



**HAL**  
open science

## Grille titane personnalisée : autour d'un cas clinique

Nathan Nicolas

► **To cite this version:**

Nathan Nicolas. Grille titane personnalisée : autour d'un cas clinique. Sciences du Vivant [q-bio]. 2021. dumas-03364415

**HAL Id: dumas-03364415**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03364415>**

Submitted on 4 Oct 2021

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

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

THÈSE POUR L'OBTENTION DU  
**DIPLÔME D'ETAT de DOCTEUR EN CHIRURGIE  
DENTAIRE**

Présentée et soutenue publiquement le 07/09/2021

Par NICOLAS Nathan  
Né le 04/08/1994 à Les Abymes (971)

**GRILLE TITANE PERSONNALISÉE: AUTOUR D'UN CAS CLINIQUE**

Sous la direction de : JACQUEMONT Mathilde

Membres du jury :

|                          |                                      |            |
|--------------------------|--------------------------------------|------------|
| M. Sylvain CATROS        | Professeur des universités           | Président  |
| M. Yves LAUVERJAT        | Maître de conférence des universités | Rapporteur |
| Mme. JACQUEMONT Mathilde | Assistante hospitalo-universitaire   | Directrice |
| Mme. FENELON Mathilde    | Maître de conférence des universités | Assesseur  |
| M. POPELUT Antoine       | Praticien libéral                    | Assesseur  |

# UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

MAJ  
11/01/2021

**Président** M. TUNON DE LARA Manuel

**Directeur de Collège des Sciences de la Santé** M. PELLEGRIN Jean-Luc

## **COLLÈGE DES SCIENCES DE LA SANTE UNITÉ DE FORMATION ET DE RECHERCHE DES SCIENCES ODONTOLOGIQUES**

**Directrice** Mme BERTRAND Caroline 58-01

**Directeur adjoint à la pédagogie** Mr DELBOS Yves 56-01

**Directeur Adjoint – Chargé de la Recherche** M CATROS Sylvain 57-01

**Directeur Adjoint – Chargé des Relations Internationales** M SEDARAT Cyril 57-01

## **ENSEIGNANTS DE L'UFR**

### **PROFESSEURS DES UNIVERSITES**

|     |                 |             |   |       |
|-----|-----------------|-------------|---|-------|
| Mme | Caroline        | BERTRAND    | Prothèse dentaire                                     | 58-01 |
| Mme | Marie-José      | BOILEAU     | Orthopédie dento-faciale                              | 56-01 |
| M   | Sylvain         | CATROS      | Chirurgie orale                                       | 57-01 |
| M   | Raphaël         | DEVILLARD   | Dentisterie restauratrice et endodontie               | 58-01 |
| Mme | Véronique       | DUPUIS      | Prothèse dentaire                                     | 58-01 |
| M.  | Bruno           | ELLA NGUEMA | Sciences anatomiques et physiologiques - Biomatériaux | 58-01 |
| M.  | Jean-Christophe | FRICAIN     | Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique       | 57-01 |

### **MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES**

|     |            |          |  |       |
|-----|------------|----------|--|-------|
| Mme | Elise      | ARRIVÉ   | Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale | 56-02 |
| Mme | Audrey     | AUSSEL   | Sciences anatomiques et physiologiques                               | 58-01 |
| Mme | Cécile     | BADET    | Biologie Orale   | 57-01 |
| M.  | Etienne    | BARDINET | Orthopédie dento-faciale   | 56-01 |
| M.  | Michel     | BARTALA  | Prothèse dentaire  | 58-01 |
| M.  | Cédric     | BAZERT   | Orthopédie dento-faciale   | 56-01 |
| M.  | Christophe | BOU      | Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale | 56-02 |

|     |                 |              |  |       |
|-----|-----------------|--------------|--|-------|
| Mme | Sylvie          | BRUNET       | Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique                      | 57-01 |
| M.  | Jacques         | COLAT PARROS | Sciences anatomiques et physiologiques                               | 58-01 |
| M,  | Jean-Christophe | COUTANT      | Sciences anatomiques et physiologiques                               | 58-01 |
| M.  | François        | DARQUE       | Orthopédie dento-faciale   | 56-01 |
| M.  | François        | DE BRONDEAU  | Orthopédie dento-faciale   | 56-01 |
| M.  | Yves            | DELBOS       | Odontologie pédiatrique  | 56-01 |
| M,  | Emmanuel        | D'INCAU      | Prothèse dentaire  | 58-01 |
| Mme | Mathilde        | FENELON      | Chirurgie orale  | 57-01 |
| Mme | Elsa            | GAROT        | Odontologie pédiatrique  | 56-01 |
| M.  | Dominique       | GILLET       | Dentisterie restauratrice et endodontie                              | 58-01 |
| Mme | Olivia          | KEROUREDAN   | Dentisterie restauratrice et endodontie                              | 58-01 |
| M.  | Jean-François   | LASSERRE     | Prothèse dentaire  | 58-01 |
| M.  | Yves            | LAUVERJAT    | Parodontologie   | 57-01 |
| Mme | Odile           | LAVIOLE      | Prothèse dentaire  | 58-01 |
| Mme | Javotte         | NANCY        | Odontologie pédiatrique  | 56-01 |
| M.  | Adrien          | NAVEAU       | Prothèse dentaire  | 58-01 |
| M.  | Philippe        | POISSON      | Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale | 56-02 |
| M.  | Patrick         | ROUAS        | Odontologie pédiatrique  | 56-01 |
| M.  | Johan           | SAMOT        | Biologie Orale   | 57-01 |
| Mme | Maud            | SAMPEUR      | Orthopédie dento-faciale   | 56-01 |
| M.  | Cyril           | SEDARAT      | Parodontologie   | 57-01 |
| Mme | Noélie          | THEBAUD      | Biologie Orale   | 57-01 |
| M.  | Eric            | VACHEY       | Dentisterie restauratrice et endodontie                              | 58-01 |

#### **AUTRES ENSEIGNANTS**

|    |          |               |  |       |
|----|----------|---------------|--|-------|
| M. | Cédric   | FALLA         | Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale | 56-02 |
| M. | François | ROUZÉ L'ALZIT | Prothèse dentaire  | 58-01 |

**ASSISTANTS**

|     |                |                    |  |       |
|-----|----------------|--------------------|--|-------|
| M.  | Bastien        | BERCAULT           | Chirurgie Orale  | 57-01 |
| M.  | Baptiste       | BERGES             | Prothèse dentaire  | 58-01 |
| Mme | Mathilde       | BOUDEAU            | Odontologie conservatrice – Endodontie                               | 58-01 |
| Mme | Virginie       | CHUY               | Prévention épidémiologie- Economie de la santé- Odontologie légale   | 56-02 |
| M.  | Pierre-Hadrien | DECAUP             | Prothèse dentaire  | 58-01 |
| Mme | Laura          | DONNET             | Biologie Orale   | 57-01 |
| Mme | Julia          | ESTIVALS           | Odontologie pédiatrique  | 56-02 |
| M.  | Pierre-André   | GUILLAUD           | Parodontologie   | 57-01 |
| Mme | Jane           | GOURGUES           | Prévention épidémiologie- Economie de la santé- Odontologie légale   | 56-02 |
| M   | Louis          | HUAULT             | Sciences anatomiques et physiologiques                               | 58-01 |
| Mme | Mathilde       | JACQUEMONT         | Parodontologie   | 57-01 |
| Mme | Clémence       | JAECK              | Prothèse dentaire  | 58-01 |
| M.  | Aymeric        | JOUBERT DU CELLIER | Dentisterie restauratrice et endodontie                              | 58-01 |
| M   | Jean-Baptiste  | IRIBARREN          | Dentisterie restauratrice et endodontie                              | 58-01 |
| Mme | Claudine       | KHOURY             | Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale | 56-02 |
| Mme | Camille        | LACAULE            | Orthopédie dento-faciale   | 56-01 |
| M.  | Antoine        | LAFITTE            | Orthopédie dento-faciale   | 56-01 |
| Mme | Léa            | MASSÉ              | Prothèse dentaire  | 58-01 |
| Mme | Aude           | MENARD             | Prothèse dentaire  | 58-01 |
| M   | Florian        | PITEU              | Prothèse dentaire  | 58-01 |
| Mme | Rawen          | SMIRANI            | Parodontologie   | 57-01 |
| Mme | Florianne      | VILLAT             | Dentisterie restauratrice et endodontie                              | 58-01 |
| M.  | Clément        | VACHEY             | Odontologie conservatrice – Endodontie                               | 58-01 |
| M   | Paul           | VITIELLO           | Prothèse dentaire  | 58-01 |
| Mme | Sophia         | ZIANE              | Odontologie conservatrice – Endodontie                               | 58-01 |
| Mme | Laurie         | FUCHS              | Odontologie pédiatrique  | 56-01 |

### A notre Président de thèse

Monsieur le Professeur Sylvain CATROS  
Professeur des Universités - Praticien Hospitalier  
Sous-section Chirurgie Orale - 57-01

*Je vous remercie d'honorer ce jury de thèse en qualité de président. Merci pour votre pédagogie, et le partage de votre passion pour la chirurgie. J'ai eu plaisir à progresser sous votre encadrement, pour vos qualités humaines et d'enseignant. Je vous exprime toute ma gratitude.*

*Veillez trouver dans ce travail l'expression de mon sincère et profond respect.*

### A notre Directrice de thèse

Madame le Docteur Mathilde JACQUEMONT  
Assistante Hospitalo-universitaire  
Sous-section parodontologie - 57-01

*Je vous remercie d'avoir accepté d'être ma directrice de thèse. Je vous remercie de votre patience, de vos conseils, de votre implication et de votre disponibilité dans cette année chargée d'évènements. Je me souviens de vos débuts, où déjà, en qualité d'interne, votre dynamisme, votre robustesse, votre professionnalisme, la qualité de votre travail m'inspiraient respect et admiration.*

*Veillez trouver ici l'expression de ma gratitude et de mes sentiments les plus sincères.*

### A notre Rapporteur de thèse

Monsieur le Docteur Yves LAUVERJAT  
Maître de conférence des Universités - Praticien Hospitalier  
Sous-section parodontologie - 57-01

*Je vous remercie d'avoir fait le rapport de ce travail, et de siéger à ce jury. Je vous remercie également de votre enseignement au cours de mon cursus au service de Pellegrin. Merci pour la clarté de votre enseignement ainsi que votre disponibilité.*

*Veillez trouver ici le témoignage de ma profonde reconnaissance et de mon respect.*

A notre Assesseur de thèse

Madame le Docteur Mathilde FENELON

Maître de conférence des universités - Praticien Hospitalier

Sous-section chirurgie Orale - 57-01

*Je vous remercie d'avoir accepté de prendre place dans ce jury. Merci également de l'enseignement que vous m'avez apporté. Je regrette que les affectations hospitalières ne m'aient jamais permis de travailler à vos côtés.*

*Veillez accepter l'expression de ma gratitude et de mon grand respect.*

A notre Assesseur de thèse

Monsieur le Docteur Antoine POPELUT

*Je vous remercie de m'avoir fait confiance dans la présentation de votre cas clinique. Merci de votre implication dans la réalisation de ce travail. Merci également de la qualité de l'enseignement que vous m'avez apporté tout au long de mes études.*

*Veillez trouver dans ce travail le témoignage de ma gratitude et de mes sentiments les plus sincères.*

*Je souhaite également remercier mes parents, pour tout l'amour et le soutien que j'ai reçu jusqu'ici, même si pour vous c'est une évidence.*

*Je remercie Maël, Sarah mes tortionnaires d'antan, mes mentors d'aujourd'hui. L'école de la vie n'a pas toujours été facile mais vous avez fait de moi celui que je suis. Le petit dernier vous regardera toujours avec la même admiration. An kè an mwen zo yé, an kè an mwen zo ké rété.*

*Merci à Maïna, de donner vie à mon existence. Et pour ton aide précieuse lors de nos études et de ce travail. Mwen émèw.*

*Merci à Lélé, Lili, Arthy pour avoir transformé nos pires années en pur régal. Nou té bien ri mais sa poko fini bandé ti ravèt!*

*Merci à toi Ju le parolier de Brazzaville, j'espère que tous nos projets verront le jour et que d'autres suivront!*

*Merci à tous ceux qui ont sublimé ma folle aventure bordelaise, les inarrêtables démons de mes nuits, Guigui, Niot, Tim, Melvinator, Romain, Alex, Julien, Maïa.*

## Table des matières

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Introduction</b>   | <b>13</b> |
| <b>1. Le tissu osseux</b>   | <b>14</b> |
| <b>1.1 Anatomie, classifications de l'os alvéolaire: type d'os et cytologie</b> | <b>14</b> |
| 1.1.1 Anatomie maxillaire et mandibulaire                                       | 14        |
| 1.1.2 Os alvéolaire   | 14        |
| 1.1.3 Classifications de type osseux  | 15        |
| 1.1.4 Cytologie et tropisme osseux  | 17        |
| <b>1.2 Les défauts osseux</b>   | <b>19</b> |
| 1.2.1 Étiologie des défauts osseux  | 19        |
| 1.2.2 Classification des défauts osseux   | 19        |
| 1.2.3 Les défauts osseux complexes  | 20        |
| <b>1.3 Principe de la Régénération Osseuse Guidée</b>                           | <b>21</b> |
| 1.3.1 Choix de comblement osseux  | 21        |
| 1.3.2 Choix du type de barrière   | 23        |
| <b>2. Cas clinique</b>  | <b>26</b> |
| 2.1 Objectif  | 26        |
| 2.2 Rapport de cas  | 26        |
| 2.2.1 Anamnèse  | 26        |
| 2.2.2 Examen clinique   | 27        |
| 2.2.3 Examen radiographique   | 28        |
| 2.2.4 Décision thérapeutique  | 30        |
| 2.2.5 Présentation de la grille titane Yxoss CBR                                | 31        |
| 2.2.6 Procédure clinique  | 36        |
| 2.2.7 Résultat clinique   | 46        |
| <b>3. Résultats</b>   | <b>46</b> |
| 3.1 Suivi radiologique  | 47        |
| 3.2 Suivi endo-buccal   | 50        |
| 3.3 Qualité osseuse   | 50        |
| <b>4. Discussion</b>  | <b>51</b> |
| 4.1 Alternatives à la ROG   | 51        |
| 4.2 Succès de la technique de greffe avec grilles titanes                       | 52        |
| 4.3 Limites   | 54        |
| 4.4 Management des limites  | 56        |
| 4.5 Perspectives  | 58        |
| <b>Conclusion</b>   | <b>61</b> |
| <b>Bibliographie</b>  | <b>63</b> |

## INDEX DES TABLEAUX ET ILLUSTRATIONS

Figure 1: Illustration schématique de la classification de Leckholm et Zarb, en coupe transversale, d'après (4)

Figure 2: Cycle de remodelage osseux, d'après (10)

Figure 3: Illustration schématique de la classification de Seiber en coupe transversale (15)

Figure 4 : Illustration schématique du principe de la ROG, (a) défaut osseux initial, (b) maintien de l'espace de régénération osseuse, exclusion cellulaire, (c) néoformation osseuse d'après (23)

Figure 5: Tableau récapitulatifs des matériaux utilisable pour la ROG, selon (25)

Figure 6: Tableau récapitulatif des types de membranes (27)

Figure 7: Tableau récapitulatif des différentes grilles Titane (34)

Figure 8: Photographie du secteur 4 lors de la première consultation, avec une perte osseuse verticale (A) et horizontale (B). Courtoisie Dr Popelut

Figure 9: Radiographie panoramique réalisée en première consultation, on y voit le défaut osseux en secteur 4 avec une perte terminale autour des implants et 46, 47. Au niveau de 36, on note une image ostéolytique apicale ainsi qu'une lyse angulaire en distal, la dent présente une reconstitution volumineuse et sera extraite.

Figure 10: Coupes sagittales du scanner réalisé après la dépose des implants, au secteur 4 au niveau du défaut osseux.

Figure 11: Étape de la commande : définition du site, de l'étendue et du type d'augmentation prévu (35)

Figure 12: Étape de la commande : Positionnement et marque des implants (en option) (35)

Figure 13: Reconstitution 3D assistée par ordinateur de l'image radiographique (36)

Figure 14: Prévisualisation 3D du projet final proposé, créé par CAD. A Profil osseux proposé par reverse engineering. B Grille proposée. C Fonction de retrait intégré. D grille et positionnement implantaire. (36)

Figure 15: Représentation schématique du procédé de Frittage LASER sélectif (ou SLM), d'après (39)

Figure 16: Photographie du produit terminé avant conditionnement (36)

Figure 17: Projet validé pour Mme L. avant l'impression 3D. (A) Image du défaut reconstituée à partir du scanner, (B et C) grille conçue et son positionnement.

Figure 18: Photographies Préopératoires, avant dépose des couronnes (A), avant dépose des piliers (B), et avant incision (C). Peropératoires, ou la résorption est visible autour des deux implants (D, E). Courtoisie Dr Popelut

Figure 19: Photographie préopératoire de la récession osseuse, crête édentée concave. Courtoisie Dr Popelut

Figure 20: Photographies en vue occlusale (A), vestibulaire (B) avant décollement muqueux, et après avec débridement de la surface osseuse, on distingue l'emplacement des anciens implants (C) . Courtoisie Dr Popelut

Figure 21: Photographies de la grille titane personnalisée Yxoss CBR ® , (A) la vue occlusale montrant la fonction de retrait intégré Easy Removal Design ® , (B) vue vestibulaire où l'on aperçoit le numéro de référence, (C) essayage montrant un ajustage idéal, à 1,5 mm de 48 et 45 également à distance du foramen mentonnier, (D) chargée du mélange Bio-Oss ®, os autogène imbibé d'i-PRF, prêt à être posé. Courtoisie Dr Popelut

Figure 22: Photographies de la zone opératoire, (A) préparation du lit receveur avec perforation de la corticale, (B) grille fixée par le biais de deux minivis, (C) mise en place de la membrane collagénique Bio-Guide ® , (D) mise en place du C-PRF avant suture. Courtoisie Dr Popelut

Figure 23: Sutures en U, capital pour limiter la tension musculaire exercée sur les lambeaux avec du fil de PTFE. Sutures en O, pour refermer les berges, avec du fil vinyle 6.0. En vue vestibulaire (A) et occlusale (B). Courtoisie Dr Popelut

Figure 24: Reconstruction panoramique du scanner à 7 mois post opératoire. On y voit la crête augmentée avec la grille en place, fixée par ses deux vis.

Figure 25: Vue vestibulaire lors de la dépose des vis de fixation, (A) avant incision, (B) après décollement du lambeau sans incision de décharge, (C et D) dépose des vis. Courtoisie Dr Popelut

Figure 26: Dépose de la grille en trois temps (A, B, C), avec le découpage au niveau de la fonction Easy Removal Design<sup>®</sup>, et retrait de deux héli-grilles. Enfin (D) volume osseux greffé. On note qu'il subsiste un fragment de grille en vestibulaire retenu par l'os néoformé, facilement retiré. Courtoisie Dr Popelut

Figure 27: (A) crête osseuse après la dépose de l'ensemble de la grille (B), (C et D) les deux nouveaux implants posés en respectant les volumes osseux nécessaires à leur ostéointégration. Courtoisie Dr Popelut

Figure 28: Reconstructions 3D des scanners (A) pré- et (B) post-opératoires à 7 mois.

Figure 29: Coupes axiales radiographiques du défaut osseux après la dépose des implants (A). On note la présence du foramen mentonnier sur la limite antérieure de l'édentement, ainsi que les alvéoles post extractionnelles des implants. Et 7 mois après la greffe (B), l'intégralité du défaut a été comblé.

Figure 30: Reconstruction panoramiques pré- (A) et post- opératoires (B) à 7 mois. Une préservation alvéolaire a été réalisée après avulsion de la 36.

Figure 31: Photographies en vue vestibulaire avant greffe (A) le 15/07/2020 et avant la dépose de la grille (B) le 08/03/2021. Courtoisie Dr Popelut

Figure 32: Représentation des différents types de greffe, avec les paramètres étudiés dans l'étude de B. Elnayef et al. VRA: Augmentation verticale, VRB: Résorption verticale, ISR: Survie implantaire, SSR: Succès implantaire. (42)

Figure 33: Photographie d'une exposition de grille Yxoss CBR à 6 mois post-opératoire (45)

Figure 34: Technique d'incision en "poncho modifié", décrit par Sagheb et al. (image venant de la brochure ReOss)

Figure 35: Photos illustrant la classification de Hartmann et al. (A, B, C, D) font référence aux classes A, B, C, D. (52)

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

CBR: Customized bone regeneration en anglais, traduit par Régénération osseuse personnalisée

HNS: Hard, Normal, Soft en anglais, traduit par Dur, Normal, Mou

ROG: Régénération osseuse guidée

e-PTFE, d-PTFE: Polytétrafluoroéthylène, expansé, dense

CAD: Computer aided design en anglais, traduit par conception assistée par ordinateur

CAM: Computer aided manufacturing, traduit par fabrication assistée par ordinateur

RP: Rapid prototyping en anglais, traduit par prototypage rapide

SLM: Selective Laser melting en anglais, pour Fusion Laser sélective

LASER: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation en anglais, traduit par amplification de la lumière par émission stimulée de radiations

CBCT: Cone beam computed tomography en anglais, traduit par imagerie informatique volumétrique par faisceau conique

CT: Computed tomography

3D: 3 dimensions

DICOM (.dcm): Digital imaging and communications in medicine

STL (.stl): Stéréolithographie

ISO: Organisation internationale de la normalisation

ASTM: American Society for Testing Material

TCP: Titane commercialement pur

$\mu\text{m}$ , mm,  $\text{cm}^3$  : micromètre, millimètre, centimètre cube

PRF: Plasma riche en fibrine

i-PRF: Plasma riche en fibrine injecté

L-PRF: Plasma riche en fibrine et en plaquettes

CFAO: Conception et fabrication assistées par ordinateur

# Introduction

Dans toute situation clinique d'édentement les objectifs commun du patient et du praticien sont d'obtenir une réhabilitation esthétique et fonctionnelle. Qu'elle soit amovible ou fixe, à appuis dentaire ou implantaire, ces critères sont validés par une stabilité des tissus de soutien.

Lors d'une réhabilitation implantaire, c'est à partir du projet prothétique et l'analyse de la morphologie osseuse que le praticien détermine les options thérapeutiques. Face à un défaut osseux, la chirurgie pré-implantaire est parfois nécessaire. Elle répondra au projet prothétique en recréant des conditions tissulaires gingivales et osseuses indispensables à l'obtention de bons rapports muco-prothétiques.

Le traitement des défauts osseux majeurs comprend principalement une composante verticale parfois associée aux défauts horizontaux. La convergence de l'imagerie numérique, de l'informatique et de l'impression 3D a conduit à la conception et à l'élaboration de grilles en titane personnalisées Yxoss CBR® qui s'adaptent parfaitement aux contours du défaut. La morphologie initiale du défaut permet la conception d'une grille titane personnalisée qui comble un volume final idéal déterminé sur l'imagerie. L'association entre ce dispositif médical et le principe de régénération osseuse guidée permet d'obtenir un niveau osseux final.

A travers un cas clinique original, nous allons développer les étapes de réalisation de la grille titane personnalisée: en passant par sa conception, sa réalisation puis son utilisation clinique. Nous analyserons le résultat clinique obtenu.

# 1. Le tissu osseux

## 1.1 Anatomie, classifications de l'os alvéolaire: type d'os et cytologie

### 1.1.1 Anatomie maxillaire et mandibulaire

L'os maxillaire supérieur est un os pair du massif facial fixe. C'est un os pneumatifié à 3 faces. Son anatomie lui permet un transfert de pression lors de la mastication, avec des contraintes verticales. En revanche, il a une faiblesse horizontale.

L'os mandibulaire est le seul os du massif facial caudal, il est impair et mobile, relié au massif supérieur par les deux articulations temporo-mandibulaires.

On peut distinguer, au sein de ces structures osseuses, une partie basale et une partie alvéolaire. L'os basal correspond au corps osseux, plus volumineux son édification n'est pas liée à l'évolution des dents. L'os alvéolaire lui a avant tout un rôle de soutien de la dent. Sa formation et son évolution sont directement liées à l'organe dentaire. (1)

### 1.1.2 Os alvéolaire

C'est un tissu vivant, fragile et en remaniement permanent, très sensible à son environnement. Tant qu'il y a une activité masticatoire, l'ensemble se maintient.

La paroi alvéolaire, au contact radiculaire est formée d'os compact, mince: c'est la lame criblée ou lamina dura ou corticale interne. Sa structure intègre le système d'attache desmodontal: les fibres de Sharpey. Elle est constituée d'une portion d'os lamellaire et d'os fibreux où s'insèrent les principales fibres ligamentaires.

La couche externe vestibulaire, linguale ou palatine est une corticale osseuse dense identique à celle de l'os basal. Recouverte du périoste et de la gencive attachée. Elle est plus épaisse au maxillaire qu'à la mandibule. Son épaisseur croît de la ligne médiane aux molaires où elle est maximale, et est supérieure du côté lingual par rapport au côté vestibulaire. Elle est constituée histologiquement de systèmes lamellaires appliqués les uns contre les autres et de systèmes de Havers.

Entre ces deux parois, il existe l'os alvéolaire, plus volumineux, plus souple, malléable et vascularisé, il a un rôle de soutien. Sa structure dite spongieuse est formée de trabécules orientées dans le sens des contraintes subies par la dent. Il épouse la racine dentaire. L'os trabéculaire est en constant remaniement pour répondre aux contraintes et à l'usure dentaire au cours de la vie.(2,3)

### 1.1.3 Classifications de type osseux

Il existe différentes classifications de types osseux reconnues pour en déterminer la qualité et la quantité.

➤ Classification de Lekholm et Zarb (1985)

Elle classe l'os selon l'épaisseur et la densité des deux couches osseuses corticale et trabéculaire. C'est la classification la plus utilisée.

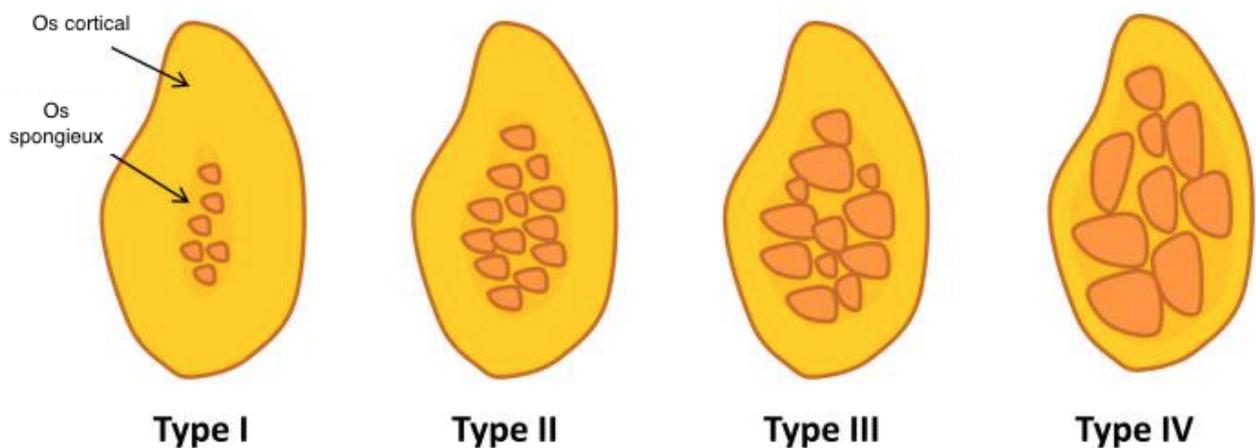


Figure 1 : Illustration schématique de la classification de Lekholm et Zarb, en coupe transversale, d'après (4)

- Groupe 1: Un tissu homogène et compact composé essentiellement l'os cortical.
- Groupe 2: Un noyau d'os spongieux dense entouré d'une épaisse couche d'os compact.
- Groupe 3: Un noyau d'os spongieux dense entouré d'une fine couche d'os cortical.
- Groupe 4: Un noyau d'os spongieux de faible densité entouré d'une très fine couche d'os cortical.(5)

#### ➤ Classification de Misch (1990)

Cette classification différencie les types osseux par leur densité et les localise au sein des arcades. (6)

- Type D1: Os principalement constitué d'os cortical dense, localisé dans la région mandibulaire antérieure, parfois en postérieur. Il est faiblement vascularisé.
- Type D2: Os le plus avantageux pour la chirurgie implantaire. Il se compose d'une corticale dense, et d'os spongieux intermédiaire, retrouvé à la mandibule et en antérieur au maxillaire supérieur.
- Type D3: Os constitué d'une corticale poreuse, d'un os spongieux de faible densité, localisé au maxillaire postérieure et antérieur, où la corticale vestibulaire est fine, et en mandibulaire postérieur. Il présente un excellent apport sanguin. Il est difficile d'obtenir une bonne stabilité primaire: la cicatrisation doit être plus longue et la mise en charge progressive.
- Type D4: Os constitué d'une corticale très fine et poreuse de très faible densité, prédominantes au maxillaire dans les régions postérieures, souvent édentées de longue date. La stabilité primaire implantaire est compliquée, et la mise en charge différée. Il y a une bonne vascularisation.
- Type D5: Os post-extractionnel, mou et immature. La minéralisation est incomplète. Ce type 5 a été ajouté en 1999.

#### ➤ Classification de Trisi et Rao (1999)

S'établit selon une perception clinique basée sur les sensations tactiles du praticien lors du forage implantaire (7):

- 1: Os dense;
- 2: Os normal ou intermédiaire;
- 3: Os de faible densité.

Les auteurs trouvent dans une étude de la même année une faible corrélation entre la sensation clinique et la réalité histologique.

#### ➤ Classification HNS (2010)

Cette classification de Rebaudi et al. reprend celle de Lekholm et Zarb et celle de Misch basée sur la qualité/densité osseuse en reprenant une division en 3 classes de Trisi et Rao (8) :

- Hard correspondant au type 1/D.I
- Normal correspondant au type 2,3/D. II, D.III
- Soft correspondant au type 4/D.IV

### 1.1.4 Cytologie et tropisme osseux

L'os est un tissu vivant, il s'étend et se résorbe continuellement dans un cycle orchestré par les cellules ostéoprogénitrices et ostéo-résorbantes d'origine différentes. On retrouve ces cellules à la surface des trabécules dans l'os spongieux, à la surface de l'os cortical, sur les parois alvéolaires face au ligament parodontal, et au niveau des espaces médullaires.

#### ➤ Les ostéoblastes

L'ostéoblaste est la cellule sécrétrice des constituants de la matrice organique. Son origine est mésenchymateuse. Les ostéoblastes non actifs présentent une morphologie fusiforme. Les ostéoblastes sécréteurs sont de forme polyédrique à cuboïdale et ont une taille variant de 10 à 80  $\mu\text{m}$ . Les ostéoblastes tapissent les surfaces osseuses en cours de formation. Leur fonction principale est la synthèse de la trame protéique de l'os (collagène et protéines non collagéniques). À l'issue de la période de formation, les ostéoblastes peuvent se transformer en cellules bordantes, en ostéocytes ou mourir par apoptose. (9)

#### ➤ Les ostéocytes

Les ostéocytes sont les cellules les plus abondantes de l'os. Un dixième environ des ostéoblastes matures se retrouvent « emmurés » dans la matrice minéralisée, au sein de logettes appelées ostéoplastes, et deviennent alors des ostéocytes. Cellule étoilée possédant de très nombreux prolongements cytoplasmiques qui cheminent à travers un réseau de canalicules creusé dans la matrice osseuse. Ce réseau permet de relier les ostéocytes entre eux, mais aussi aux cellules de la surface. Au travers de ces canaux circulent diverses informations chimiques et mécaniques. Les ostéocytes sont probablement les cellules qui orientent dans l'espace l'activité des ostéoblastes. (9)

#### ➤ Les ostéoclastes

L'ostéoclaste est une cellule multinucléée mobile, volumineuse et très spécialisée de la famille des macrophages dont la fonction principale est de contrôler l'homéostasie du calcium en résorbant le tissu osseux. Localisées sur les surfaces osseuses de l'endoste, dans les systèmes de Havers et occasionnellement sur les surfaces du périoste. On les retrouve au niveau des sites actifs de remaniement osseux. (3)

➤ Cycle de remodelage osseux

Le long de la surface osseuse inactive recouverte de cellules bordantes, ou ostéoblastes quiescents, surviennent les précurseurs mononucléés des ostéoclastes. Cette phase d'activation est suivie de la phase de résorption, les ostéoclastes résorbent l'os ancien. Lorsque les ostéoclastes ont terminé leur travail de résorption et creusé une lacune, ils sont remplacés par des cellules mononucléées, sans doute de type macrophagique et/ou des précurseurs ostéoblastiques ; c'est la phase d'inversion qui précède la phase de reconstruction ou ostéoformation; les ostéoblastes comblent alors la lacune en apposant une nouvelle matrice osseuse. Certains ostéoblastes s'enfouissent dans la matrice qu'ils ont synthétisé et deviennent alors des ostéocytes. (10)

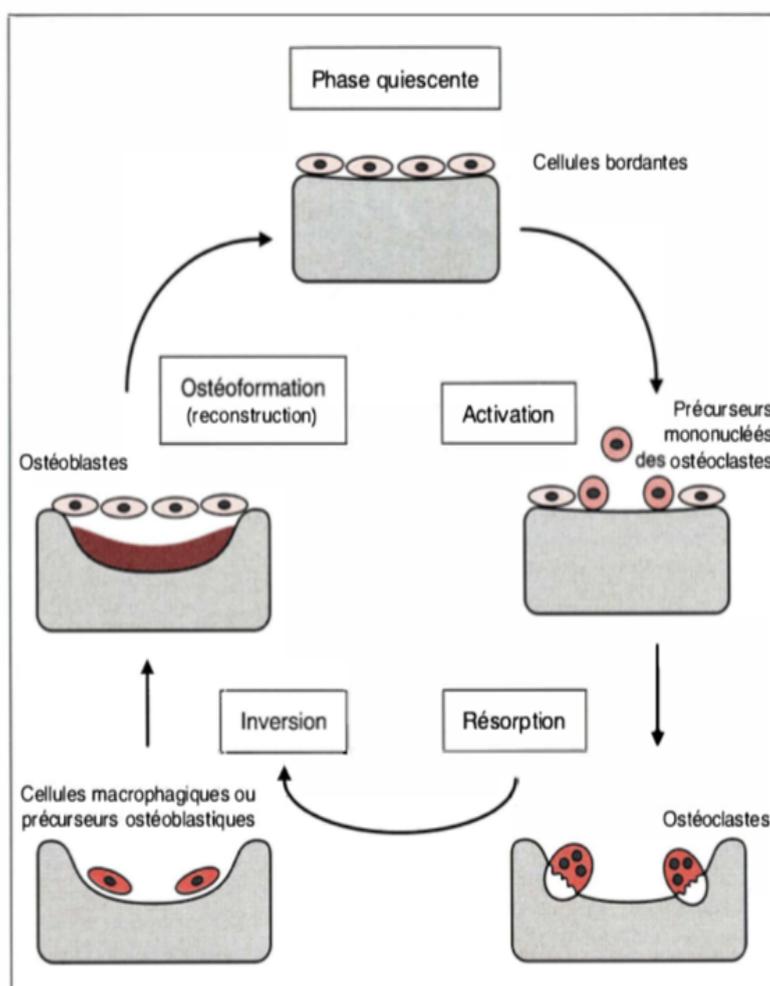


Figure 2 : Cycle de remodelage osseux, d'après (10)

## 1.2 Les défauts osseux

### 1.2.1 Étiologie des défauts osseux

Il existe plusieurs raisons qui conduisent à un défaut osseux. Elles peuvent survenir tout au long de la vie, et peuvent être d'origine diverses (11):

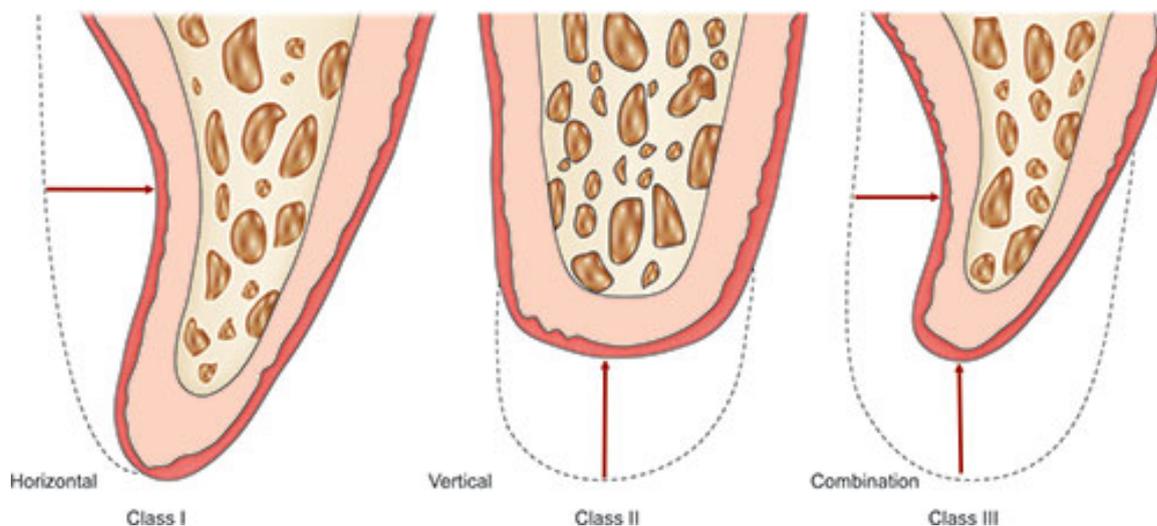
- Pathologique : Les causes les plus courantes sont les maladies parodontales. Elles sont responsables de la fonte osseuse et des pertes dentaires par manque de support osseux. On leur attribue une origine plurifactorielle. Les pathologies kystiques et tumorales peuvent également être à l'origine de lacunes osseuses et de soufflure de la corticale.
- Chirurgicale : Les opérations d'avulsion dentaire, d'exérèse de dents incluses, de résections apicales, d'exérèse de lésions tumorales sont à l'origine d'architecture osseuses résiduelles souvent problématique. On a également le cas des échecs implantaire primaire : fibro intégration, et secondaire : péri-implantite.
- Congénitale : Certaines pathologies congénitales ont un impact sur le développement des structures osseuses maxillaires. Notamment avec des fentes palatines, des micrognathies, agénésies dentaires, lacunes de Stafne, torus, syndromes de Eagle, de Crouzon, de Treacher-Collins, de Gorlin, ou encore dysplasies cléido-crâniennes. (12)
- Physiologique : La résorption osseuse alvéolaire suite à une extraction intervient fortement dans les trois premiers mois, intéressant principalement l'os alvéolaire et dans une moindre mesure l'os basal. La résorption de ce dernier est surtout liée à l'âge. Cette résorption centrifuge maxillaire et centripète à la mandibule accentue le décalage des bases osseuses. (7, 13)

### 1.2.2 Classification des défauts osseux

#### ➤ Classification de Seibert (1983)

Le choix de la thérapeutique de régénération osseuse se fait sur la base de l'analyse du défaut. Pour se faire, Seibert, propose de les ranger en trois classes en rapport avec la direction de la perte osseuse (14):

- Classe 1: Défaut vestibulo-lingual, sens vertical inchangé,
- Classe 2: Défaut vertical, sens vestibulo-lingual inchangé,
- Classe 3: Défaut vertical associé au défaut vestibulo-lingual, mixte ou complexe.



**Figure 3** : Illustration schématique de la classification de Seiber en vue transversale, d'après (15)

### 1.2.3 Les défauts osseux complexes

Les défauts osseux complexes sont décrits selon la classification précitée de Seibert comme un défaut de crête dans le sens vestibulo-lingual et vertical. Ils sont aussi appelés défauts osseux combinés ou mixtes. La sévérité du défaut et sa morphologie déterminent le type, l'étendue et le pronostic de la greffe. Il y a une vraie difficulté à régénérer de l'os verticalement avec un défaut horizontal associé. C'est dans ces conditions qu'un coffrage de la greffe, par le biais de la grille titane préformée devient un outil de choix.

L'implant doit, pour garantir le succès de la thérapeutique, répondre à des impératifs biomécaniques tout en évitant les obstacles anatomiques. Son positionnement doit s'intégrer dans les tissus parodontaux sans les compromettre. La complexité du défaut rend le positionnement des implants difficile. Ce sont des éléments à analyser en amont par l'observation clinique et des bilans complémentaires, en particulier de l'imagerie radiologique.

## 1.3 Principe de la Régénération Osseuse Guidée

Le principe de la régénération osseuse guidée (R.O.G.) est décrit pour la première fois par Nyman et al. en 1979 sur l'animal (19), puis largement décrit chez l'homme comme une solution thérapeutique de choix dans la régénération osseuse pré, per et péri implantaire. Il découle d'une adaptation de la régénération tissulaire guidée.

Elle repose sur deux principes: l'exclusion et la compétition cellulaire. Autrement dit, on isole le tissu osseux du tissu conjonctif ou épithélial pour limiter la migration cellulaire des fibroblastes, évitant ainsi la compétition entre les lignées cellulaires ostéoprogénitrices et fibroblastiques. Pour isoler le tissu osseux, il faut mettre en place une barrière physique sous le périoste, résorbable ou non, de type membrane ou grille. Celle-ci maintient l'espace pour la néoformation osseuse libre de toutes contraintes. Un substitut osseux en contact étroit avec le défaut initial peut être mis en place, certains auteurs l'utilisent sans substitut. (20, 21, 22)

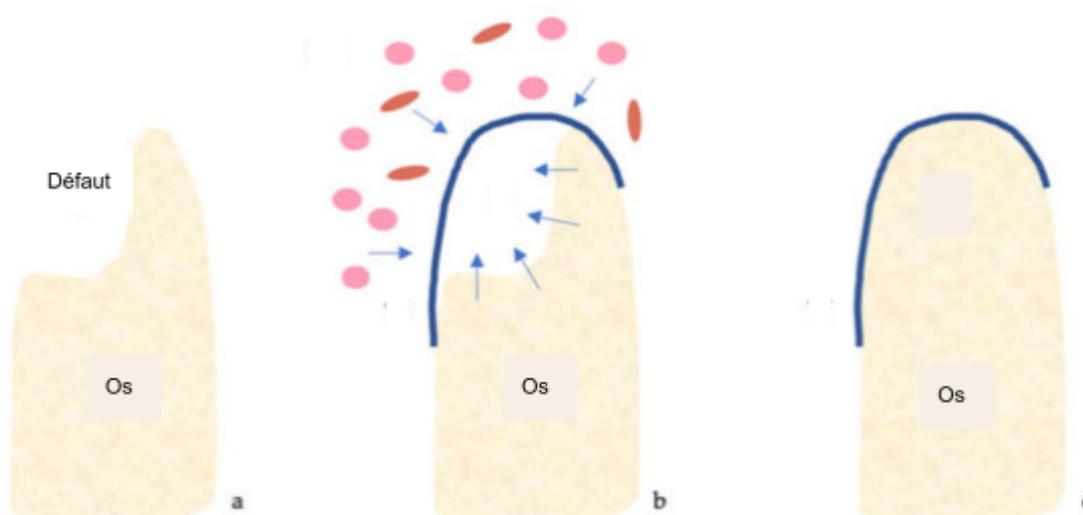


Figure 4 : Illustration schématique du principe de la ROG, (a) défaut osseux initial, (b) maintien de l'espace de régénération osseuse, exclusion cellulaire, (c) néoformation osseuse d'après (23)

### 1.3.1 Choix de comblement osseux

La mise en place d'un matériau de comblement, servant de trame à la régénération osseuse doit répondre à certains critères: (24)

- Biocompatibilité,
- Bioactivité avec des capacités à s'intégrer au tissu receveur,
- Au minimum ostéoconducteur, pouvant agir sur le remodelage osseux.
- Inerte du point de vue antigénique, sans déclencher de réactions immunitaires.

- Mécaniquement équivalent à l'os.
- Poreux pour permettre sa vascularisation et son envahissement par des cellules osseuses.

Les différents matériaux disponibles et validés par la science se classent selon le tableau suivant et présentent chacun des avantages et des inconvénients.

| Type                 | Matériau  | Avantages  | Inconvénients   |
|----------------------|---|--|---|
| Autogreffe           | Os autogène (intra-oral, extra-oral)  | Ostéoconduction,<br>Ostéoinduction,<br>Ostéogénique<br>Gold standard | Besoin d'un site de prélèvement<br>Douleur<br>Complexité opératoire<br>Quantité limitée                     |
| Allogreffe           | Os humain déprotéinisé<br>Os congelé minéralisé<br>Os lyophilisé non déminéralisé<br>Os lyophilisé déminéralisé | Ostéoinduction<br>Ostéoconduction                                    | Risque de transmissions donneur -receveur, immunogénicité.<br>Variabilité des capacités selon la production |
| Xéno greffe          | Os bovin<br>Os porcin<br>Corail   | Ostéoconduction<br>Largement disponible                              | Immunogénicité,<br>Variabilité des capacités selon la production  |
| Greffe alloplastique | Phosphate tricalcique<br>Hydroxyapatite<br>Bio-verres   | Ostéoconduction<br>Résorption lente                                  | Seulement ostéoconducteur,<br>Variabilité des capacités selon le matériau                                   |

Figure 5: Tableau récapitulatifs des matériaux utilisable pour la ROG, selon (25)

### 1.3.2 Choix du type de barrière

La barrière utilisée doit s'intégrer aux tissus environnants, donc être biocompatible, avoir la capacité d'exclusion cellulaire, maintenir le site et le matériau de greffe par ses propriétés mécaniques et physiques. Elle doit permettre une mise en œuvre aisée.

Le choix de mettre une barrière en place a été remis en question, mais certaines études montrent une différence significative entre la technique de greffe par onlay seul et avec membrane. La résorption du greffon est supérieure sans membrane (26).

#### ➤ Les Membranes

Les premières membranes, non-résorbables, sont faites à base de polymères synthétiques de structure poreuse (e-PTFE, d-PTFE) parfois renforcées par du titane pour augmenter leur stabilité et pré-former un coffrage individuel. Lorsque la membrane se retrouve exposée dans la cavité orale, sa surface poreuse entraîne une colonisation bactérienne importante responsable d'un échec partiel ou total de la régénération. De plus, elle nécessite un second temps opératoire de déposer.

Les membranes résorbables collagéniques, qui permettent de s'affranchir de la chirurgie de dépose, même en cas d'exposition, mais aussi de diminuer la morbidité et le rapport coût-efficacité. Cependant, leur manque de stabilité nécessite un support dans les cas complexes aux vues de leurs faibles propriétés mécaniques.

D'autres membranes résorbables en matériaux synthétiques sont sur le marché. Le problème de ces membranes vient de la réaction inflammatoire vis-à-vis de leurs produits de dégradation. (27)

| Non résorbable                   | Résorbable naturelle   | Résorbable Synthétique                                |
|----------------------------------|------------------------|---|
| e-PTFE                           | Collagène              |   |
| d-PTFE                           | Collagène croisé       | Polyuréthane  |
| Membrane renforcée par du titane | Fascia lata lyophilisé | Acide polylactique                                    |
| Grille titane                    | Dure-mère lyophilisée  | Acide polyglycolique                                  |
|                                  |                        | Acide polylactique/ copolymère d'acide polyglycolique |
|                                  |                        | Polyéthylène glycol                                   |

Figure 6 : Tableau récapitulatif des types de membranes (27)

### ➤ Les grilles titane

En 1969, Boyne et al. inaugure une grille en titane pour la reconstruction de grands défauts osseux (28). Le titane a été largement utilisé dans de nombreuses applications chirurgicales en raison de sa résistance et de sa rigidité élevée. Il a une faible densité, une faible masse, et une forte capacité à résister à des températures élevées. Ce métal est très réactif et peut être facilement passivé pour former une couche d'oxyde protectrice, ce qui explique sa haute résistance à la corrosion et sa biocompatibilité.

Ces caractéristiques mécaniques importantes permettent de l'utiliser en fine épaisseur (0,2 millimètre) et de la perforer. Cette macroporosité (de l'ordre du millimètre) permettant de maintenir une attache des tissus mous à l'os et un apport nutritif sanguin. (23, 29)

On les retrouve dans le commerce sous forme plane, à façonner et découper, mais aussi préformée de taille standardisée ou encore sur mesure.

Cet outil a été développé pour pallier au manque de rigidité des membranes. Elles permettent le maintien du greffon et le caillot au sein d'un espace aux cloisons osseuses faibles, donc applicable dans les défauts osseux complexes. Une étude de Rocuzzo et al. (29) a démontré que l'apport de ce matériau diminue le risque de résorption du greffon dans une augmentation verticale de l'os alvéolaire, en comparaison avec l'apposition d'un bloc d'os autogène. Elle semble avoir des résultats comparables aux membranes PTFE renforcées par du titane, avec le même type de complications. (30)

### ➤ Grille titane personnalisée

La technologie de la conception assistée par ordinateur (CAD) a vu le jour dans les années 1970 dans l'industrie automobile et aérospatiale. C'est dans les années 1980 qu'on la retrouve dans le domaine médical, où le terme CAD avait surtout une visée diagnostique en radiologie. Les logiciels de traitement n'ont pas tardé à évoluer pour rendre l'outil informatique pertinent en orthopédie dans les années 1990. Son arrivée dans le domaine dentaire a été motivée par la fabrication assistée par ordinateur (CAM) et l'impression en 3-dimensions bien utile pour fabriquer des dispositifs de très petite taille et d'architecture complexe. ( 31, 32)

La conception de grille en titane personnalisée pour ROG, via procédé CAD-CAM a été décrite dès 2011 dans la littérature scientifique. Il est vérifié que la conception par procédé CAD/ RP-SLM (Rapid Prototyping via Selective Laser Melting) est possible avec un faible écart entre le produit designé par informatique et le produit obtenu après l'impression. Celle-ci permet un ajustage idéal aux contours du défaut osseux. (31, 32, 33)

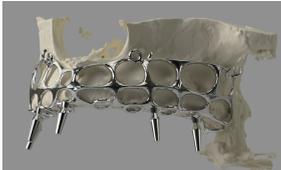
|   |  |
|---|--|
| <p>Grilles planes</p>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• IPP Pharma<br/> </li> <li>• Bio Innovation, Brésil<br/> </li> </ul>   |
| <p>Grille standardisée</p>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Parafuso Tenda DM - Bionnovation<br/> </li> </ul>  |
| <p>Grille individuelle du marché européen</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3D-MESH, BTK(Dueville, Vicenza, Italy)<br/> </li> <li>• Mesh4U, BoneEasy (Arada, Ovar, Portugal)<br/> </li> <li>• Yxoss CBR® , ReOss (Filderstadt, Esslingen, Germany)</li> </ul> |

Figure 7 : Tableau récapitulatif des différentes grilles Titane, d'après (34)

## 2. Cas clinique

### 2.1 Objectif

L'objectif de ce travail est de démontrer que l'utilisation de la CFAO, pour la chirurgie de régénération osseuse guidée, serait une solution thérapeutique de choix dans le traitement des défauts osseux complexes.

Pour répondre à celui-ci, nous étudierons un cas clinique détaillé, du diagnostic à la décision thérapeutique. Ensuite, le dispositif Yxoss CBR<sup>®</sup> (ReOss, Geistlich) sera étudié de sa conception à sa fabrication assistées par ordinateur.

Enfin la procédure opératoire du cas clinique et l'analyse radiographique du volume osseux du site greffé à 7 mois post opératoire seront détaillées puis discutées.

### 2.2 Rapport de cas

Le cas clinique suivant a été entièrement réalisé par le Docteur Antoine POPELUT en pratique libérale.

Ce rapport de cas décrit la technique de régénération osseuse guidée utilisant la grille en titane Yxoss CBR<sup>®</sup> mise en forme par le procédé CAD-CAM, chez une patiente présentant un défaut osseux complexe dans le secteur mandibulaire postérieur.

#### 2.2.1 Anamnèse

Madame L, 38 ans, en bonne santé générale, non fumeuse, sans allergies connues, est adressée par son omnipraticien pour la gestion de son échec implantaire, posés 7 années auparavant. L'ensemble des mesures de prévention recommandées pour l'interception du processus infectieux n'ont pas eu le résultat escompté.

## 2.2.2 Examen clinique

Lors de la consultation, l'examen clinique rapporte un contexte dentaire et parodontal sain excepté en secteur 4.

Deux implant en position 46 et 47:

- pas de mobilité,
- sondage péri-implantaire atteignant le tiers apical,
- saignement spontané,
- suppuration,
- exposition des spires du tier supérieur de l'implant en 46.

D'après les dernières fiches de l'EFP (European federation of periodontology) issues du Workshop 2017, les signes de saignement/ suppuration, perte osseuse et profondeur de sondage accru suffisent à définir la péri-implantite.

La présence de cette lésion est probablement d'origine plurifactorielle, avec:

- Déficit gingival avec une absence de gencive kératinisée au contact de l'implant, la muqueuse n'est plus adhérente à l'os et ne joue que très peu son rôle déflecteur, elle est également soumise aux contraintes musculaires,
- Présence de plaque dentaire, qui en l'absence de gencive kératinisée pénètre aisément au contact implantaire devenant plus complexe à nettoyer, et provoquant une inflammation continue.
- Profil d'émergence avec un bombé coronaire insuffisant, une largeur vestibulo-linguale réduite, en particulier au niveau 46 mésial.
- Facteur bactérien,
- Axe implantaire dévié en vestibulaire.
- Technique de couronne scellée, susceptible de provoquer plus de mucosite.



**Figure 8:** Photographie du secteur 4 lors de la première consultation, avec une perte osseuse verticale (A) et horizontale (B). Courtoisie Dr Popelut

### 2.2.3 Examen radiographique



Figure 9: Radiographie panoramique réalisée en première consultation, on y voit le défaut osseux en secteur 4 avec une perte atteignant le tiers apical des implants et 46, 47. Au niveau de 36, on note une image ostéolytique apicale ainsi qu'une lyse angulaire en distal, la dent présente une reconstitution volumineuse et sera extraite.

La radiographie panoramique a permis de mettre en évidence le déficit osseux étendu vertical et horizontal au niveau des implants. De plus, il a mis en évidence une image périapicale sur la dent 36, le niveau osseux de cette dent est plus favorable, cependant une restauration coronaire est impossible. Cette dent doit être extraite. Par ailleurs on note la présence de restaurations prothétiques sur 17, 26, 37. Les traitements endodontiques de 17 et 26 sont de bonne qualité.

D'après ces premiers examens, la décision d'extraire les implants est prise; compte tenu de la présence de complications biologiques péri-implantaires difficilement maîtrisables, associé à la gêne, et l'échec des traitements préventif, au positionnement vestibulé. La vitesse de résorption osseuse s'accroît, rendant de plus en plus complexe la régénération osseuse. Une lésions si profonde risque également de compromettre les dents avoisinant. Le positionnement de nouveaux implants semble plus adapté au projet prothétique.

Un examen complémentaire d'imagerie médicale est prescrit afin d'explorer précisément les structures osseuses résiduelles. C'est une imagerie radiographique de tomographie à faisceau conique, ou CBCT (cone beam computed tomography), ou CT scanner (computed tomography). L'image numérique 3D obtenue est contenue dans un fichier DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine). (35)

Le CBCT réalisé permet d'évaluer précisément l'anatomie osseuse alvéolaire mandibulaire résiduelle, de quantifier le défaut osseux et de planifier le positionnement de la greffe et des implants. Ici, les scanners sont réalisés au sein du cabinet par une unit planmeca ProMax®.

Le CBCT est réalisé selon des critères:

- Gantry=0, sinon l'image est inexploitable.
- Champ de vision réduit, le rachis cervical n'est pas souhaité sur l'image. ( mâchoire supérieure 9-10 cm, mâchoire inférieure 10- 15 cm)
- Coupes à l'échelle 1/1/1 ou plus grande, jamais plus petites. Ajustement du balayage au niveau axial et sagittal à angle droit, balayage parallèle à la limite inférieure mandibulaire.
- Retrait de tout appareil métallique,
- Mâchoires en occlusion stable, de préférence espacées.
- Scanner de bas en haut, avec une première coupe sans os, jusqu'au plancher de l'orbite.
- Fichier DICOM non compressé.

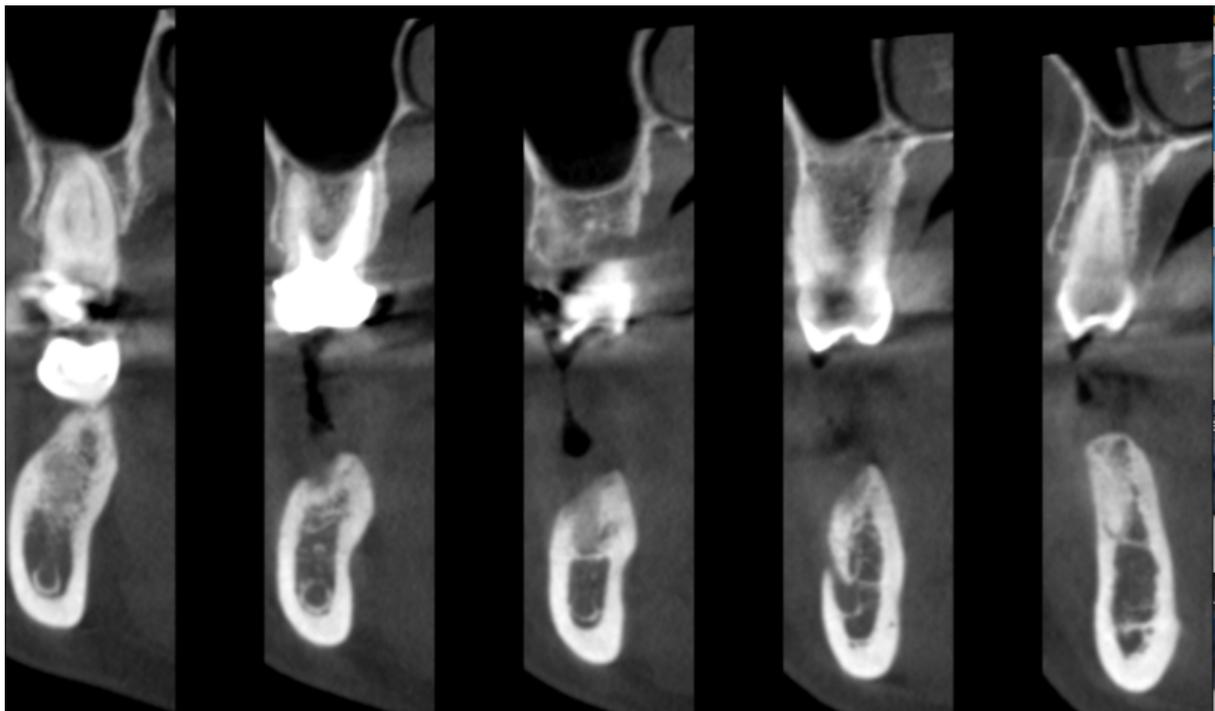


Figure 10: Coupes sagittales du scanner réalisé après la dépose des implants, au secteur 4 au niveau du défaut osseux.

Après analyse, le diagnostic clinique est confirmé par l'imagerie montrant l'atrophie du secteur mandibulaire côté droit, entre 45 et 48.

- On note une lyse osseuse complexe, verticale et horizontale globale de la section édentée après la dépose des implants, défaut de classe 3 de Seibert. L'os alvéolaire est totalement résorbé, la crête est concave, et l'os basal commence à se résorber.
- L'os basal est de type 2 selon Lekholm et Zarb.

#### 2.2.4 Décision thérapeutique

Après explantation de 46 et 47 permettant l'arrêt du processus infectieux, la réhabilitation du secteur 4 molaire par une seconde restauration implanto-portée nécessite une cicatrisation osseuse puis des aménagements osseux pré-implantaires. En effet, pour permettre une ostéointégration des futurs implants, il est nécessaire d'avoir au minimum 2 mm d'os périphérique. Il est également plus sûr de ne pas approcher le canal alvéolaire inférieur.

En accord avec la patiente, et avec le gradient thérapeutique, il est envisagé d'effectuer la dépose des implants compromis, de réaliser une régénération osseuse guidée par le biais d'un mélange d'os autogène et substitut osseux (1:1) (Bio-Oss® , ReOss), liés avec de l'i-PRF, et d'un coffrage par grille titane personnalisée Yxoss CBR ®. L'ensemble sera recouvert d'une membrane collagénique et d'un L-PRF pour permettre une bonne cicatrisation muqueuse.

Puis, deux implants seront posés afin d'effectuer par la suite une restauration prothétique fixée non solidarisée.

La dépose des implants sera faite dans un premier temps chirurgical en même temps la 36 sera extraite, la greffe osseuse dans un second temps après 3 mois de cicatrisation des tissus mous. Puis la dépose de la grille et la pose de nouveaux implants dans un troisième temps, après 7 mois de régénération osseuse.

Les explications du plan de traitement global comprenant les étapes chirurgicales, les suites post opératoires, les étapes prothétiques, leurs devis respectifs ainsi que les consentements éclairés sont remis à la patiente et signés avec validation de la thérapeutique par cette dernière.

## 2.2.5 Présentation de la grille titane Yxoss CBR

En 2018, le docteur Markus Seiler, spécialiste allemand en parodontologie et implantologie, exerçant à Filderstadt a développé ce produit avec la société ReOss. Il est commercialisé sous l'appellation Yxoss CBR® (Customized Bone Regeneration) par la société Geistlich. Nous verrons dans ce travail l'ensemble des étapes de conception à l'aboutissement de la greffe.

Pour une lecture plus exhaustive de ce que propose la société ReOss, les étapes précédant la phase clinique ne sont pas propres à notre cas clinique.

### ➤ Etape 1: Commande du dispositif

La commande personnalisée se fait sur la plateforme internet MyReOss®, et suit les étapes suivantes (36):

- Création du compte praticien, une fois créé le chirurgien peut suivre l'ensemble de ses commandes,
- Renseignement des informations patient,
- Programmation de la chirurgie, le délai de 21 jours de fabrication doit être envisagé,
- Renseignement du site, de l'étendue de la greffe. Le choix d'une augmentation vertical, horizontal ou mixte (Figure 11),

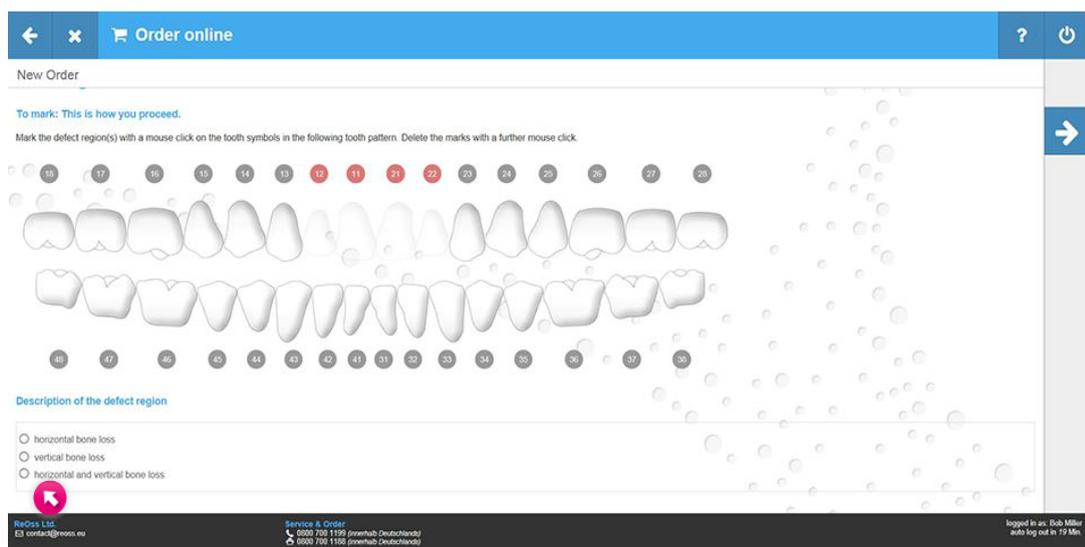


Figure 11 : Étape de la commande : définition du site, de l'étendue et du type d'augmentation prévue (36)

- Option de positionnement des implants (Yxoss CBR Backward®) avec renseignement de la marque, du modèle et du site prévu. La grille serait alors perforée et servirait de guide chirurgical lors de la pose (Figure 12).

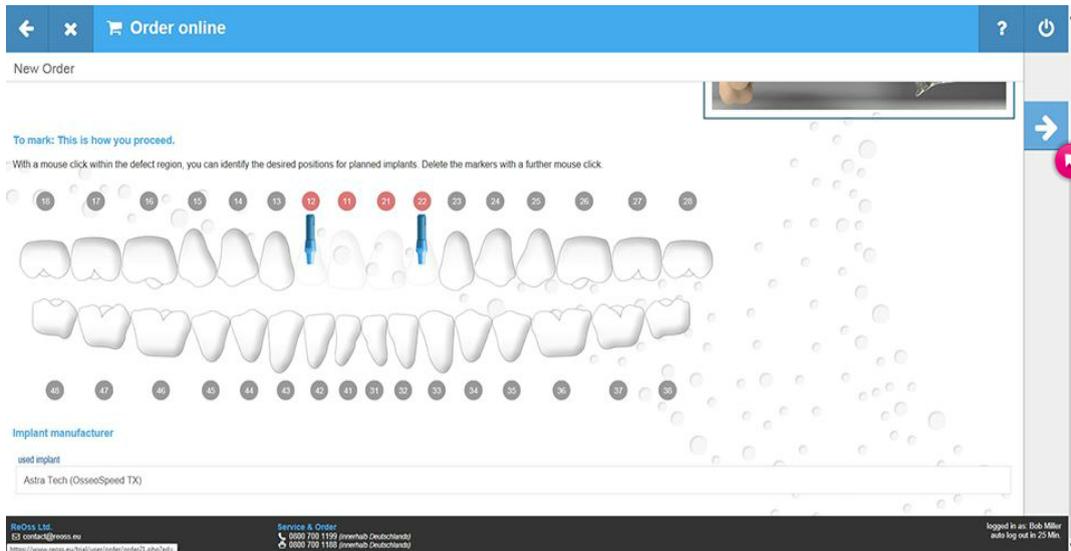


Figure 12 : Étape de la commande : Positionnement et modèle des implants (en option) (36)

- Calcul du volume de greffe, qui est proposé pour anticiper la quantité de substitut osseux, et/ou du prélèvement autogène,
- Récapitulatif et facture,
- Paiement en ligne,
- Envoi du fichier DICOM (.dcm),
- Récapitulatif, le praticien sera prévenu lorsque l'image 3D du produit sera terminée. Il pourra alors la valider ou la modifier, le produit sera alors créé.

➤ Etape 2: Conception assistée par ordinateur (CAD)

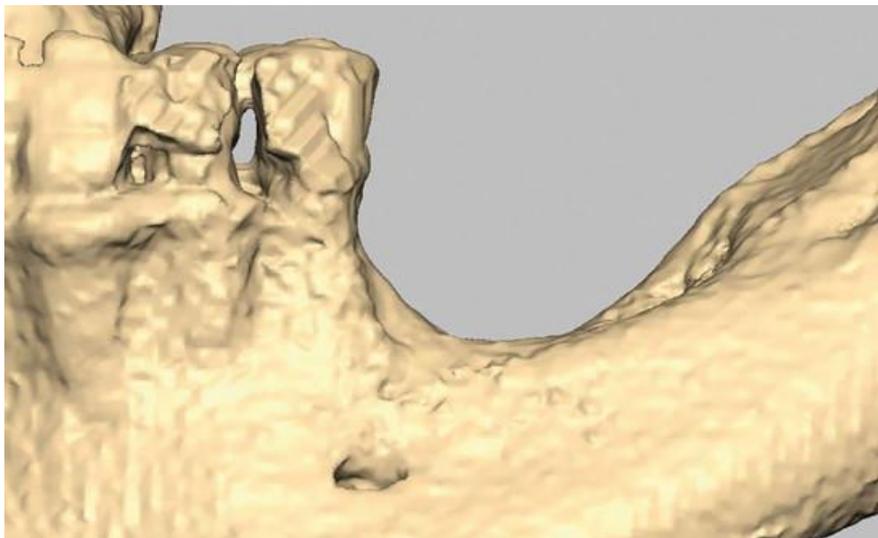


Figure 13 : Reconstitution 3D assistée par ordinateur de l'image radiographique (37)

Lorsque le fichier DICOM est transféré par le chirurgien-dentiste, des corrections sont effectuées à l'aide d'un programme de conception assistée par ordinateur pour pouvoir faire pivoter l'objet et fournir des vues isométriques et en coupe (Figure 13). À partir de l'image du défaut, avec un logiciel de « reverse engineering », le volume de greffe osseuse désiré est modélisé (figure 14.a). La grille est faite sur l'enveloppe 3D du volume (Figure 14.b). Ce logiciel peut également, si c'est demandé, positionner les implants (Figure 14.d). Le projet final peut encore être validé ou modifié par le chirurgien. Les projets sont discutés par mail et téléphone. La conception typique comprend des trous ondulés, une fente sur le dessus pour la fonction de retrait intégré (Easy Removal Design®) (Figure 14.c). Cela désigne une fente sur le dessus de la crête permettant la découpe facile de la grille et rend la dépose moins longue et moins traumatisante. Un numéro personnalisé pour chaque produit est assigné. Il est conçu avec une épaisseur de 0,1 à 0,4 mm. Il présente une surface en forme de labyrinthe, composée de deux éléments de coordination distincts qui, ensemble, forment un motif répétitif: des pores circulaires (diamètre  $1.38 \pm 0.03$  mm) réguliers intercalés avec des ouvertures plus longues en forme d'arachide (longueur  $5.47 \pm 0.10$  mm). (34, 38)

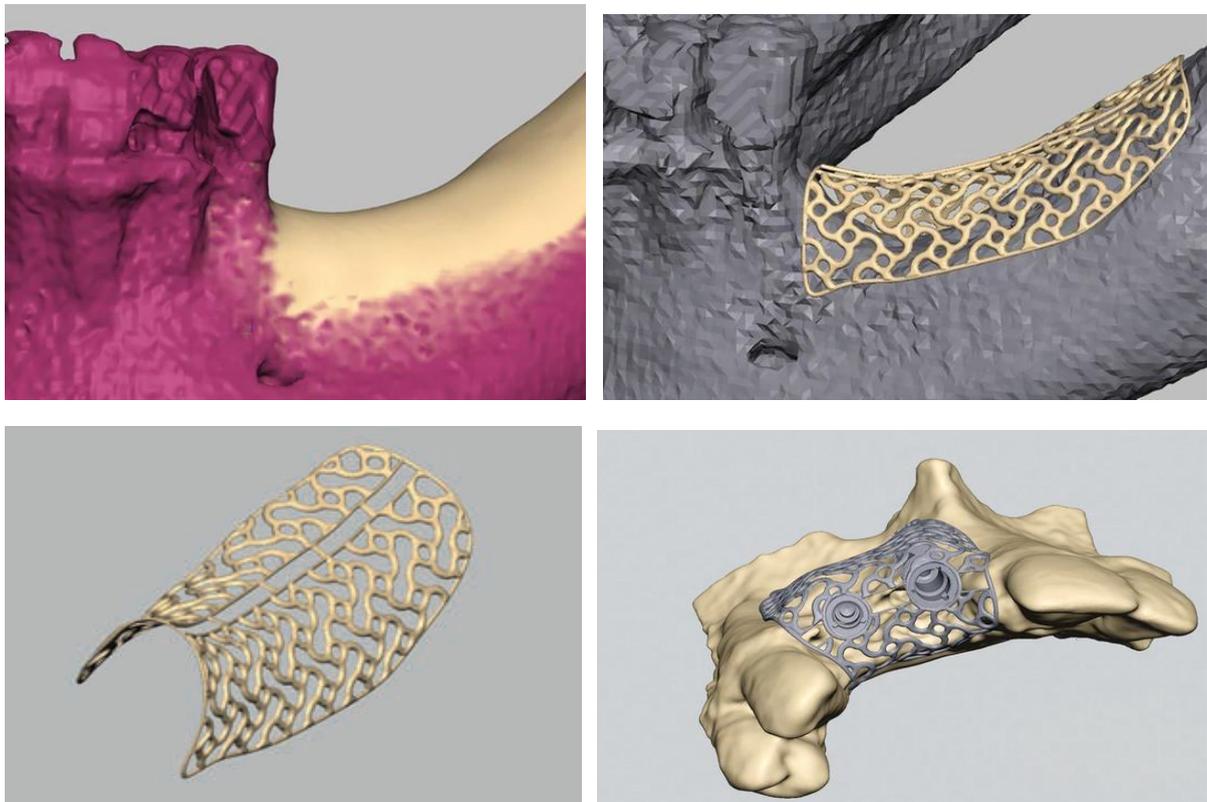


Figure 14 : Prévisualisation 3D du projet final proposé, créé par CAD. a) Profil osseux proposé par reverse engineering. b) Grille proposée. c) Fonction de retrait intégré. d) grille et positionnement implantaire. (37)

➤ Etape 3: Fabrication assistée par ordinateur (CAM)

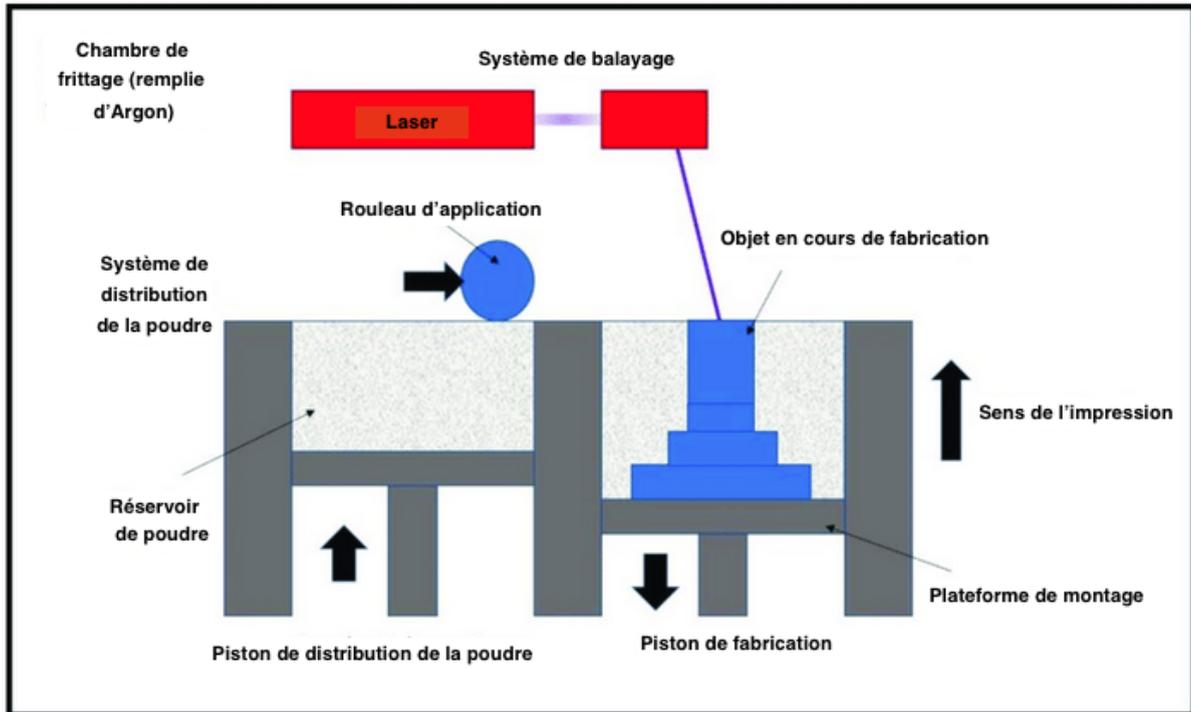


Figure 15: Représentation schématique du procédé de Frittage LASER sélectif (ou SLM), d'après (40)

Le projet final fournit des informations 3D sur la structure en treillis. Ce fichier est converti en fichier de prototypage rapide (RP), (.STL) et envoyé en production. La programmation par commande numérique informatisée (Computerized Numerical Control) est effectuée et la structure du réseau est construite à l'aide d'une technique de prototypage rapide par impression 3D [3DP]. Elle est décrite comme supérieure aux autres techniques d'impression 3D, comme la stéréolithographie. La 3DP du titane est une technique additive par frittage laser, connue sous le nom de fusion laser sélective (SLM Selective Laser Melting). (38, 39)

Le fichier .STL découpe le produit en tranches (plan XY) fines et régulières pour monter l'objet par tranches successives (suivant l'axe Z).

Un laser au-dessus de la chambre de frittage fait fondre sélectivement la poudre de titane au sein d'une chambre de gaz inerte (soit l'argon ou l'azote avec un très faible taux d'oxygène). L'imprimante 3D dispose de fines couches de poudre de titane conservée dans des réservoirs, qui sont successivement fritté sélectivement. Lorsqu'une couche est terminée. Le plateau descend d'une épaisseur de couche, puis est recouvert de poudre. L'opération se réitère jusqu'à obtenir toutes les couches (X; Y) le long de l'axe Z (Figure 16). (38, 39)

➤ Etape 4: Produit final



Figure 16 : Photographie du produit terminé avant conditionnement (37)

Après un sablage suivi d'un nettoyage et d'un conditionnement dans un double emballage, le produit est envoyé au chirurgien directement utilisable. Il doit néanmoins être stérilisé en autoclave du praticien à 135°C pendant 20 minutes avant la phase chirurgicale. Le délai de livraison depuis l'envoi du fichier DICOM est de 3 semaines. Si un défaut est constaté par le praticien, il est renvoyé à la production.

Cette grille est produite en tant que produit personnalisé spécifique au patient, à usage unique. Elle est composée de titane pur selon la norme ISO 13485, ASTM F 67, Titane Grade 4 commercialement pur (TCP). Sa surface n'est pas lisse, elle a une rugosité moyenne de  $6.59 \pm 0.76 \mu\text{m}$ . (31, 38)

Le coût de la commande dépend premièrement de l'étendue de la grille, allant de 298,00€ pour le site d'une dent à 798,00€ pour une arcade complète. Si le positionnement des implants est demandé, le tarif va de 50,00€ pour un implant à 510,00€ pour 16 implants. Comme il s'agit de produits sur mesure, il n'y a aucun stock. (41)

➤ Cas de Madame L

Le projet validé pour Madame L. est une grille de 17 mm de longueur mésio-distale et de 0.96 cm<sup>3</sup>. La fonction de retrait est prévue en supra-crestal.

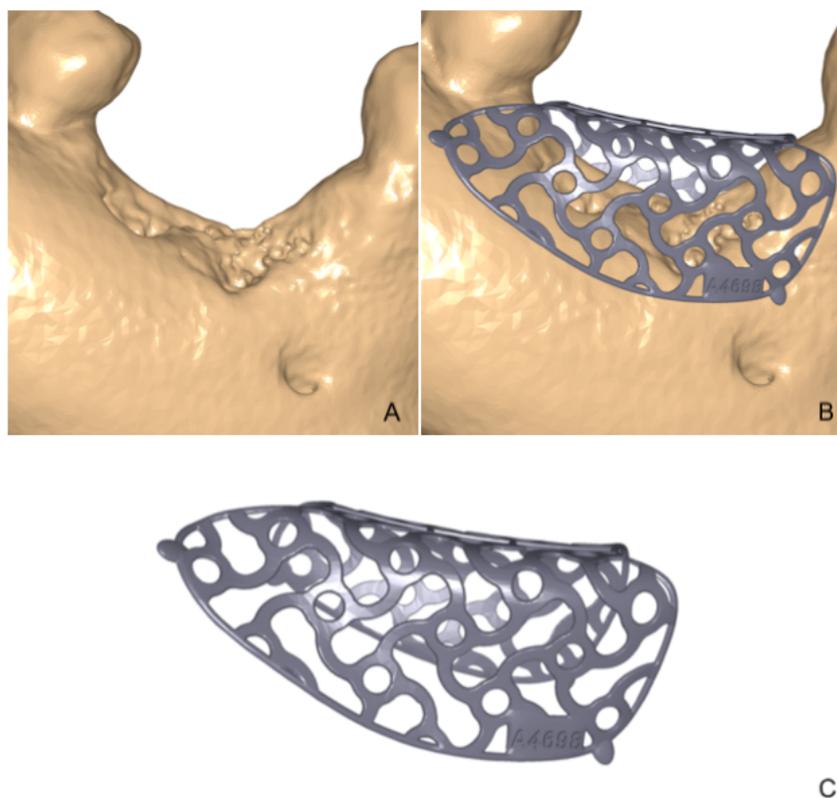


Figure 17: Projet validé pour Mme L. avant l'impression 3D. (A) Image du défaut reconstituée à partir du scanner, (B et C) grille conçue et son positionnement.

### 2.2.6 Procédure clinique

Avant les phases chirurgicales, la patiente a reçu un assainissement parodontal complet lors d'un rendez-vous entièrement dédié à la préparation tissulaire et à l'apprentissage des mesures d'hygiène bucco-dentaire adaptées.

Les chirurgies sont pratiquées, après bain de bouche et décontamination locale, sous anesthésie locale à l'Articaïne 40mg adrénalinée à 1/100 000 au sein du bloc opératoire stérile. Elles ne nécessitent pas d'hospitalisation mais la patiente a reçu une sédation vigile par un médecin anesthésiste.

Pour améliorer la lisibilité de ce travail, nous ne détaillerons que les deuxièmes et troisièmes temps chirurgicaux, qui concernent la pose et la dépose de la grille.

➤ Premier temps chirurgical: Dépose des implants le 26/01/2020

Cette étape a été réalisée en respectant au maximum le capital osseux. Après la dépose des implants et de la 36, des éponges hémostatiques collagéniques ont été insérées au sein des alvéoles.

Les cicatrisations muqueuses et osseuses totales ont été obtenues le 11/05/2020. Entre-temps aucune prothèse transitoire n'est proposée pour permettre une bonne cicatrisation.

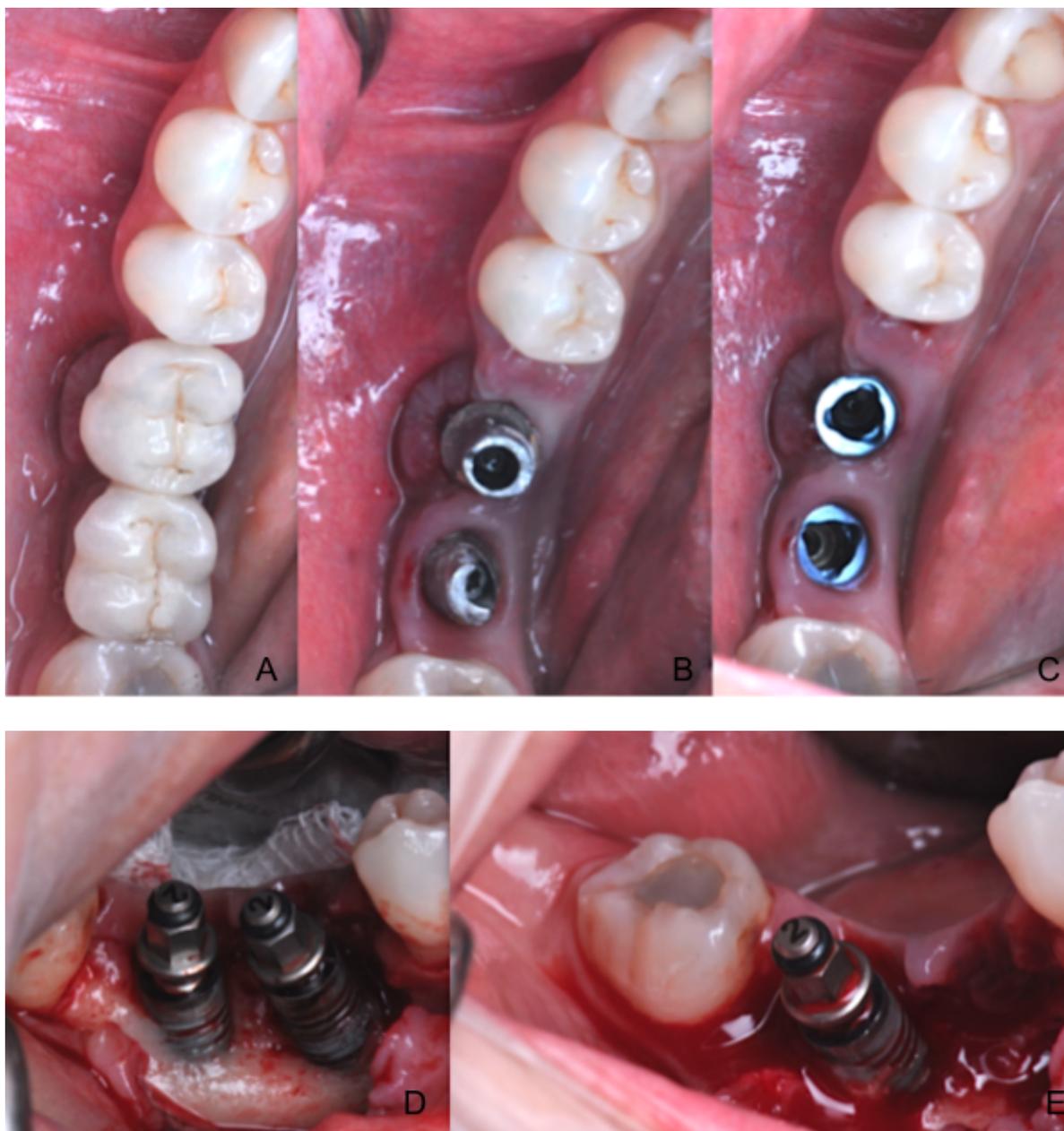


Figure 18: Photographies Préopératoires, avant dépose des couronnes (A), avant dépose des piliers (B), et avant incision (C). Peropératoires, où la résorption est visible autour des deux implants (D, E). Courtoisie Dr Popelut



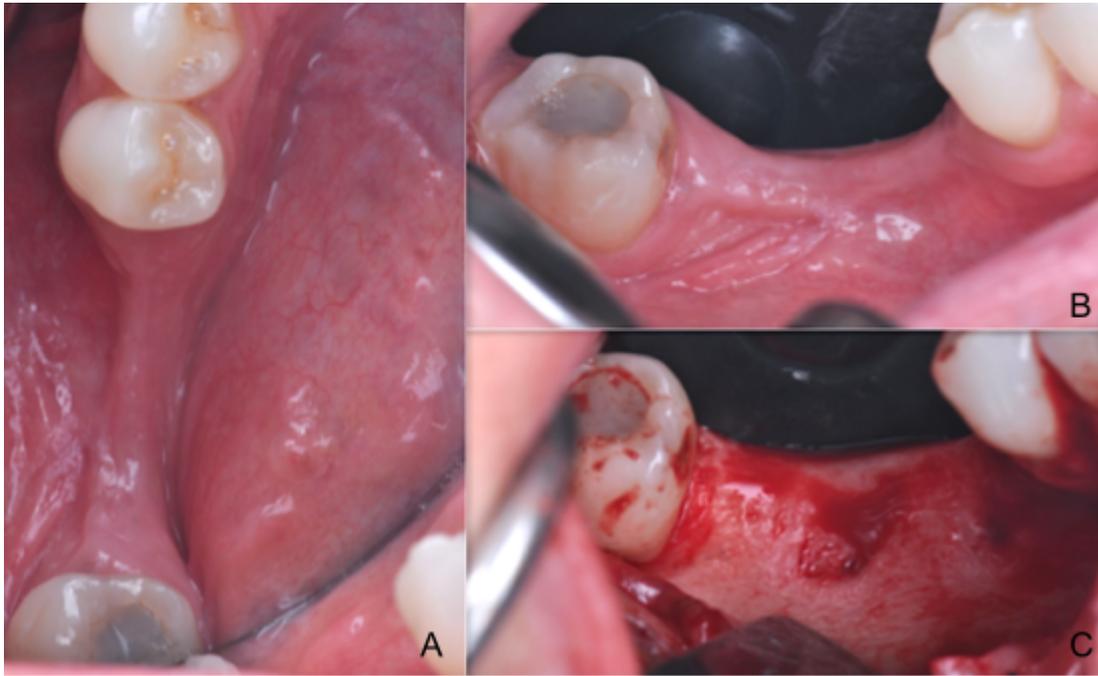
Figure 19: Photographie préopératoire de la récession osseuse, crête édentée concave.

Courtoisie Dr Popelut

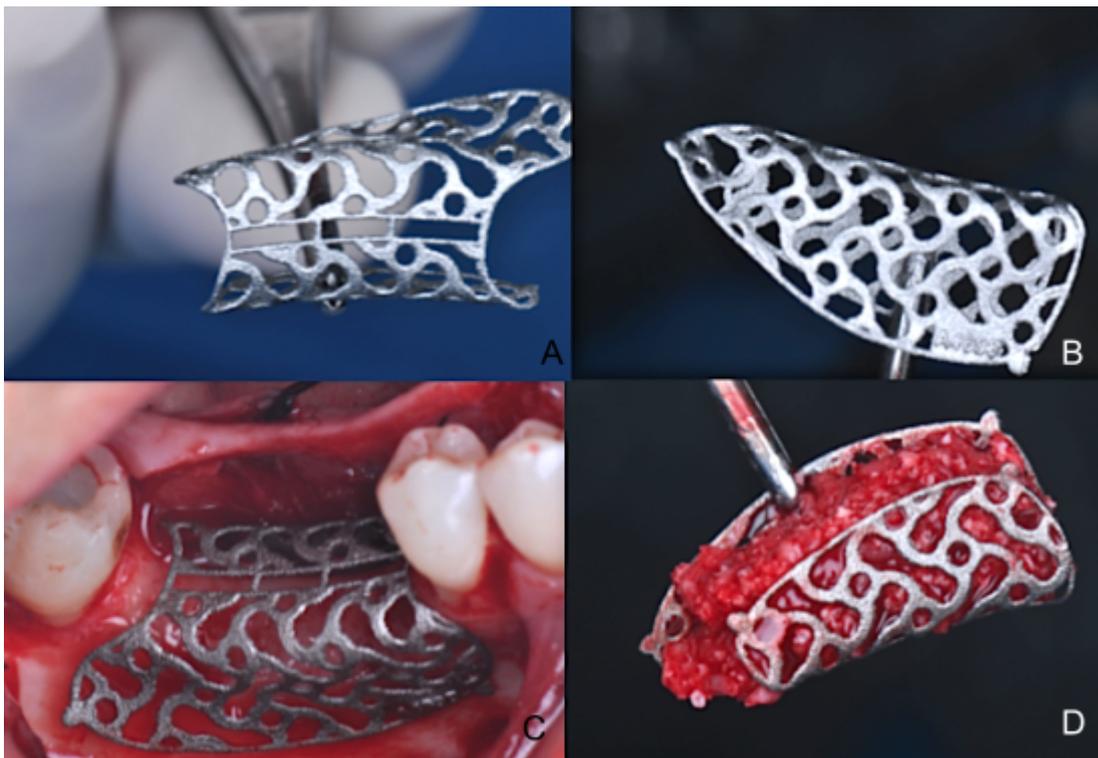
En début de séance, un prélèvement sanguin est fait à la patiente afin d'obtenir le plasma riche en fibrine (PRF). Il est conditionné en tube sans anticoagulants et placé en centrifugeuse. On obtient avec le premier tube un i-PRF à mélanger avec le matériau de comblement, et dans un deuxième tube, un L-PRF qui viendra recouvrir la grille.

L'incision de pleine épaisseur est pratiquée en supra-crestal au niveau de l'édentement prolongée en intra-sulculaire côté lingual et vestibulaire de la 48, de même pour la 45. Une incision de décharge a été réalisée au tiers distal vestibulaire de la 44, en arrière du frein jugal.

Le décollement de pleine épaisseur a été réalisé jusqu'à la jonction muco-gingivale côté lingual et vestibulaire (Figure 20.C). Après la séparation du périoste, la préparation du lambeau est poursuivie avec une technique d'épaisseur partielle assurant l'élasticité du lambeau vestibulaire. L'opérateur a repéré l'émergence du nerf alvéolaire inférieur afin de ne pas léser le pédicule nerveux lors des incisions et décollement. Le site a été nettoyé afin d'éliminer les brides cicatricielles et le tissu fibreux adhérent à la corticale, on obtient une visibilité adéquate de la surface osseuse receveuse.



**Figure 20:** Photographies en vue occlusale (A), vestibulaire (B) avant décollement muqueux, et après avec débridement de la surface osseuse, on distingue l'emplacement des anciens implants (C) . Courtoisie Dr Popelut



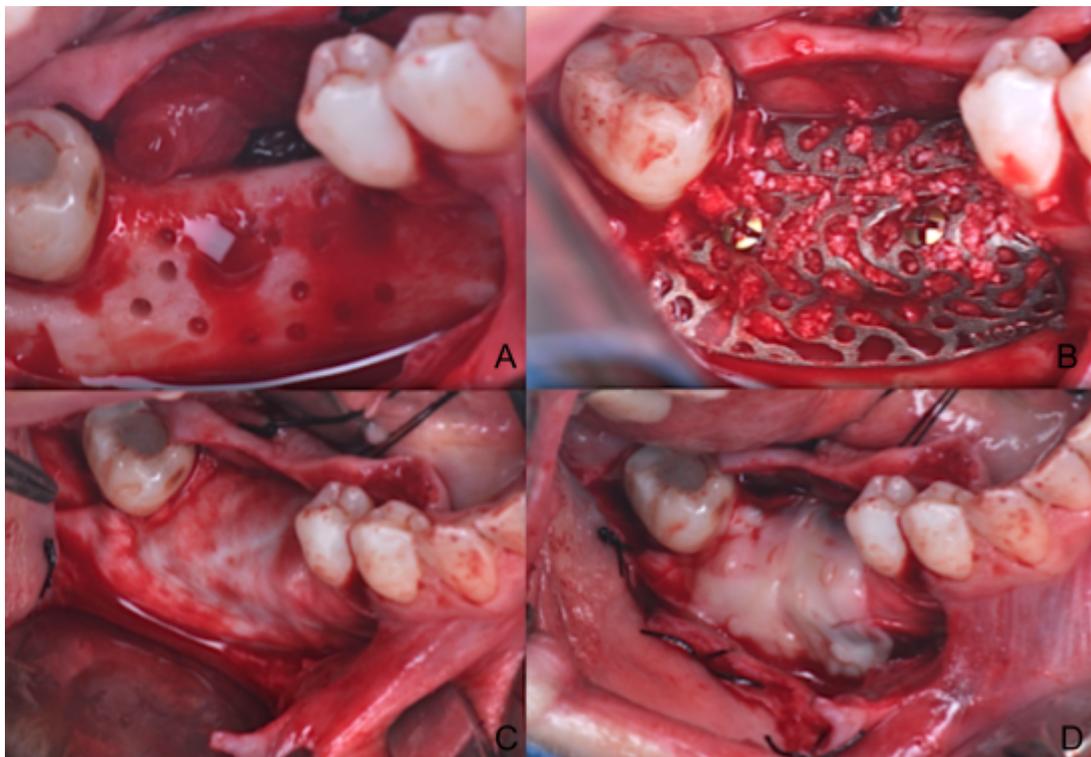
**Figure 21:** Photographies de la grille titane personnalisée Yxoss CBR ® , (A) la vue occlusale montrant la fonction de retrait intégré Easy Removal Design ® , (B) vue vestibulaire où l'on aperçoit le numéro de référence, (C) essai montrant un ajustage idéal, à 1,5 mm de 48 et 45 également à distance du foramen mentonnier, (D) chargée du mélange Bio-Oss ®, os autogène (1:1) imbibé d'i-PRF, prêt à être posé. Courtoisie Dr Popelut

Un premier essayage de la grille est fait pour valider son ajustage et la visibilité de ses limites, notamment au niveau des dents adjacentes (figure 21.C).

Des perforations de la corticale sont réalisées avec une fraise boule sous irrigation au sérum physiologique (Figure 22.A). Ceci permettant une meilleure irrigation sanguine du greffon par les vaisseaux de l'os spongieux. Il y a également un forage des deux puits de vis par un foret hélicoïdal (Straumann®). Le site est désormais prêt à recevoir la greffe.

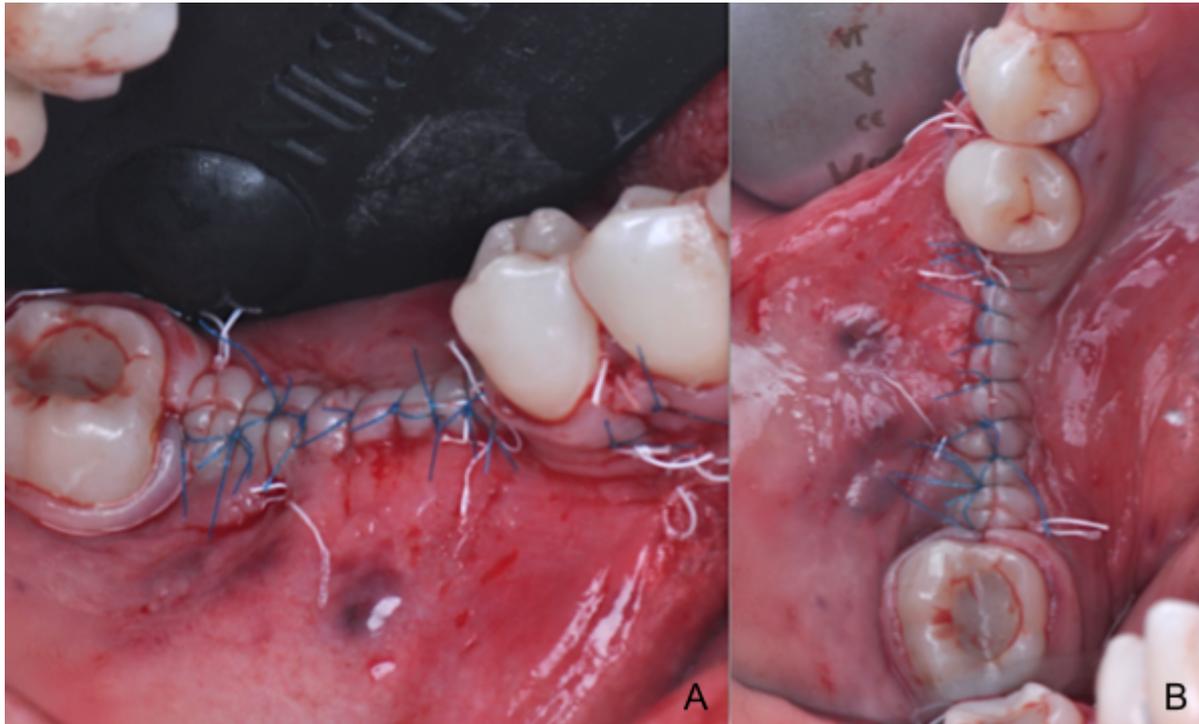
L'opérateur prélève l'os autogène avec un SafeScraper® (Geistlich) aux abords du site greffé le mélange au substitut osseux Bio-Oss® (Geistlich) os d'origine bovine, et y ajoute l'i-PRF selon la technique "sticky bone", au bout d'une minute, l'ensemble est lié et chargé dans la grille (Figure 21.D). Celle-ci est ensuite placée dans sa position finale et fixée avec les deux vis. (Figure 22.B).

Une fois la stabilité assurée, la grille est recouverte par une membrane collagénique Bio-Gide® (Geistlich) prédécoupée afin de bien recouvrir la totalité de la grille (Figure 23.C). Enfin le L-PRF est placé par dessus (Figure 22.D) avant de suturer sans tension par des points en U avec le fil PTFE et des points simples au fil 6.0 vinyle (Figure 23.A, B).



**Figure 22:** Photographies de la zone opératoire, (A) préparation du lit receveur avec perforation de la corticale, (B) grille fixée par le biais de deux minivis, (C) mise en place de la membrane collagénique Bio-Guide®, (D) mise en place du L-PRF avant suture. Courtoisie

Dr Popelut



**Figure 23:** Sutures en U, capital pour limiter la tension musculaire exercée sur les lambeaux avec du fil de PTFE. Sutures en O, pour refermer les berges, avec du fil vinyle 6.0. En vue vestibulaire (A) et occlusale (B). Courtoisie Dr Popelut

L'ordonnance post opératoire comprenait:

- Arnica 9 ch : cinq granules trois fois par jour. À commencer une semaine avant la chirurgie trois fois par jour pendant sept jours.
- Solupred 20 mg: Trois comprimés le matin pendant quatre jours.
- Clamoxyl 1 g: Un comprimé matin, midi et soir pendant une semaine.
- Lamaline géI : une à deux gélules trois fois par jour, en cas de douleur.
- Paroex bain de bouche 0.12%: Faire un bain de bouche après chaque repas/ brosseage. Pendant une semaine.
- Elugel 0.2%: Appliquer sur la zone opératoire avec le doigt propre trois fois par jour pendant une semaine.
- Brosse à dent chirurgicale

- Troisième temps chirurgical: Dépose de la grille et pose des implants  
08/03/2021

Durant la période de cicatrisation osseuse d'un peu plus de 7 mois, aucune complication n'est survenue.

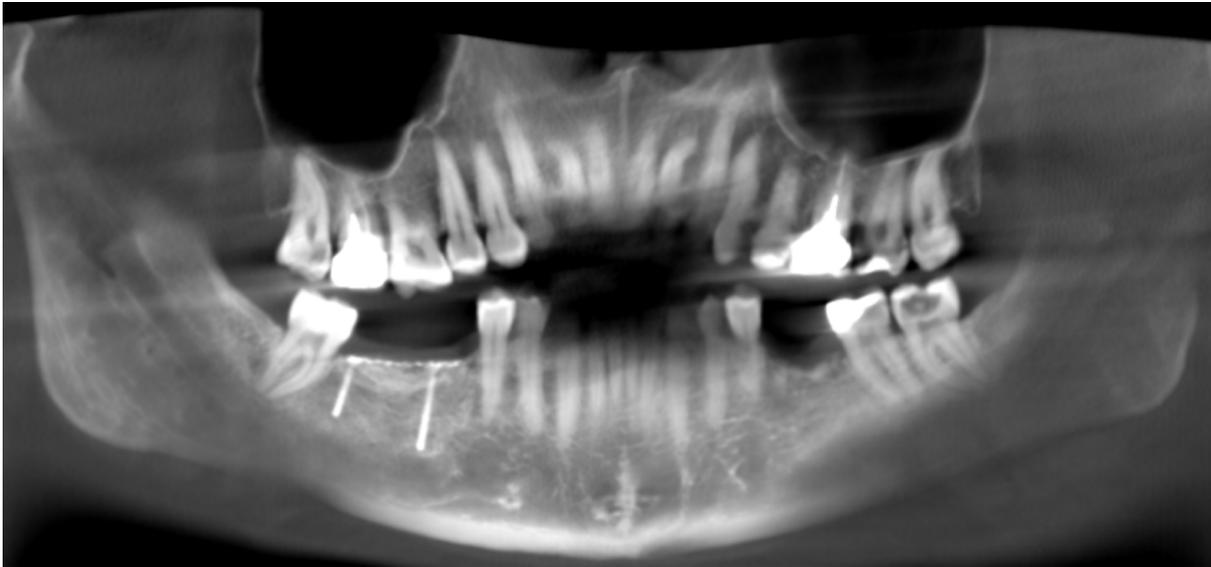
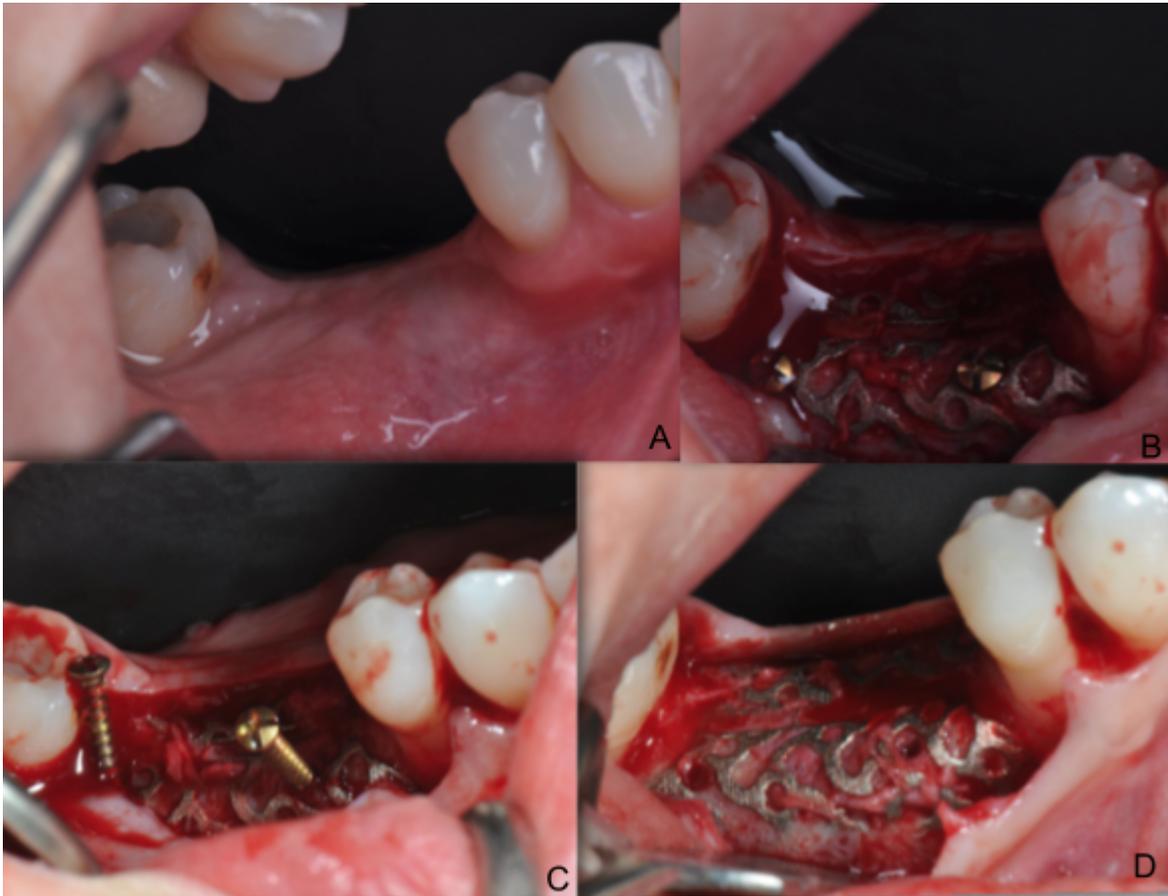


Figure 24: Reconstruction panoramique du scanner à 7 mois post opératoire. On y voit la crête augmentée avec la grille en place, fixée par ses deux vis.

La chirurgie de dépose et implantaire a été programmée à la vue du scanner à 7 mois post-opératoire. (Figure 24) Le volume augmenté étant jugé adéquat pour la pose des implants dans de bonnes conditions. La gencive recouvre totalement l'os avec un aspect sain. Néanmoins, on note (Figure 25. A) une absence de gencive kératinisée qui nécessitera un aménagement muqueux.



**Figure 25:** Vue vestibulaire lors de la dépose des vis de fixation, (A) avant incision, (B) après décollement du lambeau sans incision de décharge, (C et D) dépose des vis.

Courtoisie Dr Popelut

Cette chirurgie est faite avec une incision supra-crestale et intra-sulculaire, identique à la première chirurgie, sans incision de décharge (Figure 26.B). Il est intéressant de noter que cet accès réduit est rendu possible par la fonction de retrait intégré Easy Removal Design.

Le premier temps opératoire consiste à déposer les 2 vis de fixation (Figure 26.C), puis découper la grille en 4 points supra-crestaux , et enfin retirer chaque partie (Figure 27).

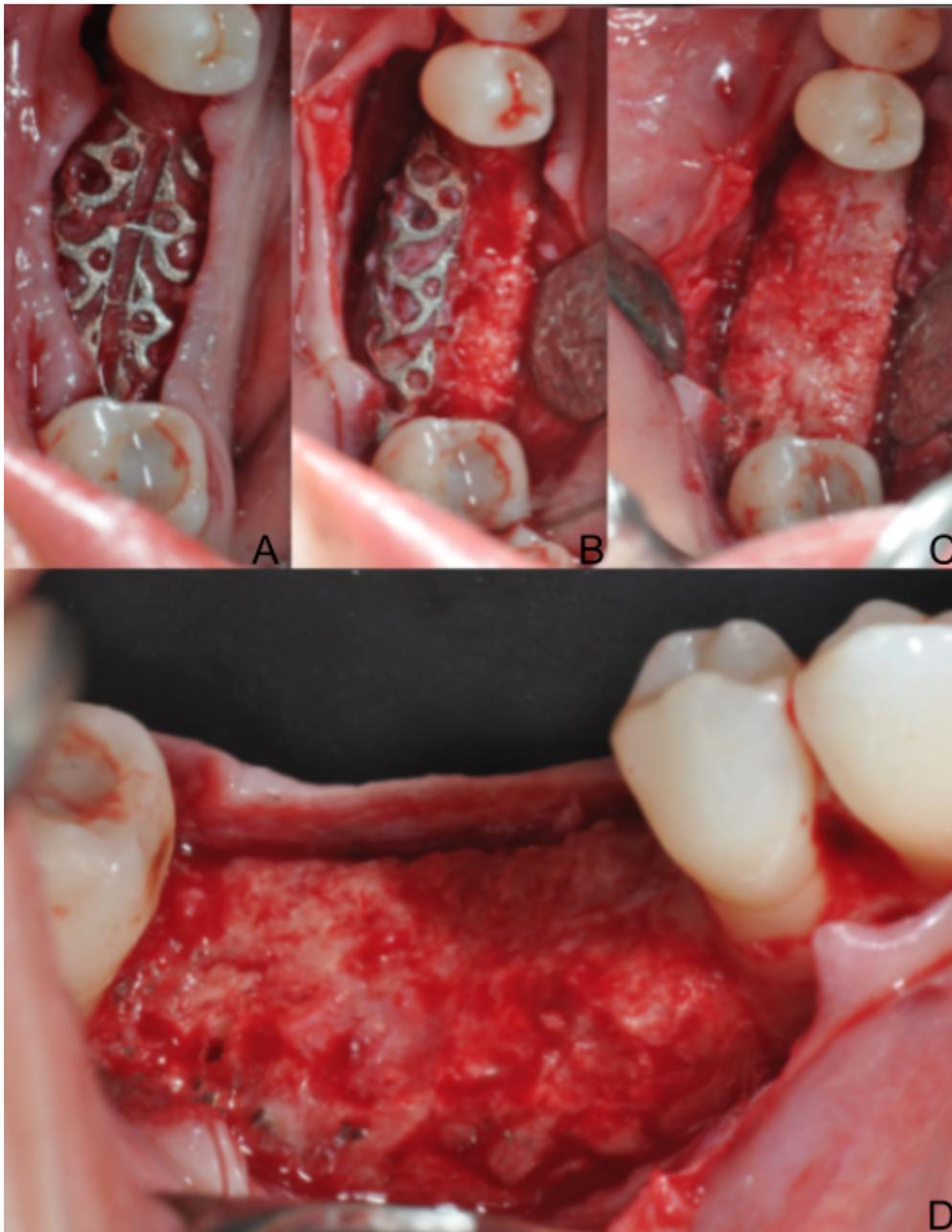


Figure 26: Dépose de la grille en trois temps (A, B, C), avec le découpage au niveau de la fonction Easy Removal Design<sup>®</sup>, et retrait de deux hémi-grilles. Enfin (D) volume osseux greffé. On note qu'il subsiste un fragment de grille en vestibulaire retenu par l'os néoformé, facilement retiré. Courtoisie Dr Popelut



**Figure 27:** (A) crête osseuse après la dépose de l'ensemble de la grille (B), (C et D) les deux nouveaux implants posés en respectant les volumes osseux nécessaires à leur ostéointégration. Courtoisie Dr Popelut

La durée de l'opération est considérablement réduite, et le risque de lésion des tissus périphériques nettement diminué.

La pose d'implant suit la séquence instrumentale qui lui est propre. Leur positionnement parallèle et intégré à l'arcade dentaire, avec un col implantaire juxta osseux n'aurait pu se faire sans l'augmentation osseuse. Des vis de couvertures ont été posées et le site suturé avant les phases prothétiques.

La patiente recevra ses couronnes implantaires quatre mois plus tard, lorsque l'ostéo-intégration sera terminée.

Par ailleurs, un traitement orthodontique est programmé pour rattraper l'égression des dents antagonistes.

## 2.2.7 Résultat clinique

7 mois après la chirurgie d'augmentation, un scanner a été réalisé avec le même matériel dans la même zone d'intérêt.

Il en résulte une augmentation et une qualité osseuse suffisante pour la mise en place des implants. Les images et analyses de volume seront abordées dans la partie suivante.

Un questionnaire a été remis au docteur Antoine POPELUT afin de recueillir son avis sur cette technique de la grille en titane personnalisée.

- Depuis quand pratiquez-vous les chirurgie d'augmentation osseuse avec grille en titane? et avec les grilles personnalisées?

*Je pratique ce type de chirurgie osseuse depuis maintenant dix ans, et j'y ai ajouté ce dispositif depuis deux années, nous l'utilisons maintenant couramment dans notre clinique mes collaborateurs et moi.*

- Quels en sont les avantages et les inconvénients?

*Les avantages indéniables de cette technique sont sa rapidité et sa facilité d'exécution. Les contours de la grille s'adaptent toujours parfaitement au défaut osseux. La fixation est aisée, surtout comparée à celle des membranes résorbables.*

*Par contre, il est vrai qu'elle nécessite un second temps opératoire de dépose. La grille présente également un risque d'exposition non négligeable. Le biotype parodontal fin est le facteur capital dans le choix thérapeutique.*

## 3. Résultats

Toutes les étapes du plan de traitement ont pu être réalisées et le projet initial mené à terme. Lors de la chirurgie d'augmentation, la grille en titane Yxoss CBR® s'adapte parfaitement aux structures osseuses, avec un aménagement pour le positionnement du substitut osseux d'un volume de 0,96 cm<sup>3</sup> et d'une longueur mésio-distale de 17mm. La grille reçue correspondait au premier projet proposé par ReOss® et aucune retouche n'a été nécessaire. Aujourd'hui mis en charge, les couronnes implantaires s'intègrent esthétiquement et fonctionnellement à l'arcade mandibulaire de madame L.

### 3.1 Suivi radiologique

Les examens radiographiques pré-opératoires et post-opératoires recueillis permettent une évaluation du gain osseux par cette méthode d'augmentation.

On a donc une augmentation dans les 3 dimensions désirées: verticale, horizontale, et transversale. La crête obtenue remplit en totalité l'espace maintenu par le grille, avec une anatomie s'intégrant parfaitement au lit receveur.

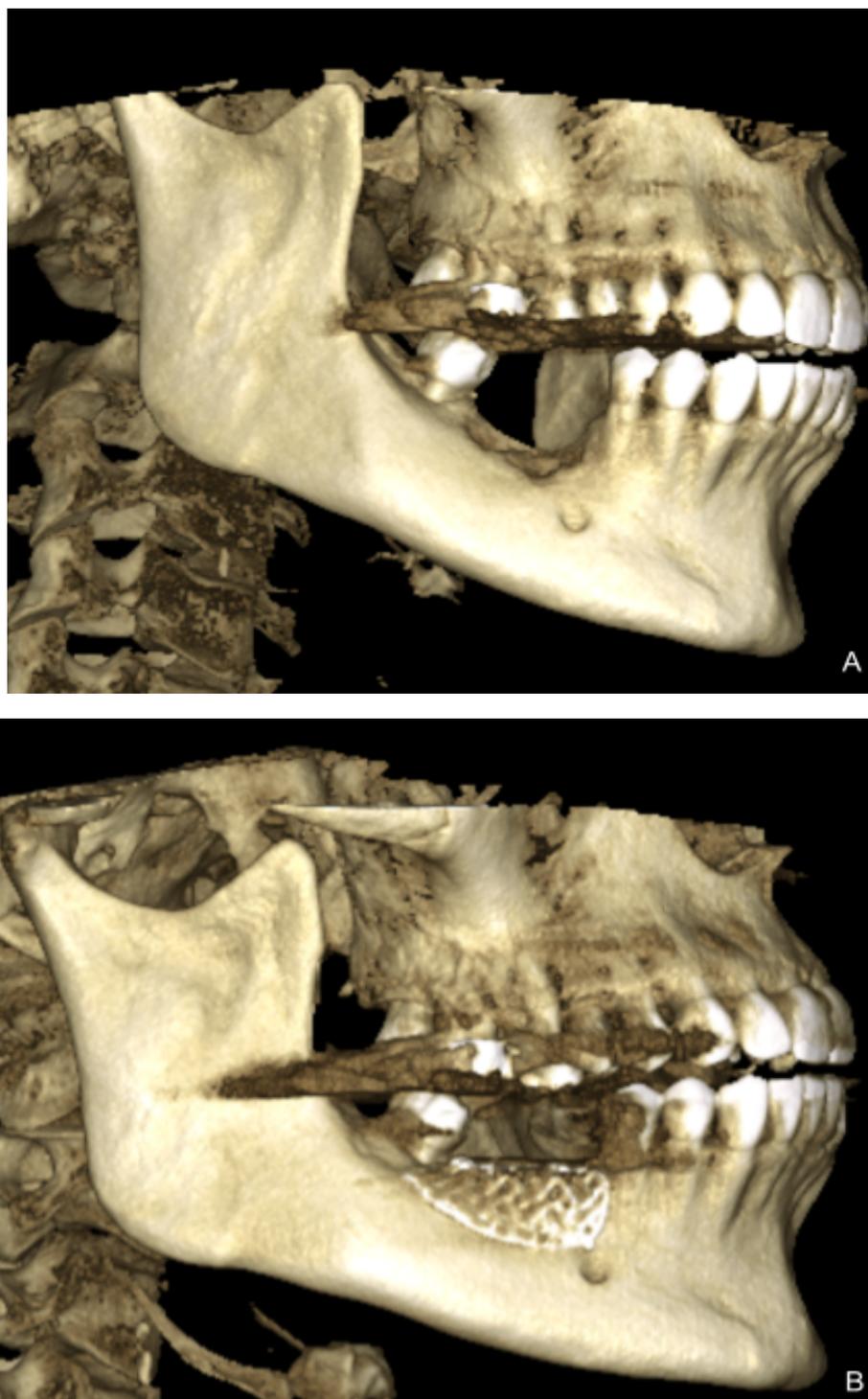


Figure 28: Reconstructions 3D des scanners (A) pré- et (B) post-opératoires à 7 mois.

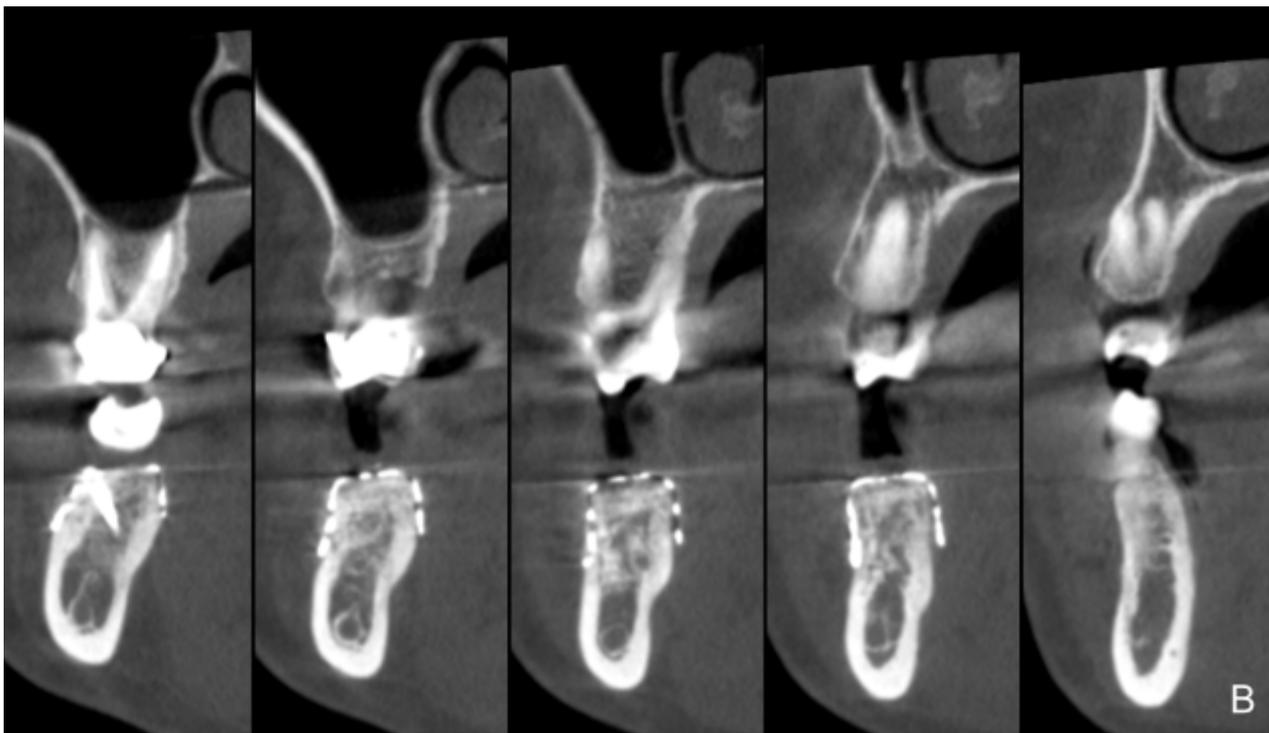
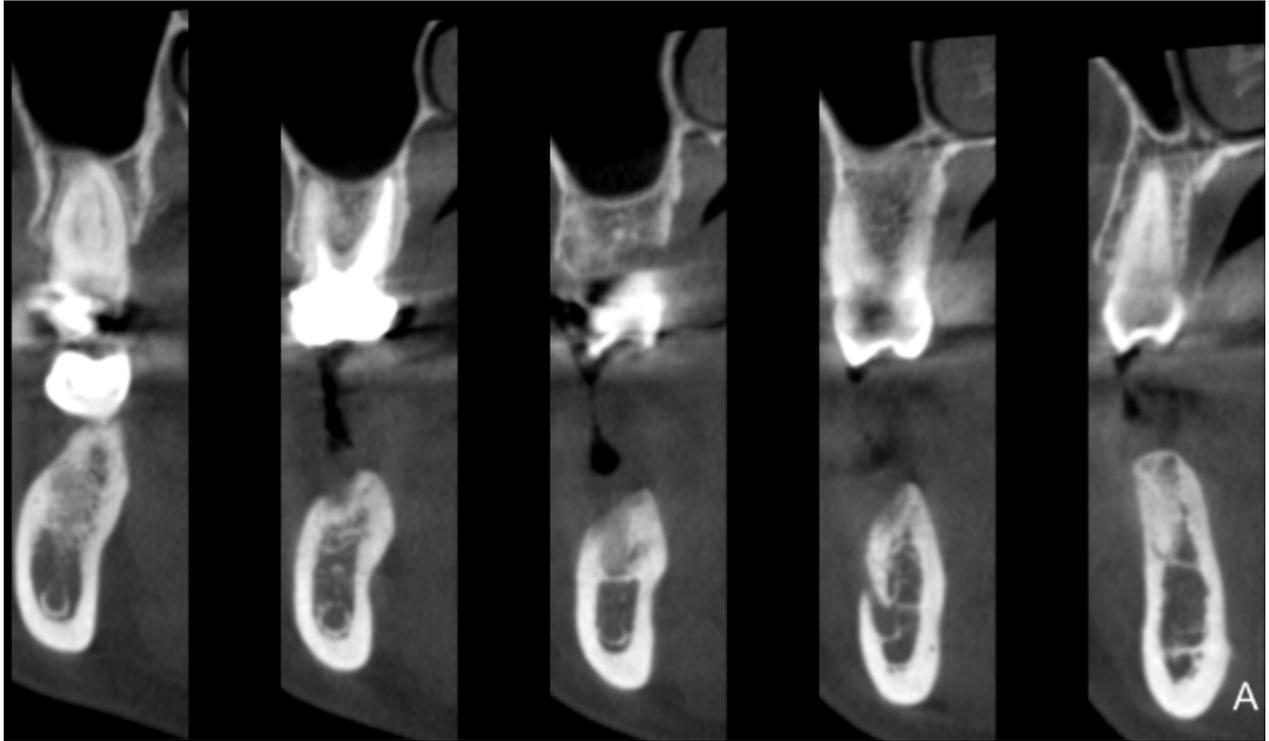


Figure 29: Coupes axiales radiographiques du défaut osseux après la dépose des implants (A). On note la présence du foramen mentonnier sur la limite antérieure de l'édentement, ainsi que les alvéoles post extractionnelles des implants. Et 7 mois après la greffe (B), l'intégralité du défaut a été comblé.

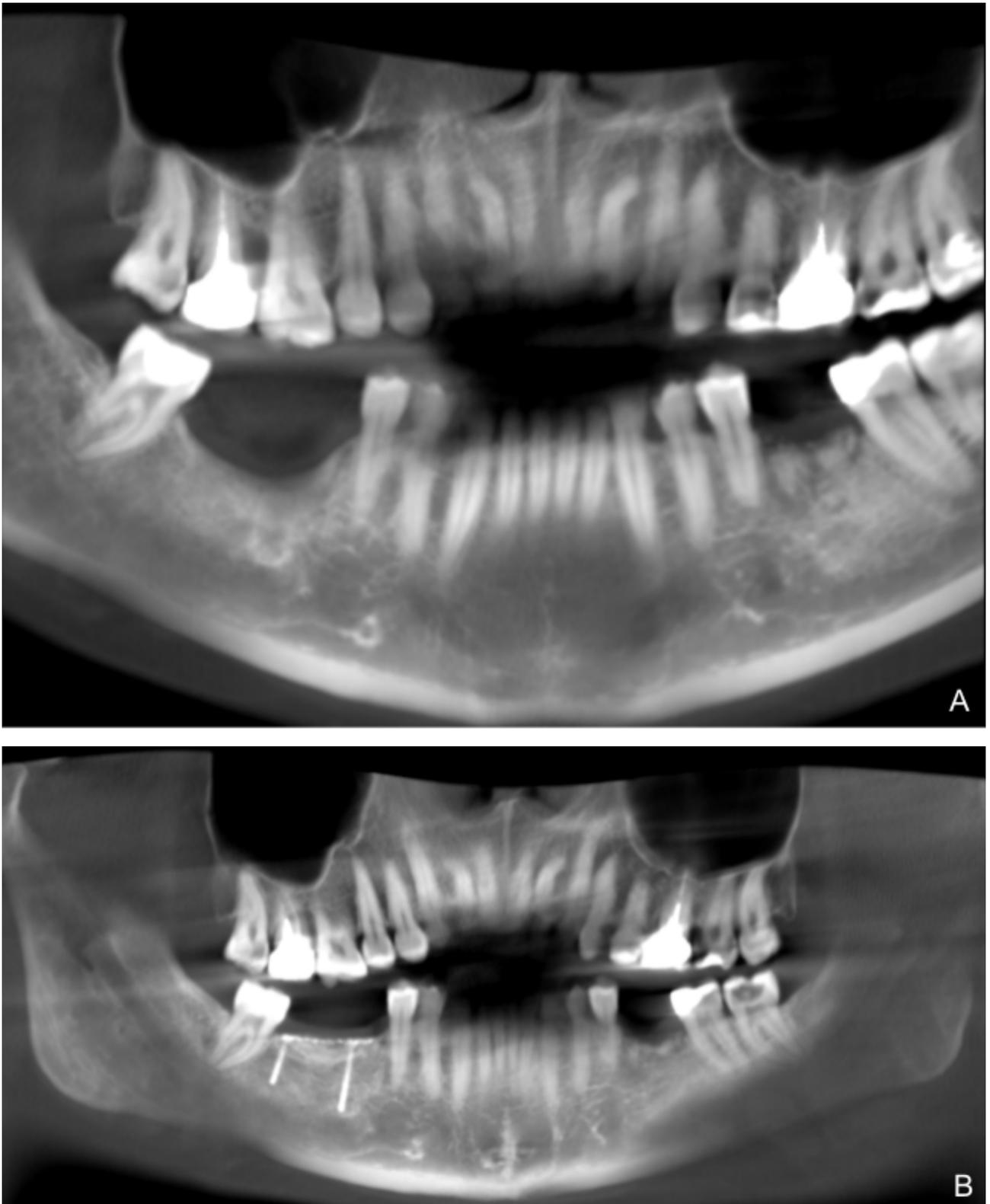


Figure 30: Reconstruction panoramiques pré- (A) et post- opératoires (B) à 7 mois. Une préservation alvéolaire a été réalisée après avulsion de la 36.

## 3.2 Suivi endo-buccal

Aucune complication n'est apparue lors de la cicatrisation, et les muqueuses ont retrouvé un aspect sain non inflammatoire.



Figure 31: Photographies en vue vestibulaire avant greffe (A) le 15/07/2020 et avant la dépose de la grille (B) le 08/03/2021. Courtoisie Dr Popelut

## 3.3 Qualité osseuse

Lors de la réouverture et de la dépose, le tissu osseux formé a montré un saignement physiologique et a permis une bonne stabilité primaire des implants.

La qualité osseuse retrouvée à en juger par les coupes axiales, et la sensibilité tactile du praticien correspond à un tissu osseux normal dans la classification HNS et de Trisi et Rao.

## 4. Discussion

### 4.1 Alternatives à la ROG

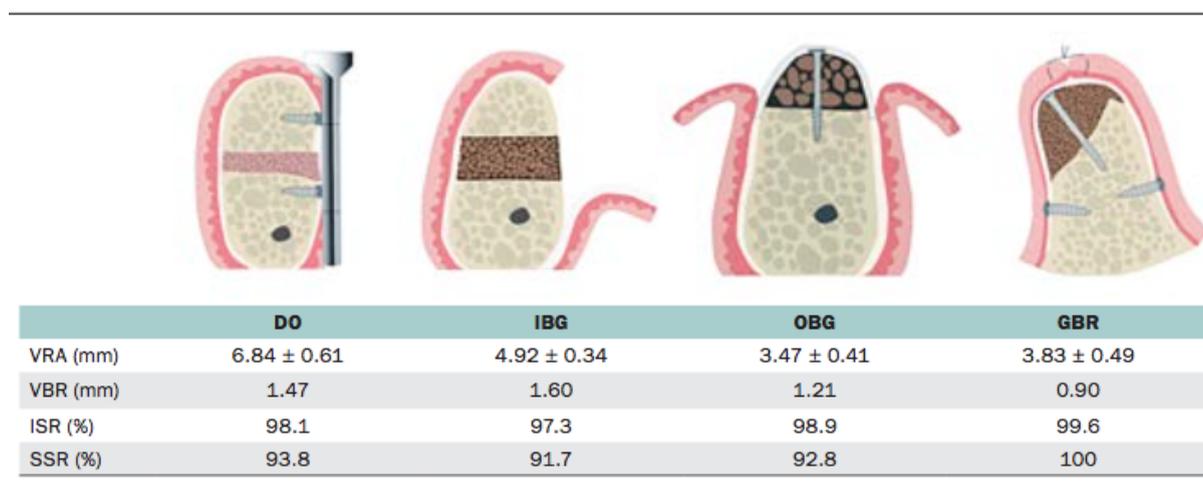
- Distraction osseuse et greffe en inlay

Cette technique consiste à créer un espace de comblement en incisant et écartant les berges osseuses à l'aide d'un distracteur. La greffe en inlay s'abstient du distracteur en interposant un substitut osseux en bloc.

- Onlay block bone grafting (OBG)

Elle consiste en la fixation d'un bloc osseux autogène, ou exogène au niveau de la résorption. (exemple: bloc cortico-spongieux BIO bank®).

- Éléments de comparaison avec la ROG



**Figure 32:** Représentation des différents types de greffe, avec les paramètres étudiés dans l'étude de B. Elnayef et al. VRA: Augmentation verticale, VBR: Résorption verticale, ISR: Survie implantaire, SSR: Succès implantaire. (42)

Une revue systématique et méta-analyse publiée en 2017 par Elnayef et al., étudie l'augmentation osseuse verticale dans les cas de mandibule atrophiée. Le but de cette étude est de comparer les résultats obtenus avec les différentes techniques connues jusque-là. On a donc la greffe par distraction osseuse, la greffe inlay, la greffe onlay en bloc, et enfin la régénération osseuse guidée. Elle rassemble 52 articles scientifiques après exclusion.

Les critères de comparaison sont :

- La valeur verticale de l'augmentation,
- La résorption verticale,
- La survie et le succès implantaire après greffe.

Les conclusions de cette étude sont :

- Pour une augmentation verticale d'environ 4 mm, toutes les techniques sont bonnes,
- Les greffes par distraction osseuse et inlay sont les plus indiquées pour une augmentation verticale plus importante,
- La ROG est la meilleure technique en termes de stabilité osseuse. C'est à dire qu'elle est moins sujette à la résorption, aux complications, et à la morbidité.
- Le succès implantaire est comparable, la survie est difficile à évaluer en raison de la durée des études,
- Les résultats à long terme restent une donnée très peu observée dans l'ensemble de la littérature.

Les auteurs s'accordent sur le fait que ces études ne sont pas toutes randomisées et de ce fait sont susceptibles d'être biaisées. Aussi la classification de ces techniques ne tient pas compte des matériaux utilisés et des thérapies régénératrices associées qui influencent énormément le résultat d'une greffe. L'étude a été conçue de cette manière pour proposer au chirurgien une base de réflexion pour le choix de la technique à adopter.

Il est intéressant de lire dans cette revue, publiée la même année que la mise sur le marché de la technologie Yxoss CBR, que la ROG est la technique la plus prometteuse. Et que la recherche devrait explorer et tester de nouvelles technologies afin d'améliorer le maintien à long terme du volume de greffe et la stabilité du greffon. À ce stade, l'impression 3D du titane était la technologie la plus prometteuse. (42)

## 4.2 Succès de la technique de greffe avec grilles titanes

La revue systématique publiée en 2014 par Raisa del Paulo et al., s'appuie sur 17 études portant sur le taux de réussite des greffes osseuses alvéolaires avec grille en titane. Pour chacune des études, les trois aspects évalués sont (43) :

- **Le volume osseux régénéré** horizontalement et verticalement en millimètres, mesurés séparément. Il a été calculé qu'en moyenne, que l'os néoformé verticalement est de 4,91mm (2,56-8,6) et horizontalement de 4,36 mm (3,75 - 5,65).
- **Le taux de complications survenues**, défini comme l'exposition de la grille titane. Il atteint une moyenne de 16,1%. Bien que dans la majorité des cas, un retrait anticipé de la grille ne soit pas nécessaire, cette complication cause pour la moitié de ces cas une diminution du volume greffé.
- **La survie implantaire** consécutive à la greffe: 89,9% de succès et un taux de survie implantaire de 100%. Mais ces critères ne sont évalués que pour 4 des 17 études.

Cette étude rassemble les défauts osseux post extraction, post traumatique et maladies parodontales. Ces critères d'inclusion bannissent tous les défauts d'origine tumorale ou congénitale, ainsi que les patients fumeurs. Elle sélectionne donc les patients à plus fort potentiel de cicatrisation. Les auteurs s'accordent également à dire que les mesures hétérogènes et peu étendues dans le temps limitent la valeur de ces résultats.

Une chose reste intéressante, c'est que peu importe la technique chirurgicale, la mise en place ou non de membrane supplémentaire, ou de matériaux de greffe, les volumes greffés sont toujours comparables.

Une seconde revue systématique de la littérature publiée en 2018 par F. Briguglio et al., portant sur les greffes osseuses alvéolaires avec grilles titane, et analysant des données de 154 patients répartis dans 7 articles internationaux (moyenne 19,2 patients/article), publiés exclusivement en anglais. Le nombre de sites traités s'élève à 175, avec une majorité de sites au maxillaire supérieur. Cette étude évalue approximativement les mêmes critères et apporte les mêmes conclusions. (44)

Dans d'autres publications, plus spécifiques aux grilles personnalisées, ces conclusions se retrouvent, mais elle y ajoute d'autres avantages: (34, 43, 45, 46, 47)

- Résultats comparables avec les grilles traditionnelles,
- Temps chirurgicaux réduits de 30 minutes en moyenne (par rapport aux grilles traditionnelles),
- Utilisation de moins de fixation, 1.31 vis contre 3.23 en moyenne pour les grilles traditionnelles,
- Ajustage idéal, supprimant le travail de découpe, de modelage de la grille, en permettant une plus grande stabilité primaire et diminuant les risques de fracture des vis de fixation.
- Le matériau de comblement occupe toujours l'entièreté du volume délimité par la grille.
- Le volume ossifié est toujours proche du volume requis, avec ou sans exposition,
- Le procédé 3D permet de greffer le volume osseux minimum nécessaire au projet.

## 4.3 Limites

- Exposition de la grille titane et du greffon



Figure 33: Photographie d'une exposition de grille Yxoss CBR à 6 mois post-opératoire (45)

La principale complication retrouvée dans la littérature est l'exposition de la grille en titane. En raison du décollement de la muqueuse gingivale, comprenant le périoste, celle-ci perd un apport sanguin important, le plus souvent au niveau de la suture. L'ischémie provoque une nécrose du lambeau au contact du dispositif et donc une exposition de la greffe. Cette exposition peut avoir comme conséquence la perte partielle ou totale du matériau de comblement, ainsi que l'invasion bactérienne.

Une étude comparant les grilles traditionnelles et les grilles sur mesure estime, sans différence statistique significative, que cette dernière provoquerait moins d'exposition. Cela est la conséquence de l'ajustement idéal, de l'absence d'irrégularité de surface et l'utilisation de moins de vis de fixation. De plus, la macroporosité de la grille permet un apport plus direct de cellules ostéogéniques et vasculaires en provenance du périoste. (33, 48)

- Infection

Résultat le plus souvent de l'exposition du greffon, laissant les bactéries buccales pénétrer au contact osseux. Mais aussi de la proximité des dents adjacentes et donc d'éventuelles poches parodontales doivent être considérées. La distance mésio-distale requise entre la dent bordant l'édentement et la grille doit être de 1mm minimum, 1.5mm pour M.Seiler et al. , pour éviter la contamination bactérienne. (35)

Louis et al. expliquent que l'état de surface plus poli de la grille titane comparé aux membranes résorbables, constitue une surface moins propice à la colonisation bactérienne et moins irritante pour le lambeau muqueux. Cette faible adhérence des bactéries autorise un degré d'exposition lors de la cicatrisation sans compromettre la greffe. (49)

➤ Résorption partielle du greffon

Comme décrit précédemment, la diminution d'apport sanguin peut engendrer la résorption du matériau de comblement.

Selon un article de Miyamoto et al., le type de défaut osseux est corrélé au taux de résorption du greffon. Les défauts complexes sont les plus sujets avec 9/27 cas, puis il y a les défauts horizontaux et enfin les défauts post extractionnels "socket". Ceci est une preuve de la complexité de gestion des régénérations osseuses dans les défauts complexes. (50)

➤ Perturbation neurologique temporaire

Certains auteurs rapportent des complications neurologiques transitoires post opératoires avec recouvrement spontané et systématique dans les dix semaines. Cette complication n'est relevée que dans très peu d'études sans être détaillée précisément. Néanmoins, il est évident que cette opération peut entraîner un inconfort, une paresthésie voire des douleurs au niveau local ainsi qu'une asthénie. (50)

➤ Second temps opératoire

Il est évident que ce dispositif non résorbable doit être déposé. Il existe donc des risques liés à ce second temps opératoire. Pour minimiser ces risques, la fonction de retrait intégrée permet de simplifier la dépose par: une diminution de l'ouverture muqueuse, un temps opératoire réduit.

La dépose des points se fait généralement à 2 semaines, le retrait de la grille lui au bout de 4 à 8 mois, cela dépend du défaut et du résultat obtenu. (51)

## 4.4 Management des limites

Un nombre de critères importants sont à prendre en compte dans le choix thérapeutique. Il est nécessaire de penser à tous ces facteurs en amont.

### ➤ Préopératoire

- Le morphotype gingival est considéré comme étant le plus important des critères pouvant influencer la greffe. Les gencives minces affectent négativement la greffe par leur déhiscence. Le pronostic est meilleur dans les morphotypes gingival épais.
- Une quantité importante de gencive kératinisée recouvrant la greffe influence positivement la néoformation osseuse ainsi que la cicatrisation muqueuse.
- La proximité des insertions musculaires pouvant influencer sur la stabilité des tissus mous.
- L'état des dents adjacentes et la qualité de l'hygiène buccale est comme dans toutes réhabilitations un critère à prendre en compte.
- L'expérience chirurgicale du praticien va conditionner le succès de l'opération.
- Il n'est pas mentionné dans la littérature de critère d'âge du patient, néanmoins on peut considérer qu'un sujet jeune présente un potentiel de cicatrisation plus important.
- Les sujets de sexe féminin sont moins susceptibles aux déhiscences. (44, 51)
- Les sujets fumeurs, en cas d'exposition ont une perte de substitut osseux supérieure. (52)
- Les sujets diabétiques non équilibrés présentent des retards de cicatrisation et donc des risques accrus d'exposition. (52)

### ➤ Per-opératoire

- Incision et lambeau: A.Hartmann et M.Seiler considèrent que dans la procédure chirurgicale, la technique de lambeau, la taille et localisation de la greffe n'ont pas d'influence sur le risque d'exposition (51, 46). Néanmoins, une étude de 2017, publiée par K. Sagheb et al. suggère sans différence significative statistique qu'une incision supra-crestale provoquerait plus d'ischémie muqueuse (45.5%) qu'une incision en poncho modifié (20%,  $p=0.221$ ). Aussi elle surviendrait significativement plus souvent au maxillaire qu'à la mandibule (66.7 contre 8.3%,  $p = 0.009$ ). (45).

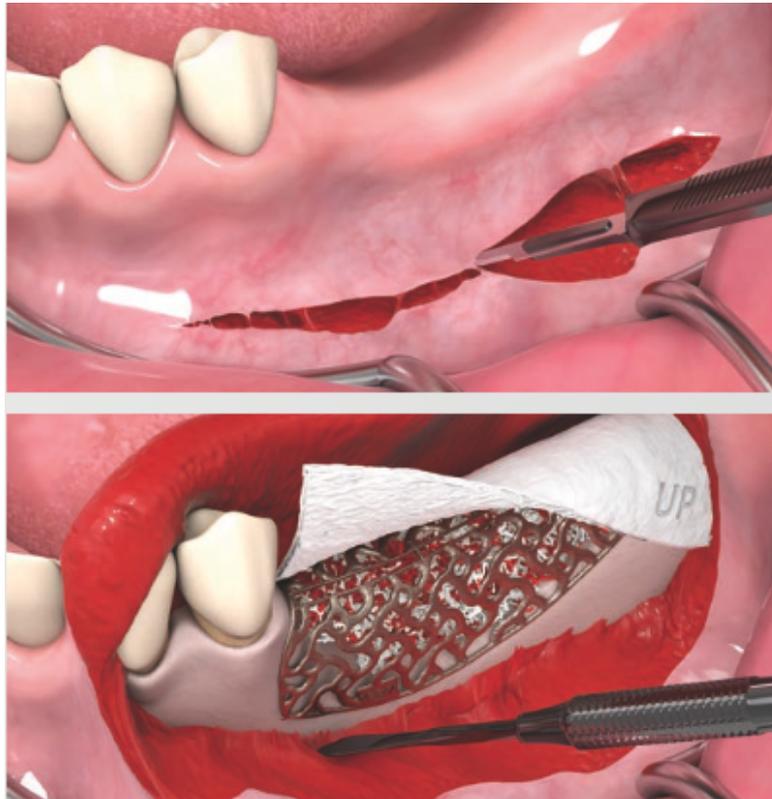


Figure 34: Technique d'incision en "poncho modifié", décrit par Sagheb et al. (image venant de la brochure ReOss)

- Stabilité, fixité; un lambeau moins fixe, et de ce fait plus susceptible aux tensions musculaires et muqueuses, provoquerait plus rapidement l'ischémie. Aussi l'ischémie dans les premières semaines aurait un impact plus négatif pour la greffe qu'une exposition tardive. (45, 51, 53) Les points de suture sont discontinus pour minimiser le risque de perte totale. Le professeur Liebaug recommande l'utilisation de points profonds en U, comme décrits dans notre cas clinique. Ces points sont très efficaces pour réduire les tensions au merge des lambeaux.
- La greffe peut être significativement optimisée par l'utilisation du PRF. Il permet de créer un maillage biodégradable de fibrine, de cellules souches, de plaquettes, et de leucocytes, facilitant la microvascularisation et la migration de cellules ostéoprogénitrices. Il joue aussi le rôle de réservoir de facteur de croissance. (54) Dans le cas développé précédemment, il est utilisé sous deux formes: i-PRF et L-PRF. D'une part, le L-PRF (plasma riche en fibrine et leucocytes) est recueilli à la précelle, il servira essentiellement au recouvrement de la grille, pour améliorer la cicatrisation muqueuse. D'autre part, le i-PRF (plasma riche en fibrine injectable), est une forme plus fluide, obtenue par centrifugation moins rapide et moins longue (700 tpm, 3 minutes contre 3000 tpm, 10 minutes pour le L-PRF). Lui est recueilli à la seringue et injecté au sein du matériau de comblement osseux pour permettre une manipulation plus aisée et une meilleure tenue de la greffe. (55, 56)

- La perforation de la corticale osseuse comme dans toute greffe osseuse permet un apport sanguin d'origine osseuse.
- La présence d'os autogène au sein de la greffe aux proportions 1:1 potentialise la régénération osseuse (38)

#### ➤ Post-opératoire

Le patient traité reçoit comme recommandations post opératoire:

- Maintenir une hygiène bucco-dentaire appropriée, comprenant un bain de bouche deux fois par jour avec Chlorhexidine à 0,2%, et gel locale de chlorhexidine à 0,2% sur la plaie,
- Certains chirurgiens prescrivent une antibiothérapie de cinq à sept jours (Amoxicilline 1g 1-1-1 ou Clindamycine 600 mg 1-1-1) débutant le jour de la chirurgie,
- Éviter le brossage du site opératoire,
- Éviter les traumatismes et le port d'une prothèse amovible, les prothèses complètes ne peuvent être portées que à but esthétique et sans contraintes,
- Alimentation molle pendant trois semaines,
- Contrôle mensuel,
- Contacter son chirurgien en cas de problème,

La prise en charge de l'exposition et de l'infection consiste plus souvent en une décontamination locale à l'aide de gel de chlorhexidine 0,2%, pouvant aller jusqu'au curetage osseux. Si elle est mineure, il est possible de re-suturer en désépithélialisant les berges. La dépose de la grille est rare mais peut être la solution choisie. Il est établi que le volume manquant est corrélé directement à la surface d'exposition de la grille au contact. (48)

## 4.5 Perspectives

Lorsque toutes les mesures sont prises pour optimiser la greffe; de la planification, en passant par la phase chirurgicale, le suivi jusqu'à la chirurgie de dépose et le suivi à long terme; la différence de succès ne peut se jouer que dans la gestion des échecs.

Dans une étude rétrospective menée sur la technique décrite dans ce travail, A. Hartmann et al. (52) proposent une classification pour permettre une gestion adaptée lors de la gestion du risque majeur: l'exposition. Cette étude regroupe 65 patients, tous traités par greffe avec la grille personnalisée Yxoss CBR ® , PRF, membrane résorbable, et substitut osseux, tout comme dans notre cas clinique.

La classification proposée est la suivante:

- A: Exposition ponctuelle,
- B: Exposition de la largeur d'une prémolaire,
- C: Exposition complète,
- D: Absence d'exposition.

Les sous-types associés au degré de perte de substitut:

- 0: Pas de perte,
- 1: Perte du substitut osseux avec nouvelle greffe partielle nécessaire,
- 2: Perte du substitut osseux avec nouvelle greffe complète nécessaire,

Les sous-types associés aux symptômes infectieux associés:

- 3: Gonflement,
- 4: Suppuration,
- 5: Fistulation.



Figure 35: Photos illustrant la classification de Hartmann et al. (A, B, C, D) font référence aux classes A, B, C, D. (52)

La classification s'est avérée être une méthode valable, orientée cliniquement, pour spécifier les déhiscences, et une description précise des complications est possible. C'est la première classification de ce type dans le suivi des greffes avec grille en titane.

Les recommandations qui en découlent pour le praticiens sont les suivantes:

- A: Peut être traité par agents anti-infectieux et nettoyage professionnel.
- B: traité également par agents anti-infectieux et nettoyage professionnel.
- C: un retrait anticipé et l'attente d'une cicatrisation des tissus mous pourrait permettre une greffe ultérieure en l'absence d'infection.

## Conclusion

Comme l'illustre ce cas clinique, les nouvelles technologies mises au point ces dernières années permettent de repousser les limites de notre profession. L'impression tridimensionnelle par procédé CAD-CAM et prototypage rapide permet aujourd'hui de reconstruire sur mesure l'os alvéolaire.

La mise au point de ce dispositif implantable a considérablement réduit le travail manuel de modelage du titane par le chirurgien-dentiste. Le rendant parfaitement adapté, ajusté, rigide, et stable, il serait difficile de revenir en arrière. Le gain de temps et la réduction du plateau opératoire ainsi que du risque d'erreur humaine devraient motiver le recours à ces types de chirurgie lorsqu'elles sont nécessaires.

Il est encourageant de dire que cette solution thérapeutique est une solution prometteuse, mais le niveau de preuve reste faible. À peine quatre années après sa sortie sur le marché, ce produit doit faire ses preuves sur le long terme. Il reste aussi certains inconvénients comme le retrait qui ne seront jamais facultatifs. Et aussi longtemps que nous manipulerons le tissu osseux et les tissus mous, leur complexité nous fera redoubler d'effort.

Il est à prévoir que ce dispositif présente l'une des clés dans le traitement des déficits osseux les plus complexes. Et que le coût de la grille en titane sur mesure via CFAO viendra à diminuer. Les praticiens souhaitant utiliser ces nouvelles techniques devront constamment compléter leurs connaissances. La formation continue ainsi que la connaissance des tissus vivants sont les clés dans la prise en charge de nos patients.



# Bibliographie

- (1) Pr. Caix, Pr. Montaudon, Dr. Uzel, Dr. Desvergnès. Anatomie descriptive et fonctionnelle de la tête, édition 2008-2009.
- (2) Moon HS, Won YY, Kim KD, Ruprecht A, Kim HJ, Kook HK, Chung MK. The three-dimensional microstructure of the trabecular bone in the mandible. *Surg Radiol Anat.* 2004 Dec;26(6):466-73.
- (3) Vivot JB. L'augmentation osseuse pré-implantaire: analyse comparative des techniques et résultats. Henri Poincaré, Nancy I; 2011.
- (4) Alghamdi HS. Methods to Improve Osseointegration of Dental Implants in Low Quality (Type-IV) Bone: An Overview. *J Funct Biomater.* 2018 Mar; 9 (1):7.
- (5) Lekholm U, Zarb GA, Albrektsson T. Patient selection and preparation. Tissue integrated prostheses. Quintessence Publishing Co Inc. 1985;199-209.
- (6) Misch CE, Judy KW. Classification of partially edentulous arches for implant dentistry. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1987;16(2):7-13.
- (7) Davarpanah M, Szmukler-Moncler S, Rajzbaum P, Davarpanah K, Demurashvili G. Manuel d'implantologie clinique. 3e édition – Editions CdP. 2015.
- (8) Rebaudi A, Trisi P, Cella R, Cecchini G. Preoperative Evaluation of Bone Quality and Bone Density Using a Novel CT/microCT-based Hard-Normal-Soft Classification System. *Int J Oral Maxillofac Surg.* Jan-Feb 2010;25(1):75-85.
- (9) Poole KE, Van Bezooijen RL, Loveridge N, Hamersma H, Papapoulos SE, Lowik CW, et al. Sclerostin is a delayed secreted product of osteocytes that inhibits bone formation. *FASEB J* 2005; 19:1842-4.
- (10) De Vernejoul MC, Marie P. Cellules osseuses et remodelage osseux. *médecine/sciences* 1993 ; 9 : 1192-203.
- (11) Harris D. Advanced surgical procedures : Bone augmentation. *Dent Update.* ;1997, 24:332-37.
- (12) Whaites E, Drage N. Radiographie et radiologie dentaires. Elsevier Masson, 2013.
- (13) Herford AS, Nguyen K. Complex Bone Augmentation in Alveolar Ridge Defects. *Oral Maxillofac Surg Clin N Am.* volume 27. (May 2015) 227–244.
- (14) Princ G, Piral T, Gaudy JF, Henriot E, Moret M, Salmon B. Chirurgie osseuse préimplantaire. Édition CdP. 2015.
- (15) Bathla S. Textbook of periodontics. 2017
- (16) Cawood JI, Howell RA. A classification of the edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Surg.* août 1988;17(4):232-6.
- (17) Cawood JI, Howell RA. Reconstructive preprosthetic surgery. I. Anatomical considerations. *Int J Oral Maxillofac Surg.* avr 1991;20(2):75-82.

- (18) Jacobs R, Scarfe WC. (2018) Dental Implants. In: Scarfe W., Angelopoulos C. (eds) Maxillofacial Cone Beam Computed Tomography. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-62061-9\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-319-62061-9_20)
- (19) Nyman S, Karring T. Regeneration of surgically removed buccal alveolar bone in dogs. *J Periodontal Res* 1979;14:86–92.
- (20) Becker W, Becker BE. Guided tissue regeneration for implants placed into extraction sockets and for implant dehiscences: surgical techniques and case report. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1990; 10: 376–391.
- (21) Lazzara RJ. Immediate implant placement into extraction sites: surgical and restorative advantages. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1989; 9: 332–343.
- (22) Wachtel HC, Langford A, Bernimoulin JP, Reichart P. Guided bone regeneration next to osseointegrated implants in humans. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991; 6: 127–135.
- (23) Roca-Millan, E.; Jané-Salas, E.; Estrugo-Devesa, A.; López-López, J. Evaluation of Bone Gain and Complication Rates after Guided Bone Regeneration with Titanium Foils: A Systematic Review. *Materials* 2020, 13, 5346.
- (24) Ben Slama L. Greffes osseuses autologues, allogreffes et biomatériaux. *Rev Stomatol Chir Maxillofac.* juin 2005;106(3):133-5.
- (25) V Uday Shankar, RV Kumar, Prakash P, Jain V. Bone graft materials used in dental implants: A review. *Ann Prosthodont Restor Dent* 2019;5(3):58-62.
- (26) Antoun H, Sitbon JM, Martinez H, Missika P. A prospective randomized study comparing two techniques of bone augmentation: onlay graft alone or associated with a membrane. *Clin Oral Implants Res.* 2001 Dec;12(6):632-9.
- (27) Benic GI, Hämmerle CHF. Horizontal Bone augmentation by means of guided bone regeneration. *Periodontology* 2000, Vol 66, 2014, 13-40.
- (28) Boyne PJ, Cole MD, Stringer D, Shafqat JP. A technique for osseous restoration of deficient edentulous maxillary ridges. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery.* Volume 43, Issue 2, February 1985, Pages 87-91.
- (29) Rocuzzo M, Ramieri G, Bunino M, Berrone S. Autogenous bone graft alone or associated with titanium mesh for vertical alveolar ridge augmentation: a controlled clinical trial. *Clin. Oral Impl. Res.* 18, 2007; 286–294.
- (30) Cucchi A, Vignudelli E, Napolitano A, Marchetti C, Corinaldesi G. Evaluation of complication rates and vertical bone gain after guided bone regeneration with non-resorbable membranes versus titanium meshes and resorbable membranes. A randomized clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2017 Oct;19(5):821-832.
- (31) Otawa N, Sumida T, Kitagaki H, Sasaki K, Fujibayashi S, Takemoto M. Custom-made titanium devices as membranes for bone augmentation in implant treatment: Modeling accuracy of titanium products constructed with selective laser melting. *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery* 43 (2015) 1289-1295.

- (32) Silva DN, Gerhardt de Oliveira M, Meurer E, Meurer MI, Lopes da Silva JV, Santa-Bárbara A. Dimensional error in selective laser sintering and 3D-printing of models for craniomaxillary anatomy reconstruction. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*(2008)36, 443-449
- (33) Sumida T, Otawa N, Kamata Y, Kamakura S, Mtsushita T, Kitagaki H. Custom-made titanium devices as membranes for bone augmentation in implant treatment: Clinical application and the comparison with conventional titanium mesh. *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery* 43 (2015) 2183-2188.
- (34) Cruz N, Martins MI, Santos JD, Mur JG, Tondela JP. Surface Comparison of Three Different Commercial Custom-Made Titanium Meshes Produced by SLM for Dental Applications. *Materials*. , 2020, Vol.13(9).
- (35) Seiler M, Kämmerer PW, Peetz M, Hartmann A. Customized Titanium Lattice Structure in Three-Dimensional Alveolar Defect: An Initial Case Letter. *Journal of Oral Implantology*. Vol. XLIV/No. Three/2018. 219-224.
- (36) MyReOss. (2020, 16 Mai). MyReOss software simulation. Consulté sur <https://www.reoss.eu/myreoss/order-instruction/>.
- (37) Geistlich Pharma, (2020, 16 Mai). Yxoss CBR® - The future is now!. Consulté sur <https://www.geistlich-pharma.com/en/dental/3d-customised-titanium-mesh/yxoss-cbr/user-benefits/>.
- (38) Seiler M, Kämmerer PW, Peetz M, Hartmann A. Customized lattice structure in reconstruction of three-dimensional alveolar defects: A technical note. *International Journal of Computerized Dentistry* 2018;21(3):261-267.
- (39) Cohen A, Laviv A, Berman P, Nashef R, Abu-Tair J. Mandibular reconstruction using stereolithographic3-dimensional printing modeling technology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009 Nov;108(5):661-6.
- (40) Jiao L, Yang Chua Z, Ki Moon M, Song J. Femtosecond Laser Produced Hydrophobic Hierarchical Structures on Additive Manufacturing Parts. August 2018. *Nanomaterials* 8(8):601.
- (41) MyReOss, (2020, 16 Mai). Product catalog. Consulté sur <https://www.reoss.eu/myreoss/user/catalog.php>
- (42) Elnayef B, Monje A, Gargallo-Albiol J, Galindo-Moreno P, Wang HL, Hernández-Alfaro F. Vertical Ridge Augmentation in the Atrophic Mandible: A Systematic Review and Meta-Analysis. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. Volume 32, Number 2, 2017.
- (43) Rasia dal Polo M, Poli PP, Rancitelli D, Beretta B, Maiorana C. Alveolar ridge reconstruction with titanium meshes: A systematic review of the literature. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2014 Nov 1.

- (44) Briguglio F, Falcomata D, Marconcini S, Fiorillo L, Briguglio R, Farronato D. The Use of Titanium Mesh in Guided Bone Regeneration: A Systematic Review. *International Journal of Dentistry* Volume 2019, Article ID 9065423.
- (45) Sagheb K, Schiegnitz E, Moergel M, Walter C, Al-Nawas B, Wagner W. Clinical outcome of alveolar ridge augmentation with individualized CAD-CAM-produced titanium mesh. *International Journal of Implant Dentistry* (2017) 3:36 DOI 10.1186/s40729-017-0097-z
- (46) Seiler M, Peetz M, Hartmann A, Witkowski R. Individualized CAD/CAM-produced titanium scaffolds for alveolar bone augmentation: a retrospective analysis of dehiscence events in relation to demographic and surgical parameters. *J Oral Science Rehabilitation*. 2018 Mar;4(1):38–46.
- (47) Ciocca L, Ragazzini S, Fantini M, Corinaldesi G, Scotti R. Work flow for the prosthetic rehabilitation of atrophic patients with a minimal-intervention CAD/CAM approach. *J Prosthet Dent*. 2015 Jul;114(1):22-6.
- (48) Lizio G, Corinaldesi G, Marchetti C. Alveolar Ridge Reconstruction with Titanium Mesh: A Three-Dimensional Evaluation of Factors Affecting Bone Augmentation. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. December 1, 2014.
- (49) Louis PJ, Gutta R, Said-Al-Naief N, Bartolucci AA. Reconstruction of the maxilla and mandible with particulate bone graft and titanium mesh for implant placement. *J Oral Maxillofac Surg*. 2008 Feb;66(2):235-45.
- (50) Miyamoto I, Funaki K, Yamauchi K, Kodama T, Takahashi T. "Alveolar ridge reconstruction with titanium mesh and autogenous particulate bone graft: computed tomography-based evaluations of augmented bone quality and quantity," *Clinical Implant Dentistry and Related Re-search*, vol. 14, no. 2, pp. 304–311, 2011.
- (51) Hartmann A, Seiler M. Minimizing risk of customized titanium mesh exposures – a retrospective analysis. *BMC Oral Health* (2020), Vol.20(1), p.36.
- (52) Hartmann A, Hildebrandt H, Schmohl JU, Kammerer PW. Evaluation of Risk Parameters in Bone Regeneration Using a Customized Titanium Mesh: Results of a Clinical Study. *Implant Dentistry*. 28(6):543-550, December 2019.
- (53) Corinaldesi G, Pieri F, Sapigni L, Marchetti C. Evaluation of survival and success rates of dental implants placed at the time of or after alveolar ridge augmentation with an autogenous mandibular bone graft and titanium mesh: a 3- to 8-year retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2009 Nov-Dec;24(6):1119-28. PMID: 20162118.
- (54) Miron RJ, Zucchelli G, Pikos MA, Salama M, Lee S, Guillemette V, Fujioka-Kobayashi M, Bishara M, Zhang Y, Wang HL, Chandad F, Nacopoulos C, Simonpieri A, Amir Aalam A, Felice P, Sammartino G, Ghanaati S, Hernandez MA, Choukroun J. Use of platelet-rich fibrin in regenerative dentistry: a systematic review. *Clin Oral Invest* (2017) 21:1913–1927.

- (55) Dohan Ehrenfest DM, Pinto NR, Pereda A, Jiménez P, Del Corso M, Kang BS, Nally M, Lanata N, Wang HL, Quirynen M. The impact of the centrifuge characteristics and centrifugation protocols on the cells, growth factors, and fibrin architecture of a leukocyte- and platelet-rich fibrin (L-PRF) clot and membrane. *Platelets*. 2018 Mar;29(2):171-184.
- (56) De Almeida Barros Mourão CF, Valiense H, Melo ER, Belmock Mascarenhas Freitas Mourão N, Diuana-Calasans Maia M. Obtention of injectable platelets rich-fibrin (i-PRF) and its polymerization with bone graft: technical note. *Rev Col Bras Cir*. Nov-Dec 2015;42(6):421-3.

## Collège des Sciences de la Santé

### UFR des Sciences Odontologiques

# Serment

En présence de mes Maîtres et de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de l'art dentaire.

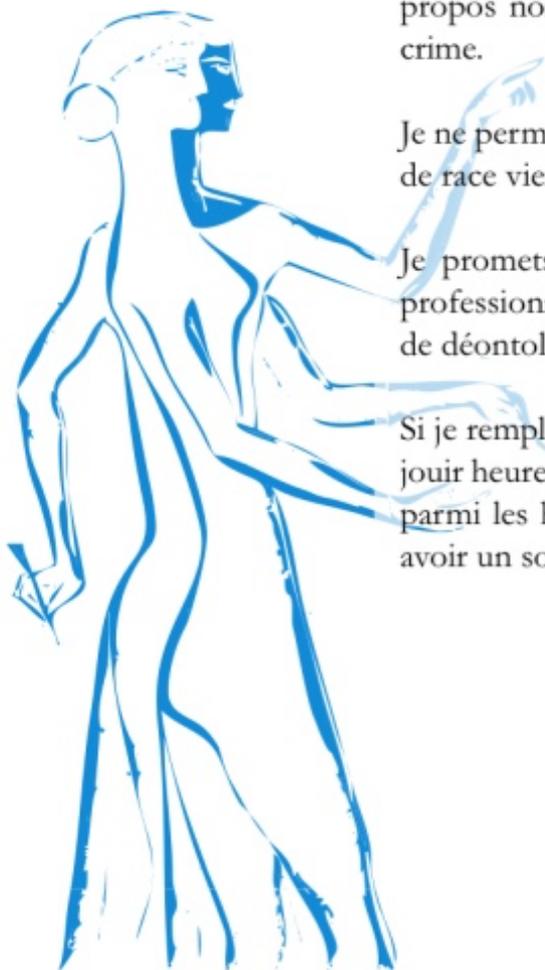
Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un honoraire au-dessus de mon travail. Ma langue taira les secrets qui me seront confiés. Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe.

Mes connaissances et mon état ne serviront ni à diffuser des propos non avérés, ni à corrompre les mœurs, ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des conditions de croyance, de nation et de race viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Je promets et je jure de conformer strictement ma conduite professionnelle aux principes et aux règles prescrites par le code de déontologie.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné de jouir heureusement de la vie et de ma profession, honoré à jamais parmi les hommes. Si je le viole et que je me parjure, puisse-je avoir un sort contraire.



Vu, Le Président du Jury,

Date, Signature :

Vu, la Directrice de l'UFR des Sciences Odontologiques,

Date, Signature :

Vu, le Président de l'Université de Bordeaux,

Date, Signature :

## TITRE : GRILLE TITANE PERSONNALISÉE : AUTOUR D'UN CAS CLINIQUE

### Résumé :

La gestion du déficit osseux est actuellement un obstacle important dans l'aboutissement de thérapeutiques de réhabilitation implantaire de l'arcade dentaire.

Par ailleurs, l'émergence de la conception et fabrication assistée par ordinateur (CFAO) en dentisterie moderne permet de nous offrir des choix thérapeutiques jusque- là jamais atteints. Il est désormais possible de modéliser puis d'imprimer sur mesure une grille en titane permettant la greffe osseuse sur mesure.

À partir du cas clinique d'une patiente présentant un défaut osseux complexe en secteur mandibulaire postérieur, nous allons observer l'utilisation de la grille en titane personnalisée lors de greffe osseuse alvéolaire, conçue et fabriquée par la société ReOss. Le processus de fabrication du dispositif Yxoss CBR ® ainsi que le protocole clinique seront décrits. La fiabilité, la pérennité, les avantages et les limites de cette thérapeutique seront discutés ouvrant le débat sur ses perspectives à venir.

### Mots clés :

Greffe, Régénération osseuse, CFAO, implantologie, grille titane

## TITLE : PERSONALISED TITANIUM MESH : ABOUT A CLINICAL CASE

### Abstract:

Management of bone dehiscence is actually an important impediment in the successful completion of implant rehabilitation therapy of the dental arch.

In addition, the emergence of computer-aided design and manufacturing (CAD-CAM) in modern dentistry allows us to offer us therapeutic choices never before achieved. It is now possible to model and then to custom print a titanium mesh for custom-made bone grafting. From the clinical case of a patient with a complex bone defect in the posterior mandibular sector, we will observe the use of the personalized titanium mesh during alveolar bone grafting, designed and manufactured by the company ReOss. The manufacturing process of the Yxoss CBR ® device as well as the clinical protocol will be described. The reliability, durability, advantages and limits of this therapy will be discussed, opening the debate on its future prospects.

### Key words:

Graft, bone regeneration, CAD-CAM, implantology, titanium mesh