-implantaire</i>	32
Figure 43 :	<i>contrôle clinique à 2 ans</i>	32
Figure 44 :	<i>vue clinique d'un défaut vertical mandibulaire</i>	34
Figure 45 :	<i>mise en évidence d'une crête en lame de couteau et mesure du défaut osseux</i>	34
Figure 46 :	<i>mise en place d'un mélange d'os autogène et d'origine bovine sous forme particulière..</i>	35
Figure 47 :	<i>fixation d'une membrane en PTFE d'os xénogène renforcée en titane</i>	35
Figure 48 :	<i>libération du lambeau et sutures sans tensions</i>	35
Figure 49 :	<i>vue clinique de la cicatrisation à 9 mois</i>	35
Figure 50 :	<i>dépose de la membrane et mise en évidence de la crête régénérée</i>	35
Figure 51 :	<i>mise en place de 3 implants en position légèrement sous-crestale pour prévenir le remodelage osseux</i>	36
Figure 52 :	<i>vue clinique des restaurations finales</i>	36
Figure 53 :	<i>rétroalvéolaire à 6mois après reconstruction finale</i>	36
Figure 54 :	<i>flow chart illustrant la méthodologie de sélection</i>	39
Figure 55 :	<i>récapitulatif des principales caractéristiques des études analysées</i>	41
Figure 56 :	<i>tableau récapitulatif des résultats des études analysées</i>	42
Figure 57 :	<i>tableau synthétique personnel des résultats portant sur les critères de jugements secondaires</i>	53
Figure 58 :	<i>synthèse personnelle des résultats rapportés par la méta-analyse de Urban et al. concernant le gain osseux vertical et le taux de complications par technique</i>	58

Bibliographie

1. Davarpanah M, Szmukler-Moncler S, Rajzbaum P, Corbière S de, Vacher C, Zyman P. Manuel d'implantologie clinique: consolidation des savoirs et ouvertures sur l'avenir [Internet]. 4e édition. Malakoff: Éditions CdP; 2018.
2. Gaudy JF, Cannas B, Gillot L, Charrier JL, Vacher C. Atlas d'anatomie implantaire [Internet]. 2e édition. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2011. Disponible sur: <https://go.exlibris.link/vMxT6xYt>
3. <https://olivier-oth.eu/wp-content/uploads/2019/09/cours-anatomie-et-esthetique-DU-ULB-260919.pdf>.
4. Stephan G, Noharet R, Berteretche MV, Mariani P. Risques anatomiques à la mandibule en chirurgie implantaire. 2006;12:16.
5. Pastoureau P. Physiologie du développement du tissu osseux. INRAE Prod Anim. 10 oct 1990;3(4):265-73.
6. Vernejoul M, Marie P. Cellules osseuses et remodelage osseux. médecine/sciences. 1993;9(11):1192.
7. Khoury, Fouad, Th Hanser, and P. Keller. 2011. Greffe osseuse en implantologie. Paris: Quintessence international.
8. Baron R. L'ostéoclaste et les mécanismes moléculaires de la résorption osseuse. médecine/sciences. déc 2001;17(12):1260-9.
9. Thomas T, Martin A, Lafage-Proust MH. Physiologie du tissu osseux. EMC - Appar Locomoteur. janv 2008;3(1):1-16.
10. <https://www.afblum.be/bioafb/struos/struos.htm>.
11. Dwek JR. The periosteum: what is it, where is it, and what mimics it in its absence? Skeletal Radiol. avr 2010;39(4):319-23.
12. Sculean A, Stavropoulos A, Bosshardt DD. Self-regenerative capacity of intra-oral bone defects. J Clin Periodontol. juin 2019;46:70-81.
13. Araújo MG, da Silva JCC, de Mendonça AF, Lindhe J. Ridge alterations following grafting of fresh extraction sockets in man. A randomized clinical trial. Clin Oral Implants Res. avr 2015;26(4):407-12.
14. Hämmerle CHF, Araújo MG, Simion M, On Behalf of the Osteology Consensus Group 2011. Evidence-based knowledge on the biology and treatment of extraction sockets. Clin Oral Implants Res. févr 2012;23:80-2.

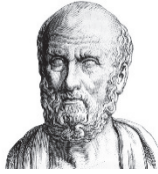
15. Barone A, Aldini NN, Fini M, Giardino R, Calvo Guirado JL, Covani U. Xenograft Versus Extraction Alone for Ridge Preservation After Tooth Removal: A Clinical and Histomorphometric Study. *J Periodontol.* août 2008;79(8):1370-7.
16. Gaudy Jean-François et al. *Anatomie clinique [Texte imprimé]*. Rueil-Malmaison: Editions CdP, 2003. Print. In.
17. Gaudy, Jean-François, et al. *Atlas d'Anatomie Implantaire*. Elsevier Masson, Issy-les-Moulineaux, 2011.
18. Allen EP, Gainza CS, Farthing GG, Newbold DA. Improved technique for localized ridge augmentation. A report of 21 cases. *J Periodontol.* 1985 Apr;56(4):195-9. doi: 10.1902/jop.1985.56.4.195. PMID: 2987473.
19. Lekholm, U., Zarb, GA., Albrektsson, T, (1985): "Patient selection and preparation. Tissue integrated prostheses." Chicago: Quintessence Publishing Co. Inc. 199-209.
20. Cawood JI, Howell RA. A classification of the edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Surg.* août 1988;17(4):232-6.
21. Brånemark PI, Hansson BO, Adell R, Breine U, Lindström J, Hallén O, Ohman A. 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.
22. Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR. The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1986 Summer;1(1):11-25.
23. Tavitian Patrick, Hüe Olivier, Zarb George A, Klineberg Iven, Antezack Angéline 1992-...., Armand Serge, et al. *Prothèses supra-implantaires : données et conceptions actuelles*. Malakoff: Malakoff : Éditions CdP; 2017.
24. Dierens M, De Bruyn H, Kisch J, Nilner K, Cosyn J, Vandeweghe S, et al. Prosthetic Survival and Complication Rate of Single Implant Treatment in the Periodontally Healthy Patient after 16 to 22 Years of Follow-Up. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2016;18(1):117-28.
25. Baudoin CA, Bennani V, Touati B. *Un projet prothétique en implantologie [Internet]*. Paris: Quintessence international; 2003. Disponible sur: <https://go.exlibris.link/6kc1nKfh>
26. Tarnow DP, Cho SC, Wallace SS. The effect of inter-implant distance on the height of inter-implant bone crest. *J Periodontol.* 2000 Apr;71(4):546-9. doi: 10.1902/jop.2000.71.4.546. PMID: 10807116.
27. Mezzomo LA, Miller R, Triches D, Alonso F, Shinkai RS. Meta-analysis of single crowns supported by short (<10 mm) implants in the posterior region. *J Clin Periodontol.* 2014 Feb;41(2):191-213. doi: 10.1111/jcpe.12180. Epub 2013 Nov 25.
28. Trisi P, Rao W, Rebaudi A. A histometric comparison of smooth and rough titanium implants in human low-density jawbone. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1999 Sep-Oct;14(5):689-98.

29. Misch CE, Goodacre CJ, Finley JM, Misch CM, Marinbach M, Dabrowsky T, English CE, Kois JC, Cronin RJ Jr. Consensus conference panel report: crown-height space guidelines for implant dentistry-part 2. *Implant Dent.* 2006 Jun;15(2):113-21.
30. Blanes RJ, Bernard JP, Blanes ZM, Belser UC. A 10-year prospective study of ITI dental implants placed in the posterior region. II: Influence of the crown-to-implant ratio and different prosthetic treatment modalities on crestal bone loss. *Clin Oral Implants Res.* 2007 Dec;18(6):707-14.
31. Khoury F, Antoun H, Missika P, Bessade J, Chiapasco M, Hage G. Bone augmentation in oral implantology [Internet]. London;Chicago;Berlin; Quintessence Publishing; 2007. Disponible sur: <https://go.exlibris.link/tyKx72vs>
32. Haute Autorité de Santé. Substituts osseux. Révision de catégories homogènes de dispositifs médicaux. Saint-Denis La Plaine : HAS ; 2013.
33. Nomura T, Gold E, Powers MP, Shingaki S, Katz JL. Micromechanics/structure relationships in the human mandible. *Dent Mater.* 2003;19(3):167-73.
34. Seban A, Bonnaud P. Pratique clinique des greffes osseuses et implants: modalités thérapeutiques et prise en charge des complications [Internet]. Issy-Les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2012. Disponible sur: <https://go.exlibris.link/HclsvzrY>
35. Gouët E, Azria D, Amzalag J, Amzalag A. Codes de la réussite en implantologie orale [Internet]. Disponible sur: <https://go.exlibris.link/6mtk4vG2>
36. Aghaloo TL, Moy PK. Which hard tissue augmentation techniques are the most successful in furnishing bony support for implant placement? *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2007;22(Journal Article):49-66.
37. Ilizarov GA, Lediaev VI, Shitin VP. Techenie reparativnoï regeneratsii kompaktnoï kosti pri distraktsionnom osteosinteze v razlichnykh usloviiakh fiksatsii kostnykh otlomkov (éksperimental'noe issledovanie) [The course of compact bone reparative regeneration in distraction osteosynthesis under different conditions of bone fragment fixation (experimental study)]. *Eksp Khir Anesteziol.* 1969 Nov-Dec;14(6):3-12. Russian. PMID: 5385792.
38. Ilizarov GA. The principles of the Ilizarov method. *Bull Hosp Jt Dis Orthop Inst.* 1988 Spring;48(1):1-11. PMID: 2840141.
39. Rachmiel A, et al. Sandwich osteotomy for the reconstruction of deficient alveolar bone, *Int J Oral Maxillofac Surg* (2018).
40. Raghoobar GM, Liem RS, Vissink A. Vertical distraction of the severely resorbed edentulous mandible: a clinical, histological and electron microscopic study of 10 treated cases. *Clin Oral Implants Res.* 2002 Oct;13(5):558-65. doi: 10.1034/j.1600-0501.2002.130517.x. PMID: 12453135.
41. Elnayef B, Monje A, Gargallo-Albiol J, Galindo-Moreno P, Wang HL, Hernández-Alfaro F. Vertical Ridge Augmentation in the Atrophic Mandible: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2017 Mar/Apr;32(2):291-312. doi: 10.11607/jomi.4861. PMID: 28291849.

42. de Groot RJ, Oomens MAEM, Forouzanfar T, Schulten EAJM. Bone augmentation followed by implant surgery in the edentulous mandible: A systematic review. *J Oral Rehabil.* 2018 Apr;45(4):334-343. doi: 10.1111/joor.12605. Epub 2018 Jan 18. PMID: 29314144.
43. Ugurlu F, Sener BC, Dergin G, Garip H. Potential complications and precautions in vertical alveolar distraction osteogenesis: a retrospective study of 40 patients. *J Craniomaxillofac Surg.* 2013 Oct;41(7):569-73. doi: 10.1016/j.jcms.2012.11.028. Epub 2013 Feb 1. PMID: 23375448.
44. Spencer KR. Implant based rehabilitation options for the atrophic edentulous jaw. *Aust Dent J.* 2018 Mar;63 Suppl 1:S100-S107. doi: 10.1111/adj.12595. PMID: 29574819.
45. Baker RD, Terry BC, Davis WH, Connole PW. Long-term results of alveolar ridge augmentation. *J Oral Surg.* 1979 Jul;37(7):486-9. PMID: 376796.
46. McGrath CJ, Schepers SH, Blijdorp PA, Hoppenreijts TJ, Erbe M. Simultaneous placement of endosteal implants and mandibular onlay grafting for treatment of the atrophic mandible. A preliminary report. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1996 Jun;25(3):184-8. doi: 10.1016/s0901-5027(96)80026-9. PMID: 8872220.
47. Vermeeren JJ, Wismeijer D, van Waas MA. One-step reconstruction of the severely resorbed mandible with onlay bone grafts and endosteal implants. A 5-year follow-up. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1996 Apr;25(2):112-5. doi: 10.1016/s0901-5027(96)80053-1. PMID: 8727581.
48. Pierrefeu A, Sauvigné T, Cresseaux P, Jeanniot PY, Breton P. Technique du coffrage en greffe osseuse préimplantaire mandibulaire postérieure : entre apposition et régénération [Pre-implantation bone graft coffering technique for posterior mandibular edentulism: between onlay grafting and regeneration]. *Rev Stomatol Chir Maxillofac.* 2012 Sep;113(4):322-6. French. doi: 10.1016/j.stomax.2012.06.004. Epub 2012 Aug 21. PMID: 22920892.
49. <https://mectron.fr/produits/piezosurgeryr/set-dinserts/osteotomy-kit/>.
50. Novy LFS, Aguiar EG, de Arruda JAA, de Castro MAA, Moreira AN, dos Santos EG, et al. Linear and volumetric gain after vertical bone augmentation in the posterior mandible using an autologous cortical tenting method. *Int J Oral Maxillofac Surg.* nov 2019;48(11):1485-91.
51. Schettler D. Sandwichtechnik mit Knorpeltransplantat zur Alveolarkammerhöhung im Unterkiefer [Sandwich technic with cartilage transplant for raising the alveolar process in the lower jaw]. *Fortschr Kiefer Gesichtschir.* 1976;20:61-3. German. PMID: 770282.
52. Stellingsma C, Raghoebar GM, Meijer HJ, Batenburg RH. Reconstruction of the extremely resorbed mandible with interposed bone grafts and placement of endosseous implants. A preliminary report on outcome of treatment and patients' satisfaction. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 1998 Aug;36(4):290-5.

53. Yeung R. Surgical management of the partially edentulous atrophic mandibular ridge using a modified sandwich osteotomy: A case report. *Int J Maxillofac Implants* 2005;20:799–803.
54. Khoury G , Khoury E : Ostéotomies Segmentaires de la mandibule postérieure Atrophiée, *JPIO*, V 31, N4: Nov 2012: p 259.
55. <https://www.youtube.com/watch?v=-spMMgomlWA>.
56. Murray G, Holden R, Roschlau W. Experimental and clinical study of new growth of bone in a cavity. *Am J Surg.* 1957 Mar;93(3):385-7.
57. Watzinger F, Luksch J, Millesi W, Schopper C, Neugebauer J, Moser D, Ewers R. Guided bone regeneration with titanium membranes: a clinical study. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2000 Aug;38(4):312-5.
58. Zitzmann NU, Naef R, Schärer P. Resorbable versus nonresorbable membranes in combination with Bio-Oss for guided bone regeneration. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1997 Nov-Dec;12(6):844-52.
59. Urban IA, Monje A, Lozada J, Wang HL. Principles for Vertical Ridge Augmentation in the Atrophic Posterior Mandible: A Technical Review. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2017 Sep/Oct;37(5):639-645.
60. *Implant_24-2_Surmenian* 93..100. 2018;8.
61. Nielsen HB, Starch-Jensen T. Lateral ridge augmentation in the posterior part of the mandible with an autogenous bone block graft harvested from the ascending mandibular ramus. A 10-year retrospective study. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg.* avr 2021;122(2):141-6.
62. Aloy-Prósper A, Peñarrocha-Oltra D, Peñarrocha-Diago M, Hernández-Alfaro F, Peñarrocha-Diago M. Peri-implant Tissues and Patient Satisfaction After Treatment of Vertically Augmented Atrophic Posterior Mandibles with Intraoral Onlay Block Bone Grafts: A Retrospective 3-Year Case Series Follow-up Study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* janv 2018;33(1):137-44.
63. Khojasteh A, Safiaghdam H, Farajpour H. Pedicled segmental rotation techniques for posterior mandible augmentation: a preliminary study. *Int J Oral Maxillofac Surg.* déc 2019;48(12):1584-93.
64. Geng Y, Zhou M, Parvini P, Scarlat S, Naujokat H, Abraha SM, et al. Sandwich osteotomy in atrophic mandibles: A retrospective study with a 2- to 144-month follow-up. *Clin Oral Implants Res.* oct 2019;30(10):1027-37.
65. Agabiti I, Botticelli D. Two-Stage Ridge Split at Narrow Alveolar Mandibular Bone Ridges. *J Oral Maxillofac Surg.* oct 2017;75(10):2115.e1-2115.e12.
66. Toledano-Serrabona J, Sanchez-Garces M, Sanchez-Torres A, Gay-Escoda C. Alveolar distraction osteogenesis for dental implant treatments of the vertical bone atrophy: A systematic review. *Med Oral Patol Oral Cirugia Bucal.* 2018;0-0.

67. Rachmiel A, Shilo D, Aizenbud D, Emodi O. Vertical Alveolar Distraction Osteogenesis of the Atrophic Posterior Mandible Before Dental Implant Insertion. *J Oral Maxillofac Surg.* juin 2017;75(6):1164-75.
68. Elnayef B, Porta C, del Amo F, Mordini L, Gargallo-Albiol J, Hernández-Alfaro F. The Fate of Lateral Ridge Augmentation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants.* mai 2018;33(3):622-35.
69. Toti P, Marchionni S, Menchini-Fabris GB, Marconcini S, Covani U, Barone A. Surgical techniques used in the rehabilitation of partially edentulous patients with atrophic posterior mandibles: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. *J Cranio-Maxillofac Surg.* août 2017;45(8):1236-45.
70. Jepsen S, Schwarz F, Cordaro L, Derks J, Hämmerle CHF, Heitz-Mayfield LJ, et al. Regeneration of alveolar ridge defects . Consensus report of group 4 of the 15th European Workshop on Periodontology on Bone Regeneration. *J Clin Periodontol.* 30 avr 2019;jcpe.13121.
71. Bianchi A, Felice P, Lizio G, Marchetti C. Alveolar distraction osteogenesis versus inlay bone grafting in posterior mandibular atrophy: A prospective study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008;105:282–92.
72. Chiapasco M, Zaniboni M, Rimondini L. Autogenous onlay bone grafts vs. alveolar distraction osteogenesis for the correction of vertically deficient edentulous ridges: A 2-4-year prospective study on humans. *Clin Oral Implants Res.* 2007;18:432–40.
73. de Groot RJ, Oomens MAEM, Forouzanfar T, Schulten EAJM. Bone augmentation followed by implant surgery in the edentulous mandible: A systematic review. *J Oral Rehabil.* avr 2018;45(4):334-43.
74. Rocchietta I, Fontana F, Simion M. Clinical outcomes of vertical bone augmentation to enable dental implant placement: a systematic review. *J Clin Periodontol.* sept 2008;35:203-15.
75. Pang KM, Shin Y, Park JY, Kim B, Kim S, Lee JH. Long-Term Outcomes of Implants Placed in Autogenous Onlay Bone Grafts Harvested from Mandibular Ramus and Risk Analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants.* juill 2021;36(4):745-54.
76. Buser D, Mericske-Stern R, Dula K, Lang NP. Clinical experience with one-stage, non-submerged dental implants. *Adv Dent Res.* 1999 Jun;13:153-61.
77. Milinkovic I, Cordaro L. Are there specific indications for the different alveolar bone augmentation procedures for implant placement? A systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2014 May;43(5):606-25.
78. Urban IA, Montero E, Monje A, Sanz-Sánchez I. Effectiveness of vertical ridge augmentation interventions: A systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol.* 2019;46(Suppl. 21):319–339.



SERMENT MEDICAL

En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers condisciples, devant l'effigie d'HIPPOCRATE.

Je promets et je jure, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine Dentaire.

Je donnerai mes soins à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail, je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.

Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.

J'informerai mes patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des connaissances pour forcer les consciences.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leur père.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois déshonoré et méprisé de mes confrères si j'y manque.

GALVEZ Louis – *Comparaison et choix des techniques d'optimisation osseuse à visée implantaire dans les secteurs postérieurs mandibulaires.*

Th. : Chir. dent. : Marseille : Aix-Marseille Université : 2022

Rubrique de classement : Chirurgie pré-implantaire - implantologie

Résumé :

La région postérieure mandibulaire étant le siège d'une résorption alvéolaire particulièrement importante, les techniques d'augmentation verticale et horizontale du volume osseux y sont souvent indiquées afin de permettre la pose d'implants dentaires. L'os autogène demeure le matériau de référence, mais aucun consensus ne permet au praticien de choisir parmi l'étendue des techniques chirurgicales possibles.

L'objectif de ce travail était de faire une mise au point des données actuelles de la littérature concernant les différentes techniques d'optimisation osseuse dans les secteurs postérieurs mandibulaires atrophés en termes de taux de survie et taux de succès implantaire.

Une recherche électronique a été menée dans le moteur de recherche PubMed concernant les techniques d'augmentation osseuse utilisant de l'os autogène dans les secteurs postérieurs mandibulaires atrophés : greffe en onlay, greffe en inlay, distraction ostéogénique, et régénération osseuse guidée. 39 articles complets ont été analysés parmi lesquels 12 répondaient aux critères de sélection. Deux critères principaux (taux de survie et taux de succès implantaire) et quatre critères secondaires (gain osseux moyen, taux de complications post-opératoires, résorption du greffon, résorption péri-implantaire) ont été étudiés.

Tous les articles ont rapporté un taux de survie et un taux de succès implantaire élevé quel que soit la technique. Les méta-analyses n'ont pas mis en évidence de différence significative entre les techniques utilisées en termes de taux de survie ou taux de succès implantaire à court terme. Des études complémentaires basées sur des critères standardisés sont nécessaires pour évaluer la répercussion à long terme de ces techniques sur le taux de survie et le taux de succès implantaire.

Mots-clés : Mandibule postérieure - Implants dentaires - Augmentation de la crête alvéolaire - Os Autogène.

GALVEZ Louis – *Comparison and choice of bone optimization techniques for implant treatment in the mandibular posterior sectors.*

Abstract:

Because the posterior mandibular region is the site of particularly high alveolar resorption, vertical and horizontal bone augmentation techniques are often indicated to allow for the placement of dental implants. Autogenous bone remains the reference material, but no consensus allows the practitioner to choose among the range of possible surgical techniques.

The objective of this work was to review the current literature regarding the different bone optimization techniques in the atrophied mandibular posterior sectors in terms of survival and implant success rates. An electronic search was conducted in the PubMed search engine for bone augmentation techniques using autogenous bone in atrophic mandibular posterior areas: onlay grafting, inlay grafting, osteogenic distraction, and guided bone regeneration. A total of 39 complete articles were reviewed, of which 12 met the selection criteria. Two primary endpoints (survival rate and implant success rate) and four secondary endpoints (mean bone gain, postoperative complication rate, graft resorption, peri-implant resorption) were studied.

All articles reported a high survival rate and implant success rate regardless of technique. The meta-analyses did not show any significant difference between the techniques used in terms of survival rate or short-term implant success rate. Further studies based on standardized criteria are needed to evaluate the long-term impact of these techniques on survival and implant success rates.

Keywords: Posterior mandible - Dental implants - Alveolar ridge augmentation - Autogenous bone.