

UNIVERSITE TOULOUSE III – PAUL SABATIER
FACULTE DE SANTE – DEPARTEMENT D’ODONTOLOGIE

ANNEE 2024

2024 TOU3 3022

THESE

POUR LE DIPLOME D’ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement

par

Maëva BOURREL

le 05 avril 2024

**TECHNIQUES D’AUGMENTATION OSSEUSE AU CHU DE
TOULOUSE, TAUX DE SUCCES, FACTEURS D’INFLUENCE ET
EVALUATION DES PRATIQUES : UNE ETUDE
OBSERVATIONNELLE.**

Directeur de thèse : Dr Antoine DUBUC

JURY

Président :	Pr Catherine NABET
1 ^{er} assesseur :	Pr Paul MONSARRAT
2 ^{ème} assesseur :	Dr Thibault CANCEILL
3 ^{ème} assesseur :	Dr Antoine DUBUC
Invité :	Dr Maxime LUIS



Faculté de santé
Département d'Odontologie

➔ DIRECTION

Doyen de la Faculté de Santé

M. Philippe POMAR

Vice Doyenne de la Faculté de Santé
Directrice du Département d'Odontologie

Mme Sara DALICIEUX-LAURENCIN

Directeurs Adjoint

Mme Sarah COUSTY
M. Florent DESTRUHAUT

Directrice Administrative

Mme Muriel VERDAGUER

Présidente du Comité Scientifique

Mme Cathy NABET

➔ HONORARIAT

Doyens honoraires

M. Jean LAGARRIGUE +
M. Jean-Philippe LODTER +
M. Gérard PALOUDIER
M. Michel SIXOU
M. Henri SOULET

Chargés de mission

M. Karim NASR (*Innovation Pédagogique*)
M. Olivier HAMEL (*Maillage Territorial*)
M. Franck DIEMER (*Formation Continue*)
M. Philippe KEMOUN (*Stratégie Immobilière*)
M. Paul MONSARRAT (*Intelligence Artificielle*)

➔ PERSONNEL ENSEIGNANT

Section CNU 56 : Développement, Croissance et Prévention

56.01 ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE et ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE (Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER)

ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE

Professeurs d'Université : Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER, M. Frédéric VAYSSÉ
Maîtres de Conférences : Mme Marie- Cécile VALERA, M. Mathieu MARTY
Assistants : Mme Anne GICQUEL, M. Robin BENETAH
Adjoint d'Enseignement : M. Sébastien DOMINE, M. Mathieu TESTE, M. Daniel BANDON

ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

Maîtres de Conférences : M. Pascal BARON, M. Maxime ROTENBERG
Assistants : Mme Carole VARGAS JOULIA, Mme Chahrazed BELAILI
Adjoint d'Enseignement : Mme. Isabelle ARAGON, M. Vincent VIDAL-ROSSET

56.02 PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ, ODONTOLOGIE LÉGALE (Mme Catherine NABET)

Professeurs d'Université : M. Michel SIXOU, Mme Catherine NABET, M. Olivier HAMEL, M. Jean-Noël VERGNES
Maîtres de Conférences : Mme Géromine FOURNIER
Adjoint d'Enseignement : M. Alain DURAND, Mlle. Sacha BARON, M. Romain LAGARD, M. Jean-Philippe GATIGNOL
Mme Carole KANJ, Mme Mylène VINCENT-BERTHOUMIEUX, M. Christophe BEDOS

Section CNU 57 : Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale

57.01 CHIRURGIE ORALE, PARODONTOLOGIE, BIOLOGIE ORALE (M. Philippe KEMOUN)

PARODONTOLOGIE

Professeurs d'Université : Mme Sara LAURENCIN- DALICIEUX
Maîtres de Conférences : Mme Alexia VINEL, Mme. Charlotte THOMAS
Assistants : M. Antoine AL HALABI
Adjoint d'Enseignement : M. Loïc CALVO, M. Antoine SANCIER, M. Ronan BARRE , Mme Myriam KADDECH,
M. Mathieu RIMBERT, M. Joffrey DURAN

CHIRURGIE ORALE

Professeur d'Université : Mme Sarah COUSTY
Maîtres de Conférences : M. Philippe CAMPAN, M. Bruno COURTOIS
Assistants : M. Antoine DUBUC
Adjoints d'Enseignement : M. Gabriel FAUXPOINT, M. Arnaud L'HOMME, Mme Marie-Pierre LABADIE, M. Jérôme SALEFRANQUE, M. Clément CAMBRONNE

BIOLOGIE ORALE

Professeurs d'Université : M. Philippe KEMOUN, M. Vincent BLASCO-BAQUE
Maîtres de Conférences : M. Pierre-Pascal POULET, M. Matthieu MINTY
Assistants : Mme Chiara CECCHIN-ALBERTONI, M. Maxime LUIS, Mme Valentine BAYLET GALY-CASSIT, Mme Sylvie LE
Adjoints d'Enseignement : M. Mathieu FRANC, M. Hugo BARRAGUE, Mme Inessa TIMOFEEVA-JOSSINET

Section CNU 58 : Réhabilitation Orale

58.01 DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESES, FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX (M. Franck DIEMER)

DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE

Professeur d'Université : M. Franck DIEMER
Maîtres de Conférences : M. Philippe GUIGNES, Mme Marie GURGEL-GEORGELIN, Mme Delphine MARET-COMTESSE
Assistants : M. Nicolas ALAUX, M. Vincent SUAREZ, M. Loris BOIVIN, M. Thibault DECAMPS, Mme Emma STURARO, Mme Anouk FESQUET
Adjoints d'Enseignement : M. Eric BALGUERIE, M. Jean-Philippe MALLET, M. Rami HAMDAN, M. Romain DUCASSE, Mme Lucie RAPP, Mme Marion CASTAING-FOURIER

PROTHÈSES

Professeurs d'Université : M. Philippe POMAR, M. Florent DESTRUHAUT,
Maîtres de Conférences : M. Antoine GALIBOURG, M. Julien DELRIEU
Assistants : Mme Coralie BATAILLE, Mme Mathilde HOURSET, Mme Constance CUNY, M. Anthony LEBON
Adjoints d'Enseignement : M. Christophe GHRENASSIA, Mme Marie-Hélène LACOSTE-FERRE, M. Olivier LE GAC, M. Luc RAYNALDY, M. Jean-Claude COMBADAZOU, M. Bertrand ARCAUTE, M. Fabien LEMAGNER, M. Eric SOLYOM, M. Michel KNAFO, M. Victor EMONET-DENAND, M. Thierry DENIS, M. Thibault YAGUE, M. Antonin HENNEQUIN, M. Bertrand CHAMPION, M. Steven CECCAREL

FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX

Professeur d'Université : Mr. Paul MONSARRAT
Maîtres de Conférences : Mme Sabine JONIOT, M. Karim NASR, M. Thibault CANCEILL,
Assistants : M. Olivier DENY, Mme Laura PASCALIN, Mme Alison PROSPER
Adjoints d'Enseignement : Mme Sylvie MAGNE, M. Thierry VERGÉ, M. Damien OSTROWSKI

Mise à jour pour le 01 février 2024

Remerciements

A la Présidente du jury,

Madame le Professeur Catherine NABET

- Professeur des Universités, Praticien hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Diplôme d'Etudes Approfondies de Santé Publique – Epidémiologie
- Docteur de l'Université Paris XI,
- Habilitation à Diriger des Recherches (HDR),
- Lauréate de la Faculté de Médecine,
- Lauréate de l'Université Paul Sabatier,
- Lauréate de l'Académie Nationale de Chirurgie Dentaire

Nous vous remercions de l'honneur que vous nous faites en acceptant de présider ce Jury ainsi que de l'intérêt que vous avez porté à notre travail.

Externe trois années à l'Hôtel-Dieu, je n'ai eu la chance de bénéficier de vos conseils que très ponctuellement durant mes années cliniques. Cependant, je garderai toujours en mémoire cette bienveillance qui vous caractérise et les enseignements que vous nous avez transmis tout au long de notre cursus, en particulier ceux ayant trait à la recherche. Merci de nous avoir fait découvrir cette part ô combien importante de notre métier.

Veillez trouver ici le témoignage de notre gratitude et de notre respect le plus sincère.

Au jury de Thèse,

Monsieur le Professeur Paul MONSARRAT

- Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur de l'Université Paul Sabatier - Spécialité Physiopathologie,
- Diplôme Universitaire d'Imagerie 3D maxillo-faciale,
- Diplôme universitaire de Recherche Clinique en Odontologie,
- Habilitation à Diriger les Recherches
- Lauréat de la faculté de Médecine Rangueil et de Chirurgie Dentaire de l'Université Paul Sabatier

*Nous vous remercions de l'honneur que vous nous faites en siégeant au sein de ce jury de
thèse.*

*Nous vous remercions également de votre participation à ce travail de thèse, pour les
données que vous nous avez fait parvenir, et pour les heures passées à chercher des
solutions pour rendre nos premières idées possibles.*

*Enfin, nous vous remercions pour les inoubliables enseignements théoriques que vous nous
avez donnés tout au long des années, ainsi que pour les précieux conseils que vous nous
avez transmis lors des vacances cliniques.*

*Veillez trouver dans ce travail l'expression de nos sincères remerciements et de notre
profond respect.*

Au jury de thèse,

Monsieur le Docteur Thibault CANCEILL

- Maître de Conférence des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Docteur en sciences des matériaux
- Master 1 Santé Publique :
- Master 2 de Physiopathologie
- CES Biomatériaux en Odontologie
- D.U.de Conception Fabrication Assisté par Ordinateur en Odontologie (CFAO)
- D.U. de Recherche Clinique en Odontologie
- D.U. D'hypnose Médicale
 - o Attestation de Formation aux gestes et Soins d'Urgence Niveau 2
 - o Secrétaire du Collège National des Enseignants en Fonctions-Dysfonctions, Imagerie, Biomatériaux

*Nous vous remercions de nous faire l'honneur de siéger au sein de ce jury de thèse.
En tout premier lieu, nous vous remercions pour votre disponibilité, votre écoute, votre
aide et votre participation à ce travail de thèse, que vous avez rendu possible.
Je tiens à vous remercier également pour la qualité de vos enseignements, dont certains
m'ont permis de mieux aborder ce sujet.
Veuillez trouver dans ce travail le témoignage notre respect et de nos remerciements les
plus sincères.*

A mon Directeur de thèse,

Monsieur le Docteur Antoine DUBUC

- Chef de Clinique des Universités – Assistant des Hôpitaux
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Spécialiste qualifié en Chirurgie Orale
- Master 2 : Sciences chirurgicales et nouvelles technologies
- Lauréat de l'université Paul Sabatier

*Nous vous remercions de nous avoir fait l'honneur d'avoir accepté de diriger ce travail de
thèse.*

*Merci d'avoir pris le temps de chercher un sujet compatible avec un travail de thèse
d'exercice, tout en restant au plus près de mon idée première, et de m'avoir guidée pour sa
mise en valeur.*

*Vous trouverez ici l'expression de mon profond respect ainsi que l'assurance de ma sincère
reconnaissance.*

Au jury de thèse,

Monsieur le Docteur Maxime LUIS

- Assistant hospitalo-universitaire d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire.
- CES Biomatériaux en Odontologie Mention Caractérisation et évolution,
- Membre de l'équipe Intestin ClinicOmics Oral Microbiote INCOMM/INSERM

Nous sommes très honorée que vous ayez accepté de siéger au sein de ce jury de thèse. Votre disponibilité, votre écoute et vos conseils cliniques m'ont permis de progresser et d'aborder les soins avec une plus grande sérénité. Merci d'avoir été cet exemple. Veuillez trouver ici l'expression de notre reconnaissance et de notre profond respect.

A ma maman

A ma tatie, ma marraine, ma maman

A ces deux incroyables femmes grâce à qui tout prend sens, pour qui l'expression de ma gratitude ne se témoigne pas avec des mots, et encore moins avec discrétion et retenue, je dirai tout simplement ici : merci pour tout.

A mon papa, merci pour tes conseils tout au long de ce processus de thèse, de m'avoir guidée dans sa réalisation. Merci pour les aventures passées et pour celles à venir.

A Quentin, la vie a choisi de faire coïncider nos chemins, qu'ils continuent de nous mener toujours plus loin et vers le meilleur.

A ma famille, présents depuis toujours ou plus récemment, merci pour votre amour, vos valeurs et pour les jolis moments de partage.

A mes amis, à ceux connus à Toulouse ou ailleurs, à ceux qui sont mes confrères aujourd'hui, merci pour votre soutien, votre aide, mais aussi nos voyages, nos journées et nos soirées. Une petite mention spéciale à toi, Maeva, douceur incarnée, merci pour ton aide dans tout l'aspect organisationnel de ce travail.

A Gabrielle, ton soutien et tes conseils me sont précieux. Merci d'avoir été là pour nos premiers pas en clinique, nos premiers pas en libéral, et pour tout le reste. J'espère que notre entraide durera toujours.

A l'équipe du cabinet des Drs NADAL, merci à Fleur et Florian de m'avoir fait confiance, et de m'avoir offert l'opportunité de commencer le libéral dans les meilleures conditions possibles ; aux filles de m'avoir tant aidée dans mes débuts de chirurgien-dentiste. A Maxime pour l'inqualifiable patience dont tu as fait preuve à mon égard, pour le temps et tous les conseils que tu m'as donnés. A Florian, merci pour ce stage actif, pour tout ce que vous m'avez permis de découvrir sur les plans théorique et pratique, merci de m'avoir montré que dentisterie rime avec rigueur, formation continue, mais aussi et surtout avec passion.

A Chacha et Michel, je sais que vous êtes fiers de moi et c'est bien là l'essentiel.

Table des matières

LISTE DES ABREVIATIONS.....	14
INTRODUCTION.....	15
I) CONTEXTE.....	17
A) Physiologie osseuse	17
1) Généralités concernant le tissu osseux.....	17
a) Histologie du tissu osseux.....	17
i. La matrice extra-cellulaire.....	17
ii. Les cellules de l'apposition osseuse.....	17
b) Remodelage osseux.....	18
i. Principe.....	18
ii. Déroulement d'un cycle de remodelage osseux.....	18
c) Organisation du tissu osseux.....	19
2) Particularités de l'os alvéolaire.....	21
a) Embryologie.....	21
b) Histologie.....	22
c) Résorption osseuse.....	22
i. Perte de l'organe dentaire et conséquences.....	22
ii. Modifications dimensionnelles de l'alvéole édentée.....	24
B) L'implant dentaire	25
1) Généralités.....	25
a) Pourquoi remplacer une ou plusieurs dents absentes ?.....	25
b) Qu'est-ce qu'un implant ?.....	26
c) Notion d'ostéointégration : par quels processus l'implant est-il intégré au sein de l'organisme ?.....	27
2) Critères de placement implantaire : dans quel axe placer l'implant ?.....	28
a) Etapes préalables au choix du placement implantaire.....	28
b) Positionnement mésio-distal.....	28
c) Positionnement sagittal.....	29
d) Positionnement vertical.....	29
3) Diamètre et longueur implantaire : quels impacts sur la thérapeutique ?.....	30
a) Diamètre et longueur implantaire.....	30
i. Diamètre.....	30
ii. Longueur.....	31
iii. Spécificités de la prothèse plurale.....	32
4) Défauts osseux : quelles difficultés occasionnent-ils ?.....	32
C) Conclusion de la première partie	33
II) ETAT DE L'ART : LES GREFFES OSSEUSES.....	34
A) Les chirurgies d'augmentation osseuse à visée implantaire	34
1) Les biomatériaux de greffe osseuse.....	34
a) L'os autogène.....	35
b) Biomatériaux allogéniques.....	35
c) Les biomatériaux xénogéniques.....	36
d) Les biomatériaux d'origine synthétique ou alloplastiques.....	36

e)	Les concentrés plaquettaires.....	37
i.	<i>Physiologie</i>	37
ii.	<i>Utilisation médicale</i>	38
2)	Classification des défauts osseux.....	40
3)	Description des techniques d'augmentation osseuse.....	41
a)	Grands principes.....	41
b)	Régénération osseuse guidée.....	42
i.	<i>Principe</i>	42
ii.	<i>Bénéfices</i>	43
iii.	<i>Complications</i>	44
iv.	<i>Limites</i>	45
c)	Bone-splitting : technique d'expansion de crête.....	45
i.	<i>Principe</i>	45
ii.	<i>Bénéfices</i>	46
iii.	<i>Complications</i>	46
iv.	<i>Limites</i>	46
d)	Grefte d'apposition en onlay.....	47
i.	<i>Principe</i>	47
ii.	<i>Bénéfices</i>	48
iii.	<i>Complications</i>	48
iv.	<i>Limites</i>	48
e)	Gestion du défaut osseux sous-sinusien.....	49
i.	<i>Elévation du sinus par voie crestale</i>	49
(i)	Principe.....	49
(ii)	Bénéfices.....	49
(iii)	Complications.....	49
ii.	<i>Soulevé sinusien par abord latéral ou sinus lift par voie latérale</i>	50
(i)	Principe.....	50
(ii)	Bénéfices.....	50
(iii)	Complications.....	51
iii.	<i>Limites</i>	51
4)	Impact de l'orientation du défaut osseux sur la réhabilitation.....	52
a)	Défaut osseux à prédominance horizontale.....	52
b)	Défaut osseux à prédominance verticale.....	52
c)	Défaut osseux combiné.....	53
5)	Les spécificités de l'os greffé.....	53
6)	L'importance du bilan radiographique.....	55
B)	<i>Facteurs d'influence des chirurgies d'augmentation osseuse à visée implantaire</i>	56
1)	En lien avec la chirurgie.....	56
2)	En lien avec les caractéristiques propres au patient.....	56
3)	Incorporation et maintien du greffon.....	58
C)	<i>Conclusion de la deuxième partie</i>	58
III)	ETUDE OBSERVATIONNELLE	59
A)	<i>Matériels et méthodes</i>	59

B) Résultats.....	63
1) Constitution de l'échantillon	63
2) Données descriptives.....	64
a) Caractéristiques des participants de l'étude.....	64
b) Caractéristiques de l'édentement.....	64
c) Prémédication	66
e) Biomatériaux	66
f) Complications post-greffe	68
g) Succès des greffes.....	69
3) Tests statistiques	69
a) Groupe « non implantable » contre « implantable »	69
b) En fonction du type d'antibiotique prescrit en prémédication	71
c) Groupe ter	71
d) Groupe « Comorbidité(s) » contre « Absence de comorbidité ».....	71
e) Groupe bis	71
C) Discussion.....	72
1) Complications post-greffe	72
2) Biomatériaux	75
3) Facteurs d'influence relatifs au patient	75
4) Concernant la technique de greffe.....	76
5) Limites, solutions et perspectives	76
CONCLUSION	80
ANNEXES.....	82
ANNEXE 1 : QUESTIONNAIRE OHIP-14 (127)	82
ANNEXE 2 : ILLUSTRATION DES PARTIES 1,2 ET 3 DU SCORE ABC DE L'EDI (16)	82
BIBLIOGRAPHIE.....	84
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	91

Liste des abréviations

AFSSAPS : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé
ALADAIP : *As Low As Diagnostically Achievable Being Indication-oriented and Patient-specific*
ANSM : Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé
ASA : *American Society of Anesthesiologists*
CBCT : *Cone Beam Computer Tomography*
CCAM : Classification Commune des Actes Médicaux
CCARD : *Cologne Classification of Alveolar Ridge Defects*
CFAO : Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur
CHU : Centre Hospitalier Universitaire
CNIL : Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés
DFDBA : *Demineralized Freeze-Dried Bone Allograft*
DICOM : *Digital Imaging and Communication in Medicine*
DS : Déviation standard
EDI : *European Association of Dental Implantologists*
FDDBA : *Freeze-Dried Bone Allograft*
HAS : Haute Autorité de Santé
IC : Intervalle de Confiance
ISQ : *Implant Stability Quotient*
Micro-CT : *Microcomputed Tomography*
PTFE : polytétrafluoroéthylène - **d-PTFE** : à haute densité - **e-PTFE** : expansé
VEGF : *Vascular Endothelial Growth Factor*
PDGF : *Platelet-Derived Growth Factor*
PRF® : Plasma Riche en Fibrine - **A-PRF®** : *Advanced* - **I-PRF®** : Injectable - **L-PRF®** : riche en Leucocytes
PRP® : Plasma Riche en Plaquettes
ROG : Régénération Osseuse Guidée
OHIP : *Oral Health-Related Quality of Life*
OMS : Organisation Mondiale de la Santé
ORL : Oto-Rhino-Laryngologiste
SFORL : Société française d'Oto-Rhino-Laryngologie et de Chirurgie de la Face et du Cou

Introduction

Les répercussions de la perte ou de l'absence d'une ou plusieurs dents sont nombreuses et varient en fonction de chacun. Elles peuvent être fonctionnelles, esthétiques, sociales, influencer négativement la qualité de vie de nos patients et donc leur santé. (1) (2)

Le remplacement de l'organe dentaire est, par conséquent, l'une des préoccupations centrales du chirurgien-dentiste. Pour ce faire, ce dernier dispose de diverses options, dont l'implant dentaire fait partie intégrante, et est admis comme le traitement de référence dans nombre de situations cliniques. (3)

Il est bien établi par la littérature que la présence d'os alvéolaire est histologiquement liée à la présence de dents (4). Ainsi, la perte ou l'absence de l'organe dentaire sur l'arcade y entraîne la présence d'un défaut osseux. (4) (5) (6)

D'abord, l'implant dentaire étant au service de la mise en place d'une prothèse supra-implantaire, le positionnement de ce dernier devra impérativement satisfaire un axe prothétiquement pertinent. (7)

De plus, son placement dépend d'un ensemble de critères précis, visant l'obtention d'un environnement osseux assurant le maintien de la vascularisation péri-implantaire ; facteur connu comme étant indispensable pour le succès thérapeutique, aux court, moyen et long termes. (8) (9) (10) (11)

Aussi, dans de nombreux cas, le placement d'implants dentaires impose un apport d'os au niveau du site concerné. Ce dernier est réalisé par le biais d'une chirurgie d'augmentation osseuse, qui permet de réduire la prévalence de perte implantaire. (6)

Cependant, au regard de la grande hétérogénéité de protocoles dont ce type de chirurgie fait l'objet, les traitements implantaires ayant nécessité leur réalisation préalable sont moins prévisibles que ceux réalisés dans de l'os non greffé. (12) (13)

C'est pourquoi les facteurs d'influence du gain de volume osseux obtenu à la suite de ces greffes sont étudiés. Parmi eux, les facteurs propres au patient modulant la cicatrisation osseuse, ceux modifiant la qualité de l'os à implanter, la localisation, la morphologie et l'environnement du défaut osseux, le type de technique chirurgicale, le choix des biomatériaux utilisés ou encore le faible taux de résorption du greffon ont été évoqués. (14) (15) (16) (17)

Toutefois, la multiplicité des techniques existantes peut compliquer la réalisation de certaines études qui cherchent à les analyser. Ainsi, les recommandations visant à guider le praticien dans ses choix, s'appuyant sur ces études, déploient, à défaut d'un protocole unique standardisé, un panel de techniques fiables et de biomatériaux pour réaliser ces augmentations, permettant au chirurgien de s'adapter à la singularité de chaque cas clinique. (18) (19) (20) (21) (22) (23)

Enfin, ces chirurgies étant pratiquées dans le Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Toulouse, nous nous intéresserons à leur réalisation au sein du service de chirurgie orale.

Quelles situations cliniques y sont le plus souvent rencontrées ? Quels protocoles y sont réalisés ? Y-a-t-il une harmonisation des biomatériaux et des techniques utilisées ? Quel est le taux de succès atteint ? Peut-on l'améliorer ? Quels sont les facteurs d'influence de la réussite de ces techniques ?

Tous ces questionnements concernent à la fois chirurgien-dentiste, statisticien et patient, et permettent, au fil des recherches, de tendre vers des taux de succès les plus élevés possibles.

L'objectif principal de cette étude observationnelle est d'évaluer le succès des chirurgies d'augmentation osseuse, réalisées au sein du service de chirurgie orale du CHU de Toulouse.

Elle s'attachera également à collecter de plus amples informations, notamment concernant les facteurs influençant le succès des greffes osseuses, dans le but de fournir des données pour le calcul du nombre de sujets nécessaires, encourageant la réalisation de futures études.

Ces dernières pourraient permettre au chirurgien d'affiner son choix de technique d'augmentation osseuse à visée implantaire, et ce, en prenant en compte un maximum de facteurs optimisant le gain osseux obtenu, ce qui favoriserait la mise en place d'implants avec une stabilité primaire satisfaisante, puis leur maintien sur l'arcade. Cela pourrait alors augmenter la prédictibilité de ses chirurgies.

I) Contexte

A) Physiologie osseuse

1) Généralités concernant le tissu osseux

a) Histologie du tissu osseux

Le tissu osseux fait partie de la famille des tissus conjonctifs. Il est composé d'une matrice extra-cellulaire et de cellules osseuses.

i. *La matrice extra-cellulaire*

La **matrice osseuse** est composée à environ 95% de protéines collagéniques, organisées en fibrilles, majoritairement de collagène de type I, notamment responsable de l'élasticité du tissu osseux. Les protéines non collagéniques, tels que des facteurs de croissance ou des protéines spécifiques au tissu osseux, représentent quant à elles environ 5 à 10% de la matrice extra-cellulaire, et sont entre autres impliquées dans le remodelage osseux. On observe pour finir la présence de vaisseaux sanguins, d'eau, et de lipides, en moindre quantité. (24)

ii. *Les cellules de l'apposition osseuse*

Les **ostéoblastes** sont des cellules d'origine mésenchymateuse.

De nombreux acteurs, tels que des facteurs de transcription, contrôlent l'activation de différentes voies de signalisation permettant la différenciation de cellules souches en pré-ostéoblastes puis en ostéoblastes, qui jouent un rôle clef dans la formation du tissu osseux, en synthétisant une grande partie des protéines suscitées. En effet, la liaison de ces protéines entre elles aboutit à la formation d'un **tissu ostéoïde**, non minéralisé. (25)

Par la suite, sous le contrôle des ostéoblastes, des cristaux d'hydroxyapatite de calcium, se lieront au tissu ostéoïde, permettant sa **minéralisation**. (20)

Une fois initiée, la minéralisation devient indépendante des ostéoblastes et dure plusieurs semaines, 3 à 4 mois en moyenne. Ce temps est variable en fonction de facteurs propres au patient, tel que son âge. Les ostéoblastes auront alors des devenir différents :

- Une partie d'entre eux deviendra des **cellules bordantes**, plus plates et allongées, bordant la moelle osseuse, servant de barrière. Elles séparent notamment les cellules du tissu osseux mature, des précurseurs ostéoclastiques, présents dans la moelle osseuse et chargés de la résorption osseuse, (25)
- Au cours du processus de minéralisation, environ 10% des ostéoblastes seront inclus, au bout de trois jours, dans la matrice osseuse : ce sont les **ostéocytes**.

Ces cellules sont les plus représentées dans le tissu osseux. Inclues dans leur ostéoplaste, elles sont composées de prolongements cytoplasmiques. Ces derniers leur permettent de communiquer entre elles et avec les autres cellules, par voie directe, via des jonctions cellulaires, et indirecte, à proximité, par voie paracrine.

De plus, le système de canalicules dont elles disposent leur permet de détecter les changements de pression liquidienne liés aux contraintes mécaniques reçues par l'os. (26) Ces attributs leur confèrent la capacité de traduire les signaux mécaniques reçus en signaux chimiques et d'influencer la fréquence d'apposition et de résorption du tissu osseux, mais aussi la différenciation des cellules nécessaires au processus, notamment en fonction de leur stimulation hormonale et mécanique. Elles semblent également impliquées dans la perte osseuse en l'absence de stimuli. (20) (24)

Elles jouent donc un rôle indispensable dans l'adaptation fonctionnelle du tissu osseux et dans sa cicatrisation.

- Les autres ostéoblastes entrent en apoptose, qui correspond à la mort cellulaire.

b) Remodelage osseux

i. *Principe*

Pour jouer son rôle au sein de l'organisme, le système squelettique présente des phases consécutives, complémentaires et équilibrées de minéralisation et de déminéralisation, qui perdurent tout au long de la vie.

Les cellules responsables de la résorption osseuse sont les **ostéoclastes**. Ces cellules sont issues de la moelle osseuse, et proviennent de la lignée myéloïde.

Dans la circulation sanguine, on retrouve des pré-ostéoclastes, qui seront activés par une cascade de facteurs, entraînant la fusion de ces derniers entre eux, qui deviennent alors des ostéoclastes, cellules plurinucléées.

Ces cellules matures, une fois activées, sont dites polarisées. Leur pôle en contact avec l'os présente d'irrégulières expansions membranaires. Il est dit en bordure plissée ou en brosse, et est capable d'adhérer à la matrice osseuse minéralisée, au niveau des sites actifs de remaniement osseux, où les cellules bordantes ne jouent plus leur rôle de barrière.

Une fois liés, les ostéoclastes sécrètent enzymes et protons afin de dissoudre la fraction minérale de l'os par acidification du pH du milieu. Ce processus relargue par ailleurs une concentration importante de calcium. Une surface de résorption, appelée lacune de Howship est alors créée. (20) (24) (27)

ii. *Déroulement d'un cycle de remodelage osseux*

Un cycle de remodelage osseux se déroule en phases successives et dure environ 3 à 6 mois. Il comprend :

- La première phase, ou phase d'**activation**, qui débute par le recrutement de pré-ostéoclastes circulants à la surface de l'os minéralisé,
- S'en suit la phase de **résorption** qui aboutit à la formation des lacunes de Howship,
- La phase d'**inversion** correspond à la formation, au fond de la lacune de résorption, de la ligne cémentante par des cellules mononucléées,
- L'apposition du tissu ostéoïde et l'initiation de sa minéralisation constitue la quatrième phase, dite phase de **formation**. L'unité formée correspond à un ostéon,
- Le tissu osseux termine alors sa minéralisation et les cellules bordantes s'aplatissent sur la surface : c'est la phase de minéralisation secondaire ou phase de **quiescence**.

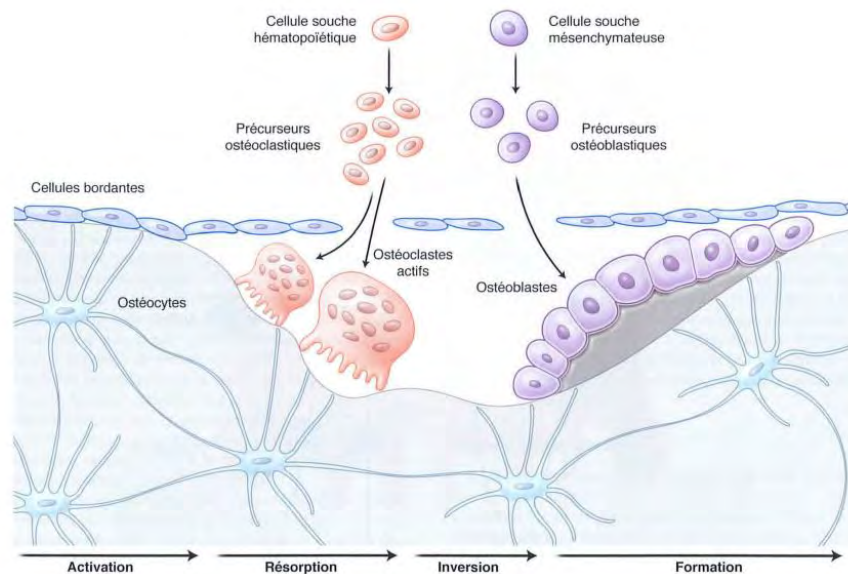


Figure 1: Schéma d'un cycle de remodelage osseux (28)

Enfin, il est à noter que le remodelage osseux n'est pas homogène sur tout le squelette humain. Ce dernier diffère sous la dépendance de très nombreux facteurs, locaux et systémiques ; selon le type d'os, spongieux ou cortical ; et selon les sollicitations mécaniques subies par les différents sites osseux. (24)

En effet, l'organisation du tissu osseux dépend en partie des contraintes qu'il subit localement. Une sollicitation trop importante ou au contraire inexistante entraînera une forte résorption osseuse, tandis que l'application de contraintes physiologiques permettra un équilibre entre apposition et résorption. Ce phénomène est décrit par la **loi de Wolff**. (28)

c) Organisation du tissu osseux

L'os humain mature se présente sous la forme de structures cylindriques d'environ 250µm de diamètre, parallèles au grand axe de l'os, appelées **ostéons**. Chaque structure correspond à une unité composée de couches successives de lamelles concentriques, elles-mêmes formées de fibres de collagène organisées en faisceau. Chacune de ces lamelles denses a une orientation différente, liée au moment de son apposition, ce qui participe de la résistance aux contraintes mécaniques de l'os. (29)

Longitudinaux, au centre de ces ostéons, se trouvent les canaux de Havers, unités fonctionnelles de l'os, qui comportent 1 à 2 capillaires sanguins. Les canaux de Volkmann, transversaux, permettent une communication continue entre les ostéons, et avec les vaisseaux sanguins de la moelle osseuse. (30)

Son organisation à l'échelle macroscopique peut être décrite comme suit, de l'intérieur vers l'extérieur :

- **L'os spongieux**, de structure trabéculaire, composé d'hémi-ostéons, séparés d'espaces, appelés cavités médullaires, occupés notamment par la moelle osseuse, qui contient entre autres des cellules hématopoïétiques.

C'est en son sein que l'os assure les rôles d'hématopoïèse et de maintien de l'homéostasie phosphocalcique.

- **L'endoste**, composé des cellules bordantes et de cellules ostéoprogénitrices. Il forme la limite intérieure de l'os,
- **L'os cortical**, qui assure en grande partie la solidité de l'os est composé d'ostéons. Son remodelage est plus lent que celui de l'os spongieux,
- **Le périoste**, enveloppe qui recouvre l'os cortical sur sa partie externe, comporte une couche externe fibreuse et une couche interne qui contient, entre autres, des cellules ostéoprogénitrices et de nombreux gros vaisseaux sanguins, qui se ramifient au sein des canaux de Havers et de Volkmann, pour aboutir sous la forme de capillaires au sein de la moelle osseuse. La composition cellulaire et vasculaire de ce dernier lui confère un rôle important dans le **remodelage et la réparation osseuse**.

En plus d'apporter oxygène et nutriments au tissu osseux, le réseau vasculaire permet la circulation de facteurs systémiques, comme les œstrogènes, et de précurseurs cellulaires impliqués dans la régulation du remodelage osseux.

Le tissu osseux est également richement innervé par des fibres nerveuses sensibles et autonomes des systèmes nerveux sympathique et parasympathique. (24) (29)

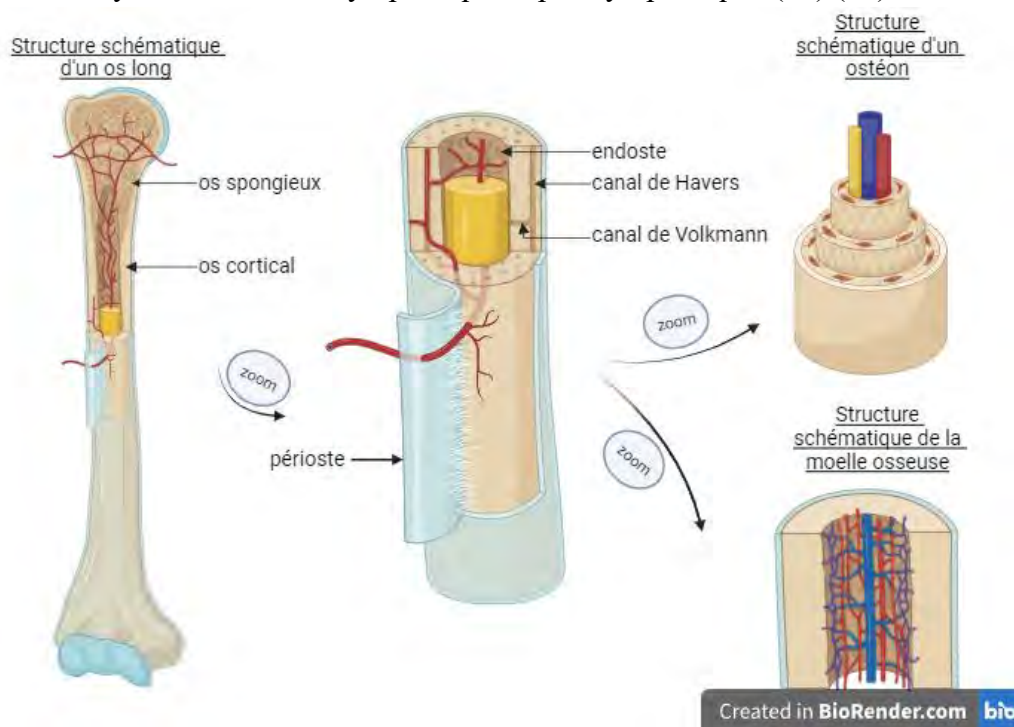


Figure 2 : Schéma de l'organisation du tissu osseux, créé avec BioRender.com
(Iconographie personnelle)

Les os de la sphère oro-faciale ne font pas exception à ces descriptions histologiques et physiologiques, et sont partie intégrante de ce grand ensemble qu'est le squelette. Cette zone se distingue néanmoins sur certains aspects par la présence d'un type osseux particulier : l'os alvéolaire.

2) Particularités de l'os alvéolaire

a) Embryologie

Les arcades dentaires sont composées des os **maxillaires** et de l'os de la **mandibule**. Pour l'essentiel, ils sont formés grâce à une ossification membraneuse, c'est-à-dire qu'ils sont issus d'un processus direct d'envahissement d'une membrane mésenchymateuse par les cellules osseuses, aboutissant à la transformation de cette dernière en tissu osseux.

Ils dérivent des cellules des crêtes neurales céphaliques, système cellulaire d'origine ectodermique, individualisé à partir de la face dorsale du tube neural. Lors du développement embryonnaire, ces cellules deviennent épithélio-mésenchymateuses et migrent sur différents sites. On retiendra leur migration au niveau du 1^{er} arc branchial, bourrelet en deux parties, issu des cellules ectodermiques et tapissé de cellules mésenchymateuses, contribuant à la formation de l'extrémité céphalique. La première partie constitue le processus maxillaire, notamment à l'origine des os maxillaires, et la deuxième, le cartilage de Meckel, qui disparaîtra en partie, et donnera la mandibule. (31) (29)

Des interactions entre les cellules épithéliales et mésenchymateuses pilotées par diverses molécules permettent l'initiation de l'odontogenèse et l'édification de la racine dentaire ainsi que des tissus du parodonte profond.

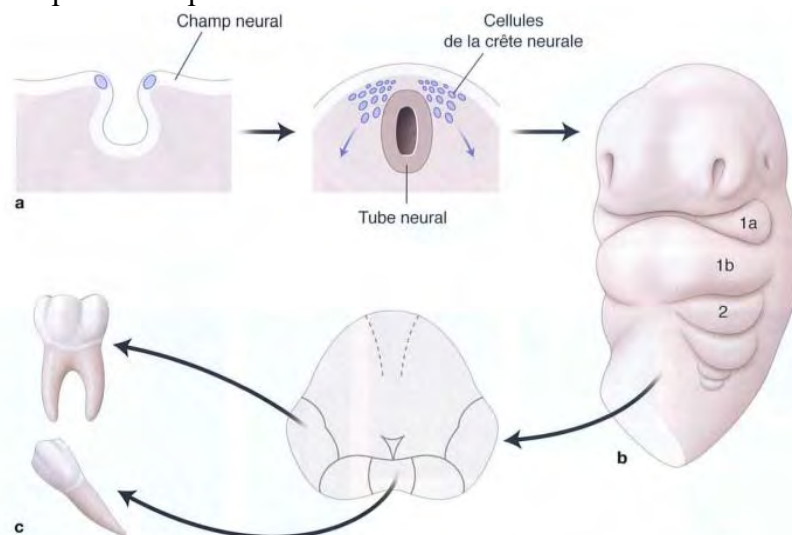


Figure 3 : Schéma du développement embryologique de la cavité orale (31)

La connaissance de ces mécanismes embryologiques permet alors de comprendre l'une des particularités de ces os de la face, qui sont constitués de plusieurs types osseux :

- **L'os basal**, qui se développe durant la période de croissance,
- **L'os alvéolaire**, qui se développe de façon concomitante à l'organe dentaire. Il fait partie des tissus de soutien de la dent, et assure, avec le cément et le desmodonte, l'ancrage de la dent sur l'arcade. L'os alvéolaire « naît, vit et meurt » avec cette dernière. En effet, organe dentaire et os alvéolaire sont indissociables tant sur le plan embryologique que sur le plan de leur fonctionnement sur l'arcade.

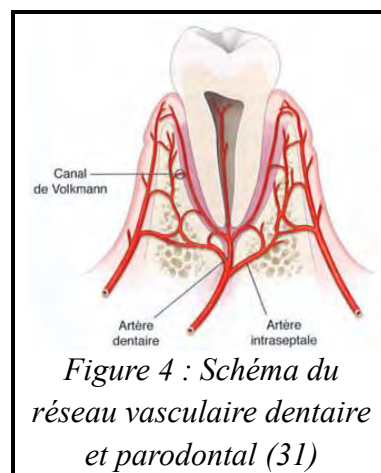
La limite entre ces deux types osseux n'est pas objectivable cliniquement en présence des dents, et ils sont tous deux soumis au remodelage osseux. (31)

b) Histologie

L'architecture de l'os alvéolaire se compose d'une paroi corticale interne, lame cribiforme ou lamina dura, reliée au ciment de la racine dentaire et d'une paroi corticale externe, ou lamina propria, en lien avec la gencive. L'épaisseur de ces parois diffère en fonction du secteur et des individus. La paroi corticale externe est par exemple plus fine au maxillaire, et en vestibulaire. (31) (29)

En outre, le desmodonte ou ligament parodontal relie le ciment à l'os alvéolaire, grâce à ses fibres, dites fibres de Sharpey, incluses dans la matrice calcifiée de ces deux éléments. En plus de son rôle d'ancrage de la dent dans son alvéole, il a une fonction proprioceptive, permettant le remodelage de l'os alvéolaire en fonction des charges mécaniques appliquées sur l'organe dentaire. On retrouve en son sein des cellules assurant la **réparation et le remodelage osseux**.

De plus, le desmodonte est richement vascularisé, notamment via des vaisseaux périostés et des branches des artères alvéolaires, donnant naissance à un plexus capillaire, qui, s'anastomosant avec des vaisseaux issus du septum, des tissus conjonctifs et du périoste, participe à la **vascularisation** des tissus péri-dentaires. (31)



Notons enfin que l'os alvéolaire présente donc une trame fibrillaire dite extrinsèque constituée des fibres de Sharpey, on parle d'os fasciculé, et une trame fibrillaire dite intrinsèque, provenant de l'apposition osseuse via les ostéoblastes.

c) Résorption osseuse

i. *Perte de l'organe dentaire et conséquences*

D'abord, comme évoqué précédemment (cf. partie I)A)1)b)), l'os répond à la loi de Wolff. La perte d'une dent et donc du desmodonte entraîne la diminution des contraintes mécaniques sur l'os alvéolaire, ce qui tend à accentuer le phénomène de résorption osseuse, en défaveur de l'apposition osseuse, qui s'en trouve réduite. C'est pourquoi on dit que cet os « meurt » avec la dent qu'il entoure. (32) (33)

Une inflammation chronique du parodonte en lien avec une **parodontopathie**, une résorption osseuse en lien avec un processus infectieux d'origine **endodontique**, ou encore une lésion des tissus de soutien de l'organe dentaire consécutivement à un **traumatisme** peuvent notamment entraîner la perte d'une dent ou la nécessité de son extraction.

Ensuite, l'avulsion d'une dent repose sur la nécrose des fibres de Sharpey, elle est donc traumatisante pour l'os alvéolaire, ce qui déclenche une **réponse inflammatoire**.

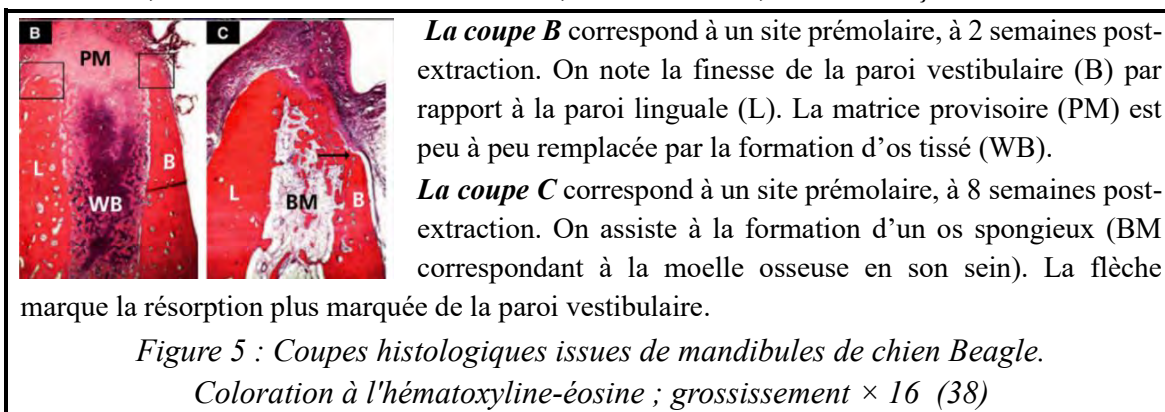
Elle débute par la formation d'un caillot sanguin et d'un tissu de granulation, riche en vaisseaux sanguins et en cellules de l'inflammation. S'en suit le recrutement de cellules précurseurs endothéliales, permettant la formation de néovaisseaux sanguins.

Caillot sanguin et tissu de granulation seront peu à peu remplacés par une matrice provisoire, composée d'un infiltrat cellulaire cicatriciel, formé entre autres de fibroblastes, de vaisseaux sanguins et de cellules souches mésenchymateuses apportées via les néovaisseaux.

Le **processus de cicatrisation** décrit ci-dessus puis le **remodelage osseux** mèneront au remplissage de l'alvéole par un **os tissé** puis à sa maturation en un **os lamellaire spongieux**, qui deviendra mature, proche de l'os préexistant et sera remanié en fonction des charges mécaniques qui lui seront appliquées, renforçant sa résistance mécanique. (34) (35)

On note également le recrutement des ostéoclastes, entraînant la résorption des parois alvéolaires. Ainsi, on assiste à une **atrophie totale du parodonte**. (5) (36) (37)

Par ailleurs, la cicatrisation des tissus mous, non décrite ici, a lieu de façon concomitante.



Pour finir, cette cicatrisation est influencée par de nombreux facteurs liés à l'hôte, parmi lesquels le vieillissement, la présence de comorbidités comme le diabète, la consommation de tabac et d'alcool ou la prise de médicaments influençant le métabolisme osseux.

On évoquera également d'autres paramètres inter-individuels à l'échelle **systémique**, comme les carences en vitamine D chez certains patients (malnutris, mélanodermes etc.) ou l'augmentation du nombre d'adipocytes chez les patients souffrant d'obésité. (29)

A l'échelle locale, la **iatrogénie** est également un facteur important de la perte osseuse, notamment dans le cas de port de prothèses amovibles mal adaptées ou lors des avulsions dentaires, durant lesquelles une paroi corticale peut être fracturée ou fraisée lorsqu'une alvéolectomie est nécessaire.

Notons par ailleurs que d'autres étiologies peuvent mener à des pertes osseuses. Ces dernières peuvent être liées à des **pathologies** telles que des tumeurs bénignes ou malignes, à un **traumatisme** impliquant une fracture de la table osseuse, ou être **congénitales**, dans les cas de fentes alvéolo-palatines ou d'agénésies dentaires par exemple. En effet, l'agénésie d'une ou plusieurs dents entraîne l'absence de formation d'os alvéolaire sur le site concerné. C'est l'anomalie dentaire la plus représentée, avec un taux de 1,6 à 9,6% d'entre elles. (39)

ii. *Modifications dimensionnelles de l'alvéole édentée*

L'atrophie osseuse qui résulte de ces phénomènes cicatriciels entraîne des conséquences sur la réhabilitation prothétique qui sera envisagée. Une anticipation de la perte osseuse, en fonction du site et du contexte particulier du patient, puis une étude de la morphologie des tissus durs et mous restants après la cicatrisation est indispensable à la réussite du traitement. (37) Ainsi, ces modifications dimensionnelles ont été largement étudiées.

Les différentes études s'accordent à dire que la **perte osseuse est maximale les 3 à 6 mois suivant l'avulsion**, puis continue de façon moins rapide **tout au long de la vie**. (5) (37)

Schropp et son équipe mettent en évidence une perte osseuse de 0,7 mm dans le sens vertical dans les 3 mois post-extraction, et de 50% de l'épaisseur de la crête alvéolaire dans l'année qui suit l'avulsion. (40)

On constate une perte osseuse plus importante dans le **sens vestibulo-lingual** que dans le sens vertical. La revue systématique de Tan et coll. a démontré que la résorption osseuse pouvait atteindre en moyenne (37) :

- En vertical, 11 à 22% 6 mois après l'extraction, soit une réduction moyenne de 1,24 mm (Déviations Standard (DS)= 0,11) en vestibulaire.
- En vestibulo-lingual, 29 à 63%, entre 6 et 7 mois post-extraction, soit en moyenne 3,79 mm (DS= 0,23).

De plus, c'est la paroi osseuse **vestibulaire** qui subit la résorption la plus importante. La revue systématique de Couso-Queiruga et coll. rapporte la perte osseuse radiographique moyenne relevée comme suit (6):

Secteurs prémolaires et antérieurs :

- 2,54 mm en horizontal (Intervalle de Confiance (IC) à 95% : [1,97 ;3,11] ; $p < 0,00001$)
- 1,65 mm en vestibulaire (IC à 95% : [0,42 ;2,88] ; $p < 0,00001$)
- 0,87 mm en lingual (IC à 95% : [0,36 ;1,38] ; $p < 0,00001$)

Secteurs molaires :

- 3,61 mm en horizontal (IC à 95% : [3,24 ;3,98] ; $p < 0,00001$),
- 1,46 mm en vestibulaire (IC à 95% : [0,73 ;2,20] ; $p < 0,0001$)
- 1,20 mm en lingual (1,20 mm, IC à 95% : [0,56 ;1,83] ; $p < 0,0001$)

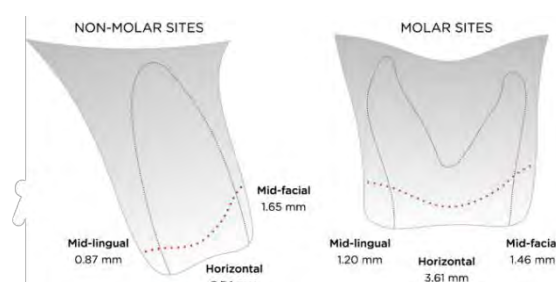


Figure 6 : Perte osseuse radiographique linguale et vestibulaire selon le secteur (6)

Dans leur étude sur un modèle canin, Araújo et Lindhe montrent que la paroi vestibulaire, dans sa partie crestale, est constituée exclusivement d'os fasciculé, ainsi, après l'extraction de la dent, n'ayant plus de fonction, on assiste à la disparition progressive complète de cet os en 4 à 8 semaines. Contrairement à la partie crestale de la paroi linguale qui est composée

à la fois d'os fasciculé et d'os lamellaire. Ces considérations histologiques permettent en partie de comprendre cette perte osseuse accrue en vestibulaire de l'alvéole osseuse. (5)

Pour continuer, l'étude de Couso-Queiruga et coll. met évidence une diminution statistiquement significative de la quantité de résorption osseuse verticale comme horizontale quand la paroi de l'os est **épaisse** (≥ 1 mm), dans les secteurs antérieurs. (6)

Ainsi, les parois les plus fines, telles que les parois vestibulaires, ayant un potentiel de réparation moindre, sont souvent plus résorbées que les parois plus épaisses.

Concernant les parois **mésiale et distale** de l'alvéole d'extraction, on observe une perte osseuse d'autant plus faible que l'édentement est encastré. En effet, l'étude chez la chienne Beagle de Al-Askar et coll. met en évidence une perte osseuse statistiquement plus importante lorsque l'on avulse plusieurs dents adjacentes, que lorsqu'une seule dent est extraite. (14)

Cela s'explique notamment par le fait qu'en l'absence des septa inter-dentaires, la vascularisation, indispensable à la formation osseuse, est moindre, il en résulte donc un moindre niveau osseux à la fin de la cicatrisation.

Enfin, la formation de l'os de réparation dépend de la **hauteur** des parois de l'alvéole, et de la présence du **périoste**. Par conséquent, plus les parois restantes au moment de l'extraction sont basses, plus le volume osseux obtenu sera réduit. En effet, si les parois dentaires recouvertes de périoste, contenant notamment des cellules exprimant le gène Msx-1, impliqué dans la cicatrisation osseuse, sont lésées, on observe une perte osseuse d'autant plus importante que ces cellules n'auront pas pu agir. (41)

Réalisées ici dans le cadre de l'étude des modifications osseuses post-extractionnelles, les résultats de ces études peuvent néanmoins permettre de mieux comprendre les phénomènes de cicatrisation osseuse au sens large.

A l'instar de l'organe dentaire, le remplacement des dents perdues nécessite un soutien osseux minimal, pouvant être compromis par ces phénomènes de résorption osseuse. La réhabilitation peut être menée à bien par différents moyens, parmi lesquels l'utilisation d'implant dentaire.

B) L'implant dentaire

1) Généralités

a) Pourquoi remplacer une ou plusieurs dents absentes ?

La **santé**, telle que définie par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), est un « état complet de bien-être physique, mental et social ».

D'abord, la perte de l'organe dentaire, et la perception qu'en a le patient, notamment la façon dont elle affecte sa vie sociale ou son estime de soi, peut impacter sa qualité de vie et donc sa santé globale.

Cet impact a été décrit par les chercheurs comme la **qualité de vie** liée à la santé bucco-dentaire (Oral Health-Related Quality of Life), influencée par la santé physique et mentale, les interactions sociales et l'environnement du patient. Son évaluation par des questionnaires calibrés, tel que l'OHIP-14 (cf. Annexe 1), peut permettre la mise en place d'une prise en charge plus globale et l'orientation de la décision du plan de traitement final, grâce à la participation active du patient à ses soins. (1)

Ensuite, la résorption osseuse consécutive à la perte de l'organe dentaire impacte la forme des crêtes osseuses et donc le profil des tissus mous qu'elles supportent, modifiant **l'esthétique** du visage. (2)

Enfin, la perte de l'organe dentaire implique pour le patient la perte de la **fonction** physiologique associée à la dent. Elle a donc une incidence sur la fonction manducatrice du patient, en diminuant ses capacités proprioceptives, son coefficient masticatoire et sa capacité à couper, déchiqeter, ou broyer les éléments selon la fonction de la dent concernée. Ceci influence l'alimentation du patient et sa **nutrition** au sens large, puisqu'il a été montré que la perte dentaire a un impact négatif sur le régime alimentaire des individus. En effet, les difficultés masticatoires entraînent souvent la consommation d'aliments transformés, pauvres en fibres, et donc non optimaux pour le maintien d'une bonne santé générale. (2)

Le risque de fausses routes s'en trouvera également augmenté et on notera par ailleurs des difficultés de prononciation de certains phonèmes.

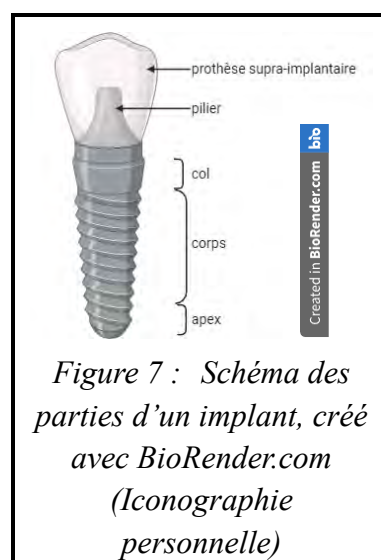
Le choix d'une **réhabilitation implantaire** pour un patient totalement ou partiellement édenté est considéré comme le **gold-standard**, elle permet une amélioration **fonctionnelle, esthétique et sociale**, au travers d'une solution fixe ou amovible. (3)

b) Qu'est-ce qu'un implant ?

Il se compose d'une partie endo-osseuse, **l'implant**, d'une partie coronaire, la **couronne** supra-implantaire, qui pourra être scellée, ou idéalement transvissée, et d'un **pilier**, assurant la jonction entre ces deux éléments.

L'implant peut donc être considéré comme une racine prothétique. Il est constitué de trois parties distinctes :

- Le **col**, partie coronaire de l'implant, assure la connexion implantaire avec le pilier. Il peut notamment être « tissue-level », placé au niveau gingival, ou « bone-level », placé au niveau de la partie crétale de la corticale.
- Le **corps**, situé apicalement au col, détermine, au travers du pas de ses spires et de sa forme générale, la silhouette globale de l'implant.
- L'**apex**, partie terminale de l'implant, peut être travaillant, et permettre une progression apicale lors du placement de l'implant, ou arrondi, forme plus indiquée lorsqu'il est placé au regard d'une structure anatomique à préserver.



Sa morphologie n'a cessé d'évoluer au fil des années. Aujourd'hui, un consensus existe concernant l'utilisation des implants vissés. (7)

Sur le marché, une multitude de formes, d'états de surface au travers des différents traitements appliqués, de diamètres, d'angulation ou encore de longueurs sont disponibles. L'étude de la situation clinique du patient par le chirurgien lui permettra notamment de moduler les différentes propriétés de l'implant pour favoriser son intégration au sein de l'os.

c) Notion d'ostéointégration : par quels processus l'implant est-il intégré au sein de l'organisme ?

L'un des facteurs indispensables au succès implantaire est son **ostéointégration**.

Le principe a été décrit par son découvreur, le Pr. Per-Ingvar Brånemark comme « une jonction anatomique et fonctionnelle directe entre l'os vivant remanié et la surface de l'implant mis en charge ». (42) En implantologie dentaire, il s'agit de l'intimité de contact osseux entre l'os et l'implant dentaire, permettant son ancrage stable sur le long terme.

La mise en place d'un implant représente un traumatisme pour le tissu osseux, ce qui déclenche un processus de cicatrisation osseuse, proche de celui mis en place consécutivement à l'avulsion d'une dent, décrit plus tôt (cf. partie I)A)c)). (34) (35)

Ces coupes histologiques permettent de suivre l'apposition osseuse (en rose) ayant lieu à la suite de la mise en place d'un implant (en noir) à :

a) 2 semaines et b) 4 semaines

A 2 et 4 semaines, la limite entre os ancien et néoformé est nettement objectivable. L'apposition osseuse se fait au niveau du trait de forage, à partir de l'os pré-existant.

c) 8 semaines

L'os est remodelé, et on observe une continuité entre les trabécules de l'os ancien et de l'os néoformé. Cette organisation sera stable dans le temps.

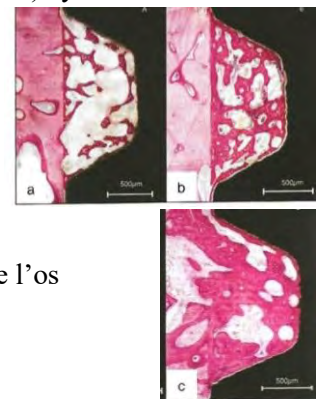
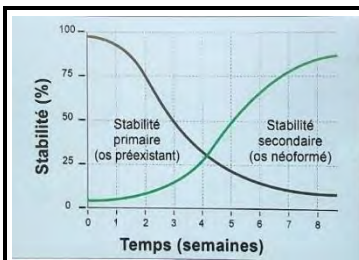


Figure 8 : Coupes histologiques d'un implant posé dans de l'os de mini-porc.

Echelle 500 µm (7)

L'ostéointégration d'un implant passe d'abord par une phase de **stabilisation mécanique**, qui doit être obtenue lors de sa pose, notamment grâce à son contact avec la portion minéralisée de l'os du site. Il s'agit de la stabilité primaire de l'implant, qui implique que ce dernier soit parfaitement immobile. La qualité de cette stabilité primaire dépend notamment de la qualité de l'os dans lequel on place l'implant, du volume osseux disponible et des caractéristiques implantaires. (43)

Ensuite, la stabilité primaire mécanique décroît et laisse place à une **stabilité biologique**, secondaire, dont l'importance augmente au fur et à mesure que la cicatrisation se met en place. C'est cette stabilité qui correspond à la définition de l'**ostéointégration**. Elle s'obtient généralement au bout de 4 à 6 mois au maxillaire et de 3 à 4 mois à la mandibule. En moyenne l'ostéointégration complète des implants est obtenue dans 98% des cas. (44)



Ce graphique représente schématiquement les modifications de stabilité subies par l'implant depuis sa pose, et dans les semaines suivantes. On observe la décroissance de la stabilité mécanique de l'implant (ou stabilité primaire), et sa substitution par la mise en place croissante d'une stabilité biologique (ou stabilité secondaire), que l'on explique par l'apposition osseuse au contact de l'implant.

Le temps d'ostéointégration et le pourcentage de stabilité varient selon différents paramètres et sont ici indicatifs.

Figure 9 : Evolution de la stabilité mécanique et biologique de l'implant en fonction du temps (7)

Pour parvenir à cette ostéointégration, et in fine à un succès thérapeutique, la mise en place d'un implant dentaire nécessite le respect de nombreux impératifs, parmi lesquels le placement au sein de l'os est d'une importance fondamentale.

2) Critères de placement implantaire : dans quel axe placer l'implant ?

L'implant doit être placé dans un axe **guidé par la future restauration prothétique**, et bénéficier d'un environnement osseux et muqueux satisfaisant. Le respect de ces principes est une des clefs du succès du traitement implantaire.

a) Etapes préalables au choix du placement implantaire

Après un **bilan médical** qui se voudra le plus exhaustif possible, un **examen clinique complet** exo puis endo-buccal est réalisé. Il a notamment pour vocation d'étudier les différents paramètres biologiques, esthétiques et fonctionnels du patient dont dépendent le choix de la meilleure réhabilitation.

Des bilans photographique et radiographique, ainsi que la réalisation de modèles d'étude montés sur articulateur seront effectués, permettant la confection de **cires diagnostiques**. Indispensables à la détermination du placement implantaire approprié, ces cires permettent de simuler la position idéale de chaque couronne de la prothèse supra-implantaire future. Ces dernières peuvent être physiques, généralement réalisées au laboratoire de prothèses, ou numériques, réalisées via des **logiciels de planification implantaire**. (7)

C'est donc le **projet prothétique** qui permet de définir le positionnement des implants.

Le placement implantaire choisi doit ainsi correspondre aux **impératifs prothétiques**, tout en respectant la **vascularisation** péri-implantaire et donc l'os adjacent.

b) Positionnement mésio-distal

Dans le sens mésio-distal, le col d'un implant doit être posé à une distance minimale de **1,5 à 2 mm** d'une **dent** adjacente, ou à une distance minimale de **3 mm** du col d'un **implant** adjacent, puisqu'il sera totalement privé de vascularisation desmodontale. (9)

Ainsi, perdre une **vascularisation suffisante** à la conservation d'un niveau osseux autorisant le maintien de l'implant et de son environnement muqueux, le soutien de la papille interdentaire, et un contrôle de plaque facilité. (7)

c) Positionnement sagittal

L'implant doit être posé de telle sorte que l'épaisseur osseuse vestibulaire et linguale/palatine soit d'au moins **1 mm, voire 2 mm** en **vestibulaire** dans le secteur **esthétique**.

Plusieurs études rapportent une lyse osseuse verticale dans les cas où le positionnement implantaire ne laisse que des parois osseuses minces. Ainsi, le maintien d'une épaisseur minimale des parois osseuses péri-implantaires peut permettre une **stabilité dimensionnelle des tissus** sur le long terme (cf. partie I)A)2)c)). (10)

De cette façon, le maintien de la corticale vestibulaire est assuré permettant un maintien du niveau gingival, et donc de l'esthétique si le secteur l'impose.

Notons qu'à l'inverse, un placement implantaire trop lingualé pourrait nécessiter la réalisation d'une couronne supra-implantaire en surcontour vestibulaire, nuisant au bon maintien de l'hygiène dans cette zone.

Dans le cas d'une couronne transvissée, le placement devra également tenir compte de **l'émergence du puits de la vis** sur la couronne, idéalement au centre de la face occlusale dans les secteurs postérieurs, et au niveau du cingulum dans le secteur antérieur. (7)

Par ailleurs, la réalisation d'une fenestration vestibulaire apicale millimétrique lors de la pose ne compromet pas le pronostic des implants, une greffe osseuse per-implantaire devra être réalisée afin d'assurer un respect des impératifs précités. Des taux de succès entre 80 et 100% ont effectivement été relevés, proches de ceux atteints dans de l'os natif. (7) (45)

d) Positionnement vertical

D'abord, il est impacté par le type d'implant choisi. En effet, la texture du col impose un placement différent dans le but de **préserver les tissus parodontaux**.

De plus, le respect d'une hauteur de 3 mm d'attache supra-implantaire est nécessaire pour augmenter la prédictibilité et la durabilité du traitement final.

En effet, cet espace répond au principe dit de « **conservation de la distance biologique** », ce qui lui permet d'être très stable dans le temps. Une effraction de cette attache, quelle qu'en soit l'origine, entraîne une résorption de l'os sous-jacent, et une réorganisation de l'attache muco-épithéliale, afin d'en rétablir les dimensions initiales. (7)

Enfin, une **zone de sécurité de 2mm** doit être respectée entre l'apex de l'implant et les structures anatomiques à risque, c'est pourquoi la connaissance de l'anatomie est impérative pour la planification implantaire. En effet, certains sites présentent des obstacles anatomiques qu'il conviendra de prendre en compte lors du choix de l'implant, de son positionnement, mais aussi lors de l'étape chirurgicale, notamment lors de la réalisation de lambeaux de pleine épaisseur. (7) (46)

Dans le secteur antérieur maxillaire, le chirurgien sera confronté à la présence (7) (46) (47) :

- Des fosses nasales,
- De la fosse canine, au niveau de laquelle le risque de fenestration est important,
- Du canal incisif en arrière des incisives centrales.

Les secteurs prémolo-molaires au maxillaire sont marqués par la présence (7) (46) (47):

- Des sinus maxillaires,
- De l'artère antrale, dont le trajet peut être sous muqueux ou intra-osseux, et présente d'importantes variations selon les individus. Son trajet devra être anticipé.
- Du foramen grand palatin en regard des molaires.

A la mandibule, les risques anatomiques majeurs sont liés à la présence (7) (46) (48):

- Du canal mandibulaire, abritant le pédicule vasculo-nerveux alvéolaire inférieur dans les secteurs postérieurs,
- Du foramen mentonnier dans la région prémolaire et de l'émergence du nerf labio-mentonnier vers les secteurs antérieurs,
- Du cercle artériel para-symphysaire dans la zone de la symphyse.

On anticipera leur présence afin de réduire le risque de complication per-opératoire. (7)

Le choix du positionnement tridimensionnel de l'implant est donc capital, aussi bien pour la chirurgie et pour l'étape de mise en place prothétique que sur le long terme pour le maintien de l'écrin parodontal que représentent les tissus mous et durs péri-implantaires. Au regard des critères évoqués ci-dessus, on comprend que ce placement varie en fonction d'un certain nombre de paramètres liés à l'environnement du site osseux à réhabiliter. Des facteurs liés aux caractéristiques implantaires impactent également ce placement, parmi lesquels diamètre et longueur implantaire sont majeurs.

3) Diamètre et longueur implantaire : quels impacts sur la thérapeutique ?

a) Diamètre et longueur implantaires

Littérature scientifique et industriels utilisent des terminologies et seuils variables pour décrire les caractéristiques des implants. (49) Nous utiliserons ici la classification proposée par l'European Association of Dental Implantologists (EDI), mise à jour en 2023 lors de la 18^{ème} conférence européenne de consensus de Cologne.

Ainsi, un implant court sera défini comme ayant une longueur de 8 mm ou moins et un diamètre supérieur ou égal à 3,75 mm, et un implant étroit comme ayant un diamètre inférieur ou égal à 3,75 mm. L'**implant « standard »** se caractérise par une **longueur de plus de 8 mm et un diamètre de 3,75 mm ou plus.** (50)

i. *Diamètre*

Selon le rapport présenté par l'EDI, les implants de faible diamètre trouvent leur indication au niveau des « sites avec une crête osseuse alvéolaire de faible largeur ». (50) Dans ces situations cliniques où l'espace mésio-distal disponible est faible, aux niveaux inter-radiculaire ou coronaire, un placement implantaire adéquat implique souvent l'utilisation d'**implants de faible diamètre** ou une étape orthodontique préalable, si la solution implantaire est choisie par le clinicien, à la défaveur des autres solutions prothétiques fixes, à l'instar du bridge collé cantilever. (51)

Le remplacement des **dents naturelles** dont les **diamètres mésio-distaux** sont les plus **faibles**, à savoir les incisives latérales maxillaires, et les incisives centrales mandibulaires, sera donc le plus concerné par l'utilisation de tels implants.

Leur placement dans les cas d'**agénésie** de ces dernières, sera particulièrement indiqué, du fait du volume osseux disponible restreint par l'absence de l'os alvéolaire à ce niveau.

La Haute Autorité de Santé (HAS) rapporte que les incisives latérales maxillaires représentent les dents les plus souvent absentes (chez 1,55% à 1,78% de la population) après les secondes prémolaires (chez 2,91% à 3,22% de la population). (39)



La photographie du haut, arcades en occlusion, permet d'objectiver le manque de hauteur osseuse sur le site de la dent 44, agénésique.



La photographie du bas, de l'arcade mandibulaire, met en évidence le manque de tissu osseux dans le sens vestibulo-lingual, sur les sites 44 et 35, agénésiques.

Figure 10 : Photographies intra-buccales d'un patient présentant des agénésies, courtoisie Dr NADAL Florian

Par ailleurs, compte tenu des contraintes importantes exercées dans les secteurs **molaires**, des implants dits **larges**, d'au moins 5 mm de diamètre y seront préférés aux implants de diamètres standard. (7)

Le choix du diamètre implantaire aura de nombreuses répercussions sur le résultat final du traitement, notamment sur les plans :

- **Esthétique**, grâce au respect du profil d'émergence. En effet, plus l'implant est étroit, plus ce dernier devra être placé en position apicale, par mimétisme de la forme des racines dentaires.(7)
- **Biologique**, assurant en partie le maintien de l'**hygiène** évitant l'accumulation de plaque, source de complications biologiques, (52)
- **Biomécanique**, afin d'améliorer la dissipation du stress biomécanique et d'éviter les fractures implantaire liées à la présence de surcharges fonctionnelles. (7) (53) (54)

ii. Longueur

Dans les cas où un implant « standard » ne peut pas être posé, l'utilisation d'**implants courts** comme alternative aux techniques chirurgicales avancées, nécessaires pour aménager le site osseux et rendre la pose implantaire possible, est un sujet abordé de façon croissante dans la littérature.

Le rapport de la conférence de consensus de l'EDI expose des indications claires concernant leur pose. Ces derniers doivent être utilisés uniquement si la hauteur osseuse disponible est insuffisante du fait de la présence d'**éléments anatomiques** tels que le sinus maxillaire, des vaisseaux sanguins, des nerfs..., dans les secteurs postérieurs mandibulaire ou maxillaire, ou dans le cadre de la mise en place de **prothèses amovibles** sur implant. (50)

Les implants courts doivent donc être employés par le clinicien dans des cas précis, de façon restreinte, compte tenu des **risques d'échecs** implantaires augmentés par des conditions biomécaniques moins optimales qu'avec les implants dits « standards », notamment en lien avec le rapport couronne prothétique/implant dentaire, plus grand, voire défavorable.

iii. Spécificités de la prothèse plurale

Le bilan implantaire complet permettra dans un premier temps de choisir le type de prothèse supra-implantaire. Dans le cas de la réhabilitation d'un édentement unitaire ou de faible étendue, notamment encastré, l'indication se porte généralement vers une prothèse fixée.

Le choix de la prothèse amovible ou fixe se posera davantage dans le cas d'un patient édenté complet par exemple, et devra tenir compte de différents paramètres biologiques, anatomiques, esthétiques, techniques et financiers, propres à chaque patient.

Le nombre, la position et les différentes caractéristiques implantaires pourront alors être validés. Un implant pilier de bridge ne nécessitera effectivement pas les mêmes caractéristiques qu'un implant unitaire. (55)

Dans le cas d'un **édentement postérieur**, c'est l'espace mésio-distal disponible qui va orienter le choix du nombre d'implants. Comme indiqué plus tôt, l'idéal est de positionner des implants de 5 à 6 mm de diamètre. Le respect des 3 mm entre les deux implants, et le volume osseux mésio-distal disponible permettront de connaître le nombre d'implants à placer. Pour un édentement de trois dents, il est recommandé de placer deux implants piliers de gros diamètre avec un élément prothétique intermédiaire, facilitant le placement implantaire.

Pour le **secteur antérieur**, très exigeant esthétiquement, le placement d'implants de diamètre supérieur au diamètre standard n'est pas recommandé, afin d'assurer le maintien du niveau osseux et l'harmonie du profil d'émergence. (7)

La prise en compte des facteurs cités ci-dessus au cours de la planification implantaire fait partie intégrante du succès thérapeutique. Pour ce faire, le chirurgien devra étudier les caractéristiques du site implantaire choisi, et en particulier le volume osseux restant, ce dernier ayant un impact direct sur le choix du plan de traitement.

4) Défauts osseux : quelles difficultés occasionnent-ils ?

Comme décrit précédemment (cf. partie I)2)A)c)), la perte de l'organe dentaire entraîne inévitablement une résorption osseuse, essentiellement alvéolaire. Cette dernière, à l'image des caractéristiques osseuses, diffère sur les plans inter et intra-individuel. On observe en effet des variations en fonction du site considéré, ainsi qu'une grande **hétérogénéité** au sein d'un site osseux donné.

Ainsi, la revue systématique de Monje et coll. met en lumière une tendance à la diminution du volume osseux total plus importante dans les secteurs postérieurs, sans pour autant objectiver de différence statistiquement significative, les facteurs influençant la **cicatrisation** comme la perfusion sanguine du site d'extraction entraînant une variation importante de ce volume. (56)

De plus, la résorption osseuse maxillaire ou mandibulaire entraîne la modification des rapports anatomiques. Les insertions musculaires, mais aussi les pédicules vasculo-nerveux se trouvent alors plus superficiels, plus proches de la partie crestale de l'os.

Compte-tenu de la plus grande quantité d'os spongieux et de la moindre densité de l'os maxillaire, la cicatrisation de l'alvéole post-extractionnelle y est plus rapide qu'à la mandibule. (57) On observe une **résorption osseuse plus importante à la mandibule**, quatre fois plus affectée par la perte osseuse que le maxillaire. (2) (40)

Cette dernière subit une résorption **centrifuge**, car sa portion linguale se résorbe préférentiellement. Notons que cette résorption entraîne un rapprochement de la ligne oblique interne et du plancher buccal de la crête osseuse, impliquant un site implantaire de plus en plus **corticalisé**. De la même façon, le nerf alvéolaire inférieur peut se trouver exposé dans les cas de résorptions sévères dans la partie postérieure de la mandibule. (7)

A l'inverse, la paroi vestibulaire, fine, se résorbe plus au **maxillaire**, entraînant sa résorption **centripète**. Contrairement à la région molaire, qui fait souvent l'objet d'une résorption complète, rapprochant le **sinus maxillaire** de la crête osseuse, les régions ptérygo-maxillaire et tubérositaire subissent moins de résorption. (7) En effet, le sinus maxillaire étant une cavité aérique, il se **pneumatise** en direction de la crête osseuse en l'absence de l'organe dentaire.

La différence de résorption entre le maxillaire et la mandibule entraîne subséquemment une augmentation de la distance inter-arcade, rendant le traitement prothétique plus complexe, sur les plans fonctionnel comme esthétique.

Ce processus de résorption osseuse, considéré à l'échelle de la sphère orale, permet de comprendre les défauts osseux qu'elle engendre, et son impact sur le placement implantaire, qui, dans les cas de résorption importante, s'avèrera non optimal, contre-indiquant sa mise en place directe, imposant une chirurgie d'augmentation osseuse.

Dans leur revue systématique, Couso-Queiruga et coll. ont mis en évidence que, sur les 10 études incluses, une greffe osseuse pré ou per-implantaire était nécessaire dans 69,7% des cas dans les secteurs antérieurs et dans 45,9% des cas dans les secteurs postérieurs. (6)

C) Conclusion de la première partie

La compréhension de la physiologie osseuse, des principes de réparation tissulaire et des particularités de l'os alvéolaire permet de mieux appréhender d'une part la résorption osseuse physiologique qui suit la perte de l'organe dentaire, et d'autre part les principes d'ostéointégration et de maintien de la réhabilitation implantaire. La planification de cette dernière permettra d'anticiper la présence d'éléments anatomiques d'intérêt et de placer le ou les implants dans un axe satisfaisant sur les plans biologique et prothétique. Dans certains cas, la résorption osseuse est telle qu'elle ne permet pas ce placement implantaire. Nombre de techniques et matériaux de greffe osseuse ont été développés pour pallier au mieux les différents défauts osseux à réhabiliter.

II) Etat de l'art : les greffes osseuses

A) Les chirurgies d'augmentation osseuse à visée implantaire

1) *Les biomatériaux de greffe osseuse*

Lorsqu'un défaut osseux est mis en évidence sur un futur site implantaire, la création d'un volume osseux convenable s'impose pour assurer un résultat esthétique et fonctionnel satisfaisant sur le long terme. Le chirurgien est alors amené à choisir les matériaux et techniques les plus adaptés. Les biomatériaux de greffe osseuse utilisés doivent répondre à un cahier des charges particulier. (20) (58)

D'abord, ces biomatériaux se veulent **bioactifs**. Ils permettent donc d'induire et de stimuler une réponse biologique des tissus qui l'entourent. (59) Ici, leur interaction avec l'hôte entraîne la formation d'un dépôt minéralisé.

On distinguera les biomatériaux (35) (60):

- **Ostéoconducteurs**, dont la structure permet de guider la formation osseuse grâce à une colonisation cellulaire et vasculaire issue du tissu osseux adjacent ;
- **Ostéoinducteurs**, permettant la stimulation de l'induction de l'ostéogenèse par la différenciation et la prolifération des cellules souches en cellules ostéogénitrices.

Le biomatériau utilisé devra être **biocompatible**. Les cellules d'intérêt, impliquées dans la néoformation osseuse, doivent pouvoir **circuler** au travers du biomatériau, mais aussi **adhérer** à sa surface et **proliférer**, afin d'entamer la fabrication d'une matrice ostéoïde.

La réponse immunitaire résultant de l'introduction de ce nouveau corps au sein de l'organisme devra être la plus infime possible, afin d'éviter un retard de cicatrisation, une réaction d'hypersensibilité, d'allergie voire un rejet de ce dernier.

De plus, l'**architecture** du biomatériau est cruciale. Il est constitué de pores, dont la taille doit permettre une bonne vascularisation, le passage des cellules, fluides biologiques et nutriments d'une part, et des déchets et produits de dégradation d'autre part.

Le volume total des pores doit assurer un **comportement biomécanique** du biomatériau le plus mimétique possible à celui du tissu qu'il remplace, et ce, jusqu'à son remodelage complet. En outre, plus ce volume est important et plus la résorption du biomatériau est rapide.

Cette architecture doit également permettre une manipulation aisée du biomatériau par le chirurgien, et surtout permettre une **stabilité dimensionnelle** du biomatériau greffé afin d'éviter l'interposition d'un tissu fibreux, ce qui entraverait alors la régénération du site.

Ainsi, cette architecture doit respecter l'équilibre optimal entre les impératifs biologiques et mécaniques du biomatériau, associés au succès de la greffe.

Enfin, le biomatériau doit être **biodégradable**. Sa cinétique de dégradation, dépendante de sa composition chimique et de son architecture, est tenue de respecter la physiologie osseuse. Sa résorption doit se faire concomitamment avec les cycles d'apposition osseuse, permettant son remplacement par un néo-tissu osseux fonctionnel et homogène. (20) (58)

Plusieurs biomatériaux peuvent répondre à ce cahier des charges. On peut, entre autres, les distinguer par leur origine autogène, allogénique, xénogénique ou synthétique.

a) L'os autogène

Pour de nombreux auteurs, il a depuis longtemps été, et demeure encore aujourd'hui le **gold-standard** pour toute reconstitution osseuse dans la sphère orale. (61) (45)

Il est issu de l'hôte sur lequel il sera greffé, et a donc l'avantage d'être parfaitement **biocompatible**, sa greffe sur le site receveur est complètement **non immunogène**.

C'est le seul biomatériau **osteogénique**, en raison de la présence des cellules de l'hôte, viables, dans le greffon. Il est également **ostéoinducteur** et **ostéoconducteur**. (60)

Le clinicien peut l'utiliser sous forme de copeaux, de bloc ou de lames. Il pourra être prélevé dans sa partie spongieuse, corticale ou sous forme de blocs cortico-spongieux en fonction des propriétés recherchées. (20)

Le désavantage majeur de ce type de greffe reste avant tout la **morbidité** au niveau du site donneur, souvent différent du site receveur. Le prélèvement peut être :

- **Intra-oral**, symphysaire ou ramique, si le volume osseux nécessaire est limité,
- **Extra-oral**, le plus souvent issu de l'os pariétal, tibial ou de la crête iliaque, si le défaut osseux est important. Ce type de prélèvement implique une hospitalisation, et donc un risque infectieux et de douleurs augmenté, ainsi qu'un temps de chirurgie et un coût total du traitement plus conséquents.

La qualité et la quantité de l'os prélevé sont donc variables et limitées. (62) (63)

Au regard de ces inconvénients, des biomatériaux ont été développés comme alternative afin de diminuer la morbidité liée au prélèvement, ils sont qualifiés de **substituts osseux**. (21)

Malgré l'hétérogénéité des études et l'impossibilité de conclure sur une alternative fiable, dans leur revue systématique, Al-Nawas et coll. annoncent que leur utilisation, selon les techniques et le défaut osseux, peut permettre d'obtenir des résultats proches de ceux des greffes autologues sur le long terme, et peut donc être envisagée. (64)

b) Biomatériaux allogéniques

Issu d'un donneur d'**espèce humaine**, ce substitut osseux, inerte, subit des traitements permettant de limiter le risque de rejet de la greffe, mais aussi celui de transmission de cellules cancéreuses, de pathogènes, en particulier viraux.

Ainsi, il est exempt de cellules vivantes, et possède donc des propriétés **ostéoconductrices**. Seules des banques de tissus agréées par l'Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé (ANSM) peuvent les distribuer. (60)

On retrouve deux grands types de biomatériaux allogéniques. Ils sont déminéralisés ou déprotéinisés, mis sous vide, stérilisés et stockés à température ambiante (65) (66) :

- **L'os lyophilisé minéralisé** (Freeze-dried bone allograft ou FDBA), congelé et lyophilisé, puis traité à l'azote liquide.

- L'os **lyophilisé déminéralisé** (Demineralized freeze-dried bone allograft ou DFDBA), et irradié. Il ne possède donc plus de fraction minérale osseuse.

Le leader en France est la BIObank®, qui distribue de l'os allogénique déprotéinisé issu de têtes fémorales de donneurs vivants. Le traitement consiste en la délipidation du tissu osseux (67). Il est utilisé au sein du service de chirurgie orale du CHU de Toulouse. (68)

c) Les biomatériaux xénogéniques

Ce sont des biomatériaux prélevés chez une **espèce différente** de l'Homme, ce qui les rend plus accessibles que les allogreffes. Ils sont issus de porcs, de coraux, d'équidés ...

A l'instar des biomatériaux allogéniques, ils sont déprotéinés et subissent un traitement visant à les rendre le plus biocompatible possible. Seule leur composante inorganique, proche de celle de l'os humain -en termes de propriétés mécaniques, d'architecture, de structure cristalline et de composition-, y subsiste, permettant leur activité **ostéoconductrice**. (63) (66) (69) Ces derniers, dispositifs médicaux, sont soumis à une autorisation de mise sur le marché et à des normes strictes européennes et françaises. (60)

C'est la xéno greffe d'origine bovine qui est la plus utilisée en chirurgie à visée implantaire. Il s'agit d'hydroxyapatites biologiques issues des os des extrémités qui subissent une transformation par traitement thermique, puis une purification avec une solution alcaline très concentrée. Elle possède un taux de résorption très lent, ce qui lui confère notamment sa propriété de maintien important de l'espace. (70)



Xéno greffe d'origine bovine utilisée au CHU de Toulouse.

Figure 11 : Extrait du site internet de Geistlich® (71)



Figure 12 : Extrait de la plaquette commerciale de BIObank® (67)

d) Les biomatériaux d'origine synthétique ou alloplastiques

Ils sont obtenus par **ingénierie tissulaire**. Il s'agit d'échafaudages en trois dimensions, poreux, servant de support à la formation tissulaire. D'origine synthétique, ils sont dépourvus de risque de transmission de pathogène. (58)

Il existe de nombreuses grandes familles sur le marché. (60) (69) N'étant pas utilisés dans cette étude, ces dernières ne seront pas détaillées.

Tous les substituts osseux cités peuvent être utilisés seuls, mélangés entre eux, ou à de l'os autogène, pour ses propriétés ostéogéniques.

En fonction de leurs propriétés, ils peuvent être très stables ou au contraire présenter une vitesse de résorption rapide. (63) De la même façon ils pourront être fragiles ou assurer une résistance mécanique importante.

Sur le marché on les retrouvera sous forme de poudre, généralement pour des défauts osseux de faible étendue, ou de blocs si le défaut osseux est plus important, permettant ainsi d'allier résistance mécanique et rapidité de cicatrisation osseuse. (20)

e) Les concentrés plaquettaires

Un autre type de biomatériau autologue présente un intérêt en régénération tissulaire : il s'agit des concentrés plaquettaires.

i. *Physiologie*

Depuis l'apparition des colles de fibrine, constituées de fibrinogène concentré, il y a plus de 50 ans, les produits dérivés du sang sont utilisés pour favoriser la cicatrisation. (72)

Premièrement, cette propriété est associée à la présence des **plaquettes** dans le sang.

Ces cellules, issues de la fragmentation cytoplasmique des mégacaryocytes produits au sein de la moelle osseuse hématopoïétique, font partie des éléments figurés du sang, et jouent un rôle prépondérant dans l'hémostase, dont le déroulement peut se résumer comme schématisé, sur la figure 13.

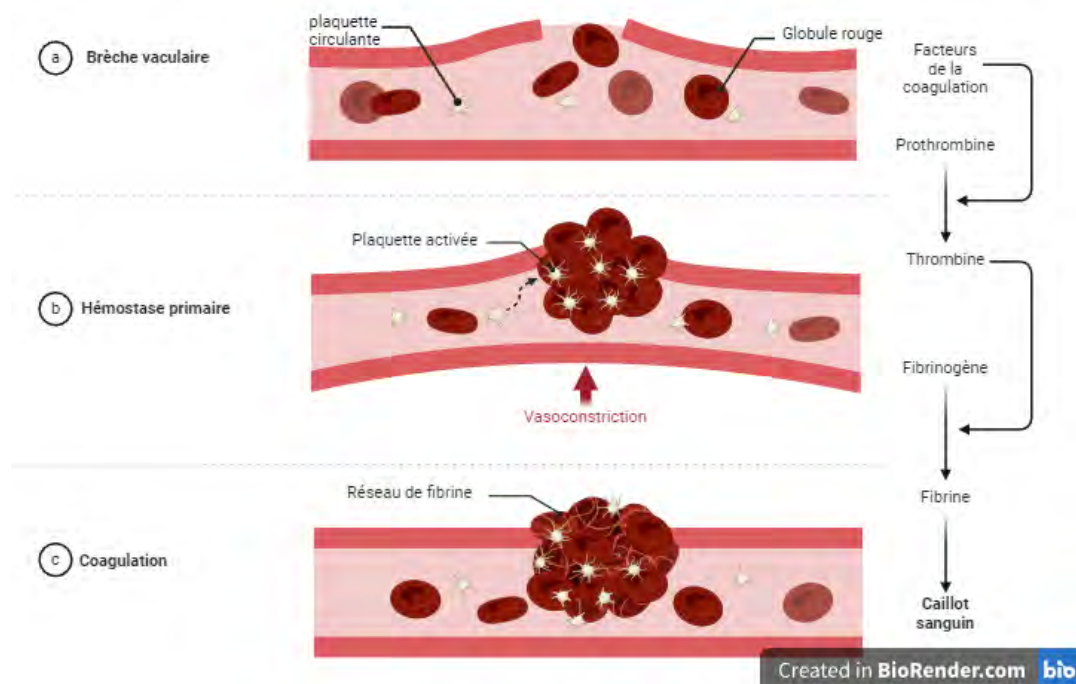


Figure 13 : Illustration de l'hémostase, créé avec BioRender.com (Iconographie personnelle)

Les plaquettes contiennent notamment du calcium, des protéines de la coagulation, indispensables à l'hémostase, et des facteurs de croissance impliqués dans la réparation tissulaire et l'angiogénèse, on pourra citer par exemple le VEGF (Vascular Endothelial Growth Factor) ou le PDGF (Platelet-Derived Growth Factor).

ii. *Utilisation médicale*

De nos jours, l'utilisation des **concentrés plaquettaires autologues** est largement répandue, compte-tenu de l'apport en **facteurs de croissance** qu'ils représentent. Ils sont obtenus par la **centrifugation** du sang total du patient, collecté dans des tubes contenant ou non un anticoagulant.

Ces derniers font l'objet de recherches et de développements constants. Ainsi, un grand nombre de techniques et de protocoles sont disponibles sur le marché, pour la plupart composés de plasma riche en plaquettes (PRP®) ou riche en fibrine (PRF®).

Le **PRF®**, dont le protocole a en premier lieu été décrit par Joseph Choukroun, possède l'avantage d'être plus simple à réaliser et moins coûteux que le PRP®, puisqu'il est obtenu **sans anticoagulant**, contrairement à ce dernier.

Le sang veineux du patient est prélevé, puis centrifugé à basse vitesse. On assiste à la polymérisation de la fibrine, ce qui aboutit à la formation **d'un réseau tridimensionnel de fibrine autologue**, contenant également des plaquettes, leucocytes et des facteurs de croissance, associé à la présence d'un culot de globules rouges, et d'un surnageant de plasma pauvre en plaquettes (L-PRF®).

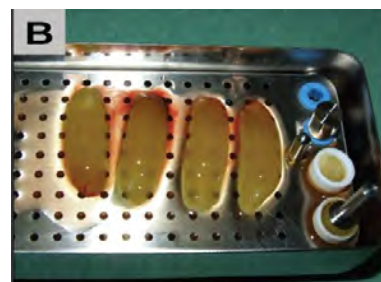
Le caillot de fibrine est alors isolé, et comprimé, afin d'obtenir une membrane, facilement manipulable. Une fois placé en bouche, ce dernier sera progressivement résorbé, et pourra assurer un relargage de facteurs de croissance tant qu'il est présent. (72)



Ci-contre des tubes de sang veineux obtenus après centrifugation.

A droite de l'image, on observe l'isolation du caillot de fibrine par le chirurgien.

Figure 14 : Capture d'écran issue de la vidéo de présentation du protocole de réalisation du A-PRF® (73)



Ci-contre des caillots de PRF® placés dans la PRF Box®, commercialisée par PRF Process. Cette dernière permet la compression, dans le but d'obtenir des membranes aux multiples applications cliniques.

Figure 15 : Photographies du A-PRF® isolé (74)

La modification de la force de centrifugation, autrement dit du temps et de la vitesse de centrifugation, permet de moduler la répartition cellulaire dans les tubes, et donc les propriétés du PRF®. Le PRF injectable (I-PRF®) est par exemple obtenu en diminuant le temps de centrifugation et en augmentant la vitesse.

Le matériau des tubes a également son importance. Le protocole modifié par Ghanaati et coll., utilisant des tubes en verre, associé à la réduction de la vitesse (1500 tours/minute contre 2700 tours/minute) et l'augmentation du temps de centrifugation (14 versus 12

minutes) permet l'obtention du A-PRF®, plus riche en cellules sanguines, visant à favoriser l'ostéogenèse. Cette forme est la plus utilisée à l'heure actuelle. (74) (75)

Le PRF® est actuellement le concentré plaquettaire autologue le plus décrit en implantologie.

La présence de **molécules bioactives** en son sein lui confère des propriétés très recherchées. Les principaux types cellulaires qu'il contient sont impliqués dans la **régulation immunitaire**, il permet de stimuler la prolifération cellulaire et l'angiogenèse, et donc une **meilleure régénération** tissulaire. (76)

Au regard des propriétés de ces concentrés plaquettaires autologues obtenus sans anticoagulant, a été suggérée l'association de ces derniers avec des substituts osseux sous forme particulaire, afin d'en combiner les avantages. Leur mélange aboutit à la formation d'un greffon osseux enrichi en facteurs de croissance, appelé « **Sticky bone®** ».

A l'issue du processus de coagulation, les particules osseuses sont liées entre elles au sein du réseau de fibrine formé, solidifiant ainsi l'ensemble, ce qui confère entre autres au Sticky bone® une plus grande facilité de manipulation, et permet la diminution des micro-mouvements du greffon particulaire, l'intérêt de cette propriété sera abordé plus loin dans ce travail (cf. partie II)B3)).

A l'instar de son utilisation sous forme de membrane, l'utilisation de PRF® sous forme de Sticky bone® assurera un relargage de facteurs de croissance. (77) (78)



Ci-contre du Sticky bone® obtenu par le mélange d'une greffe osseuse particulaire alloplastique et d'I-PRF®. On observe que les particules osseuses restent liées, ce qui en facilite la manipulation.

Figure 16 : Photographie de Sticky Bone®, issu de (79)

Le rôle du PRF® dans la prévention de l'infection ou encore dans l'obtention d'une meilleure régénération osseuse a également été évoqué.

Certaines études se sont par ailleurs intéressées à sa plus-value dans le cadre des chirurgies de soulèvement de sinus, suggérant son implication dans la diminution de la résorption osseuse et du temps de cicatrisation.

Bien que les résultats des différentes études soient encourageants, aucune n'est véritablement concluante quant à son intérêt dans les procédures de Régénération Osseuse Guidée (ROG). L'absence de protocole standardisé complique l'obtention de conclusions significatives. (80)

Substituts osseux et concentrés plaquettaires sont différents outils que le praticien pourra utiliser dans le cadre de la correction des défauts osseux de ses patients.

2) *Classification des défauts osseux*

L'EDI a proposé une classification de ces défauts osseux, la Cologne Classification of Alveolar Ridge Defects (CCARD), qui se veut axée sur la thérapeutique, dans les cas où les conditions générales sont favorables, et en présence de tissus mous sains. (21)

Elle est conçue en trois parties, tenant compte de :

- **Partie 1 : l'orientation** du défaut osseux, horizontal (H), vertical (V), combiné (C), ou sous-sinusien (S ou +S).
- **Partie 2 : l'importance de la reconstruction osseuse** à envisager, qui peut être :
1 : faible (<4mm), 2 : moyenne (entre 4 et 8mm) ou 3 : importante (>8mm)
- **Partie 3 : la relation entre le site osseux et la future greffe osseuse.**

Absente des classifications préexistantes, cette partie prend en compte la présence de parois osseuses englobant le défaut. Ainsi, l'augmentation osseuse peut être interne (i), « dans le contour » osseux, entouré de parois, ou externe (e) « hors du contour de la crête osseuse ».

Il est à noter que cette partie ne concernera pas les défauts osseux sous-sinusiens, ces derniers étant toujours à l'intérieur du contour de la crête osseuse.

Cette notion a un impact direct sur l'étendue de la reconstruction nécessaire, la technique à privilégier et sur son taux de réussite.

En effet, plus le nombre de parois autour du défaut osseux augmente, plus la capacité de régénération osseuse est importante et plus l'augmentation osseuse sera considérée comme aisée, les parois osseuses permettant un accès au périoste et à l'os trabéculaire, et donc aux cellules impliquées dans l'ostéogénèse et l'angiogénèse.

L'augmentation osseuse sera d'autant plus aisée que le volume à régénérer est faible, ce qui facilite la stabilisation de la greffe et du caillot sanguin.

A l'inverse, un défaut osseux qualifié de « hors du contour de la crête osseuse », pourra nécessiter l'utilisation d'éléments de stabilisation telles que des vis d'ostéosynthèse, pour obtenir un résultat similaire à la situation précédente et stable sur le long terme.

Un code unique résumant toutes les informations d'intérêt est alors attribué au défaut osseux, et associé à une ou plusieurs options de traitement envisageables.

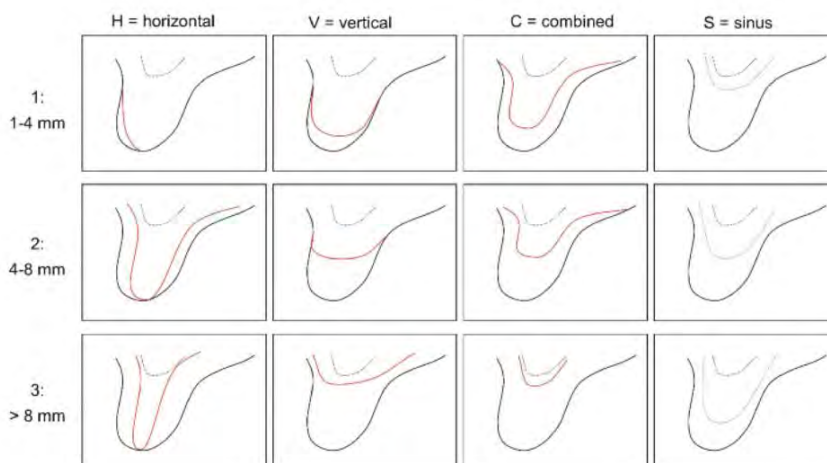
Cette classification, prenant en compte l'environnement osseux du défaut et la situation globale dans laquelle le chirurgien est amené à réhabiliter, se veut donc clinique. L'EDI rappelle qu'il s'agit de lignes directrices, et que le choix final par l'équipe de soins devra se baser sur une **étude globale** et rigoureuse de l'ensemble des paramètres d'intérêt du cas clinique auquel elle est confrontée. On notera entre autres les caractéristiques propres au patient, s'il s'agit d'une greffe de première intention, ou d'une reprise de greffe, la quantité et la qualité de l'os à implanter et celles des tissus mous environnants.

Rappelons que la **gencive** participe à la protection du tissu osseux sur lequel elle est insérée au moyen d'invaginations de tissu conjonctif fibreux. Son maintien est donc indispensable et dépend de la présence de l'os qui la soutient. Les **tissus mous** jouent donc un rôle clef dans la pérennité du traitement implantaire. (31) (7)

Ainsi, la perte osseuse consécutive à la perte de l'organe dentaire s'accompagnant de la diminution du niveau des tissus mous associés, un défaut osseux de grande étendue sera alors généralement synonyme d'une situation peu favorable concernant les tissus mous, imposant souvent, en association avec la chirurgie osseuse, une chirurgie muqueuse, comme une technique de greffe muco-gingivale ou une vestibuloplastie. (21)

Ce tableau illustre les informations à prendre en compte dans la CCARD :

- L'intitulé des colonnes correspond à la partie 1 de la classification.
- L'intitulé des lignes illustre la partie 2 de la classification.



La dernière ligne concerne l'explication la partie 3 de la classification, permettant de déterminer si un défaut osseux est « dans le contour » (i) ou « hors du contour » (e) de la crête osseuse.

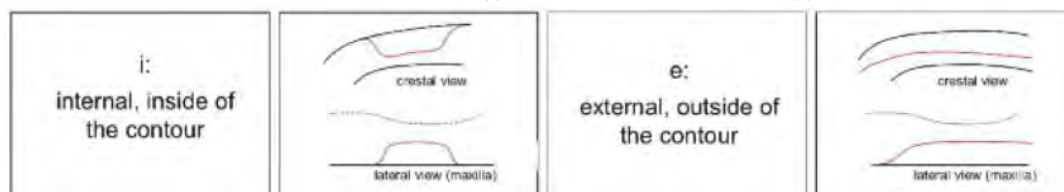


Figure 17 : Résumé de la CCARD (21)

Au fil des années, nombre de techniques d'augmentation osseuse ont été développées pour tenter de répondre au mieux aux différentes situations cliniques auxquelles le chirurgien est susceptible d'être confronté. Il conviendra de réaliser la chirurgie la plus adaptée au patient, mais également aux capacités techniques du praticien. Classer ainsi le défaut osseux orientera sa décision vers la technique la plus appropriée.

3) Description des techniques d'augmentation osseuse

a) Grands principes

Les techniques d'augmentation osseuse ont pour but de permettre la formation d'un os vivant, intégré au site osseux, dans lequel l'implant pourra être posé et perdurer. Elles font appel au phénomène de **cicatrisation** osseuse et muqueuse. Elles nécessitent une effraction des tissus mous afin de libérer l'accès au défaut osseux à améliorer. (81)

Divers dispositifs et biomatériaux pourront être utilisés selon la technique choisie pour favoriser la formation osseuse et son intégration au site greffé, tels que des substituts osseux

ou des membranes, qui peuvent être définies comme des « enveloppes sélectivement perméables ». (82)

Wang et son équipe ont proposé le respect d'un principe, nommé « **PASS** », décrit ci-dessous, afin de favoriser la réussite du traitement. Il comprend la **fermeture primaire de la plaie**, l'**angiogenèse**, la **stabilité du caillot sanguin** et le **maintien de l'espace** à réhabiliter. (83)

Si une greffe osseuse a été réalisée par le chirurgien, cette dernière suit un schéma de cicatrisation en trois étapes, de durées variables en fonction du greffon, de l'hôte ou encore du site greffé. Elles peuvent être résumées comme suit :

D'abord, la phase initiale dite d'**incorporation du greffon**, commence par le déclenchement d'une réaction inflammatoire, suivie de la formation du caillot sanguin, et donc de la néovascularisation du site. C'est principalement de cette néovascularisation que dépend la prise du greffon.

La phase suivante, correspond à la **substitution du greffon**, durant laquelle il est peu résorbé. On observe une **formation osseuse** concomitante.

Enfin, l'os immature est remodelé, et remplacé par un **os mature**. Cette phase de remodelage, dont les cycles se répètent, durera à vie. (15)

En cas de succès de la chirurgie, on aboutit alors à un gain osseux, très variable en fonction du patient, du site, et de la technique.

b) Régénération osseuse guidée

i. *Principe*

Cette technique d'augmentation osseuse issue de la régénération tissulaire guidée, est largement décrite dans la littérature. (76)

Son principe consiste en l'interposition d'une membrane, servant de barrière physique, entre la muqueuse de recouvrement et le défaut osseux sous-jacent, évitant sa colonisation par des cellules à l'origine de la formation des tissus mous. Ainsi, grâce au **principe d'exclusion cellulaire**, seules les cellules ostéoprogénitrices et angiogéniques prolifèrent au niveau du défaut osseux. (84)

On trouve deux grandes catégories de membranes dans le commerce : **résorbables**, d'origine naturelle, le plus souvent collagéniques ou synthétiques et **non résorbables**, en polytétrafluoroéthylène à haute densité (d-PTFE), expansé (e-PTFE) ou plus ou moins renforcées en titane. (84)

En plus de leur rôle de barrière cellulaire, ces membranes favorisent la formation osseuse et le processus de cicatrisation à différents niveaux de la cascade de régulation moléculaire et cellulaire. (85)

Comme tout biomatériau, elles doivent répondre à un cahier des charges particulier. A l'instar des substituts osseux, ces dernières doivent être **biocompatibles**, **maniabiles**, présenter une structure dont les pores autorisent la **sélection cellulaire** précitée, et des **propriétés mécaniques** permettant le maintien du volume qu'il est fondamental de respecter. (86)

Par ailleurs, les membranes résorbables doivent avoir un **délai de résorption** coïncidant avec les cycles de remodelage osseux, ou bien être combinées avec la mise en place de substituts osseux à résorption lente, ou non résorbables.

D'abord, la réaction immunitaire induite par l'introduction de ce corps étranger doit être limitée, en durée et en intensité, afin d'éviter une résorption osseuse trop importante. Les membranes non résorbables sont bio-inertes, contrairement aux membranes résorbables, qui génèrent une inflammation lors de leur résorption. L'inflammation est en outre minime lorsqu'il s'agit de membranes collagéniques, qui ont une grande compatibilité tissulaire. De plus, le placement de ces membranes devra être exempt du risque de transmission de pathogènes.

Ensuite, la rigidité des membranes non résorbables les rend facilement manipulables. Les membranes résorbables, hydrophiles, adhèrent au site à réhabiliter au contact du sang, et deviennent ainsi plus facilement manipulables. (76)

En outre, les membranes non résorbables, en particulier lorsqu'elles sont renforcées en titane, possèdent une rigidité suffisante pour résister plusieurs mois aux pressions tissulaires environnantes. Les membranes résorbables quant à elles, s'effondreront plus facilement. Enfin, les membranes peuvent notamment être stabilisées à l'aide de broches en titane, encore appelés pins, de plaques d'ostéosynthèse, ou de vis. Leur stabilité étant indispensable afin d'éviter l'affaissement de la membrane ou son exposition. (85)

Selon le consensus de l'EDI, une reconstruction osseuse par ROG nécessitant une greffe horizontale de plus de 4 mm (H2x, H3x) ou externe aux parois osseuses (Hxe), nécessitera une membrane non résorbable, ou l'association d'une greffe osseuse à résorption lente et d'une membrane, sous peine que cette dernière ne s'affaisse, empêchant alors le comblement osseux du défaut. (21)

Dans ces cas, la greffe osseuse, placée sous la membrane fixée, devra idéalement être complétée par un mélange d'os autogène, -souvent prélevé sous forme de particules, directement au niveau du site intra-oral- et de substitut osseux. On parle de **greffe osseuse « composite »**, alliant le potentiel ostéogénique du greffon autologue, au faible taux de substitution du substitut osseux. Elle permet ainsi d'augmenter la formation osseuse et la vitesse de cicatrisation d'une part, puis de stabiliser le volume osseux obtenu dans le temps d'autre part. (10) (21) (76) (85) (87)

Une fois remodelé, l'os régénéré a les mêmes propriétés biologiques et biomécaniques que l'os non régénéré. (7)

ii. Bénéfices

Dans le cas des défauts horizontaux localisés, plusieurs études rapportent des **taux de survie implantaires** comparables à ceux obtenus avec de l'os natif. (10)

Dans une revue systématique récente, Urban et coll. ont montré que l'utilisation d'une membrane résorbable permet l'obtention d'un **gain osseux** vertical de 3,51 mm (IC à 95% :

[2,80 ;4,22] ; p < 0,001), contre 4,42 mm (IC à 95% : [3,97 ;4,87] ; p < 0,001) pour les membranes non résorbables.

Ces derniers mettent par ailleurs en évidence une perte osseuse à au moins 12 mois post-greffe de 0,58 mm (IC à 95% : [0,19 ;0,97] ; p < 0,001) avec l'utilisation de membranes résorbables, ce qui représente **la résorption osseuse la plus faible relevée** dans leur revue systématique. (88)

iii. Complications

C'est une technique chirurgicale prédictible, mais très exigeante techniquement.

Dans la revue systématique d'Urban et coll., les membranes résorbables sont associées à un taux de complications presque 4 fois plus important que celui des membranes non résorbables. Elle révèle respectivement 22,7 % (IC à 95 % : [11,5 ;33,9] ; p < 0,001) de complications contre 6,9 % (IC à 95 % : [4,1 ;9,7] ; p < 0,001). (88) Ces résultats, bien que controversés, coïncident avec ceux de Lim et coll. qui annoncent respectivement des taux de 18,3% (IC à 95 % : [10,4 ;30,4]) contre 17,6 % (IC à 95 % : [10,0 ;29,3]). (89)

Les complications per et post-opératoires concernent ici la déhiscence au niveau du lambeau, la nécessité d'une greffe osseuse de seconde intention, l'exposition de la membrane ou de la greffe osseuse, une infection, les douleurs, les paresthésies etc. (88)

Notons que certaines études rapportent des taux plus élevés d'exposition des membranes non résorbables par rapport aux membranes résorbables. (90) (91)

La principale complication de ce type de greffe est représentée par l'**exposition de la membrane**, survenant dans environ 12% des cas et pouvant entraîner une invasion bactérienne de l'entièreté de l'épaisseur de la membrane après 3 semaines d'exposition, provoquant la résorption de cette dernière, compromettant alors son rôle d'exclusion cellulaire en modifiant sa porosité. Une infection du site greffé peut également avoir lieu.

Bien que ces complications puissent donc impacter négativement la réussite de l'augmentation osseuse, seul un **faible pourcentage d'échecs** est rapporté dans la littérature. On note un taux de complications moyen de 12,1% (IC à 95% : [8,2 ;15,9] ; p < 0,001). (85) (88)

L'exposition d'une membrane non résorbable impliquera sa dépose rapide, diminuant alors le volume osseux régénéré, contrairement à l'exposition d'une membrane résorbable, pour laquelle une surveillance hebdomadaire est mise en place. Cette dernière étant principalement métabolisée par dégradation enzymatique, si elle est exposée, aura une résorption plus rapide, mais son exposition aura un impact moindre sur le volume osseux total régénéré, puisqu'une fois totalement résorbée, une cicatrisation complète de la muqueuse orale est possible. (7) (45)

De plus, la gestion rapide et adéquate de l'exposition membranaire pourrait permettre de diminuer son impact négatif sur la réussite de la chirurgie. (92)

Notons qu'en cas d'exposition précoce de la membrane, il existe également un risque de contamination bactérienne des particules osseuses placées en dessous, pouvant aboutir à une encapsulation fibreuse des particules les plus superficielles. (45)

Le respect du principe « PASS » et en particulier ici la fermeture primaire de la plaie est donc indispensable pour limiter les complications au niveau des tissus mous, observées en moyenne dans 16,8% des cas. La présence d'un biotype tissulaire épais et kératinisé, avec une profondeur importante de vestibule et une laxité suffisante du lambeau permettrait également de diminuer ce risque. (45) (92)

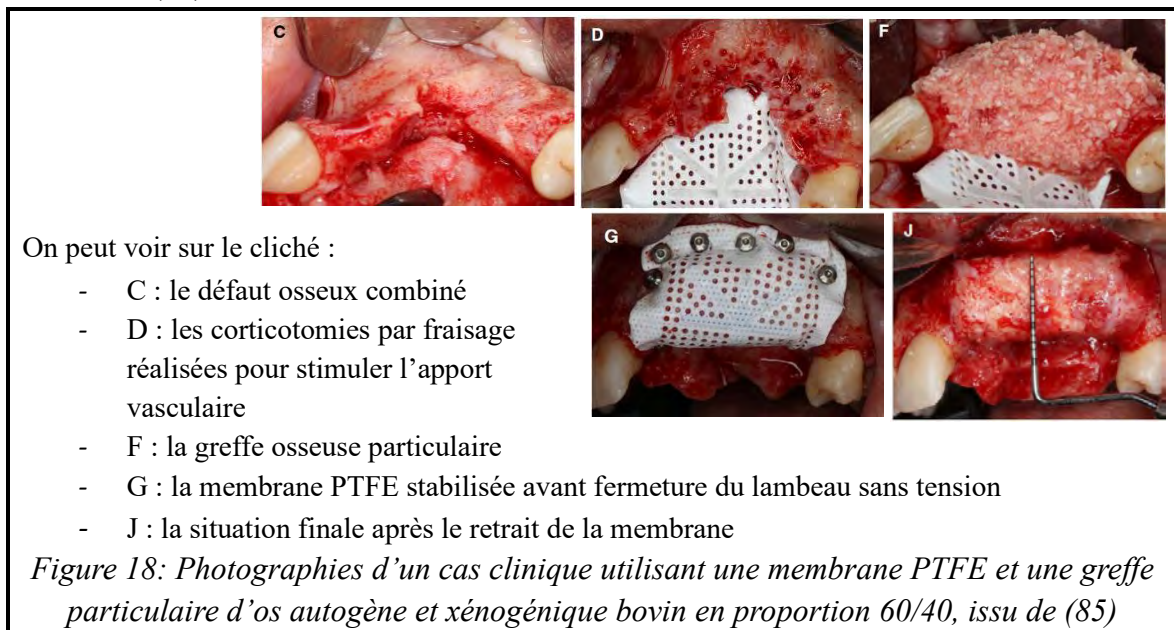
iv. *Limites*

Pour les défauts osseux horizontaux mandibulaires exposant le nerf alvéolaire inférieur, une technique de transposition devra être envisagée, la greffe ne pouvant être placée directement au contact de cet élément anatomique. (85)

De nos jours, les **membranes résorbables** sont les plus utilisées. Elles présentent l'avantage de ne pas nécessiter le retrait de la membrane, évitant ainsi la réalisation d'un nouveau lambeau. Leur emploi concerne principalement les défauts de petite et moyenne étendue.

Les **membranes non résorbables**, quant à elles, sont plutôt utilisées dans les cas cliniques complexes, associant défauts osseux verticaux et de grande étendue.

Elles nécessitent une période de cicatrisation longue suivie d'une deuxième chirurgie durant laquelle un lambeau est réalisé pour retirer la membrane, ce qui augmente la morbidité du traitement. (76)



c) Bone-splitting : technique d'expansion de crête

i. *Principe*

Cette technique consiste en la réalisation d'une fracture dite « en bois vert » d'un fragment de la corticale osseuse, par le biais d'une luxation de ce dernier, initialement via l'utilisation d'ostéotomes. Elle permet uniquement une **augmentation transversale** de la crête.

Ainsi, la hauteur de la crête osseuse doit être suffisante pour la pose d'un implant. De plus, une largeur de crête de **3mm minimum** facilitera la fracture des corticales.

L'espace créé entre le fragment luxé et le fragment intègre sera colonisé par un caillot sanguin, permettant la régénération osseuse entre les corticales. Cependant, un comblement via de l'os autogène ou un biomatériau peut également être réalisé. (93) (94)

Du fait de sa qualité osseuse, moins dense, rendant les parois osseuses plus élastiques, l'utilisation de cette technique est plus indiquée au **maxillaire**. Si le clinicien souhaite la réaliser à la mandibule, il est indispensable qu'une lamelle d'os spongieux soit présente.

Le consensus de Cologne indique cette technique pour les défauts osseux de type H1, c'est-à-dire avec un besoin en reconstruction osseuse horizontale de moins de 4 mm. (21)

Cette technique peut permettre la pose simultanée d'implants, réduisant ainsi le temps total de traitement. (7)

ii. Bénéfices

La revue systématique de Starch-Jensen et coll. portant sur le secteur maxillaire a montré un **gain osseux** horizontal moyen de 3,2 à 4,1 mm quel que soit le secteur. (95)

Waechter et coll. ont relevé des résultats compris entre 2,0 et 7,33 mm, associé à une perte osseuse moyenne de 1,44 mm post-greffe. (96)

Bien qu'imposant une dextérité importante, cette technique présente des taux de succès entre 96,5 et 100% selon les études et le matériel utilisé. L'avènement des inserts ultrasoniques, très précis, a en effet rendu cette technique plus accessible. (7)

iii. Complications

La revue systématique de Starch-Jensen et coll. a rapporté une **faible fréquence de survenue** des complications techniques et biologiques. Les complications biologiques les plus fréquentes au maxillaire sont la fracture de l'os vestibulaire (7,1%), l'infection légère (4,7%) et l'exposition temporaire du greffon (2,3%). (95)

iv. Limites

L'utilisation de cette technique dans le cadre d'une crête osseuse très fine ou au contraire de corticales très denses augmente le risque de complications, principalement la **fracture du pan osseux mobilisé**, le nombre de cas éligibles à la technique est donc réduit. (7)

Les complications aboutissent à une perte osseuse importante, de laquelle résulte un défaut osseux plus important que celui de la situation initiale. (93)



Les incisions crestale et de décharge ont été réalisées à l'aide de l'insert, visible en haut de l'image. Le pan osseux vestibulaire sera ensuite mobilisé pour obtenir la largeur souhaitée. Notons la différence de densité osseuse et de vascularisation apparente par rapport à l'illustration de la ROG, située au maxillaire (figure 18).

Figure 19 : Photographie clinique d'une expansion de crête mandibulaire par (7)

d) Greffé d'apposition en onlay

i. *Principe*

Cette technique correspond à l'utilisation d'un **bloc osseux** solide, fixé au niveau du site à reconstruire, à l'aide de vis tuteur ou de plaque d'ostéosynthèse en titane. (94)

Elle peut convenir à l'intégralité des défauts osseux que le chirurgien pourra rencontrer. (21)

Il en existe plusieurs variantes, en termes de biomatériau ou encore de préparation du bloc osseux. Le gold-standard correspond à une greffe osseuse d'origine **autogène**, issue d'un prélèvement intra ou extra-oral. Le greffon sera alors retravaillé afin d'obtenir une adaptation la plus parfaite possible au défaut osseux.

Certains fabricants, comme BIOBank® proposent également un **usinage** des blocs osseux, ici allogéniques, à partir des clichés tridimensionnels du patient. (67) (85) Un tel usinage repose sur l'utilisation de la Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur (CFAO). Il permet l'anticipation de la position des éléments de fixation et une adaptation du bloc osseux au défaut à réhabiliter. Le temps de chirurgie et la morbidité du traitement sont ainsi réduits. (85)

La mise en place du greffon osseux doit répondre au principe « PASS », au même titre que pour les autres techniques décrites. Dans ce cas, le maintien de l'espace est assuré par la rigidité du greffon, qui doit cependant être fixé via un dispositif rigide afin de favoriser sa stabilité et celle du caillot.

De plus, le principe d'**angiogenèse** est primordial, il s'agit de favoriser la néovascularisation du greffon au maximum.

Pour ce faire, le choix du type de greffon est fondamental. En effet, on constate une résorption du greffon, et donc une diminution de son volume final, qu'il conviendra d'anticiper lors de la chirurgie. Cette dernière peut atteindre 25% du volume du bloc osseux initial, et sera d'autant plus importante que le greffon contient d'os cortical. (7)

Notons cependant que le taux exact de résorption du greffon n'est pas prévisible. (45)

En effet, plus il est corticalisé et donc dense et peu vascularisé, à l'instar d'un greffon ramique, moins sa résorption initiale sera importante, mais plus sa revascularisation sera difficile, ce qui est à l'origine de la résorption importante qui pourra être observée tardivement. (81)

L'utilisation de **lames osseuses** minces, d'environ 1mm d'épaisseur, issues d'un bloc osseux fendu en deux, associée à un remplissage de l'espace entre les lames et le site osseux par de l'os sous forme particulière, est aussi décrite par certains auteurs. Cette technique permet de limiter la composante corticale du greffon, facilitant sa vascularisation, et réduisant son taux de résorption. Cette technique, dite de **coffrage**, est aujourd'hui largement utilisée.

Pour les défauts osseux de grande et moyenne étendue, l'utilisation de blocs cortico-spongieux pourra être recommandée, puisqu'associant résistance mécanique et cicatrisation facilitée du fait de la structure de l'os spongieux. (69)

La pose implantaire se fait de 4 à 12 mois post-opératoires.

ii. Bénéfices

La revue systématique d'Urban et coll. a mis en évidence un **gain osseux** moyen de 3,46 mm (IC à 95% : [2,71 ;4,22] ; $p < 0,001$), plus important lors de l'utilisation d'un bloc osseux autologue (4,12 mm ; IC à 95% : [3,11 ;5,13] ; $p < 0,001$) qu'allogénique (2,03 mm ; IC à 95% : [1,88 ;2,18] ; $p < 0,001$) dans le sens vertical. (88)

Notons cependant que ce gain osseux est d'autant plus important que le défaut osseux initial est important, ce qui peut éventuellement fausser l'interprétation des résultats ci-dessus.

Au maxillaire, Starch-Jensen et coll. mettent en évidence un gain osseux horizontal de 2,7 à 5,4 mm, avec un greffon autologue. (95) Sanz-Sanchez et coll. reportent un taux de succès de plus de 90% dans les situations les plus favorables, c'est-à-dire d'augmentation horizontale, contre des valeurs comprises entre 59 et 100% pour les augmentations verticales, chez des praticiens expérimentés. (45)

iii. Complications

Cette technique, particulièrement exigeante sur le plan technique, présente un risque de complication de 23,9% (IC à 95% : [11,3% ; 36,6%]), supérieur au risque moyen de l'ensemble des procédures d'augmentations osseuses verticales, qui est de 16,9% (IC à 95% : [12,5% ;21,2%]), selon Urban et coll. (85)

La proportion des complications varie selon les études, et semble être différente en fonction de l'origine autologue ou allogénique du bloc osseux utilisé.

La complication majeure est l'**exposition du greffon**, qui survient entre 1,6% et 14,3% des cas, en lien avec une réouverture de la suture ou à une perforation muqueuse, pouvant aboutir à une infection du site greffé, qui correspond à 0,8% et 13% des cas, et à la perte du greffon. Le greffon peut également être encapsulé par un tissu conjonctif non minéralisé, ce qui implique son absence d'intégration. (45)

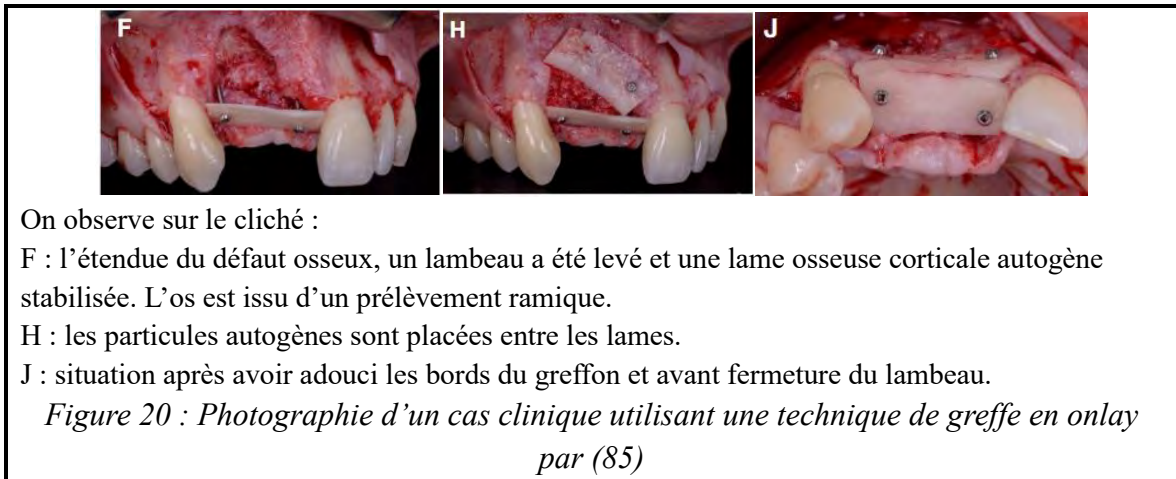
Dans le cas des greffes osseuses autologues, et comme développé plus tôt (cf. partie II)A)1)a)), la morbidité du traitement est augmentée. A titre d'exemple, on observe une dysesthésie labio-mentonnaire dans 13,3 à 50% des cas lors d'un prélèvement symphysaire. (85) (95)

Les risques de douleurs, hématomes, voire de fracture osseuse sont augmentés pour les prélèvements intra-oraux, et le taux d'infection du site donneur relevé est de 2,6%. (45)

iv. Limites

Utilisée avec un bloc osseux autogène, c'est la **disponibilité du greffon** qui représente la plus grande limitation de cette technique. Cette limitation peut cependant être compensée par l'utilisation d'os allogénique. (85)

De plus, la résorption du greffon sera d'autant plus marquée que le défaut osseux à réhabiliter est vertical. (7) (21)



e) Gestion du défaut osseux sous-sinuisien

Introduite par Tatum, la procédure d'élévation de la membrane sinusienne consiste en une élévation de la muqueuse respiratoire, de façon à dégager un espace permettant une augmentation osseuse dans le sens vertical. (97)

On distingue deux grandes techniques :

- La **méthode directe**, qui consiste en un abord par fenêtre **latérale** du sinus maxillaire.
- La **méthode indirecte**, qui consiste en un abord **crestal** du sinus maxillaire.

i. *Elévation du sinus par voie crestale*

(i) *Principe*

Cette technique est utilisée dans les cas nécessitant une **faible reconstruction** osseuse.

La technique la plus répandue a été décrite par Summers, puis modifiée au fil de son utilisation clinique. Elle consiste en l'utilisation séquentielle d'**ostéotomes**, instruments métalliques gradués, de diamètres croissants, introduits par voie crestale à l'aide d'un maillet, permettant la fracture de la corticale osseuse puis l'élévation de la membrane sinusienne jusqu'à la hauteur souhaitée. Un matériau de comblement osseux pourra être mis en place, afin de maintenir la membrane sinusienne soulevée. L'implant est ensuite posé de façon simultanée ou différée.

(ii) *Bénéfices*

La méthode indirecte nécessite une hauteur minimale résiduelle de crête alvéolaire **supérieure à 5 mm**, sous peine de perforation de la membrane. Son succès dépend entre autres du respect de ce paramètre. S'il est respecté, le taux de succès pourra avoisiner celui d'une technique d'implantation sans augmentation osseuse. (7) (13) (97)

Les différentes études mettent en évidence des taux de survie implantaire s'élevant de 92,7 à 97,2%. (98)

Elle permet ainsi le placement d'implants de longueur standard, selon une technique moins invasive et moins onéreuse qu'un abord latéral. (94)

(iii) *Complications*

Le taux d'échecs annuel de cette technique s'élève à 2,5%. (98)

La complication la plus fréquente est la **perforation** de la membrane de Schneider, survenant en moyenne dans 3,8% des cas, pouvant être suivie dans les 2 semaines d'une migration du biomatériau de comblement dans le sinus, qui se manifeste dans 0,8% des cas.

La gestion de cette complication dépend de l'étendue de la perforation et de la possibilité de fusée de la greffe osseuse dans la cavité sinusienne. Si la perforation est conséquente, une chirurgie par abord latéral pourra être nécessaire afin de suturer la membrane sinusienne et d'éviter l'échappement de la greffe. Dans tous les cas, l'implant sera posé après 4 semaines de cicatrisation au plus tôt. Seuls les cas de petite perforation, avec une possibilité de stabilité primaire sans greffe osseuse peuvent permettre une pose implantaire simultanée. (7)



L'image D, montre la technique que de condensation osseuse avec ostéotome et maillet
Sur l'image E, l'ostéotome est placé à la hauteur osseuse désirée, ici 8 mm.

Figure 21 : Photographies cliniques d'un soulèvement de sinus par voie crestale (98)

ii. *Soulevé sinusien par abord latéral ou sinus lift par voie latérale*

(i) *Principe*

Cette technique, dont les taux de succès sont très élevés, peut s'utiliser pour restaurer tous les types de défauts que l'on peut rencontrer sous le sinus maxillaire. (21)

Il sera souvent nécessaire de combiner cette technique à une augmentation osseuse crestale, qui sera guidée par le type de défaut crestal.

Un décollement de la muqueuse de la face antéro-latérale du maxillaire est d'abord pratiqué, puis, une fenêtre osseuse est réalisée au niveau de la paroi latérale du sinus, donnant accès à la membrane de Schneider, qui sera décollée dans sa partie inférieure. Un comblement osseux est ensuite généralement réalisé, suivi ou non de la pose des implants dans le même temps opératoire, selon la possibilité ou non d'obtenir une stabilité primaire des implants. (7) (13)

La pose différée d'implants ne sera alors envisageable qu'à 4 à 6 mois post-opératoires, une fois la cicatrisation osseuse obtenue. (7)

Notons que l'utilisation d'un substitut osseux sous forme de particules est recommandée par de nombreux auteurs, car plus aisée techniquement. (94)

(ii) *Bénéfices*

Les diverses études menées ont utilisé de l'os autogène seul, ou différents types de substituts osseux, combinés ou non avec de l'os autogène, aboutissant à des résultats comparables en termes de taux de réussite de la greffe et de stabilité des implants.

Le gain osseux moyen obtenu est très hétérogène selon les études. Dans la revue systématique de Lie et coll., il oscille entre 4,85 mm et 14,40 mm. Ces derniers relèvent un taux de survie implantaire à 6 mois compris entre 97,92% et 98,73% respectivement sans

ou avec greffe osseuse composite, aucune différence statistiquement significative n'ayant cependant été mise en évidence. (62)

Dans leur étude Molina et coll. rappellent l'absence de différence statistiquement significative entre les taux de survie des implants placés à la suite d'un soulèvement de sinus par voie latérale associés ou non à une greffe osseuse, atteignant 94 à 99,6%. (98)

Certaines études annoncent un taux de succès atteignant 98,3% à 3 ans post-greffe. (7)

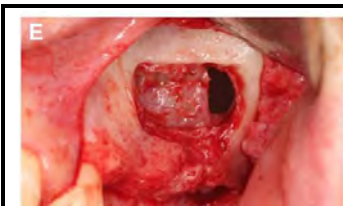
La réalisation de ces techniques d'élévation sinusienne étant associée à un environnement osseux multi-parois, favorable à la régénération osseuse, elle présente donc des taux de succès importants. (21) Ces forts taux de succès dépendent également du potentiel ostéogénique inné de la membrane sinusienne, associé à la présence des cellules du périoste et à la formation du caillot sanguin. (99)

(iii) Complications

La membrane sinusienne pouvant être très fine, 1 mm en moyenne en l'absence de pathologie, sa manipulation comporte un risque de **perforation iatrogène**, qui survient en moyenne dans 20 à 25% des cas. (98) Le chirurgien peut la gérer par suture si la membrane est suffisamment épaisse ; décollement et pliure dans le cas de faible perforation ; ou par la mise en place d'une membrane résorbable. Si le chirurgien parvient à réparer la perforation, le biomatériau de comblement pourra alors être placé.

Dans leur revue de la littérature, Viña-Almunia et coll. mettent en évidence un taux de survie implantaire diminué en moyenne, atteignant les 88,6% lorsqu'une perforation de la membrane a eu lieu. (100) Cependant, lorsque la perforation est réparée, cette dernière n'impacte ni la survenue de complication, ni la survie implantaire.

Le taux de complications est compris entre 0 et 22% selon les études. La complication majeure correspond à une **infection** du site à réhabiliter, imposant la dépose de la greffe, et le lavement de la cavité sinusienne avec une solution antiseptique, associée à une antibiothérapie, suivie, à 2 ou 3 semaines minimum d'une reprise de la greffe. (7) (101)



Cette photographie illustre la perforation d'une membrane sinusienne lors d'une procédure de sinus lift par voie latérale. Cette dernière a été gérée par la mise en place de membranes résorbables. Le placement de substituts osseux et des implants a pu être réalisé en per-opératoire.

Figure 22 : Photographie clinique d'un abord sinusien par voie latérale (98)

iii. Limites

Les techniques d'augmentation osseuse sous-sinusiennes présentent, en plus des contre-indications générales communes à toutes ces chirurgies, des contre-indications locales qu'il convient d'identifier au préalable. (7)

Lors du recueil des antécédents médicaux du patient, une pathologie naso-sinusienne chez le patient devra impérativement être recherchée, et une consultation spécialisée ou un avis du médecin Oto-Rhino-Laryngologiste (ORL) devront être demandés. (101)

La condition indispensable à la réalisation de cette chirurgie est en effet la validation de l'intégrité du sinus et notamment la perméabilité du méat moyen par ce dernier. (7) (15)

La Société française d'Oto-Rhino-Laryngologie et de Chirurgie de la Face et du Cou (SFORL) recommande un examen de la totalité des cavités naso-sinusiennes en cas d'antécédent de pathologie ou de signes fonctionnels objectivés lors du bilan pré-implantaire. Dans tous les cas, une imagerie tomographie volumique à faisceau conique (CBCT), dont le champ d'acquisition englobe au moins la totalité des deux sinus maxillaires est nécessaire à l'analyse de l'anatomie sinusienne et à la mise en évidence d'une éventuelle pathologie sinusienne. (101)

La difficulté à décoller la membrane sinusienne, et donc le risque de perforation lors de la chirurgie pourra être anticipée par l'analyse de l'imagerie. En effet, plus le plancher sinusien apparaît corticalisé, et plus la membrane de Schneider apparaît épaisse, plus la probabilité d'un décollement relativement aisé augmente. (7) La présence des cloisons de Refend, chez 33 à 58% des patients, complique également ce décollement, l'exploration CBCT permettra de les cartographier. (101)

4) Impact de l'orientation du défaut osseux sur la réhabilitation

a) Défaut osseux à prédominance horizontale

Selon l'importance du volume osseux à réhabiliter, le clinicien possède différentes techniques pour la gestion des défauts osseux horizontaux, comme l'expansion de crête et la ROG avec des membranes résorbables, ou non résorbables renforcées de titane, l'utilisation de blocs osseux ou une combinaison de blocs et de ROG. (10) (21)

Comme vu précédemment, les situations les plus favorables sont celles qui présentent le plus de parois osseuses, donc les défauts osseux à deux ou trois parois.

Dans les cas plus complexes de défaut à une seule paroi, concernant le plus souvent des crêtes édentées de longue date et atrophiques, la technique par onlay associée à une membrane est recommandée. Une alternative est cependant de plus en plus utilisée, il s'agit de la « sausage technique », qui correspond à l'utilisation de particules d'os autogène et de substitut osseux xénogénique, recouvertes d'une membrane collagénique pinsée. (76)

b) Défaut osseux à prédominance verticale

Ils représentent le type d'augmentation osseuse la plus **complexe et exigeante** à réaliser, en raison de la situation globale autour du défaut osseux, ne présentant qu'une unique paroi. La surface de contact osseuse réduite avec le biomatériau de greffe, la nécessité de stabilisation du greffon et la gestion plus difficile des tissus mous environnants entraînent l'augmentation de volume osseux global plus difficile à obtenir que pour les défauts exclusivement horizontaux. (21)

Les techniques privilégiées seront la greffe en onlay, associée ou non à une membrane résorbable ou à des systèmes de stabilisation, telles que les membranes renforcées en titane non résorbables, ou les vis de fixation ou de positionnement (selon la technique du poteau-tente). (7)

c) Défaut osseux combiné

Dans le cas où le défaut osseux n'est pas en zone esthétique, le traitement d'un défaut osseux vertical léger n'est généralement pas nécessaire, la présence de parois adjacentes au défaut osseux assurant le maintien des tissus mous. Dans le cas contraire, le traitement est généralement dicté par le défaut vertical, plus complexe à réhabiliter. (21)

Le nombre de techniques d'augmentation osseuse et d'adaptations possibles de chacune d'elles, de biomatériaux et d'instruments chirurgicaux utilisables pour les mettre en œuvre illustre bien l'infinité de configurations cliniques auxquelles le chirurgien peut être confronté, et la singularité de chaque cas clinique. Ainsi, le choix de la technique dépend de nombreux éléments, parmi lesquels la morphologie du défaut osseux, l'espace prothétiquement utilisable, les rapports anatomiques de la greffe avec les structures à risque, mais aussi les possibilités financières du patient, le refus de l'utilisation de certains greffons en fonction de leur origine etc.

Enfin, le chirurgien devra également prendre en compte ses aptitudes, et préférer une technique qu'il maîtrise. (81)

Dans les cas où la pose d'implants est différée, cette dernière est programmée une fois l'augmentation osseuse réussie et la cicatrisation obtenue, et ce, selon le projet prothétique initial, qui doit prendre en compte les spécificités de l'os environnant.

5) Les spécificités de l'os greffé

L'ITI, lors de sa 6^{ème} conférence de consensus, réaffirme la **haute prévisibilité** de l'utilisation des chirurgies d'augmentation osseuse à visée implantaire, qui assurent taux de survie implantaire élevé et stabilité du volume osseux obtenu. (12)

Le positionnement de l'implant après une greffe osseuse se fait généralement après une période cicatrisation, variable en fonction du site greffé. La pose implantaire concomitante à la chirurgie d'augmentation osseuse est cependant recommandée par de nombreux auteurs, dans le cas où l'obtention d'une stabilité primaire suffisante est possible grâce à la quantité et la qualité de l'os alvéolaire résiduel.

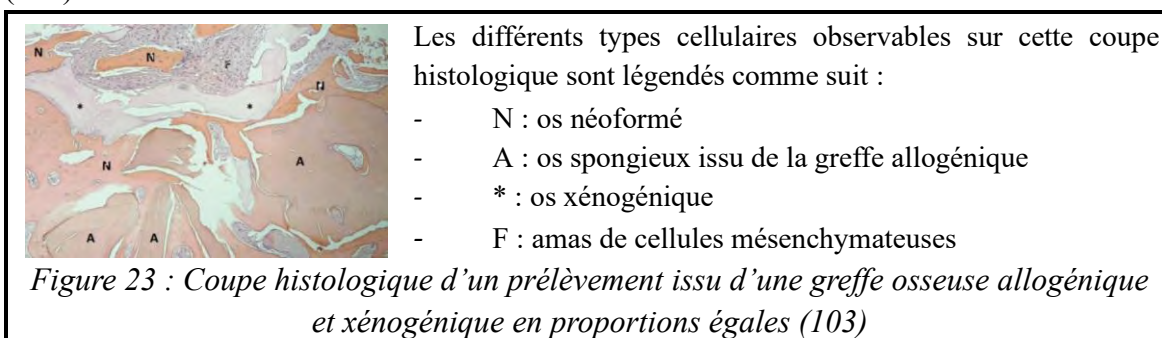
La revue systématique de Clementini et coll. tend à conclure que, malgré la résorption du greffon osseux après son placement, la mise en place différée de l'implant permet d'en améliorer la stabilité, ainsi que la prédictibilité de certaines techniques. (102)

En effet, comme décrit précédemment (cf. partie II)A3)), la cicatrisation osseuse permet une revascularisation du greffon et sa maturation en un os lamellaire, dont les caractéristiques se rapprochent de celle d'un os natif, non greffé.

Cependant, des différences avec ce dernier sont notables et peuvent influencer le succès du traitement. L'implant mis en place dans un os greffé, sera, à la différence d'un implant posé dans de l'os natif, au contact d'os particules d'os greffé non encore remodelé associé à de l'os néoformé immature, de cellules mésenchymateuses, fibroblastiques, et parfois de cellules inflammatoires résiduelles. (103)

L'étude histologique de Galindo-Moreno et coll. menée sur des biopsies d'os greffé xénogénique ou allogénique associé à de l'os autologue, a confirmé la présence de particules

de substitut osseux non remodelé à 6 mois de cicatrisation, d'autant plus pour les sites greffés avec de l'os xénogénique, présentant une résorption plus lente que celle des allogreffes. (104)



De la même façon, l'étude par micro-CT (microcomputed tomography) de Huang et coll., permettant une analyse de la micro-architecture tridimensionnelle d'échantillons osseux via une source de rayons X à faisceau conique, suggère qu'après 4 à 5 mois de cicatrisation, la structure trabéculaire d'un os greffé autogène n'est pas identique à celle de l'os natif, mais présente des trabécules plus fines et plus déconnectées. (105)

Par ailleurs, à l'instar de l'os natif, la qualité osseuse obtenue avec de l'os greffé n'est pas identique sur tous les sites et chez tous les patients. Elle dépend notamment du type de greffon choisi, de sa composition en os spongieux et cortical, de sa formulation en bloc ou en particules, de sa densité, de la taille des pores qui le composent le cas échéant, de la vitesse de résorption qui lui est associée, et de sa capacité à être colonisé par les **néovaisseaux**, mais aussi de son **environnement** osseux et muqueux, et de l'apport vasculaire et en cellules ostéoprogénitrices dont pourra bénéficier le greffon.

En outre, l'os dans lequel est placé l'implant aura un impact sur sa stabilité primaire, son ostéointégration, et sa pérennité. (11) (43) (56) (106) (107)

Ainsi, lors de l'élaboration du plan de traitement, le chirurgien devra choisir l'origine et les caractéristiques du greffon les plus adaptées à l'ensemble de la situation clinique.

De plus, Huang et son équipe ont estimé la stabilité implantaire grâce à une analyse par fréquence de résonance à l'aide d'un appareil électronique, l'Osstell®. Il émet une onde électromagnétique entraînant la vibration de l'implant et de l'os adjacent. La résistance aux vibrations appliquées sur l'implant placé dans l'os est alors mesurée, et le résultat est exprimé en un quotient de stabilité de l'implant (ISQ), exprimé de 1 à 100. Plus ce dernier est élevé et plus la résilience du couple os-implant est élevée. (108)

Leur étude a mis en lumière une diminution statistiquement significative de l'ISQ mesuré à la pose d'un implant dans un os greffé, comparativement à la même mesure dans de l'os natif. Aucune différence n'a cependant pu être mise en évidence par cette équipe lors de la mesure de la stabilité secondaire de l'implant. (109) Le chirurgien pourra en tenir compte et mettre en place certaines des stratégies à sa disposition pour améliorer la stabilité implantaire, comme l'augmentation de la longueur et du diamètre implantaires. (43) (110)

Malgré l'hétérogénéité importante des études exploitées par le groupe de travail 4 pour la 6^{ème} conférence de consensus de l'ITI, les auteurs ont pu conclure à la faible prévalence des péri-implantites et des échecs implantaires sur le long terme, aussi bien pour les implants posés dans de l'os greffé que dans de l'os natif, ne nécessitant pas d'augmentation osseuse. La revue systématique exploitée n'a effectivement pas permis de mettre en évidence de différence de prévalence moyenne statistiquement significative entre les différents sites, greffés ou non.

Pour un suivi moyen de 11 ans, on diagnostique une péri-implantite de 17,8% des implants dans les sites greffés (IC à 95% : [0% ; 37%]) contre 10,3% (IC à 95% : [4% ; 17%]) dans les sites natifs. Nous remarquerons la plus grande variabilité de survenue des péri-implantites dans les sites greffés, témoignant de leur moins grande prévisibilité.

Notons cependant que la péri-implantite n'est pas synonyme de perte implantaire, dont la prévalence reste faible, respectivement 3,6% (IC à 95% : [0% ; 8%]) dans de l'os greffé et 2,5% (IC à 95% : [1% ; 4%]) dans de l'os natif. (12)

6) *L'importance du bilan radiographique*

Compte tenu de l'anatomie maxillo-mandibulaire, de la physiologie osseuse et de sa résorption en l'absence d'organe dentaire, des mécanismes de l'ostéointégration, des conditions de la santé péri-implantaire, ainsi que des différentes techniques d'augmentation osseuse lorsqu'elles sont nécessaires, on comprend le caractère indispensable d'une imagerie de qualité dans la planification du traitement implanto-prothétique.

Après la réalisation obligatoire d'un cliché en deux dimensions, le plus souvent un orthopantomogramme permettant une première analyse globale des structures dento-alvéolaires et vasculo-nerveuses, une imagerie tridimensionnelle est réalisée. Elle permet la réalisation d'une analyse volumique de la morphologie des crêtes osseuses et coupe par coupe, selon les trois sens de l'espace, sans distorsion du volume, avec une échelle 1.

On l'utilisera à toutes les étapes du traitement. Il permet notamment l'étude de la morphologie du **défait osseux** et de son environnement, la réalisation des **planifications implantaires** afin d'anticiper la nécessité d'une greffe osseuse à visée implantaire et de planifier la technique chirurgicale la plus appropriée.

Il permet ensuite de suivre la cicatrisation des **chirurgies d'augmentation osseuse** et enfin de concevoir des **guides chirurgicaux** pour permettre une pose implantaire dans l'axe choisi lors de la planification ou de servir de support à la chirurgie guidée par ordinateur, comme le propose le système X-Guide®. (46) (76) (111)

La Haute Autorité de Santé recommande la réalisation d'un CBCT, moins irradiant que le scanner médical classique. La connaissance des grands principes de la radiologie est nécessaire, afin d'assurer la plus faible exposition possible du patient, selon le **principe ALADAIP** (As Low As Diagnostically Achievable Being Indication-oriented and Patient-specific), qui encourage à optimiser la dose de rayonnements ionisants reçue par le patient, afin d'obtenir une qualité d'imagerie satisfaisante pour une dose délivrée la plus faible possible. (112)

B) Facteurs d'influence des chirurgies d'augmentation osseuse à visée implantaire

Au regard des différents principes évoqués dans ce travail, on comprend que les chirurgies d'augmentation osseuse présentent, comme tout acte médical, une **morbidity** propre, influencée par de très nombreux facteurs. Il est du devoir du chirurgien de les **connaître**, d'informer son patient quant à la possibilité de complications associées à l'acte chirurgical, et d'être à même de les **anticiper** et de tendre vers la **réduction** des **facteurs d'échec**.

Il s'agit donc de limiter le plus possible la résorption du greffon, qui constitue le principal échec à court, moyen, et long terme. (15)

1) En lien avec la chirurgie

Certains facteurs liés à l'échec de ces greffes peuvent être réduits lors de la phase chirurgicale.

Un respect strict des règles d'**asepsie** est de mise. En effet, la chirurgie se doit d'être « propre ». Le greffon osseux et les instruments doivent être stériles, et maintenus stériles jusqu'à la fin de l'intervention.

L'équipe de chirurgie devra respecter un lavage chirurgical des mains, et utiliser des gants stériles, puis adopter une gestuelle d'asepsie, qui correspond à l'absence totale de contact avec un élément non stérile au cours de la chirurgie.

Le patient pourra réaliser un bain de bouche antiseptique puis le nettoyage péri-buccal et de la zone à greffer seront réalisés, afin de diminuer la charge microbienne de sa cavité buccale, inexorablement septique. Un drapage du patient avec un champ stérile pourra être recommandé. (7) (45) (113)

Les recommandations de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé (AFSSAPS, nouvellement ANSM) de 2011 indiquent l'utilisation d'une antibioprophylaxie pour « l'élévation du plancher sinusien avec ou sans matériau de comblement, les greffes osseuses en onlay et l'utilisation de membrane de régénération osseuse ou de matériau de comblement ». (114) Une application topique d'antiseptique est ensuite généralement recommandée pendant une à deux semaines ou jusqu'au retrait complet des points. (45)

De plus, l'**encapsulation fibreuse** et l'**infection** du greffon sont des complications connues. La diminution du stress fonctionnel lors de la phase d'intégration du greffon peut permettre d'en réduire le risque. Il convient alors de s'assurer de la **stabilité** du greffon.

Les **sutures** réalisées à la fin de la chirurgie, tout comme le tracé d'incision permettant l'accès à la zone à greffer et l'éventuel décollement du périoste, s'il est nécessaire, sont décisifs dans la réussite de la chirurgie. En effet, la réalisation de sutures hermétiques et sans tension permet l'obtention d'une fermeture primaire de la plaie et l'absence de colonisation bactérienne du greffon durant son incorporation, diminuant ainsi le risque d'infection. Elle devra également permettre une bonne vascularisation du lambeau, afin d'en éviter la nécrose par ischémie. (45)

2) En lien avec les caractéristiques propres au patient

Les différents auteurs s'accordent à dire que la **sélection rigoureuse des patients** est un point crucial dans le succès de la chirurgie d'augmentation osseuse à visée implantaire.

Avant toute chirurgie, il convient de réduire au minimum les facteurs de risque propres au patient.

L'EDI, lors de sa 7^{ème} conférence de consensus européen, en 2012, a mis au point des recommandations, sous forme de score, afin d'évaluer le risque du plan de traitement implanto-prothétique envisagé, pour un patient donné. Revu en 2022, ce score ABC permet au clinicien d'avoir des lignes directrices permettant de limiter les complications. (16)

Le groupe de travail précise qu'au vu des études disponibles dans la littérature, ces recommandations correspondent à un niveau de preuve de grade B « présomption scientifique » selon la HAS. (115)

Ce score se compose de quatre sous parties : Anamnèse (partie 1), A l'échelle locale (partie 2), Chirurgicale (partie 3), Prothétique (partie 4).

Chaque sous partie contient des paramètres à évaluer. Selon la catégorie dans laquelle se trouve le patient, une couleur, associée à un score est attribuée.

Ainsi, la couleur verte correspond à un score A comme « Always », associé au risque le plus faible de complication ; la couleur jaune au score B comme « Between », associé à un risque moyen ; la couleur orange au score C comme « Complex » associé à un risque accru de complication et la couleur rouge indiquant que le traitement n'est pas recommandé pour cette caractéristique donnée. Un score de sous partie est attribué au patient, puis un score final pour l'ensemble du traitement (cf. Annexe 2). On retiendra notamment : (16)

- **Dans la partie 1** : pour évaluer la santé du patient, l'EDI propose de s'appuyer sur la classification proposée par l'ASA (American Society of Anesthesiologists). Ainsi, un patient en bonne santé, non-fumeur, ne présentant aucune addiction (ASA1) ou présentant une maladie systémique légère (ASA2) se verra attribuer un score A, un patient avec une maladie systémique grave comme un diabète sucré insulino-dépendant ou une obésité morbide (ASA3), un score B. Les patients présentant des atteintes plus sévères (ASA 4, 5 ou 6) auront un score C. (116)

Le consensus de Cologne réaffirme notamment l'impact de l'équilibre du diabète, de la consommation de tabac et d'une affection parodontale active sur le risque de complication du traitement implantaire. (7) (117) De la même façon, une irradiation cervico-faciale ou la prise de médicaments anti-résorbeurs osseux peuvent compliquer voire contre-indiquer le traitement. (44) (118)

- **Dans la partie 2** : l'EDI considère qu'une hygiène orale inappropriée est un risque accru de complication pour le traitement implantaire. La qualité et la quantité des tissus mous, ou encore la classification CCARD du défaut osseux seront autant de facteurs d'influence à prendre en compte dans le succès de la thérapeutique.
- **Dans la partie chirurgie** : rappelons que la réalisation d'une procédure d'augmentation osseuse, en particulier si elle a une composante verticale, ou si elle implique un gain osseux de plus de 4 mm, représente une thérapeutique globale plus à risque de complication, en raison de la morbidité de la chirurgie nécessaire.

3) Incorporation et maintien du greffon

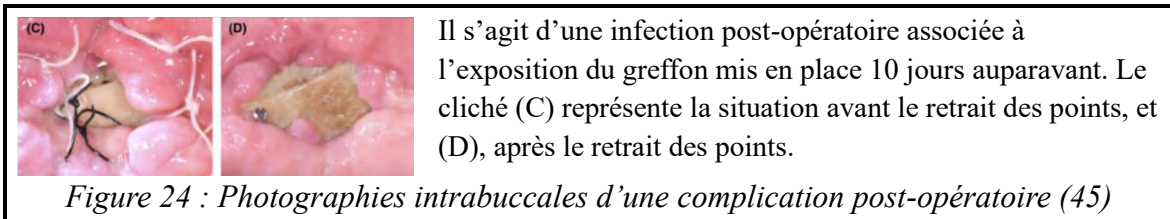
L'**exposition du greffon** à la suite d'une déhiscence des tissus mous est l'une des complications fréquentes pouvant mener à une infection, voire à la perte du greffon. Elle peut survenir à n'importe quelle étape du plan de traitement, de la chirurgie d'augmentation osseuse à la mise en charge de l'implant, et peut être plus ou moins étendue. Son incidence varie entre 0 et 70% en fonction de la technique chirurgicale et du type de défaut osseux à réhabiliter.

La conduite à tenir diffèrera en fonction de l'étendue de l'exposition du greffon et de la survenue ou non d'un évènement infectieux aigu associé.

Une légère **exposition** du greffon peut survenir dans les premiers jours voire dans le premier mois suivant la chirurgie. Elle est souvent liée à la qualité ou au choix du type de suture.

L'application d'une pression importante sur les tissus mous lors de leur cicatrisation peut également mener à une exposition du greffon. Cette dernière peut être causée par le port d'une prothèse amovible par exemple.

L'apparition d'un évènement **infectieux** associé peut être lié à une contamination per-opératoire, en lien avec une faute d'asepsie, ou secondaire en lien avec une perte de l'herméticité des sutures. Dans de rares cas, il peut également être imputé à un défaut de vascularisation du greffon ou à des micromouvements de ce dernier. (45)



C) Conclusion de la deuxième partie

La réalisation d'une chirurgie d'augmentation osseuse par le chirurgien lui impose de choisir la technique la plus adaptée à la situation globale de son patient.

Ce choix repose sur les avantages, complications et limites propres à chaque technique, plus ou moins adaptée aux situations cliniques, en fonction du site osseux à réhabiliter, de son étendue, de sa vascularisation ou encore de son accessibilité. Ce choix dépendra également de la maîtrise de la technique par le chirurgien.

A chaque étape du traitement, ce dernier dispose de l'imagerie par CBCT, qu'il devra utiliser de façon à optimiser la dose de rayonnements ionisants reçue par le patient.

Pour chaque technique, le praticien envisagera les biomatériaux à utiliser en fonction, entre autres, de leur facilité d'utilisation ou de leurs propriétés mécaniques et biologiques.

Si cette chirurgie se solde par l'impossibilité de mise en place de l'implant selon le plan de traitement programmé, on aboutit à un échec de greffe.

Ce dernier peut être lié à une erreur de protocole à un ou plusieurs niveaux : la sélection à tort du patient, une mauvaise appréciation de la situation clinique conduisant à un mauvais choix de technique opératoire ou de biomatériau, ou lors de la réalisation de l'acte technique.

On citera notamment un mauvais choix de sutures, une pression traumatique appliquée au

greffon lors de sa cicatrisation, ou la survenue de tout autre évènement menant à la cicatrisation non optimale du greffon et ainsi à sa mauvaise revascularisation, sa résorption importante ou son infection.

III) Etude observationnelle

A) Matériels et méthodes

La **population source** de cette étude descriptive correspondait aux patients ayant bénéficié d'une chirurgie d'augmentation osseuse à visée implantaire entre le 2 janvier 2020 et 31 mai 2023, au service de chirurgie orale du CHU de Toulouse.

Elle a été constituée, d'une part, à partir des cotations issues de la Classification Commune Des Actes Médicaux (CCAM) de l'Assurance Maladie, renseignées dans les dossiers médicaux des patients, enregistrés dans le logiciel ODS®.

Les codes suivants ont été recherchés :

- HBBA002 : Ostéoplastie additive de l'arcade alvéolaire sur un secteur de 1 à 3 dents,
- HBBA003 : Ostéoplastie additive de l'arcade alvéolaire sur un secteur de 4 à 6 dents,
- HBBA004 : Ostéoplastie additive de l'arcade alvéolaire sur un secteur de 7 dents ou plus,
- GBBA002 : Comblement pré-implantaire sous-muqueux unilatéral du sinus maxillaire,
- GBBA364 : Comblement pré-implantaire sous-muqueux bilatéral du sinus maxillaire,
- HBMA004 : Greffe osseuse autogène,
- LBPA034 : Ostéotomie segmentaire antérieure pré-implantaire ou pré-prothétique de la mandibule avec interposition, par abord intrabuccal,
- YYYYY041 : Supplément pour récupération peropératoire de sang,
- Les codes Hors Nomenclature (HN) ou autres codes CCAM présentant les mots clefs « greffe », « osseux » ou « osseuse ».

D'autre part, l'agenda des chirurgies réalisées dans les blocs opératoires 1, 2 et 3 du service de chirurgie orale du CHU de Toulouse a été utilisé.

Cette étude a fait l'objet d'un enregistrement auprès de la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL) et respecte la méthodologie de référence MR-004.

Ont été inclus, les sujets :

- Ayant bénéficié d'une chirurgie d'augmentation osseuse à visée implantaire. Les techniques concernées étaient la régénération osseuse guidée, l'expansion de crête, le soulèvement de sinus par voie latérale ou par voie crestale et la greffe d'apposition ;
- Ayant bénéficié d'un CBCT entre 4 et 6 mois post-opératoires au sein du service de chirurgie orale du CHU de Toulouse, visualisable sur le logiciel CS 3D Imaging® ;

- Âgés de plus de 18 ans lors de la réalisation de la greffe ;
- Pour lesquels nous avons obtenu la non-opposition pour participer à l'étude ;
- En capacité de recevoir l'information sur le déroulé de l'étude.

N'ont pas été inclus, les sujets :

- Ayant reçu une greffe osseuse en vue de la mise en place d'implants zygomatiques ;
- Ayant reçu des greffes osseuses pour une autre indication que l'implantologie ;
- Ayant reçu une greffe osseuse per-implantaire uniquement en vue du comblement d'un gap osseux, ou de déhiscences ;
- Pour lesquels aucune information concernant le type de chirurgie osseuse réalisé n'était renseignée dans le dossier médical ODS®.

Pour tous les sujets, l'indication chirurgicale était posée après une consultation préalable par un chirurgien, et associée à l'analyse d'une imagerie tridimensionnelle réalisée ou non au sein du CHU.

Toutes les chirurgies étaient ensuite réalisées par des praticiens d'expérience variable, rattachés au service, dans les salles de chirurgie du service de chirurgie orale du CHU de Toulouse.

Si la chirurgie d'augmentation osseuse le permettait, l'implant était posé, et un CBCT était réalisé après une période de 4 à 6 mois afin de s'assurer de sa bonne ostéointégration.

Dans les cas où la pose implantaire différée était souhaitable, une période de cicatrisation était respectée avant leur mise en place.

Dans ce cas, un CBCT post-opératoire était réalisé, le plus souvent à 4 à 6 mois de la chirurgie, afin d'évaluer le volume osseux obtenu, et de réaliser la planification implantaire si le volume osseux obtenu le permettait.

Le **critère de jugement principal**, permettant l'évaluation du succès des chirurgies d'augmentation osseuse réalisées au sein du service de chirurgie orale du CHU de Toulouse, reposait sur l'évaluation de la possibilité de mise en place d'un implant « standard » selon les critères de placement implantaires décrits dans la littérature, dans un volume osseux obtenu grâce à une chirurgie d'augmentation osseuse correspondant aux critères d'inclusion.

Le **succès de la greffe** a ici été défini par l'obtention d'une des deux situations suivantes à la suite de la greffe :

- Possibilité de pose d'un implant « standard » dans le volume osseux post-greffe, sans ROG de support¹,
- Possibilité de pose d'un implant « standard » dans le volume osseux post-greffe, avec ROG de support.

Le tout dans le respect des critères de placement décrits dans la littérature.

¹ La ROG de support correspondait ici à un apport osseux particulière de faible étendue, réalisé lors de la mise en place implantaire, afin d'améliorer l'environnement osseux de l'implant posé de façon différée après une chirurgie d'augmentation osseuse correspondant aux critères d'inclusion (régénération osseuse guidée, expansion de crête, soulevé de sinus par voie latérale ou par voie crestale ou greffe d'apposition).

Seule l'impossibilité de pose d'un implant « standard » dans le volume osseux post-greffe obtenu a été considérée comme un échec. En effet, cela contre-indiquait la pose implantaire selon les critères de placement implantaires décrits dans la littérature, imposant une reprise de greffe.

Le **recueil des données** a été mené entre janvier 2023 et février 2024.

Les **données** de chaque **patient** ont été collectées à partir des informations renseignées dans leur dossier médical ODS®. Toutes les données disponibles concernant la greffe ont également été relevées, permettant un recueil de données de 4 à 41 mois post-greffe.

La récupération des **CBCT pré-opératoires**, lorsqu'ils existaient a été permise grâce au logiciel CS 3D Imaging®, afin de rassembler des informations sur le type défaut osseux de chaque sujet et de le classer selon la CCARD.

Proposée par l'EDI, cette classification distingue les défauts osseux selon leur orientation (défaut horizontal, vertical, combiné ou sous-sinusien), l'importance de la reconstruction osseuse nécessaire (<4mm, entre 4 et 8mm ou >8mm), et selon leur environnement (entouré de parois osseuses, c'est-à-dire « dans le contour de la crête osseuse » ou au contraire en dehors de celle-ci).

Les **CBCT post-opératoires** ont été récupérés sur le logiciel CS 3D Imaging® puis, le cas échéant, transférés sous forme de fichier DICOM sur le logiciel BlueSkyPlan® de façon à réaliser une planification selon les principes de placement implantaire rappelés ci-dessous.

Un implant « standard » était ici considéré comme ayant une longueur de plus de 8 mm et un diamètre d'au moins 3,75 mm.

Le placement implantaire a respecté une pose d'implant dans un axe guidé par la future restauration prothétique, et l'obtention d'un environnement osseux et muqueux satisfaisant.

Pour ce faire, il a été réalisé comme suit :

- Dans le sens mésio-distal : à 1,5 à 2 mm d'une dent adjacente, ou à 3 mm du col d'un implant adjacent.
- Dans le sens sagittal : à au moins 1 mm des tables osseuses vestibulaire et linguale/palatine voire 2 mm en vestibulaire dans le secteur esthétique.

De plus, pour les prothèses fixes transvissées, l'émergence du puits de la vis sur la couronne a été situé au centre de la face occlusale dans les secteurs postérieurs, et au niveau du cingulum dans le secteur antérieur.

- Dans le sens corono-apical : une zone de sécurité de 2mm a été respectée vis-à-vis des structures anatomiques à risque.

Les **facteurs relevés** correspondant à l'objectif principal² étaient les suivants :

- Possibilité de pose implantaire avec ROG de support
 - Possibilité de pose implantaire sans ROG de support
 - Greffe à reprendre : échec de la greffe.
- } Succès de la greffe

L'ensemble des facteurs secondaires relevés, potentiels facteurs de confusion, ont été résumés et classés selon le code couleur et les catégories suivantes :

Relatifs au patient	Age, sexe, comorbidité, code CIM-10, présence d'une affection de la cavité buccale, traitement, prothèse articulaire, allergie, tabac, antibiotique prescrit en prémédication.
Relatifs à l'édentement	Cause de l'édentement (lésion carieuse, agénésie, parodontopathie, traumatisme), secteur concerné par l'édentement, caractéristiques de l'édentement (terminal ou encastré), étendue de l'édentement (unitaire, ≤ 3 dents, > 3 dents), défaut osseux sous-sinusien, classification du défaut osseux, greffe de 1 ^{ère} intention, reprise de greffe.
Relatifs à la technique de greffe	Technique de greffe, origine du biomatériau osseux, utilisation d'un dispositif de maintien (clous, espaceur, plaque d'ostéosynthèse), présentation du biomatériau (poudre, bloc CS, lame, plaquette), utilisation de PRF® (associé à de l'os, appelé Sticky bone® ou sous forme de membrane), utilisation d'une membrane, greffe per-implantaire, prescription d'une prémédication.
Relatifs au succès de la greffe	Survenue d'une complication de la greffe.

La base de données a été établie sur Microsoft Excel®.

Les **analyses statistiques** bivariées ont été menées à l'aide du logiciel Stata v.13.0 ®.

Lors de l'analyse statistique, les données collectées ont été comparées entre les groupes suivants :

- **Groupe « implantable »** (possibilité de pose implantaire, et donc succès de greffe) *contre* **groupe « non implantable »** (impossibilité de pose implantaire, et donc échec de greffe)
- En fonction du type d'antibiotique prescrit en prémédication : « Amoxicilline », « Clindamycine », « Cycline » ou « Pristinamycine ».
- En fonction du biomatériau de greffe : « Utilisation d'os d'origine allogénique seul » et « Utilisation d'os allogénique et autogène associés » *contre* « Utilisation d'os xénogénique seul » et « Utilisation d'os xénogénique et allogénique associés »
- « Présence de comorbidité(s) » *contre* « Absence de comorbidité »
- « Combinaison des techniques de greffe » *contre* « Unique technique de greffe utilisée »

² Pour rappel, l'objectif principal de cette étude était d'évaluer le succès des chirurgies d'augmentation osseuse réalisées au sein du service de chirurgie orale du CHU de Toulouse.

Les variables relevées dans cette étude étaient quantitatives (âge) et qualitatives (toutes les autres variables décrites) :

- L'indépendance entre deux variables qualitatives a été testée à l'aide d'un test exact de Fischer.
- L'indépendance entre variable qualitative et quantitative a été testée à l'aide d'un test de Mann-Whitney.

Les données manquantes ont été matérialisées par des cases vides.

Les résultats pour chaque variable ont été exprimés en estimant la valeur de p et le seuil de signification statistique a été choisi à $p < 0,05$.

B) Résultats

1) Constitution de l'échantillon

La population source a permis d'inclure un échantillon de 54 sujets, selon le processus décrit figure 25.

D'abord, 117 patients ont été retenus grâce aux cotations CCAM. Notons que seuls les codes HN, HBBA002 et HBBA003 ont été trouvés dans le logiciel ODS®.

L'exploitation du calendrier des blocs opératoires 1, 2 et 3 du service de chirurgie orale du CHU de Toulouse a permis de prendre en considération 96 sujets supplémentaires.

L'étude des dossiers ODS® des 213 sujets de la population source a mis en évidence la présence de 82 sujets ne répondant pas aux critères d'inclusion. 54 d'entre eux avaient reçu une greffe osseuse dans le cadre de chirurgies parodontales et 28 d'entre eux avaient reçu une greffe osseuse ne correspondant pas aux critères d'inclusion (ici des chirurgies per-implantaires uniquement en vue du comblement d'un gap osseux, ou de déhiscences ou dans le cadre de préservation alvéolaire).

Parmi les 131 sujets de la population potentiellement éligible, 77 ont été exclus du fait de l'absence de CBCT post-opératoire, réalisé 4 à 6 mois post-greffe, visualisable sur le logiciel CS 3D Imaging®.

L'échantillon se compose donc de 54 sujets. Notons qu'un sujet correspond en réalité à un site opératoire.

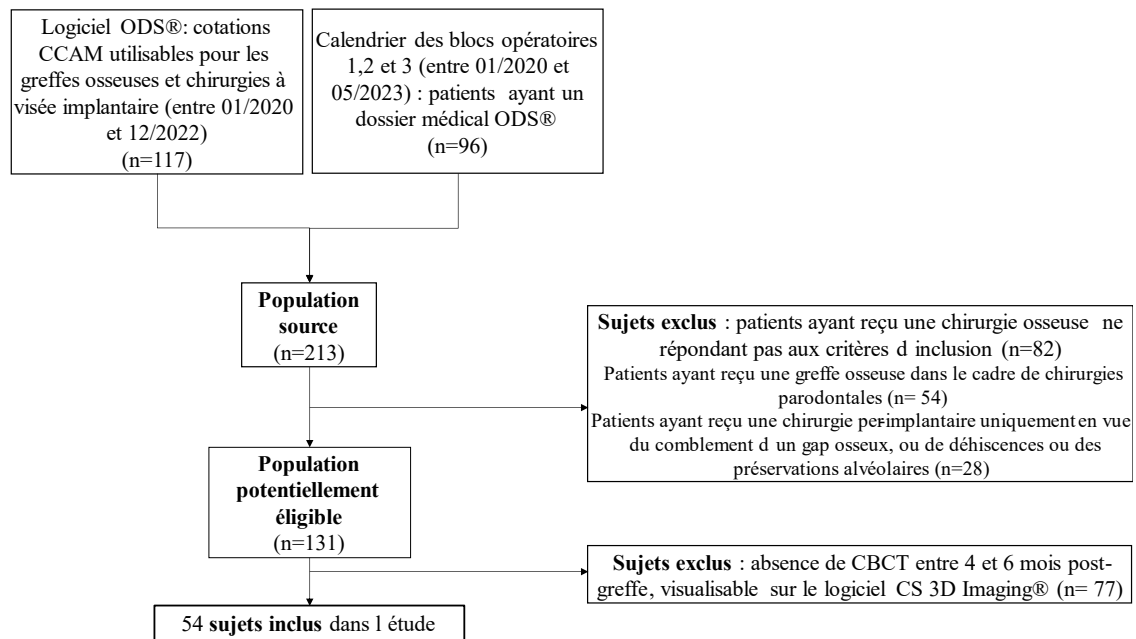


Figure 25 : Diagramme de flux illustrant le processus de sélection des sujets

2) Données descriptives

a) Caractéristiques des participants de l'étude

La population étudiée comprenait des sujets dont l'âge variait entre 23 et 83 ans, avec un âge moyen de 57 ans. 29 (53,7%) d'entre eux avaient une ou plusieurs comorbidités, cette information manquait pour un sujet. Le tableau 1 résume ces caractéristiques.

b) Caractéristiques de l'édentement

Dans cette étude, les défauts osseux majoritairement rencontrés se situaient dans le secteur 2 (20 sujets (37,0%)). Les chirurgiens ont eu à gérer des défauts osseux le plus souvent sous-sinusiens combinés (31 sujets (57,4% du total des sujets)), et des défauts osseux nécessitant une reconstruction osseuse de 4 à 8 mm (29 sujets (53,7% du total des sujets)).

Les édentements les plus fréquents étaient ceux de 2 ou 3 dents (25 sujets (46,3% du total des sujets)), et ceux qui étaient encastrés (28 sujets (51,9% du total des sujets)).

Les informations concernant le type de défaut osseux manquaient pour 2 sujets. Ces informations sont consignées dans le tableau 1.

Caractéristiques		n=54 , (%)	
Age, moyenne (années)		57,2	
Sexe	Féminin	40 (74,1)	
	Masculin	14 (25,9)	
Comorbidités	Oui	29 (53,7)	
	Non	24 (44,4)	
Tabac	Oui	8 (14,8)	
	Non	16 (29,6)	
Types de défauts osseux rencontrés	Horizontal	8 (14,8)	
	Vertical	0	
	Combiné	10 (18,5)	
	Sous-sinusien	Combiné	31 (57,4)
		Vertical	2 (3,7)
		Horizontal	1 (1,9)
		Total	34 (63,0)
	< 4mm	3 (5,6)	
	4 à 8 mm	29 (53,7)	
> 8 mm	20 (37,0)		
Secteurs à réhabiliter	1	19 (35,2)	
	2	20 (37,0)	
	3	1 (1,9)	
	4	4 (7,4)	
	Antérieur maxillaire	9 (16,7)	
	Antérieur mandibulaire	1 (1,9)	
	Type d'édentement	Unitaire	11 (20,4)
≤ 3 dents		25 (46,3)	
>3 dents		18 (33,3)	
Encastré		28 (51,9)	
Terminal		26 (48,1)	

Tableau 1: Caractéristiques des sujets à l'inclusion

c) Prémédication

Tous les sujets avaient reçu une prémédication avec au moins une antibioprofylaxie. Pour 48 sujets (88,9% du total des sujets), il s'agissait d'amoxicilline.

L'information manquait pour 2 sujets. Les autres molécules étaient des anti-inflammatoires (47 sujets) et des anxiolytiques (2 sujets). La figure 26 détaille les molécules antibiotiques prescrites.

d) Technique chirurgicale

La technique de greffe la plus pratiquée était le sinus lift par voie latérale, pour 32 sujets (59,3%), suivi de la ROG (25 sujets (46,3%)). La greffe d'apposition a été utilisée chez 11 sujets (20,4%). Plus rarement, ont été pratiquées une technique d'expansion de crête -ou splitting- (4 sujets (7,4%)) ou encore une technique de soulevé de sinus par voie crestale (3 sujets (5,6%)). La figure 27 ci-dessous décrit les techniques réalisées.

Notons que 13 sinus lift par voie latérale (soit 40,6% du total des sinus lift par voie latérale), 14 ROG (soit 56,0% du total des ROG) et 9 greffes d'apposition (soit 81,8% du total des greffes d'apposition), ont été réalisés en combinaison avec d'autres techniques.

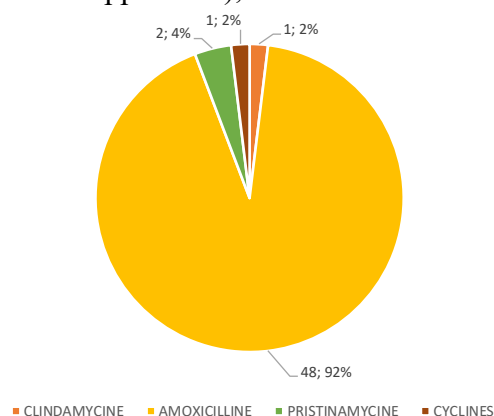


Figure 26 : Type d'antibiotique prescrit en prémédication

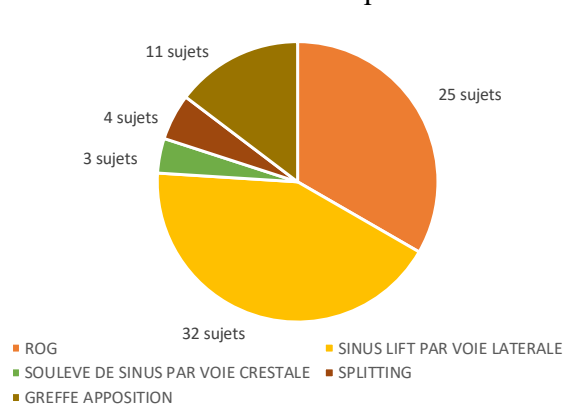


Figure 27 : Répartition des techniques d'augmentation osseuse utilisées

e) Biomatériaux

Parmi les différents types de greffon osseux, ce sont les particules osseuses qui ont été les plus utilisées, quelle qu'en soit l'origine. On en retrouve chez 49 sujets (90,7% du total des sujets). Les blocs cortico-spongieux ont été employés chez 7 sujets (13,0% du total des sujets), suivis des plaquettes (ou lames) corticales (4 sujets (7,4% du total des sujets)). L'information manquait cependant pour 2 sujets.

L'utilisation de PRF® a concerné 31 sujets (57,4% du total des sujets) sous la forme de Sticky bone® et de membrane, des données manquaient pour 3 sujets.

Concernant l'utilisation de membranes résorbables ou non, l'information manquait pour 7 sujets.

La répartition des différents biomatériaux utilisés est détaillée dans le tableau 2.

Par ailleurs, aucun sujet n'a bénéficié d'une greffe alloplastique.

BIOMATÉRIAU	MEMBRANE			FORMULATION			FIXATION			PRF®		TYPE DE GREFFON			
	NON	OUI		LAME CORTICALE	BLOC CORTICO-SPONGIEUX	PARTICULES	CLOU	VIS TUTEUR	PLAQUE D'OSTEO-SYNTHESE	STICKY BONE®	MEMBRANE	ALLOGE-NIQUE SEUL	ALLOGE-NIQUE + AUTO-GENE	XENOGE-NIQUE SEUL	XENOGE-NIQUE + ALLOGE-NIQUE
		RESORBABLE	NON RESORBABLE												
NOMBRE DE SUJETS n=54, (%)	14 (25,9)	32 (59,3)	1 (1,9)	4 (7,4)	7 (13,0)	49 (90,7)	28 (51,9)	15 (27,8)	1 (1,9)	31 (57,4)	31 (57,4)	35 (64,8)	2 (3,7)	5 (9,3)	12 (22,2)

Tableau 2 : Différents biomatériaux utilisés

f) Complications post-greffe

Technique	n	Complication greffe n, (%)
ROG avec membrane résorbable	24	6 (25,0)
ROG avec membrane non résorbable	1	1 (100)
Greffe d'apposition	11	4 (36,4)
Sinus lift par voie latérale	32	7 (21,9)
Soulevé de sinus par voie crestale	3	0
Expansion de crête	4	0

Tableau 3 : Survenue de complication de greffe selon la technique utilisée

Des complications concernant la greffe sont survenues chez 12 sujets. L'information n'était pas renseignée pour 2 sujets.

Parmi les sujets ayant subi des complications : 3 sujets ayant reçu une greffe d'apposition (27,3% d'entre eux), tous ceux qui avaient reçu une ROG (25 sujets) et 6 sujets ayant reçu un sinus lift par voie latérale (18,8% d'entre eux) avaient un défaut osseux combiné, l'information manquait pour 1 sujet ayant reçu un sinus lift par voie latérale.

Les causes relevées étaient :

- Déhiscence des tissus mous chez un sujet ayant reçu une ROG avec membrane non résorbable combinée à un sinus lift par voie latérale ;
- Exposition du greffon pour un sujet ayant reçu une greffe d'apposition combinée à un sinus lift par voie latérale, ayant mené à l'échec ;
- Infection du greffon et exposition de ce dernier chez un sujet, n'ayant pas respecté les consignes post-opératoires, ayant reçu une ROG avec membrane résorbable. On constatait un échec pour ce sujet.
- Perforation de la membrane sinusienne non gérable en per-opératoire dans le cadre de sinus lift par voie latérale :
 - o Réalisé seul pour un sujet et ayant mené au succès,
 - o Associé à une ROG avec membrane résorbable pour un sujet et ayant abouti à l'échec ;
- Absence d'ostéointégration du greffon :
 - o D'étiologie non renseignée chez un sujet ayant reçu une greffe d'apposition,
 - o Associée à une infection du greffon chez un sujet ayant reçu un sinus lift par voie latérale et une greffe d'apposition, source d'échec.

g) Succès des greffes

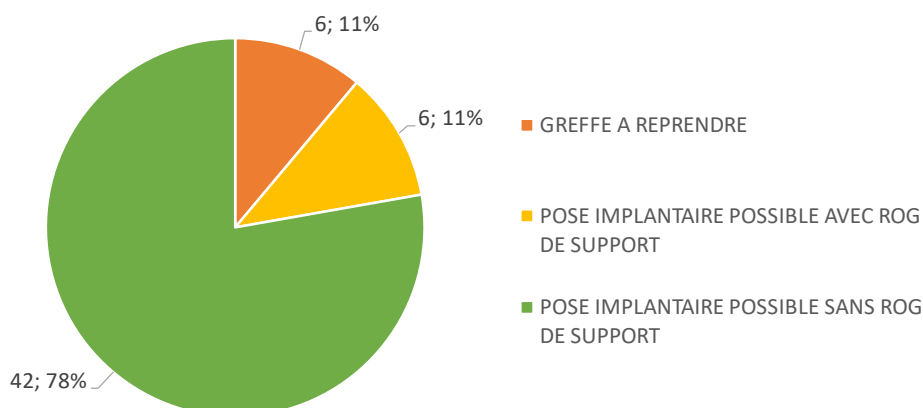


Figure 28 : Evaluation du succès de l'augmentation osseuse

Concernant le critère de jugement principal, cette étude a mis en évidence que grâce aux chirurgies d'augmentation osseuse réalisées, 42 sujets (77,8%) ont bénéficié de la pose d'implant « standard » sans ROG de support associée.

Pour 6 (11,1%) sujets, le volume osseux obtenu nécessitait d'être complété par une ROG de support. La figure 28 détaille l'issue des greffes réalisées.

3) Tests statistiques

a) Groupe « non implantable » contre « implantable »

D'abord, 12 sujets (22,2% de l'échantillon) ont subi des complications post-greffe. Parmi eux, 4 n'ont pas pu recevoir d'implants (soit 80,0% du groupe « non implantable »).

La proportion de complications post-greffe est significativement plus élevée dans le groupe « non implantable » que dans le groupe « implantable » (respectivement 80,0% contre 17,0%, $p = 0,008$).

De plus, aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les groupes « implantable » et « non implantable » en fonction du biomatériau de greffe osseuse utilisé. 6 sujets (100%) du groupe « non implantable » ont reçu de l'os allogénique. Pour ces derniers, ce substitut osseux avait été utilisé seul (4 sujets (66,7% des cas)) ou associé à de l'os xénogénique (2 sujets (33,3% des cas)).

Enfin, aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les groupes « implantable » et « non implantable » en fonction de la classification CCARD du défaut osseux.

Le tableau 4 met en évidence la comparaison de ces deux groupes sur plusieurs paramètres.

Caractéristiques		Groupe implantable (n=48)	Groupe non implantable (n=6)	p-value
		n, (%)	n, (%)	
Age, moyenne (années)		55,9	45,7	0,3080
Sexe	Féminin	36 (75,0)	5 (83,3)	> 0,99
	Masculin	12 (25,0)	1 (16,7)	
Comorbidités	Oui	27 (57,5)	2 (33,3)	0,392
	Non	20 (42,6)	4 (66,7)	
Traitements	Oui	24 (50,0)	2 (33,3)	0,670
	Non	24 (50,0)	4 (66,7)	
Tabac	Oui	8 (36,4)	0	0,536
	Non	14 (63,6)	2 (100)	
Types de défauts osseux rencontrés	Horizontal	7 (14,6)	1 (16,7)	Non calculée
	Vertical	0	0	
	Combiné	5 (10,4)	5 (83,3)	
	Sous-sinusien	32 (66,7)	4 (66,7)	> 0,99
	< 4mm	3 (6,3)	0	Non calculée
	4 à 8 mm	28 (58,3)	1 (16,7)	
	> 8 mm	15 (31,3)	5 (83,3)	
Secteurs à réhabiliter	1	15 (31,3)	4 (66,7)	0,523
	2	19 (39,6)	1 (16,7)	
	3	1 (2,1)	0	
	4	0	0	
	Antérieur maxillaire	8 (16,7)	1 (16,7)	
	Antérieur mandibulaire	1 (2,1)	0	
Type d'édentement	Unitaire	9 (18,8)	2 (33,3)	0,590
	≤ 3 dents	22 (45,8)	3 (50,0)	> 0,99
	>3 dents	17 (35,4)	1 (16,7)	0,651
	Encastré	24 (50,0)	4 (66,7)	0,670
	Terminal	24 (50,0)	2 (33,3)	0,670
Sticky bone ®		25 (52,1)	6 (100)	Non calculée
Membrane de PRF ®		25 (52,1)	6 (100)	
Complication greffe	Oui	8 (17,0)	4 (80,0)	0,008
	Non	39 (83,0)	1 (20,0)	

Tableau 4 : Comparaison des groupes « implantable » et « non implantable » concernant les caractéristiques des sujets, l'utilisation de PRF® et la survenue de complication post-greffe

b) En fonction du type d'antibiotique prescrit en prémédication

Aucune différence significative n'a pu être mise en évidence en fonction des différentes molécules antibiotiques prescrites en prémédication, en ce qui concerne la survenue de complications post-greffe.

c) En fonction du biomatériau de greffe

En ce qui concerne le succès de la greffe, aucune différence significative n'a pu être décelée en fonction de l'origine du biomatériau utilisé.

Par ailleurs, une corrélation statistiquement significative a été mise en évidence entre la classification du défaut osseux traité et le type de biomatériau osseux choisi ($p=0,015$).

d) Groupes « Comorbidité(s) » contre « Absence de comorbidité »

L'étude a mis en évidence que les sujets présentant une ou plusieurs comorbidités étaient significativement plus âgés que les sujets n'en présentant aucune (en moyenne respectivement 61 ans (DS : 13,1 ans) contre 47 ans (DS : 18,6 ans) ; $p=0,0077$).

L'information concernant les comorbidités manquait pour 1 sujet.

Le tableau 5 rapporte certains résultats issus des analyses bivariées réalisées pour la comparaison de ces groupes.

e) Groupes « Combinaison des techniques » contre « Unique technique utilisée »

Aucune corrélation significative n'a été décelée entre l'utilisation de plusieurs techniques de greffe osseuse combinées et la survenue de complications de greffe.

De la même façon, aucune corrélation significative n'a été décelée entre l'utilisation de plusieurs techniques de greffe osseuse combinées et le succès de la greffe tel que défini dans cette étude. Dans le tableau 5 sont résumés les résultats issus de la comparaison statistique de ces groupes.

Variable mesurée Groupe	Succès greffe		Complication greffe	
	Oui	Non	Oui	Non
Absence de comorbidité n= 24, (%)	20 (83,3)	4 (16,7)	8 (34,8)	15 (65,2)
Présence de comorbidité(s) n=29, (%)	27 (93,1)	2 (6,9)	4 (14,3)	24 (85,7)
Techniques combinées n=20, (%)	16 (80,0)	4 (20,0)	6 (30,0)	14 (70,0)
Technique seule n=34, (%)	32 (94,1)	2 (5,9)	6 (18,8)	26 (81,3)

Tableau 5 : Résultats des analyses bivariées pour les groupes « comorbidité(s) » vs « absence de comorbidité » et « combinaison des techniques » vs « unique technique utilisée » concernant le succès de la greffe et la survenue de complication de greffe

C) Discussion

1) Complications post-greffe

Le but de cette étude était d'évaluer le succès des chirurgies d'augmentation osseuse réalisées au sein du service de chirurgie orale du CHU de Toulouse, via la possibilité de pose d'un implant « standard » dans les volumes osseux obtenus.

D'abord, notre étude a révélé que la sélection des patients, la réalisation du bilan pré-implantaire, puis la mise en œuvre de la technique de greffe, associée au choix de biomatériaux, a permis, dans la plupart des cas, d'aboutir à une situation autorisant une pose implantaire satisfaisante, dans le respect des impératifs biologiques et prothétiques. L'étude a en effet montré que les chirurgies d'augmentation osseuse à visée implantaire réalisées ont permis, chez 48 sujets (soit 88,9% d'entre eux), d'aboutir au **succès**, c'est-à-dire à l'obtention d'un volume osseux compatible avec la pose d'un implant « standard » dans le respect des critères de placement cités précédemment.

Pour 6 sujets (soit 11,1% d'entre eux), la chirurgie à visée implantaire n'a toutefois pas permis d'obtenir un volume osseux satisfaisant, et nécessitait une reprise de greffe. Parmi eux, on retrouve 5 sujets présentant des défauts osseux combinés et 5 nécessitant une reconstruction osseuse de plus de 8 mm. Respectivement du fait de leur composante verticale et du volume important à régénérer, ces défauts osseux sont particulièrement complexes à réhabiliter. (14) (21) (85)

Ensuite, notre étude a également permis de mettre en évidence un risque statistiquement plus élevé de ne pas pouvoir poser l'implant, et donc d'avoir recours à une reprise de greffe, en cas de survenue d'une **complication**.

Ainsi, toutes les précautions devront être mise en œuvre afin de limiter leur survenue.

Urban et son équipe décrivent par ailleurs le taux de complications comme un facteur prépondérant à considérer pour le choix de la technique d'augmentation osseuse à visée implantaire. (119)

Bien que le type de complication et l'étiologie de leur survenue n'ait pas pu être relevée pour tous les sujets concernés, on notera :

- La survenue de perforations de la membrane sinusienne non gérables en per-opératoire, pour deux sujets dont un chez qui un échec a été constaté. L'étude préalable du CBCT pour anticiper la difficulté de décollement de la membrane de Schneider permet d'informer le patient de cette difficulté. (100) (101)
- La déhiscence des tissus mous, qui n'a été retrouvée que chez un seul sujet, est une complication souvent décrite dans la littérature dans le cadre des procédures de ROG, comme celle dont a bénéficié le sujet. De nombreuses solutions peuvent être mises en place pour limiter ce risque, tels que le choix minutieux et la bonne maîtrise des techniques de sutures assurant une fermeture primaire de la plaie. (45) (119)
- L'exposition du greffon a été décrite pour 2 sujets. Pour l'un d'entre eux, la survenue d'une infection a été précisée. Selon Sanz-Sánchez et coll. cette dernière survient dans 0,8% à 13% des cas d'exposition du greffon. Un échec a été constaté

pour les 2 sujets. Cependant, les étiologies et l'incidence de l'exposition du greffon sont très variables en fonction de la technique chirurgicale et du type de défaut osseux à réhabiliter. En effet, Sanz-Sánchez et coll. rapportent des taux compris entre 0 et 70%. (45)

- L'absence d'ostéointégration du greffon a été renseignée pour 2 sujets, la présence d'une infection associée n'a été décrite que pour un sujet. Tous deux avaient reçu au moins une greffe d'apposition. Pour l'un d'entre eux, l'infection du greffon a été soulignée. Un choix de biomatériau ou de technique favorisant l'incorporation du greffon, et donc sa vascularisation peut permettre de limiter cette complication. Il s'agira par exemple d'utiliser un greffon osseux avec une faible portion corticale, des lames osseuses ou encore une technique de greffe en inlay. Cette technique combinant une ostéotomie segmentaire verticale et une greffe de bloc osseux ne nécessite pas de décollement de l'attache muco-périostée sur la paroi linguale, assurant ainsi un apport vasculaire important au greffon. (69) (81) Par ailleurs, le respect des règles d'asepsie lors de la chirurgie limite le risque d'infection post-opératoire et donc le risque d'infection de la greffe osseuse. (45) (113)

De plus, la gestion de ces complications devra également être maîtrisée par le chirurgien, de façon à limiter le risque d'échec qui y est associé, comme le concluent diverses études concernant l'exposition des membranes et la perforation de la membrane sinusienne. (7) (92) (101)

Malgré les limitations de cette étude, abordées ci-après, on observait des taux de complications plus élevés, mais cohérents avec ceux d'autres publications récentes.

Concernant la **ROG** associée à l'utilisation de membrane résorbable, le taux de complications relevé par Urban et coll. est de 22,7% contre 25% dans cette étude. Ce taux est également plus élevé que celui observé par Lim et coll. dans leur revue systématique et méta-analyse portant sur les complications des tissus mous. Ces derniers mettent en évidence un taux de complications de 18,3 % (IC à 95% : [10,4 ; 30,4]). (88) (89)

Notons que parmi les sujets ayant bénéficié de l'utilisation d'une membrane, seul 1 sujet a reçu une membrane non résorbable. En effet, la membrane résorbable présentant de nombreux avantages, c'est l'utilisation de cette dernière qui a été privilégiée au sein du service de chirurgie orale. Nous citerons par exemple, leur moindre taux d'exposition dans certaines études, l'absence de deuxième chirurgie pour le retrait de la membrane ou encore le moindre impact de leur exposition sur le volume osseux total régénéré. En effet, la survenue d'une complication dans le cadre de l'utilisation d'une membrane non résorbable peut mener à des situations plus complexes à gérer voire à l'échec de la greffe. (7) (45) (76) (90) (91) (119)

Pour les **greffes d'apposition**, on observait un taux de complications de 36,4% dans cette étude, tous types de défauts osseux confondus, contre 14,8% dans la revue systématique de

Aloy-Prosper et coll. (120) et de 27,3% pour les réhabilitations ayant une composante verticale contre 23,9% (IC à 95% : [11,3% ; 36,6%]) selon Urban et coll. (88)

Enfin, les procédures de **sinus lift** par voie latérale avaient ici des taux de complications de 21,8%, cohérents avec ceux cités dans la littérature, situés entre 0 et 22%. (7) Le taux d'infection, complication majeure de ces chirurgies, est très hétérogène en fonction des études. A titre d'illustration, dans leur revue systématique portant sur 18 études, Schlund et coll. relèvent des taux compris entre 0,5 et 11,6 %. (121) Elle a ici été rapportée pour un sujet.

Notons que les taux de complications sont très hétérogènes entre les études, en lien avec des protocoles variables ou encore la réalisation de chirurgies exclusivement par des praticiens expérimentés dans certaines d'entre elles, diminuant leur applicabilité à un CHU. Ces notions sont des pistes intéressantes pour expliquer les taux de complications retrouvés dans notre étude.

De plus, les techniques sus-citées ont été en grande partie combinées entre-elles par les praticiens du service, ce qui peut considérablement influencer l'issue de la greffe.

L'étude n'a toutefois pas pu mettre en évidence de différence significative entre les techniques utilisées seules ou combinées concernant le succès de la greffe ou la survenue de complications. Rappelons que cette absence d'association peut également s'expliquer par un manque de puissance de l'étude, et donc un manque de sujets inclus.

En outre, notons que la plupart des situations cliniques que les chirurgiens ont eu à gérer, c'est-à-dire des défauts osseux avec une composante verticale et de moyenne importance, sont considérées, selon le score ABC de l'EDI, comme étant globalement plus à risque de complication, ce qui pourrait également diminuer l'applicabilité des résultats des autres études à celle réalisée ici.

Comme évoqué plus tôt, le score ABC a pour but de renseigner le praticien sur le risque global du plan de traitement implanto-prothétique qu'il souhaite entreprendre pour un patient donné, et ainsi de l'aider à limiter les complications possibles.

Ces recommandations évaluent divers paramètres. Parmi ces derniers, les chirurgies d'augmentation osseuse réhabilitant des défauts osseux verticaux, combinés, ou nécessitant un apport osseux de plus de 4 mm, ont un score C comme « Complex ». Ce score est associé à un risque accru de complication, à titre de comparaison, la présence d'un diabète non équilibré possède le même score. (16)

Rappelons en effet que les techniques de greffe avec composante verticale ou de grande étendue entraînent la complexification de mise en œuvre des techniques d'augmentation osseuse du fait de leur environnement osseux défavorable. (21) (88)

Aucune corrélation significative n'a cependant été mise en évidence entre la classification du défaut osseux et le succès de la greffe.

2) *Biomatériaux*

Aucune corrélation entre succès de la greffe et **origine** du biomatériau de greffe osseuse utilisé n'a été démontrée. Ces résultats sont cohérents avec ceux publiés dans l'étude de Al-Nawas et coll. qui montrent que les substituts osseux sont des alternatives envisageables au gold-standard (17) ; ainsi qu'avec ceux d'autres études comparant les biomatériaux de greffe osseuse, et n'ayant pas mis en évidence de différence significative dans le succès du traitement en fonction du biomatériau utilisé. (62) (122)

Il en va par ailleurs de même avec l'utilisation de **PRF®**, pour laquelle aucune différence significative n'a pu être décelée entre les groupes « implantable » et « non implantable ». Ces résultats coïncident avec la difficulté de nombreuses études à obtenir des résultats significatifs quant à son intérêt dans les procédures d'augmentation osseuse. (80)

3) *Facteurs d'influence relatifs au patient*

Une association significative entre l'âge du patient et la présence de comorbidités a été soulevée. Ainsi, plus le patient est **âgé** et plus il est enclin à présenter une ou plusieurs **pathologies**.

Autant de facteurs qui, en fonction de leur nature, peuvent influencer négativement le risque global de la thérapeutique implantaire, et devront être recherchés, consignés dans le dossier du patient et pris en compte. (16)

D'une part, doivent par exemple être pris en compte : l'impact négatif du diabète non équilibré sur la cicatrisation et le risque infectieux, l'impact d'une irradiation par radiothérapie cervico-faciale, qui, selon la dose reçue, le champ d'irradiation et son ancienneté, peut constituer une contre-indication du fait de son impact sur la vascularisation et du risque d'ostéoradionécrose, ou encore l'impact de certaines pathologies ou traitements sur le métabolisme osseux, comme la maladie de Paget ou les biphosphonates, en particulier pris par voie intra-veineuse. (7) (44) (118)

D'autre part, la prise de médicaments anti-thrombotiques doit être connue du clinicien. Les chirurgies d'augmentation osseuse sont en effet considérées comme des actes à risque hémorragique élevé, notamment du fait de leur localisation critique. La prise en charge de ces patients devra alors être adaptée au risque thrombotique de chacun. (7) (15) (123)

Néanmoins, l'étude n'a pas permis de mettre en évidence de différence significative entre la présence ou non d'une comorbidité et le succès de la greffe.

Ces conclusions sont en accord avec celles de l'EDI et de l'ITI, qui stipulent que la réalisation de procédures fiables et bien maîtrisées permet d'aboutir à des thérapeutiques implanto-portées tout aussi prévisibles chez les patients présentant des comorbidités, que chez ceux qui en sont exempts, exception faite des pathologies ou traitements associés contre-indiquant l'implantologie de façon absolue ou relative. (16) (124)

Notons en outre, concernant le taux de complications post-greffe, qu'aucune différence significative n'a pu être mise en évidence en fonction des différentes molécules antibiotiques

prescrites en prémédication. A l'inverse, dans leur étude rétrospective portant sur la survenue d'infections post-opératoires à la suite de la réalisation de greffes osseuses en onlay et de chirurgies de soulèvement de sinus par voie latérale, Boussaïd et son équipe ont mis en évidence une différence significative entre les sujets ayant reçu une prémédication antibiotique à base de clindamycine, et ceux ayant pris de l'amoxicilline. En effet, une association statistiquement significative a été démontrée entre la prise d'une prémédication antibiotique à base de clindamycine et la survenue d'infections post-opératoires. Ils relèvent respectivement un Odds Ratio de 4,8 (IC à 95 % : [1,9 ; 12,3] ; $p = 0,001$) pour les greffes en onlay, et de 7,8 (IC à 95 % : [1,1 ; 54,8] ; $p = 0,04$) dans le cadre des soulèvements de sinus. (125)

4) Concernant la technique de greffe

Bien qu'une corrélation ait été mise en évidence entre la classification du défaut osseux traité et le type de biomatériau osseux choisi, il existe une importante **hétérogénéité** des biomatériaux utilisés pour un même type de défaut osseux.

Cette hétérogénéité a également été constatée en ce qui concerne les techniques réalisées, ou encore l'utilisation de PRF®, de membranes, ou du choix du dispositif de maintien (clous, espaceur ou plaque d'ostéosynthèse). Cette tendance est cohérente avec celles des autres études réalisées, et aux conclusions des recommandations de l'EDI. En effet, le choix de ces différents paramètres est le résultat d'une étude globale de la situation du patient concerné, à différentes échelles et sur différents plans, par différents praticiens et leurs appétences, avec des niveaux d'expérience et de connaissances parfois inégaux, d'où l'importante variabilité constatée. (16) (21) (62) (64) (124)

5) Limites, solutions et perspectives

Cette étude longitudinale rétrospective comportait des biais qu'il convient de garder à l'esprit.

D'abord, la principale difficulté rencontrée lors de sa réalisation était liée au support de collecte des données. On constatait en effet une très importante disparité quant au remplissage des dossiers patient. Ces derniers étaient remplis par différents intervenants (étudiant, chirurgien oral, infirmier diplômé d'état etc.), ce qui a entraîné, en l'absence de protocole standardisé, un manque d'uniformisation concernant les informations recueillies, leur nature, leur précision ou la terminologie utilisée.

De plus, l'utilisation de la cotation CCAM n'a pas permis d'inclure tous les patients de la population source, les actes réalisés n'étant pas toujours soumis de la même façon au logiciel, voire remplis sur des logiciels différents.

Le logiciel ODS® et l'agenda des chirurgies réalisées dans les blocs opératoires 1, 2 et 3 du service de chirurgie orale du CHU de Toulouse présentent également des limites, en particulier concernant l'enregistrement des patients avec leur nom d'usage, ce qui complique voire empêche leur identification en cas de changement de nom.

Ceci a alors impliqué l'existence d'un grand nombre de données manquantes dans la base de données constituée, ainsi qu'une difficulté à trouver l'information puis à la classifier.

On rencontrait donc à la fois des biais de sélection, inhérents à la difficulté de constituer l'échantillon, et des biais de classement, avec une erreur différentielle conséquente, qui a impacté tous les facteurs issus des dossiers patients (soit tous les facteurs étudiés sauf ceux relatifs à la planification implantaire ainsi qu'aux défauts osseux et à leur classement).

En outre, les informations collectées sur les dossiers des patients s'étendaient de 4 à 41 mois post-greffe, ces durées inégales rendaient plus complexe l'interprétation des données de complications survenues au-delà des 4 mois post-greffe, pouvant donner lieu à la survenue de biais de classement.

Bien qu'adaptée, comme recherché, à l'étude de plusieurs facteurs, cette étude semblerait nécessiter la constitution d'un échantillon plus important. En effet, certains résultats significatifs de cette étude sont restés ininterprétables du fait d'un manque de données.

A titre d'illustration, il existait une très grande hétérogénéité quant aux types de défauts osseux rencontrés. Nous avons ainsi obtenu de nombreux codes CCARD différents, et trop peu de sujets associés à un même code CCARD, ce qui a compliqué l'interprétation des résultats. Ainsi, bien que cette classification soit très adaptée en clinique (21), il aurait pu être intéressant ici, lors des analyses bivariées, de considérer le type de défaut osseux non pas sous forme de code unique, mais en séparant les différentes parties qu'il contient, c'est-à-dire en séparant orientation du défaut osseux, environnement du défaut osseux et importance de la reconstruction nécessaire.

De plus, le faible nombre de sujets dans le groupe « non implantable », ainsi que la différence du nombre de sujets entre les groupes comparés a pu altérer la comparabilité des groupes.

Par ailleurs, l'absence de suivi prospectif complique la prise en compte de certains paramètres, comme l'identification de la cause de l'édentement, les causes des complications, ou ceux ayant un aspect temporel.

Notons que la résorption du greffon, décrite par certains auteurs comme étant la principale complication immédiate et retardée, n'a pas pu être relevée dans cette étude. Un suivi prospectif et la comparaison quantitative des volumes post-opératoires immédiats et après cicatrisation auraient pu permettre de calculer son incidence et de comparer son importance avec les valeurs relevées dans d'autres études. (15) (88)

En outre, tous les facteurs de confusion n'ont pas été relevés, donnant lieu à des biais de confusion.

Auraient pu être considérés :

- L'équilibre du diabète, le nombre de cigarettes fumées ou la présence d'une maladie parodontale active ou stabilisée, qui influencent le risque global du traitement implantaire et de survenue de complications. (16) (117)
- La compliance, la motivation ou encore l'hygiène orale du patient. (16)

- Le morphotype parodontal pour son impact sur la cicatrisation. Une épaisseur importante des tissus mous est associée à une meilleure vascularisation et donc à une meilleure réponse immunitaire, ainsi qu'à une cicatrisation plus favorable. (38) (126)
- L'expérience du chirurgien dont l'impact a été évoqué. (45) (81)
- La réalisation d'une chirurgie d'aménagement muqueux, ou encore le type de lambeau utilisé et de sutures réalisées. (7) (31) (45)
- L'utilisation d'une temporisation et sa nature le cas échéant, ainsi que la nature des prescriptions post-opératoires, du fait de l'impact possible sur la cicatrisation de la greffe. (45)

De même, des facteurs de confusion relevés et donnant lieu à des biais auraient pu être pris en compte par un appariement lors de la constitution de l'échantillon, ou par la réalisation d'analyses multivariées ou de la stratification des résultats lors de la phase d'analyse des données.

Pour continuer, cette étude s'adressait à la population spécifique du CHU, sur le plan socio-économique, mais aussi du fait de la présence de patients adressés, par exemple par nécessité, en raison de l'anamnèse, ou en lien avec la complexité du cas du patient. (123)

Notons qu'en pratique, tous les sujets inclus ayant bénéficié d'une greffe osseuse nécessitant une pose implantaire différée n'ont pas toujours reçu la pose implantaire dans les 4 à 6 mois post-opératoires, pour des raisons diverses (personnelles, financières, pose implantaire en libéral etc.). Ainsi, au moment où la pose implantaire aura été réellement envisagée, une résorption du greffon plus importante que celle relevée ici aura peut-être été constatée.

A l'avenir, les données de cette étude pourront être utilisées pour le calcul du nombre de sujets nécessaires dans le cadre d'études prospectives, durant lesquelles certaines limitations rencontrées ici pourront être dépassées.

Premièrement, une randomisation des sujets puis la collecte des informations en aveugle permettra de réduire les biais de sélection et de classement rencontrés.

Deuxièmement, une réflexion autour d'un protocole standardisé, notamment concernant le recueil des données patients pourra être menée, associée à la formation des enquêteurs, permettant un recueil de données identique entre les sujets.

La réalisation de CBCT post-opératoires immédiats lorsqu'ils sont nécessaires, pourra permettre de mesurer le gain osseux obtenu, en utilisant des techniques de segmentation, afin de comparer les volumes osseux post-opératoires immédiats et après cicatrisation. On obtiendra ainsi des résultats quantitatifs, autorisant la comparaison et la validation des résultats d'autres études. (7) (10) (45) (62) (85) (88) (95) (96) (98)

Troisièmement, un suivi long et rigoureux pourra être mis en place, permettant d'étudier l'impact du temps sur la résorption des greffes osseuses, de relever la cause des édentements, le délai de survenue, l'étiologie et le type de complications des greffes. Des informations sur le succès et les complications des implants posés pourront également être collectées. (15)

Outre la prise en compte des facteurs influençant la survenue d'une complication post-greffe, cette étude a soulevé l'intérêt de réaliser un support facilitant le recueil des données, permettant une standardisation des informations collectées et la diminution du nombre d'informations manquantes.

L'utilisation de check-lists pré-remplies copiées-collées puis complétées ou le remplissage de formulaires remplis informatiquement avec un menu déroulant, transférés dans le dossier patient après chaque étape du traitement (première consultation implantaire, chirurgie, contrôles etc.), semblent des options intéressantes pour pallier ce problème.

Conclusion

Une part importante de l'activité du chirurgien-dentiste est d'améliorer la qualité de vie de ses patients. Il s'emploie alors à mettre en place, avec ce dernier, le plan de traitement le plus adapté, mettant tout en œuvre pour en assurer la réussite sur le long terme.

Lorsqu'il s'agit d'un traitement supra-implantaire, le succès de la thérapeutique implique l'intégration et le maintien du support de la prothèse, l'implant, au sein de l'os dans lequel il est posé.

La connaissance des grands principes biologiques, tels que la physiologie osseuse et le mécanisme de cicatrisation des plaies, a mené à la compréhension du principe d'ostéointégration et des éléments à considérer pour l'améliorer. Parmi eux, un placement implantaire assurant le maintien de la vascularisation adjacente est primordial, et doit être recherché.

Grâce à sa maîtrise de l'anatomie crânio-faciale et de la lecture des CBCT, le chirurgien modélisera ce placement, idéal sur les plans biologique et prothétique, de telle sorte qu'il restaure esthétique et fonction de son patient.

Dans nombre de cas toutefois, l'atrophie de la crête osseuse entravera ce placement. Les causes de cette dernière sont multiples (agénésies, avulsion à la suite d'un évènement infectieux, traumatique etc.). Une chirurgie d'augmentation osseuse pourra alors être proposée, réhabilitant le volume osseux perdu.

Bien que l'utilisation d'alternatives soit étudiée de façon exponentielle, les recommandations européennes et internationales réaffirment la plus-value des greffes osseuses dans le succès de ces thérapeutiques.

La réussite de la chirurgie d'augmentation osseuse et celle du traitement supra-implantaire vont ainsi de pair. C'est pourquoi cliniciens, chercheurs et industriels développent sans cesse thérapeutiques et biomatériaux, à la poursuite du « zéro échec ».

Ici, la revascularisation du greffon et donc sa cicatrisation, son absence d'infection et l'obtention d'une qualité osseuse favorisant la stabilité implantaire sont cruciales et dépendent de multiples facteurs. Parmi ces derniers, la sélection du patient, le type de défaut osseux et son environnement, la technique chirurgicale ainsi que les biomatériaux utilisés pour la réaliser sont à considérer.

De plus, comme tout traitement, chaque technique a une morbidité propre qu'il faut tendre à diminuer. La résorption du greffon sera la principale complication à éviter, à court comme à plus long terme.

C'est fort de toutes ces connaissances que le chirurgien, qui pourra s'aider de recommandations, choisira l'ensemble des facteurs optimisant le succès de chaque greffe osseuse qu'il aura à réaliser.

L'étude menée au cours de ce travail a montré qu'au sein du service de chirurgie orale du CHU de Toulouse, les chirurgiens sont amenés à intervenir dans le cadre de défauts osseux le plus souvent complexes à réhabiliter, impliquant un risque global de complications plus élevé.

L'utilisation de techniques fiables et maîtrisées par ces derniers a permis l'obtention d'un taux de succès élevé. Malgré cela, comme dans la plupart des études, la survenue de complications reste une réalité, et a, dans certains cas, mené à l'échec. Il est donc légitime de continuer à chercher à les réduire.

Les informations collectées ont permis de mettre en lumière la corrélation significative entre les complications post-greffe et l'impossibilité de placer un implant dans le volume osseux obtenu.

Toutefois, l'étude a permis d'observer qu'échec et complications de greffe ne sont pas synonymes. Il appartient donc à l'équipe de soin et au patient d'identifier les facteurs de risques, et de tout mettre en œuvre pour prévenir puis intercepter et gérer la survenue de ces complications, afin de réduire au minimum le nombre d'échecs.

A la lumière de ce travail, on comprend que le succès d'une chirurgie d'augmentation osseuse à visée implantaire réside avant tout dans l'obtention et le maintien d'un volume osseux adéquat pour la pose d'un ou plusieurs implants dentaires, dans des conditions biologiques et prothétiques optimales.

La diversité des cas cliniques implique une étude globale de ces derniers, associée à l'optimisation d'un maximum des facteurs exerçant une influence positive sur nos traitements, afin d'aboutir à un succès thérapeutique. Ce dernier consiste en la réhabilitation fonctionnelle et esthétique du patient, via la mise en place de la prothèse supra-implantaire, puis de sa pérennité sur l'arcade, en garantissant la possibilité d'une hygiène bucco-dentaire satisfaisante et de la maintenance.

Pour accroître les taux de succès de nos thérapeutiques, l'apport d'autres études, s'affranchissant des biais liés au recueil de données non standardisé est nécessaire. Pour ce faire, la réalisation d'études prospectives, idéalement menées sur le long terme, est souhaitable. Ceci afin de parfaire nos connaissances relatives aux facteurs d'influence des chirurgies d'augmentation osseuse à visée implantaire au sein du service de chirurgie orale du CHU de Toulouse.

Vu, le Président du Jury

Pr Catherine NABET :



08/03/2024

Vu, le Directeur de Thèse

Dr Antoine DUBUC :



08/03/24

Annexes

Annexe 1 : Questionnaire OHIP-14 (127)

Initialement en anglais, il a ici été traduit en français de la façon la plus fidèle possible.

- 1) Avez-vous eu des difficultés à prononcer certains mots du fait d'un problème lié à vos dents, votre bouche ou vos prothèses ?
- 2) Avez-vous remarqué que votre goût avait diminué du fait d'un problème lié à vos dents, votre bouche ou vos prothèses ?
- 3) Avez-vous eu des douleurs en bouche ?
- 4) Avez-vous trouvé inconfortable de manger certains aliments du fait de vos dents, votre bouche ou vos prothèses ?
- 5) Avez-vous été gêné par vos dents, votre bouche ou vos prothèses ?
- 6) Vous êtes-vous senti tendu à cause de problèmes lié à vos dents, votre bouche ou vos prothèses ?
- 7) Votre alimentation a-t-elle été insatisfaisante du fait d'un problème avec vos dents, votre bouche ou vos prothèses ?
- 8) Avez-vous dû interrompre des repas du fait d'un problème avec vos dents, votre bouche ou vos prothèses ?
- 9) Avez-vous eu des difficultés à vous détendre du fait d'un problème avec vos dents, votre bouche ou vos prothèses ?
- 10) Avez-vous été un peu embarrassé du fait d'un problème lié à vos dents, votre bouche ou vos prothèses ?
- 11) Avez-vous été un peu irritable en compagnie d'autres personnes du fait d'un problème lié à vos dents, votre bouche ou vos prothèses ?
- 12) Avez-vous eu des difficultés à faire votre travail habituel du fait d'un problème lié à vos dents, bouche ou prothèses ?
- 13) Avez-vous ressenti que la vie en général était moins satisfaisante du fait d'un problème lié à vos dents, bouche ou prothèses ?
- 14) Avez-vous eu une incapacité fonctionnelle totale du fait d'un problème lié à vos dents, votre bouche ou vos prothèses ?

Annexe 2 : Illustration des parties 1,2 et 3 du score ABC de l'EDI (16)

PARTIAL SCORE 1: MEDICAL HISTORY			
Health status	ASA classification [11]	ASA = 1, 2	Green
		ASA = 3	Yellow
		ASA ≥ 4	Red
Pre-existing conditions	diabetes mellitus [5, 15, 17, 18, 44, 45, 54, 55, 61, 78]	HbA1c < 6.5	Green
		HbA1c 6.5-7.5	Yellow
		HbA1c > 7.5	Red
	irradiated jaw [18, 25, 62, 79, 88]	< 55 Gy	Yellow
		< 55 Gy; maxilla or augmented areas	Red
		> 55 Gy in past 12 months	Red
periodontal disease [6, 21, 28, 53, 72, 76, 87]	no evidence of periodontal disease	Green	
	treated or history of periodontal disease	Yellow	
	inadequate supportive periodontal therapy	Red	
	untreated periodontal disease	Red	

Medications	no medication		
	anti-resorptive drugs (ARD) [7, 16, 40, 63, 67, 77, 81, 85]	lower dose, for osteoporosis (oral and systemic)	
		• low dose with bone augmentation, immediate implant placement	
		higher dose, for the prevention of osseous tumour-related complications	
		• higher dose with augmentation, immediate implant placement	
		high dose, > 4 x yearly for the treatment of osseous metastases	
		• high dose with bone augmentation, immediate implant placement	
	ARD and other infection risks (e.g., periodontal disease)		
	ARD and drug-related cofactors (e.g., immunosuppression)		
	Immunosuppression [32, 33, 68]	low dose steroid therapy	
	cytotoxic medication		
anticoagulation	prophylactic		
	therapeutic		
proton pump inhibitors [1, 4, 27]			
Smoking [18, 24, 59]	non-smoker		
	mild smoking habit	< 10 cigarettes per day	
	severe smoking habit	≥ 10 cigarettes per day	
Bruxism [10, 22, 26, 49–51, 89]	no		
	yes		
Patient expectations [86]	appropriate		
	over-demanding		

PARTIAL SCORE 2: LOCAL FINDINGS

Aesthetic risk factors	outside the aesthetic zone		
	smile line [83]	low	
		medium	
high			
Soft tissue	attached gingiva [14, 56]	adequate	
		inadequate	
	periodontal biotype [3, 35, 43, 46, 75]	thick biotype	
		thin biotype	
previous surgeries/scar tissue			
Cologne Classification of Alveolar Ridge Defects (CCARD)	no or small defect		
	horizontal, > 4 mm		
	vertical or combined, > 4 mm		
	outside the alveolar ridge		
Jaw position	regular		
	unfavourable		
Periapical lesions, pathologies of adjacent teeth [31, 66, 69]	no		
	present		
Oral hygiene [29]	adequate		
	inadequate		

PARTIAL SCORE 3: SURGICAL

Anatomical risks [38, 80]	none		
	close proximity to adjacent structures (nerves, roots, papillae, etc.)		
Healing period after tooth loss [9, 19, 23, 37]	late implant placement		
	early or delayed implant placement		
	immediate implant placement		
Loading after insertion [13, 20, 37, 73]	conventional healing (at least 8 weeks)		
	early loading (within 4 to 8 weeks)		
	early restoration/loading (within 72 hours)		
Augmentation techniques [2, 57]	Cologne Classification of Alveolar Ridge Defects (CCARD)	no augmentation required	
		horizontal, > 4 mm	
		vertical or combined, > 4 mm	
		outside the alveolar ridge	
	sinus floor elevation [34, 48, 60]	with septae	
		internal sinus lift with < 2 mm residual bone height	

Bibliographie

1. Sischo L, Broder HL. Oral Health-related Quality of Life. *Journal of Dental Research*. nov 2011;**90(11)**:1264-70.
2. Emami E, de Souza RF, Kabawat M, Feine JS. The Impact of Edentulism on Oral and General Health. *International Journal of Dentistry*. 2013;**2013**:498305.
3. Zwetyenga N, Vidal N, Ella B, Siberchicot F, Emparanza A. Results of oral implant-supported prostheses after mandibular vertical alveolar ridge distraction: a propos of 54 sites. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*. 1 déc 2012;**114(6)**:725-32.
4. Lorimier S, Kemoun P. Histophysiologie du parodonte. EM-Consulte [Internet]. 2012 [cité 2 avr 2023]; Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/1098247/histophysiologie-du-parodonte>
5. Araújo MG, Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *Journal of Clinical Periodontology*. févr 2005;**32(2)**:212-8.
6. Couso-Queiruga E, Stuhr S, Tattan M, Chambrone L, Avila-Ortiz G. Post-extraction dimensional changes: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Periodontology*. janv 2021;**48(1)**:126-44.
7. Davarpanah M. Manuel d'implantologie clinique, Consolidation des savoirs et ouvertures sur l'avenir 4eme édition. Editions DcP. 2018. 726 p.
8. Oryan A, Alidadi S, Moshiri A, Maffulli N. Bone regenerative medicine: classic options, novel strategies, and future directions. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 17 mars 2014;**9(1)**:18.
9. Tarnow DP, Cho SC, Wallace SS. The effect of inter-implant distance on the height of inter-implant bone crest. *Journal of Periodontology*. avr 2000;**71(4)**:546-9.
10. Arnal HM, Angioni CD, Gaultier F, Urbinelli R, Urban IA. Horizontal guided bone regeneration on knife-edge ridges: A retrospective case-control pilot study comparing two surgical techniques. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. avr 2022;**24(2)**:211-21.
11. Premnath K, Sridevi J, Kalavathy N, Nagaranjani P, Sharmila MR. Evaluation of Stress Distribution in Bone of Different Densities Using Different Implant Designs: A Three-Dimensional Finite Element Analysis. *The Journal of the Indian Prosthodontic Society*. déc 2013;**13(4)**:555-9.
12. Heitz-Mayfield LJ, Aaboe M, Araujo M, Carrión JB, Cavalcanti R, Cionca N, et al. Group 4 ITI Consensus Report: Risks and biologic complications associated with implant dentistry. *Clinical Oral Implants Research*. 2018;**29(S16)**:351-8.
13. R A, Koduganti RR, Harika TSL, Rajaram H. Ridge Augmentation Is a Prerequisite for Successful Implant Placement: A Literature Review. *Cureus*. janv 2022;**14(1)**:e20872.
14. Al-Askar M, O'Neill R, Stark PC, Griffin T, Javed F, Al-Hezaimi K. Effect of single and contiguous teeth extractions on alveolar bone remodeling: a study in dogs. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. août 2013;**15(4)**:569-75.
15. Princ G. Chirurgie osseuse préimplantaire, 2ème édition. Editions CdP. 2013. 138 p.
16. Neugebauer J. Risk assesment at a glance: Updated Cologne ABC Risk Score for implant treatment - Guideline 2022. Disponible sur: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefndmkaj/https://bdizedi.org/wp-content/uploads/EDI-Journal/edi_journal-2-2022.pdf
17. Al-Nawas B, Schiegnitz E. Augmentation procedures using bone substitute materials or autogenous bone - a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Oral Implantology*. 2014;**7 Suppl 2**:S219-234.
18. Cucchi A, Chierico A, Fontana F, Mazzocco F, Cinquegrana C, Belleggia F, et al. Statements and Recommendations for Guided Bone Regeneration: Consensus Report of the Guided Bone Regeneration Symposium Held in Bologna, October 15 to 16, 2016. *Implant Dentistry*. août 2019;**28(4)**:388-99.
19. Jensen OT, Shulman LB, Block MS, Iacono VJ. Report of the Sinus Consensus Conference of 1996. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 1998;**13 Suppl**:11-45.

20. Canceill T, Kichenbrand C, Joniot S, Moby V. Les substituts osseux en odontologie. *L'Information Dentaire*. 15 mars 2018;**(3)**:46-51.
21. Dr Dr Peter Ehrl, Dr Ulrich Fürst, Dr Arndt Happe, Professor Dr Fouad Khoury, Professor Dr Pavel Kobler, Professor Dr Vitomir Konstantinovic, PD Dr H.J. Nickenig, Professor Dr Hakan Özyuvaci, PD Dr Dr Daniel Rothamel, Dr Witold Tomkiewicz,, Dr Jairo Vargas, Professor Dr Andrzej Wojtowicz, Professor Dr Dr Joachim E. Zöller. Cologne Classification of Alveolar Ridge Defects (CCARD) [Internet]. 2013 févr. Disponible sur: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgleclefindmkaj/https://bdizedi.org/wp-content/uploads/pdf/GuidelinesEuropeanConsensusConference/guidelines_Konsensus-Leitfaden-2013_engl.pdf
22. Goyal S, Masood M, Le C, Rajendran Y, Nanjapa S, Vaderhobli R. Comparative Bone Graft Evaluation for Dental Implant Success: An Evidence-Based Review. *Journal of Long-Term Effects of Medical Implants*. 2021;**31(3)**:33-44.
23. Elakkiya S, Ramesh AS, Prabhu K. Systematic analysis on the efficacy of bone enhancement methods used for success in dental implants. *Journal of Indian Prosthodontic Society*. 2017;**17(3)**:219-25.
24. Levasseur R. Physiologie du tissu osseux. *Appareil Locomoteur*. 1 févr 2019;**33(1)**:1-24
25. Capulli M, Paone R, Rucci N. Osteoblast and osteocyte: games without frontiers. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 1 nov 2014;**561**:3-12.
26. Schaffler MB, Cheung WY, Majeska R, Kennedy O. Osteocytes: Master Orchestrators of Bone. *Calcified tissue international*. janv 2014;**94(1)**:5-24.
27. Cappariello A, Maurizi A, Veeriah V, Teti A. The Great Beauty of the osteoclast. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 15 sept 2014;**558**:70-8.
28. Wolff J. The Law of Bone Remodelling. Springer Science & Business Media; 2012. 310 p.
29. Goldberg M. Os des maxillaires et de la mandibule. *Chirurgie Orale Maxillo-Faciale*. 1 mai 2016;**29(2)**:1-13.
30. Physiologie du tissu osseux - ClinicalKey Student [Internet]. [cité 20 juill 2023]. Disponible sur: <https://www-clinicalkey-com-s.docadis.univ-tlse3.fr/student/content/emc/51-s2.0-S0246052118666215>
31. Bouchard P. Parodontologie et dentisterie implantaire. Lavoisier Médecine. Vol. Volume 1- Médecine parodontale. 2015.
32. Bonewald LF, Johnson ML. Osteocytes, Mechanosensing and Wnt Signaling. *Bone*. avr 2008;**42(4)**:606-15.
33. Tu X, Rhee Y, Condon KW, Bivi N, Allen MR, Dwyer D, et al. Sost downregulation and local Wnt signaling are required for the osteogenic response to mechanical loading. *Bone*. janv 2012;**50(1)**:209-17.
34. Araujo MG, Lindhe J. Peri-implant health. *Journal of Clinical Periodontology*. 2018;**45(S20)**:S230-6.
35. Albrektsson T. Osteoinduction, osteoconduction and osseointegration. *European Spine Journal*. 2001;**10**:S96-101.
36. Masson E. EM-Consulte. [cité 22 sept 2023]. Biologie de la réparation osseuse : technique d'augmentation du volume osseux implantable. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/675334/biologie-de-la-reparation-osseuse-technique-d-augm>
37. Tan WL, Wong TLT, Wong MCM, Lang NP. A systematic review of post-extraction alveolar hard and soft tissue dimensional changes in humans. *Clinical Oral Implants Research*. févr 2012;**23 Suppl 5**:1-21.
38. Chappuis V, Araújo MG, Buser D. Clinical relevance of dimensional bone and soft tissue alterations post-extraction in esthetic sites. *Periodontology 2000*. 2017;**73(1)**:73-83
39. Haute Autorité de Santé. Protocole National de Diagnostic et de Soins (PNDS). Agnésies dentaires multiples : Oligodontie et anodontie. Argumentaire scientifique [Internet]. 2021. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/jcms/p_3301901/fr/agenesies-dentaires-multiples-oligodontie-et-anodontie-argumentaire

40. Schropp L, Wenzel A, Kostopoulos L, Karring T. Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: a clinical and radiographic 12-month prospective study. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*. août 2003;**23(4)**:313-23.
41. Orestes-Cardoso S, Nefussi JR, Lezot F, Oboeuf M, Pereira M, Mesbah M, et al. Msx1 is a regulator of bone formation during development and postnatal growth: in vivo investigations in a transgenic mouse model. *Connective Tissue Research*. 2002;**43(2-3)**:153-60.
42. Branemark PI, Albrektsson T, Zarb G. Prothèses ostéo intégrées : l'ostéointégration en pratique clinique. 1988.
43. Barikani H, Rashtak S, Akbari S, Badri S, Daneshparvar N, Rokn A. The effect of implant length and diameter on the primary stability in different bone types. *Journal of Dentistry (Tehran, Iran)*. sept 2013;**10(5)**:449-55.
44. Fiorillo L, Ciccù M, Tözüm TF, D'Amico C, Oteri G, Cervino G. Impact of bisphosphonate drugs on dental implant healing and peri-implant hard and soft tissues: a systematic review. *BMC Oral Health*. 17 juill 2022;**22(1)**:291.
45. Sanz-Sánchez I, Sanz-Martín I, Ortiz-Vigón A, Molina A, Sanz M. Complications in bone-grafting procedures: Classification and management. *Periodontology 2000*. févr 2022;**88(1)**:86-102.
46. Gaudy JF. Atlas d'anatomie implantaire, 2e édition. Elsevier Masson. 2011. 235 p.
47. Vacher C. Bases anatomiques de l'abord du sinus maxillaire pour l'implantologie. *AOS*. oct 2013;**(265)**:19-23.
48. Russe P, Missika P. Débuter en implantologie : la phase chirurgicale. *Les Cahiers de prothèse*. déc 2007;**(140)**.
49. Al-Johany SS, Al Amri MD, Alsaeed S, Alalola B. Dental Implant Length and Diameter: A Proposed Classification Scheme. *Journal of Prosthodontics: Official Journal of the American College of Prosthodontists*. avr 2017;**26(3)**:252-60.
50. European Dental Association of Implantologists, Jörg Neugebauer, PhD, Joachim E. Zöllner, PhD, MD, DMD, Department of Cranio-maxillofacial and Plastic Surgery, and Interdisciplinary Department for Oral Surgery and Implantology, et al. Guideline 2023 2nd Update on short, angulated and diameter-reduced implants. Disponible sur: <https://bdizedi.org/wp-content/uploads/EDI-Journal/BDIZ-EDI-Journal-1-2023.pdf>
51. De March P, Corroy ASV, Wilk S. Il était une fois... le bridge collé en extension. *L'Information Dentaire*. 21 oct 2021;**(37)**:46-58.
52. Monje A, Kan JY, Borgnakke W. Impact of local predisposing/precipitating factors and systemic drivers on peri-implant diseases. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. août 2023;**25(4)**:640-60.
53. Chrcanovic BR, Kisch J, Albrektsson T, Wennerberg A. Factors influencing the fracture of dental implants. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. 2018;**20(1)**:58-67.
54. Noailles J, Milley A, Beau T. La vis, clef de voûte en implantologie. 2009;9.
55. Sailer I, Karasan D, Todorovic A, Ligoutsikou M, Pjetursson BE. Prosthetic failures in dental implant therapy. *Periodontol 2000*. févr 2022;**88(1)**:130-44.
56. Monje A, Chan HL, Galindo-Moreno P, Elnayef B, Suarez-Lopez del Amo F, Wang F, et al. Alveolar Bone Architecture: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Periodontology*. nov 2015;**86(11)**:1231-48.
57. Irinakis T. Rationale for socket preservation after extraction of a single-rooted tooth when planning for future implant placement. *Journal (Canadian Dental Association)*. déc 2006;**72(10)**:917-22.
58. O'Brien FJ. Biomaterials & scaffolds for tissue engineering. *Mater Today*. 1 mars 2011;**14(3)**:88-95.
59. Ghebontni I, Ducom L, Attik N, Goutaudier C, Pradelle-Plasse N, Grosogeat B, et al. Les verres bioactifs : composition, propriétés, méthodes de fabrication, applications cliniques. *Biomatériaux Cliniques*. 10 mars 2021;**(1)**:42-50.

60. Haute Autorité de Santé. Substituts osseux - Révision de catégories homogènes de dispositifs médicaux [Internet]. Saint-Denis La Plaine : HAS; 2013 mai. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2013-06/rapport_devaluation_des_substituts_osseux.pdf
61. Shamsoddin E, Houshmand B, Golabgiran M. Biomaterial selection for bone augmentation in implant dentistry: A systematic review. *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research*. 2019;**10(2)**:46-50.
62. Lie S a. N, Claessen RMMA, Leung C a. W, Merten HA, Kessler P a. WH. Non-grafted versus grafted sinus lift procedures for implantation in the atrophic maxilla: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. janv 2022;**51(1)**:122-32.
63. Esposito M, Felice P, Worthington HV. Interventions for replacing missing teeth: augmentation procedures of the maxillary sinus. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2014 [cité 14 oct 2023];(5). Disponible sur: <https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD008397.pub2/full?highlightAbstract=substitut%7Cbone%7Cmaxill%7Cmaxilla%7Csubstitute>
64. Al-nawas B. Augmentation procedures using bone substitute materials or autogenous bone - a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Oral Implantology*. 1 janv 2014 ;**7Suppl2**:S219-234
65. Borie E, Fuentes R, del Sol M, Oporto G, Engelke W. The influence of FDBA and autogenous bone particles on regeneration of calvaria defects in the rabbit: A pilot study. *Annals of Anatomy - Anatomischer Anzeiger*. 20 oct 2011;**193(5)**:412-7.
66. Chavda S, Levin L. Human Studies of Vertical and Horizontal Alveolar Ridge Augmentation Comparing Different Types of Bone Graft Materials: A Systematic Review. *The Journal of Oral Implantology*. févr 2018;**44(1)**:74-84.
67. Biobank - Biobank [Internet]. [cité 15 oct 2023]. Disponible sur: <https://www.biobank.fr/fr/biobank>
68. Galibourg A, Hautefaye M, Armand S. L'os allogénique. *L'Information Dentaire*. 8 févr 2017;**(6-7)**:42-7.
69. Canceill T, Kichenbrand C, Joniot S, Moby V. Les substituts osseux en odontologie - Partie 2 - Classification. *L'Information Dentaire*. 30 oct 2019;**(4)**:42-7.
70. Geistlich France: FAQ Dentaire Professionnels [Internet]. [cité 15 oct 2023]. Disponible sur: <https://www.geistlich.fr/dentaire-professionnels/faq>
71. Bio-Oss® [Internet]. [cité 2 févr 2024]. Disponible sur: <https://shop.geistlich.fr/fr/bio-ossr.html>
72. Ehrenfest DMD, Rasmusson L, Albrektsson T. Classification of platelet concentrates: from pure platelet-rich plasma (P-PRP) to leucocyte- and platelet-rich fibrin (L-PRF). *Trends in Biotechnology*. 1 mars 2009;**27(3)**:158-67.
73. Process for A-PRF - Advanced-PRF [Internet]. [cité 22 janv 2024]. Disponible sur: https://www.a-prf.com/index.php?option=com_content&view=article&id=75&Itemid=472&lang=fr
74. Ghanaati S, Booms P, Orłowska A, Kubesch A, Lorenz J, Rutkowski J, et al. Advanced platelet-rich fibrin: a new concept for cell-based tissue engineering by means of inflammatory cells. *The Journal of Oral Implantology*. déc 2014;**40(6)**:679-89.
75. Zunzarren R. PRP, PRF, PRGF... les plaquettes et la régénération tissulaire. *L'Information Dentaire*. 3 févr 2022;**(5)**:56-60.
76. Buser D, Urban I, Monje A, Kunrath MF, Dahlin C. Guided bone regeneration in implant dentistry: Basic principle, progress over 35 years, and recent research activities. *Periodontology 2000*. 2023;**93(1)**:9-25.
77. Gheno E, Alves GG, Ghiretti R, Mello-Machado RC, Signore A, Lourenço ES, et al. "Sticky Bone" Preparation Device: A Pilot Study on the Release of Cytokines and Growth Factors. *Materials*. 16 févr 2022;**15(4)**:1474.

78. Sohn DS, Huang B, Kim J, Park WE, Park CC. Utilization of Autologous Concentrated Growth Factors (CGF) Enriched Bone Graft Matrix (Sticky Bone) and CGF-Enriched Fibrin Membrane in Implant Dentistry. *The Journal of Implant & Advanced Clinical Dentistry*. 21 déc 2015;**7**:11-29.
79. Mourão CF de AB, Valiense H, Melo ER, Mourão NBMF, Maia MDC. Obtention of injectable platelets rich-fibrin (i-PRF) and its polymerization with bone graft: technical note. *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões*. déc 2015;**42**:421-3.
80. Egierska D, Perszke M, Mazur M, Duś-Ilnicka I. Platelet-rich plasma and platelet-rich fibrin in oral surgery: A narrative review. *Dental and Medical Problems*. 31 mars 2023;**60**(1):177-86.
81. Pierrefeu A, Sauvigné T, Cresseaux P, Jeannot PY, Breton P. Technique du coffrage en greffe osseuse préimplantaire mandibulaire postérieure : entre apposition et régénération. *Revue de Stomatologie et de Chirurgie Maxillo-faciale*. 1 sept 2012;**113**(4):322-6.
82. Larousse É. Définitions : membrane - Dictionnaire de français Larousse [Internet]. [cité 23 janv 2024]. Disponible sur: <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/membrane/50381>
83. Wang HL, Boyapati L. "PASS" Principles for Predictable Bone Regeneration. *Implant Dentistry*. mars 2006;**15**(1):8.
84. Antoun H. La régénération osseuse guidée : résultats, limites et perspectives. *Actualités Odonto-Stomatologiques*. févr 2013;**261**:11-21.
85. Urban IA, Montero E, Amerio E, Palombo D, Monje A. Techniques on vertical ridge augmentation: Indications and effectiveness. *Periodontology 2000*. 31 janv 2023; **93**(1):153-182
86. Meyer C, Camponovo T, Euvrard E, Chatelain B. Les membranes en chirurgie pré-implantaire. *Revue de Stomatologie et de Chirurgie Maxillo-faciale*. 1 sept 2012;**113**(4):212-30.
87. Jensen SS, Bosshardt DD, Gruber R, Buser D. Long-Term Stability of Contour Augmentation in the Esthetic Zone: Histologic and Histomorphometric Evaluation of 12 Human Biopsies 14 to 80 Months After Augmentation. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 2014;**85**(11):1549-56.
88. Urban IA, Montero E, Monje A, Sanz-Sánchez I. Effectiveness of vertical ridge augmentation interventions: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Periodontology*. 2019;**46**(S21):319-39.
89. Lim G, Lin GH, Monje A, Chan HL, Wang HL. Wound Healing Complications Following Guided Bone Regeneration for Ridge Augmentation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 2018;**33**(1):41-50.
90. Sbricoli L, Guazzo R, Annunziata M, Gobbato L, Bressan E, Nastri L. Selection of Collagen Membranes for Bone Regeneration: A Literature Review. *Materials*. 9 févr 2020;**13**(3):786.
91. Thoma DS, Bienz SP, Figuero E, Jung RE, Sanz-Martín I. Efficacy of lateral bone augmentation performed simultaneously with dental implant placement: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Periodontology*. juin 2019;**46** Suppl 21:257-76.
92. Garcia J, Dodge A, Luepke P, Wang HL, Kapila Y, Lin GH. Effect of membrane exposure on guided bone regeneration: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*. mars 2018;**29**(3):328-38.
93. Misch CM. Implant site development using ridge splitting techniques. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*. févr 2004;**16**(1):65-74, vi.
94. Esposito M, Grusovin MG, Felice P, Karatzopoulos G, Worthington HV, Coulthard P. Interventions for replacing missing teeth: horizontal and vertical bone augmentation techniques for dental implant treatment. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2009 [cité 14 oct 2023];(4). Disponible sur: <https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD003607.pub4/full?highlightAbstract=substitut%7Cbone%7Cimplant%7Cdental%7Csubstitute>
95. Starch-Jensen T, Becktor JP. Maxillary Alveolar Ridge Expansion with Split-Crest Technique Compared with Lateral Ridge Augmentation with Autogenous Bone Block Graft: a Systematic Review. *Journal of Oral & Maxillofacial Research*. 2019;**10**(4):e2.

96. Waechter J, Leite FR, Nascimento GG, Carmo Filho LC, Faot F. The split crest technique and dental implants: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 1 janv 2017;**46(1)**:116-28.
97. Rawat A, Thukral H, Jose A. Indirect Sinus Floor Elevation Technique with Simultaneous Implant Placement without Using Bone Grafts. *Annals of Maxillofac Surgery*. 2019;**9(1)**:96-102.
98. Molina A, Sanz-Sánchez I, Sanz-Martín I, Ortiz-Vigón A, Sanz M. Complications in sinus lifting procedures: Classification and management. *Periodontology 2000*. févr 2022;**88(1)**:103-15.
99. Parra M, Atala-Acevedo C, Fariña R, Haidar ZS, Zaror C, Olate S. Graftless Maxillary Sinus Lift Using Lateral Window Approach: A Systematic Review. *Implant Dentistry*. févr 2018;**27(1)**:111-8.
100. Viña-Almunia J, Peñarrocha-Diago M, Peñarrocha-Diago M. Influence of perforation of the sinus membrane on the survival rate of implants placed after direct sinus lift. Literature update. *Medicina Oral, Patología Oral Y Cirugía Bucal*. 1 mars 2009;**14(3)**:E133-136.
101. de Gabory L, Catherine JH, Molinier-Blossier S, Lacan A, Castillo L, Russe P, et al. Recommandations de bonnes pratiques de la SFORL lors des chirurgies implantaire en rapport avec le sinus maxillaire. *Annales françaises d'Oto-rhino-laryngologie et de Pathologie Cervico-faciale*. 1 févr 2020;**137(1)**:51-7.
102. Clementini M, Morlupi A, Agrestini C, Barlattani A. Immediate versus delayed positioning of dental implants in guided bone regeneration or onlay graft regenerated areas: a systematic review. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 1 mai 2013;**42(5)**:643-50.
103. Samtmann O. Os reconstruit et implant : une liaison dangereuse ? *L'Information Dentaire*. 24 nov 2023;**(41)**:100-7.
104. Galindo-Moreno P, Abril-García D, Carrillo-Galvez AB, Zurita F, Martín-Morales N, O'Valle F, et al. Maxillary sinus floor augmentation comparing bovine versus porcine bone xenografts mixed with autogenous bone graft. A split-mouth randomized controlled trial. *Clinical Oral Implants Research*. mai 2022;**33(5)**:524-36.
105. Huang HL, Hsu JT, Chen MYC, Liu C, Chang CH, Li YF, et al. Microcomputed tomography analysis of particular autogenous bone graft in sinus augmentation at 5 months: differences on bone mineral density and 3D trabecular structure. *Clinical Oral Investigations*. mars 2013;**17(2)**:535-42.
106. Didier P, Piotrowski B, Le Coz G, Joseph D, Bravetti P, Laheurte P. Finite Element Analysis of the Stress Field in Peri-Implant Bone: A Parametric Study of Influencing Parameters and Their Interactions for Multi-Objective Optimization. *Applied Sciences*. 28 août 2020;**10**:5973.
107. Sevimay M, Turhan F, Kiliçarslan MA, Eskitascioglu G. Three-dimensional finite element analysis of the effect of different bone quality on stress distribution in an implant-supported crown. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. mars 2005;**93(3)**:227-34.
108. Herrero-Climent M, Santos-García R, Jaramillo-Santos R, Romero-Ruiz MM, Fernández-Palacin A, Lázaro-Calvo P, et al. Assessment of Osstell ISQ's reliability for implant stability measurement: A cross-sectional clinical study. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*. nov 2013;**18(6)**:e877-82.
109. Huang H, Xu Z, Shao X, Wismeijer D, Sun P, Wang J, et al. Multivariate linear regression analysis to identify general factors for quantitative predictions of implant stability quotient values. *PLoS ONE*. 30 oct 2017;**12(10)**:e0187010.
110. Winter W, Möhrle S, Holst S, Karl M. Parameters of implant stability measurements based on resonance frequency and damping capacity: a comparative finite element analysis *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 2010;**25(3)**:532-9.
111. Gultekin BA, Cansiz E, Borahan MO. Clinical and 3-Dimensional Radiographic Evaluation of Autogenous Iliac Block Bone Grafting and Guided Bone Regeneration in Patients With Atrophic Maxilla. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 1 avr 2017;**75(4)**:709-22.

112. Oenning AC, Jacobs R, Salmon B, DIMITRA Research Group (<http://www.dimitra.be>). ALADAIP, beyond ALARA and towards personalized optimization for paediatric cone-beam CT. *International Journal of Paediatric Dentistry*. sept 2021;**31(5)**:676-8.
113. Haute Autorité de Santé. Conditions de réalisation des actes d'implantologie orale : environnement technique [Internet]. 2008. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2008-07/rapport_implantologie_orale_vd.pdf
114. Lesclous P, Bensahel JJ, Blanchard P. Prescription des antibiotiques en pratique bucco-dentaire. Recommandations de Bonne Pratique. [Internet]. 2011 juill. Disponible sur: <https://ansm.sante.fr/uploads/2021/02/04/reco-prescription-des-antibiotiques-en-pratique-buccodentaire-septembre2011.pdf>
115. Haute Autorité de Santé. Niveau de preuve et gradation des recommandations de bonnes pratiques. Etat des lieux. [Internet]. 2013 avr. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2013-06/etat_des_lieux_niveau_preuve_gradation.pdf
116. Statement on ASA Physical Status Classification System [Internet]. [cité 5 févr 2024]. Disponible sur: <https://www.asahq.org/standards-and-practice-parameters/statement-on-asa-physical-status-classification-system>
117. Sakkas A, Schramm A, Winter K, Wilde F. Risk factors for post-operative complications after procedures for autologous bone augmentation from different donor sites. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. 1 févr 2018;**46(2)**:312-22.
118. Association Francophone des Soins Oncologiques de Support. Toxicités bucco-dentaires et cancer (radiothérapie) [Internet]. 2020 oct. Disponible sur: https://www.afsos.org/wp-content/uploads/2021/02/Toxicit%C3%A9s-bucco-dentaires-et-cancer-rth_AFSOS.pdf
119. Urban I, Sanz-Sánchez I, Monje A, Montero E. Complications and treatment errors in peri-implant hard tissue management. *Periodontology 2000*. 2023;**92(1)**:278-98.
120. Aloy-Prósper A, Carramolino-Cuéllar E, Peñarrocha-Oltra D, Soto-Peñaloza D, Peñarrocha-Diago M. Intraoral onlay block bone grafts versus cortical tenting technique on alveolar ridge augmentations: a systematic review. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*. 1 mars 2022;**27(2)**:e181-90.
121. Schlund M, Meeus J, Politis C, Ferri J. Management of sinus graft infection-a systematic review. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. mai 2022;**51(5)**:690-8.
122. Rocuzzo A, Marchese S, Worsaae N, Jensen SS. The sandwich osteotomy technique to treat vertical alveolar bone defects prior to implant placement: a systematic review. *Clinical Oral Investigations*. mars 2020;**24(3)**:1073-89.
123. SFCO. Gestion péri-opératoire des patients traités par antithrombotiques en chirurgie orale en collaboration avec la Société Française de Cardiologie et le Groupe d'Intérêt en Hémostase Péri -Opératoire [Internet]. 2015 juill. Disponible sur: https://societechirorale.com/wp-content/uploads/2023/06/recommandations_festion_peri_operatoire_2015_court.pdf
124. Schimmel M, Srinivasan M, McKenna G, Müller F. Effect of advanced age and/or systemic medical conditions on dental implant survival: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*. oct 2018;**29(S16)**:311-30.
125. Boussaïd M, Samama M, Foy JP, Bleibtreu A, Bertolus C, Gellee T. Postoperative infections after sinus lifts and onlay grafts in penicillin allergic patients. *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery*. 10 janvier 2024;**125(5)**:101764.
126. Colombier ML, Huck O, Jeanne S, Monnet-Corti V, Rangé H, Soueidan A. Référentiel internat en parodontologie sous l'égide du collège national des enseignants en parodontologie. *Information Dentaire*. 2023.
127. Paredes-Rodríguez VM, Torrijos-Gómez G, González-Serrano J, López-Pintor-Muñoz RM, López-Bermejo MA, Hernández-Vallejo G. Quality of life and oral health in elderly. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*. déc 2016;**8(5)**:e590-6.

Table des illustrations

- Figure 1 : Schéma d'un cycle de remodelage osseux (28)
- Figure 2 : Schéma de l'organisation du tissu osseux, créé avec BioRender.com (Iconographie personnelle)
- Figure 3 : Schéma du développement embryologique de la cavité orale (1)
- Figure 4 : Schéma du réseau vasculaire dentaire et parodontal (1)
- Figure 5 : Coupes histologiques issues de mandibules de chien Beagle. Coloration à l'hématoxyline-éosine ; grossissement $\times 16$ (8)
- Figure 6 : Perte osseuse radiographique linguale et vestibulaire selon le secteur (15)
- Figure 7 : Schéma des parties d'un implant, créé avec BioRender.com (Iconographie personnelle)
- Figure 8 : Coupes histologiques d'un implant posé dans de l'os de mini-porc. Echelle 500 μm (16)
- Figure 9 : Evolution de la stabilité mécanique et biologique de l'implant en fonction du temps (16)
- Figure 10 : Photographies intra-buccales d'un patient présentant des agénésies, courtoisie Dr NADAL Florian
- Figure 11 : Extrait du site internet de Geistlich® (80)
- Figure 12 : Extrait de la plaquette commerciale de BIObank® (75)
- Figure 13 : Illustration de l'hémostase, créé avec BioRender.com (Iconographie personnelle)
- Figure 14 : Capture d'écran issue de la vidéo de présentation du protocole de réalisation du A-PRF® (82)
- Figure 15 : Photographies du A-PRF® isolé (83)
- Figure 16 : Photographie de Sticky Bone®, issu de (88)
- Figure 17 : Résumé de la CCARD (30)
- Figure 18 : Photographies d'un cas clinique utilisant une membrane PTFE et une greffe particulaire d'os autogène et xénogénique bovin en proportion 60/40, issu de (93)
- Figure 19 : Photographie clinique d'une expansion de crête mandibulaire par (16)
- Figure 20 : Photographie d'un cas clinique utilisant une technique de greffe en onlay par (93)
- Figure 21 : Photographies cliniques d'un soulevé de sinus par voie crestale (106)
- Figure 22 : Photographie clinique d'un abord sinusien par voie latérale (106)
- Figure 23 : Coupe histologique d'un prélèvement issu d'une greffe osseuse allogénique et xénogénique en proportions égales (111)
- Figure 24 : Photographies intrabuccales d'une complication post-opératoire (51)
- Figure 25 : Diagramme de flux illustrant le processus de sélection des sujets
- Figure 26 : Type d'antibiotique prescrit en prémédication
- Figure 27 : Répartition des techniques d'augmentation osseuse utilisées
- Figure 28 : Evaluation du succès de l'augmentation osseuse

Tableau 1 : Caractéristiques des sujets à l'inclusion

Tableau 2 : Différents biomatériaux utilisés

Tableau 3 : Survenue de complication de greffe selon la technique utilisée

Tableau 4 : Comparaison des groupes « implantable » et « non implantable » concernant les caractéristiques des sujets, l'utilisation de PRF® et la survenue de complication post-greffe

Tableau 5 : Résultats des analyses bivariées pour les groupes « comorbidité(s) » vs « absence de comorbidité » et « combinaison des techniques » vs « unique technique utilisée » concernant le succès de la greffe et la survenue de complication de greffe

**TECHNIQUES D'AUGMENTATION OSSEUSE AU CHU DE
TOULOUSE, TAUX DE SUCCES, FACTEURS D'INFLUENCE ET
EVALUATION DES PRATIQUES : UNE ETUDE
OBSERVATIONNELLE.**

RESUME : Le rétablissement d'un volume osseux par le biais d'une greffe est parfois essentiel pour assurer un placement implantaire prothétiquement et biologiquement cohérent. L'objectif de cette étude est d'évaluer le succès des chirurgies d'augmentation osseuse, réalisées au sein du service de chirurgie orale du CHU de Toulouse, au travers de la possibilité de placement d'un implant « standard » consécutivement à ces chirurgies. Parmi les 54 sujets inclus, ayant bénéficié d'une greffe osseuse et d'une imagerie CBCT (Cone Beam Computer Tomography) 4 à 6 mois après, 48 pourront bénéficier d'une pose implantaire (88,9%). Les 6 sujets (11,1%), pour qui une reprise de greffe est inévitable, ont connu significativement plus de complications post-greffe. Ainsi, l'identification des facteurs d'influence de ces greffes et la prévention des complications permettront d'augmenter les taux de succès.

**BONE AUGMENTATION SURGERY AT TOULOUSE UNIVERSITY
HOSPITAL, SUCCESS RATES, INFLUENCE FACTORS AND PRACTICE
ASSESSMENT: AN OBSERVATIONAL STUDY.**

ABSTRACT: Restoration of bone volume by bone grafting is often needed to ensure a consistent prosthetic and biologic implant placement. The aim of the study is to evaluate the success of bone augmentation techniques, through the possibility of “standard” implant placement, at Toulouse University Hospital. Among the 54 patients included, who received this type of surgery and had a CBCT (Cone Beam Computer Tomography) made between 4 and 6 months after, implant placement could be possible for 48 of them (88.9%). The 6 patients (11.1%), for whom re-grafting is necessary, experienced significantly more complications after the graft. Consequently, identifying the factors influencing these transplants and preventing complications will therefore help to increase success rates.

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Chirurgie dentaire

MOTS-CLES : succès des greffes osseuses, facteurs d'influence des greffes osseuses, reconstruction osseuse, implantologie, chirurgie pré-implantaire, biomatériaux, techniques de greffe osseuse, CHU de Toulouse

INTITULE ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE :

Université Toulouse III – Paul Sabatier
Faculté de santé – Département d'Odontologie, 3 chemin des Maraîchers 31062 Toulouse
Cedex 09

DIRECTEUR DE THESE : Dr Antoine DUBUC