



HAL
open science

Techniques d'augmentation osseuse latérale à la mandibule

Juliette Pott

► **To cite this version:**

Juliette Pott. Techniques d'augmentation osseuse latérale à la mandibule. Sciences du Vivant [q-bio]. 2018. hal-03297623

HAL Id: hal-03297623

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-03297623v1>

Submitted on 23 Jul 2021

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.



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

THÈSE

pour le

DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

par

Juliette POTT

Née le 31/07/1991 à Nancy (54)

**Techniques d'augmentation osseuse latérale à la
mandibule**

Présentée et soutenue publiquement le 05 octobre 2018

Membres du jury :

Monsieur P. AMBROSINI	Professeur des universités	Président et directeur de thèse
Monsieur D. JOSEPH	Maître de conférences	Juge
Monsieur N. HASNAOUI	Assistant	Juge
Monsieur J-P. ARTIS	Professeur honoraire	Juge

Président : Professeur Pierre MUTZENHARDT

Doyen : Professeur Jean-Marc MARTRETTE

Vice-Doyens : Dr Céline CLEMENT – Dr Rémy BALTHAZARD – Dr Anne-Sophie VAILLANT

Membres Honoraires : Dr L. BABEL – Pr. S. DURIVAUX – Pr A. FONTAINE – Pr G. JACQUART – Pr D. ROZENCWEIG - Pr ARTIS - Pr M. VIVIER

Doyens Honoraires : Pr J. VADOT, Pr J.P. LOUIS

Professeur émérite : Pr M-P FILLEUL

Département Odontologie pédiatrique Sous-section 56-01	Mme <u>DROZ Dominique</u>	Maître de Conférences *
	Mme JAGER Stéphanie	Maître de Conférences *
	M. PREVOST Jacques	Maître de Conférences
	Mme HERNANDEZ Magali	Maître de Conférences Associée *
	M. LEFAURE Quentin	Assistant
Département Orthopédie dento-faciale Sous-section 56-01	Mme DARSAT Claire	Assistante*
	M. <u>EGLOFF Benoît</u>	Maître de Conférences *
	Mme GREGOIRE Johanne	Assistante
Département Prévention, épidémiologie, économie de la santé, odontologie légale Sous-section 56-02	Mme <u>CLÉMENT Céline</u>	Maître de Conférences *
	M. BAUDET Alexandre	Assistant *
	Mme NASREDDINE Greyce	Assistante
Département Parodontologie Sous-section 57-01	M. <u>AMBROSINI Pascal</u>	Professeur des Universités *
	Mme BISSON Catherine	Maître de Conférences *
	M. JOSEPH David	Maître de Conférences *
	M. PENAUD Jacques	Maître de Conférences
	M. LACH Patrick	Assistant
	Mme MAYER-COUPIN Florence	Assistante
	Mme PAOLI Nathalie	Enseignante univ. – Praticien attachée*
Département Chirurgie orale Sous-section 57-01	Mme <u>GUILLET-THIBAUT Julie</u>	Maître de Conférences *
	M. BRAVETTI Pierre	Maître de Conférences
	Mme PHULPIN Bérengère	Maître de Conférences *
	M. CLERC Sébastien	Assistant*
	M. HASNAOUI Nasr	Assistant
Département Biologie orale Sous-section 57-01	Mme KICHENBRAND Charlène	Enseignante univ. – Praticien attachée*
	M. <u>YASUKAWA Kazutoyo</u>	Maître de Conférences *
	M. MARTRETTE Jean-Marc	Professeur des Universités *
Département Dentisterie restauratrice, endodontie Sous-section 58-01	Mme EGLOFF-JURAS Claire	Assistante*
	M. <u>MORTIER Éric</u>	Maître de Conférences *
	M. AMORY Christophe	Maître de Conférences
	M. BALTHAZARD Rémy	Maître de Conférences *
	M. ENGELS-DEUTSCH Marc	Maître de Conférences
	M. VINCENT Marin	Maître de Conférences*
	Mme GEBHARD Cécile	Assistante
Département Prothèses Sous-section 58-01	M. GEVREY Alexis	Assistant
	M. GIESS Renaud	Assistant *
	M. <u>DE MARCH Pascal</u>	Maître de Conférences
	M. SCHOUVER Jacques	Maître de Conférences
	Mme VAILLANT Anne-Sophie	Maître de Conférences *
	Mme CORNE Pascale	Maître de Conférences Associée *
	M. CIESLAK Steve	Assistant
	M. HIRTZ Pierre	Assistant *
Département Fonction-dysfonction, imagerie, biomatériaux Sous-section 58-01	M. KANNENGIESSER François	Assistant
	Mme MOEHREL Bethsabée	Assistante*
	M. VUILLAUME Florian	Assistant
	Mme <u>STRAZIELLE Catherine</u>	Professeur des Universités *
	Mme MOBY (STUTZMANN) Vanessa	Maître de Conférences *
	M. SALOMON Jean-Pierre	Maître de Conférences
	Mme WILLEMEN Anne-Sophie	Assistante Associée

Souligné : responsable de département * temps plein

Mis à jour le 08/02/2018

Par délibération en date du 11 décembre 1972, la Faculté de Chirurgie Dentaire a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propre à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur

A NOTRE PRESIDENT ET DIRECTEUR DE THESE

Monsieur le Professeur Pascal AMBROSINI

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université de Lorraine Vice-Doyen au budget et aux affaires
hospitalières

Habilité à diriger des recherches

Professeur des Universités

Responsable de la sous-section : Parodontologie

Vous nous faites l'honneur et le plaisir de présider notre jury de thèse.

*Nous vous remercions pour vos qualités pédagogiques et humaines que nous avons
pu apprécier durant toutes nos années d'études.*

Soyez assuré de notre plus grande gratitude et de notre plus profond respect.

A NOTRE JUGE

Monsieur le Docteur David JOSEPH

Docteur en Chirurgie Dentaire

Maître de Conférences Associé des Universités

Sous-section : Parodontologie

Nous apprécions l'honneur que vous nous faites en acceptant de faire partie de notre jury de thèse.

Qu'il vous soit témoigné notre profonde reconnaissance pour votre savoir et pour toutes les connaissances que vous nous avez enseignées.

Soyez assuré de notre sincère gratitude et de notre profonde reconnaissance.

A NOTRE JUGE

Monsieur le Docteur Nasr HASNAOUI

Docteur en Chirurgie Dentaire

Ancien interne en Chirurgie Orale

Assistant hospitalo-universitaire au CHRU de Nancy

Vous nous avez fait l'honneur d'accepter avec gentillesse et très spontanément de juger notre travail.

Soyez assuré de notre sincère gratitude et de notre profonde reconnaissance.

A NOTRE JUGE

Monsieur le Professeur Jean-Paul ARTIS

Docteur en chirurgie dentaire

Docteur de troisième cycle en sciences odontologique

Docteur de l'université Louis Pasteur de Strasbourg

Professeur honoraire à la Faculté d'odontologie de Nancy

Habilité à diriger des recherches à l'université Henry Poincaré

Chevalier de l'ordre national du mérite

Président de la compagnie des experts de justice près la Cour d'Appel de Nancy

Président de la compagnie des experts auprès de la Cour Administrative de Nancy

Nous avons été touchés par la confiance que vous avez bien voulu témoigner en acceptant de siéger parmi le jury de cette thèse.

Nous vous remercions pour nous avoir accueilli au sein de votre cabinet et nous avoir tout appris.

Vous avez été plus qu'un professeur pour nous et pour cela nous vous remercions et vous témoignons l'expression de notre gratitude et de notre profond respect.

REMERCIEMENTS

A mes parents, pour m'avoir tout donné, avoir toujours eu confiance en moi, avoir tout fait pour que j'en sois là aujourd'hui. Je vous suis infiniment reconnaissante et la seule chose qui compte pour moi est que vous soyez fiers.

A Pauline, pour être à la fois ma sœur et ma meilleure amie, pour m'avoir encouragé et protégé toutes ces années. Nous sommes si différentes et pourtant si proches.

A Alexis, pour m'épauler dans mes projets, avoir la patience de me rassurer sans cesse et tout simplement merci de partager ma vie.

A ma famille, Mamie Léa et Mamie Nicole, Papi André et Papi Rolland, pour avoir pris soin de moi. A mes tantes Marylène et Chantal, mes oncles Jacques et Bernard, pour tous ces moments familiaux partagés. A mes cousins Nicolas, Louis et César pour nos cousinades.

A mon parrain, pour ne jamais oublier un anniversaire.

A ma marraine, pour avoir fait tout ce chemin pour être présente aujourd'hui.

A la famille Rollet, pour m'avoir si bien accueilli dans la plus belle ville du monde.

A Marion, mon cochon, pour nos fous rires, nos disputes et notre amitié qui est si forte qu'elle a même réussi à survivre à une colocation.

A Camille, pour être toujours présente et à l'écoute sans jamais juger, pour être mon binôme dans ces moments de soirées et de vacances où je n'ai envie de voir personne.

A Marie, pour ces années de travail partagées sans une tension, pour m'avoir inconsciemment poussé dans ma vie personnelle et professionnelle parce qu'avec toi tout à l'air si simple.

Merci à vous trois d'être présentes dans les bons moments (et ça il y en plein !) mais aussi dans les mauvais, c'est à ça qu'on reconnaît les vraies amies.

A Filou, pour me faire partager ta philosophie qui me grandit et m'apaise depuis ma première année.

A Alex, pour ton naturel et ton enthousiasme permanent.

A Antoine G, pour me faire toujours rire, parfois malgré toi.

Merci à vous trois pour tous ces voyages, ces parties de cartes, ces souvenirs et les années qui passent et ne font que nous souder.

A Romain, mon caneton, pour être tout le temps partant et motivé.

A Michou et Gulie, pour votre folie.

A Laure-Anne et Hugo, pour les moments de golf passés et à venir !!

A Laure, Sophie, Coraline, Sarah et Marie, pour tous ces moments au lycée et après, même s'il est difficile de se voir régulièrement, quand je vous retrouve rien n'a changé.

A Marine et Xavier, pour nos soirées mémorables du samedi soir.

A Antoine A, Célia, Iris, Jules, Lison, Lorraine, Paul, Paulo, Prétot, les bijoux, pour avoir fait de mes études une période de ma vie inoubliable, qui me rend déjà nostalgique.

A Antoine R, pour m'avoir supporté et porté durant ma première année.

A Garou, pour avoir été mon fillot.

A P'tit Chinois, pour m'avoir fait rire avec ta dextérité.

A Tété, pour m'avoir tant rassuré pendant le CSCT avec tout ton savoir !

A Kuz, pour rester mon ami malgré mon incapacité à envoyer des messages.

A Valentine, pour avoir été une super binôme.

A Olivier ARTIS, pour m'avoir rassuré dans mes débuts.

A Valérie, pour partager tous ces mercredis avec moi et trouver des solutions à tout problème.

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION

1. REMODELAGE OSSEUX MANDIBULAIRE

1.1. Rappels anatomiques et physiologiques de l'os mandibulaire

1.1.1. Structure macroscopique et microscopique

1.1.2. Physiologie du remodelage osseux mandibulaire

1.2. Résorption osseuse mandibulaire

1.2.1. Caractéristiques de la résorption

1.2.2. Comparaison avec la résorption au maxillaire

1.2.3. Etiologies de la résorption

1.2.4. Mécanisme de cicatrisation et résorption post-extractionnelle

1.3. Intérêt et indications de l'augmentation osseuse latérale

1.3.1. Classifications des crêtes osseuses

1.3.2. Décision thérapeutique

1.3.3. Paramètres à considérer dans la réalisation des techniques d'augmentation osseuse latérale

2. DESCRIPTION DES TECHNIQUES D'AUGMENTATION OSSEUSE LATÉRALE

2.1. Greffes d'apposition

2.1.1. Propriétés d'un biomatériau

2.1.2. Autogreffe

2.1.3. Allogreffe

- 2.1.4. Xénogreffe
- 2.1.5. Matériaux alloplastiques
- 2.1.6. Greffe d'apposition combinée à une régénération osseuse guidée
- 2.1.7. Tableau récapitulatif des substituts osseux

2.2. Ostéotomie

- 2.2.1. Expansion osseuse
- 2.2.2. Distraction osseuse alvéolaire
- 2.2.3. Corticotomie segmentaire
- 2.2.4. Tableau récapitulatif des techniques d'augmentation par ostéotomie

3. ANALYSE DES RESULTATS OBTENUS AVEC LES DIFFERENTES TECHNIQUES DANS LA LITTERATURE

3.1. Etudes comparatives des différentes techniques

- 3.1.1. Comparaison des greffes d'apposition
- 3.1.2. Comparaison des greffes en onlay seules ou associées à une membrane
- 3.1.3. Comparaison des greffes en onlay aux techniques d'ostéotomies

3.2. Evaluation des résultats des différentes techniques

- 3.2.1. Gain en épaisseur des différentes techniques
- 3.2.2. Résorption des greffons dans les techniques d'apposition
- 3.2.3. Détermination du taux de réussite et des complications des différentes techniques

3.3. Arbre décisionnel

ANNEXES

CONCLUSION

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Schéma de la mandibule (source : document personnel)

Figure 2 : Schéma de l'os compact et l'os spongieux

Figure 3 : Les différentes séquences du remodelage (Thomas, 2008)

Figure 4 : les classes du relief de la crête osseuse selon Cawood et Howell (1988)

Figure 5 : Zone de prélèvement symphysaire vue de face (maxillosaintlouis.fr, 2014)

Figure 6 : Zone de prélèvement au niveau du ramus, vue de profil (maxillosaintlouis.fr, 2014)

Figure 7 : Zone de prélèvement iliaque (Thomsen, 2014).

Figure 8 : Zone de prélèvement pariétal, vue de trois quarts

Figure 9 : Zone de prélèvement ulnaire (Mahnès et Faivre, 2011)

Figure 10 : Bloc osseux autogène apposé au site receveur et maintenu par deux vis d'ostéosynthèse en vue d'une augmentation latérale (Bessade, 2014)

Figure 11 : Apposition en deux couches au maxillaire (Keller, 2018)

Figure 12 : Vérification de l'adaptation du greffon sur mesure à la réplique stéréolithographique du site receveur (Moret et Coll., 2016).

Figure 13 : Bloc Puros réhydraté avant utilisation pour éliminer les bulles d'air et permettre son envahissement par le sang du site receveur (Jabbour et Tourbah, 2011)

Figure 14 : Membrane non résorbables fixée au site receveur par des vis en titane

Figure 15 : Membrane résorbable recouvrant le site receveur (Toscano et Coll, 2010).

Figure 16 : Tableau récapitulatif des substituts osseux utilisés dans les greffes autogènes, leurs avantages et inconvénients (source : document personnel).

Figure 17 de gauche à droite : Ostéotomies crestale et de décharge permettant de guider le trait de fracture, clivage terminal maintenu par des vis bicorticales (Khoury et Coll., 2011).

Figure 18 : Pose des implants dans l'espace ménagé dans le même temps chirurgical (Khoury et Coll., 2011).

Figure 19 de gauche à droite : volet osseux réalisé au piézotome lors du premier temps chirurgical, luxation du volet et mise en place des implants puis site opératoire après sutures avec vis d'ostéosynthèse apparente en vestibulaire lors du second temps chirurgical (Vinay et Coll., 2012).

Figure 20 : Distracteur extra-osseux (Cano et Coll., 2006).

Figure 21 : Distracteur intra-osseux (Cano et Coll., 2006).

Figure 22 : Implant distracteur (Cano et Coll., 2006).

Figure 23 : Les différentes phases de la distraction osseuse alvéolaire (Khoury et Khoury, 2010).

Figure 24 : Mobilisation du volet vestibulaire par le filetage des vis et ostéogénèse transversale (Aparicio et Jensen, 2001).

Figure 25 : Dispositif de Laster et Coll (2005).

Figure 26 : Schématisation en coupe frontale des différents types d'ostéotomies segmentaires (A) verticale (B) horizontale (C) mixte (Bormann et Coll., 2010).

Figure 27 de gauche à droite : Ostéotomie segmentaire réalisée, plaque d'ostéosynthèse qui maintient le fragment cortical et espace formé comblé par de l'os particulaire (Khoury et Coll., 2010).

Figure 28 : Tableau récapitulatif des ostéotomies, leurs avantages et inconvénients (source : document personnel).

Figure 29 : Classification horizontale des changements alvéolaires (HAC) et traitement correspondant adéquat (Pelegri et Coll., 2018).

Figure 30 : Arbre décisionnel dans les pertes osseuses mandibulaires horizontale et mixte (source personnelle).

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Gains transversaux moyens obtenus avec les procédures d'augmentation selon la littérature.

Tableau 2 : Taux de résorption des greffes d'apposition.

Tableau 3 : Taux de survie implantaire et du greffon, ainsi que les complications consécutives à une greffe autogène.

Tableau 4 : Taux de survie implantaire et du greffon ainsi que les complications consécutives à une greffe allogénique.

Tableau 5 : Taux de survie implantaire et de succès implantaire lors d'une expansion osseuse.

Tableau 6 : Taux de survie implantaire et complications consécutives à une distraction osseuse.

Tableau 7 : Taux de survie implantaire et complications consécutives à une corticotomie segmentaire.

INTRODUCTION

L'os mandibulaire est le siège d'un processus constant de remodelage, associant des phases de résorption et d'apposition osseuse induites par les cellules qui le constituent. De nombreux facteurs, tels que les extractions dentaires, entraînent une résorption de l'os, se produisant majoritairement dans le processus alvéolaire mais pouvant s'étendre jusqu'à l'os basal mandibulaire. Cette résorption tridimensionnelle est jusqu'à quatre fois plus active à la mandibule qu'au maxillaire, de par sa structure corticale et sa plus faible surface. Elle constitue une véritable problématique lors de la réhabilitation fonctionnelle et esthétique d'édentements, spécialement lorsque la pose d'implants est envisagée. Une procédure en vue d'augmenter l'os est alors nécessaire. Le praticien doit méticuleusement examiner le dossier médical du patient, ses radiographies, son édentement, le déficit osseux concerné, évaluer si le patient présente d'éventuelles contre-indications, afin de lui proposer le meilleur plan de traitement possible. Il doit ensuite exposer au patient les différentes options thérapeutiques, leur déroulement et les risques de complications associés afin que le patient rende une décision éclairée.

Dans la première partie, nous ferons quelques rappels sur l'anatomie, l'histologie et la physiologie de l'os mandibulaire. Nous reviendrons sur le processus de résorption de l'os ainsi que sur son étiologie multifactorielle. Puis nous verrons dans quelles situations les techniques d'augmentation osseuse sont indiquées ou contre-indiquées, ainsi que les critères qui influencent le praticien dans sa décision.

Dans la seconde partie, nous verrons l'ensemble des techniques d'augmentation osseuse actuellement disponibles. Dans la première catégorie, nous verrons les greffes en onlay qui utilisent un greffon dont les origines sont multiples et variées et qui est apposé au défaut osseux à remodeler. Nous y retrouverons l'autogreffe, aujourd'hui connue comme étant une référence. Dans la seconde catégorie, nous observerons les ostéotomies qui consistent à sectionner la crête alvéolaire et qui reposent sur le processus de cicatrisation de l'os induisant la néoformation osseuse.

Les techniques d'augmentation osseuse horizontale étant nombreuses, il est intéressant de les comparer à partir des données recueillies dans la littérature, ce qui constitue l'objectif principal de cette thèse et que nous retrouverons dans la troisième

partie. Nous déterminerons le gain transversal moyen permis par ces techniques et définirons aussi leur taux de réussite et leurs complications. Pour finir, nous proposerons un arbre décisionnel tenant compte de la situation clinique initiale en y associant une thérapeutique d'augmentation osseuse utilisable par le praticien.

1. REMODELAGE OSSEUX MANDIBULAIRE

Les constituants histologiques de l'os mandibulaire induisent un processus de remodelage osseux, impliquant un phénomène d'apposition et de résorption osseuse, qui se produit tout au long de la vie. Il intervient au cours de la cicatrisation après avulsion dentaire, entraînant une perte de l'épaisseur de l'os. Lors de la réhabilitation esthétique et fonctionnelle de l'édentement, ce déficit constitue un véritable problème, que ce soit en vue d'une réhabilitation fixe ou amovible. C'est pourquoi il sera nécessaire de passer par une étape chirurgicale en vue d'augmenter l'os latéralement.

1.1. Rappels anatomiques et physiologiques de l'os mandibulaire

1.1.1. Structure macroscopique et microscopique :

- Anatomie de l'os mandibulaire :

La mandibule est un os impair, médian et symétrique qui constitue le squelette de l'étage inférieur de la face. Il est constitué par :

- Le corps mandibulaire, horizontal, en forme de fer à cheval ; Sur le bord supérieur du corps, les procès alvéolaires dans lesquels se logent les dents ; En antérieur, la symphyse mentonnière qui témoigne de l'union des deux os dont le corps est formé.
- Les ramus mandibulaires, formant deux branches de chaque côté du corps. A leurs sommets, on y retrouve l'incisure mandibulaire, ainsi que l'apophyse coronoïde en avant et l'apophyse condylienne en arrière.
- L'angle mandibulaire, formé par l'angle de chaque ramus et le corps mandibulaire.

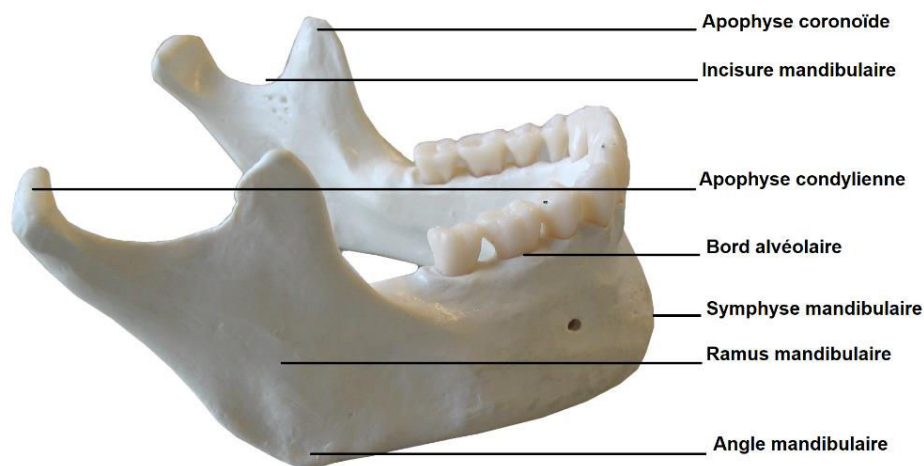


Figure 1 : Schéma de la mandibule (source : document personnel)

La mandibule possède un apport vasculaire externe, l'artère faciale, et un apport vasculaire interne, l'artère alvéolaire inférieure, assurant la majorité de la vascularisation de l'os et qui traverse le corps de la mandibule dans le canal mandibulaire. Elle est innervée par le tronc terminal postérieur du nerf mandibulaire, branche du nerf trijumeau. Ce tronc se divise lui-même en un nerf lingual, localisé au niveau de la face interne postérieure du corps mandibulaire et qui se distribue ensuite dans la langue ; et le nerf alvéolaire inférieur, qui pénètre le foramen mandibulaire, suit l'artère alvéolaire inférieure dans le canal mandibulaire puis se divise en un nerf incisif et un nerf mentonnier qui émerge au niveau du foramen mentonnier.

- Histologie de l'os mandibulaire :

- Les tissus osseux :

La mandibule est formée, de la superficie vers la profondeur, du périoste, d'un os cortical, et d'un os spongieux.

Le périoste fait jonction entre la gencive attachée et l'os sous-jacent. Il est formé par deux couches, l'une externe fibreuse, l'autre interne cellulaire. La couche interne, riche en ostéoblastes, joue un rôle important en cas de fracture ou de plaie chirurgicale.

L'os cortical ou compact est un os dense et dur qui forme une coque périphérique. Il est aussi appelé os haversien, car formé par un agglomérat d'unités structurales élémentaires, les ostéons, composés de lamelles concentriques et au sein desquels sont situés des canaux de Havers. Les canaux de Havers sont reliés entre eux par des canaux transversaux, les canaux de Volkmann. Dans ces canaux s'infiltrent des vaisseaux sanguins et des nerfs.

L'os spongieux est friable. Il est aussi appelé os trabéculaire, car les unités structurales élémentaires qui le constituent forment des lamelles, qui s'accolent pour former des travées, ou trabécules osseuses, dont les directions variées délimitent de petites cavités. Ces lamelles baignent dans la moelle osseuse richement vascularisée.

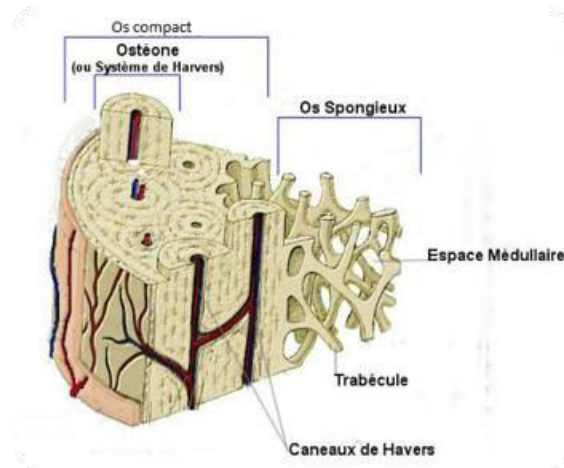


Figure 2 : Schéma de l'os compact et l'os spongieux

- Les cellules osseuses :

L'os contient différents types de cellules : les ostéoblastes, les ostéocytes, les cellules bordantes à pouvoir ostéoformateur, et les ostéoclastes à pouvoir ostéorésorbant.

Les ostéoblastes proviennent de la différenciation de cellules souches mésenchymateuses. Ils sont situés en périphérie de l'ostéon, et produisent de l'os en élaborant la matrice protéique osseuse, qui se minéralise par la suite en utilisant du phosphate de calcium. Ces cellules osseuses se différencient ensuite en ostéocytes entièrement entourés de matrice extra-cellulaire osseuse minéralisée. Ils siègent entre deux lamelles dans des logettes nommées ostéoplastes et sont reliés entre eux par des canalicules.

Les ostéocytes ne fabriquent plus de matrice, leur rôle principal est de réguler l'activité des ostéoblastes et ostéoclastes par production d'hormones. Ils sont les principales cellules du tissu osseux, retrouvés dans l'os compact ainsi que l'os spongieux.

Les cellules bordantes sont des ostéoblastes au repos, revêtant les surfaces osseuses. Elles peuvent s'activer et devenir des ostéoblastes actifs si elles sont sollicitées.

Les ostéoclastes sont des cellules volumineuses et plurinucléées. Ils proviennent de la fusion de préostéoclastes, issus des précurseurs mononucléés, eux-mêmes issus des monocytes. Ils sont localisés sur les surfaces osseuses de l'endoste, dans les systèmes de Havers et occasionnellement sur les surfaces du périoste. Leur rôle principal est de contrôler l'homéostasie du calcium en résorbant le tissu osseux.

- La matrice extra-cellulaire osseuse :

La matrice osseuse est produite par les ostéoblastes et forme des lamelles qui s'interconnectent et confèrent à l'os sa résistance à l'étirement et à la pression. Elle est composée d'une partie organique, riche en fibre de collagène de type I, de protéines osseuses, ainsi que de cytokines et de facteurs de croissance jouant un rôle fondamental pour la minéralisation de cette matrice et la régulation du remodelage du tissu osseux. Elle comporte également une phase minérale constituée de cristaux d'hydroxy-apatite et de carbonate de calcium.

1.1.2. Physiologie du remodelage osseux mandibulaire :

- Principe du mécanisme de remodelage :

Le remodelage osseux est un mécanisme physiologique complexe, décrit par Frost en 1973, qui fonctionne par apposition et résorption locales d'os, permettant le renouvellement perpétuel du tissu osseux tout au long de la vie. Cette séquence de remaniement osseux fait intervenir des unités fonctionnelles de remodelage, où les ostéoclastes et les ostéoblastes sont étroitement liés. La durée d'une séquence est

d'environ trois mois chez l'homme adulte. Chaque année, un homme renouvelle 25% de son os spongieux, et 4% de son os compact, en raison d'une plus grande surface de contact entre le tissu hématopoïétique et les cellules osseuses dans le tissu trabéculaire (Vernejoul et Marie, 1993).

Ce mécanisme permet ainsi à la mandibule de se réparer et de s'adapter aux contraintes auxquelles elle est soumise. De plus, il a été démontré que la pression et la tension stimulent l'activité cellulaire, contribuant au remodelage (Odin, 2009). Par conséquent, un excès ou un manque de forces appliquées sur l'os suite à des avulsions dentaires, provoquent un déséquilibre physiologique favorable à la résorption des crêtes osseuses.

- Principaux acteurs du remodelage :

Le processus de remodelage fait intervenir :

- Les unités fonctionnelles du remodelage : ostéoblastes et ostéoclastes.
- Les facteurs mécaniques, ioniques : calcium et phosphate.
- Les facteurs systémiques : les hormones, principalement les hormones parathyroïdiennes ou PTH (parathormone), mais encore les œstrogènes et les androgènes ; et la vitamine D3.
- Les facteurs locaux : les cytokines, les facteurs de croissance et les protéines, dont les Bone Morphogenetic Protein (BMP) qui jouent un rôle essentiel dans l'ostéogénèse.

- Phases du remodelage osseux :

Phase 1 : Phase d'activation

La surface osseuse est recouverte de cellules bordantes, empêchant l'accès des précurseurs mononucléés des ostéoclastes à la matrice extra-cellulaire. Les facteurs ostéorésorbants, dont les hormones parathyroïdiennes (PTH) et la vitamine D3, entraînent une rétraction des cellules bordantes, laissant ainsi l'accès libre aux précurseurs mononucléés pouvant adhérer à la matrice osseuse.

Les ostéoblastes, sous l'action de la PTH et de la vitamine D3, induisent la différenciation des précurseurs mononucléés en ostéoclastes actifs, par libération, entre autres, de la cytokine hématopoïétique M-CSF (Macrophage-Colony Stimulating Factor) et de ODF (Ostéoclast Differentiating Factor).

Phase 2 : Phase de résorption

La résorption débute par la sécrétion d'ions H⁺ provenant de l'ostéoclaste, qui dissolvent la phase minérale de la matrice grâce à l'acidification produite.

Puis, les lysosomes de l'ostéoclaste déversent leur contenu enzymatique et digèrent les constituants organiques de la matrice osseuse. De ce fait, les ostéoclastes forment une lacune dans la matrice.

Phase 3 : Phase d'inversion

Une fois la lacune formée, les ostéoclastes meurent par apoptose et sont remplacés par des précurseurs ostéoblastiques.

Phase 4 : Phase de formation du tissu osseux

Premier temps : La production de la matrice extra-cellulaire par les ostéoblastes.

Les précurseurs ostéoblastiques, présents au fond de la lacune, se différencient en ostéoblastes et apposent une nouvelle matrice osseuse non minéralisée. Cette production est stimulée par les hormones, notamment les œstrogènes et les androgènes, la vitamine D, ainsi que par des facteurs de croissance et des protéines produits par les ostéoblastes. Dans ces protéines, les BMP, de la superfamille des TGF-béta (Transforming Growth Factor), qui participent au recrutement, à la prolifération, et à la différenciation des ostéoblastes et de leurs précurseurs. A l'inverse, IL1 (InterLeukine) et TNF-alpha (Tumor Necrosis Factor) inhibent la formation de la matrice osseuse.

Deuxième temps : La minéralisation de la matrice extra-cellulaire.

Les ostéoblastes synthétisent une enzyme, la phosphatase alcaline, qui initie la minéralisation du tissu ostéoïde en favorisant les concentrations locales en ions calcium et phosphates. De nouveau, la vitamine D3 joue un rôle important en favorisant l'absorption intestinale du calcium et sa fixation sur l'os.

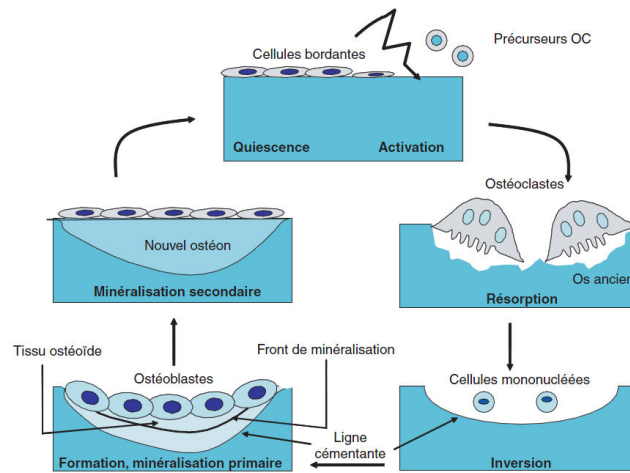


Figure 3 : Les différentes séquences du remodelage (Thomas, 2008).

1.2. Résorption mandibulaire :

1.2.1. Caractéristiques :

La résorption est un phénomène chronique, progressif, irréversible, cumulatif et d'origine multifactorielle (Atwood, 1962). Elle est complexe, car variable d'un individu à l'autre, et variable sur un même individu dans le temps et selon le site osseux. Elle induit une perte tridimensionnelle, soit une perte en hauteur et en épaisseur.

La plupart de la résorption se produit dans le processus alvéolaire suite à une ou plusieurs avulsions dentaires, et peut parfois s'étendre jusqu'à l'os basal. Les modifications sont d'autant plus marquées dans les sites d'extractions multiples. Les études de la littérature ont montré que la résorption est la plus importante au cours de la première année, et principalement durant les 3 premiers mois. La perte osseuse latérale est évaluée à 32% à trois mois, 36% à six mois, 44% à douze mois (Carlsson,

1967). De plus, elles constatent une réduction dimensionnelle horizontale plus importante, la perte en hauteur étant estimée entre 11 à 22% à six mois (Tan et Coll., 2012). Cette résorption osseuse s'accompagne d'une apicalisation des rebords gingivaux, et d'une atrophie des tissus mous.

1.2.2. Comparaison avec la résorption au maxillaire :

La résorption est principalement centripète au maxillaire, et centrifuge à la mandibule.

La résorption centrifuge de la mandibule est singulièrement marquée au niveau des crêtes postérieures. Elle s'explique par l'ostéoarchitecture de la mandibule. En effet, le corps mandibulaire est formé d'une corticale très dense, car il est le lieu d'insertion de muscles masticatoires puissants : le mylo-hyoïdien, les génioglosses, et les génio-hyoïdiens, ainsi que le lieu d'insertion des pressions masticatoires. Lors d'avulsions dentaires, les muscles auront tendance à tracter l'os alvéolaire en lingual. En antérieur, c'est l'inclinaison du bloc incisivo-canin qui détermine si la résorption est centrifuge ou centripète.

Inversement, la résorption centripète au maxillaire provoque une perte osseuse vestibulaire très marquée au niveau des incisives, du fait de leur implantation oblique. La concavité de la voûte palatine tend à s'affaïsser et à s'amoinrir. Elle est moindre au niveau canin et prémolaire car c'est une zone de transmission des forces sous-orbitaires, et aléatoire au niveau molaire.

De plus, bien que le capital osseux à la mandibule soit supérieur à celui du maxillaire, la résorption osseuse est jusqu'à quatre fois plus active à la mandibule (Atwood et Coll, 1971). Cela peut s'expliquer par une surface d'appui 1,8 fois plus étendue au maxillaire qu'à la mandibule. De plus, il est possible que l'os maxillaire spongieux soit mieux adapté à recevoir et répartir les contraintes que l'os mandibulaire compact.

1.2.3. Etiologies :

Comme vu précédemment, Atwood décrit la résorption comme une entité pathologique multifactorielle. Ainsi, elle est induite par des :

- Facteurs généraux :
 - Troubles métaboliques phosphocalciques
 - Troubles endocriniens : ménopause chez la femme induisant une diminution de la sécrétion d'œstrogènes ; déficit en facteurs de croissance
 - Traitement médicamenteux : corticostéroïde, thyroxine
 - Alimentation : carence en vitamine D, carence en calcium
 - Diminution de l'activité physique
 - Hérité
 - Déficit global en cellules osseuses et/ou matrice osseuse

- Facteurs locaux :
 - Facteurs anatomiques : absence de parois externes bordant le site d'avulsion, déficit dépassant les capacités physiologiques de réparation de l'os, une faible densité osseuse
 - Facteurs vasculaires : un apport sanguin limité (Spray et Coll., 2005)
 - Technique d'avulsion : traumatique, multiple
 - Parodontopathies

- Facteurs fonctionnels :
 - Forces appliquées à l'os : la résorption dépend de la fréquence, l'intensité, la durée et la direction de ces forces (Atwood, 2001).

- Une pression moyenne permet de maintenir le volume osseux, néanmoins une pression constante par le port de prothèse dentaire complète accentue la résorption, notamment le port de la prothèse la nuit (Carlsson, 2004).
- Prothèse mal adaptée : induit une variation des pressions sur l'os
- Edentement non réhabilité : absence totale de force appliquée à l'os

1.2.4. Mécanisme de cicatrisation et résorption post-extractionnelle :

Première phase : La formation tissulaire

Elle débute par la formation d'un caillot sanguin grâce à l'hémostase primaire et la coagulation. Ce caillot initial détermine la bonne cicatrisation de l'alvéole. A trois jours post-extractionnels, le caillot se désagrège et est remplacé par le tissu de granulation, riche en fibrine et fibroblastes. Au quatrième jour, les ostéoclastes débutent la résorption des crêtes et des septas alvéolaires, et les ostéoblastes apparaissent au fond de l'alvéole. Ainsi, l'ostéogénèse débute avec la formation de tissu ostéoïde immature. C'est le début précoce du remodelage osseux. A sept jours succède la matrice conjonctive provisoire avec la production de fibres de collagènes par les fibroblastes. Au cours de cet enchainement, l'épithélium des berges alvéolaires prolifère vers le centre de l'alvéole, on parle de lèvres épithéliales. A 20 jours, la formation osseuse s'étend en direction de la partie supérieure, alors que le tissu osseux en fond débute sa minéralisation, se traduisant par l'apparition de trabécules minéralisés. Entre 24 et 35 jours, les lèvres épithéliales fusionnent. De la quatrième à la huitième semaine, les éléments cellulaires et le tissu conjonctif prolifèrent.

Deuxième phase : La maturation tissulaire

De la huitième à la douzième semaine, les trabécules d'os néoformés remplacent progressivement le tissu conjonctif. Dans cet intervalle de temps l'alvéole renferme du tissu trabéculaire, ainsi que du tissu ostéoïde et des ostéoblastes. En conséquence, c'est le moment propice pour le comblement et les greffes autogènes (Evian, 1982). De la douzième à la seizième semaine, l'os mature semble se stabiliser avec la

présence d'os trabéculaire alvéolaire établi. A 6 mois, l'alvéole est comblée par du tissu osseux mature. Le remodelage osseux va se poursuivre intensivement au cours de la première année, puis de façon cyclique. Cependant, la hauteur et l'épaisseur de la crête après cicatrisation complète n'atteindront jamais les valeurs originelles de celle-ci.

1.3. Intérêts et indications de l'augmentation osseuse latérale :

1.3.1. Classifications des crêtes osseuses :

L'examen clinique de la crête osseuse résiduelle est indispensable, car la perte osseuse horizontale évaluée conditionne le choix thérapeutique et permet la planification des étapes du traitement. L'évaluation de la perte osseuse horizontale s'effectue grâce à des classifications (Princ et Coll., 2013) :

- Evaluation du relief de la crête :

La classification de Cawood et Howell (1988) est utilisée comme standard pour la présentation de cas cliniques :

- Classe I : crête dentée pré-extractionnelle
- Classe II : crête édentée post-extractionnelle, les bords sont saillants et l'alvéole se comble progressivement d'os trabéculaire
- Classe III : crête arrondie de hauteur et d'épaisseur suffisantes
- Classe IV : crête très mince, avec un aspect en lame de couteau, mais la hauteur est normale
- Classe V : crête plate, présentant une hauteur et une épaisseur insuffisante
- Classe VI : stade maximum de la résorption, la crête est concave et la résorption s'étend à l'os basal

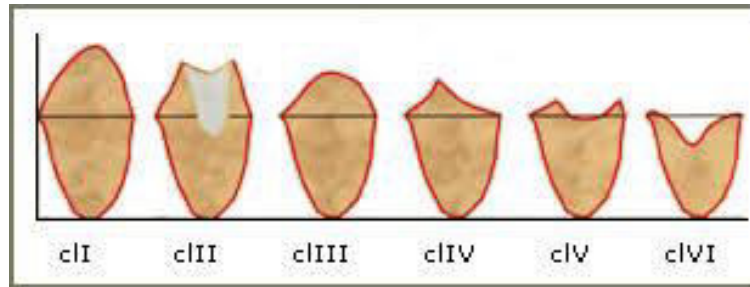


Figure 4 : les classes du relief de la crête osseuse selon Cawood et Howell (1988)

- Evaluation de la direction de la perte osseuse :

La classification de Seibert (1983) permet de déterminer l'orientation de la perte osseuse, mais ne permet pas de quantifier le déficit :

- Classe I : perte osseuse vestibulo-linguale, mais la hauteur de la crête est normale
- Classe II : perte osseuse verticale, mais la largeur de la crête est normale
- Classe III : perte osseuse verticale et horizontale

- Evaluation du degré de résorption :

La classification de Allen (1985) mesure la perte en millimètre, sans tenir compte de son orientation :

- Légère : perte osseuse inférieure à 3 millimètres
- Modérée : perte osseuse comprise entre 3 et 6 millimètres
- Sévère : perte osseuse supérieure à 6 millimètres

La classification de Wang et Schamma est plus précise, car elle répartit initialement le déficit selon son orientation (horizontale, verticale ou combinée), puis le classe selon le degré :

- Petit : déficit inférieur à 3 millimètres
- Moyen : déficit entre 4 et 6 millimètres
- Grand : déficit supérieur à 7 millimètres

1.3.2. Décision thérapeutique :

L'examen clinique, incluant un questionnaire médical approfondi, des examens endo-buccal et exo-buccal, est complété par la réalisation d'un orthopantomogramme et d'un CBCT (Cone Beam Computed Tomography) si la chirurgie est envisagée. Ces examens donnent lieu à l'établissement, par le praticien, d'un plan de traitement afin de réhabiliter l'édentement du patient pour des raisons esthétiques et fonctionnelles. Cependant, une crête osseuse résiduelle en lame de couteau, ou une perte osseuse combinée limitent fortement les possibilités thérapeutiques. Une augmentation latérale de la crête osseuse offre plusieurs alternatives de réhabilitations prothétiques.

- Conséquences de l'édentement :

- Modifications anatomiques :

- Perte osseuse : comme vu précédemment, elle est la conséquence majeure d'une ou plusieurs avulsions dentaires.
- Atrophie de la musculature péribuccale : le visage se creuse, le menton est proéminent, les lèvres s'invaginent, et les rides autour de la bouche s'accroissent.
- Diminution de l'étage inférieur de la face.

- Modifications fonctionnelles :

- Troubles de l'articulation temporo-mandibulaire : dus à l'absence d'un calage postérieur en cas d'édentement postérieur bilatéral.
- Diminution de la capacité masticatoire : on distingue une baisse de l'efficacité masticatoire, c'est-à-dire une augmentation du temps et du nombre de mouvements masticatoires avant la déglutition ; mais aussi une réduction de la performance masticatoire, soit une diminution de la fragmentation des aliments.
- Altération de l'élocution : les dents ont un rôle fondamental dans l'élocution. Par leur absence, la prononciation des phonèmes est difficile.

- Sensation de bouche sèche : elle s'explique par une diminution des mécanorécepteurs desmodontaux et tendineux. Elle provoque un inconfort général et affecte la mastication, la phonation, et la déglutition.
- Modifications psychologiques :
 - Perte de confiance : due aux modifications esthétiques.
 - Isolement social : par l'altération de l'élocution.
 - Perte d'appétit : par l'incapacité de pouvoir manger tous les aliments désirés.

Toutes ces conséquences sont les raisons pour lesquelles il faut savoir écouter le patient, apprécier ses attentes et ses limites, dans le but de lui proposer la solution prothétique la plus adaptée.

- Alternatives prothétiques permises par les techniques d'augmentation osseuse latérale :

Chaque cas clinique est unique, et les options thérapeutiques dépendent du nombre de dents manquantes, de la classe de l'édentement, du niveau de résorption et de la demande du patient. Le praticien se doit d'informer le patient de façon claire et complète sur toutes les possibilités prothétiques, les chirurgies éventuellement nécessaires à leurs réalisations et les étapes du traitement.

- La prothèse amovible :

Elle peut être complète ou partielle selon le nombre de dents absentes. Son équilibre est permis par trois facteurs qui constituent la triade de Housset. Deux de ces facteurs sont la sustentation et la stabilisation qui dépendent de l'appui muqueux, reposant sur l'os mandibulaire. Par conséquent, la résorption de cet os influe sur la prothèse, entraînant un déséquilibre de celle-ci. L'équilibre insuffisant de la prothèse est donc la première indication à une augmentation osseuse latérale. Cet équilibre peut aussi être amélioré, lors d'un édentement complet, par la mise en place de deux implants à la mandibule et la réalisation d'une prothèse amovible complète supra-

implantaire. Ce qui constitue la deuxième indication à une augmentation osseuse latérale, afin de pouvoir installer des implants de diamètre suffisant.

- La prothèse fixée :

Il peut s'agir d'implants isolés ou multiples, en vue de réaliser une couronne unique, un bridge ou encore un bridge complet. L'épaisseur de l'os doit être suffisante pour recevoir un implant, c'est la troisième indication pour une greffe osseuse latérale.

- Contre-indications aux chirurgies d'augmentations osseuses latérales :

Les contre-indications sont les mêmes que pour tout acte chirurgical parodontal. Les situations à risque sont cependant nombreuses et doivent être évaluées rigoureusement pour chaque patient.

- Contre-indications absolues :
 - Cancer évolutif
 - Insuffisance cardiaque à risque d'endocardite infectieuse
 - Insuffisance rénale chronique
 - Immunodéprimé
 - Transplantation d'organe : patient prenant des immunosuppresseurs
 - Hyperparathyroïdie
 - Rhumatisme articulaire aigu
 - Drépanocytose
 - Infarctus récent : moins de 12 mois
 - Patient traité ou ayant été traité par biphosphonates dans le cadre d'une affection maligne
 - Patient ayant eu un traitement par radiothérapie au niveau cervico-facial, et une dose d'irradiation supérieure à 30 Grey
 - Enfant de moins de 15 ans

- Contre-indications relatives :
 - Diabète non équilibré
 - Trouble endocrinien
 - Grossesse
 - Infarctus récent : de moins de 12 mois
 - Pose récente d'un stent : de moins de 12 mois

1.3.3. Paramètres à considérer dans la réalisation des techniques d'augmentation osseuse latérale :

- La vascularisation :

La vascularisation joue un rôle fondamental dans la survie d'un greffon, car la cicatrisation osseuse est dépendante d'une prolifération rapide du système vasculaire au sein du tissu greffé.

Après transplantation d'un bloc osseux avasculaire, se met en place le remodelage osseux. D'une part, l'organisme tend à détruire le bloc considéré comme un corps étranger par l'activité des macrophages. D'autre part, l'organisme déclenche le processus d'inflammation suite au traumatisme. Les plaquettes des capillaires stimulées libèrent des facteurs de croissance qui induisent la prolifération cellulaire et l'angiogenèse, permettant la réparation. Dès lors que la revascularisation est terminée, l'activité des macrophages est inhibée par la diminution de l'hypoxie.

C'est pourquoi il est important d'avoir une parfaite connaissance de la géographie des vaisseaux, de manière à prévenir d'éventuelles limites de revascularisation du site opératoire. Les vaisseaux s'orientent principalement de distal en mésial et sont parallèles à la crête alvéolaire, en particulier sur le versant vestibulaire.

Cet apport vasculaire provient du lit osseux et du périoste, d'où la nécessité de les préserver lors de la chirurgie, et notamment lors du tracé d'incision.

- Obstacles anatomiques :

- Le nerf alvéolaire inférieur :

Comme vu précédemment, le nerf alvéolaire inférieur traverse le corps de la mandibule dans le canal mandibulaire. Comme dans toute chirurgie à la mandibule, il y a donc un risque de lésion du nerf. C'est pourquoi il est primordial de réaliser un CBCT avant l'étape chirurgicale, afin de bien visualiser son trajet. De surcroît, lors d'une résorption osseuse sévère, la proximité entre le nerf et le sommet de la crête est accentuée, contre-indiquant certaines techniques d'augmentation osseuse latérale.

- Le foramen mentonnier :

Le foramen mentonnier, par lequel émerge le nerf mentonnier, se situe entre la première prémolaire en mésial, et la première molaire en distal. Une augmentation osseuse latérale dans ce périmètre est donc irréalisable, même si une étude montre que sa localisation semble descendre lors d'une atrophie alvéolaire (Soikkonen et Coll., 1995).

- En région postérieure :

La réalisation de chirurgies d'augmentation osseuse en postérieur est compliquée par plusieurs spécificités :

- Couche corticale très dense, induisant une faible perméabilité des vaisseaux et des cellules nécessaires à la revascularisation.
- Vascularisation terminale réduite.
- Accès buccal difficile et absence de laxité tissulaire, rendant complexe le positionnement du greffon et la fermeture du site osseux.

2. DESCRIPTION DES TECHNIQUES D'AUGMENTATION OSSEUSE LATÉRALE A LA MANDIBULE :

La résorption osseuse survenant après une extraction est un obstacle à la réhabilitation prothétique est fonctionnelle. De nombreuses techniques d'augmentations osseuses verticales et latérales existent. Les deux grandes classes étant les greffes dans lesquelles un matériau est apposé au site atrophié et les techniques d'ostéotomies induisant une néoformation osseuse dans l'espace créé. La morphologie du défaut osseux va conditionner en grande partie le choix de la technique de reconstruction. Dans certains cas, ces techniques peuvent être combinées pour obtenir un résultat satisfaisant.

2.1. Greffe d'apposition :

La greffe d'apposition, aussi appelée greffe en onlay, consiste à accoler un matériau d'origine naturelle ou synthétique au niveau de la zone à remodeler. Ce matériau sert de guide sur lequel les cellules peuvent adhérer, migrer, proliférer et se différencier. Le greffon d'origine naturelle est prélevé soit sur le patient lui-même (autogreffe), soit sur un donneur de la même espèce (allogreffe), ou encore sur une espèce différente (xéngreffe). L'autogreffe s'impose comme une technique de choix, de par ses propriétés biologiques et mécaniques. Cependant, de nombreux inconvénients quantitatifs et chirurgicaux ont conduit à l'utilisation de substituts osseux, naturels ou synthétiques. De plus, les greffes d'apposition ont l'inconvénient majeur d'avoir un taux de résorption du greffon élevé, variant de 20 à 50%.

2.1.1. Propriétés d'un biomatériau :

Lors d'une greffe d'apposition, le matériau utilisé doit remplir un cahier des charges pour assurer la survie du greffon et garantir le succès thérapeutique. Le greffon idéal, selon la littérature, doit donc posséder :

- Des propriétés biologiques :

- L'ostéoinduction : c'est la capacité du matériau à provoquer une néoformation osseuse via la libération par les ostéoblastes de protéines, les BMP (Bone Morphogénic Protein). Ce sont ces protéines qui déterminent le pouvoir ostéoinducteur d'un tissu, car elles induisent une différenciation des cellules mésenchymateuses vers la lignée ostéogénique afin de synthétiser une matrice osseuse minéralisable. L'ostéoinduction dépend de la survie des ostéoblastes après le prélèvement du greffon.
- L'ostéoconduction : c'est la capacité du matériau à servir de support passif aux ostéoblastes et à la vascularisation du site receveur, par contact. Elle est donc dépendante de la surface du greffon, qui attire les nouveaux ostéoblastes par l'intermédiaire des vaisseaux. Cette ostéoconduction est étroitement liée à deux impératifs chirurgicaux (Valentini et Abensur, 2007) :
 - Contact maximum entre le greffon et l'os du site receveur
 - Stabilité parfaite du greffon
- L'ostéogénicité : c'est la capacité à former du tissu osseux, grâce aux cellules vivantes présentes dans le greffon. Elle est dépendante de l'origine et donc de la qualité du greffon.
- La biocompatibilité : c'est la capacité d'un matériau à ne pas interférer et ne pas dégrader le milieu biologique dans lequel ils sont utilisés. Ces matériaux sont appelés des biomatériaux.

- Des propriétés physiques :

- La porosité : son volume de vide, la taille des pores et leur interconnexion jouent un rôle fondamental dans l'angiogenèse du greffon.

2.1.2. Autogreffe :

- Principe :

Une autogreffe consiste à prélever du tissu osseux et à le greffer sur une même personne, ce qui confère une biocompatibilité des tissus et une antigénicité basse. Le site donneur peut être intra ou extra-oral. Cette technique répond aux critères biologiques nécessaires à la réussite de la greffe, l'ostéogénèse, l'ostéoinduction et l'ostéconduction ; et s'impose comme une technique de choix (Colombier, 2005). Cependant, la réalisation d'un deuxième site opératoire et les suites opératoires induites ainsi que ses limites quantitatives, impliquent l'utilisation d'autres techniques.

La greffe peut se faire par apposition en bloc ou en particules. Les mécanismes d'intégration sont similaires, mais la cinétique du remodelage est différente. La libération des facteurs de croissance, nécessaires à l'ostéoinduction, et la pénétration vasculaire sont sous l'influence de la proportion d'os spongieux, de la densité de la corticale, de son épaisseur et des espaces granulaires pour l'os particulé (Verna et Coll, 1999).

Une greffe autologue peut être réalisée lors de la pose de l'implant, mais une pose différée permet un meilleur positionnement de l'implant, l'utilisation d'un implant de gros diamètre, et un taux de succès global de l'implant plus élevé.

Un concept se développe quant à l'utilisation de racine dentaire en tant que greffon autogène, encore faiblement reconnu dans la littérature. En outre, une étude a démontré un gain transversal de 3,83 millimètres de la crête avec une racine raboté de prémolaire contre 3,67 millimètres avec un greffon rétromolaire (Schwartz et Coll., 2016).

- Indications :

La greffe osseuse autologue est indiquée pour l'augmentation des défauts osseux horizontaux, verticaux et mixtes.

Lorsque la perte osseuse n'est que transversale, la greffe osseuse autogène ne s'indique que lorsque l'expansion osseuse ne peut être réalisée (Khoury et Coll, 2010).

- Greffons intra-oraux :

- Avantages : (Kahn et Coll, 2003)

- Le prélèvement du greffon ne nécessite qu'une anesthésie locale.
- La commodité due à la proximité entre les sites donneur et receveur.
- L'absence de cicatrice cutanée.
- La résorption du greffon est moindre, car les greffes membraneuses revascularisent plus rapidement que les greffes osseuses endochondrales.

- Inconvénients :

- La quantité d'os disponible est limitée.
- Leur prélèvement entraîne un œdème facial et des douleurs post-opératoires en bouche.

- Indications : l'utilisation de ces greffons est indiquée lors d'insuffisances osseuses de faible ou moyenne étendue, soit un édentement de 2 à 4 dents.

- Zones de prélèvement intra-oraux :
- Symphyse mentonnière :

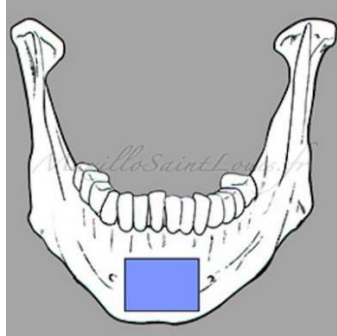


Figure 5 : Zone de prélèvement symphysaire vue de face (maxillosaintlouis.fr, 2014)

Il s'agit d'un prélèvement mentonnier, facilité par l'utilisation de la piézochirurgie. Le prélèvement est cortico-spongieux et permet une apposition en bloc au site receveur. En effet, la porosité du tissu spongieux permet une revascularisation rapide du greffon.

Protocole de prélèvement :

- 1) Première incision : superficielle et parallèle à l'alignement dentaire. Elle s'étend de la face distale de la canine secteur 3 à la face distale de la canine secteur 4.
- 2) Seconde incision : musculaire et profonde. Elle part de la base de la première incision, lui est perpendiculaire et va au contact osseux. On parle alors de lambeau muco-périosté, permettant de visualiser l'émergence des nerfs et de les respecter.
- 3) Ostéotomie : fraise boule montée sur un piézotome. Elle est classiquement réalisée par deux traits horizontaux et deux traits verticaux, formant un rectangle. Puis on sépare le greffon, cortico-spongieux, du site donneur. On privilégie l'ostéotomie par piézochirurgie afin de préserver l'intégrité du greffon. On réalise enfin un comblement du défaut par un substitut de l'os autogène pour rétablir la morphologie.

4) Sutures : sutures discontinues avec du fil résorbable au niveau du plan profond, puis sutures par points simples au niveau du plan superficiel.

- Ramus mandibulaire :

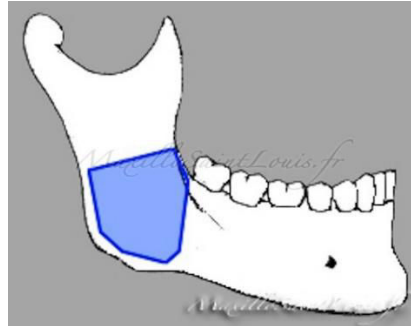


Figure 6 : Zone de prélèvement au niveau du ramus, vue de profil
(maxillosaintlouis.fr, 2014)

La zone de prélèvement s'étend de la table externe du corps mandibulaire en arrière de l'orifice d'émergence du pédicule labio-mentonnier, jusqu'à la moitié antérieure de la table externe de la branche montante. Le volume osseux disponible est similaire à celui de la symphyse mandibulaire, mais contrairement au prélèvement symphysaire, l'abord chirurgical peut être compliqué par une ouverture buccale limitée. L'os du ramus est majoritairement, voire exclusivement à composante corticale, ce qui complique l'angiogenèse du greffon.

Protocole de prélèvement :

- 1) Incision crestale : elle s'étend depuis l'arrière du bord antérieur de la branche montante, suit la ligne oblique externe et se termine en avant de la première molaire.
- 2) Incision de décharge en distal : permet la mise en évidence de la face latérale du ramus.
- 3) Ostéotomie : classique, deux incisions verticales et deux incisions horizontales.
- 4) Clivage : au ciseau-burin pour séparer la pièce corticale rectangulaire de l'os spongieux.
- 5) Sutures.

- Greffons extra-oraux :
 - Avantages : importante quantité d'os pouvant être prélevée.
 - Inconvénients :
 - L'intervention pour le prélèvement nécessite une équipe pluridisciplinaire.
 - L'intervention est réalisée sous anesthésie générale.
 - La nécessité d'une hospitalisation de plusieurs jours, puis un délai plus ou moins long d'arrêt de travail constitue une contrainte socio-professionnelle.
 - L'aspect psychologique pour le patient, vis à vis de l'intervention, est un frein majeur à la réalisation de ces prélèvements extra-oraux.
 - Indications : ces greffes sont indiquées dans le cadre d'insuffisance osseuse de grande étendue.
 - Zones de prélèvement extra-oraux :
 - Os iliaque :

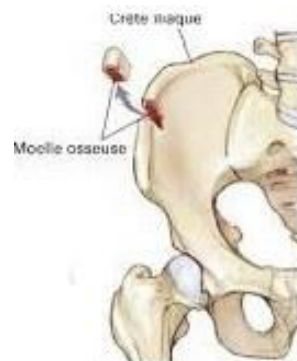


Figure 7 : Zone de prélèvement iliaque (Thomsen, 2014).

La zone de prélèvement se situe sur la crête iliaque antérieure. C'est un os cortico-spongieux, qui peut être utilisé sous forme de lamelles osseuses, de particules, ou de bloc cortico-spongieux. L'os iliaque, d'origine endochondrale, a un taux de

résorption de 30%, qu'il est indispensable d'anticiper en augmentant le volume du prélèvement. Ce site est le plus couramment prélevé lors de greffe extra-orale.

- Os pariétal :

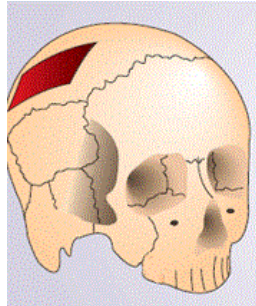


Figure 8 : Zone de prélèvement pariétal, vue de trois quarts

Cette technique ne doit être utilisée que lorsque le prélèvement intra-oral ne présente pas une quantité d'os suffisante, et lorsque le rapport bénéfice-risque est favorable, car l'inconvénient majeur de cette procédure est le risque de fracture de la corticale interne pendant l'opération ou lors d'un traumatisme, pouvant entraîner des lésions neurologiques graves. Cependant, son origine membraneuse lui confère un faible taux de résorption, d'environ 10%, permettant d'éviter de majorer le volume du greffon, et facilitant ainsi son recouvrement par les parties molles.

- Os ulnaire :



Figure 9 : Zone de prélèvement ulnaire (Mahnès et Faivre, 2011)

Le prélèvement se fait en arrière du coude, au niveau de la zone métaphysaire de l'ulna, richement vascularisée. La chirurgie se fait à distance des axes nerveux et vasculaires, sans risque de lésion articulaire. La qualité de l'os ulnaire se situe entre

l'os iliaque très spongieux et l'os pariétal très cortical, son origine endochondrale lui conférant un taux de résorption similaire à celui de l'os iliaque, soit de 30%. Cette technique est aujourd'hui peu utilisée mais tend à se développer, de par son absence de morbidité de l'acte chirurgical (Mahnès et Fraivre, 2011).

- Greffe autogène de bloc osseux :

Il existe trois types d'appositions du bloc osseux : latérale, permettant une augmentation osseuse en épaisseur de l'os ; verticale, permettant une augmentation en hauteur ; et en selle, ou en J, permettant une augmentation mixte.

- Avantages :

- Rapide : le greffon se stabilise directement sur le site receveur par des vis.
- Densité initiale homogène et de bonne qualité du greffon.

- Inconvénients :

- Possibilité d'infection plus importante : car la revascularisation est plus longue, de par la plus grande résistance du bloc osseux à l'ostéoinduction et l'ostéoconduction.
- Difficulté d'obtention d'une continuité totale entre les tissus greffés et receveurs : des espaces morts peuvent exister et engendrer une cicatrisation fibreuse.

Protocole opératoire d'apposition de bloc osseux :

- 1) Anesthésie locale au niveau du site receveur en vestibulaire puis en lingual : carpule à 4% d'articaine, et 1/100 000 d'adrénaline.
- 2) Incision crestale, incision de décharge mésiale puis incision de décharge distale vers l'arrière et l'extérieur.

- 3) Lambeau de pleine épaisseur, mettant en évidence les éléments anatomiques environnants ainsi que le site receveur. Elimination des tissus mous restants, notamment du tissu fibreux. Décollement en lingual.
- 4) Perforation du site receveur avec une fraise boule de 1 millimètre de diamètre, et sous irrigation saline, afin d'augmenter le flux sanguin et favoriser l'apport de cellules ostéogéniques.
- 5) Réhydratation du bloc osseux autogène avec du sérum physiologique.
- 6) Modification du bloc pour qu'il s'adapte au niveau du site receveur.
- 7) Fixation du greffon à l'aide de vis d'ostéosynthèses et par autoblocage. Cet autoblocage est permis par friction entre la surface du site receveur et celle du greffon, assurée par une totale continuité entre ces tissus.
- 8) Finition avec une fraise boule diamantée pour éliminer les bords tranchants.
- 9) Le lambeau de pleine épaisseur est ensuite disséqué en épaisseur partielle. Cette dissection donne plus d'élasticité au lambeau et permet de positionner les berges en bout à bout, tout en éliminant les tensions, limitant ainsi le risque d'exposition du greffon.
- 10) Sutures étanches avec du fil 3.0 en Vicryl.
- 11) Prescription d'antibiotique une semaine, d'antalgique et de bain de bouche à la chlorexidine.
- 12) Examen tridimensionnel à trois mois pour vérifier l'intégration du greffon et son homogénéité.



Figure 10 : Bloc osseux autogène apposé au site receveur et maintenu par deux vis d'ostéosynthèse en vue d'une augmentation latérale (Bessade, 2014)

- Grefe autogène d'os particulaire :

Les greffons d'os particulaire sont un mélange de copeaux spongieux et corticaux. Ces copeaux sont obtenus par broyage de l'os. Ils peuvent parfois être associés à des matériaux xénogènes afin d'augmenter leur volume et ajouter une aide fonctionnelle (Ozaki et Coll, 1999). Comme vu précédemment, le fait de broyer l'os en vue d'obtenir des particules crée des espaces particuliers favorisant la revascularisation du greffon et permettant aussi d'augmenter le volume de l'apport d'os. La maturité osseuse de ce type de greffe aboutit au bout de 4 mois (Pallesen et Coll., 2002). Cependant, la limite majeure de l'utilisation de cette greffe est le manque de stabilité, c'est pourquoi elle sera indiquée dans les défauts osseux encastrés, à 2 ou 3 parois ; ou maintenue par la mise en place d'une membrane. Les membranes engendrant d'autres inconvénients, tels que le risque d'infection pour les membranes non résorbables et de résorption de la greffe pour les membranes résorbables, Khoury (2006) a travaillé sur l'utilisation d'une couche très fine d'os cortical autogène faisant office de coffrage, pour soutenir et mouler les particules.

- Avantages :

- Revascularisation du greffon abondante : le travail des ostéoclastes pour assurer le passage des vaisseaux est facilité par la présence d'espaces particuliers. Le risque d'infection est amoindri, car les cellules immunitaires et les antibiotiques sont amenés au greffon rapidement.
- Augmentation de l'ostéoconduction : car la surface libre du greffon augmente grâce à l'os réduit en particules.
- Appréciation du volume osseux définitif : grâce à l'os cortical utilisé comme coffrage.
- Diminution des espaces libres et donc de la formation de tissu fibreux : par l'utilisation de copeaux.

- Inconvénients :

- Difficulté de mise en œuvre.
- Augmentation de la durée de l'intervention.

Protocole opératoire d'apposition en deux couches selon Khoury (2006) :

- 1) Anesthésie, incisions, lambeau et perforation sont similaires à la technique en bloc.
- 2) Le bloc osseux prélevé est coupé longitudinalement en deux parties égales. Une partie uniquement corticale d'une épaisseur d'environ 1 mm, remaniée en lamelle, qui servira de coffrage. Et une partie cortico-spongieuse broyée en copeaux par un broyeur d'os.
- 3) Fixation des lamelles corticales à distance du site receveur par des vis d'ostéosynthèse.
- 4) Remplissage de l'espace libre par le mélange particulaire.
- 5) Le lambeau de pleine épaisseur disséqué en lambeau d'épaisseur partielle.
- 6) Sutures sans tension.
- 7) Examen tridimensionnel à trois mois.

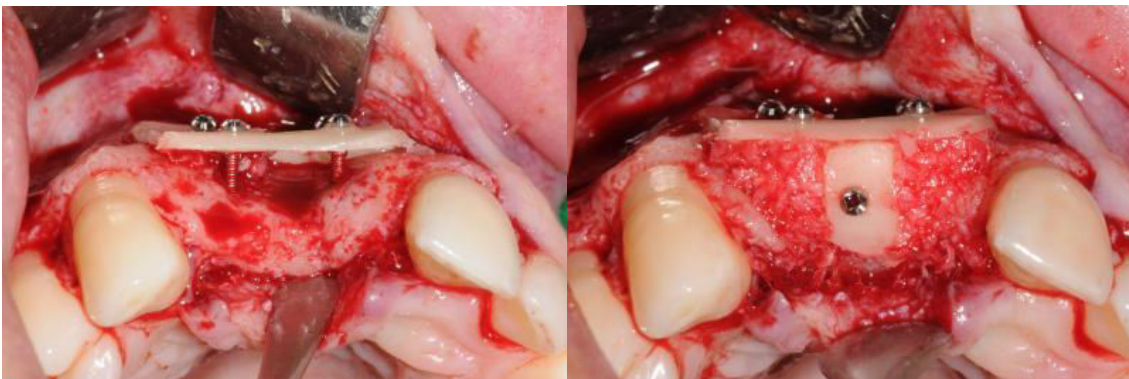


Figure 11 : Apposition en deux couches au maxillaire (Keller, 2018)

2.1.3. Allogreffe :

- Principe :

Une allogreffe consiste à utiliser un greffon emprunté à un sujet d'origine humaine, mais de formule génétique différente. L'os est prélevé sur un individu vivant sain, ou sur un individu décédé dans les 48 heures suivant l'heure du décès. Le site donneur principalement utilisé se situe au niveau de la tête fémorale. En France, les allogreffes ne peuvent être distribuées que par une banque de tissus autorisée par l'ANSM

(Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé). Un certificat individuel est fourni pour chaque greffon, qui doit être complété et signé par le praticien et conservé dans le dossier médical du patient.

Les allogreffes servent d'échafaudage à la formation du nouvel os et assurent ainsi l'ostéoconduction. Elles sont biocompatibles et disponibles en quantité illimitée. L'intervention est plus courte car n'est pratiquée que sur un site, ce qui évite la morbidité du site donneur. Néanmoins, la résorption et l'intégration de la greffe est lente, elle peut être rejetée selon la réaction immunitaire du patient et le risque de transmission de pathologies implique un traitement préalable rigoureux du greffon, qui altère les protéines du tissu malgré de nouvelles technologies (Almasri et Coll., 2012). Les blocs dépourvus de matière organique sont alors plus fragiles et tolèrent moins bien l'imprécision. Les causes d'échec sont liées au mauvais contour du bloc, à sa contamination pendant la phase d'adaptation ou à son exposition lors de la cicatrisation. Un greffon allogénique contaminé lors de sa mise en place ou lors d'une exposition secondaire entraîne la perte totale du greffon dans 40% des cas (Carinci et Coll., 2010).

Pour pallier à ces complications, certains auteurs ont travaillé sur l'utilisation d'un greffon allogénique Biobank « modélisé » 3D réalisé à partir de radiographies tridimensionnelles grâce au fichier Dicom. Le greffon virtuel conçu par le praticien est parfaitement adapté en forme, dimension et positionnement au site receveur. Le greffon sur mesure est ensuite usiné dans un centre d'usinage 4 axes. De plus, pour limiter le risque de contamination, une réplique stéréolithographique stérile du site receveur est conçue afin de vérifier au préalable l'adaptation du greffon sur mesure, mais aussi de le préparer en réalisant les trous qui recevront les vis de stabilisation (Moret et Coll., 2016).



Figure 12 : Vérification de l'adaptation du greffon sur mesure à la réplique stéréolithographique du site receveur (Moret et Coll., 2016).

Les greffons standardisés sont sous forme de bloc cortico-spongieux, de copeaux corticaux et de particules spongieuses. La greffe particulière est utilisée dans les comblements d'alvéoles, de sinus, ou de perte osseuse mineure. Alors que la greffe en bloc est utilisée pour une augmentation de la largeur crestale. Son efficacité est controversée (Schwartz, 1991).

Les greffes allogéniques sont divisées en quatre familles :

- L'os déprotéinisé
- L'os congelé minéralisé
- L'os lyophilisé minéralisé
- L'os lyophilisé déminéralisé

- Indications :

Les allogreffes sont préconisées lorsqu'un greffon osseux volumineux est nécessaire et pour éviter les inconvénients des prélèvements autogènes extra-oraux (Leonetti, 2003) :

- Le praticien souhaite éviter un prélèvement invasif autogène.
- Sur demande du patient qui ne souhaite pas un deuxième prélèvement par craintes de douleurs et des suites opératoires.

- Familles des greffes allogéniques :

- Os déprotéinisé :

L'os est délipidé et la trame minérale est conservée. Le collagène est présent à environ 30%. En France, les allogreffes déprotéinisées utilisées sont Puros®, Biobank®, TBF®.



Figure 13 : Bloc osseux Biobank.

- Os congelé minéralisé :

Il est connu sous la dénomination de FFBA (Fresh Frozen Bone Allograft). C'est un os minéralisé, non irradié, désinfecté et congelé. L'os est prélevé au niveau du tibia sur un patient décédé, puis désinfecté, irrigué dans une solution saline stérile, subdivisé en blocs corticaux qui sont ensuite emballés de façon stérile et congelés à -80° Celsius. La congélation a un effet anti-infectieux. Ce type d'os est abandonné par les praticiens, car l'accès à ce type de banque d'os est difficile pour un chirurgien-dentiste.

- Os lyophilisé déminéralisé :

Il est connu sous la dénomination de DFDBA (Demineralized Freeze Dried Bone Allograft). La congélation dans de l'azote liquide, puis la lyophilisation, ont pour but d'entraîner la mort cellulaire et de diminuer les antigènes. Le processus de déminéralisation a pour objectif d'induire un potentiel inducteur au greffon. En effet, la déminéralisation par acide permet l'élimination du calcium et expose les BMP, déterminantes du pouvoir ostéoinducteur du greffon. Toutefois, l'effet ostéoinducteur produit par la déminéralisation de l'os allogénique est controversé.

- Os lyophilisé minéralisé :

Il est connu sous la dénomination FDBA (Freeze Dried Bone Allograft). Comme pour le DFDBA, l'os est d'abord traité par congélation, puis lyophilisation afin d'empêcher la transmission de pathologie. Ce substitut osseux a un pouvoir ostéoconducteur, mais ne libère pas de BMP ostéoinductrices.

2.1.4. Xénogreffe :

- Principe :

Les greffes xénogènes sont des greffes dans lesquelles le greffon provient d'une espèce différente de celle du receveur. En chirurgie orale, le greffon est essentiellement d'origine bovine ou porcine.

L'origine animale de ces produits induit une désépécification en vue de leur implantation chez l'homme, afin d'éviter une réaction immunologique. Le traitement se fait en plusieurs étapes, constitué d'un lavage, d'une détersion mécanique pour éliminer les débris cellulaires, d'une déprotéinisation plus ou moins complète, d'une délipidation, d'une inactivation virale et prionique et enfin d'une stérilisation par irradiation. Les procédés de préparation actuels visent à conserver au mieux les avantages et les qualités du tissu osseux. Cependant, le risque de transmission d'une maladie virale, d'un agent de contamination non conventionnel ou du prion à l'homme est inexistant mais pas nul. C'est pourquoi il est important d'évaluer le rapport bénéfice-risque avant son utilisation (Eastlund, 1995). De plus, comme pour l'allogreffe, la xénogreffe présente un faible taux de résorption et ne possède que des propriétés ostéoconductrices.

La présentation et les différentes formes sont variables selon les produits. L'os utilisé est corticospongieux, ou exclusivement cortical ou spongieux. Pour l'os particulaire, une étude a démontré que les particules d'os déminéralisé de plus gros diamètre, de 2 à 10 millimètres cube, présentaient une plus grande capacité ostéoinductrice que des particules de petits diamètres (Vail, 1994).

- Indications :

Comme pour les allogreffes, les xéno-greffes sont indiquées lorsque les complications liées à la réalisation d'un second site chirurgical doivent être évitées. Toutefois, le risque de transmission d'agent pathogène limite son utilisation.

2.1.5. Matériaux alloplastiques :

- Principe :

Les matériaux alloplastiques sont des produits de substitution osseuse d'origine synthétique ou inorganique. Ils sont composés de phosphate, de carbonate de calcium ou encore de silicates.

Il n'y a pas de risque de transmission d'agent pathogène, de par leur origine synthétique. Ils sont disponibles en quantité illimitée. Ils sont biologiquement inertes et n'ont qu'une propriété ostéoconductive, servant de trame aux cellules ostéoprogénitrices. La formation osseuse induite par ces matériaux est guidée par l'architecture du matériau, sa composition chimique, son état physico-chimique de surface, sa porosité, et sa capacité de résorption. Les matériaux alloplastiques disponibles sont soit résorbables, soit non résorbables. Ils ne possèdent pas de propriétés ostéoinductrices ni ostéogéniques propres. Leur stabilisation est complexe, car ils sont utilisés sous forme de bille et nécessitent couramment l'utilisation d'une membrane de stabilisation.

- Indications :

Les matériaux alloplastiques sont une alternative intéressante aux autogreffes dans le cas de lésions volumineuses et permettent d'éviter l'existence d'une morbidité attachée au site de prélèvement. De plus, contrairement aux xéno-greffes et aux allogreffes, il n'y a pas de risque de transmission de maladie entre donneur et receveur.

Les matériaux alloplastiques sont utilisés seuls ou en association aux greffes autogènes.

- Classification des matériaux alloplastiques :

Les matériaux alloplastiques se distinguent par la liaison osseuse qu'ils forment avec le tissu osseux receveur (Loty et Coll, 1998).

- Pas de liaison osseuse :
 - Matériaux biotolérés : ils sont encapsulés dans une couche fibreuse, empêchant une liaison directe avec l'os. Parmi eux, le polyméthylmétacrylate.
 - Matériaux bioinertes : ils n'établissent pas de liaison chimique avec le tissu osseux. Ils regroupent, entre autres, l'alumine, le zirconium et les alliages en titane.
- Liaison osseuse directe :
 - Matériaux bioactifs : ils forment des liaisons chimiques et biologiques avec le site donneur. Ils sont classés en matériaux résorbables, tels que les hydroxyapatites d'origines biologique, bovine ou corallienne incluses dans les matériaux hémisynthétiques de par leur traitement thermique induisant une déprotéinisation. Et en matériaux à surface réactive, peu ou non résorbables, tels que les céramiques à base de phosphates de calcium ou les bioverres.

2.1.6. Greffe d'apposition combinée à une régénération osseuse guidée :

- Principe :

Il s'agit d'une technique associant une greffe osseuse et le principe de la régénération osseuse guidée (ROG). La ROG fait appel à des barrières physiques qui empêchent la colonisation du défaut osseux par les tissus mous conjonctifs et

épithéliaux, permettant ainsi aux cellules ostéogéniques d'envahir l'espace. Cette barrière physique est sous forme de membrane (Dahlin et Coll, 1988).

Il existe des membranes non résorbables, biologiques, flexibles et stables chimiquement. Cependant, il est nécessaire de les fixer par des vis puis de les déposer lors d'une seconde intervention. De plus, le risque majeur de ces membranes est leur exposition, entraînant une infection. Il existe aussi des membranes résorbables, synthétiques ou collagéniques. La procédure chirurgicale est simplifiée, une seconde chirurgie pour retirer la membrane n'est pas nécessaire et les complications post-opératoires sont diminuées. Toutefois, il n'y a pas de contrôle de la durée de fonction de la barrière et la dégradation ne doit se produire que lorsque l'ossification du défaut osseux est complètement atteinte, soit durant une période de 3 à 9 mois. De même que pour les membranes non résorbables, il y a un risque d'exposition de la membrane, et donc d'infection. Mais le taux de risque d'exposition est plus faible de 5% pour les membranes résorbables, contre 20% pour les membranes non résorbables (Chiapasco et Coll, 2009). De plus, ce procédé est onéreux.



Figure 14 : Membrane non résorbables fixée au site receveur par des vis en titane (Smbatyan, 2014).



Figure 15 : Membrane de collagène résorbable recouvrant le site receveur (Isser, 2018).

Le greffon osseux utilisé peut être d'origine humaine, animale ou synthétique. L'association d'un greffon osseux à une membrane est nécessaire pour :

- Supporter la membrane et éviter son effondrement.
- Servir de matrice pour la néoformation osseuse.
- Stimuler la croissance osseuse.
- Assurer une protection mécanique contre la pression du recouvrement des tissus mous.
- Protéger le volume augmenté de la résorption.

- Indications :

Cette technique est préconisée dans le cas :

- De fenestration osseuse : substitut osseux particulaire recouvert par une membrane.
- D'augmentation osseuse horizontale : bloc osseux autogène recouvert par une membrane.

Protocole opératoire d'une greffe d'apposition associée à la mise en place d'une membrane résorbable :

1. Anesthésie, réalisation du lambeau avec incision de décharge pour que le recouvrement du greffon soit passif, décollement du lambeau.
2. Adaptation du greffon d'origine humaine, animale ou synthétique au site receveur.
3. Fixation du greffon en bloc au site receveur.
4. Utilisation de particules d'os pour combler les espaces autour du greffon.
5. Recouvrement par une membrane collagénique résorbable, qui doit recouvrir le greffon de 3 millimètres dans toutes les directions.
6. Sutures sans tension des muqueuses qui recouvre le site opératoire.

2.1.7. Tableau récapitulatif des substituts osseux :

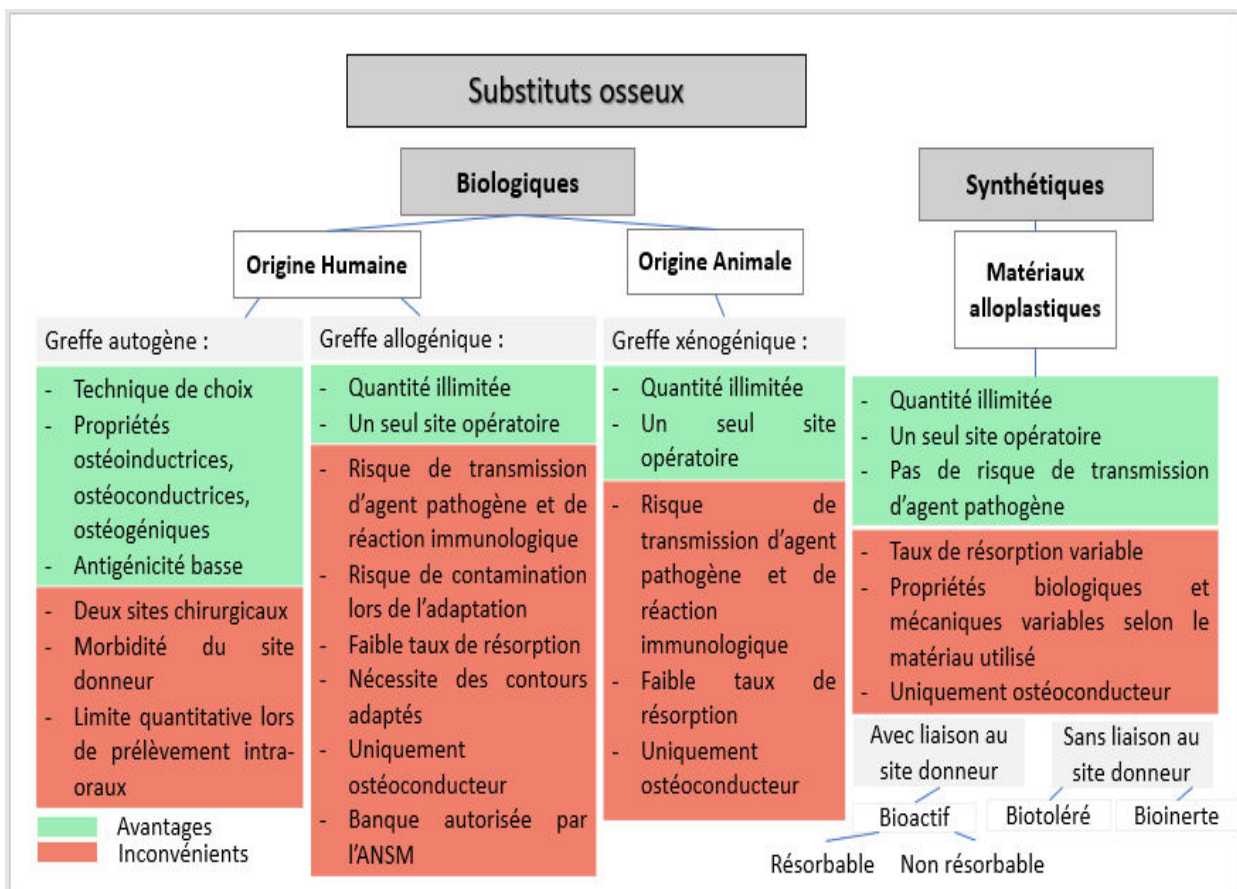


Figure 16 : Tableau récapitulatif des substituts osseux utilisés dans les greffes autogènes, leurs avantages et inconvénients (source : document personnel).

2.2. Ostéotomie :

Les techniques d'ostéotomies consistent en la réalisation d'un trait de fracture horizontal et reposent sur la conservation de l'apport vasculaire par contact du fragment osseux avec le périoste pédiculé. L'augmentation osseuse est basée sur l'ostéogénèse induite par le processus de cicatrisation de l'os. Le trait de fracture horizontal est positionné soit en crestal : c'est la technique d'expansion ; soit en vestibulaire. Lorsque le trait se situe en vestibulaire, on dissocie les ostéotomies progressives, appelées distractions alvéolaires, et les ostéotomies immédiates, appelées ostéotomies segmentaires. Le taux de résorption de ces techniques est moindre que dans les techniques utilisant des greffons. De plus, les techniques d'ostéotomies ont été révolutionnées avec l'arrivée de la piézochirurgie.

2.2.1. Expansion osseuse :

- Principe :

L'expansion osseuse transversale par ostéotomie est communément appelée « edentulous ridge expansion » (ERE), ou encore « split crest ». Cette méthode consiste à élargir la crête alvéolaire par une ostéotomie sagittale, puis l'espace créé est comblé par de l'os autogène, un substitut osseux ou par le caillot sanguin (Simion et Coll., 1992). Cette technique utilise le potentiel ostéogénique de l'os du site implantaire. Le taux de succès de ces interventions a augmenté avec le développement des instruments piézoélectriques grâce à la maîtrise de l'échauffement, leur coupe fine et précise et leur respect des tissus mous environnants. Elle apparaît comme une bonne alternative aux greffes d'apposition en termes de taux de succès, de coût, de morbidité et la pose des implants se fait simultanément ou trois semaines après l'intervention.

La procédure est plus complexe à la mandibule qu'au maxillaire de par la rigidité de l'os cortical plus épais, ce qui induit un risque de malfracture du volet osseux vestibulaire et par la suite un risque de résorption osseuse. C'est pourquoi une technique en deux temps a été mise au point.

- Indications :

L'expansion crestale est indiquée pour l'élargissement des crêtes fines à la mandibule comme au maxillaire, sur un ou plusieurs sites de moyenne(s) à grande(s) étendue(s). Elle est la technique la plus utilisée dans l'augmentation osseuse horizontale à la mandibule de par les nombreux avantages qu'elle présente, principalement son taux de succès et la mise en place des implants dans un même temps chirurgical.

La technique en deux temps est indiquée chez les patients présentant une crête mandibulaire très fine ou dans le cas de forte densité osseuse et de corticale épaisse (Sohn et Coll., 2010).

- Expansion osseuse mandibulaire en un temps :

La mandibule constituée en majorité d'os cortical est plus rigide que le maxillaire. Cette caractéristique induit un risque de malfracture du volet osseux vestibulaire. Pour pallier au manque d'élasticité de l'os, l'ostéotomie longitudinale devra être complétée par des ostéotomies verticales, impliquant la réalisation d'un lambeau muco-périosté et privant le fragment osseux de ses connexions vasculaires, ce qui expose l'os à un risque de résorption.

Protocole opératoire (Murphy et Coll., 2014) :

1. Réalisation d'un lambeau muco-périosté après incisions crestale et de décharge en vestibulaire.
2. Ostéotomie crestale large, associée à des corticotomies de décharge en mésial pour obtenir l'amplitude de déplacement souhaitée du segment osseux vestibulaire et réalisées à l'aide d'un piézotome.

La profondeur de l'incision crestale est généralement équivalente aux deux tiers de la longueur de l'implant. Elle est déterminée par :

1. La laxité souhaitée.
2. La longueur de l'implant utilisé.

3. La zone apicale préservée pour obtenir la stabilité primaire de l'implant.
3. Mobilisation du fragment osseux vestibulaire à l'aide d'un ciseau à os angulé, ce qui augmente l'espace compris entre les deux portions osseuses.
4. Vissage bicortical pour maintenir le volet osseux dans la position souhaitée.
5. Forages selon la situation clinique.
6. Pose des implants progressivement et simultanément pour assurer leur stabilité et finaliser l'expansion osseuse.
7. Sutures sans tension de la muqueuse.



Figure 17 de gauche à droite : Ostéotomies crestale et de décharge permettant de guider le trait de fracture, clivage terminal maintenu par des vis bicorticales (Khoury et Coll., 2011).



Figure 18 : Pose des implants dans l'espace ménagé dans le même temps chirurgical (Khoury et Coll., 2011).

- Expansion osseuse mandibulaire en deux temps :

Afin d'éviter le risque de malfracture du volet osseux, une technique en deux temps ou par palier a été mise au point. Une prédécoupe est réalisée lors du premier temps chirurgical, ainsi l'os cortical peut être luxé lors du second temps chirurgical sans décollement des tissus mous, dans le but de conserver l'apport vasculaire (Enislidis et Coll., 2006).

Protocole opératoire (Vinay et Coll., 2012) :

Premier temps chirurgical :

1. Réalisation d'un lambeau muco-périosté après incisions crestale et de décharge en vestibulaire.
2. Réalisation d'un volet osseux cortical vestibulaire au piézotome : un trait d'ostéotomie crestale qui fend la crête sagittalement, puis deux traits verticaux et un trait horizontal apical reliant les incisions vestibulaires pour former un rectangle. Ce volet osseux n'est pas luxé.
3. Sutures du lambeau.

Second temps chirurgical à J+21 jours :

1. Réalisation d'une incision muqueuse crestale au-dessus du trait d'ostéotomie réalisé trois semaines auparavant. Pas d'incision de décharge et sans décollement du lambeau vestibulaire.
2. Luxation du volet cortical vestibulaire réalisé lors de la première intervention, par insertion puis rotation d'une lame malléable coudée à 90 degrés dans le trait d'ostéotomie crestal.
3. Forage dans la partie apicale.
4. Pose des implants.
5. Utilisation d'une vis d'ostéosynthèse pour stabiliser le volet vestibulaire à la corticale linguale et pour renforcer la stabilité primaire des implants. Elle sera déposée lors de la mise en fonction des implants.
6. Libération du lambeau lingual pour fermer la muqueuse sans tension.

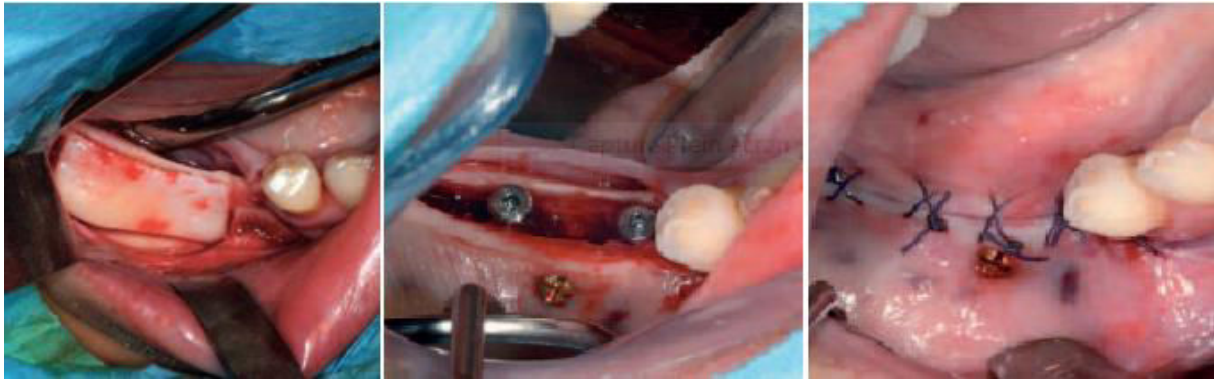


Figure 19 de gauche à droite : volet osseux réalisé au piézotome lors du premier temps chirurgical, luxation du volet et mise en place des implants puis site opératoire après sutures avec vis d'ostéosynthèse apparente en vestibulaire lors du second temps chirurgical (Vinay et Coll., 2012).

- Expansion osseuse mandibulaire en trois temps :

Cette technique, appelée Three-Stage-Split-Crest (TSSC), est constituée de trois étapes et permet l'augmentation des crêtes atrophiques en région postérieure. Les avantages de cette technique sont l'augmentation de la vascularisation de la zone chirurgicale, une diminution des complications de l'intervention et un taux de survie des implants plus élevé. L'inconvénient majeur est la prolongation du temps de traitement.

La première étape consiste à diviser la crête. La seconde étape est réalisée 3 à 4 semaines plus tard et consiste à expandre la plaque corticale sans réaliser de lambeau et à mettre en place un substitut osseux dans l'espace créé. Ces deux étapes sont similaires à la technique en deux temps et ne diffèrent que par l'absence d'implantation. La mise en place des implants se fait lors de la troisième étape, 3 à 4 mois après, pour assurer la cicatrisation (Hu et Coll., 2018).

2.2.2. Distraction osseuse alvéolaire :

- Principe :

La distraction osseuse alvéolaire est l'allongement progressif et contrôlé de l'os support de la dent après ostéotomie et pose d'un matériel endo- ou exobuccal appelé distracteur. Cette technique est issue de la chirurgie orthopédique, son indication initiale étant l'allongement des membres. Elle repose sur l'ostéogénèse et ses principes actuels ont été énoncés par Ilizarov en 1988. Elle est réalisée sous anesthésie locale ou générale. L'ostéotomie permet de séparer le fragment d'os distracté de l'os basal, conduisant à l'activation du processus de cicatrisation du tissu osseux et donc à la néoformation osseuse. L'activation du distracteur permet de renouveler l'initiation du processus de cicatrisation et sa durée se fait en fonction de l'allongement osseux souhaité. La force utilisée est mono-focale unidirectionnelle (Goldstein et Coll., 2013).

Les principaux avantages de cette technique sont l'absence de prélèvement osseux, l'allongement simultané des tissus mous adjacents garantissant une couverture de qualité du site opératoire et une diminution du délai de mise en place des implants. Les inconvénients majeurs sont la difficulté de contrôler le vecteur de la distraction et la nécessité de deux temps chirurgicaux pour la pose et la dépose du distracteur. De plus, le matériel utilisé est onéreux et c'est une chirurgie avancée nécessitant un long apprentissage (Paranque et Coll., 2004).

- Indications :

La technique de distraction alvéolaire est utilisée lorsqu'un allongement progressif est nécessaire. Elle permet essentiellement un gain en hauteur, même si celui-ci s'accompagne systématiquement d'un gain transversal.

Les résultats prédictibles de l'ostéogénèse par distraction ont conduit de nombreux auteurs à modifier les techniques de distraction alvéolaire afin d'améliorer le gain osseux transversal.

- Distracteurs alvéolaires :

Les distracteurs utilisés dans la technique de distraction sont en alliage de titane. Le choix du type de distracteur, du modèle et de la taille se fait avant la chirurgie à partir des empreintes réalisées et des radiographies. Il existe différents types de distracteurs alvéolaires :

- Le distracteur extra-osseux

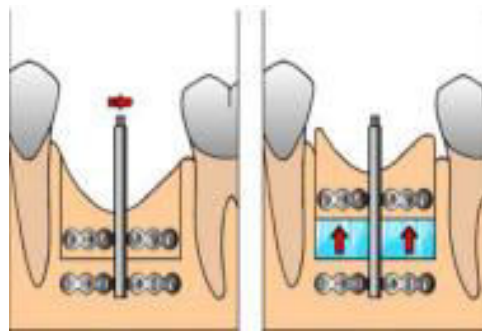


Figure 22 : Distracteur extra-osseux (Cano et Coll., 2006).

- Le distracteur intra-osseux

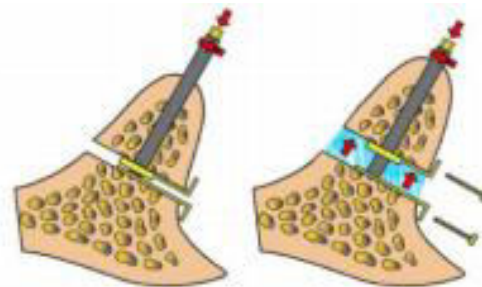


Figure 21 : Distracteur intra-osseux (Cano et Coll., 2006).

- L'implant distracteur

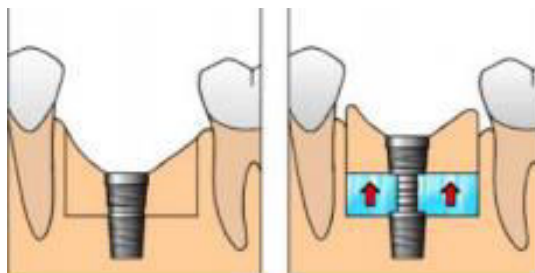


Figure 22 : Implant distracteur (Cano et Coll., 2006).

Protocole d'insertion et d'activation du distracteur alvéolaire (Khoury et Khoury, 2010) :

1. Incision vestibulaire de pleine épaisseur, à 5 millimètres crestalement de la jonction muco-gingivale pour favoriser la régénération de gencive kératinisée.
2. Décollement sous-périosté en vestibulaire uniquement et non sous-périosté en crestal et en lingual afin de préserver l'apport vasculaire.
3. Les ostéotomies sont réalisées à l'aide d'une scie oscillante, d'un insert piézoélectrique ou d'une fraise fissure. Elles dépendent du type de distracteur utilisé :
 - Pour les dispositifs extra-osseux : l'ostéotomie basale est complète, alors que les ostéotomies verticales sont d'abord corticales afin de placer le dispositif sur un lit osseux stable, puis sont complétées.
 - Pour les dispositifs intra-osseux : les ostéotomies horizontales et verticales sont directement complètes.
 - Pour les implants distracteurs : l'ostéotomie basale est complète et les ostéotomies verticales sont corticales pour permettre un forage et une mise en place de l'implant distracteur stable, puis sont complétées.
4. Fixation du distracteur à l'os basal et au bloc distracté grâce à des vis d'ostéosynthèses.
5. Activation immédiate du distracteur pour vérifier l'axe de l'appareil et la liberté de mouvement du bloc distracté.
6. Sutures laissant apparaître le fût d'activation du distracteur.
7. Temps de *latence* d'une semaine permettant la cicatrisation des tissus mous et la formation d'un cal osseux.

8. *Activation* au 8^{ème} jour réalisée par le praticien. Puis le mécanisme sera activé par le patient lui-même, soit de 1 millimètre tous les jours en une ou plusieurs fois, soit de 1 millimètre tous les deux jours.
9. *Consolidation* pendant 8 semaines pour amorcer la maturation de l'os régénéré.
10. Dépose du mécanisme à la fin de ces 8 semaines.



Figure 23 : Les différentes phases de la distraction osseuse alvéolaire (Khoury et Khoury, 2010).

- Technique de distraction modifiée pour un gain transversal mandibulaire :
 - Technique de Aparicio et Jensen (2001) :

Aparicio et Jensen mettent en place une première technique visant à augmenter l'os latéralement. La technique repose sur la réalisation d'un lambeau vestibulaire muco-périosté, puis d'un volet osseux vestibulaire et enfin la mise en place du dispositif de distraction. L'extrémité des vis d'ostéosynthèse constituant le dispositif de distraction repose sur la corticale linguale. Le temps de latence est augmenté à 12 jours et l'activation se fait tous les 2 à 3 jours de 1 millimètre.

Cependant, le volet osseux n'étant pas pédiculé au périoste, rompant ainsi l'apport vasculaire, certains auteurs controversent le terme de « distraction » et le classifient en tant que « régénération osseuse guidée dynamique » (Garcia-Garcia et Somoza, 2005).

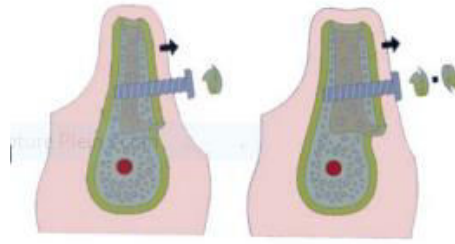


Figure 24 : Mobilisation du volet vestibulaire par le filetage des vis et ostéogénèse transversale (Aparicio et Jensen, 2001).

- Technique de Garcia-Garcia et Coll (2004) :

La technique repose sur la conservation de la vascularisation du volet osseux vestibulaire en maintenant le pédicule périosté. Les ostéotomies sont réalisées par voies d'abord permettant un décollement localisé.

Protocole opératoire :

1. Réalisation d'une incision crestale, puis de l'ostéotomie crestale.
2. Tunnelisation latérales au niveau des ostéotomies latérales, puis réalisation des deux ostéotomies.
3. Incision basale très limitée pour permettre l'ostéotomie basale.
4. Clivage du volet osseux avec des ciseaux ostéotomes.
5. Mise en place du dispositif de distraction par voie transmuqueuse.

- Technique de Laster et Coll (2005) :

Ils suivent le protocole décrit par Garcia-Garcia en utilisant un dispositif permettant une distraction transversale localisée sur 20 millimètres. Leur technique maintient le pédicule périosté au volet vestibulaire et leur dispositif est compact et de mise en place aisée. Selon leur méthode, la période de latence est de 7 à 10 jours, l'activation est de 0,4 millimètres par jour pendant 7 jours, la consolidation est de 2 semaines et l'implantation a lieu 2 semaines après la fin de la distraction alvéolaire. Leur étude montre un taux de réussite de 95,6%, soit 22 implants ostéointégrés sur 23.



Figure 25 : Dispositif de Laster et Coll (2005).

2.2.3. Corticotomie segmentaire :

- Principe :

Cette technique consiste à séparer un fragment osseux crestal de l'os basal tout en conservant l'apport vasculaire par ses attaches muqueuses. Le fragment osseux est déplacé puis stabilisé coronairement grâce à des plaques et un substitut osseux est interposé entre ce fragment et l'os basal. Elle est réalisée sous anesthésie générale ou locale.

Le taux de résorption pour cette technique est faible, de l'ordre de 5%. Le risque est de rompre l'apport vasculaire du fragment osseux crestal, c'est pourquoi il est important de bien le stabiliser via des plaques d'ostéosynthèses. Après maturation, la résorption de l'os crestal est relative aux connectiques des implants placés. Une perte d'os est objectivée sur les connectiques à plat, qui sont contre-indiquées. Aucune perte n'est observée lors de l'utilisation d'implants à connectique interne conique. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus dans la littérature dans le cas de mise en place d'implants sur des crêtes non augmentées.

- Indications :

Cette technique est principalement indiquée dans l'augmentation osseuse verticale, mais le positionnement du fragment osseux crestal peut permettre un gain osseux transversal.

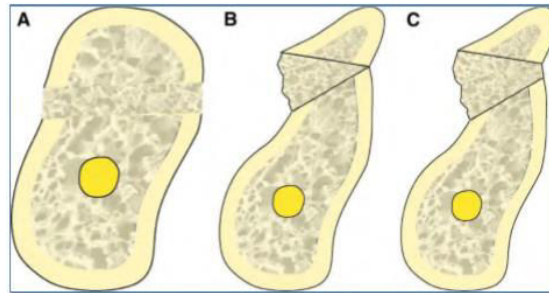


Figure 26 : Schématisation en coupe frontale des différents types d'ostéotomies segmentaires (A) verticale (B) horizontale (C) mixte (Bormann et Coll., 2010).

Protocole opératoire (Khoury et Coll., 2010) :

1. Incision vestibulaire de pleine épaisseur, à 5 millimètres crestalement de la jonction muco-gingivale pour favoriser la régénération de gencive kératinisée.
2. Décollement à minima en vestibulaire.
3. Ostéotomie du segment crestal à l'aide d'insert piézoélectrique, en respectant le périoste lingual.
4. Séparation du segment osseux crestal de l'os basal aux ciseaux à os, permettant l'ouverture de l'espace médullaire.
5. Déplacement du fragment crestal, puis stabilisation de celui-ci dans la position souhaitée à l'aide de mini-plaques d'ostéosynthèse.
6. Comblement de l'espace créé par des particules de substituts osseux.
7. Sutures sans tension de l'incision vestibulaire.
8. A quatre mois, selon les résultats observés sur la tomodensitométrie de contrôle : dépose de la plaque d'ostéosynthèse.



Figure 27 de gauche à droite : Ostéotomie segmentaire réalisée, plaque d'ostéosynthèse qui maintient le fragment cortical et espace formé comblé par de l'os particulaire (Khoury et Coll., 2010).

2.2.4. Tableau récapitulatif des techniques d'augmentation par ostéotomie :

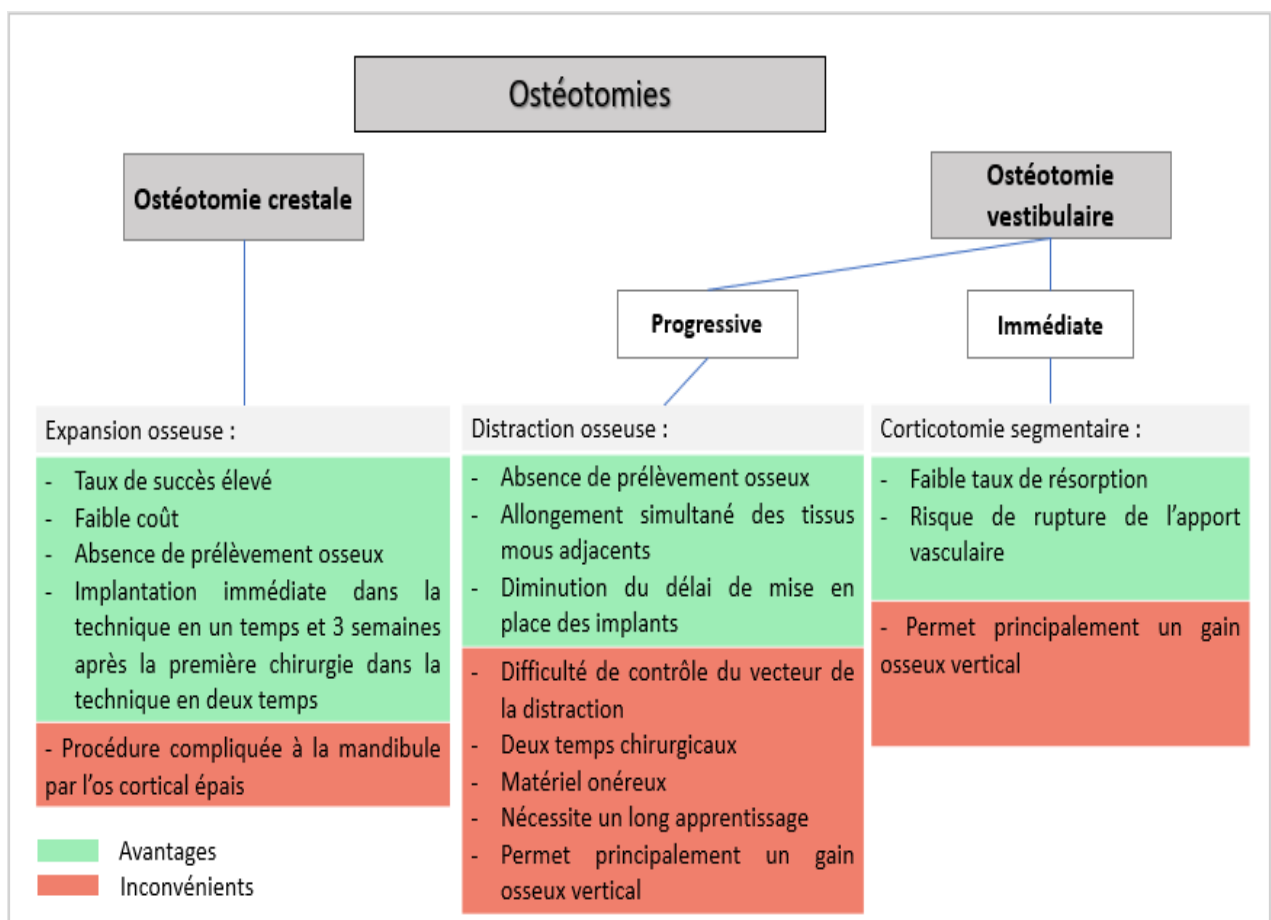


Figure 28 : Tableau récapitulatif des ostéotomies, leurs avantages et inconvénients (source : document personnel).

3. ANALYSE DES RESULTATS OBTENUS DANS LA LITTERATURE

La littérature actuelle fournit de nombreuses études portant sur les techniques d'augmentation osseuse. Certaines, présentées sous forme de revues littéraires systématiques, constituent un ensemble d'études permettant d'établir une moyenne des résultats obtenus pour chaque technique afin de les comparer. Ces études déterminent l'apport quantitatif, la résorption, la réussite et les complications les plus fréquemment rencontrées des procédures d'augmentation osseuse. L'analyse de ces résultats permet d'établir un arbre décisionnel, assignant une procédure à chaque situation clinique rencontrée.

3.1. Etudes comparatives des différentes techniques :

Ces comparaisons proviennent de revues littéraires dans lesquelles les auteurs ont regroupé tous les articles répondant à leur objectif et à certains critères d'inclusions et d'exclusion qu'ils ont préalablement définie. Les revues littéraires sélectionnées ont pour objectif commun de comparer l'efficacité des différentes procédures dans l'augmentation osseuse horizontale de défauts osseux localisés. Leur efficacité est comparable à la survie de l'implant mis en place au niveau de la zone reconstruite. Dans ces études, nombreuses sont celles opposant la greffe autogène aux autres techniques, car elle est considérée comme la technique d'augmentation osseuse de référence.

Cependant les études cliniques traitant des techniques d'augmentation sont d'un faible niveau de preuve, généralement de grade C (tableau des niveaux de preuves de la HAS en annexe). En effet ces études sont généralement des études rétrospectives biaisées car elle ne prennent pas en compte la dimension et l'emplacement du site receveur influençant les résultats du traitement. Des essais cliniques randomisés apporteraient des résultats plus fiables mais leur réalisation est plus complexe et onéreuse.

3.1.1. Comparaison des greffes d'apposition :

- Revue littéraire de Motamedian et Coll. (2016) :

Cette revue littéraire a relevé un grand nombre d'études portant sur les greffes autogènes et allogéniques. Elle évalue les résultats de chacune tout en prenant en compte leurs spécificités. Ainsi, pour les greffes autogènes, on peut comparer la réussite en fonction de l'origine du greffon mais aussi la réussite en fonction du nombre d'étapes nécessaires à la pose d'implants.

- Méthode :
 - Recherche électronique de la littérature dans Pubmed, sur la période de janvier 1990 à juin 2014.
 - 57 articles retenus : 36 portent sur les greffes autogènes, 23 concernent les greffes allogéniques et 2 comparent les deux méthodes.
- Critères d'inclusion :
 - Etudes traitant des techniques d'apposition en bloc, associées ou non à une greffe particulière.
 - Technique d'augmentation réalisée chez des patients totalement ou partiellement édentés.
- Critères d'exclusion :
 - Etudes utilisant des facteurs de croissance ou des cellules souches en association avec les greffes osseuses.
 - Etudes ne séparant pas le taux de survie et le taux de succès des implants.
 - Défauts osseux après néoplasmes, ostéoradionécrose ou malformation congénitale.

- Résultats du taux de survie des implants :
 - Greffes autogènes :
 - Selon l'origine du greffon : en utilisant des greffons extra-oraux, les résultats sont de 94,1% à 100% et pour les greffons intra-oraux de 73,8% à 100%. Les études de ce groupe ont aussi montré que la durée de survie était plus longue pour les implants placés dans la mandibule reconstruite que dans le maxillaire reconstruit.
 - Selon le nombre d'étapes : lors de la pose simultanée des implants, le taux est de 98,6% et après une période de cicatrisation, il est de 93,7%. Les études attestent que la pose simultanée d'implants est plus fréquente à 36% que la pose différée.
 - Essais comparant les greffes autogènes aux greffes allogéniques utilisées pour l'augmentation horizontale de crêtes de moins de 4 millimètres :
 - Greffe autogène : 96,1%.
 - Greffe alloplastique : 98,7%.

Cependant ces résultats ont été observés au maxillaire, les études relatives aux allogreffes ne traitent que de son utilisation au niveau de la mandibule antérieure, du fait de son plus fort taux de résorption.

- Conclusion :

De par l'absence d'essais cliniques contrôlés, aucun consensus définitif ne peut être établi quant au succès et à la survie des implants dans les techniques d'augmentation autogènes et allogéniques. Une large gamme de succès est néanmoins observée dans ces deux techniques. La principale préoccupation des autogreffes reste les complications du site donneur et l'intégration de la greffe pour les allogreffes.

- Revue littéraire de Al-Nawas et Schiegnitz (2014) :

Cette revue littéraire rassemble des études ayant comparé la greffe d'os autogène aux greffes utilisant un autre substitut osseux, c'est-à-dire les greffons allogéniques, xénogéniques ou alloplastiques, regroupés sous la dénomination de BSM (Bone Substitute Materials). Cette revue s'intéresse au taux de survie de l'implant après augmentation osseuse sans différencier si celle-ci est horizontale, verticale ou combinée.

- Méthode :
 - Méta-analyse réalisée en utilisant la littérature de 2000 à début 2014.
- Critères d'inclusion :
 - Technique d'augmentation réalisée chez des patients totalement ou partiellement édentés.
 - Etudes avec un suivi d'au moins 10 mois.
- Résultats du taux de survie des implants :
 - BSM : 97,4 % plus ou moins 2,5%.
 - BSM combiné à de l'os autogène : 100%.
 - Os autogène : 98,6% plus ou moins 2,9%.
- Conclusion :

La différence non significative dans la survie de l'implant indique que celle-ci est indépendante du biomatériau utilisé. Par conséquent, sur la base de la littérature actuelle, il n'y a aucune preuve que l'os autogène soit supérieur aux BSM. Cependant, les conclusions sont limitées car la littérature ne décrit que très peu la taille du défaut, le volume augmenté et la capacité de régénération des défauts.

- Etude comparative de Pelegrine et Coll. (2018) :

Cette étude permet une comparaison des techniques de greffes en onlay, en prenant en compte la qualité du lit receveur, elle-même dépendante du stade de résorption latérale.

- Méthode :
 - Etude rétrospective sur 100 patients.
 - La tomodensitométrie de chaque patient, réalisée en début de traitement, permet de catégoriser la population étudiée en deux groupes : le groupe A où l'os spongieux est absent et le groupe P où l'os spongieux est présent.
 - Les tomodensitométries sont évaluées à l'aide du logiciel Sidexis.
- Critères d'inclusion :
 - Implant fonctionnel pendant au moins un an.
 - Patient ayant eu recours à une procédure d'augmentation osseuse horizontale, ainsi que les patients n'en ayant pas eu besoin (17%), selon le diagnostic posé après analyse des tomodensitométries.
- Critères d'exclusion :
 - Patient soumis à une augmentation osseuse verticale.
 - Patient avec antécédant de maladie néoplasique traitée par radiothérapie ou chimiothérapie.
 - Patient atteint de maladie systémique.
 - Traitement affectant l'homéostasie osseuse.
 - Femme enceinte ou allaitante.
 - Fumeur.
- Résultats basés sur le taux de survie de l'implant, pour les patients n'ayant pas nécessité d'une greffe osseuse complémentaire :
 - Groupe P (défaut osseux initial avec de l'os spongieux) :

- Greffe autogène : 100%.
 - Greffe alloplastique : 100%.
 - Greffe allogénique : 95,9%.
 - Greffe xénogénique : 97%.
- Groupe A (défaut osseux initial sans os spongieux) :
- Greffe autogène : 100%.
 - Greffe allogénique : 0%.
 - Greffe xénogénique : 33,3%.

▪ Conclusion :

Lors du choix d'un matériau de greffe osseuse, le chirurgien doit tenir compte de la qualité du lit receveur ainsi que du potentiel des différents matériaux de greffe (ostéogénicité, ostéoconduction, ostéoinduction). Effectivement, l'os lamellaire cortical peu vascularisé n'a pas un niveau de vitalité élevé et ne fournit pas une cellularité adéquate à un biomatériau ostéoconducteur non vital, alors que l'os spongieux a une vitalité élevée et un fort potentiel ostéogénique.

Ainsi, dans les défauts osseux critiques, en lame de couteau, il est nécessaire d'utiliser un greffon à fort potentiel ostéogénique tel que le greffon autogène. Cependant, la morbidité et les complications liées au site donneur ont conduit certains auteurs à se diriger vers la pratique de la thérapie cellulaire à fort potentiel ostéogénique de la moelle osseuse. Lorsque le site receveur présente une certaine quantité d'os spongieux, l'utilisation d'un matériau ostéoconducteur, xénogénique, allogénique ou alloplastique donne des résultats satisfaisants sans différence significative entre chacun. Une autogreffe, du fait de ses complications, serait un surtraitement.





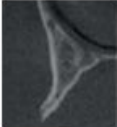

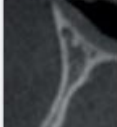

Classification	Quantité de perte horizontale alvéolaire	Approche chirurgicale (étapes)	Présence d'os spongieux	Besoin impératif de greffe autogène ou de protéines inductrices osseuses / transplantation de cellules vivantes	Matériel pour l'augmentation	Maxilla aspect sur CT	Aspect mandibulaire sur CT
HAC1	Petit	Unique	Oui	Non	Non		
HAC2	Petit	Unique	Oui	Non	Biomatrial osseoconducteur		
HAC3	Modérer	Deux	Oui	Non	Biomatrial osseoconducteur		
HAC4	Grand	Deux	Non	Oui	Autogène ou biomatériau avec des protéines inductrices osseuses / transplantation de cellules vivantes		

Figure 29 : Classification horizontale des changements alvéolaires (HAC) et traitement correspondant adéquat (Pelegriane et Coll., 2018).

3.1.2. Comparaison des greffes en onlay seules ou associées à une membrane :

- Revue littéraire de Jonker et Coll (2016).

Cette étude compare le gain en épaisseur après une greffe osseuse associée ou non à l'utilisation d'une membrane.

- Méthode :
 - Recherche d'étude en avril 2016 dans les bases de données : Embase, Medline, Cochrane Central, Web of Science et Pubmed.
 - 17 articles impliquant 10 essais ont été retenus.

- Critères d'inclusion :
 - Etudes avec un suivi minimum de 6 mois après la mise en charge de l'implant.
 - Mise en place des implants dans le même temps chirurgical que la greffe osseuse ou en différé.

- Résultats :
 - Le gain osseux horizontal avec membrane est supérieur au gain osseux sans membrane : différence moyenne = 0,84 millimètres ; intervalle de confiance = 95% [0,46 – 1,21].

- Conclusion :

Les preuves sont insuffisantes concernant les effets des membranes sur les procédures d'augmentation osseuse pour étayer toute conclusion définitive. En effet, le nombre d'études reste faible et la période de suivi courte. Cependant, aucune différence dans l'échec d'implant n'a été prouvé.

3.1.3. Comparaison des greffes en onlay aux techniques d'ostéotomies :

- Revue littéraire de Chiapasco et Coll. (2009) :

Cette revue littéraire compare les greffes en onlay aux techniques d'expansion osseuse et de distraction alvéolaire.

- Méthode :
 - Medline et 16 revues pertinentes ont été consultées de 1975 à janvier 2008.
 - Une synthèse narrative a été réalisée.
 - Les résultats sont regroupés selon la technique chirurgicale.

- Critères d'inclusion :
 - Crête traitée après une atrophie, une maladie parodontale, les séquelles d'un traumatisme.
 - Etude portant sur au moins 10 patients.
 - Etudes avec un suivi d'au moins 12 mois.
 - Pose d'implant immédiate ou différée.
 - Utilisation d'implant en titane endo-osseux.

- Critères d'exclusion :
 - Défaut osseux après ablation de tumeur, ostéoradionécrose ou malformation congénitale.

- Résultats basés sur le taux de survie de l'implant :
 - Greffe en onlay (26 études) : 94,8%.
 - Expansion osseuse (4 études) : 91 à 97%.
 - Distraction alvéolaire (7 études) : 96%.

- Conclusion :

Les auteurs ont conclu qu'il était difficile de démontrer qu'une technique chirurgicale pour l'augmentation d'une crête atrophique était supérieure à une autre. Néanmoins, ils ont déclaré que les procédures les plus simples et les moins invasives impliquant moins de risques de complications et atteignant plus rapidement leurs objectifs devraient être prioritaires.

3.2. Evaluation des résultats des différentes techniques :

3.2.1. Gain en épaisseur des différentes techniques :

Tableau 1 : Gains transversaux moyens obtenus avec les procédures d'augmentation selon la littérature.

Techniques d'augmentation osseuse	Auteurs et caractéristiques de l'étude	Gain en épaisseur
Greffe autogène	Etude Cordaro et Coll. (2002), portant sur 15 patients partiellement édentés, et 18 sites osseux alvéolaires greffés.	Gain transversal moyen de 5,0 +/- 0,23 millimètres.
Greffe allogénique	Revue littéraire de Waarsdorp et Coll. (2010), portant sur 36 sites opératoires.	Gain transversal moyen de 3,92 millimètres.
	Etude de Nissan et Coll (2011) portant sur 29 sites ayant reçu des blocs d'os lyophilisés spongieux.	Gain transversal moyen de 5,6 millimètres.
Greffe avec matériau alloplastique	Etude de Yukna et Coll. (2003), portant sur 9 patients, ayant reçu de l'os synthétique bioplast HTR en conjonction avec la mise en place de 10 implants.	Largeur totale de la crête passant de 9,6 à 8,8 millimètres en moyenne.
Greffe particulaire autogène et xénogénique combinée à une régénération osseuse guidée	Etude de Urban et Coll. (2013), portant sur 25 patients dont 31 sites osseux ont été traités par une greffe combinant un mélange particulaire d'os autogène et d'os minéral dérivé d'os bovin anorganique, recouvert d'une membrane résorbable de collagène.	Gain transversal moyen de 5,68 millimètres après 8 mois de cicatrisation.
Expansion de la crête alvéolaire	Revue littéraire de Anitua et Coll. (2013) portant sur 15 patients ayant reçu 37 implants avec une intervention d'expansion réalisée aux ultrasons en un temps.	Gain transversal moyen de 3,35 millimètres.
	Revue littéraire de Li et Coll. (2017) portant sur 18 patients ayant reçu 43 implants avec une technique d'expansion retardée.	Gain transversal moyen de 2,37 +/- 1,44 millimètres.
	Revue littéraire de Holtzdaw et Coll. (2010) portant sur 13 patients	Gain transversal moyen de 4,03 +/- 0,67 millimètres.

	présentant 17 déficits osseux horizontaux. La pose des implants se fait après cicatrisation de l'os ayant subi l'expansion. L'intérêt de cette étude est de comparer le gain en fonction du nombre d'implants.	Zone avec un implant unique, le gain est de 3,38 +/- 0,25 millimètres. Zone avec plusieurs implants, le gain est de 4,25 +/- 0,62 millimètres.
Distraction osseuse	Etude de Laster et Coll. (2005) portant sur 9 patients chez lesquels une ostéotomie a été réalisée et un dispositif de distraction percutannée a été mis en place.	Gain transversal de 4 à 6 millimètres.
Corticotomie segmentaire	Revue littéraire de Bormann et Coll. (2011) portant sur 27 patients. Une procédure d'ostéotomie segmentaire associée à une autogreffe interpositionnelle a été réalisée sur 40 sites.	Gain transversal moyen de 3,08 millimètres.

Les gains transversaux sont variables selon les études car les caractéristiques structurales, dimensionnelles et géographiques des défauts osseux ainsi que les caractéristiques du greffon diffèrent. Il est donc impossible de conclure qu'une technique apporte un gain osseux supérieur par rapport à une autre.

Les matériaux alloplastiques sont très majoritairement utilisés sous forme particulière dans les comblements alvéolaires post-extractionnels, permettant une mise en place immédiate des implants. Ils peuvent aussi être utilisés sous forme de bloc mais les résultats de cette technique encore peu reconnue ne sont pas disponibles dans la littérature.

3.2.2. Résorption des greffons dans les techniques d'apposition :

La résorption du greffon est variable selon son site d'origine. Il est nécessaire de prendre en compte cette variabilité afin de l'anticiper lors du prélèvement et de pouvoir adapter les mesures du greffon.

Tableau 2 : Taux de résorption des greffes d'apposition.

Auteurs et caractéristiques de l'études	Taux de résorption horizontal
Etude de Widmark et Coll. (1997) portant sur 9 patients ayant reçu des greffons symphysaires.	25% à 4 mois.
Etude de Cordaro et Coll. (2002) portant sur 15 patients ayant reçu 18 greffons d'origines ramique ou symphysaire.	23,5% avant implantation. Plus importante à la mandibule qu'au maxillaire.
Etude de Donovan et Coll. (1993) comparant la résorption des greffons iliaques et pariétaux chez des porcs.	25% pour les greffons pariétaux et 66% pour les greffons iliaques.
Etude de Proussaefs et Lozada (2003) portant sur 7 patients ayant reçu une greffe en bloc d'os autogène, ainsi qu'un mélange particulière d'os autogène et d'os minéral bovin anorganique, l'ensemble recouvert par une membrane de collagène résorbable.	13,79% entre 2 et 6 mois.
Etude prospective randomisée contrôlée de Cordaro et Coll. (2011) portant 22 crêtes présentant une déficience alvéolaire horizontale. Elle compare la greffe en bloc seule (groupe témoin) à une greffe en bloc associée à de l'os bovin particulière et recouvert par une membrane de collagène (groupe test).	Résorption moyenne de 0,25mm dans le groupe test et de 0,89 mm dans le groupe témoin. Cependant plus de complications ont été observé dans le groupe test.

La résorption est de l'ordre de 10 à 20% pour les greffons pariétaux et peut aller jusqu'à 40% pour les greffons iliaques. Cette différence a longtemps été associée à l'origine du greffon, membraneuse ou endochondrale, mais des études ont montré qu'elle était associée à la microarchitecture du greffon, corticale ou spongieuse. Des études ont travaillé sur le processus interne de remodelage des greffons spongieux et corticaux afin de comprendre cette différence significative de résorption. Les greffes en onlay spongieuses ont développé une microarchitecture plus dense, moins trabéculaire, mieux organisée et plus interconnectée, c'est-à-dire une structure plus stable (Buchman et Ozaki, 1999). Alors que les greffes en onlay corticales ont développé une ultrastructure interne moins dense, plus trabéculaire et moins organisée (Ozaki et Coll., 1999). Ainsi, le greffon pariétal cortical présente un avantage considérable compte tenu de sa faible résorption, mais la nécessité de réaliser une anesthésie générale et les risques neurologiques associés limitent son indication.

Selon la même théorie, les greffons corticaux d'origine ramique présentent une résorption plus faible que les greffons corticaux spongieux d'origine symphysaire (Chappuis et Coll., 2017).

L'utilisation d'une membrane en association avec une greffe en onlay diminue significativement la résorption, mais une augmentation de la fréquence des complications est observée.

3.2.3. Détermination du taux de réussite et des complications des différentes techniques :

Le taux de réussite des techniques d'augmentation osseuse est déterminé à partir du taux de survie du greffon, du taux de survie implantaire et du taux de succès implantaire.

- Taux de survie du greffon : il correspond au nombre de greffons au temps T non infecté.
- Taux de survie implantaire : il correspond au nombre d'implants au temps T encore en fonction.
- Taux de succès de l'implant : il correspond au nombre d'implants au temps T en fonction et selon des critères précis, définis par les auteurs.

- Autogreffe :

Tableau 3 : Taux de survie implantaire et du greffon, ainsi que les complications consécutives à une greffe autogène.

Auteurs et caractéristiques de l'étude	Taux de survie implantaire	Taux de survie du greffon	Complications
Revue littéraire de Aloy-Prosper et Coll. (2015) dont 4 études sur l'augmentation horizontale avec une greffe en bloc.	96,9 à 100%		
Revue littéraire de Sakkas et Coll. (2017) portant sur 279 patients sur lesquels 456 procédures ont été réalisées à	99,6% deux ans après la	95,6%	

partir de greffons intra- ou extra-oraux.	mise en fonction		
Revue littéraire de Sakkas et Coll. (2016) portant sur 86 patients sur lesquels 104 greffes osseuses ont été réalisées à partir de greffons d'origine ramique.		95,3%	12,8% des patients avaient des perturbations nerveuses temporaires. 3,5% des patients ont présenté des complications du site donneur, et 19,8% du site receveur.
Revue littéraire de Clavero et Lundgren (2003) comparant la morbidité et les complications des greffons intra-oraux. Sur 53 patients, 29 ont eu un greffon d'origine symphysaire et 24 d'origine ramique.			75,9% des patients avec greffon symphysaire ont éprouvé une sensibilité réduite de la peau innervée par le nerf mental, un mois après l'intervention. Et pour 51,7% des patients, cette altération de la sensibilité est permanente. 28,9% des patients avec greffon ramique ont éprouvé une sensibilité réduite dans la muqueuse vestibulaire innervée par le nerf buccal un mois après. Et pour 4,1% des patients, cette altération est permanente.
Revue littéraire de Barone et Coll. (2011) portant sur 235 patients ayant reçu un greffon d'origine iliaque.			99% ont eu une légère douleur une semaine après l'intervention, et 100% ont eu des altérations fonctionnelles, principalement dans la force de marche et de levage. Ces pourcentages ont diminué de manière substantielle 5 semaines après l'intervention. Ces complications sont transitoires.
Revue littéraire de Niedhart et Coll. (2003) portant sur 113 patients ayant reçu 73 greffons issus de la crête iliaque antérieure (CIA) et 40 de la crête iliaque postérieure (CIP).			Morbidité : 48% (CIA) et 32,5% (CIP). Hématome important : 9,6% (CIA) et 7,5 (CIP). Hématome modéré : 34,3 (CIA) et 15% (CIP). Déhiscence de la plaie : 2,7% (CIA) et 0% (CIP).
Revue littéraire de Chappuis et Coll. (2017) portant sur 25 sites ayant reçu une greffe autogène en bloc protégée par une membrane de collagène.	98,1% à 10 ans.		

Les complications des greffes autogènes sont majoritairement liées au site donneur.

Le prélèvement des greffons intra-oraux induit une hypoesthésie, le plus souvent temporaire et plus fréquente lors de prélèvements symphysaires. De plus, lors de la procédure de prélèvement, il existe un risque de lésion des racines des dents adjacentes, d'ecchymoses dans les jours suivant l'intervention, de trismus lors de prélèvement ramique et de brides cicatricielles parfois inesthétiques.

Le prélèvement iliaque engendre des claudications et des douleurs. Le prélèvement sur la crête iliaque postérieure doit être privilégié au prélèvement antérieur, car la morbidité du site donneur est considérablement diminuée. Le prélèvement pariétal présente un risque de lésions neurologiques graves qui réduit fortement son utilisation.

Les taux de survie sont similaires, que le greffon soit d'origine intra- ou extra-orale ou que le bloc autogène soit associé ou non à une régénération osseuse guidée avec l'utilisation d'une membrane.

- Allogreffe :

Tableau 4 : Taux de survie implantaire et du greffon ainsi que les complications consécutives à une greffe allogénique.

Auteurs et caractéristiques de l'étude	Taux de survie implantaire	Taux de survie du greffon	Complications
Revue littéraire de Chaushu et Coll. (2010) portant sur 101 patients. 137 sites osseux ont été greffés avec de l'os spongieux, dont 47 à la mandibule et 271 implants ont été posés.	95,6%	Echec partiel : 7% Echec total : 11%	Complications des tissus mous chez 30% des patients : Exposition membranaire : 30,7%. Ouverture de la ligne d'incision : 30%. Perforation de la muqueuse greffée : 14%. Infection du site greffé : 8%. Ces complications n'entraînent pas nécessairement la perte totale du greffon. Leur incidence est beaucoup plus marquée à la mandibule.

Etude de Nissan et Coll. (2011) portant sur 21 patients. 29 blocs d'os lyophilisés spongieux ont été greffés à la mandibule et 85 implants ont été posés.	95,3%	79,3%	
Etude de Keith et Coll. (2006), portant sur 73 patients ayant reçu une greffe en bloc d'os minéralisé dans des défauts osseux localisés sévères.	99%	93% à 12 mois	

Le taux de survie du greffon allogénique est plus faible à la mandibule qu'au maxillaire. Une étude de Nissan et Coll. (2011) montre un taux de survie du greffon au maxillaire antérieur de 95,6% contre 79,3% à la mandibule. L'allogreffe acellulaire, de par son traitement préalable, supporte mal l'exposition et est plus sensible aux infections que l'autogreffe. L'allogreffe nécessite une technique chirurgicale méticuleuse et une gestion parfaite des tissus mous parfois complexe en secteur postérieur mandibulaire (Keith et Coll., 2006).

Le taux de survie implantaire est similaire à celui des autogreffes.

- Expansion osseuse :

Tableau 5 : Taux de survie implantaire et de succès implantaire lors d'une expansion osseuse.

Auteurs et caractéristiques de l'étude	Taux de survie implantaire	Taux de succès implantaire
Revue littéraire de Mestas et Coll. (2016) portant sur 1178 patients ayant reçus 3033 implants après une expansion de la crête.	96,8%	96,6%

La technique d'expansion est une technique de choix dans l'augmentation horizontale à mandibule. Cependant, elle est contre-indiquée dans les secteurs

prémolaires mandibulaires en raison de l'émergence du nerf mentonnier au niveau du foramen mentonnier. Elle peut induire une altération de la sensibilité liée au nerf alvéolaire inférieur, néanmoins aucune donnée ne rapporte le taux de complications de ces techniques.

- Distraction osseuse :

Tableau 6 : Taux de survie implantaire et complications consécutives à une distraction osseuse.

Auteurs et caractéristiques de l'étude	Taux de survie implantaire	Complications
Revue littéraire de Enislidis et Coll. (2005) portant sur 37 patients. 14 dispositifs intra-osseux ont été placés et 31 dispositifs sous-périostés. 72 implants ont été mis en place après dépose du distracteur et 21 implants ont été placés lors d'une seconde intervention.	95,7%	Complications chez 75,5% des patients. La majorité était de nature mineure. Fracture de l'os basal : 3. Fracture du segment transporté : 1 Rupture du distracteur : 1 Problème mécanique : 3
Revue littéraire de Perdijk et Coll. (2007) portant sur 45 patients.		Complications survenues au cours de la première année : Troubles sensoriels : 28%. Fractures précoces : 2%. Fractures tardives : 17%. Affaissements du menton : 13%. Echecs des implants dentaires : 13%. Déhiscence de la muqueuse : 8%. Infections : 6%. Saignements ou hématomes : 4%. Perforations cutanées : 2%.

Les complications les plus fréquentes lors de la distraction osseuse sont les troubles sensoriels, le plus souvent temporaires, provoqués par des lésions nerveuses lors de la chirurgie. Ensuite vient la fracture, soit de l'os basal, soit du fragment distracté. Pour diminuer le risque de fracture basale, la procédure doit être la moins

traumatique possible, permise par la piézochirurgie. Pour éviter une fracture du segment distracté, il doit avoir une largeur et une épaisseur suffisante.

La procédure de distraction est majoritairement utilisée pour augmenter l'os verticalement, même s'il s'accompagne systématiquement d'un gain transversal. L'application de la distraction en vue d'augmenter l'os latéralement est encore rare et la littérature relatant du taux de survie implantaire après cette chirurgie est actuellement inexistante.

- Corticotomie segmentaire :

Tableau 7 : Taux de survie implantaire et complications consécutives à une corticotomie segmentaire.

Auteurs et caractéristiques de l'étude	Taux de survie implantaire	Complications
Revue littéraire de Bormann et Coll. (2010) portant sur 27 patients. Une procédure d'ostéotomie segmentaire associée à une autogreffe interpositionnelle a été réalisée sur 40 sites.		Troubles sensoriels du nerf mentonnier chez 22,2% pour des patients, avec une récupération complète de la sensibilité sous 3 à 12 semaines.
Etude de Jensen (2006) portant sur 8 patients. 10 sites ont fait l'objet d'une ostéotomie segmentaire associée à un matériau interpositionnel et 22 implants ont été mis en place.	90,9%	

La principale complication, comme pour toutes techniques d'ostéotomies, est une altération sensorielle temporaire.

- Conclusion :

Les taux de survie et de succès des implants sont relativement similaires dans l'ensemble des techniques. Cependant il y a une différence incontestable chez les fumeurs et non-fumeurs, avec une diminution du taux de survie des implants chez les

patients fumeurs. Le taux de survie du greffon est plus faible pour la greffe allogénique plus sensible au niveau des secteurs postérieurs de la mandibule. L'autogreffe reste un « gold standard » pour l'augmentation osseuse, cependant les complications liées au second site chirurgical limitent son application, par choix du praticien ou du patient. Néanmoins, le prélèvement ramique permet la réalisation d'un seul site opératoire lors d'augmentation osseuse en secteur postérieur mandibulaire de petite étendue et le taux de complications est moindre que lors d'un prélèvement symphysaire. L'expansion constitue une très bonne alternative pour les défauts osseux horizontaux de moyenne à grande étendue, avec des taux de survie et de succès élevés des implants. De plus, elle offre la possibilité de mettre en place les implants lors du même temps chirurgical. Les complications sont actuellement non reconnues.

3.3. Arbre décisionnel :

Une analyse complète est nécessaire pour prendre une décision thérapeutique devant un défaut osseux. Elle se fait à partir de :

- Dossier médical du patient : antécédents médicaux, traitements médicamenteux, allergie, âge.
- CBCT initial : éléments anatomiques environnants, quantité disponible d'os autologue.
- Caractéristiques du défaut osseux : l'existence de parois adjacentes, l'étendue, l'anatomie.
- Patient : ses attentes, sa motivation, son hygiène bucco-dentaire, tabac.
- Praticien : son expérience, ses compétences.

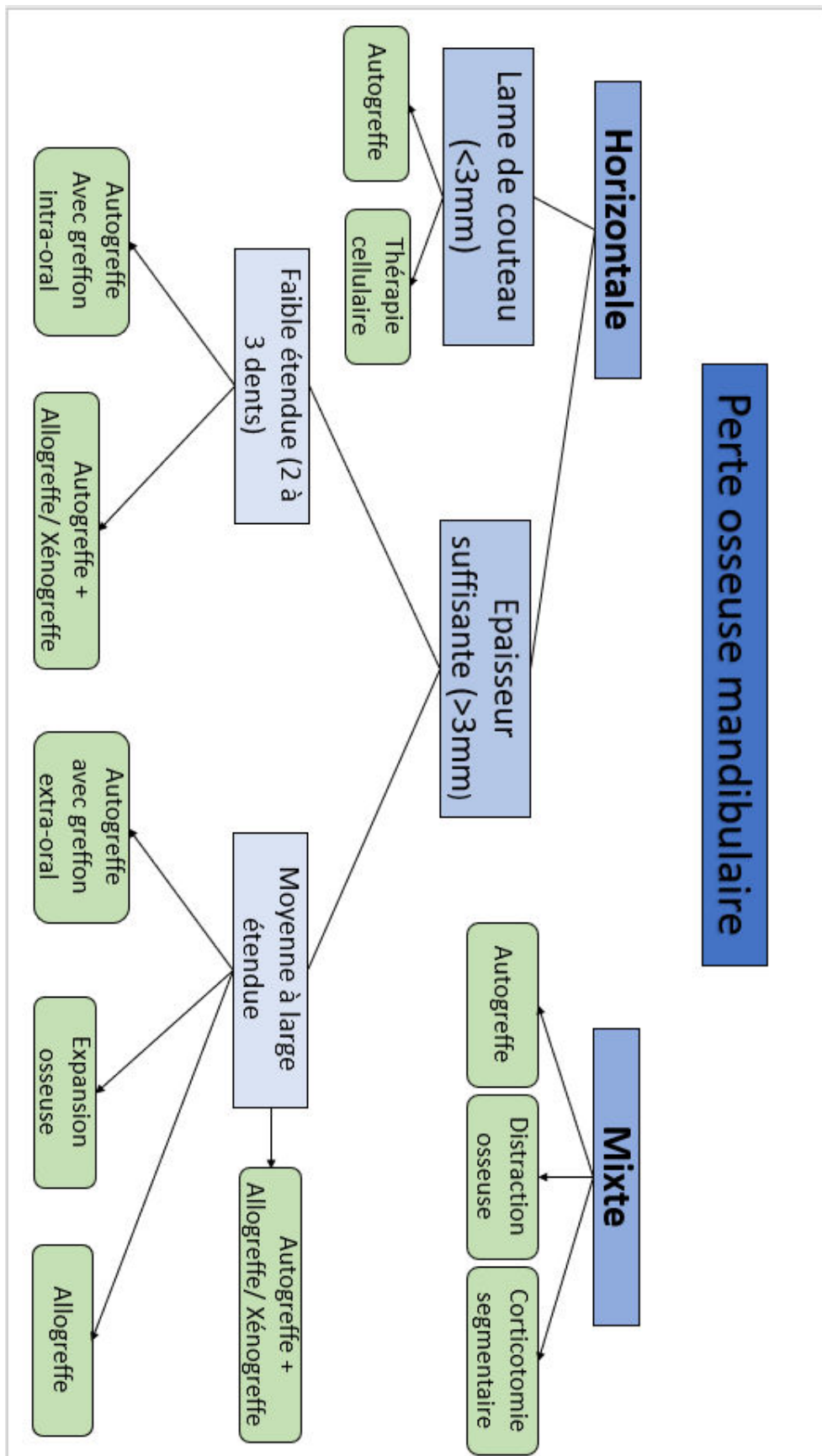


Figure 30 : Arbre décisionnel dans les pertes osseuses mandibulaires horizontale et mixte (source personnelle).

CONCLUSION

Aujourd'hui, l'implantologie est devenue une discipline incontournable dont la demande ne fait que croître. Cependant, le plus souvent, la perte osseuse horizontale se produit à un rythme plus rapide et dans une plus grande mesure par rapport à la perte osseuse verticale, conduisant au développement de nombreuses techniques d'augmentation osseuse latérale. L'augmentation à la mandibule, surtout en secteur postérieur, est plus délicate qu'au maxillaire en raison des problèmes liés à la vascularisation et à la gestion des tissus mous.

Le greffon idéal n'existe pas. Le greffon autogène est le seul possédant des propriétés ostéoconductrices, ostéoinductrices et ostéogènes. C'est pourquoi l'autogreffe est une technique de référence malgré la nécessité de réaliser un second site chirurgical. Le prélèvement pariétal offre le plus faible taux de résorption de par sa composante corticale, mais les lésions neurologiques associées ainsi que la nécessité de réaliser une anesthésie générale limitent son application. Ainsi, le greffon d'origine iliaque, malgré un taux de résorption élevé, est le plus fréquemment utilisé lors d'augmentations osseuses de grandes étendues. Le prélèvement iliaque postérieur est privilégié car il y a moins de morbidité du site donneur. Dans les défauts de faibles étendues, le greffon ramique est favorisé car les complications du site donneur sont moindres que pour le greffon symphysaire.

Lorsque le patient ou le praticien ne souhaite pas réaliser un second site chirurgical, d'autres biomatériaux peuvent être utilisés, tels que des greffons allogéniques ou xénogéniques. Les greffons xénogéniques sont toutefois principalement employés sous forme particulière, en association avec des greffons autogènes. Leurs taux de survie et de succès implantaire sont similaires aux autogreffes, mis à part en secteur mandibulaire postérieur pour les allogreffes qui sont extrêmement sensibles et nécessitent une technique d'apposition minutieuse. Ces techniques présentent aussi un risque de transmission d'agent pathogène et un risque de réaction immunologique. De plus, les greffons allogéniques et xénogéniques n'ont que la propriété d'être ostéoconducteurs. Des matériaux synthétiques, alloplastiques, se sont développées mais les études relatent principalement leur utilisation dans les comblements alvéolaires post-extractionnels.

Les greffes en onlay peuvent être associées à une régénération osseuse guidée. Le recouvrement par une membrane diminue significativement la résorption mais n'influe pas sur le gain en épaisseur. Malgré d'avantages de complications observées lors de leur utilisation, le taux de survie implantaire reste le même que pour une greffe en onlay seule. Les membranes permettent aussi de stabiliser le greffon, principalement lors de greffe particulaire.

L'expansion osseuse est aussi beaucoup pratiquée pour augmenter l'os latéralement et elle offre un taux de survie et de succès implantaire de nouveau comparable à celui de l'autogreffe. La pose des implants peut se faire lors du même temps chirurgical, mais une technique en deux temps est préférable afin de limiter le risque de malfracture du volet osseux vestibulaire. Il est nécessaire de bien analyser les éléments anatomiques environnants, tel que le nerf alvéolaire inférieur, afin d'éviter des lésions sensibles et elle est évidemment contre indiquée au niveau des prémolaires en raison de l'émergence du nerf mentonnier.

Les techniques de distraction osseuse et d'ostéotomie segmentaire ont comme indication première l'augmentation osseuse verticale, mais des auteurs ont mis au point des procédures afin de permettre un gain osseux latéral. De plus, la distraction osseuse est une procédure complexe demandant un apprentissage long et l'utilisation d'un matériel onéreux.

La comparaison de l'ensemble de ces techniques n'a pas permis de déterminer qu'une technique était supérieure à une autre, car premièrement les résultats sont relativement similaires et deuxièmement les études comparatives sont d'un faible niveau de preuves car ce sont des études rétrospectives ne tenant pas compte des caractéristiques anatomiques et géographiques du défaut osseux. Leur étude a néanmoins démontré que leur application augmente de façon non négligeable le taux de complication et d'échecs des futurs implants.

Ainsi, la décision thérapeutique du praticien se fait au cas par cas en tenant compte des antécédents du patient, de ses attentes, de sa motivation, des caractéristiques et de la localisation du défaut osseux, mais aussi et surtout de sa propre expérience et de ses compétences. Enfin, l'indication d'une augmentation osseuse doit être motivée et argumentée aux vues des complications associées.

ANNEXES

Grade de preuve scientifique de la Haute Autorité de Santé (HAS).

NIVEAU DE PREUVE SCIENTIFIQUE FOURNI PAR LA LITTERATURE	GRADE DES RECOMMANDATIONS
Niveau 1 - Essais comparatifs randomisés de forte puissance - Méta-analyse d'essais comparatifs randomisés - Analyse de décision basée sur des études bien menées	A Preuve scientifique établie
Niveau 2 - Essais comparatifs randomisés de faible puissance - Études comparatives non randomisées bien menées - Études de cohorte	B Présomption scientifique
Niveau 3 - Études cas-témoin Niveau 4 - Études comparatives comportant des biais importants - Études rétrospectives - Séries de cas - Études épidémiologiques descriptives (transversale, longitudinale)	C Faible niveau de preuve scientifique

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Allen EP, Gainza CS, Farthing GG, Newbold DA. Improved technique for localized ridge augmentation. A report of 21 cases. *J Periodontol.* 1985; 56(4): 195-9.
2. Almasri M, Camarda AJ, Ciaburro H, Chouikh F, Dorismond SJ. Preservation of posterior mandibular extraction site with allogeneic demineralized, freeze-dried bone matrix and calcium sulphate graft binder before eventual implant placement: a case series. *J Can Dent Assoc.* 2012; 78: c15.
3. Al-Nawas B, Schiegnitz E. Augmentation procedures using bone substitute materials or autogenous bone - a systematic review and meta-analysis. *Eur J Oral Implantol.* 2014; 7 Suppl 2: S219-234.
4. Aloy-Prósper A, Peñarrocha-Oltra D, Peñarrocha-Diago M, Peñarrocha-Diago M. The outcome of intraoral onlay block bone grafts on alveolar ridge augmentations: a systematic review. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2015; 20(2): e251-258.
5. Anitua E, Begoña L, Orive G. Clinical evaluation of split-crest technique with ultrasonic bone surgery for narrow ridge expansion: status of soft and hard tissues and implant success. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2013; 15(2): 176-87.
6. Aparicio C, Jensen OT. Alveolar ridge widening by distraction osteogenesis: a case report. *Pract Proced Aesthet Dent.* 2001; 13(8): 663-8; quiz 670.
7. Atwood DA. Some clinical factors related to rate of resorption of residual ridges. 1962. *J Prosthet Dent.* 2001; 86(2): 119-25.
8. Atwood DA, Coy WA. Clinical, cephalometric, and densitometric study of reduction of residual ridges. *J Prosthet Dent.* 1971; 26(3): 280-95.
9. Atwood DA. Some clinical factors related to rate of resorption of residual ridges. *J Prosthet Dent.* 2001; 86(2): 119-25.
10. Barone A, Ricci M, Mangano F, Covani U. Morbidity associated with iliac crest harvesting in the treatment of maxillary and mandibular atrophies: a 10-year analysis. *J Oral Maxillofac Surg.* 2011; 69(9): 2298-304.
11. Bormann KH, Suarez-Cunqueiro MM, von See C, Kokemüller H, Schumann P, Gellrich NC. Sandwich osteotomy for vertical and transversal augmentation of the posterior mandible. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2010; 39(6): 554-60.
12. Bormann KH, Suarez-Cunqueiro MM, von See C, Tavassol F, Dissmann JP, Ruecker M, et al. Forty sandwich osteotomies in atrophic mandibles: a retrospective study. *J Oral Maxillofac Surg.* 2011; 69(6): 1562-70.
13. Buchman SR, Ozaki W. The ultrastructure and resorptive pattern of cancellous onlay bone grafts in the craniofacial skeleton. *Ann Plast Surg.* 1999; 43(1): 49-56.
14. Cano J, Campo J, Moreno LA, Bascones A. Osteogenic alveolar distraction: a

- review of the literature. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006; 101(1): 11-28.
15. Carinci F, Brunelli G, Franco M, Viscioni A, Rigo L, Guidi R, et al. A retrospective study on 287 implants installed in resorbed maxillae grafted with fresh frozen allogeneous bone. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2010; 12(2): 91-8.
 16. Carlsson GE. Responses of jawbone to pressure. *Gerodontology.* 2004; 21(2): 65-70.
 17. Cawood JI, Howell RA. A classification of the edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1988; 17(4): 232-6.
 18. Chappuis V, Cavusoglu Y, Buser D, von Arx T. Lateral Ridge Augmentation Using Autogenous Block Grafts and Guided Bone Regeneration: A 10-Year Prospective Case Series Study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2017; 19(1): 85-96.
 19. Chaushu G, Mardinger O, Peleg M, Ghelfan O, Nissan J. Analysis of complications following augmentation with cancellous block allografts. *J Periodontol.* 2010; 81(12): 1759-64.
 20. Chiapasco M, Casentini P, Zaniboni M. Bone augmentation procedures in implant dentistry. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009; 24 Suppl: 237-59.
 21. Chiapasco M, Zaniboni M. Clinical outcomes of GBR procedures to correct peri-implant dehiscences and fenestrations: a systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2009; 20 Suppl 4: 113-23.
 22. Chiapasco M, Zaniboni M, Boisco M. Augmentation procedures for the rehabilitation of deficient edentulous ridges with oral implants. *Clin Oral Implants Res.* 2006; 17 Suppl 2: 136-59.
 23. Clavero J, Lundgren S. Ramus or chin grafts for maxillary sinus inlay and local onlay augmentation: comparison of donor site morbidity and complications. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2003; 5(3): 154-60.
 24. Cordaro L, Amadé DS, Cordaro M. Clinical results of alveolar ridge augmentation with mandibular block bone grafts in partially edentulous patients prior to implant placement. *Clin Oral Implants Res.* 2002; 13(1): 103-11.
 25. Cordaro L, Torsello F, Morcavallo S, di Torresanto VM. Effect of bovine bone and collagen membranes on healing of mandibular bone blocks: a prospective randomized controlled study. *Clin Oral Implants Res.* 2011; 22(10): 1145-50.
 26. Dahlin C, Linde A, Gottlow J, Nyman S. Healing of bone defects by guided tissue regeneration. *Plast Reconstr Surg.* 1988; 81(5): 672-6.
 27. Donovan MG, Dickerson NC, Hellstein JW, Hanson LJ. Autologous calvarial and iliac onlay bone grafts in miniature swine. *J Oral Maxillofac Surg.* 1993; 51(8): 898-903.
 28. Eastlund T. Infectious disease transmission through cell, tissue, and organ

- transplantation: reducing the risk through donor selection. *Cell Transplant*. 1995; 4(5): 455-77.
29. Enislidis G, Fock N, Millesi-Schobel G, Klug C, Wittwer G, Yerit K, et al. Analysis of complications following alveolar distraction osteogenesis and implant placement in the partially edentulous mandible. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2005; 100(1): 25-30.
 30. Enislidis G, Wittwer G, Ewers R. Preliminary report on a staged ridge splitting technique for implant placement in the mandible: a technical note. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2006; 21(3): 445-9.
 31. Evian CI, Rosenberg ES, Coslet JG, Corn H. The osteogenic activity of bone removed from healing extraction sockets in humans. *J Periodontol*. 1982; 53(2): 81-5.
 32. Frost HM. A 2003 Update of Bone Physiology and Wolff's Law for Clinicians. *The Angle Orthod*. 2004; 74(1): 3-15.
 33. García García A, Somoza Martin M, Gandara Vila P, Gandara Rey JM. A preliminary morphologic classification of the alveolar ridge after distraction osteogenesis. *J Oral Maxillofac Surg*. 2004; 62(5): 563-6.
 34. Garcia-Garcia A, Somoza-Martin M. Bone distraction versus dynamic guided bone regeneration. *J Oral Maxillofac Surg*. 2005; 63(5): 724; author reply 724-725.
 35. Goldstein RY, Jordan CJ, McLaurin TM, Grant A. The evolution of the Ilizarov technique: part 2: the principles of distraction osteosynthesis. *Bull Hosp Jt Dis (2013)*. 2013; 71(1): 96-103.
 36. Holtzclaw DJ, Toscano NJ, Rosen PS. Reconstruction of posterior mandibular alveolar ridge deficiencies with the piezoelectric hinge-assisted ridge split technique: a retrospective observational report. *J Periodontol*. 2010; 81(11): 1580-6.
 37. Hu GH, Froum SJ, Alodadi A, Nose F, Yu YCP, Suzuki T, et al. A Three-Stage Split-Crest Technique: Case Series of Horizontal Ridge Augmentation in the Atrophic Posterior Mandible. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2018; 38(4): 565–573.
 38. Ilizarov GA. The principles of the Ilizarov method. *Bull Hosp Jt Dis Orthop Inst*. 1988; 48(1): 1-11.
 39. Jensen OT. Alveolar segmental « sandwich » osteotomies for posterior edentulous mandibular sites for dental implants. *J Oral Maxillofac Surg*. 2006; 64(3): 471-5.
 40. Jonker BP, Roeloffs MWK, Wolvius EB, Pijpe J. The clinical value of membranes in bone augmentation procedures in oral implantology: A systematic review of randomised controlled trials. *Eur J Oral Implantol*. 2016; 9(4): 335-65.
 41. Kahn A, Shlomi B, Levy Y, Better H, Chaushu G. The use of autogenous block graft for augmentation of the atrophic alveolar ridge. *Refuat Hapeh Vehashinayim (1993)*. 2003; 20(3): 54-64, 102.

42. Keith JD, Petrungaro P, Leonetti JA, Elwell CW, Zeren KJ, Caputo C, et al. Clinical and histologic evaluation of a mineralized block allograft: results from the developmental period (2001-2004). *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2006; 26(4): 321-7.
43. Khoury F, Khoury C. Les greffes osseuses mandibulaires en bloc : instrumentation, techniques de prélèvement et usage chirurgical. *J Parodontol Implantol Orale.* 2006 ; 25(1) : 15-34.
44. Laster Z, Rachmiel A, Jensen OT. Alveolar width distraction osteogenesis for early implant placement. *J Oral Maxillofac Surg.* 2005; 63(12): 1724-30.
45. Leonetti JA, Koup R. Localized maxillary ridge augmentation with a block allograft for dental implant placement: case reports. *Implant Dent.* 2003; 12(3): 217-26.
46. Li X, Xu P, Xu X, Liu S. The application of a delayed expansion technique for horizontal alveolar ridge augmentation in dental implantation. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2017; 46(11): 1451-7.
47. Loty C, Loty S, Sautier JM. Interfaces os/biomatériaux bioactifs implantables. *Implant.* 1998 ; (2) : 101-109.
48. Mestas G, Alarcón M, Chambrone L. Long-Term Survival Rates of Titanium Implants Placed in Expanded Alveolar Ridges Using Split Crest Procedures: A Systematic Review. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2016; 31(3): 591-9.
49. Moret M, Canonica M, Henriot E, Piral T, Princ G. Greffons osseux d'apposition allogéniques BioBank « modélisés » 3D – A propos de deux cas. *L'information dentaire.* 2016 ; (5) : 1-7.
50. Motamedian SR, Khojaste M, Khojasteh A. Success rate of implants placed in autogenous bone blocks versus allogenic bone blocks: A systematic literature review. *Ann Maxillofac Surg.* 2016; 6(1): 78-90.
51. Niedhart C, Pingsmann A, Jürgens C, Marr A, Blatt R, Niethard FU. Complications after harvesting of autologous bone from the ventral and dorsal iliac crest - a prospective, controlled study. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 2003; 141(4): 481-6.
52. Nissan J, Ghelfan O, Mardinger O, Calderon S, Chaushu G. Efficacy of cancellous block allograft augmentation prior to implant placement in the posterior atrophic mandible. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2011; 13(4): 279-85.
53. Nissan J, Mardinger O, Calderon S, Romanos GE, Chaushu G. Cancellous bone block allografts for the augmentation of the anterior atrophic maxilla. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2011; 13(2): 104-11.
54. Odin G. Modélisation numérique de l'os mandibulaire appliquée à l'implantologie dentaire et maxillo-faciale [Thèse d'exercice]. [Paris] : Université de Paris. Faculté des Mines Paris Tech ; 2008. 115p.
55. Ozaki W, Buchman SR, Goldstein SA, Fyhrie DP. A comparative analysis of the microarchitecture of cortical membranous and cortical endochondral onlay bone

- grafts in the craniofacial skeleton. *Plast Reconstr Surg.* 1999; 104(1): 139-47.
56. Ozaki W, Buchman SR, Goldstein SA, Fyhrie DP. A comparative analysis of the microarchitecture of cortical membranous and cortical endochondral onlay bone grafts in the craniofacial skeleton. *Plast Reconstr Surg.* 1999; 104(1): 139-47.
 57. Pallesen L, Schou S, Aaboe M, Hjørting-Hansen E, Nattestad A, Melsen F. Influence of particle size of autogenous bone grafts on the early stages of bone regeneration: a histologic and stereologic study in rabbit calvarium. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2002; 17(4): 498-506.
 58. Paranque AR, Denhez F, Bolleyn A, Denes L. Distraction alvéolaire verticale en secteur mandibulaire postérieur. *Rev Stomatol Chir Maxillofac.* 2004 ; 105(1) : 37-40.
 59. Pelegrine AA, Romito G, Villar CC, Macedo LGS, Teixeira ML, Aloise AC, et al. Horizontal Bone Reconstruction on sites with different amounts of native bone: a retrospective study. *Braz Oral Res.* 2018; 32: e21.
 60. Perdijk FBT, Meijer GJ, Strijen PJ van, Koole R. Complications in alveolar distraction osteogenesis of the atrophic mandible. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2007; 36(10): 916-21.
 61. Princ G, Piral T, Gaudy J.F, Henriot E. Chirurgie osseuse pré-implantaire. [Rueil-Malmaison] : Editions CdP ; 2013. 138p.
 62. Proussaefs P, Lozada J. The use of resorbable collagen membrane in conjunction with autogenous bone graft and inorganic bovine mineral for buccal/labial alveolar ridge augmentation: a pilot study. *J Prosthet Dent.* 2003; 90(6): 530-8.
 63. Sakkas A, Ioannis K, Winter K, Schramm A, Wilde F. Clinical results of autologous bone augmentation harvested from the mandibular ramus prior to implant placement. An analysis of 104 cases. *GMS Interdiscip Plast Reconstr Surg.* 2016; 5: Doc21.
 64. Sakkas A, Wilde F, Heufelder M, Winter K, Schramm A. Autogenous bone grafts in oral implantology-is it still a « gold standard »? A consecutive review of 279 patients with 456 clinical procedures. *Int J Implant Dent.* 2017; 3(1): 23.
 65. Schwarz F, Golubovic V, Mihatovic I, Becker J. Periodontally diseased tooth roots used for lateral alveolar ridge augmentation. A proof-of-concept study. *J Clin Periodontol.* 2016; 43(9): 797-803.
 66. Schwarz N, Schlag G, Thurnher M, Eschberger J, Dinges HP, Redl H. Fresh autogeneic, frozen allogeneic, and decalcified allogeneic bone grafts in dogs. *J Bone Joint Surg Br.* 1991; 73(5): 787-90.
 67. Seibert JS. Reconstruction of deformed, partially edentulous ridges, using full thickness onlay grafts. Part I. Technique and wound healing. *Compend Contin Educ Dent.* 1983; 4(5): 437-53.
 68. Simion M, Baldoni M, Zaffe D. Jawbone enlargement using immediate implant

- placement associated with a split-crest technique and guided tissue regeneration. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 1992; 12(6): 462-73.
69. Sohn DS, Lee HJ, Heo JU, Moon JW, Park IS, Romanos GE. Immediate and delayed lateral ridge expansion technique in the atrophic posterior mandibular ridge. *J Oral Maxillofac Surg.* 2010; 68(9): 2283-90.
 70. Soikkonen K, Wolf J, Ainamo A, Xie Q. Changes in the position of the mental foramen as a result of alveolar atrophy. *J Oral Rehabil.* 1995; 22(11): 831-3.
 71. Spray JR, Black CG, Morris HF, Ochi S. The influence of bone thickness on facial marginal bone response: stage 1 placement through stage 2 uncovering. *Ann Periodontol.* 2000; 5(1): 119-28.
 72. Tan WL, Wong TLT, Wong MCM, Lang NP. A systematic review of post-extraction alveolar hard and soft tissue dimensional changes in humans. *Clin Oral Implants Res.* 2012; 23 Suppl 5: 1-21.
 73. Urban IA, Nagursky H, Lozada JL, Nagy K. Horizontal ridge augmentation with a collagen membrane and a combination of particulated autogenous bone and anorganic bovine bone-derived mineral: a prospective case series in 25 patients. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2013; 33(3): 299-307.
 74. Valentini P, Abensur D. Utilisation des biomatériaux dans les greffes de sinus maxillaire. *Titane*, 2007, 4, 1, p. 21-22
 75. Vail TB, Trotter GW, Powers BE. Equine demineralized bone matrix: relationship between particle size and osteoinduction. *Vet Surg.* 1994; 23(5): 386-95.
 76. Verna C, Melsen B, Melsen F. Differences in static cortical bone remodeling parameters in human mandible and iliac crest. *Bone.* 1999; 25(5): 577-83.
 77. Vernejoul M, Marie P. Cellules osseuses et remodelage osseux. *Médecine/sciences.* 1993 ; 9(11) : 1192-203.
 78. Vinay N, Fauroux MA, Torres JH. Expansion transversale de la crête alvéolaire mandibulaire en deux temps. Illustration par un cas clinique. *Actual Odontostomatol.* 2012 ; (259) : 273-81.
 79. Waasdorp J, Reynolds MA. Allogeneic bone onlay grafts for alveolar ridge augmentation: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2010; 25(3): 525-31.
 80. Widmark G, Andersson B, Ivanoff CJ. Mandibular bone graft in the anterior maxilla for single-tooth implants. Presentation of surgical method. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1997; 26(2): 106-9.
 81. Yukna RA, Sayed-Suleyman A, Finley JM, Hochstedler J, Mayer ET. Use of HTR synthetic bone grafts in conjunction with immediate dental implants. *Compend Contin Educ Dent.* 2003; 24(9): 649-52, 654, 657; quiz 658.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ELECTRONIQUES

82. Bessade J. Greffes osseuses pré-implantaires [Internet]. 2012 [consulté le 13 mai 2018].

Disponible sur :

<http://dr-bessade-jacques.chirurgiens-dentistes.fr/infos-patient/cas-cliniques/greffes-osseuses-pre-implantaires>

83. Böhm S, Wrobel S. Les membranes de collagène en médecine dentaire régénérative [Internet]. 2018 [consulté le 6 juin 2018].

Disponible sur :

<https://www.straumann.com/ch/fr/shared/news/membranes/collagen-membranes-in-regenerative-dental-medicine.html>

84. Keller P. Augmentation osseuse du prémaxillaire édenté [Internet]. 2018 [consulté le 5 juin 2018].

Disponible sur :

<https://journal-stomato-implanto.com/content/reconstruction-osseuse-en-secteur-esthetique-faut-pas-devisser>

85. Khoury G, Khoury E. La distraction osseuse alvéolaire [Internet]. 2010 [consulté le 6 juin 2018].

Disponible sur :

<https://www.lefildentaire.com/articles/clinique/implantologie/focus-clinic-distraction-osseuse-alveolaire/>

86. Khoury G, Khoury E, Fülöp O. Les techniques d'expansion alvéolaire transversale [Internet]. 2011 [consulté le 6 juin 2018].

Disponible sur :

<https://www.lefildentaire.com/articles/clinique/implantologie/les-techniques-dexpansion-alveolaire-transversale/>

87. Khoury G, Khoury E, Riah H. Ostéotomies segmentaires d'augmentation verticale des crêtes alvéolaires atrophiées [Internet]. 2010 [consulté le 7 juin 2018].

Disponible sur :

<https://www.lefildentaire.com/articles/clinique/implantologie/osteotomies-segmentaires-daugmentation-verticale-des-cretes-alveolaires-atrophiees/>

88. Mahnès L, Faivre S. L'Ulna proximal de Manhès et Faivre [Internet]. 2011 [consulté le 4 mai 2018].

Disponible sur :

<https://www.lefildentaire.com/articles/clinique/implantologie/lulna-proximal-de-manhes-et-faivre-suite-evolution-devenir/>

89. Maxillosaintlouis.fr. Les prélèvements de greffe osseuse mandibulaire [Internet]. 2014 [consulté le 4 mai 2018].

Disponible sur :

http://www.maxillosaintlouis.fr/pages/reconstructrice/page_reco_prelevm_grefe_mandib.php

90. Smbatyan B. GBR by non resorbable membrane [Internet]. 2014 [consulté le 6 juin 2018].

Disponible sur :

<http://forum.dentalxp.com/case/details/gbr-by-non-resorbable-membrane-part/3278>

91. Thomsen C. Moelle épinière / Moelle osseuse - Encyclopédie médicale [Internet]. 2014 [consulté le 5 mai 2018].

Disponible sur :

<https://www.vocabulaire-medical.fr/encyclopedie/240-moelle-epiniere-moelle-osseuse>

TABLE DES MATIERES

SOMMAIRE.....	10
LISTE DES FIGURES.....	12
LISTE DES TABLEAUX.....	14
INTRODUCTION.....	15
1. REMODELAGE OSSEUX MANDIBULAIRE.....	17
1. Rappels anatomiques et physiologiques de l'os mandibulaire.....	17
1.1.1. Structure macroscopique et microscopique.....	17
• Anatomie de l'os mandibulaire.....	17
• Histologie de l'os mandibulaire.....	18
▪ Les tissus osseux.....	18
▪ Les cellules osseuses.....	19
▪ La matrice extra-cellulaire osseuse.....	20
1.1.2. Physiologie du remodelage osseux mandibulaire.....	20
• Principe du mécanisme de remodelage.....	20
• Principaux acteurs.....	21
• Phases du remodelage osseux.....	21
1.2. Résorption osseuse mandibulaire.....	23
1.2.1. Caractéristiques de la résorption.....	23
1.2.2. Comparaison avec la résorption au maxillaire.....	24
1.2.3. Etiologies de la résorption.....	25
• Facteurs généraux.....	25
• Facteurs locaux.....	25
• Facteurs fonctionnels.....	25
1.2.4. Mécanisme de cicatrisation et résorption post-extractionnelle.....	26

1.3. Intérêt et indications de l'augmentation osseuse latérale.....27

1.3.1. Classifications des crêtes osseuses.....	27
• Evaluation du relief de la crête.....	27
• Evaluation de la direction de la perte osseuse.....	28
• Evaluation du degré de résorption.....	28
1.3.2. Décision thérapeutique.....	29
• Conséquence de l'édentement.....	29
▪ Modifications anatomiques.....	29
▪ Modifications fonctionnelles.....	29
▪ Modifications psychologiques.....	30
• Alternatives prothétiques permises par les techniques d'augmentation osseuse latérale.....	30
▪ La prothèse amovible.....	30
▪ La prothèse fixée.....	31
• Contre-indications aux chirurgies d'augmentation osseuse.....	31
▪ Contre-indications absolues.....	31
▪ Contre-indications relatives.....	32
1.3.3. Paramètres à considérer dans la réalisation des techniques d'augmentation osseuse latérale.....	32
• La revascularisation.....	32
• Les obstacles anatomiques.....	33
▪ Le nerf alvéolaire inférieur.....	33
▪ Le foramen mentonnier.....	33
▪ En région postérieure.....	33

2. DESCRIPTION DES TECHNIQUES D'AUGMENTATION OSSEUSE LATÉRALE.....34

2.1. Greffes	
d'apposition.....	34
2.1.1. Propriétés d'un biomatériau.....	34
• Propriétés biologiques.....	35
▪ L'ostéoinduction.....	35
▪ L'ostéoconduction.....	35
▪ L'ostéogénicité.....	35
• Propriété physique.....	35
▪ La porosité.....	35
2.1.2. Autogreffe.....	36
• Principe.....	36
• Indications.....	36
• Greffons intra-oraux.....	37
▪ Avantages.....	37
▪ Inconvénients.....	37
▪ Indications.....	37
▪ Zones de prélèvement intra-oraux.....	38
• Greffons extra-oraux.....	40
▪ Avantages.....	40
▪ Inconvénients.....	40
▪ Indications.....	40
▪ Zones de prélèvement extra-oraux.....	40
• Greffe autogène de bloc osseux.....	42
▪ Avantages.....	42
▪ Inconvénients.....	42
• Greffe autogène d'os particulaire.....	44
▪ Avantages.....	44
▪ Inconvénients.....	44
2.1.3. Allogreffe.....	45
• Principe.....	45
• Indications.....	47
• Familles des greffes allogéniques.....	47
▪ Os déprotéinisé.....	47

▪ Os congelé minéralisé.....	48
▪ Os lyophilisé déminéralisé.....	48
▪ Os lyophilisé minéralisé.....	49
2.1.4. Xénogreffe.....	49
• Principe.....	50
• Indications.....	50
2.1.5. Matériaux alloplastiques.....	50
• Principe.....	50
• Indications.....	50
• Classifications des matériaux alloplastiques.....	51
2.1.6. Greffe d'apposition combinée à une régénération osseuse guidée.....	51
• Principe.....	51
• Indications.....	53
2.1.7. Tableau récapitulatif des substituts osseux.....	54
2.2. Ostéotomie.....	55
2.2.1. Expansion osseuse.....	55
• Principe.....	55
• Indications.....	56
• Expansion mandibulaire en un temps.....	56
• Expansion mandibulaire en deux temps.....	58
• Expansion mandibulaire en trois temps.....	59
2.2.2. Distraction osseuse alvéolaire.....	60
• Principe.....	60
• Indications.....	60
• Distracteur alvéolaire.....	61
▪ Distracteur extra-osseux.....	61
▪ Distracteur intra-osseux.....	61
▪ Implant distracteur.....	62
• Technique de distraction modifiée pour un gain osseux transversal mandibulaire.....	63
▪ Technique de Aparicio et Jensen.....	63

▪	Technique de Garcia-Garcia et Coll.....	64
▪	Technique de Laster et Coll.....	64
2.2.3.	Corticotomie segmentaire.....	65
•	Principe.....	65
•	Indications.....	66
2.2.4.	Tableau récapitulatif des techniques d'augmentation par ostéotomie.....	67
3.	ANALYSE DES RESULTATS OBTENUS AVEC LES DIFFERENTES TECHNIQUES DANS LA LITTERATURE.....	68
3.1.	Etudes comparatives des différentes techniques.....	68
3.1.1.	Comparaison des greffes d'apposition.....	69
•	Revue littéraire de Motamedian et Coll. (2016).....	69
▪	Méthode.....	69
▪	Critères d'inclusion.....	69
▪	Critères d'exclusion.....	69
▪	Résultats.....	70
▪	Conclusion.....	70
•	Revue littéraire de Al-Nawas et Schiegnitz (2014).....	71
▪	Méthode.....	71
▪	Critères d'inclusion.....	71
▪	Critères d'exclusion.....	71
▪	Résultats.....	71
▪	Conclusion.....	71
•	Etude comparative de Pelegrine et Coll. (2018).....	72
▪	Méthode.....	72
▪	Critères d'inclusion.....	72
▪	Critères d'exclusion.....	72
▪	Résultats.....	72
▪	Conclusion.....	73
3.1.2.	Comparaison des greffes en onlay seules ou associées à une membrane.....	74

• Revue littéraire de Jonker et Coll. (2016).....	74
▪ Méthode.....	74
▪ Critères d'inclusion.....	75
▪ Résultats.....	75
▪ Conclusion.....	75
3.1.3. Comparaison des greffes en onlay aux techniques d'ostéotomies.....	75
• Revue littéraire de Chiapasco et Coll. (2009).....	75
▪ Méthode.....	75
▪ Critères d'inclusion.....	76
▪ Critères d'exclusion.....	76
▪ Résultats.....	76
▪ Conclusion.....	76
3.2. Evaluation des résultats des différentes techniques.....	77
3.2.1. Gain en épaisseur des différentes techniques.....	77
3.2.2. Résorption des greffons dans les techniques d'apposition.....	78
3.2.3. Détermination du taux de réussite et des complications des différentes techniques.....	80
• Autogreffe.....	80
• Allogreffe.....	82
• Expansion osseuse.....	83
• Distraction osseuse.....	84
• Corticotomie segmentaire.....	85
• Conclusion.....	85
3.3. Arbre décisionnel.....	86
CONCLUSIONS.....	88
ANNEXES.....	90
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	91
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ELECTRONIQUES.....	97

POTT Juliette – Techniques d’augmentation osseuse latérale à la mandibule

Nancy 2018 ; 103 pages ; 30 figures ; 7 tableaux.

Th. : Chir.-Dent. : Nancy 2018

Mots clés :

- Augmentation osseuse
- Autogreffe
- Gain en épaisseur
- Distraction
- Expansion

Résumé :

La résorption de l’os mandibulaire induite par de multiples facteurs, limite les options thérapeutiques. Afin de proposer au patient une réhabilitation esthétique et fonctionnelle, des techniques d’augmentation osseuse se sont développées.

Nous avons choisi de travailler sur les techniques réalisées après cicatrisation osseuse, en vue d’augmenter l’os latéralement.

Il existe deux grandes catégories de chirurgies d’augmentation, celles utilisant un biomatériau apposé au site à remodeler, dont l’autogreffe connue en tant que référence et celles reposant sur la néoformation osseuse après ostéotomie.

L’objectif principal est de comparer l’ensemble de ces techniques, d’après les données obtenues dans la littérature, en se basant sur le gain en épaisseur moyen, le taux de réussite, le taux de résorption des greffons, ainsi que les complications survenant au cours ou aux suites de la chirurgie d’augmentation.

A partir de ces données, un arbre décisionnel a été élaboré à la fin de ce travail, tenant compte de la situation clinique initiale afin d’aider le praticien dans la décision thérapeutique.

Membres du jury :

Professeur P. AMBROSINI	Professeur des universités	Président et directeur de thèse
Monsieur D. JOSEPH	Maître de conférences	Juge
Monsieur N. HASNAOUI	Assistant	Juge
Professeur J-P. ARTIS	Professeur honoraire	Juge

Adresse de l’auteur :

POTT Juliette
1 rue des Michottes
54000 Nancy