

# UNIVERSITE TOULOUSE III – PAUL SABATIER

## FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

---

Année : 2020

Thèse :2020-TOU3-3020

### **THESE**

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement

Par

**Neïla BOUDAOUÏ**

Le 26 mai 2020

---

### **STABILITE DE LA REGENERATION OSSEUSE GUIDEE PERI-IMPLANTAIRE VESTIBULAIRE : ETUDE RETROSPECTIVE**

Directeur de thèse : Docteur Bruno COURTOIS  
Co-directeur de thèse : Docteur Arnaud L'HOMME

---

### **JURY**

Président :	Professeur Philippe POMAR
Assesseur :	Docteur Bruno COURTOIS
Assesseur :	Docteur Sara LAURENCIN-DALICIEU
Assesseur :	Docteur Jean-Noël VERGNES
Assesseur :	Docteur Arnaud L'HOMME



## Faculté de Chirurgie Dentaire

### ➔ DIRECTION

#### DOYEN

M. Philippe POMAR

#### ASSESEUR DU DOYEN

Mme Sabine JONNIOT

Mme Sara DALICIEUX-LAURENCIN

#### CHARGÉS DE MISSION

M. Karim NASR (*Innovation Pédagogique*)

M. Olivier HAMEL (*Maillage Territorial*)

M. Franck DIEMER (*Formation Continue*)

M. Philippe KEMOUN (*Stratégie Immobilière*)

M. Paul MONSARRAT (*Intelligence Artificielle*)

#### PRÉSIDENTE DU COMITÉ SCIENTIFIQUE

Mme Cathy NABET

#### DIRECTRICE ADMINISTRATIVE

Mme Muriel VERDAGUER

### ➔ PERSONNEL ENSEIGNANT

### ➔ HONORARIAT

#### DOYENS HONORAIRES

M. Jean LAGARRIGUE +

M. Jean-Philippe LODTER +

M. Gérard PALOUDIER

M. Michel SIXOU

M. Henri SOULET

### ➔ ÉMÉRITAT

M. Damien DURAN

Mme Geneviève GRÉGOIRE

M. Gérard PALOUDIER

## Section CNU 56 : Développement, Croissance et Prévention

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

#### ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE

Professeurs d'Université : Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER, M. Frédéric VAYSSE

Maîtres de Conférences : Mme Emmanuelle NOIRRIT-ESCLASSAN, Mme Marie- Cécile VALERA, M. Mathieu MARTY

Assistants : Mme Alice BROUTIN, Mme Marion GUY-VERGER

Adjoint d'Enseignement : M. Sébastien DOMINE, M. Robin BENETAH

#### ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

Maîtres de Conférences : M. Pascal BARON, Mme Christiane LODTER, Mme Christine MARCHAL, M. Maxime ROTENBERG

Assistants : Mme Isabelle ARAGON, Mme Anaïs DIVOL,

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

Professeurs d'Université : M. Michel SIXOU, Mme Catherine NABET, M. Olivier HAMEL

Maître de Conférences : M. VERGNES Jean-Noël

Assistant: M. Julien ROSENZWEIG

Adjoints d'Enseignement : M. Alain DURAND, Mlle. Sacha BARON, M. Romain LAGARD, Mme FOURNIER Géromine, M. Fabien BERLIOZ

## Section CNU 57 : Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale

### 57.01 CHIRURGIE ORALE, PARODONTOLOGIE, BIOLOGIE ORALE (M. Bruno COURTOIS)

#### PARODONTOLOGIE

Maîtres de Conférences : M. Pierre BARTHET, Mme Sara DALICIEUX-LAURENCIN, Mme Alexia VINEL

Assistants: Mme. Charlotte THOMAS, M. Joffrey DURAN

Adjoints d'Enseignement : M. Loïc CALVO, M. Christophe LAFFORGUE, M. Antoine SANCIER, M. Ronan BARRE ,  
Mme Myriam KADDECH

## CHIRURGIE ORALE

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

## BIOLOGIE ORALE

Professeur d'Université : M. Philippe KEMOUN  
Maîtres de Conférences : M. Pierre-Pascal POULET, M. Vincent BLASCO-BAQUE  
Assistants : M. Antoine TRIGALOU, Mme Inessa TIMOFEEVA, M. Matthieu MINTY, Mme. Cécile BLANC  
Adjoints d'Enseignement : M. Mathieu FRANC, M. Hugo BARRAGUE

## Section CNU 58 : Réhabilitation Orale

### 58.01 DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESES, FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX (M. Serge ARMAND)

#### DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE

Professeur d'Université : M. Franck DIEMER  
Maîtres de Conférences : M. Philippe GUIGNES, Mme Marie GURGEL-GEORGELIN, Mme Delphine MARET-COMTESSE  
Assistants : Mme Pauline PECQUEUR, M. Jérôme FISSE, M. Sylvain GAILLAC, Mme Sophie BARRERE  
M. Dorian BONNAFOUS, Mme. Manon SAUCOURT  
Adjoints d'Enseignement : M. Eric BALGUERIE, M. Jean- Philippe MALLET, M. Rami HAMDAN

#### PROTHÈSES

Professeurs d'Université : M. Serge ARMAND, M. Philippe POMAR  
Maîtres de Conférences : M. Jean CHAMPION, M. Rémi ESCLASSAN, M. Florent DESTRUHAUT  
Assistants : M. Victor EMONET-DENAND, M. Antonin HENNEQUIN, M. Bertrand CHAMPION,  
Mme Caroline DE BATAILLE, Mme Margaux BROUTIN  
Adjoints d'Enseignement : M. Antoine GALIBOURG, M. Christophe GHRENASSIA, Mme Marie-Hélène LACOSTE-FERRE,  
M. Laurent GINESTE, M. Olivier LE GAC, M. Louis Philippe GAYRARD, M. Jean-Claude COMBADAZOU, M. Bertrand ARCAUTE, M. Eric SOLYOM, M. Michel KNAFO, M. Alexandre HEGO DEVEZA

#### FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX

Maîtres de Conférences : Mme Sabine JONJOT, M. Karim NASR, M. Paul MONSARRAT  
Assistants : M. Thibault CANCEILL, M. Damien OSTROWSKI, M. Julien DELRIEU  
Adjoints d'Enseignement : M. Yasin AHMED, Mme Sylvie MAGNE, M. Thierry VERGÉ, Mme Josiane BOUSQUET

-----

Mise à jour pour le 02 mars 2020

*A mes parents, merci de m'avoir poussé à réussir et de m'en avoir donné les moyens. J'espère vous rendre fiers.*

*A mes deux petites sœurs chéries, Inès et Jenna (ou plutôt Jeuuuuuna), je suis fière d'être votre aînée, je serai toujours là pour vous. Je vous aime fort.*

*A Philouuu, pour ton soutien sans faille, notre passion commune pour la cuisine et nos longues discussions à refaire le monde.*

*A tout le reste de ma famille, trop nombreuse pour pouvoir citer tout le monde.*

*Merci pour ces moments partagés. Pensée particulière à Boubba, toi qui m'appelais Docteur alors que je n'étais encore qu'au collège, repose en paix.*

*A mes amis, merci pour les fous rires, les bons restos et les voyages. Déjà tellement de souvenirs partagés, mais surtout à venir !*

*A notre président du jury :*

**Monsieur le Professeur POMAR Philippe**

- Doyen de la Faculté de Chirurgie Dentaire de Toulouse,
- Professeur des Universités, Praticien hospitalier d'Odontologie,
- Lauréat de l'Institut de Stomatologie et Chirurgie Maxillo-Faciale de la Salpêtrière,
- Habilitation à diriger des Recherches (H.D.R.),
- Officier dans l'Ordre des Palmes Académiques,
- Colonel de réserve citoyenne du service de santé des armées (CDC-RC)

*Nous vous remercions du grand honneur que vous nous faites d'accepter de présider notre jury de thèse.*

*Nous vous sommes profondément reconnaissants d'avoir permis cette soutenance en ce contexte si particulier et de l'intérêt que vous avez porté à notre égard.*

*Veillez trouver ici le témoignage de notre profond respect et de notre gratitude.*

*A notre directeur de thèse :*

**Monsieur le Docteur Bruno COURTOIS**

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Diplôme d'Études Supérieures en Chirurgie Buccale,
- D.E.A. Rayonnement et Imagerie en Médecine,
- CES Odontologie Chirurgicale,
- CES de Prothèse Dentaire, option : Prothèse maxillo-faciale,
- Maîtrise de Sciences Biologiques et Médicales,
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier,
- Spécialiste qualifié en Chirurgie Orale

*Nous sommes très sensibles à l'honneur que vous nous avez fait d'avoir accepté de diriger cette thèse.*

*Nous garderons en mémoire la grande qualité de votre enseignement.*

*Vos compétences et votre rigueur me guideront dans la poursuite de l'apprentissage de la profession et la façon dont j'ai envie de la mener.*

*Veillez trouver, à travers ce travail, l'expression de notre vive reconnaissance et de notre profond respect.*

*A notre jury de thèse :*

**Madame le Docteur LAURENCIN-DALICIEUX Sara**

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Docteur de l'Université Paul Sabatier,
- Diplôme Universitaire de Parodontologie,
- Lauréate de l'Université Paul Sabatier

*Nous sommes honorés de votre présence dans notre jury.*

*Nous nous souviendrons de la grande qualité de vos enseignements, qu'ils soient théoriques ou pratiques, et de la pédagogie avec laquelle vous nous avez transmis une part de votre expérience.*

*Qu'il nous soit permis ici d'exprimer notre reconnaissance et notre profond respect.*

*A notre jury de thèse :*

**Monsieur le Docteur VERGNES Jean-Noël**

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Épidémiologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Professeur associé, Oral Health and Society Division, Université McGill-Montréal, Québec, Canada,
- Maitrise de Sciences Biologiques et Médicales,
- Master2 Recherche-Épidémiologie clinique,
- Diplôme d'Université de Recherche Clinique Odontologique,
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier

*C'est un grand plaisir de vous compter parmi les membres de notre jury.*

*Vous avez accepté avec spontanéité et intérêt de participer à ce travail et nous vous en remercions.*

*Nous tenons à vous témoigner notre gratitude pour votre enseignement et votre activité clinique.*

*Veillez trouver par ces quelques mots l'expression de notre profond respect.*

*A notre co-directeur de thèse :*

**Monsieur le Docteur L'HOMME Arnaud**

- Adjoint d'Enseignement à la Faculté de Chirurgie Dentaire de Toulouse,
- Ex Assistant hospitalo-universitaire d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- D.E.A. « Bio-morphologie quantitative-variabilité de la forme humaine »,
- Diplôme d'Études Supérieures de Chirurgie Buccale,
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier

*Nous vous remercions sincèrement de nous avoir fait l'honneur de diriger cette thèse, et d'avoir eu l'intuition d'un si riche sujet pour lequel je me suis passionnée à composer.*

*Nous nous souviendrons de votre disponibilité, de vos conseils toujours justes et avisés et votre grande gentillesse dans l'élaboration de ce travail qui, je l'espère, aura été à la hauteur de vos espérances.*

*Votre expérience, votre passion pour la profession et vos connaissances sont une source d'inspiration. Nous garderons un excellent souvenir de nos interactions.*

*Trouvez ici le témoignage de nos remerciements les plus sincères et de notre profonde considération.*

## TABLE DES MATIERES

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>13</b>
<b>I. MATERIEL ET METHODES.....</b>	<b>15</b>
<b>1. L'ECHANTILLONNAGE .....</b>	<b>15</b>
1.1    METHODE DE SELECTION.....	15
1.2    CRITERES D'ELIGIBILITE .....	17
1.2.1    Critères d'inclusion .....	17
1.2.2    Critères de non inclusion.....	17
1.2.3    Critères d'exclusion.....	18
<b>2. PROTOCOLE CHIRURGICAL.....</b>	<b>18</b>
2.1    LE SYSTEME IMPLANTAIRE.....	18
2.2    LES MATERIAUX DE SUBSTITUTION OSSEUSE .....	19
2.2.1    L'allogreffe.....	19
2.2.2    La xélogreffe.....	20
2.3    LES MEMBRANES.....	20
2.3.1    Les membranes non résorbables .....	21
2.3.2    Les membranes résorbables.....	21
2.3.2.1    Les membranes de collagène .....	21
2.3.2.2    Les membranes plaquettaires autologues.....	22
2.3.2.2.1    Définition et principe des membranes plaquettaires.....	22
2.3.2.2.2    Protocole de préparation des membranes plaquettaires.....	22
2.3.2.2.3    Récupération et utilisation du caillot de fibrine .....	23
2.3.2.2.4    Propriétés des membranes plaquettaires.....	24
2.4    L'INTERVENTION CHIRURGICALE .....	24
2.4.2    Bilan préopératoire.....	24
2.5.1.1    Anamnèse .....	24
1.5.1.2    Examen clinique .....	24
1.5.1.3    Examen radiologique .....	25
1.5.1.4    Information et consentement éclairé.....	25
1.5.1.5    Médication.....	25
2.4.3    Protocole opératoire.....	25
2.4.4    Protocole post-opératoire.....	26
<b>3. PROTOCOLE RADIOLOGIQUE.....</b>	<b>27</b>
3.1    SYSTEMES D'ACQUISITION .....	27
3.2    CHAMPS D'EXAMEN ET PARAMETRES D'EXPOSITION .....	27
3.3    ACQUISITION DES DONNEES .....	28
<b>4. ANALYSE RADIOGRAPHIQUE.....</b>	<b>29</b>
4.1    ANALYSE DES CONES BEAM POST-OPERATOIRES.....	29

4.3.1	Les mesures vestibulo-linguales/palatines .....	30
4.1.1	La mesure corono-apicale.....	32
4.2	ANALYSE DU CONE BEAM PREOPERATOIRE .....	32
4.3	EN RESUME.....	34
4.3.1	Mesures réalisées dans les cas d’implants pour lesquels la mesure J est supérieure ou égale à zéro.....	34
4.3.2	Mesures réalisées dans les cas d’implants pour lesquels la mesure J est inférieure à zéro .....	35
<b>5.</b>	<b>ANALYSE STATISTIQUE.....</b>	<b>35</b>
5.1	LA BASE DE DONNEES.....	35
5.2	METHODE D’ANALYSE STATISTIQUE.....	37
<b>II.</b>	<b>RESULTATS.....</b>	<b>40</b>
<b>1.</b>	<b>CARACTERISTIQUES DE L’ECHANTILLON .....</b>	<b>40</b>
<b>2.</b>	<b>RESULTATS DE L’ANALYSE STATISTIQUE.....</b>	<b>42</b>
2.1	INDICATEURS STATISTIQUES DE CHAQUE VARIABLE.....	42
2.2	CORRELATION DES VARIABLES .....	44
<b>III.</b>	<b>DISCUSSION.....</b>	<b>48</b>
	<b>CONCLUSION.....</b>	<b>56</b>
	<b>ANNEXE.....</b>	<b>57</b>
	<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>58</b>

# INTRODUCTION

Alternative révolutionnaire aux prothèses amovibles et aux prothèses fixes dento-portées plurales, l'implant améliore nettement la qualité de vie des patients.

L'implantologie est aujourd'hui le traitement de référence de l'édentement unitaire à l'édentement complet. Son avantage majeur est de permettre une réhabilitation prothétique en évitant la mutilation des dents adjacentes.

Le prérequis indispensable au succès du projet prothétique implantaire esthétique et fonctionnel est le **volume osseux disponible**. Celui-ci déterminait autrefois la position de l'implant mais sa mise en place, aujourd'hui, est dépendante du projet prothétique.

Contrairement à tout os du squelette, l'os alvéolaire, possède comme caractéristique unique d'être dépendant de l'existence de l'organe dentaire. Cette résorption physiologique est systématique mais quantitativement variable en fonction du site de l'extraction, de l'étiologie de celle-ci, du morphotype osseux, du biotype parodontal et de la technique d'extraction utilisée. Elle entraîne des changements anatomiques et morphologiques dans les sens vertical, horizontal et mésio-distaux des tissus durs et des tissus mous compromettant l'objectif premier du traitement implantaire : l'ostéointégration.

Une revue systématique a reporté une résorption horizontale du **mur vestibulaire** estimée à 3,79 mm en moyenne à 6 mois de cicatrisation au niveau **le plus coronaire** de la crête vestibulaire et tous sites confondus, et une résorption verticale, plus importante en vestibulaire qu'en mésial et distal du site d'extraction, de 1,24 mm. (1)

La régénération osseuse guidée est indiquée, d'après Buser et coll. (1993), en cas de présence de déhiscences et fenestrations péri-implantaires, de défauts résiduels intra-osseux péri-implantaires, de gestion d'un site d'implantation post-extractionnel, d'une augmentation localisée de la crête osseuse et de gestion de défauts osseux au niveau des futurs sites d'implantation empêchant soit la mise en place d'un implant, soit sa mise en place dans un axe convenable pour l'esthétique et la fonction de la prothèse à venir. Selon la classification d'Allen (1985), elle est recommandée en cas de pertes osseuses légères (inférieures à 3 mm) à modérées (comprises entre 3 et 6 mm).

Ces dix dernières années, des études ont démontré que la régénération osseuse guidée était une technique fiable et reproductible pour l'augmentation horizontale et verticale des crêtes osseuses. (2)(3)(4)

Cependant, l'un des défis de l'implantologie et des techniques de reconstruction du volume osseux est d'obtenir des résultats **stables**. Cette stabilité est mal connue, et peu documentée.

Le suivi thérapeutique est essentiellement clinique et radiologique standard (orthopantomogramme et rétroalvéolaire) mais l'imagerie conventionnelle bidimensionnelle apparaît d'intérêt limité tant pour l'étude du volume osseux disponible que pour l'étude de la qualité de l'os. Seules les faces proximales sont visibles, les dimensions mésio-distales sont fiables mais la **dimension vestibulo-linguale** est ignorée.

L'imagerie 2D ne renseigne pas le clinicien sur la face vestibulaire de l'implant dont la fenestration ou la déhiscence de sa paroi osseuse, à l'origine de récessions gingivales inesthétiques et augmentant le risque de péri-implantite, représentent les plus fréquentes indications de la régénération osseuse guidée.

Nous avons donc proposé par le biais de cette étude rétrospective d'analyser radiologiquement l'évolution des dimensions du volume osseux péri-implantaire après une régénération osseuse guidée vestibulaire grâce à une technique d'imagerie tridimensionnelle : le **cone beam** (Cone Beam Computed Tomography ou CBCT). Notre attention s'est en particulier portée sur **la face vestibulaire du col de l'implant**, zone clé pour un profil d'émergence.

Par conséquent, l'objectif principal de notre travail a été d'étudier et d'évaluer le gain osseux vestibulaire vertical et horizontal au col de l'implant, à deux dates de suivi, après la réalisation d'une régénération osseuse guidée vestibulaire.

Les objectifs secondaires ont été de corrélérer cette première analyse avec l'âge des patients et avec le gain osseux horizontal à mi-hauteur et en apical de l'implant, d'évaluer le gain osseux vestibulaire au col de l'implant par rapport à la situation osseuse initiale sur le cone beam préopératoire, de comparer les résultats au maxillaire et à la mandibule et enfin, d'analyser les cas pour lesquels la perte osseuse a été la plus importante.

# I. MATERIEL ET METHODES

Les interventions chirurgicales, les radiographies et le recueil des données ont été réalisés au sein du cabinet de Chirurgie Orale et d'Implantologie des Drs Courtois, L'Homme, Labadie et Dauzat ; au 116 route d'Espagne à Toulouse. Les informations nécessaires à cette étude ont été collectées entre Novembre 2018 et Juin 2019.

## 1. L'ECHANTILLONNAGE

### 1.1 Méthode de sélection

Les premières données ont été recueillies à partir de deux logiciels médicaux de gestion administrative : le premier logiciel utilisé au cabinet, *Alizée*, et le logiciel actuel, *DOPA-CAB* ; le changement ayant eu lieu au cours de l'année 2017.

Dans un premier temps, à partir du code couleur de l'agenda *DOPA-CAB* des quatre praticiens, ont été répertoriés tous les patients ayant bénéficié une intervention susceptible d'avoir été associée à une régénération osseuse guidée ; soit la pose d'un ou plusieurs implants, la pose d'un ou plusieurs implants avec une mise en charge immédiate, une greffe osseuse ou un relevé de sinus. La recherche a été effectuée sur une période de deux ans, de janvier 2016 à décembre 2017, le suivi de l'échantillon se faisant à deux ans de l'intervention.

Dans un deuxième temps, les dossiers cliniques de chacun de ces patients ont été consultés afin de noter :

- Si une régénération osseuse guidée avait bien été réalisée.
- Le cas échéant, avait-elle été réalisée en pré-implantaire seule, associée à une greffe osseuse ou à un relevé de sinus ; ou en per-implantaire.
- Les détails de l'intervention chirurgicale à partir du compte rendu post-opératoire et des fiches de traçabilité : la date de réalisation, le nombre d'implants, leurs dimensions (diamètre et longueur), leur position, les matériaux de comblement osseux utilisés, l'utilisation ou non d'une membrane (fixée ou non fixée), l'utilisation de membranes plaquettaires, la réalisation d'une incision périostée pour libérer le lambeau et couvrir le

site opératoire, la pose simultanée de la vis de cicatrisation et ses dimensions.

- L'état de santé général du patient, son âge, sa consommation de tabac (nombre de cigarettes par jour et ancienneté), les éventuels allergies et traitements en cours.

Le dossier radiologique de chaque patient retenu a été ensuite examiné sur le logiciel d'imagerie *Care Stream 3D Imaging*, afin de vérifier que des examens CBCT aient été réalisés aux étapes clés déterminées par notre protocole. La procédure habituelle de suivi au cabinet consiste à réaliser un cone beam préopératoire, un premier cone beam post-opératoire de contrôle de la cicatrisation et un dernier cone beam post-opératoire à un an après la pose de la prothèse, afin d'évaluer les résultats de la régénération osseuse guidée et de vérifier qu'il n'y ait pas de perte osseuse immédiate signant une anomalie de conception.

Nous avons donc contacté par téléphone tous les patients n'étant pas revenus à un an pour le contrôle radiologique et celui-ci a été effectué à deux ans. Les résultats qui ont été observés sont donc ceux de cone beam de contrôle à un an et pour d'autres de cone beam à deux ans. L'examen étant inclus dans le suivi standard, aucun des cone beam n'a été facturé au patient. Après accord téléphonique du patient, la prise de rendez-vous a été effectuée.

Pour tous les patients dont le dossier contenait seulement un ou aucun cone beam post-opératoire, une recherche sur le logiciel de gestion de consultations *Doctolib* a été réalisée afin de visualiser sur chaque fiche si un prochain rendez-vous était à venir. Tous les patients qui n'avaient pas d'intervention ou de nouvelle consultation prévue au sein du cabinet ont été contactés par téléphone afin de fixer un rendez-vous de contrôle radiologique et de réaliser une nouvelle acquisition de cône beam.

Dans le cas contraire, ces informations étaient délivrées au patient à l'oral le jour de sa consultation préalablement planifiée et si son accord était obtenu la radiographie était réalisée le même jour.

## 1.2 Critères d'éligibilité

### 1.2.1 Critères d'inclusion

- Régénération osseuse guidée pré-implantaire seule ou associée à un relevé de sinus ou à une greffe osseuse entre Janvier 2016 et Décembre 2017.
- Régénération osseuse guidée simultanée à la pose d'un ou plusieurs implants, seule ou associée à un relevé de sinus ou à une greffe osseuse entre Janvier 2016 et Décembre 2017.
- Dossier radiologique contenant au moins deux cônes beam dont un post-opératoire datant de minimum quatre mois. L'analyse a donc inclus les patients qui n'étaient pas revenus pour le contrôle radiologique des uns ans et qui ne se sont pas présentés au rdv ou qui n'ont jamais répondu au rappel mais dont le dossier radiologique contenait un cone beam post-opératoire datant de plus de quatre mois.
- Aucun signe de péri-implantite, le diagnostic reposant sur l'examen radiologique avec visualisation d'une cratérisation sur une radiographie bidimensionnelle et un examen clinique révélant une mucite avec un saignement au sondage et/ou une suppuration.

### 1.2.2 Critères de non inclusion

- Échec du traitement implantaire : pas d'ostéointégration de l'implant qui a été perdu ou déposé
- Régénération osseuse guidée réalisée suite à une péri-implantite
- Régénération osseuse guidée réalisée dans le cadre d'un traitement de chirurgie parodontale
- Patients dont le dossier radiologique ne contenait aucun ou un seul cône beam postopératoire datant de moins de quatre mois après la réalisation de la régénération osseuse guidée et qui n'ont pas pu ou voulu honorer le rendez-vous de suivi, qui n'ont jamais répondu malgré l'appel de relance ou qui n'ont jamais pu être contactés (changement de coordonnées)
- Dossier radiologique inexistant : patient ayant effectué les radiographies dans un autre cabinet ou dans un centre de radiologie et qui ont ensuite été adressés au cabinet pour l'intervention. En effet, l'étude reposant sur la comparaison de données radiographiques il n'était pas concevable de comparer des mesures prises sur des CBCT acquis sur des machines différentes, à l'aide de logiciels différents aux paramètres a priori non comparables.

### 1.2.3 Critères d'exclusion

- Radiographies inexploitable et difficultés à interpréter le cone beam dues à des artéfacts cinétiques et métalliques trop importants, se traduisant par un flou des contours du procès alvéolaire et pouvant être responsables de mesures erronées.

## 2. PROTOCOLE CHIRURGICAL

### 2.1 Le système implantaire

Le système d'implant qui a été utilisé est le système d'implant cylindro-conique infra-crestal In-Kone<sup>®</sup> UNIVERSAL du laboratoire Global D.

Les implants avaient une longueur comprise entre 6,5 et 11,5 mm ; et un diamètre de 3,5 ou 4 mm. Les implants de 13 mm de longueur ont été exceptionnellement utilisés lors de mises en charge en immédiates qui nécessitent un maximum d'ancrage.



**Figure 1** : Schéma de l'implant In-Kone<sup>®</sup> profil UNIVERSAL du laboratoire Global D

## 2.2 Les matériaux de substitution osseuse

L'autogreffe, greffon prélevé et implanté sur le sujet lui-même, est toujours considérée de nos jours comme le gold standard pour le comblement d'une perte de substance osseuse. Cependant, face aux limites de ce type de greffon (morbidity du site du prélèvement, résorption non contrôlée et variable, quantité disponible restreinte, coût et temps supplémentaires), l'utilisation des substituts osseux s'est développée.

Dans cette étude, les chirurgiens ont eu recours à deux types de substituts osseux : l'allogreffe, ou homogreffe, et la xéno greffe, celle-ci utilisée pour seulement deux implants.

Os allogénique et xéno greffe ont été utilisés seuls ou associés à de l'os autogène obtenu lors du forage.

### 2.2.1 L'allogreffe

La plus fréquemment utilisée ici, l'allogreffe correspond à la transplantation d'un organe ou d'un tissu d'un individu à un autre individu de la même espèce.

Le matériau allogénique qui a été employé est l'os délipidé et déprotéinisé du laboratoire BIOBank®. Les chirurgiens ont eu recours au substitut sous forme de poudre d'os cortico-spongieux de granulométries 0,5 et 1 mm, et conditionné en flacon de 0.5, 1, 2 ou 4 centimètres cube.

Ces substituts osseux sont issus de têtes fémorales prélevées uniquement en France sur des donneurs vivants lors d'arthroplastie de la hanche. Les têtes fémorales sont ensuite transformées en greffon osseux viro-inactivés et stériles par le procédé Supercrit®. Ce dernier a la particularité d'utiliser du dioxyde de carbone pour la phase de délipidation avec comme avantage de ne laisser aucun résidu toxique.

Les résultats d'une étude ont suggéré que l'usage du dioxyde de carbone permet une stérilisation terminale sans diminuer les propriétés mécaniques du greffon. (5)

Une autre étude a corroboré ce fait en stipulant que les greffons traités par le procédé Supercrit® ne présentent pas de différence statistiquement significative sur le plan mécanique avec de l'os frais congelé. (6)

Le procédé Supercrit® serait le traitement le plus approprié pour préserver les qualités structurales et architecturales de l'os natif, notamment par une meilleure préservation du collagène osseux. (7)

Les résidus lipidiques représentent une fraction très faible de la masse du produit fini (moins de 0,5%), ce qui leur confère une hydrophilie optimale.

Leur mouillabilité particulièrement forte favorise d'une part leur réhydratation leur permettant de retrouver leur élasticité et d'être façonnés et adaptés au défaut osseux ; et d'autre part leur vascularisation in situ, prérequis essentiel à leur propriété d'ostéoconduction des cellules osseuses environnantes.

Le greffon BIOBank® est délivré sur prescription médicale nominative pour un usage unique. Le patient a été informé de l'utilisation d'un tissu d'origine humaine.

### 2.2.2 La xéno greffe

La xéno greffe correspond à la transplantation d'un organe ou d'un tissu entre deux individus appartenant à des espèces différentes.

Le substitut osseux utilisé était d'origine bovine : le Bio-Oss® du laboratoire Geistlich Pharma, également sous la forme de particules fines.

## 2.3 Les membranes

Deux types de membranes peuvent être utilisées pour une régénération osseuse guidée : les membranes non-résorbables et les membranes résorbables.

Les nombreuses études comparatives tendent à mettre en évidence l'efficacité des deux types de membranes sans différence significative concernant le taux de survie implantaire et le gain osseux. (8)

Une revue récente analysant plusieurs essais cliniques a proposé des critères de choix de la membrane la plus adaptée, en fonction notamment de la nature du défaut osseux, du matériau de substitution osseuse utilisé et de la localisation. (8)

### 2.3.1 Les membranes non résorbables

Les membranes non résorbables peuvent être composées de poly-tétra-fluoro-éthylène (expansé, de haute densité ou armé de titane), de silicone ou de titane (grille).

Elles possèdent comme principaux inconvénients de présenter un taux d'exposition prématurée élevé qui serait de 30 à 40 %, et de nécessiter une seconde intervention de retrait. Celle-ci augmente les risques de contamination bactérienne ; risques auxquels s'ajoutent l'enjeu technique pour le praticien d'une part et l'inconfort de secondes suites opératoires pour le patient d'autre part. (9)

Elles seraient indiquées lorsqu'une augmentation verticale de la crête est nécessaire.

Elles n'ont pas été utilisées ici.

### 2.3.2 Les membranes résorbables

#### 2.3.2.1 Les membranes de collagène

Dans les cas de régénérations osseuses guidées avec greffes particulières, le rôle de la membrane est de maintenir la cohésion du matériau dans l'espace de régénération. Le matériau de comblement soutient la membrane si ses propriétés mécaniques ne sont pas suffisantes. Du fait des possibilités de colonisation cellulaire rapide du matériau particulaire, la nécessité d'une barrière cellulaire est plus limitée dans le temps.

Elles peuvent être d'origine biologique ou synthétique, hybrides ou sous forme liquide (gel).

Les patients étudiés ont reçu deux types de membranes d'origine biologique : les membranes de collagène porcine Creos™ Xenoprotect, et plus rarement Bio-Gide® (utilisée pour seulement 7 implants posés sur 5 patients).

Les membranes de collagène sont les membranes résorbables les plus utilisées. Elles possèdent une bonne affinité cellulaire et une microporosité permettant de combiner les fonctions de barrière cellulaire et les échanges nutritifs.

La membrane Creos™ Xenoprotect n'adhère pas aux instruments lorsqu'elle est humidifiée. Elle peut être découpée et être adaptée à la forme du défaut de façon prévisible à l'état sec car le changement de taille de la membrane après hydratation est faible.

Elles sont très résistantes, et comme toute membrane de collagène, elles présentent moins de risque d'exposition endobuccale (7 à 20%). (10)

Les membranes Creos™ Xenoprotect sont disponibles en trois tailles différentes, seules celles de 15x20 et 25x30 mm ont été utilisées.

Un ou deux clous en titane ont pu être placés en vestibulaire en apical du site de régénération afin de stabiliser la membrane.

### 2.3.2.2 Les membranes plaquettaires autologues

#### 2.3.2.2.1 *Définition et principe des membranes plaquettaires*

Les membranes plaquettaires sont des biomatériaux autologues composés d'un réseau de fibrine riche en plaquettes, en leucocytes et en facteurs de croissances. (11)

Elles correspondent à un mécanisme biologique naturel amplifié de manière artificielle : la polymérisation de la fibrine au cours de l'hémostase. Leur facilité de préparation, d'application, son coût peu onéreux et leur origine autologue sont les avantages majeurs de ce concentré plaquettaire.

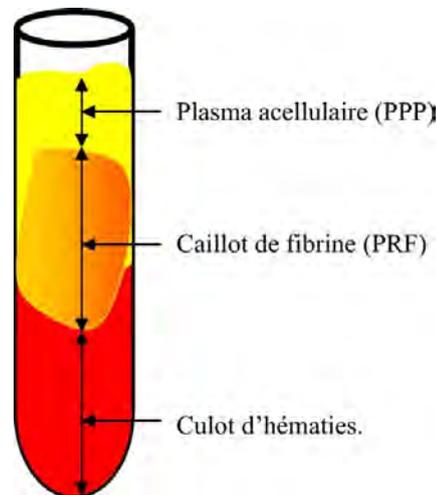
#### 2.3.2.2.2 *Protocole de préparation des membranes plaquettaires*

L'équipe de chirurgiens a eu recours à des membranes plaquettaires dès qu'un prélèvement sanguin était possible et que le consentement du patient était obtenu.

Le principe de fabrication des membranes plaquettaires reprend celui du PRF (Platelet Rich Fibrin) décrit en 2001 par le Dr. Joseph Choukroun. (12)

Le protocole de préparation est simple. Un prélèvement de sang veineux, dans 4 à 6 tubes rouges (en verre) et blancs (neutres) de 10 ml, a été réalisé juste avant l'intervention. Le sang total a été ensuite directement centrifugé en une seule étape et sans aucun traitement. La vitesse de centrifugation était de 2700 tours par minute et pendant 8 minutes.

A la fin de la centrifugation, trois fractions sont identifiables dans les tubes rouges : le plasma acellulaire ou plasma pauvre en plaquettes (en haut), le culot d'hématie (en bas) et entre les deux, le caillot de fibrine ou membrane plaquettaire. (**Figure 2**) (12)



**Figure 2** : Schéma d'un tube de prélèvement rouge après centrifugation

#### 2.3.2.2.3 Récupération et utilisation du caillot de fibrine

Le caillot de fibrine est extrait du tube à l'aide d'une précelle stérile et est séparé du culot d'hématies, en dessous de l'interface, par une paire de ciseaux.

Le caillot de fibrine a été utilisé sous forme de membrane après compression douce grâce à un kit spécial (permettant d'obtenir une épaisseur constante) ou entre deux compresses.

Les membranes plaquettaires ont été employées seules pour recouvrir le site de régénération après la mise en place du substitut osseux, ou associées à une membrane de collagène en recouvrant celle-ci.

#### 2.3.2.2.4 Propriétés des membranes plaquettaires

De par leurs composants, les membranes plaquettaires possèderaient des propriétés hémostatiques, anti-inflammatoires et immunitaires, angiogéniques et favoriseraient la réparation tissulaire et donc la cicatrisation gingivale. (13)

Malgré le faible niveau de preuve des études randomisées contrôlées comparant les régénérations osseuses avec ou sans utilisation de membranes plaquettaires (faible échantillon, suivi à court terme, diversité des protocoles de centrifugation), elles restent faciles d'utilisation, peu onéreuses et associées à de forts taux de succès implantaire. (13)

## 2.4 L'intervention chirurgicale

### 2.4.2 Bilan préopératoire

#### 2.5.1.1 Anamnèse

Chaque patient, lors de la première consultation, a répondu en salle d'attente à un questionnaire médical détaillé.

Ce questionnaire, une fois remis au praticien, était complété par un interrogatoire visant à rechercher les éléments pouvant contre-indiquer l'intervention ou favoriser une complication.

Le questionnaire était ensuite scanné et ajouté au dossier informatique.

#### 1.5.1.2 Examen clinique

Un examen exo-buccal, au repos et dynamique, et une palpation ; suivi d'un examen endo-buccal rigoureux ont été pratiqués.

L'examen exo-buccal au repos a permis d'évaluer la forme du visage, sa symétrie, les téguments, le maintien tissulaire des lèvres et des joues, la dimension verticale. L'examen dynamique a consisté à analyser la ligne du sourire, la position de la lèvre supérieure, la forme et la dimension des dents, et le contour gingival.

L'examen endo-buccal a renseigné le praticien sur l'état de la muqueuse buccale, des tissus parodontaux et de la denture. Il a permis aussi d'évaluer les rapports inter-arcades et l'occlusion.

Les traitements d'assainissement de la cavité buccale (enseignement à l'hygiène bucco-dentaire, soins carieux, endodontiques et parodontaux) ont été réalisés avant l'intervention lors de séances distinctes.

#### 1.5.1.3 Examen radiologique

Un cone beam préopératoire a été systématiquement réalisé sauf si le patient possédait déjà un scanner récent effectué dans un centre radiologique ou dans un autre cabinet ; dans ce cas il lui avait été précisé de l'apporter sur CD lors de la consultation.

La tomographie volumique par faisceau conique a permis une évaluation quantitative (volume osseux) et qualitative (densité osseuse), et une planification de l'acte chirurgical.

#### 1.5.1.4 Information et consentement éclairé

Les patients ont été informés du déroulement de l'intervention, des suites opératoires normales et des éventuelles complications per et post-opératoires, afin d'obtenir leur consentement libre et éclairé.

#### 1.5.1.5 Médication

Chaque patient a reçu un traitement antibioprophylactique selon les recommandations de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé (AFSSAPS) et une prémédication antalgique et inflammatoire et/ou sédatrice. (14)

#### 2.4.3 Protocole opératoire

Toutes les interventions ont été réalisées par des spécialistes en chirurgie orale, dans une salle d'intervention dédiée, en respectant les règles d'asepsie, d'antisepsie et de traçabilité ; et en un ou deux temps chirurgicaux (pose de la vis de cicatrisation le même jour que la pose de l'implant ou lors d'une séance distincte).

Le patient était équipé d'une charlotte, de surchaussures et d'une blouse non stérile.

Le protocole a été le suivant :

- Désinfection buccale
- Antiseptie cutanée de la bouche à la périphérie
- Drapage du patient avec un champ opératoire de bouche stérile
- Anesthésie locale ou loco-régionale
- Incisions crestale, intra-sulculaire, et de décharge selon le type d'édentement
- Décollement d'un lambeau de pleine épaisseur vestibulaire ou vestibulo-palatin/lingual et dissection périostée
- Préparation du site implantaire : séquence de forage selon le protocole Global D sous irrigation stérile
- Mise en place de l'implant avec un enfouissement compris entre 1 et 3 mm
- Réhydratation des particules d'os cortico-spongieux par du sang ou un concentré plaquettaire non agrégé (récupéré à l'aide d'une seringue dans les tubes blancs) et mise en place du substitut au niveau du défaut osseux
- +/- mise en place d'une membrane résorbable de collagène : elle est découpée à l'état sec afin d'être adaptée au site de régénération, puis humidifiée au sérum physiologique et déposée pour recouvrir la greffe particulaire.
- +/- fixation de la membrane par un ou deux clous stabilisateurs en titane
- +/- application des membranes plaquettaires
- +/- incision périostée vestibulaire et technique de « soft brushing » du lambeau en cas de laxité insuffisante
- Repositionnement du lambeau sans tension et sutures hermétiques

#### 2.4.4 Protocole post-opératoire

Une feuille de consignes post opératoires, aussi expliquées au patient à l'oral, a été systématiquement remise en fin d'intervention.

Une trousse d'hygiène implantaire, contenant une brosse à dent chirurgicale (extra-souple), une brosse à dent souple, un gel à base de Chlorhexidine et des brossettes interdentaires, leur a été fournie.

Un premier rendez-vous de contrôle a été fixé à 15 jours.

### 3. PROTOCOLE RADIOLOGIQUE

#### 3.1 Systèmes d'acquisition

L'acquisition de tous les examens terminaux a été réalisée sur le *scanner extra-oral Care Stream 9600*. Les cones beam préopératoires et certains premiers cones beam postopératoires ont été acquis sur le *Care Stream 9300* (changement du scanner au cours de l'année 2018).

Le système *Care Stream 9600* propose des programmes à dose réduite.

De plus, il permet une procédure simplifiée et précise grâce ses caméras vidéo et à sa technologie SmartAuto qui facilitent le positionnement du patient.

#### 3.2 Champs d'examen et paramètres d'exposition

L'imagerie bidimensionnelle est un bon outil pour la détection d'une cratérisation signalant une péri-implantite mais ne renseigne pas le praticien sur la face vestibulaire de l'implant.

Une résorption osseuse située en vestibulaire de l'implant n'indique pas de manière certaine une péri-implantite et son analyse doit être corrélée à l'examen clinique.

Cette exploration de l'os vestibulaire a été possible grâce à l'utilisation d'un système d'acquisition qui délivre un rayon plus énergétique à 120 kV, qui n'est pas ou très peu arrêté par l'implant, et pour lequel une réduction de la dose d'irradiation est possible en réglant le milliampérage sans perdre en qualité d'image.

Chaque cone beam a été réalisé en utilisant le champ le plus petit possible en accord avec le nombre et le site des implants à analyser, afin de réduire au minimum la surface irradiée : de 4x4 à 8x8 cm. Ces tailles de champ induisent une irradiation réduite tout en assurant une qualité d'image permettant une plus grande précision des mesures linéaires. (15) (16)

Les examens à grand champs d'irradiation (10x12cm) ont été utilisés uniquement dans les cas d'implants multiples et/ou de restaurations métalliques nombreuses.

Chaque examen a utilisé un rayon de 120 kV, dont l'ampérage a été évalué par l'appareil d'acquisition puis corrigé à la baisse afin de réduire la dose reçue : de 2 à 6,3 mA.

### 3.3 Acquisition des données

Tous les cônes beam ont été réalisés par un des chirurgiens ou par l'investigateur au sein du cabinet et suivant le même protocole.

Il a été demandé au patient de retirer tout objet métallique se trouvant dans la zone d'irradiation : lunettes, bijoux, piercing, accessoires pour cheveux, prothèses amovibles, appareils auditifs etc.

Les paramètres d'exposition ont été définis puis le patient a été installé en position assise (moins génératrice d'artéfacts), le dos droit, le menton et le front appuyés vers l'avant sur les supports. La tête était maintenue par deux branches latérales coulissantes réglables et les mains placées au niveau du moyen de préhension pour un maximum de stabilité.

Il a ensuite été demandé au patient de serrer les dents, de ne pas bouger, de ne pas déglutir (afin d'éviter tout micromouvement) et de plaquer la langue au palais.

Pour les acquisitions à petit champ d'examen, un topogramme (scout view) consistant en la prise de deux clichés digitaux (profil et face) pour le centrage, l'orientation et la délimitation du volume d'acquisition a été initialement réalisé.

Après cela, l'acquisition du volume s'est effectuée pendant 9 à 30 secondes selon les programmes.

## 4. ANALYSE RADIOGRAPHIQUE

La tomographie volumique numérisée à faisceau conique ou cone beam pour Cone Beam Computed Tomography (CBCT), s'est imposée depuis plusieurs années comme la méthode de référence en imagerie dento-maxillaire.

La comparaison des mesures « réelles » avec les mesures obtenues avec le CBCT a montré que la précision et la fiabilité de ce dernier étaient suffisantes pour recourir à son utilisation en vue d'une chirurgie maxillo-faciale et implantaire ; ces mesures osseuses obtenues dans les mêmes indications étaient comparables à celles obtenues avec le scanner. (15) (17) (18)

L'analyse des cones beam a consisté à mesurer les dimensions du volume osseux crestal (en préopératoire ou dans le cadre d'une régénération osseuse pré-implantaire) et péri-implantaire.

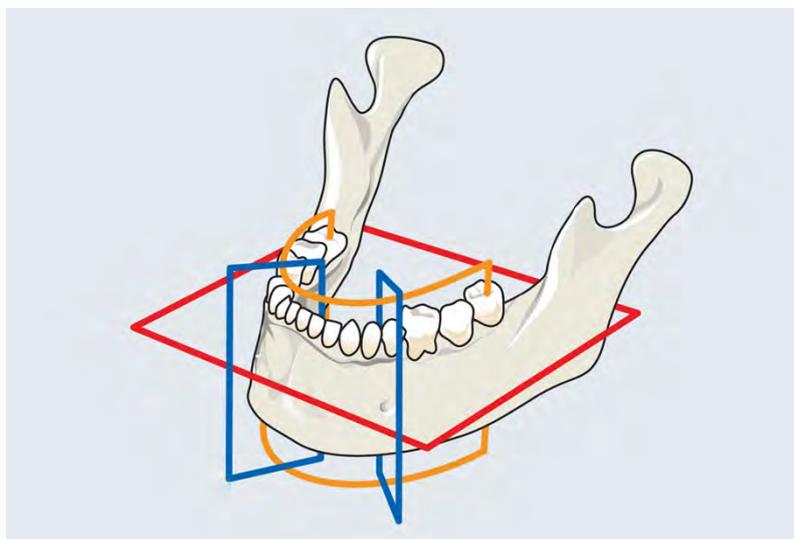
Toutes les mesures ont été prises par un seul examinateur à l'aide des outils de la version 8 du logiciel d'imagerie 3D d'analyse et de planification implantaire, *Care Stream Imaging*.

Les mesures ont été d'abord réalisées sur les cones beam post-opératoires afin de mieux localiser le site d'implantation sur le cone beam préopératoire.

Nous avons évalué le degré de précision des mesures 0,1 mm près, en réalisant des mesures avec et sans agrandissement.

### 4.1 Analyse des cones beam post-opératoires

Sur une reconstruction pseudo-panoramique (illustrée en orange sur le schéma de la figure 3), le plan de coupe para-sagittale dans l'axe de l'arcade (en bleu), repéré sur la vue panoramique par une ligne verticale, a été placé au niveau de l'axe médian passant par l'apex, de l'implant. (**Figure 3**)



**Figure 3** : Schéma illustrant les plans de coupe réalisés en imagerie sectionnelle

A partir de chaque cone beam post-opératoire, sur une vue para-sagittale, ont été analysées en millimètres :

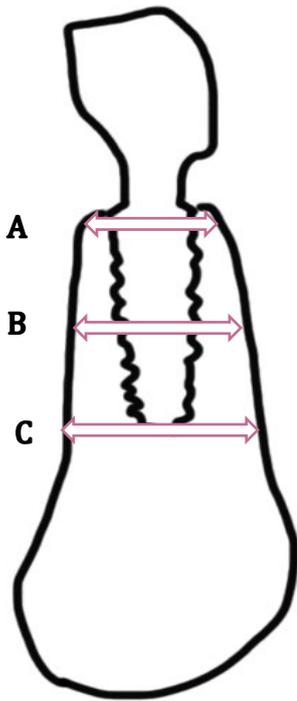
- ◇ Lorsque l'implant était en place : six mesures vestibulo-palatines/linguales et une mesure corono-apicale, soit sept mesures au total pour chaque implant sur chaque radiographie de suivi. Elles ont été prises selon un axe orthogonal à l'axe implantaire.
  
- ◇ Lorsque l'implant n'était pas encore en place sur le premier cone beam de suivi (après une régénération osseuse guidée pré-implantaire) : trois mesures vestibulo-palatines/linguales.

#### 4.3.1 Les mesures vestibulo-linguales/palatines

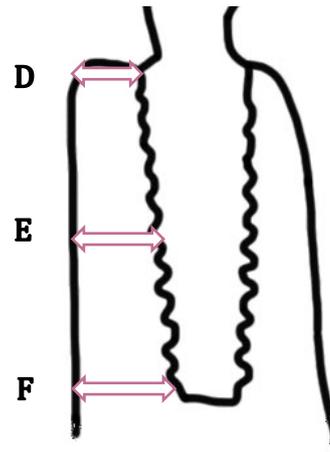
La méthode a différencié selon que l'implant ait été ou non mis en place sur les cones beam disponibles de chaque dossier radiologique (protocole de régénération osseuse guidée en un ou deux temps chirurgicaux).

Les **mesures vestibulo-linguales et vestibulo-palatines** analysées sur les CBCTs post-opératoires ont été les suivantes :

- ◇ Lorsque l'implant était en place :
  - La **largeur osseuse totale** (de la table osseuse vestibulaire à la table osseuse linguale/palatine) au collet (mesure A), à mi-hauteur (B) et en apical de l'implant (C). Lorsque la perte osseuse vestibulaire semblait totale sur le cone beam, la mesure était prise de la paroi vestibulaire de l'implant à la paroi linguale/palatine du procès alvéolaire (ou à la paroi linguale/palatine implantaire en cas de perte osseuse totale vestibulo-linguale). (**Figure 4**)
  - La **largeur osseuse vestibulaire** (de la table osseuse vestibulaire à la paroi implantaire vestibulaire) au collet (D), à mi-hauteur (E) et en apical de l'implant (F). (**Figure 5**)

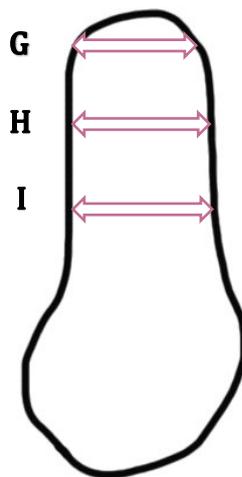


**Figure 5 :** Schéma d'une coupe para-sagittale de cone beam, passant par l'axe médian d'un implant mandibulaire, et des mesures réalisées



**Figure 4 :** Schéma d'un agrandissement de la zone coronaire sur une coupe para-sagittale de cone beam, passant par l'axe médian d'un implant mandibulaire et des mesures réalisées

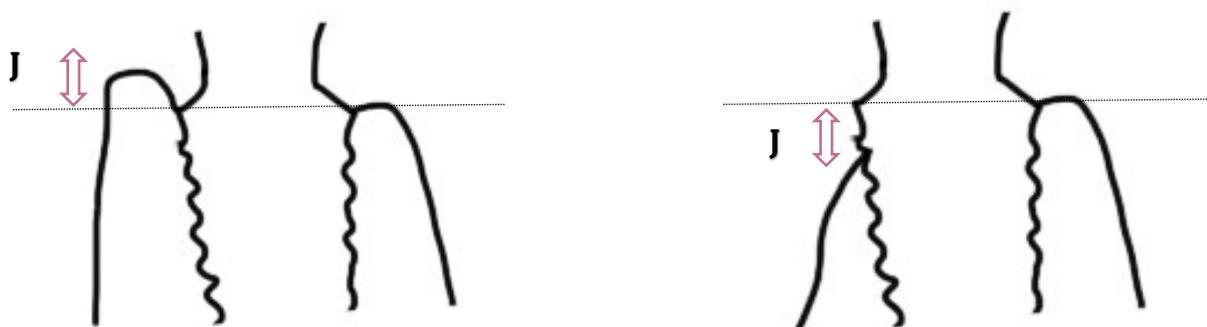
- ◇ Lorsque l'implant n'était pas encore en place sur le premier cone beam de suivi (dans le cas de régénération osseuse guidée pré-implantaire) :
- La **largeur crestale totale** en coronaire (G), à mi-hauteur (H) et en apical (I).



**Figure 6 :** Schéma d'une coupe para-sagittale de cone beam d'une crête mandibulaire édentée après une régénération osseuse guidée pré-implantaire et des mesures de largeurs crestales effectuées

#### 4.1.1 La mesure corono-apicale

La seule **mesure corono-apicale** analysée a été la **distance entre le sommet crestal vestibulaire et le collet de l'implant (J)**. L'épaulement de l'implant correspondant au « niveau zéro », il a été noté positif le volume osseux vestibulaire au-dessus de l'épaulement et en négatif, la perte osseuse verticale. (*Figure 7*)



**Figure 7** : Schémas de la zone coronaire d'une coupe parasagittale de cone beam passant par l'axe médian d'un implant mandibulaire et illustrant le gain ou la perte du volume osseux vestibulaire au collet (mesure J)

L'étude de la vue axiale (illustrée en rouge sur le schéma de la **figure 3**) a complété cette analyse en cas de doute sur la présence d'une épaisseur osseuse au collet et à mi-hauteur de l'implant.

En cas d'artéfact métallique gênant l'analyse, le filtre *CS MAR1 (Metal Artifact Reduction)* du système CS 9600 était appliqué.

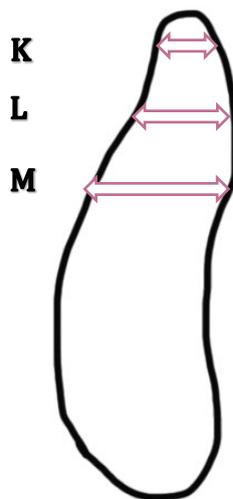
#### 4.2 Analyse du cone beam préopératoire

L'analyse du cone beam préopératoire a consisté à mesurer la largeur crestale totale en coronaire (K), à mi-hauteur (L) et en apical (M) ; de la même façon que pour les cas de régénération osseuse guidée pré-implantaire. (*Figure 8*)

Pour les radiographies préopératoires sur lesquelles le calque de la silhouette de l'implant (placé par le chirurgien lors de la planification de l'intervention) avait été sauvegardé, les mesures étaient réalisées selon un axe perpendiculaire à celui-ci.

Dans le cas contraire, les mesures ont été réalisées selon un axe perpendiculaire à l'axe de la crête, et l'étape préalable a été de localiser le site et l'axe d'implantation sur la crête édentée. Ceci a été effectué grâce à des repères anatomiques notés sur le cone beam post-opératoire, par exemple : la situation de l'implant par rapport à une dent adjacente (mesures des distances) ou antagoniste, un axe implantaire tangent à la racine ou à un ancrage radiculaire d'une dent antagoniste etc. La longueur de l'implant qui a été posé dans un second temps a été reportée sur la crête afin de localiser de façon précise les mesures des largeurs osseuses totale et vestibulaire apicales.

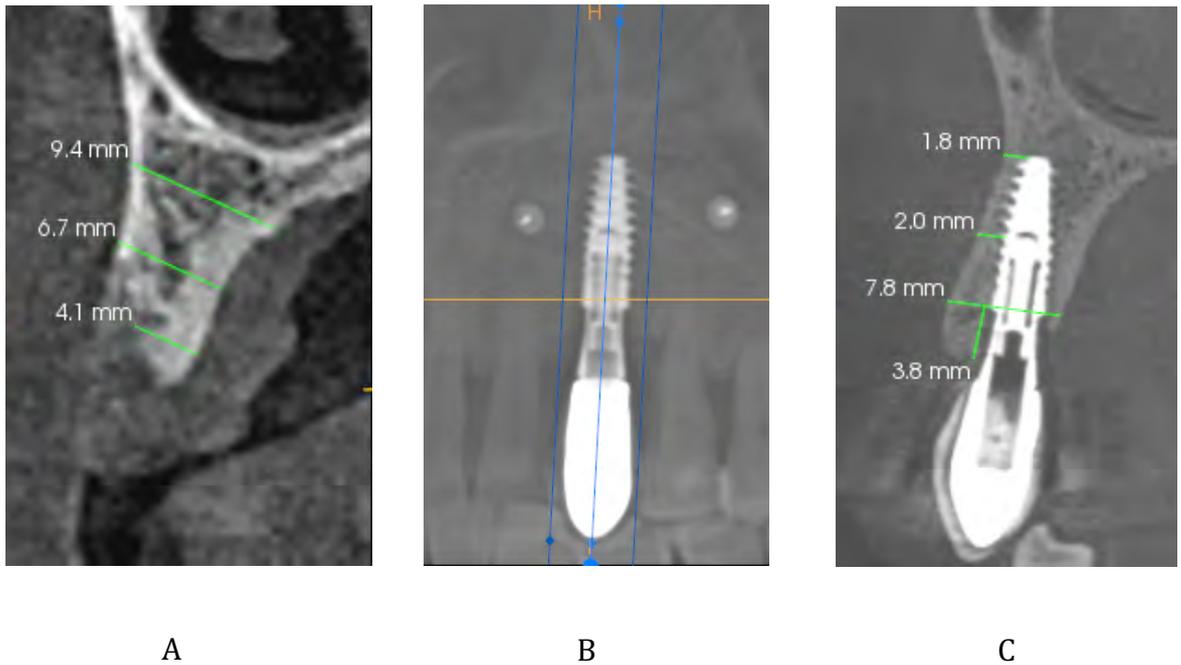
Sur certains examens, les mesures préopératoires étaient des mesures de crête avant extraction. Pour ces radiographies, les mesures ont été prises selon un axe perpendiculaire à l'axe de la crête.



**Figure 8** : Schéma d'une coupe parasagittale d'une crête mandibulaire après cicatrisation post-extractionnelle

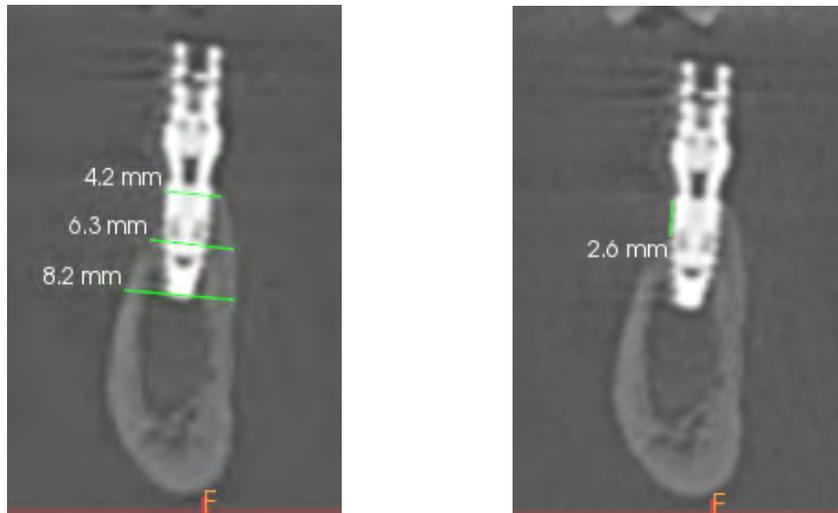
### 4.3 En résumé

#### 4.3.1 Mesures réalisées dans les cas d'implants pour lesquels la mesure J est supérieure ou égale à zéro



**Figure 9:** Extraits de cone beam, implant en site de 23. Mesures des largeurs crestales préopératoires (A). Reconstruction panoramique à partir du cone beam permettant de placer l'axe de coupe para-sagittale passant par l'axe médian de l'implant (B). Coupe para-sagittale passant par l'axe médian de l'implant (C).

#### 4.3.2 Mesures réalisées dans les cas d'implants pour lesquels la mesure J est inférieure à zéro



**Figure 10:** Extraits de cone beam. Mesures réalisées sur la coupe para-sagittale de cone beam passant par l'axe médian d'un implant mandibulaire.

## 5. ANALYSE STATISTIQUE

### 5.1 La base de données

Ces mesures ont ensuite été dissociées selon que l'implant ait été posé ou non, dans les deux dates de suivi. Ceci a permis d'obtenir un pool de 23 mesures différentes reportées dans un tableur à 34 colonnes du logiciel informatique Microsoft Office Excel®, chaque colonne correspondant à une variable et chaque ligne correspondant à un implant.

## Le codage utilisé est présenté ci-dessous :

- **Nom Prénom** : renseigné pour le contrôle qualité avant anonymisation
- **Age** : en cas de pose d'implants multiples sur un même patient, le même âge a été conservé pour chaque ligne
- **Implant** : unité statistique de l'étude : incrémentation +1 pour chaque nouvelle ligne en cas de pose d'implants multiples
- **Site-dent** : de 1 à 7 en fonction de la dent (exemple : 3 pour canine)
- **Site-arcade** : 1 si l'implant a été posé au maxillaire, 2 à la mandibule
- **Patient** : en cas de pose d'implants multiples sur un même patient, le même numéro de patient a été conservé pour chaque ligne
- **Duree\_1** : nombre de jours entre le cône beam préopératoire et l'intervention
- **Duree\_2** : nombre de jours entre l'intervention et le cône beam postopératoire 1
- **Duree\_3** : nombre de jours entre l'intervention et le cône beam postopératoire 2
- **Post-op1** : modalités de suivi lors de la réalisation du cône beam postopératoire 1 : 0 = pas de données ; 1 = mesures osseuses sans implant ; 2 = mesures osseuses avec implant(s)
- **Post-op2** : modalités de suivi lors de la réalisation du cône beam postopératoire 2 : 0 = pas de données ; 1 = mesures osseuses sans implant ; 2 = mesures osseuses avec implant(s)
- **M1** : mesure à partir du cône beam préopératoire de la largeur crestale en coronaire (**mesure K**)
- **M2** : mesure à partir du cône beam préopératoire de la largeur crestale à mi-hauteur (**mesure L**)
- **M3** : mesure à partir du cône beam préopératoire de la largeur crestale en apical (**mesure M**)
- **M4** : mesure à partir du cône beam postopératoire 1 de la largeur crestale en coronaire lorsque l'implant n'a pas encore été posé (**mesure G**)
- **M5** : mesure à partir du cône beam postopératoire 1 de la largeur crestale à mi-hauteur lorsque l'implant n'a pas été posé (**mesure H**)
- **M6** : mesure à partir du cône beam postopératoire 1 de la largeur crestale en apical lorsque l'implant n'a pas encore été posé (**mesure I**)
- **M7** : mesure à partir du cône beam postopératoire 1 de la largeur osseuse totale au collet de l'implant
- **M8** : mesure à partir du cône beam postopératoire 1 de la largeur osseuse totale à mi-hauteur de l'implant
- **M9** : mesure à partir du cône beam postopératoire 1 de la largeur osseuse totale à l'apex de l'implant
- **M10** : mesure à partir du cône beam postopératoire 1 de la largeur osseuse vestibulaire au collet de l'implant
- **M11** : mesure à partir du cône beam postopératoire 1 de la largeur osseuse vestibulaire à mi-hauteur de l'implant
- **M12** : mesure à partir du cône beam postopératoire 1 de la largeur osseuse vestibulaire à l'apex de l'implant
- **M13** : mesure à partir du cône beam postopératoire 1 du sommet crestal vestibulaire par rapport au collet de l'implant
- **M14** : mesure à partir du cône beam postopératoire 2 de la largeur crestale en coronaire lorsque l'implant n'a pas encore été posé
- **M15** : mesure à partir du cône beam postopératoire 2 de la largeur crestale à mi-hauteur lorsque l'implant n'a pas encore été posé
- **M16** : mesure à partir du cône beam postopératoire 2 de la largeur crestale en apical lorsque l'implant n'a pas encore été posé
- **M17** : mesure à partir du cône beam postopératoire 2 de la largeur osseuse totale au collet de l'implant (**mesure A**)
- **M18** : mesure à partir du cône beam postopératoire 2 de la largeur osseuse totale à mi-hauteur de l'implant (**mesure B**)

- **M19** : mesure à partir du cône beam postopératoire 2 de la largeur osseuse totale à l'apex de l'implant (**mesure C**)
- **M20** : mesure à partir du cône beam postopératoire 2 de la largeur osseuse vestibulaire au collet de l'implant (**mesure D**)
- **M21** : mesure à partir du cône beam postopératoire 2 de la largeur osseuse vestibulaire à mi-hauteur de l'implant (**mesure E**)
- **M22** : mesure à partir du cône beam postopératoire 2 de la largeur osseuse vestibulaire à l'apex de l'implant (**mesure F**)
- **M23** : mesure à partir du cône beam postopératoire 2 du sommet crestal vestibulaire par rapport au collet de l'implant (**mesure J**)

Les données Duree\_1, Duree\_2, Duree\_3 ont été obtenues avec l'aide du logiciel informatique Microsoft Excel®. Sur un second feuillet ont été saisies dans chaque cellule d'une même ligne la date de l'intervention, la date de réalisation des cônes beam préopératoire, post-opératoire 1 et 2 ; et la formule de calcul DATEDIF a été appliquée.

Pour toute donnée manquante, un point « . » était inséré dans la cellule.

Un extrait de la base de données est présenté en annexe.

## 5.2 Méthode d'analyse statistique

Dans le cadre de cette thèse, les variables qui ont été comparées sont les largeurs osseuses vestibulaires au collet de l'implant (mesure D), à mi-hauteur (mesure E) et en apical (mesure F), la distance entre le sommet crestal vestibulaire et l'épaulement de l'implant (mesure J), la largeur osseuse totale au collet de l'implant (mesure A) et la largeur osseuse crestale préopératoire (mesure K).

Ces données ont été corrélées afin de répondre aux questions suivantes :

1. Est-ce que l'**âge** influe sur le succès et la stabilité de la régénération osseuse guidée ?
2. Combien d'implants sont concernés par une **résorption osseuse vestibulaire verticale** ?

3. A l'analyse du cone beam post-opératoire au terme de l'étude, quelle est **la moyenne de la largeur osseuse vestibulaire au collet de l'implant** (mesure D) lorsque l'on observe un volume osseux conservé en vestibulaire, qui se situe en coronaire de l'épaulement ou à son niveau (**mesure J supérieure ou égale à zéro**) ?
4. A l'analyse du cone beam post-opératoire au terme de l'étude, quelle est la **moyenne des deux autres largeurs osseuses vestibulaires infra, à mi-hauteur et en apical de l'implant** lorsque l'on observe une perte osseuse verticale vestibulaire (**mesure J inférieure à zéro**) ?
5. Comparaison des analyses 2 et 3 au **maxillaire** et à la **mandibule**.
6. Quelle est la moyenne de la **différence entre la largeur osseuse totale au collet de l'implant** (mesure A) à la lecture du cone beam post-opératoire au terme de l'étude **et la largeur osseuse crestale en coronaire préopératoire** (mesure K) lorsque le volume osseux vestibulaire est conservé et qu'il se situe en coronaire ou au niveau de l'épaulement de l'implant (**mesure J supérieure ou égale à zéro**) et lorsque l'on observe une perte osseuse vestibulaire verticale (**mesure J inférieure à zéro**) ?
7. Comparaison de l'analyse 5 au **maxillaire** et à la **mandibule**.
8. A l'analyse du cone beam post-opératoire au terme de l'étude, est-ce que la **multiplicité des implants** est défavorable à la stabilité de la régénération osseuse guidée vestibulaire ?
9. A la lecture du cone beam post-opératoire de la deuxième date de suivi, dans les cas d'implants présentant une **perte osseuse verticale**, à combien, en **moyenne**, s'élève cette perte ? Et à **quel moment**, dans les deux dates de suivi, cette résorption a-t-elle eu lieu ?
10. Enfin, nous avons tenté d'expliquer l'évolution des dimensions osseuses des cas pour lesquels la perte osseuse verticale était la plus importante.

Ces variables ont été corrélées en utilisant le logiciel informatique tableur Microsoft Office Excel®.

A partir de la base de données principale, les colonnes correspondant aux variables à croiser selon les questions définies, ont été sélectionnées et reportées sur de nouveaux tableurs afin de créer des bases de données secondaires, permettant un meilleur contrôle des tests.

Les lignes présentant des données manquantes ont été supprimées et les mesures triées, en prenant soin d'étendre systématiquement la sélection afin de toujours conserver l'appariement des mesures d'une ligne correspondant à un même implant. Les points ont été remplacés par des virgules, et les données qui étaient alors au format « standard » sur la base de données principale, ont été mises au format « nombre » afin de pouvoir appliquer les formules de calcul.

Ces mêmes formules ont permis d'obtenir l'amplitude, la médiane, la moyenne et l'écart-type de chaque variable isolée puis corrélées, après un tri effectué selon les paramètres recherchés.

## II. RESULTATS

### 1. CARACTERISTIQUES DE L'ECHANTILLON

Sur les 420 patients sélectionnés, 170 patients sur lesquels ont été posés 321 implants ont été inclus dans cette étude.

L'échantillon comptait 94 femmes et 78 hommes de 20 à 82 ans. La moyenne d'âge était de 55 ans.

Tous les patients ont été opérés par la même équipe de chirurgiens en suivant le même protocole et en utilisant le même matériau de substitution osseuse : l'os allogénique du laboratoire BIOBank® (le Bio-Oss® a été employé pour seulement 5 implants posés sur 2 patients) (**Tableau 2**).

Tous les cas sélectionnés correspondaient à des cas sur lesquels aucune cratérisation, pouvant évoquer une péri-implantite, n'était visible sur une vue proximale en imagerie conventionnelle bidimensionnelle extrapolée à partir du cone beam.

25 implants posés sur 21 patients ont été concernés par une régénération osseuse guidée pré-implantaire. Pour les 296 autres implants, la régénération osseuse a été réalisée en per-implantaire.

5 cas de péri-implantite ont été notés. Ils ont été exclus de l'étude.

Les éléments variables étaient :

- Le nombre d'implants posés par patient : entre 1 et 10
- Le site d'implantation (**Tableau 1**)
- Le diamètre de l'implant (3,5 ou 4 mm) et sa longueur (entre 6,5 et 11,5 mm)
- L'enfouissement sous-crestal de l'implant : entre 1 et 3 mm
- La chirurgie en un temps (pose de l'implant et de la vis de cicatrisation dans la même séance) ou deux temps (pose de l'implant et d'une vis de couverture puis pose de la vis de cicatrisation lors d'une séance distincte)
- L'utilisation d'une membrane de collagène (plus ou moins fixée par un ou deux clous stabilisateurs) : Creos™ Xenoprotect ou Bio-Gide® (celle-ci a été employé pour seulement 7 implants posés sur 5 patients)
- L'utilisation de membranes plaquettaires
- L'état général du patient (noté pour chaque cas dans une base de données annexe mais n'a pas été exploité dans le cadre de ce travail)

Les caractéristiques de distribution de l'échantillon sont présentées dans les **tableaux 1 et 2**.

**Tableau 1: Distribution des sites implantaire n (%)**

	Dent antérieure		Prémolaire		Molaire	
	Incisive	Canine	1 <sup>ère</sup> Prémolaire	2 <sup>ème</sup> Prémolaire	1 <sup>ère</sup> Molaire	2 <sup>ème</sup> Molaire
<b>Maxillaire n = 190 (59,2%)</b>	50 (15,6%)	25 (7,8%)	35 (10,9%)	32 (10%)	38 (11,8%)	10 (3,1%)
<b>Mandibule n = 131 (40,8%)</b>	5 (1,6%)	6 (1,8%)	9 (2,8%)	31 (9,7%)	59 (18,4%)	21 (6,5%)
<b>Total : 321 (100%)</b>	86 (26,8%)		107 (33,4%)		128 (39,8%)	

**Tableau 2: Distribution des matériaux utilisés n (%)**

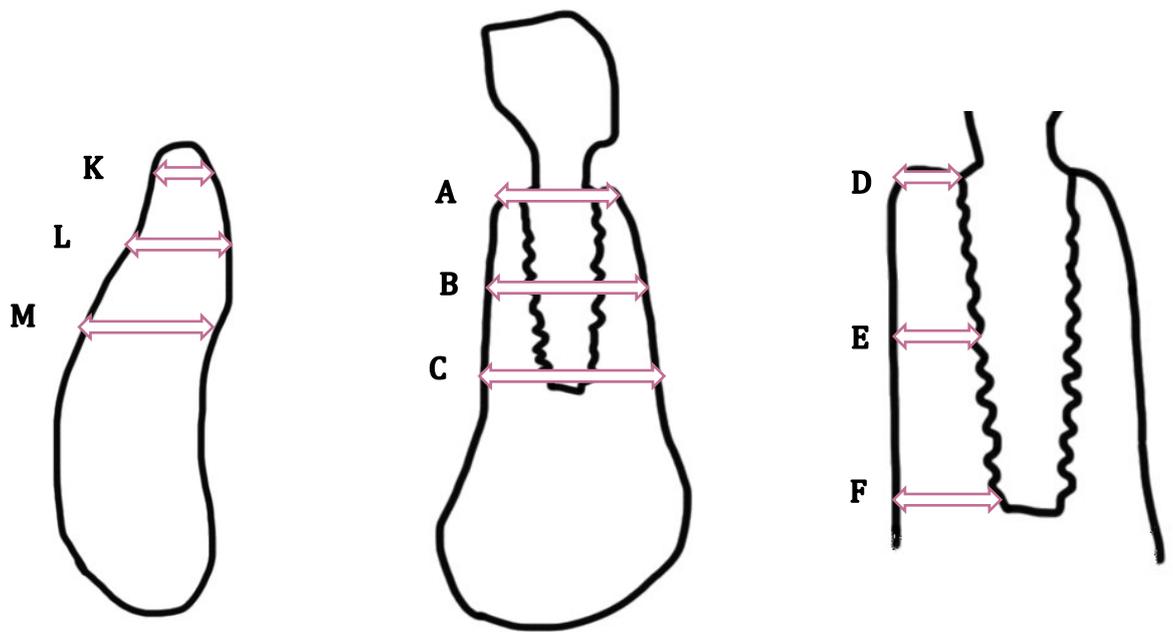
	Avec membrane de collagène		Sans membrane de collagène	PRF	
	Fixée	Non fixée		Avec PRF	Sans PRF
<b>BIOBank® 316 (98,4%)</b>	24 (7,5 %)	105 (32,7 %)	187 (58,3 %)	116 (36,2 %)	200 (62,3%)
<b>Bio-Oss® 5 (1,6%)</b>	2 (0,6 %)	3 (0,9 %)	0	2 (0,6 %)	3 (0,9 %)
<b>Total : 321 (100 %)</b>					

## 2. RESULTATS DE L'ANALYSE STATISTIQUE

### 2.1 Indicateurs statistiques de chaque variable

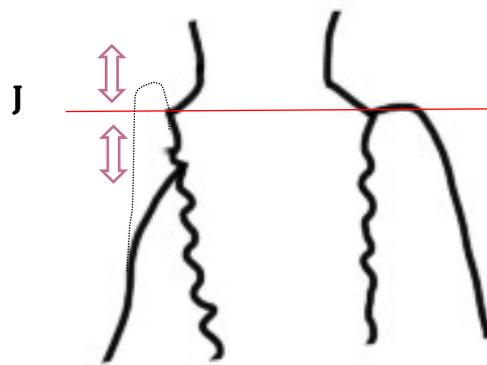
Le cone beam post-opératoire de la deuxième date de suivi (au terme de l'étude) a été acquis en moyenne 695 jours, après la réalisation de la régénération osseuse guidée.

Les indicateurs statistiques (amplitude, médiane, moyenne et écart-type) de chaque variable qui a été corrélée sont présentés dans les **tableaux 3 et 4**.



**Tableau 3: Indicateurs statistiques des mesures vestibulo-linguales/palatines**

Variables	Données manquantes (n)	Valeurs nulles (n)	Valeurs positives			
			Min.	Max.	Médiane	Moyenne (écart-type)
<b>D</b>	n = 25	n = 67	n = 229			
			0,2	6,8	2	2,23 (1,18)
<b>E</b>	n = 23	n = 12	n = 286			
			0,2	10,4	3,2	3,5 (1,79)
<b>F</b>	n = 25	n = 0	n = 296			
			0,6	25,10	4,7	5,34 (3,19)
<b>A</b>	n = 23	n = 0	n = 298			
			3,5	14,4	7	7,13 (2,01)
<b>K</b>	n = 49	n = 0	n = 272			
			1,6	17,2	6	6,47 (2,47)



**Tableau 4: Indicateurs statistiques de la mesure coronno-apicale**

Variable	Données manquantes (n)	Valeurs nulles (n)	Valeurs positives (n)				Valeurs négatives (n)			
			Min.	Max.	Médiane	Moyenne (écart-type)	Min.	Max.	Médiane	Moyenne (écart-type)
			n				n			
	n = 26	n = 56	n = 172				n = 67			
<b>J</b>			0,3	5,5	1,5	1,73 (1,12)	-10,8	-0,2	-1,5	-2,64 (2,96)

## 2.2 Corrélation des variables

A l'analyse du cone beam au terme de l'étude (cone beam de la deuxième date de suivi) :

1. Les implants pour lesquels la mesure J est supérieure ou égale à zéro, correspond à des patients dont la moyenne d'âge est de 57,5 ans (écart-type = 11,8 ans). La moyenne d'âge des patients dont les implants présentent une perte osseuse verticale vestibulaire, c'est-à-dire une mesure J inférieure à zéro, est de 57,3 ans (écart-type = 13,2 ans).

2. On observe une perte osseuse verticale (mesure  $J < 0$ ) sur 67 implants sur les 295 qui ont pu être analysés (26 données manquantes de la mesure J) soit 22,7%. 77,3 % des implants analysés présentent une épaisseur osseuse vestibulaire verticale au niveau ou au-dessus du col implantaire (mesure  $J \geq 0$ ).
3. Lorsque l'on observe un volume osseux conservé en vestibulaire, qui se situe au niveau ou en coronaire du col de l'implant (mesure J supérieure ou égale à zéro), la largeur osseuse vestibulaire au col de l'implant (mesure D) est en moyenne de 2,24 mm (écart-type = 1,19 mm).
4. Lorsque les implants présentent une perte osseuse verticale vestibulaire (mesure  $J < 0$ ), on observe des largeurs osseuses vestibulaires à mi-hauteur et en apical de l'implant (mesure E et F) mesurant respectivement en moyenne 2,21 (écart-type = 1,6 mm) et 4,49 mm (écart-type = 3,09 mm).
5. Concernant les analyses 3 et 4 en dissociant les implants maxillaires et mandibulaires, et concernant l'analyse 3, les calculs ont été effectués sur un échantillon de 227 implants (134 au maxillaire et 93 à la mandibule, distribution identique à celle de l'échantillon totale) après suppression des lignes du tableur avec des données manquantes. Concernant l'analyse 4, les calculs ont été effectués sur 293 implants (174 au maxillaire et 119 à la mandibule, distribution similaire à celle de l'échantillon total). On observe :
  - Au maxillaire : lorsque les implants présentent une mesure J supérieure ou égale à zéro, la largeur osseuse vestibulaire au col de l'implant mesure en moyenne 2,44 mm (écart-type = 1,21 mm). Lorsqu'ils présentent une perte osseuse verticale vestibulaire, les largeurs osseuses vestibulaires à mi-hauteur et en apical de l'implant mesurent en moyenne 2,14 et 4,28 mm avec des écarts-type respectifs de 1,83 et 3,74 mm.

- A la mandibule : lorsque les implants mandibulaires présentent une mesure J supérieure ou égale à zéro, la largeur osseuse vestibulaire au collet de l'implant mesure en moyenne 1,96 mm avec un écart-type de 1,11 mm. Lorsqu'ils présentent une mesure J inférieure à zéro, les largeurs osseuses vestibulaires à mi-hauteur et en apical de l'implant mesurent en moyenne 2,32 et 4,81 mm avec des écarts-type respectifs de 1,16 et 1,63 mm.

Le test de Mann-Whitney Wilcoxon appliqué pour les deux largeurs vestibulaires obtenues à chaque arcade, a permis d'obtenir une valeur p (p-value) de 0,001 (seuil à 0,05).

6. Dans les cas, présentant un volume osseux surplombant le col implantaire (mesure J  $\geq$  0), le gain osseux horizontal (différence entre la largeur osseuse totale au collet de l'implant au terme de l'étude et la largeur crestale coronaire à l'analyse du cone beam préopératoire soit la mesure A - mesure K) est en moyenne de 1,22 mm (écart-type = 2,47 mm). En cas de perte osseuse verticale au terme de l'étude (mesure J inférieure à zéro), on observe une perte osseuse horizontale : - 0,45 mm en moyenne (écart-type = 1,95 mm). La valeur p calculée à l'aide du même test est inférieure à 0,00001 (seuil de 0,05).
7. Concernant l'analyse 6 et en dissociant les implants maxillaires et mandibulaires, les calculs ont été effectués sur un échantillon de 248 implants (145 au maxillaire et 103 à la mandibule distribution similaire à celle de l'échantillon total) après suppression des lignes du tableur avec des données manquantes. On observe :
  - Au maxillaire : pour les implants présentant un volume osseux vestibulaire conservé ou en gain au collet de l'implant (mesure J supérieure ou égale à zéro) à la deuxième date de suivi, la différence entre la largeur osseuse totale au col de l'implant à cette même date et la largeur crestale coronaire préopératoire (mesure A - mesure K) est en moyenne de 1,32 mm (écart-type = 2,65 mm).

En ce qui concerne les implants pour lesquels on note une perte osseuse verticale vestibulaire au col de l'implant (mesure J inférieure ou égale à zéro) cette différence est en moyenne de - 0,72 mm (écart-type = 1,84 mm). La valeur p est inférieure à 0,00001 (seuil à 0,05).

- A la mandibule : concernant les implants dont la mesure J est supérieure ou égale à zéro à la deuxième date de suivi, cette différence est en moyenne de 1,07 mm (écart-type = 2,65 mm), et de - 0,06 mm (écart-type = 2,09) pour les implants dont la mesure J est inférieure à zéro. La valeur p est de 0,03 (seuil à 0,05).
8. 67 implants présentent une perte osseuse verticale et horizontale vestibulaire au col de l'implant (mesure J inférieure à zéro et mesure D égale à zéro) au terme de l'étude. 34 de ces implants concernent des cas d'implants multiples.
9. Pour les 67 implants concernés par une perte osseuse verticale vestibulaire, cette résorption s'élève en moyenne à 2,64 mm (écart-type = 2,96 mm) au terme de l'étude.

Après suppression des implants présentant des données manquantes à la première date de suivi, la corrélation a concerné 49 implants. Sur ces 49 implants, 15 implants ont perdu en immédiat, à lecture du cone beam de la première date de suivi (avant la mise en charge) avec une perte osseuse verticale vestibulaire s'élevant en moyenne à 1,81 mm (écart-type = 2,24 mm), et à 1,72 mm (écart-type = 2,25 mm) au terme de l'étude. Pour les 34 implants restants, la mesure J était comprise entre 0 et + 4 mm à la première date de suivi et une perte osseuse vestibulaire verticale s'élevant en moyenne à 3,2mm (écart-type = 3,11) a été observée au terme de l'analyse.

### III. DISCUSSION

Le protocole employé au cours de ce travail est en accord avec les recommandations proposées par une revue systématique récente, pour les futures recherches. Celle-ci suggère, d'abord, des mesures cliniques et/ou radiographiques de l'os péri-implantaire avant et après la technique d'augmentation osseuse en utilisant une forme de standardisation pour augmenter la reproductibilité. Elle préconise, ensuite, l'étude de la stabilité dans le temps de la régénération osseuse guidée par une analyse quantitative de l'os marginal péri-implantaire ainsi qu'une corrélation entre épaisseur osseuse verticale et horizontale. (2)

Il est à noter que pour toutes les variables étudiées, on observe des écart-types à la moyenne forts (supérieurs à la moitié de la moyenne) indiquant une dispersion importante, ce qui traduit une grande variabilité au sein de notre échantillon.

Il est également important de relever que les grandes largeurs crestales cervicales parfois mesurées sur le cone beam préopératoire pourraient remettre en question l'indication de régénération osseuse guidée mais elles s'expliquent par le couloir prothétique dans lequel l'implant doit s'intégrer et qui ne correspond pas nécessairement au volume osseux natif disponible.

Pour notre part, les résultats obtenus suggèrent que l'âge n'influence pas la qualité de la régénération osseuse guidée : l'âge moyen des patients pour lesquels le gain osseux est important et l'âge moyen de ceux pour lesquels nous avons observé une perte osseuse verticale sont identiques, ce qui confirme les données rapportées par Jepsen S., Schwarz F et al. (2)

La largeur osseuse vestibulaire au col de l'implant (mesure D), au terme de l'étude, lorsque l'os surplombe le col implantaire (mesure J > ou égale à 0) est en moyenne de 2,24 mm (écart-type = 1,19 mm). Cette étude a été possible grâce au développement technologique du CBCT dont le rayon plus puissant (120 kV) a rendu visible un volume osseux auparavant effacé par l'artéfact métallique. Cette épaisseur moyenne suggère la capacité des implants infra-crestaux à connectique interne cone morse à permettre la formation d'os supra-implantaire en vestibulaire. En proximal, cette qualité était déjà connue : l'os péri-implantaire proximal, visible sur les radiographies bidimensionnelles, est attaché au desmodonte des dents adjacentes par les fibres de Sharpey.

77,3 % des implants analysés présentent une épaisseur osseuse vestibulaire verticale au niveau ou au-dessus du col implantaire (mesure J > ou égale à 0). Cela semble indiquer que les implants infra-crestaux à connectique interne cone morse autorisent la néoformation d'une entité biologique en vestibulaire, malgré l'absence de fibres de Sharpey. L'image radiologique d'une différenciation cortico-médullaire a parfois été distinguée, mais les autres cas présentaient une image homogène correspondant à l'aspect du biomatériau de substitution osseuse allogénique et aucune mesure standardisée n'a été réalisée. Une épaisseur de 2,24 mm autorise la formation d'une entité cortico-médullaire.

Lorsque l'on compare les données au maxillaire et à la mandibule, et concernant les implants pour lesquels la mesure verticale J est supérieure ou égale à zéro, on observe une largeur osseuse vestibulaire au collet de l'implant mesurant en moyenne 2,44 mm (écart-type = 1,21 mm) au maxillaire et 1,96 mm (écart-type = 1,11 mm) à la mandibule. La valeur p obtenue grâce au test de Mann-Whitney Wilcoxon, indique que cette différence entre les deux arcades est significative ( $p = 0,001$  ; inférieure au seuil de 0,05). Ces résultats semblent donc indiquer une épaisseur osseuse vestibulaire au collet de l'implant, au terme de l'étude, plus importante au maxillaire. Ceci n'est pas corroboré par les études les plus récentes selon lesquelles le gain osseux horizontal est indépendant de l'arcade concernée et du site. (2)

La perte osseuse vestibulaire verticale (mesure J < 0) concerne 67 implants soit 22,3 % du nombre total d'implants analysés. Cette résorption osseuse corono-apicale se limite en moyenne aux deux premières spires implantaires : 2,64 mm en moyenne au terme de l'étude (soit 695 jours en moyenne après l'intervention) mais avec un écart-type important (2,96 mm). Cette grande dispersion s'explique par des valeurs très négatives parfois observées (entre - 0,2 mm et - 10,8 mm). Il est à noter que les pertes osseuses de plus de 5 mm n'ont été observées que pour 10 implants, soit 14,9 % des implants concernés par une perte osseuse vestibulaire verticale.

Ces observations valident le substitut osseux allogénique comme matériau de substitution osseuse efficace mais on peut se demander s'il est suffisamment peu résorbable et si de meilleurs résultats auraient été obtenus avec un matériau moins ou non résorbable.

A l'examen clinique, aucun signe de mucite ou de péri-implantite n'a été observé, excepté pour les 5 cas de cratérisation qui ont été exclus de l'étude, et à l'examen radiologique, l'os proximal était conservé. La perte osseuse en vestibulaire d'un implant n'a pas pour conséquence une péri-implantite au terme de notre observation.

L'implant infra-crestal à connectique interne cône morse devient alors supra-crestal en vestibulaire, mais semble maintenir la position des tissus mous.

Au cours de notre analyse, aucune perte osseuse sur la totalité de la hauteur d'un implant n'a été observée (aucune valeur nulle observée pour la mesure F) : ceci s'explique par le fait que dans l'activité du cabinet d'où est issu l'échantillon, tout implant qui présente une perte osseuse vestibulaire associé à des signes cliniques est déposé pour être remplacé. 4 % des implants seulement présentent une perte osseuse vestibulaire s'étendant à mi-hauteur de l'implant ou au-delà mais n'atteignant pas l'apex (valeur nulle de la mesure E). Pour les implants affichant une perte osseuse vestibulaire verticale (mesure J < à 0) mais n'atteignant pas la moitié de la hauteur de l'implant, l'épaisseur osseuse vestibulaire à mi-hauteur de l'implant (mesure E) est en moyenne de à 2,21 mm (écart-type = 1,6 mm). Cette valeur est comparable à celle obtenue pour la mesure D lorsque l'os surplombe le col implantaire, suggérant que lorsque l'os se stabilise il forme une entité biologique. Elle reste néanmoins fragile si la surface implantaire qui le surplombe devait être contaminée. La littérature ne présente aucune donnée comparative avec les implants non infra-crestaux : il serait intéressant dans des études futures de comparer ce comportement du volume osseux vestibulaire avec d'autres types de connectique implantaire.

Cependant, les valeurs nulles d'épaisseur osseuse vestibulaire mesurées sur le cone beam, ne signifient pas nécessairement l'absence d'os en vestibulaire de l'implant. Nous avons déjà observé, indépendamment de cette étude, la présence clinique d'os en vestibulaire d'un implant, allant à l'encontre de l'observation radiologique. (**Figure 11**)



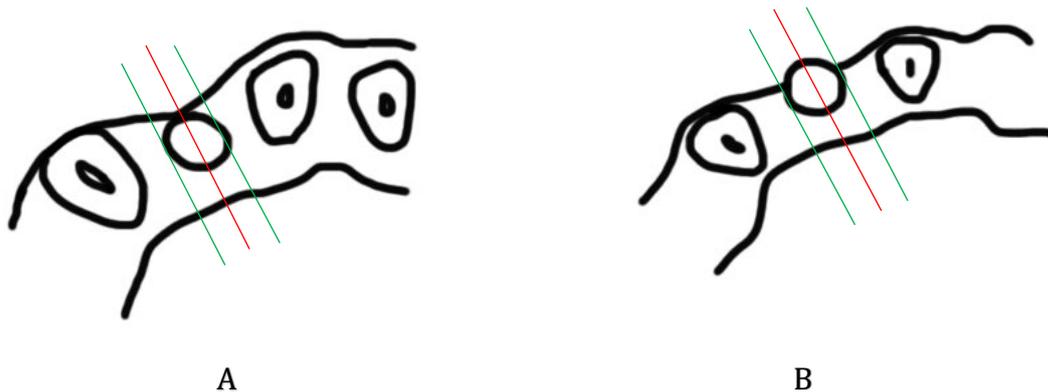
A



B

**Figure 11:** Coupe sagittale de cone beam passant par l'axe médian d'un implant en site de 22 (A). Photographie intra-buccale du même implant avec décollement d'un lambeau vestibulaire (B).

Notre analyse s'est basée sur une vue strictement médiane de l'implant. Le centre de l'implant étant l'endroit où le rayon est le plus atténué et donc le moins susceptible d'enregistrer une épaisseur osseuse fine, il serait intéressant d'envisager dans les études futures des mesures latéralisées (en mésial et en distal de l'implant) illustrée sur la **Figure 12**, afin de déterminer ou d'estimer la présence d'os vestibulaire.



**Figure 12:** Schémas de deux coupes horizontales de cone beam représentant les deux situations possibles en cas de résorption osseuse vestibulaire, en regard de l'implant, suspectée sur une vue para-sagittale passant par son axe médian

La **Figure 12** montre que, pour une même valeur nulle d'épaisseur osseuse vestibulaire mesurée sur une vue para-sagittale de cone beam passant par l'axe médian de l'implant (en rouge), deux aspects de la crête en coupe horizontale peuvent être observés.

Sur le **schéma A**, la crête est large et l'implant est dans le couloir alvéolaire : des mesures latéralisées, représentées en vert, auraient mis en évidence une épaisseur osseuse positive. L'os vestibulaire en regard de l'implant est probablement présent mais trop fin pour être radiologiquement détectable. Dans le deuxième cas de figure, représenté par le **schéma B**, la crête est plus fine, l'implant est à la limite du couloir alvéolaire et donc plus exposé à une absence d'os en vestibulaire. Les mesures latéralisées auraient mis en évidence, comme pour la mesure médiane, une valeur nulle c'est à dire un os probablement absent même en mésial et distal de l'implant. Il s'agit d'un nouvel enregistrement de mesures qui devrait être intégré au prochain protocole d'étude.

En comparant la largeur osseuse cervicale préopératoire et la largeur osseuse au col de l'implant au terme de l'étude, il apparaît une différence entre les deux groupes. Dans le groupe pour lequel l'os est au niveau de l'implant ou le surplombe (mesure J > ou égale à zéro) nous observons un gain horizontal moyen de 1,22 mm (écart-type = 2,47 mm). Pour le groupe dans lequel une perte osseuse verticale vestibulaire a été observée (mesure J < 0), nous observons une perte osseuse horizontale au col de l'implant de 0,45 mm (écart-type = 1,95 mm). L'application du test de Mann-Whitney Wilcoxon montre que les gains comme les pertes sont statistiquement significatifs (valeur p inférieure à 0,00001). Nous pouvons donc en déduire que lorsque la régénération osseuse guidée réalisée à l'aide de substitut osseux allogénique est un succès, elle permet un gain osseux par rapport à la situation initiale. En revanche, lorsqu'une perte osseuse verticale est observée après la régénération osseuse guidée, la situation anatomique peut être moins favorable qu'en préopératoire.

Au regard de ces résultats, la connectique étant le seul élément non variable de l'étude, on peut émettre l'hypothèse que le gain osseux comme la perte ne lui sont pas attribuables mais plutôt à la technique de régénération osseuse guidée ou à d'autres facteurs dépendants du patient.

Ces résultats montrent que la régénération osseuse guidée a tendance à favoriser un gain osseux (77,7 % des cas) plutôt qu'une perte (22,3 %) : c'est une technique prédictible d'augmentation du volume osseux en vestibulaire d'un implant. Afin de déterminer si cette résorption a réellement un lien avec l'intervention de régénération osseuse guidée, ou si elle est causée par la contrainte mécanique cervicale lors de la pose de l'implant, il faudrait analyser par le même protocole des implants en situation osseuse « limite » placés sans régénération osseuse guidée.

Lorsque l'on compare cette même différence pré et post-opératoire (mesure A-mesure K) en séparant le maxillaire de la mandibule, on obtient :

- Au maxillaire : une différence de 1,32 mm (écart-type = 2,65 mm) en moyenne, pour les implants présentant une mesure J supérieure ou égale à zéro au terme de l'étude, de -0,72 mm (écart-type = 1,84 mm) en moyenne, pour les implants présentant une mesure J inférieure à zéro au terme de l'étude et une valeur p inférieure à 0,00001 (inférieure au seuil de 0,05).
- A la mandibule : on observe une différence de 1,07 mm (écart-type = 2,65 mm) en moyenne, pour les implants présentant une mesure J supérieure ou égale à zéro, de -0,06 mm (écart-type = 2,09 mm) en moyenne, pour les implants présentant une mesure J inférieure à zéro au terme de l'étude, et une valeur p de 0,03 (inférieure au seuil de 0,05).

Les différences observées sont statistiquement significatives, il apparaît donc que le gain comme la perte osseuse est plus important au maxillaire.

On peut supposer que la qualité de la vascularisation du tissu osseux au maxillaire mais aussi sa faiblesse mécanique par rapport à la corticale mandibulaire expliquent ces résultats.

Afin d'essayer d'identifier une cause à la résorption vestibulaire verticale observée, nous avons comparé l'importance de cette perte avant et après la mise en fonction de l'implant. Dans les cas où une résorption vestibulaire verticale a été observée (mesure  $J < 0$ ), deux types de résorption apparaissent : une résorption précoce, observée avant la mise en fonction de l'implant, et une résorption différée, observée seulement au terme de l'étude.

Si on prend en compte que la mise en charge est un des facteurs principaux responsables de la perte osseuse, cette étude suggère qu'elle en serait la cause la plus fréquente (69 % des résorptions sont différées) et cette résorption est de plus grande ampleur que la résorption précoce (résorption différée de 3,2 mm et résorption précoce de 1,82 mm). D'autre part, la perte osseuse liée à la résorption précoce (analysée dès la première date de suivi et mesurée à 1,82mm) ne semble pas s'aggraver après la mise en charge, soit au terme de l'étude (où elle a été mesurée à 1,72 mm).

L'apparition des forces masticatrices latérales qui accompagnent la mise en charge semblent déclencher la résorption vestibulaire différée.

La résorption osseuse précoce est inflammatoire : elle stabilise le niveau osseux à quelques millimètres du col de l'implant. Nous pouvons donc émettre l'hypothèse que les forces masticatrices latérales, qui se distribuent sur les premiers millimètres du col implantaire, n'aggrave pas, une résorption précoce déjà présente. En revanche, lorsqu'elles apparaissent sur des implants présentant encore une épaisseur osseuse vestibulaire au col de l'implant à la première date de suivi, elle pourrait déclencher une résorption qui est alors plus importante.

Il est intéressant de noter que sur les 67 implants atteints par une résorption vestibulaire verticale, 34 correspondent à des cas d'implants multiples (entre 2 et 4 implants), soit 50,7 % des cas. Cette situation peut s'expliquer par le fait que les implants multiples ne sont pas bordés par des dents dont le desmodonte soutient l'os alvéolaire vestibulaire, pilier de la régénération osseuse guidée. L'influence du biotype osseux dans la qualité du gain pour la régénération osseuse guidée vestibulaire a été intuitivement relevée à plusieurs reprises, au cours de cette étude.

Cela sous-entendrait que le succès de la régénération osseuse guidée ne dépendrait pas de la technique réalisée, mais du biotype.

Il serait intéressant, dans la poursuite de l'analyse des données ici recueillies, de les corrélérer avec la technique chirurgicale (l'utilisation ou non d'une membrane et sa fixation), avec le type de prothèse mise en charge (amovible ou fixe, unitaire ou plurale), avec le morphotype osseux du patient ou son état de santé général.

# CONCLUSION

L'objectif de cette étude a d'abord été de regrouper les données radiologiques et cliniques portant sur 321 implants ayant bénéficié d'une régénération osseuse guidée vestibulaire et d'en proposer une première analyse.

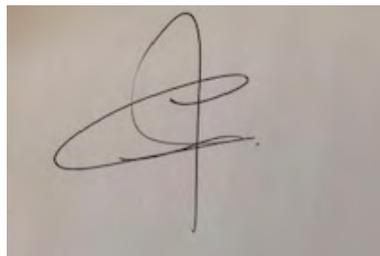
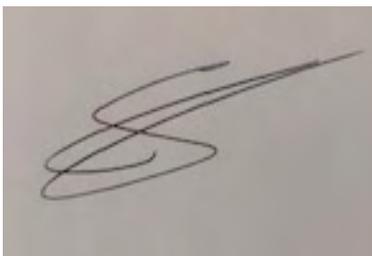
Ce travail original est à notre connaissance le premier évaluant radiologiquement de façon standardisée le résultat d'une régénération osseuse guidée vestibulaire péri-implantaire. Il a été rendu possible par l'évolution technique de cone beam dont la puissance du rayon permet de s'affranchir de certains artéfacts métalliques qui jusqu'ici effaçaient l'os présent.

Les résultats valident la capacité de la technique de régénération osseuse guidée à l'aide d'un substitut osseux allogénique à créer et maintenir à deux ans, de l'os en vestibulaire d'un implant infra-osseux à connectique cone morse.

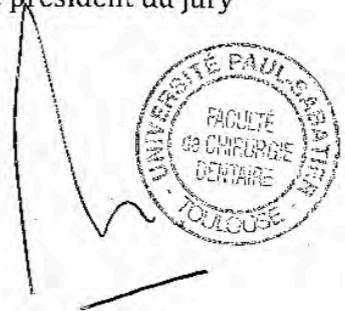
L'exploitation des données obtenues au cours de cette étude doit se poursuivre afin de confirmer l'influence du biotype osseux sur la prédictibilité du résultat en régénération osseuse guidée vestibulaire, ou celle des comorbidités liées au patient.

Si notre analyse confirme la présence d'os vestibulaire dans 77,7 %, les 22,3 % des cas ayant perdu de l'os en vestibulaire mais ne présentant aucun signe clinique de mucite ou de péri-implantite amène à se poser la question de l'intérêt de la régénération osseuse vestibulaire. A ce titre, il serait intéressant de comparer ces résultats à des implants posés en situation osseuse limite mais sans régénération osseuse associée.

Vu par les directeur et co-directeur de thèse



Vu par le président du jury



# ANNEXE

Patient	Age	Implant	Site_dent	Site_arcade	Duree_1	Duree_2	Duree_3	Post-opt1	Post-op2	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
1	71	1	6	1	52.		441	0		3 420	8 20	14 20						
2	48	2	5	1	91.		453	0		3 10 30	9 60	10 20						
3	47	3	5	1	77		259	1		1 9 30	10 30	10 30	10 90	11 30	10 50			
4	48	4	6	2	95		511.	3		0 7 90	12 10	12 40				4 00	11 20	12 40
5	58	5	1	1	48.		481	0		3 4 80	9 70	12 90						
5	58	6	2	1	48.		481	0		3 7 80	9 30	11 30						
5	58	7	1	1	48.		481	0		3 8 80	11 10	13 40						
6	68	8	4	2	73.		454	0		3 8 50	8 60	8 40						
6	68	9	6	2	73.		454	0		3 4 00	6 50	9 30						
7	53	10	6	2	92.		202	3		3 6 30	10 10	11 40				8 00	10 20	11 10
8	64	11	6	2	88		140	1		3 2 50	13 60	11 20	4 80	10 80	11 30			
9	63	12	3	1	14		175	3		3.						7 30	9 60	11 90
9	63	13	4	1	14		175	3		3 3 40	5 50	4 90				5 90	10 90	12 80
9	63	14	5	1	14		175	3		3 1 60	5 50	9 00				6 60	12 30	16 50
9	63	15	5	2	14		175	3		3 5 20	6 10	9 10				4 50	7 20	9 10
9	63	16	6	2	14		175	3		3 3 90	9 50	10 70				5 40	10 90	13 10
10	43	17	5	2	10.		461	0		3 3 50	8 20	12 10						
10	43	18	6	2	10.		461	0		3 2 70	8 00	12 50						
11	69	19	6	1	175		336	3		3 12 30	14 70	19 70				13 30	14 70	17 00
11	69	20	4	1	175		336	3		3 7 50	8 80	10 90				9 20	9 10	8 50
11	69	21	3	1	175		336	3		3 10 60	8 60	10 10				10 50	8 30	10 20
11	69	22	2	1	175		336	3		3 6 10	6 10	8 80				10 20	9 20	11 40
11	69	23	2	1	175		336	3		3 4 50	6 80	10 00				10 30	8 70	9 40
11	69	24	3	1	175		336	3		3 7 70	8 50	10 70				12 20	10 40	9 30
11	69	25	4	1	175		336	3		3 10 50	8 70	12 00				13 30	12 40	12 90
11	69	26	6	1	175		336	3		3 4 90	10 90	14 30				9 00	14 00	23 60
12	38	27	3	1	221		101	3		3 8 50	11 90	15 20				10 00	11 60	14 40
12	38	28	3	1	221		101	3		3 8 10	10 30	11 10				9 90	10 50	13 40
13	67	29	3	2	190		199	3		3 10 60	8 50	9 00				8 50	9 20	8 40
13	67	30	2	2	190		199	3		3 7 20	8 60	8 80				7 60	9 30	10 60
13	67	31	2	2	190		199	3		3 8 80	7 30	8 60				7 00	9 30	12 10
13	67	32	3	2	190		199	0		3 9 70	7 90	8 40						
14	36	33	7	1	8		309	3		3 10 50	14 20	17 80				10 50	15 10	15 20
14	36	34	6	1	8		309	3		3 5 90	15 30	18 60				6 30	15 90	21 40
14	36	35	4	1	8		309	3		3 4 40	16 60	13 20				5 10	12 90	14 70
14	36	36	3	1	8		309	3		3 4 80	13 80	11 00				5 40	14 30	5 80
14	36	37	3	1	8		309	3		3 8 70	16 40	11 80				4 10	14 90	6 30
14	36	38	4	1	8		309	3		3 4 70	15 50	10 00				7 60	13 40	9 00
14	36	39	6	1	8		309	3		3 6 30	14 80	12 80				7 90	20 60	
14	36	40	7	1	8		309	3		3 5 60	13 50	18 60				7 50	14 50	18 10

# BIBLIOGRAPHIE

1. Tan WL, Wong TLT, Wong MCM, Lang NP. A systematic review of post-extraction alveolar hard and soft tissue dimensional changes in humans. *Clin Oral Implants Res.* Février 2012; 23:1-21.
2. Jepsen S, Schwarz F, Cordaro L, Derks J, Hämmerle CHF, Heitz-Mayfield LJ, et al. REGENERATION OF ALVEOLAR RIDGE DEFECTS. Consensus report of group 4 of the 15th European Workshop on Periodontology on Bone Regeneration. *J Clin Periodontol.* 30 avril 2019, jcpe.13121.
3. Wessing B, Lettner S, Zechner W. Guided Bone Regeneration with Collagen Membranes and Particulate Graft Materials: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants.* Janvier 2018;33(1):87-100.
4. Rocchietta I, Ferrantino L, Simion M. Vertical ridge augmentation in the esthetic zone. *Periodontol 2000.* Juin 2018;77(1):241-55.
5. Russell N, Rives A, Bertollo N, Pelletier MH, Walsh WR. The effect of sterilization on the dynamic mechanical properties of paired rabbit cortical bone. *J Biomech.* Juin 2013;46(10):1670-5.
6. Mitton D, Rappeneau J, Bardonnnet R. Effect of a supercritical CO2 based treatment on mechanical properties of human cancellous bone. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* Décembre 2005 ;15(4) :264-9.
7. Vastel L, Masse C, Mesnil P, Crozier E, Padilla F, Laugier P, et al. Comparative ultrasound evaluation of human trabecular bone graft properties after treatment with different sterilization procedures. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 7 janvier 2009;90B (1):430-7.
8. Jung RE, Fenner N, Hämmerle CHF, Zitzmann NU. Long-term outcome of implants placed with guided bone regeneration (GBR) using resorbable and non-resorbable membranes after 12-14 years. *Clin Oral Implants Res.* Octobre 2013;24(10):1065-73.
9. Naung NY, Shehata E, Van Sickels JE. Resorbable Versus Nonresorbable Membranes. *Dent Clin North Am.* Juillet 2019 ;63(3):419-31.
10. Meyer C, Camponovo T, Euvrard E, Chatelain B. Les membranes en chirurgie pré-implantaire. *Rev Stomatol Chir Maxillofac.* Septembre 2012;113(4):212-30.
11. Jankovic S, Aleksic Z, Milinkovic I, Dimitrijevic B. The coronally advanced flap in combination with Platelet-rich Fibrin and Enamel Matrix Derivative in the treatment of gingival recession: a comparative study. *The European*

Journal of Esthetic Dentistry, Volume 5, numéro 3. Octobre 2010.

12. Dohan S, Choukroun J, Dohan A, Donsimoni JM, Gabrieleff D, Fioretti F, et al. Platelet Rich Fibrin (PRF): un nouveau biomatériau de cicatrisation. *Implantodontie*. Avril 2004;13(2):87-97.

13. Al-Hamed FS, Mahri M, Al-Waeli H, Torres J, Badran Z, Tamimi F. Regenerative Effect of Platelet Concentrates in Oral and Craniofacial Regeneration. *Front Cardiovasc Med*. 3 septembre 2019 ;6 :126.

14. Prescription des antibiotiques en pratique bucco-dentaire, recommandations ANSM, septembre 2011.

15. Elshenawy H, Aly W, Salah N, Nasry S, Anter E, Ekram K. The Influence of Small, Midi, Medium and Large Fields of View on Accuracy of Linear Measurements in CBCT Imaging: Diagnostic Accuracy Study. *Open Access Maced J Med Sci*. 29 mars 2019;7(6):1037-41.

16. Kamburoğlu K, Murat S, Kılıç C, Yüksel S, Avsever H, Farman A, et al. Accuracy of CBCT images in the assessment of buccal marginal alveolar peri-implant defects: effect of field of view. *Dentomaxillofacial Radiol*. Mai 2014 ;43(4) :20130332.

17. Tomographie volumique à faisceau conique de la face (Cone Beam Computerized Tomography), Rapport d'évaluation technologique, HAS, Décembre 2009.

18. Li Y, Deng S, Mei L, Li J, Qi M, Su S, et al. Accuracy of alveolar bone height and thickness measurements in cone beam computed tomography: a systematic review and meta-analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. Mai 2019; S221244031930519X.

---

**STABILITE DE LA REGENERATION OSSEUSE GUIDEE VESTIBULAIRE  
PERI-IMPLANTAIRE : ETUDE RETROSPECTIVE.**

---

**RESUME EN FRANCAIS** : La stabilité de la régénération osseuse guidée vestibulaire est mal connue, notamment car son analyse a souvent été limitée à l'imagerie bidimensionnelle. L'objectif principal de cette étude a été d'analyser l'évolution de l'os vestibulaire péri-implantaire d'implants infra-crestaux à connectique conique interne, jusqu'à deux ans après l'intervention et grâce à un cone beam nouvelle génération. Nous avons noté une grande dispersion des valeurs dans notre échantillon. Cependant, nous avons observé que pour près de 80 % des implants, une épaisseur osseuse vestibulaire se situant au niveau ou au-dessus du col implantaire était présente au terme de l'étude. De plus, la moitié des implants présentant une résorption osseuse vestibulaire verticale, concerne des cas d'implants multiples. Dans les limites de notre étude, nous avons pu conclure que la régénération osseuse guidée vestibulaire est une technique prédictible d'augmentation du volume osseux péri-implantaire. Ce travail laisse également apparaître de nouvelles interrogations concernant le rôle du morphotype osseux dans le pronostic de cette technique d'augmentation osseuse.

---

**TITLE: STABILITY OF VESTIBULAR PERI-IMPLANT GUIDED BONE  
REGENERATION: A RETROSPECTIVE STUDY**

---

**DISCIPLINE** : Chirurgie Dentaire

---

**MOTS CLES** : régénération osseuse guidée, os allogénique, cone beam, stabilité, implant dentaire, cone morse

---

**INTITULE ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE :**

Université Toulouse III – Paul Sabatier  
Faculté de chirurgie dentaire 3 chemin des Maraîchers – 31 062 TOULOUSE Cedex

---

Directeur de thèse : Dr COURTOIS Bruno

Co-directeur de thèse : Dr L'HOMME Arnaud