



HAL
open science

Suivi à court terme après comblement alvéolaire post extractionnel au GTO-Osteobiol®

Eytan Trabelsi

► **To cite this version:**

Eytan Trabelsi. Suivi à court terme après comblement alvéolaire post extractionnel au GTO-Osteobiol®. Médecine humaine et pathologie. 2023. dumas-04598766

HAL Id: dumas-04598766

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04598766v1>

Submitted on 3 Jun 2024

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

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



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

THÈSE

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

Présentée et publiquement soutenue devant

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

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

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

**Suivi à court terme après comblement alvéolaire
post extractionnel au GTO-Osteobiol[®]**

Présentée par

TRABELSI Eytan

Né le 12 Mars 1997
À Marseille

Thèse soutenue le Jeudi 14 décembre 2023

Devant le jury composé de

Président : Professeur ESCLASSAN Rémi

Assesseurs : Docteur ROCHE-POGGI Philippe

Docteur RÉ Jean-Philippe

Docteur HAMMOUTENE Stéphane

Invité : Docteur DJIEN Jérémie

THÈSE

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

Présentée et publiquement soutenue devant

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

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

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

**Suivi à court terme après comblement alvéolaire
post extractionnel au GTO-Osteobiol[®]**

Présentée par

TRABELSI Eytan

Né le 12 Mars 1997
À Marseille

Thèse soutenue le Jeudi 14 décembre 2023

Devant le jury composé de

Président : Professeur ESCLASSAN Rémi

Assesseurs : Docteur ROCHE-POGGI Philippe

Docteur RÉ Jean-Philippe

Docteur HAMMOUTENE Stéphane

Invité : Docteur DJIEN Jérémie

ADMINISTRATION

Doyens Honoraires	Professeur	Raymond SANGIUOLO+
	Professeur	Henry ZATTARA
	Professeur	André SALVADORI
	Professeur	Jacques DEJOU
Directeur	Professeur	Bruno FOTI
Directeurs adjoints	Professeur	Michel RUQUET
	Professeur	Anne RASKIN
Chargés de missions		
Formation Initiale	Professeur	Michel RUQUET
Recherche	Professeur	Anne RASKIN
Formation Continue	Professeur	Frédéric BUKIET
Relations Internationales	Professeur	Hervé TASSERY
Internat et Diplômes d'études spécialisées	Professeur	Virginie MONNET-CORTI
Affaires générales	Docteur	Alain TOSELLO
Responsable Administrative	Madame	Katia LEONI

PROMOTIONS :

2019 Raymond SANGIUOLO
2020 Gaston BERGER
2021 Joseph MIGOZZI
2022 Jérôme GALLION
2023 Serge DIBART

LISTE DES ENSEIGNANTS

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS – PRATICIENS HOSPITALIERS

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

PROFESSEUR DES UNIVERSITÉS

ABOUT Imad (65)

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITÉS – PRATICIENS HOSPITALIERS

ABOUDHARAM Gérard (58-01)	JACQUOT Bruno (58-01)
ANTEZACK Angeline (57-01)	LABORDE Gilles (58-01)
BALLESTER Benoît (58-01)	LAN Romain (56-02)
BELLONI Didier (57-01)	LAURENT Michel (58-01)
BLANCHET Isabelle (56-01)	MENSE Chloé (58-01)
BOHAR Jacques (56-01)	NOIRRI-ESCLASSAN Emmanuelle (56-01)
CAMOIN Ariane (56-01)	POMMEL Ludovic (58-01)
CAMPANA Fabrice (57-01)	PRECKEL Bernard-Éric (58-01)
CASAZZA Estelle (58-01)	RÉ Jean-Philippe (58-01)
CATHERINE Jean-Hugues (57-01)	ROCHE-POGGI Philippe (57-01)
GAUBERT Jacques (56-01)	SILVESTRI Frédéric (58-01)
GIRAUD Thomas (58-01)	STEPHAN Grégory (58-01)
GIRAUDEAU Anne (58-01)	TOSELLO Alain (58-01)
GUIVARC'H Maud (58-01)	

PRATICIENS HOSPITALIERS UNIVERSITAIRES

MANSUY Charlotte (58-01)
PILLIOL Virginie (58-01)

CHEFS DE CLINIQUE DES UNIVERSITÉS - ASSISTANTS DES HÔPITAUX

BAUDINET Thomas (58-01)

BOREL Guillaume (56-02)

BRINCAT Arthur (57-01)

BROS Agnès (56-01)

CHAMAYOU Chloé (56-01)

CURIALE Léa (56-01)

DUPRAT Florence (56-01)

FERRE Enzo (58-01)

FOUQUES Agathe (56-01)

HAMMOUTENE Stéphane (57-01)

HOARAU Emilie (57-01)

LAFONT Jacinthe (57-01)

OHANESSIAN Romain (57-01)

ONGHENA Tom (56-01)

PASCHEL Laura (58-01)

PRINCE Fanny (58-01)

RANCHAIN Théo (57-01)

RAYNAUD Camille (58-01)

REYNAL Florence (56-01)

ROMAO Vincent (57-01)

ROUSCOFF Eva (56-01)

RUFAS Pierre (58-01)

RUIZ Pierre-Mathieu (58-01)

SADOWSKI Camille (57-01)

STALLA Martin (58-01)

TERRER Jérémy (58-01)

VIEILLARD Pierre (56-01)

CHEFFE DE CLINIQUE DES UNIVERSITÉS ASSOCIÉE

BROTONS Adèle (56-01)

Intitulés des sections CNU :

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

56-01 Odontologie pédiatrique et orthopédie dento-faciale

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

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

57-01 : Chirurgie orale – Parodontologie – Biologie orale

58^{ème} section : Réhabilitation orale

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

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

Au Président du jury, Monsieur le Professeur Rémi Esclassan,

Un grand merci d'avoir accepté la présidence de ce jury, c'est un grand honneur pour moi, je vous en suis très reconnaissant.

Je n'ai pas eu la chance d'avoir pu travailler avec vous, mais les quelques mots que nous avons pu échanger m'ont donné une image d'une personne très humaine et avec un très grand savoir. Veuillez accepter mes plus sincères remerciements, et trouver dans ce travail ma plus sincère affection.

Au Directeur de thèse, Monsieur le Docteur Philippe Roche-Poggi,

Je vous suis extrêmement reconnaissant et honoré d'avoir accepté de diriger ma thèse.

Dès mon entrée en clinique j'ai eu la chance de souvent vous observer travailler.

Tous ces vendredis au bloc avec vous qui nous expliquiez à chaque étape ce que vous faisiez et pourquoi vous le faisiez.

Merci pour votre savoir, vos enseignements, votre pédagogie, votre professionnalisme et surtout votre sens de l'humour.

J'espère que vous trouverez dans ce travail l'expression d'une grande estime et de ma profonde gratitude.

Monsieur le Docteur Jean-Philippe Ré,

J'ai eu la chance de passer 3 ans en UE libre avec vous, de la Bioméca à l'occluso, nous avons passé de superbes moments, des discussions toujours super intéressantes qu'elles aient été ou non en lien avec la dentisterie.

Vous m'avez énormément appris que ce soit dans le domaine de la médecine dentaire ou bien dans la façon plus générale d'approcher le patient mais également dans la vie de tous les jours. Vos conseils m'ont été et sont toujours très précieux.

J'ai la chance de pouvoir aujourd'hui encore échanger avec vous concernant certains de mes patients.

Je vous remercie infiniment pour tout ce que vous m'avez apporté et que vous m'apportez encore aujourd'hui.

Monsieur le Docteur Stéphane Hammoutene

Mon cher Stéphane, tu es devenu un ami avec qui j'ai plaisir à travailler. J'ai la chance de t'avoir comme correspondant, tu es toujours partant pour tout même si c'est parfois assez audacieux. J'ai énormément appris à tes côtés, je me rappelle encore cette biopsie de l'artère temporale chez ce gentil monsieur...

Merci d'avoir accepté de faire partie de ce jury.

Monsieur le Docteur Jérémie Djien

Jérémy, merci pour ta présence dans ce jury.

C'est un réel plaisir de te présenter ce travail.

Sommaire

INTRODUCTION	1
I. RAPPELS HISTOLOGIQUES	2
1. Structure de l'os alvéolaire.....	2
2. Mécanismes déterminants la perte du volume osseux	5
II. CICATRISATION OSSEUSE SPONTANÉE VS GUIDÉE.....	6
1. Cicatrisation osseuse physiologique post extractionnelle.....	6
1.1 Les 5 étapes de la cicatrisation.....	6
1.1.1. Formation du caillot sanguin	6
1.1.2. Inflammation	6
1.1.3. Prolifération	7
1.1.4. Début de la calcification.....	7
1.1.5. Fermeture épithéliale complète et remodelage osseux	7
1.2. Le remaniement osseux	7
1.2.1 Séquence ARIF.....	8
1.2.2. Revues de la littérature.....	9
1.2.2.1. Wah Lay Tan, Terry L. T. Wong, May C. M, Wong, Niklaus P. Lang, Decembre 2011.....	9
1.2.2.2. Schropp et al. Septembre 2003	9
2. Techniques actuelles de préservation alvéolaire post-extractionnelles.....	10
2.1 Les différents types de substituts osseux.....	10
2.1.1 Autogreffe.....	11
2.1.2 Allogreffe	11
2.1.3 Xéno greffe	11
2.1.4 Greffe alloplastique.....	11
2.1.5 Études cliniques.....	12
2.2 Application des membranes dans la régénération osseuse guidée	13
2.2.1 Propriétés mécaniques des membranes	14
2.2.2 Propriétés biologiques des membranes	14
2.2.3 Exigence chirurgicale	14
2.3 Le PRF.....	15
2.3.1 Préparation et production.....	15
2.3.2 Étude de Marelli et Al.....	16
III. LE GTO OSTEObIOL®	18
Introduction.....	18
1. Composition et Propriétés d'Osteobiol GTO®	18
1.1 Composition	18
1.2 Propriétés.....	19
2. Applications et avantages comparatifs.....	19
2.1 Applications Cliniques	19
2.2 Avantages Comparatifs	19
3. Exemples	20
3.1 Cas n°1 : Augmentation horizontale (Dr Roberto Rossi)	20
3.2 Cas n°2 : Sinus Lift (Dr Palacci Patrick)	21
IV. ÉTUDE RÉTROSPECTIVE	22
1. Contexte.....	22
2. Titre de l'étude.....	22
3. Nature de l'étude	22
4. Objectifs	22
4.1 Objectif principal	22
4.2 Objectifs secondaires	22

5. Matériels et méthode	23
5.1 Design et justification	23
5.2 Population	23
5.2.1 Critères d'inclusion	23
5.2.2 Critères de non inclusion	23
5.2.3 Critères d'exclusion	23
6. Mesures et données recueillies	23
6.1. Critère principal d'évaluation	23
6.2. Critères de jugements secondaires	25
6.3. Effectif prévu et justification	26
6.4. Procédure	26
6.4.1 Consultation pré-opératoire.....	26
6.4.2 Chirurgie	26
6.4.3 Soins post-opératoires	26
6.4.4 Suivi à 15 jours	26
6.4.5 Évaluation pré-implantaire à 3 mois.....	26
6.4.6 Pose de l'implant.....	27
6.4.7 Suivi à 15j post implantation.....	27
6.4.8 Évaluation à 3 mois après la chirurgie implantaire	27
6.4.9 Contrôle à 12 mois	27
7. Gestion des données et plan d'analyse	27
7.1 Administration des données	27
7.2 Analyses.....	27
7.2.1 Assurance qualité de la base de données.....	27
7.2.2 Principes généraux pour l'analyse.....	27
8. Impacts et innovations.....	27
9. Résultats.....	28
9.1 Cas clinique n°1	28
9.2 Cas clinique 2: (répondant aux critères d'inclusion de l'étude)	33
9.3 Cas clinique 3.....	37
10. Discussion.....	44
CONCLUSION	45
BIBLIOGRAPHIE.....	I

INTRODUCTION

L'os alvéolaire naît, vit et meurt avec sa dent.

Ceci résulte de phénomènes physiologiques qui sont alors perturbés lors de la perte d'une dent.

En effet, en temps normal un équilibre entre ostéolyse et ostéoformation a lieu.

Or, lorsqu'une dent est perdue, cette harmonie est perdue ce qui provoque des modifications importantes au sein même de l'alvéole provoquant ainsi une compensation incomplète de la perte osseuse par les ostéoblastes et faisant pencher la balance vers l'ostéolyse.

Cette ostéolyse va se faire dans le sens vestibulo-palatin/lingual.

Donc, lorsqu'une dent doit-être extraite, tout le challenge va être de conserver au maximum cet os dans le but d'une implantation future.

En effet, pour la mise en place d'un implant, un espace minimum est nécessaire que ce soit dans le sens vertical comme dans le sens horizontal.

Pour se faire, il existe plusieurs techniques de préservation alvéolaire (ARP).

La mise en place d'un substitut osseux dans une alvéole en post extractionnel permet de limiter significativement cette ostéolyse.

De nombreux protocoles ont été proposés mais tous dans les mêmes objectifs :

Dans un premier temps, stabiliser le caillot sanguin.

Puis, limiter au maximum la migration et la prolifération de cellules de la fibromuqueuse gingivale qui se feraient au détriment de la migration et de la prolifération des cellules osseuses.

Enfin, de limiter la résorption des parois osseuses restantes et de stimuler la formation d'un néo tissu osseux.

Cette thèse poursuit les travaux déjà engagés par le Dr DEMES et le Dr Amouyal sur l'utilisation du GTO[®] Osteobiol commercialisé par la société Technoss.

I. RAPPELS HISTOLOGIQUES

1. Structure de l'os alvéolaire

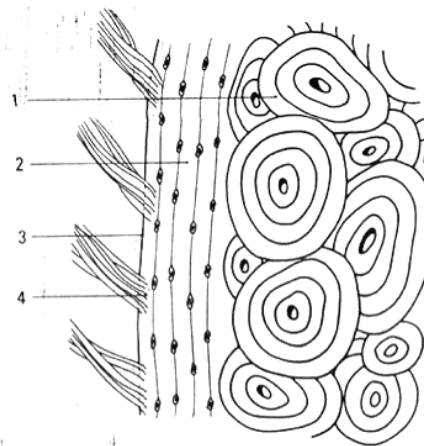
L'os alvéolaire est constitué d'un os cortical (ou os compact) qui limite son volume externe et d'un os spongieux moins dense se situant dans ce volume, et il est en continuité avec l'os basal (1). La corticale externe, recouverte de la gencive adhérente, est plus fine au maxillaire qu'à la mandibule et plus épaisse en linguale qu'en vestibulaire (2). Elle est formée de systèmes lamellaires et de systèmes de Havers.

Les septums inter-dentaires et inter-radiculaires délimitent les alvéoles des dents et sont composés d'os spongieux traversé par les canaux de Zuckerkandl et Hirschfeld (2). La corticale externe est recouverte d'une enveloppe fibreuse et adhérente appelée périoste, qui est constituée de plusieurs couches (1).



Schéma de la corticale de l'os alvéolaire (os compact).

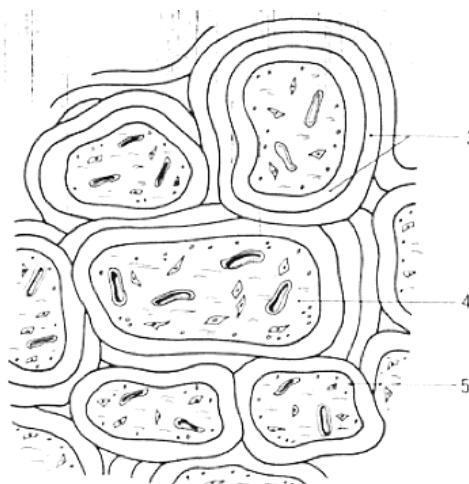
- 1 : Remaniements haversiens
- 2 : Os lamellaire
- 3 : Périoste
- 4 : Insertion des fibres de Sharpey qui assurent l'adhésion de la gencive sur la corticale.



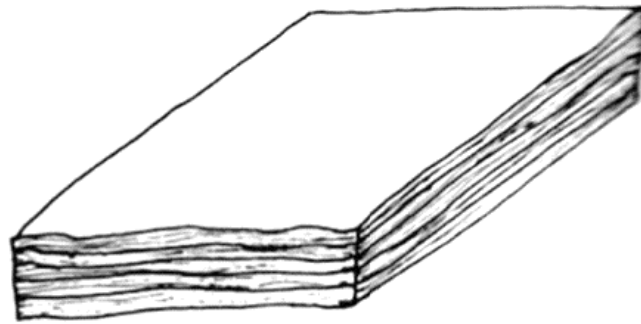
(56)

Schéma de l'os trabéculé.

- 3 : Trabéculations osseuses
- 4 : Espace conjonctivo-vasculaire
- 5 : Endoste.

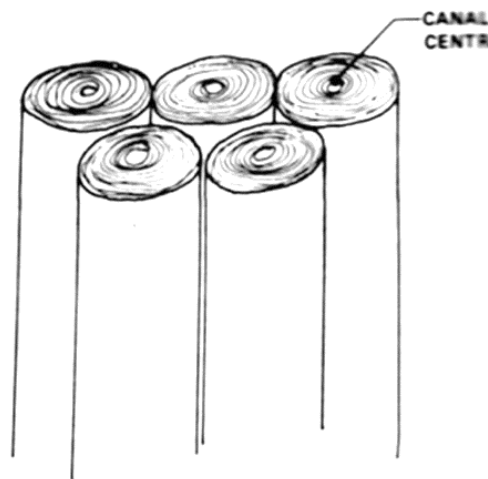


(56)



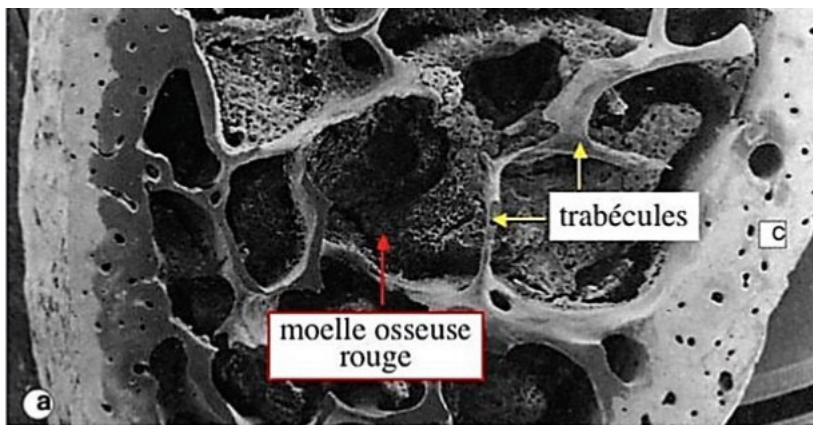
OS LAMELLAIRE

(56)



SYSTÈME DE HAVERS

(56)



↑ **Os Spongieux** ↑
 os compact os trabéculaire os compact (56)

Figure 1 : structure de l'os alvéolaire

Le tissu osseux se compose de deux types d'os : l'os compact et l'os spongieux. L'os compact est constitué de lamelles organisées de façon circulaire autour d'un canal central, appelé canal de Havers (3). L'os spongieux est composé d'un réseau irrégulier de structures osseuses trabéculaires. Les cellules ostéoprogénitrices dérivent des cellules mésenchymateuses primitives et forment une population de cellules souches qui peuvent se différencier en ostéoblastes et en ostéocytes (4).

La matrice osseuse est composée à 90% de collagène de type I.

Ce type de collagène représente plus de la moitié du collagène de l'ensemble de l'organisme. En tant que protéine prédominante du corps humain et animal, il adopte une structure de microfibrilles dans la matrice osseuse, caractérisée par une striation périodique régulière de 67 nanomètres, observable en microscopie électronique à transmission.

Les ostéoblastes produisent des précurseurs de cette protéine sous forme de pro-collagène, qui, dans les tissus osseux et autres, subissent une synthèse moléculaire, où les pro-peptides C-terminaux (PICP) et N-terminaux (PINP) sont clivés extracellulairement pour permettre l'assemblage des molécules de collagène. Ces pro-peptides peuvent être quantifiés pour évaluer l'activité des ostéoblastes, bien que cela reflète également l'ensemble de la synthèse collagénique de l'organisme.

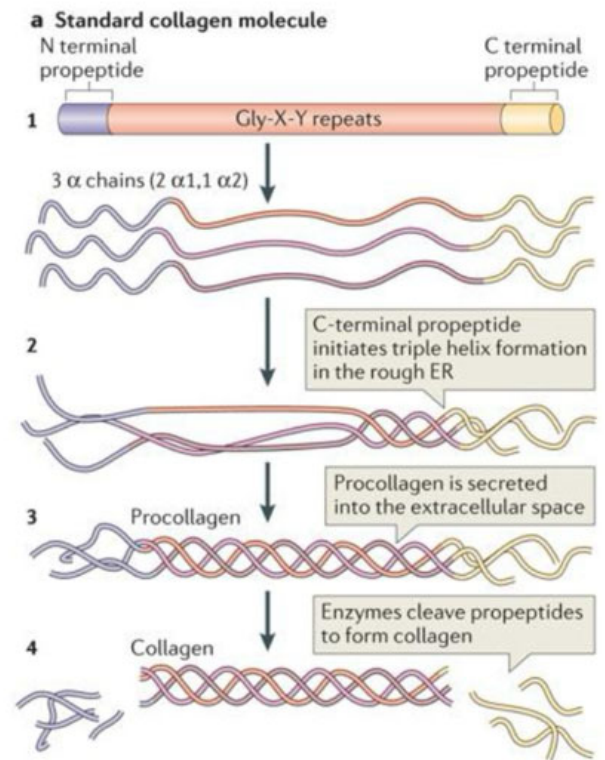


Figure 2 : étapes de synthèse du collagène

La molécule de collagène de type I présente une structure allongée de 250 à 300 nanomètres de long et 2 à 3 nanomètres d'épaisseur, avec des extrémités globuleuses. Composée de trois chaînes peptidiques Alpha de type I, soit deux chaînes Alpha1 identiques et une chaîne Alpha2, ces chaînes sont orientées dans la même direction, formant une triple hélice au centre de la molécule. Les extrémités N et C terminales sont situées du même côté de la molécule, tandis que les télépeptides N et C terminaux aux extrémités non hélicoïdales servent de marqueurs du métabolisme du collagène.

Les chaînes Alpha, riches en glycine, présentent toutes les trois acides aminés en triple hélice. La proline, l'hydroxyproline, la lysine et l'hydroxylysine sont des acides aminés caractéristiques du collagène de type I. Des liaisons hydrogènes et covalentes (crosslinks) maintiennent l'organisation en triple hélice des chaînes Alpha au sein de la molécule.

La polymérisation des molécules de collagène extracellulaire en microfibrilles est favorisée par l'établissement de crosslinks, induisant un espacement régulier des molécules et la striation périodique des microfibrilles. Ces crosslinks, résistants à l'hydrolyse par les ostéoclastes, peuvent être dosés pour évaluer l'activité de résorption osseuse. Le dosage des télépeptides N et C terminaux (NTX et CTX) permet également de suivre la résorption ostéoclastique, pouvant être mesuré dans le sang. Dans la matrice osseuse, des traces d'autres types de collagènes, tels que le type III, V et X, sont présentes et pourraient jouer un rôle organisateur dans la disposition fibrillaire du collagène de type I. (76)

2. Mécanismes déterminants la perte du volume osseux

Plusieurs facteurs entrent en jeu dans le maintien ou non et la perte du volume osseux. Nous nous intéresserons ici aux facteurs d'origines locales. La position de la dent sur l'arcade dentaire peut entraîner une résorption plus ou moins importante de l'os alvéolaire (7). La lyse de l'os alvéolaire est un effet suivant de tout traumatisme, qu'il soit aigu (par exemple, une extraction ou un traumatisme) ou chronique (parodontite, granulome ou kyste) (8). En outre, l'involution alvéolaire après une extraction dentaire peut également être causée par une diminution des contraintes mécaniques sur l'os (9).

Dans la maladie parodontale, la perte osseuse qui conduit à la perte de la dent résulte d'une réaction inflammatoire provoquée par les endotoxines bactériennes (5). Durant la phase de résorption, on constate une augmentation des lacunes de Howship sans ostéoclaste au niveau des parois alvéolaires et de l'endoste (10). En définitive, les bactéries de la plaque dentaire responsables des maladies parodontales provoquent une baisse de l'apposition osseuse et une augmentation de la résorption (11).

En outre, il existe localement également des facteurs traumatiques et infectieux.

La lyse de l'os alvéolaire est un effet suivant de tout traumatisme, qu'il soit aigu (par exemple, une extraction ou un traumatisme) ou chronique (parodontite, granulome ou kyste) (12). Comme expliqué précédemment, la morphologie externe de l'os est principalement déterminée par le périoste, qui continue de s'apposer tout au long de la vie (13). Cependant, après une extraction dentaire, cette balance devient négative, entraînant une résorption de l'os alvéolaire (14). La perte de signalisation périostée explique cette résorption (15).

En outre, l'involution alvéolaire après une extraction dentaire peut également être causée par une diminution des contraintes mécaniques sur l'os (9). Les ostéocytes, capteurs mécaniques, sont responsables du remodelage osseux en réponse à une stimulation mécanique (16). De même, une infection d'une alvéole en cours de cicatrisation peut entraîner une résorption supplémentaire due à l'infection (17).

Enfin, dans la maladie parodontale, la perte osseuse qui conduit à la perte de la dent résulte d'une réaction inflammatoire provoquée par les endotoxines bactériennes (5). Ce processus provoque un déséquilibre dans le renouvellement osseux (18). La surface de résorption au niveau des parois alvéolaires demeure inchangée au début (19). Pendant la phase d'apposition, il y a une réduction de la quantité de tissu ostéoïde sécrétée au niveau de l'endoste et des parois alvéolaires (20).

II. CICATRISATION OSSEUSE SPONTANÉE VS GUIDÉE

1. Cicatrisation osseuse physiologique post extractionnelle

Après avoir décrit tout cela, nous allons maintenant nous intéresser à la cicatrisation osseuse physiologique dans le cas de l'avulsion dentaire. Elle compte 5 étapes :

- Formation du caillot sanguin
- Inflammation
- Prolifération
- Début calcification
- Fermeture épithéliale complète et remodelage osseux.

1.1 Les 5 étapes de la cicatrisation

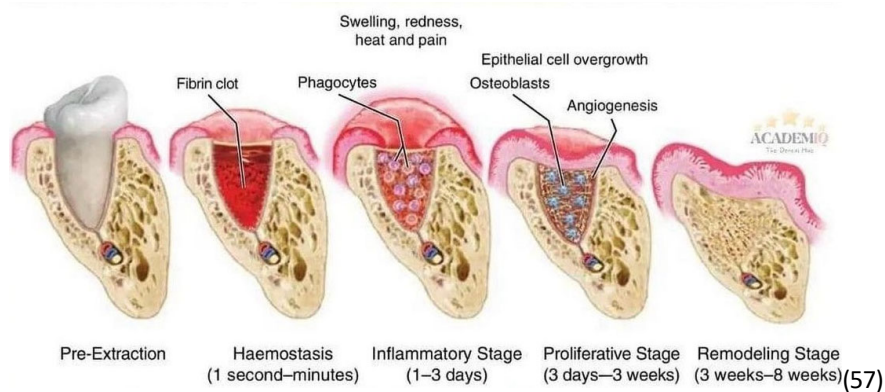


Figure 3 : les 5 étapes de la cicatrisation

1.1.1. Formation du caillot sanguin

L'extraction dentaire constitue un traumatisme provoquant non seulement une perturbation de l'intégrité cellulaire, mais également une hypoxie cellulaire locale résultant de l'interruption des apports métaboliques aux diverses cellules impliquées (21). Cette hypoxie cellulaire induit la libération d'enzymes, entraînant une augmentation du pH local et conduisant potentiellement à l'apoptose cellulaire (22).

Parallèlement, l'altération vasculaire attire divers types de cellules sanguines, tels que les plaquettes, les érythrocytes et les leucocytes, qui libèrent des cytokines et des facteurs de croissance (23). Il en résulte la formation d'un caillot, composé principalement de plaquettes, d'un réseau de fibrine, d'érythrocytes, de leucocytes et d'éléments cellulaires avasculaires (24).

L'établissement de ce caillot représente la première phase du processus de cicatrisation (25).

1.1.2. Inflammation

La phase suivante du processus de cicatrisation débute approximativement au troisième jour post-extraction et se caractérise initialement par l'émergence d'un tissu de granulation hautement vascularisé, composé de cellules endothéliales et de néovaisseaux (26). Ultérieurement, cette étape est marquée par la lyse du caillot sanguin préexistant. Les cytokines présentes dans le caillot favorisent la néovascularisation en recrutant et en stimulant la prolifération de cellules précurseurs endothéliales circulantes (27).

1.1.3. Prolifération

La troisième phase de cicatrisation implique la substitution progressive du tissu de granulation par une matrice extracellulaire provisoire ou tissu cicatriciel, observable au-delà du septième jour post-extraction (28). Le nombre de fibres desmodontales résiduelles diminue significativement, et les fibres apparaissent davantage allongées, s'intégrant dans le tissu cicatriciel (29).

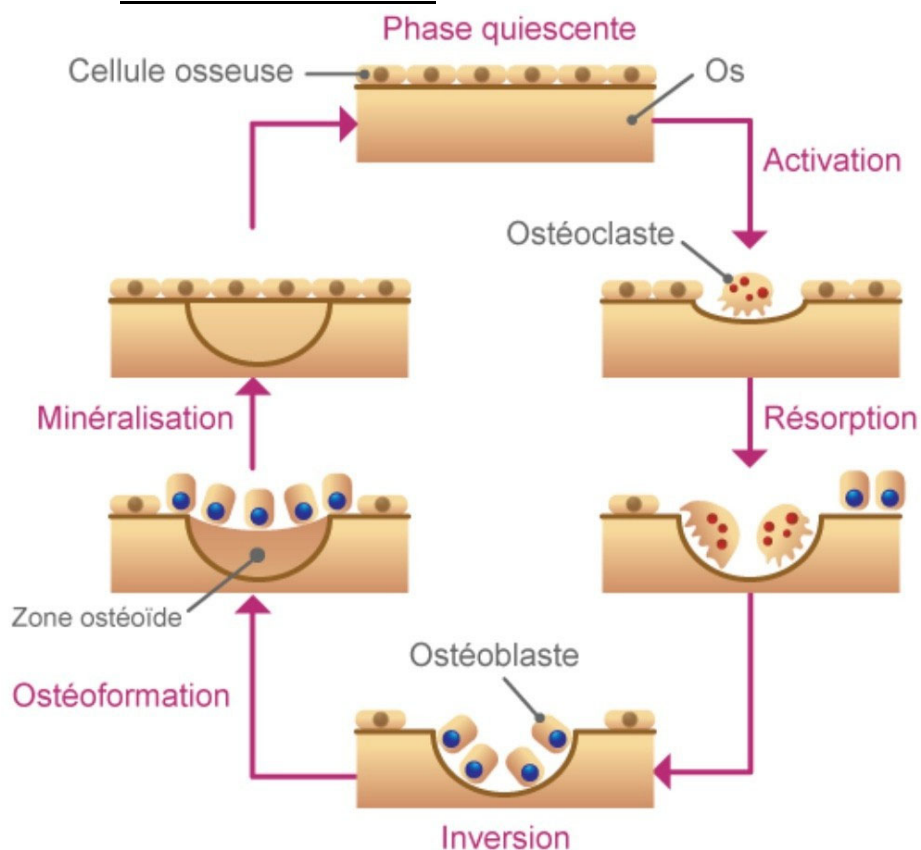
1.1.4. Début de la calcification

Au cours de la quatrième phase, des calcifications du tissu ostéoïde sont observables au fond et sur les bords de l'alvéole (30). Néanmoins, la présence de tissu ostéoïde est déjà détectable entre le septième et le dixième jour après l'extraction (31). La minéralisation du tissu ostéoïde conduit à la formation d'un tissu osseux immature non fonctionnel, dépourvu d'architecture trabéculaire (32).

1.1.5. Fermeture épithéliale complète et remodelage osseux

La cinquième phase de cicatrisation correspond à la fermeture épithéliale complète de l'alvéole, achevée entre le 24ème et le 35ème jour (33). À ce stade, l'os spongieux immature remplit la cavité alvéolaire et représente 88% du tissu présent dans l'alvéole au jour 30 (34). Une activité ostéoclastique est constatée, marquant le début du remodelage pour former un nouvel os (35).

1.2. Le remaniement osseux



(58)

Figure 4 : remaniement osseux

Le remodelage osseux a été initialement décrit en 1964 par Frost, introduisant la séquence ARF pour Activation, Résorption et Formation. Par la suite, en 1977, Baron a élaboré en ajoutant une phase d'inversion, formant la séquence ARIF (36). Ces différentes phases sont présentes dans tous les os du corps humain, y compris l'os alvéolaire (37).

1.2.1 Séquence ARIF

- Activation :

Cette phase initiale est marquée par la reconnaissance d'un stimulus pour le réarrangement osseux. Ces stimuli peuvent avoir des origines diverses, incluant des variations hormonales ou des sollicitations mécaniques directes (38).

- Résorption :

Suite à des signaux émis par des entités comme les ostéocytes ou des hormones, cette phase est marquée par la production de chémokines et molécules qui contribuent à la différenciation des ostéoclastes (39). Les ostéoclastes jouent un rôle primordial dans la décomposition de l'os minéralisé.

L'étude de la résorption alvéolaire verticale révèle, après 6 mois de cicatrisation, une diminution osseuse de $1,24 \pm 0,11$ mm côté vestibulaire, $0,84 \pm 0,62$ mm côté mésial et $0,80 \pm 0,71$ mm côté distal. La proportion de résorption verticale oscille entre 11% et 22% à 6 mois. Les variations de résorption entre les régions vestibulo-linguales et mésio-distales peuvent s'expliquer par la présence ou l'absence de dents adjacentes. Les zones mésio-linguales sont en général plus stables en

- Inversion :

Avant la phase d'apposition, un lissage de la surface osseuse est nécessaire, ce qui est assuré par les cellules d'inversion (40).

- Formation :

Les cellules ostéoprogénitrices arrivent sur le site de remodelage. Une fois la phase d'inversion passée, ces cellules se transforment en ostéoblastes qui sont responsables de la sécrétion du tissu ostéoïde non minéralisé (41).

Il est important de noter le comportement de l'os alvéolaire lorsqu'aucune technique de conservation n'est utilisée, conduisant à une cicatrisation spontanée. L'os alvéolaire, dépendant de la présence des dents, a tendance à régresser avec le temps en l'absence de dents. Que ce soit à cause de traumatismes aigus ou chroniques, cela peut entraîner un remodelage osseux (42).

Quand on évalue les conséquences d'une extraction dentaire, le volume osseux est un facteur crucial à considérer. Plusieurs études, sur des modèles animaux ou humains, ont documenté les changements dimensionnels de l'os et des tissus mous post-extraction (43).

1.2.2. Revues de la littérature

De nombreux articles ont traité ce sujet, nous avons retenu les plus pertinents qui ont étudié l'évolution de ce remaniement osseux.

1.2.2.1 Wah Lay Tan, Terry L. T. Wong, May C. M. Wong, Niklaus P. Lang, Decembre 2011

Tout d'abord, Wah Lay Tan (63) et son équipe ont réalisé une revue systématique de 104 articles portant sur les remaniements osseux post extractionnels.

Leur conclusion met en évidence que la résorption alvéolaire post extractionnelle provoque une diminution de la substance osseuse, pouvant atteindre jusqu'à 63% en termes horizontaux. Cette résorption est plus accentuée au niveau coronaire qu'apical. La résorption verticale est également plus marquée au centre de l'alvéole qu'en ses parties distale et mésiale, dépendant du niveau osseux des dents adjacentes.

La majorité des modifications dimensionnelles osseuses surviennent durant les trois premiers mois, avec des remodelages plus subtils entre 6 et 12 mois. La résorption osseuse est davantage prononcée en région vestibulaire qu'en lingual, et à la mandibule plutôt qu'au maxillaire, ce qui est contrebalancé par un gain de tissus mous en hauteur plutôt qu'en épaisseur.

En ce qui concerne la résorption alvéolaire horizontale, elle varie entre 2,46 et 4,56 mm, avec une diminution osseuse moyenne de 3,79 mm après 6 mois. La résorption est plus prononcée au niveau de la crête qu'à l'apex. Le taux de résorption horizontale atteint 32% à 3 mois et se situe entre 29% et 63% à 6-7 mois.

1.2.2.2. Schropp et al. Septembre 2003

L'étude de Schropp et son équipe (64) a elle portée sur 46 patients nécessitant l'extraction d'une molaire ou prémolaire. Des évaluations cliniques et radiologiques ont été réalisées après l'extraction et jusqu'à 12 mois. Les variations dimensionnelles du site d'extraction et l'évolution de l'os alvéolaire autour des dents adjacentes ont été examinées en utilisant des empreintes en silicone et des radiographies puis les résultats ont été comparés.

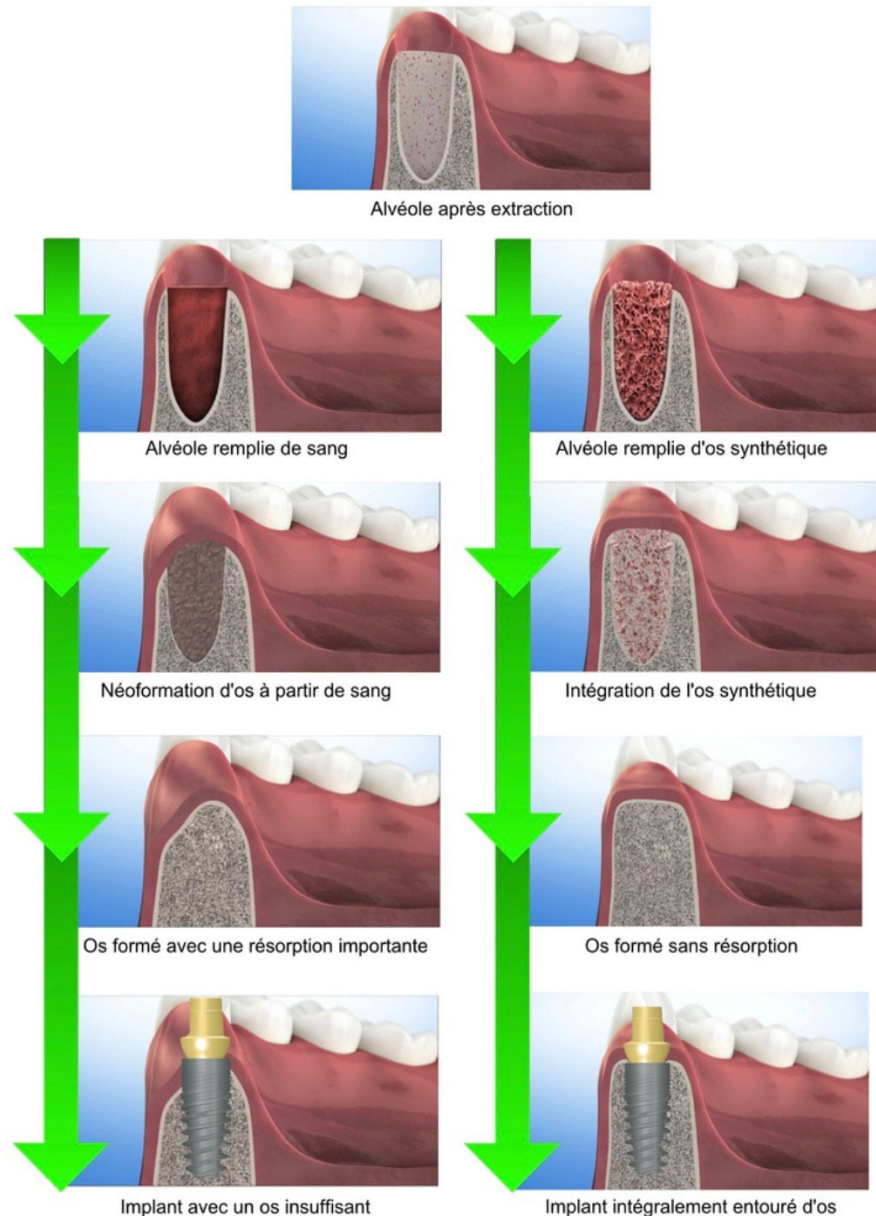
Il s'en suit que la plupart des modifications se produisent au cours des 12 premiers mois, avec une résorption horizontale de 50% et une résorption verticale de 1 mm. Les tissus mous présentent également des variations de 1 mm, avec un gain de hauteur vestibulaire et une perte de hauteur linguale/palatine. Pour les dents adjacentes, on observe une résorption osseuse verticale de 0,1 mm et un gain d'attache de 0,3 mm. La formation osseuse n'atteint jamais le niveau des dents adjacentes, ce qui influence la cicatrisation osseuse mésiale et distale de l'alvéole. Les modifications les plus importantes de l'alvéole se produisent pendant les trois premiers mois, suivies d'une formation osseuse continue et de remodelage entre le 6ème et le 12^{ème} mois.

Il est crucial d'appréhender ces pertes de substance après extraction pour anticiper les résultats de cicatrisation et envisager des techniques de préservation ou d'augmentation si cela s'avère nécessaire.

Face à ces résorptions physiologiques et dans un but de réhabilitation prothétique, il semble aujourd'hui possible de réduire voire stopper ce phénomène.

2. Techniques actuelles de préservation alvéolaire post-extractionnelles

Il existe différentes techniques utilisant différents types de biomatériaux permettant de combler les alvéoles post extractionnelles afin de limiter la résorption osseuse : la greffe autogène, l'allogreffe, la xéno greffe et la greffe alloplastique.



(59)

Figure 5 : préservation alvéolaire post-extractionnelle

2.1 Les différents types de substituts osseux

Tous les substituts osseux doivent répondre à un cahier des charges afin d'être utilisés en pratique clinique et ce tant dans le plan biologique que mécanique.

Sur le plan biologique, ils doivent être biocompatible et ne doivent pas présenter de toxicité, ils doivent être ostéoinducteurs et/ou ostéoconducteurs.

Mécaniquement, ils doivent avoir une certaine malléabilité pour assurer une mise en œuvre aisée adaptée à chaque situation, ils doivent être résorbable pour laisser place à un tissu osseux néo-formé et ils doivent avoir une certaine stabilité dimensionnelle.

2.1.1 Autogreffe

Les autogreffes, considérées longtemps comme la référence en chirurgie orale, sont des matériaux de greffe uniques provenant de l'os du patient lui-même (44). Elles comprennent une structure composite, à la fois organique et minérale, leur conférant des propriétés ostéoconductrices et ostéoinductrices (44).

L'ostéogénèse est la création d'os par les cellules ostéogéniques (45). Les protéines morphogénétiques osseuses (BMPs) sont particulièrement intéressantes pour la recherche en raison de leur impact sur la formation osseuse (45). L'ostéoconduction est la propriété d'un matériau qui lui permet de guider les cellules osseuses et vasculaires du tissu osseux adjacent vers le site de greffe (45).

Le rapport entre l'os cortical et l'os spongieux joue un rôle majeur dans la vascularisation (44) : des greffes d'os cortical dense peuvent entraver la revascularisation par rapport aux greffes d'os spongieux. Le principal avantage de l'autogreffe osseuse est son absence de risque de réaction immunitaire. Cependant, bien que l'os soit prélevé sur des tissus vivants contenant des cellules osseuses, la majorité d'entre elles perdent leur potentiel ostéogénique par apoptose.

De plus, la durée plus longue de l'intervention chirurgicale et les morbidités liées au second site de prélèvement sont des inconvénients significatifs de l'autogreffe osseuse.

2.1.2 Allogreffe

L'os allogénique est un matériel de greffe provenant d'un individu distinct, qui est traité et conditionné pour être implanté dans un autre individu de la même espèce (46). Il est obtenu à partir de prélèvements osseux de têtes fémorales sur donneurs vivants ou décédés lors de l'implantation de prothèses orthopédiques. Ce type de greffe subit un processus d'élimination de la moelle osseuse, suivi d'une congélation et d'une lyophilisation qui servent à éradiquer les agents infectieux, détruire les cellules et minimiser l'antigénicité de la greffe.

2.1.3 Xéno greffe

L'os xénogénique provient d'espèces distinctes de celle du receveur (46). Les sources potentielles incluent le bœuf, le porc, le mouton et le cheval, bien que l'os bovin soit le plus couramment utilisé en chirurgie dentaire. Ces greffes sont composées d'une trame minérale, dont la matrice organique et les cellules ont été éliminées par des traitements physiques (thermiques) et chimiques.

2.1.4 Greffe alloplastique

Enfin, l'os alloplastique est un os synthétique (47). Les plus couramment utilisés sont constitués de phosphate de calcium, comme les hydroxyapatites résorbables ou non, et les bioverres. Ces substituts présentent un risque de contamination considéré comme nul, étant donné qu'ils ne proviennent pas d'un autre organisme. Ces matériaux biocompatibles ont la capacité de se lier à l'os et de servir de substrat pour la croissance osseuse, ils sont donc ostéoconducteurs mais ne présentent pas de propriétés ostéoinductrices.

Matériaux		Contenu	Ostéoinducteur	Ostéoconducteur
Os autogène		Matrice osseuse Cellules ostéogéniques Facteurs de croissance	+	+
Substituts osseux	Allogreffe	Matrice osseuse déspécifiée Absences de cellules	-	+
	Xéno greffe	Matrice inorganique Minéralisée déspecifiée Absence de cellules Absence de facteurs de croissance	-	+
	Matériaux synthétiques	Absence de cellules Absence de facteurs de croissance	-	+

(60)

Figure 6 : Tableau - Classification des matériaux utilisés pour les greffes osseuses implantaires

2.1.5 Études cliniques

De nombreuses recherches cliniques et revues systématiques ont été menées pour évaluer l'efficacité des méthodes de maintien du volume osseux. Voici quelques illustrations :

L'étude de Cardaropoli et al. (65) s'est intéressée à la préservation du volume osseux post-extraction chez 10 patients nécessitant l'extraction d'une dent. Les dents ont été extraites de manière atraumatique, les alvéoles comblées avec un substitut xénogénique (Osteobiol GenOs®, Tecnos) et recouvertes par une membrane collagénique. Des mesures de la largeur de la crête alvéolaire ont été prises avant et quatre mois après l'extraction, avec des prélèvements pour études histologiques.

Initialement, l'épaisseur alvéolaire moyenne était de $11,8 \pm 1,53$ mm. À 4 mois, une résorption d'environ 15% du volume initial a été observée, avec une épaisseur de crête de $9,95 \pm 2,31$ mm, soit une résorption moyenne de 1,85 mm. Les granules d'Osteobiol GenOs étaient identifiables dans les prélèvements, intégrés et interconnectés au sein de l'os spongieux. De l'os nouvellement formé sous forme d'os fibreux réticulé et d'os lamellaire plus mature a été retrouvé dans tous les sites. La proportion de particules résiduelles correspondait à $24,5\% \pm 11,65\%$. La différence de l'épaisseur de la crête entre les mesures initiales et finales n'était pas statistiquement significative.

Bien que les conclusions de cette étude soient limitées par la petite taille de l'échantillon, les résultats suggèrent positivement l'emploi de matériaux de comblement pour réduire la résorption osseuse après extraction.

L'étude menée par Cardaropoli a comparé trois approches post-extraction : la cicatrisation naturelle, l'utilisation d'une éponge de collagène et l'application de BioOss Collagen®. Les résultats

montrent une préservation plus importante de la hauteur alvéolaire lors de l'emploi de BioOss Collagen® comparativement à la cicatrisation naturelle ou à l'éponge de collagène. Cependant, le taux d'os nouvellement formé à quatre mois était plus élevé avec l'éponge de collagène.

De son côté, Fickl et al. (66-67) ont démontré, via un modèle animal, des différences notables entre la cicatrisation naturelle et l'utilisation de BioOss Collagen®. Selon eux, le BioOss Collagen® pourrait servir à limiter la résorption alvéolaire après extraction, sans toutefois l'éviter complètement.

Botticelli et al. (68) ont quant à eux examiné la capacité des membranes BioGide® et du BioOss® à réparer les petits défauts osseux lors de l'installation d'implants. Ils n'ont pas noté de différence notable entre les alvéoles traitées avec ou sans BioOss® en termes de quantité d'os formé, de contact os/implant ou de type d'os formé.

Dans une étude de 2010, Oghli et Steveling (69) ont comparé trois méthodes de cicatrisation post-extractionnelle : la cicatrisation naturelle, l'utilisation d'une éponge de collagène et l'application d'une matrice collagénique imprégnée de Gentamicine (GentaColl®). Ils n'ont pas observé de différences significatives entre les groupes pour la résorption horizontale alvéolaire à 3 mois, bien qu'il existait une différence presque significative entre le groupe de cicatrisation naturelle et celui utilisant GentaColl®.

En somme, diverses études ont confirmé l'efficacité de l'utilisation de la Gentamicine en conjonction avec différents matériaux. Celle-ci permettrait une meilleure vascularisation précoce du matériau de comblement, favorisant ainsi son intégration optimale. De plus, elle pourrait accélérer la formation osseuse en prévenant la contamination bactérienne susceptible de retarder le processus.

Pour terminer, plusieurs analyses systématiques ont été menées sur l'usage des biomatériaux pour maintenir le volume osseux de l'alvéole. L'os autogène demeure le matériau de prédilection, toutefois, en raison de la morbidité et la complexité associées à son usage, d'autres substituts de comblement sont souvent privilégiés. Il est convenu parmi les chercheurs qu'aucun matériau ne peut complètement empêcher la résorption alvéolaire. De plus, compte tenu de la diversité des études, il est difficile de recommander un matériau plus qu'un autre. En règle générale, tous les matériaux de comblement contribuent à minimiser la résorption alvéolaire.

2.2 Application des membranes dans la régénération osseuse guidée

Les membranes, qu'elles soient résorbables ou non, sont essentielles dans la mise en œuvre des techniques de régénération osseuse guidée (48).

Elles possèdent des propriétés mécaniques et biologiques qui facilitent le processus de régénération (48).

Ces membranes jouent un rôle stabilisateur pour le matériau greffé et sont fixés entre le site receveur recouvrant alors le matériau et le périoste et les tissus mous sous-jacent.

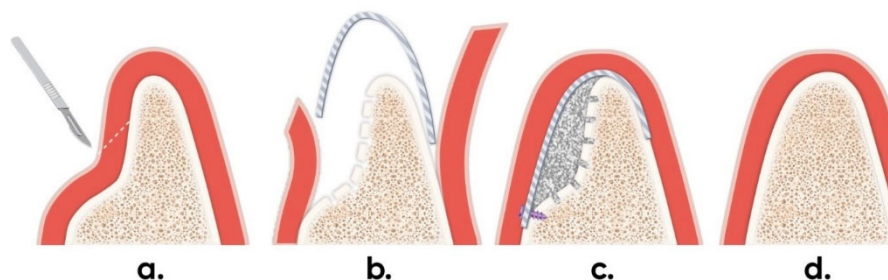


Figure 7 : application des membranes dans la régénération osseuse guidée
Illustration par GlobalD®

2.2.1 Propriétés mécaniques des membranes

Les membranes doivent avoir une certaine plasticité pour permettre une manipulation et un modelage aisés (48). De plus, elles nécessitent une rigidité suffisante pour maintenir les tissus mous à l'écart et stabiliser la greffe osseuse. Enfin, elles doivent être poreuses pour faciliter la diffusion des cellules osseuses, mais leurs pores ne doivent pas être trop larges pour éviter le passage de cellules épithéliales conjonctives à croissance rapide.

2.2.2 Propriétés biologiques des membranes

Sur le plan biologique, les membranes agissent comme une barrière passive contre l'invasion des tissus mous (48). De plus, elles favoriseraient la prolifération de cellules exprimant des marqueurs ostéogéniques par des mécanismes biologiques encore mal compris.

2.2.3 Exigence chirurgicale

La pose d'une membrane sur le site de la lésion nécessite une habileté chirurgicale certaine (48). En effet, la membrane doit être fixée pour éviter tout micromouvement susceptible d'entraver la formation d'os sous-jacente. Cette fixation peut s'avérer complexe et augmenter la durée de l'intervention. De plus, le coût d'une membrane, qu'elle soit résorbable ou non, constitue un investissement supplémentaire pour le patient.

Les membranes non résorbables présentent une difficulté technique supplémentaire, car elles ne doivent pas être exposées à l'environnement oral et requièrent une seconde intervention chirurgicale pour être retirées (48).



(48)

Figure 8 : à gauche : échec de RTG due à l'exposition prématurée d'une membrane e-PFTE à 3 semaines après la mise en place de la membrane ; au milieu : la membrane a été retirée et le site nettoyé ; à droite : membrane infectée après retrait.

En revanche, les membranes résorbables tolèrent mieux l'exposition et le contact avec la cavité buccale (48). Elles sont généralement constituées de collagène et présentent un délai de résorption variable, allant de quelques semaines à plusieurs mois. Il est crucial de sélectionner une membrane capable de maintenir son intégrité structurale pendant la période nécessaire à la prolifération et à la maturation des cellules au sein de la lésion. Toutefois, certaines membranes synthétiques peuvent provoquer une réaction inflammatoire lors de la résorption, avec des conséquences néfastes pour la régénération osseuse.

Les besoins constants en chirurgie orale font que de nouveaux substituts et procédés voient le jour régulièrement.

Avant de parler du GTO®, nous allons nous intéresser à la technique de comblement utilisant le PRF.

2.3 Le PRF

Le PRF (Platelet Rich Fibrin) a été fréquemment décrit comme un promoteur de la guérison tissulaire. Les propriétés régénératives des plaquettes ont été mises en évidence pour la première fois en 1974 par

Ross et al., qui ont identifié la présence de facteurs de croissance. Dans le cadre de la guérison normale, les plaquettes, incluses dans la matrice fibrinolytique, stimulent la réponse mitogénique au niveau du périoste.

La méthode de production du PRF est, quant à elle, plus récente. Choukroun et al. (70-71-72) l'ont développée et décrite en France en 2001. L'objectif était de produire un caillot de fibrine riche en plaquettes et cytokines libres, sans ajout d'agent gélifiant ou autre additif. Ce processus nécessite uniquement une centrifugation du sang naturel.

2.3.1 Préparation et production

Les étapes de production et de préparation du PRF sont les suivantes :

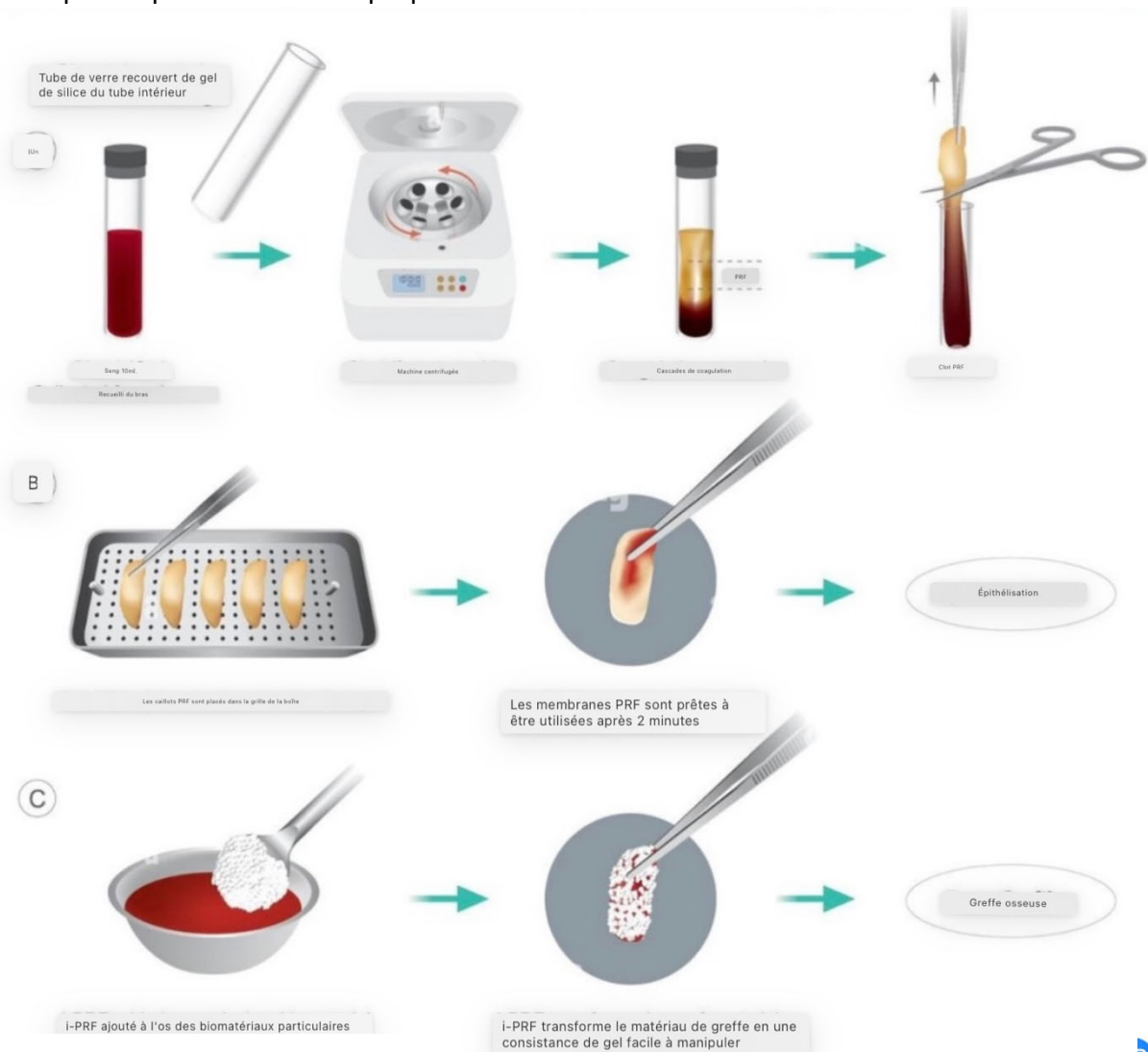


Figure 9 : étapes de production et de préparation du PRF

1. Collecte de sang veineux Le sang est collecté per-opératoirement, que ce soit sous anesthésie générale ou en ambulatoire. Cette collecte est réalisée au niveau de la veine basilique en ambulatoire ou de la veine saphène si le patient est sous anesthésie générale.
2. Centrifugation des tubes Les tubes sont placés face à face dans une centrifugeuse pour prévenir un déséquilibre du rotor, qui pourrait affecter la séparation des éléments du sang. La centrifugation est effectuée à 3000 tours/minute (environ 400G) pendant 10 minutes. L'absence d'anticoagulants induit l'activation des plaquettes après quelques minutes et initie les cascades de coagulation. Le fibrinogène se concentre d'abord dans la partie supérieure du tube, puis la thrombine circulante provoque sa transformation en fibrine. Un caillot de fibrine se forme alors au centre du plasma acellulaire, apparaissant comme une masse visqueuse et jaunâtre. Ce caillot contient des plaquettes piégées dans sa structure.

La préparation du concentré plaquettaire commence immédiatement après la centrifugation. L'assistant opératoire fournit le tube centrifugé et le chirurgien sépare ensuite le culot d'hématies du reste du coagulum avec des ciseaux stériles.

Le PRF peut ensuite être traité de différentes manières :

- Il peut être découpé en petits morceaux et mélangé à des matériaux de comblement, ce qui facilite la manipulation du mélange et prévient la dispersion de particules (un avantage significatif pour les greffes sinusiennes).
- Il peut être transformé en membrane par une légère compression entre deux compresses ou deux plaques de verre jusqu'à obtenir une épaisseur d'environ 1 mm.

Le PRF, offre une série d'avantages substantiels. Premièrement, il conserve l'intégrité biochimique de l'échantillon sans nécessité de modification, assurant ainsi une manipulation minimaliste.

Deuxièmement, il élimine la nécessité d'ajouter des anticoagulants ou de la thrombine bovine, rendant le processus plus simple.

Lorsqu'il s'agit de coûts et de procédures, le PRF est très intéressant. Son processus de préparation est plus direct et moins coûteux, ce qui le rend économiquement plus viable pour un usage plus large. En outre, le PRF manifeste une capacité remarquable à stopper le saignement, ce qui le qualifie comme un excellent agent hémostatique.

Un autre avantage notable du PRF est l'amélioration de la cicatrisation due à la polymérisation lente. Cette caractéristique contribue à favoriser une meilleure migration et prolifération cellulaire.

Enfin, un atout intéressant du PRF est son impact positif potentiel sur le système immunitaire de l'organisme.

2.3.2 Étude de Marelli et Al

Pour illustrer tout cela, nous allons citer un article de Marelli et Al (73)

Matériel et méthode :

Cette étude portait sur la pose de 127 implants coniques post- extraction immédiate dans le maxillaire de 59 sujets. Les procédures d'extraction ont été effectuées atraumatiquement sans soulever de lambeau, suivies de l'implantation immédiate. L'espace entre l'implant et l'os a été comblé avec du PRF, et une couche supplémentaire de PRF a été utilisée pour recouvrir le site. La relation entre l'os cortical et l'implant a été évaluée immédiatement après l'implantation et suivie pendant une période de 10 à 24 mois. Les implants utilisés avaient un diamètre variant de 3,5 à 4,5 mm, et chaque implant était au moins 3mm plus long que la profondeur de l'alvéole pour assurer une stabilité primaire.

Résultats :

Dans tous les cas étudiés, une couverture de l'implant par un nouveau tissu mou a été observée, avec une épaisseur variant de 1 à 3 mm. La réadaptation de l'os cortical entre le moment de l'implantation et jusqu'à 30 mois après la restauration prothétique a varié de 0,4 à 1,7 mm. Les papilles interproximales ont montré une résorption initiale inférieure à 1 mm, mais une stabilisation a été observée chez tous les patients après 10mois. Le PRF a joué un rôle crucial dans la régénération des tissus autour de l'implant en favorisant la formation d'os mature et de nouvelle gencive, confirmé par les échantillons histologiques. Un seul échec implantaire a été observé, dans le cas d'un implant de 4,5 mm placé dans un os de qualité D4 (selon la classification de Misch).

Conclusion :

L'emploi du PRF dans le comblement des lacunes osseuses autour des implants a prouvé son efficacité pour la régénération des tissus péri- implantaires. Le taux de succès des implants dans cette étude s'est élevé à 99,8%, ce qui est remarquable par rapport aux taux de réussite à moyen et long terme de l'implantologie immédiate rapportés dans la littérature, qui varient entre 92,7 et 98%.

III. LE GTO OSTEOBIOL®

Introduction

Le but de ce travail propose d'évaluer minutieusement l'efficacité et les avantages de l'Osteobiol GTO® dans les procédures de régénération osseuse, en s'appuyant sur des données cliniques existantes et des comparaisons avec d'autres biomatériaux sur le marché.

1. Composition et Propriétés d'Osteobiol GTO®

1.1 Composition

- L'Osteobiol GTO® est un matériau xénogénique collagéné d'origine porcine (49).

Le collagène se profile comme un substrat propice à l'activation des plaquettes et à leur agrégation, tout en servant de pôle d'attraction pour les cellules souches mésenchymateuses issues de la moelle osseuse, induisant leur différenciation en ostéoblastes. En tant qu'agent chimiotactique pour les précurseurs des ostéoclastes, il exerce une influence significative en stimulant l'activation coordonnée des plaquettes, des ostéoblastes et des ostéoclastes, contribuant ainsi au processus de cicatrisation tissulaire. De surcroît, le collagène favorise l'angiogénèse, catalysant la vascularisation du greffon (74)(75).

- Il est composé de collagène exogène sous la forme de TSV gel® qui facilite sa manipulation et assure une bonne stabilité mécanique en durcissant après 24 heures sur le site greffé. (50)

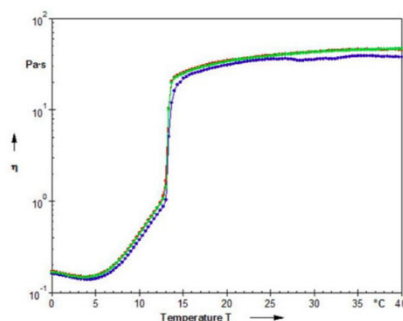


Figure 10 : Variation de la viscosité du TSV gel® en fonction de la température

À des températures inférieures à 8°C, le gel adopte une fluidité permettant une manipulation aisée du GTO, mais il manifeste une viscosité croissante en conditions in situ à la température corporelle.

Le gel TSV nécessite une période de réfrigération d'au moins 20 minutes à 4°C avant son application, favorisant l'atteinte de la phase de faible viscosité (LV). Au-delà de 13°C, la viscosité du gel augmente de manière progressive. À une température ambiante de 20°C, le produit demeure en phase LV pendant une courte durée, mais in situ, sa viscosité s'accroît rapidement en réponse à la chaleur corporelle. Après 24 heures à 37°C, le matériau atteint une consistance solide et stable.

D'un point de vue clinique, l'incorporation du gel TSV dans le GTO® optimise la manipulation et la stabilité du greffon. La viscosité atteinte par le gel TSV® à la température corporelle améliore la stabilité des granules osseux, se révélant particulièrement avantageuse dans des contextes présentant un support osseux limité, tels que l'augmentation latérale, les alvéoles avec plusieurs parois perdues, les déhiscences et les défauts parodontaux à une ou deux parois.

La stabilité du greffon étant un des facteurs principaux de la réussite de la greffe.

- Le collagène contenu dans les particules cortico-spongieuse contribue à ses propriétés biologiques et optimise la cicatrisation osseuse (50).

1.2 Propriétés

Osteobiol GTO® est graduellement résorbé et semble permettre une certaine ostéoconductivité. Le collagène préserve la formation de caillots, facilitant ainsi l'invasion des cellules réparatrices et régénératrices (51).

Ces caractéristiques semblent permettre un taux de néoformation osseuse et le maintien d'un volume de greffe suffisant (51).

2. Applications et avantages comparatifs

2.1 Applications Cliniques

L'Osteobiol GTO® est particulièrement utilisé dans les techniques de préservation alvéolaire où il remplit le cahier des charges d'un biomatériau. Sa thermosensibilité lui permet d'être pâteux et collant lors de l'application, ce qui facilite son positionnement. Il durcit ensuite au contact du sang après 24 heures, ce qui le maintient en place sur le site greffé (49).

2.2 Avantages Comparatifs

1. Promotion des Processus Biologiques :

Osteobiol GTO® est capable de promouvoir les trois processus biologiques clés pour la régénération osseuse : nouvelle apposition osseuse, néo-angiogenèse et résorption progressive du matériau de l'échafaudage (52).

2. Manipulation et Stabilité :

Grâce à la présence de TSV Gel®, Osteobiol GTO® assure une adhérence au site receveur, permettant une adaptation facile et une certaine stabilité (53).

L'Osteobiol GTO® s'affirme comme un biomatériau prometteur pour la régénération osseuse, notamment en préparation pour les implants dentaires. Ses propriétés telles que la facilité de manipulation, la stabilité mécanique et la promotion des processus biologiques nécessaires pour la régénération osseuse le positionnent favorablement par rapport à d'autres biomatériaux disponibles sur le marché. Cependant, des recherches supplémentaires peuvent être nécessaires pour évaluer son efficacité à long terme et dans une variété d'applications cliniques.

3. Exemples

3.1 Cas n°1 : Augmentation horizontale (Dr Roberto Rossi)

Un homme de 37 ans présentant une crête sévèrement résorbée a bénéficié d'une intervention visant à augmenter horizontalement la largeur de la crête. Les images, allant de la crête initiale de 2 mm à la cicatrisation à 9 mois avec une largeur de crête de 5,5 mm, illustrent le processus.

L'application de GTO® et la pose d'OsteoBiol® Lamina ont conduit à une augmentation réussie, comme confirmé par une radio à 12 mois montrant l'ostéointégration des implants de 3,5 mm.

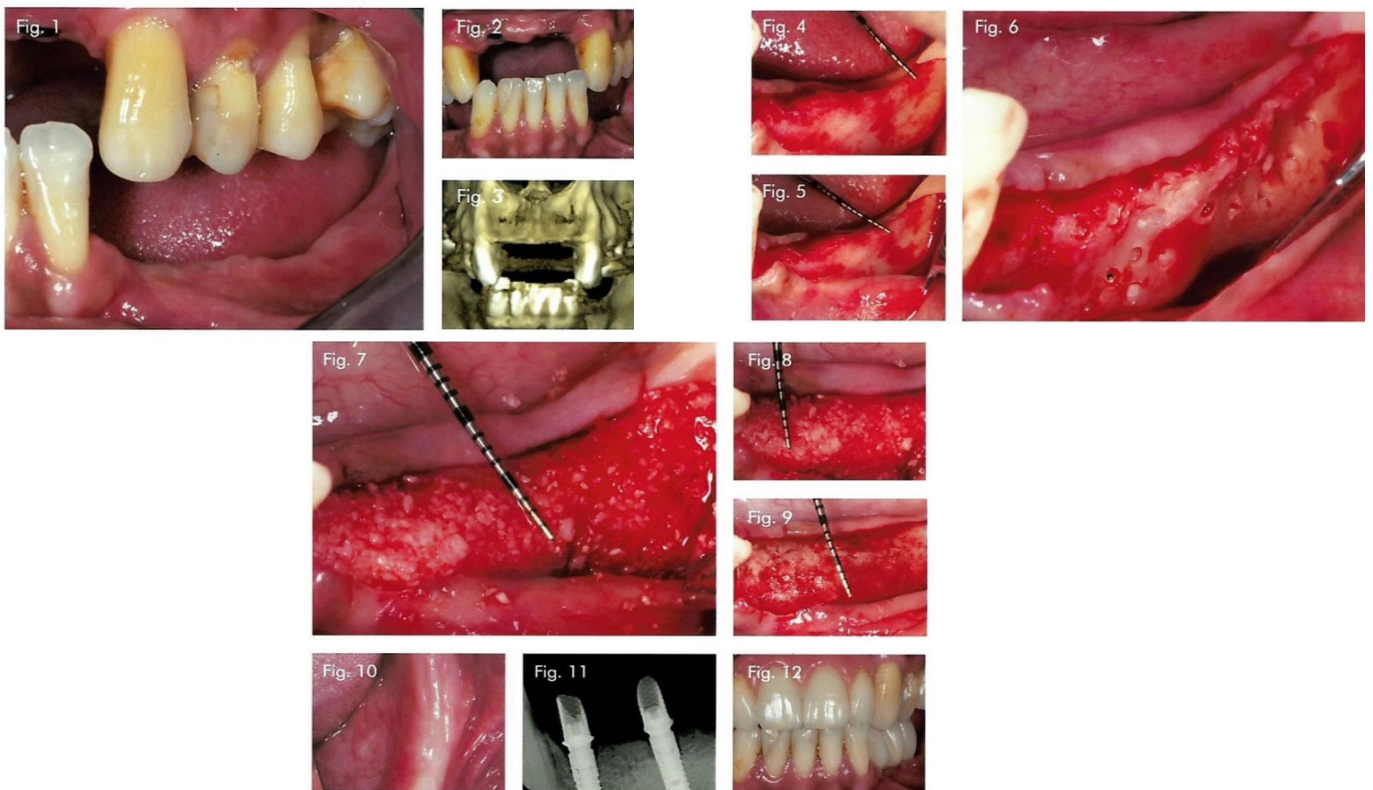


Figure 11 : Cas n°1

La restauration prothétique finale complète le parcours de traitement.

3.2 Cas n°2 : Sinus Lift (Dr Palacci Patrick)

Une femme de 70 ans, présentant une atrophie sévère du maxillaire, a subi un sinus lift. Les étapes comprennent l'ostéotomie, l'élévation de la membrane de Schneider, et l'utilisation de GTO® pour élever le plancher sinusien. Le site augmenté, prêt à recevoir des implants, est illustré à la Fig. 4. Le GTO® est compacté dans le sinus et autour des implants (Fig. 5), avec une vue du sinus greffé (Fig. 6). Quatre mois plus tard, la pose des piliers de cicatrisation est réalisée (Fig. 7), suivie de sutures (Fig. 8). Les biopsies à 4 mois (Fig. 9-10) montrent des coupes histologiques à fort grossissement avec des ostéocytes visibles autour des particules (Fig. 11-12), confirmant le succès du traitement.

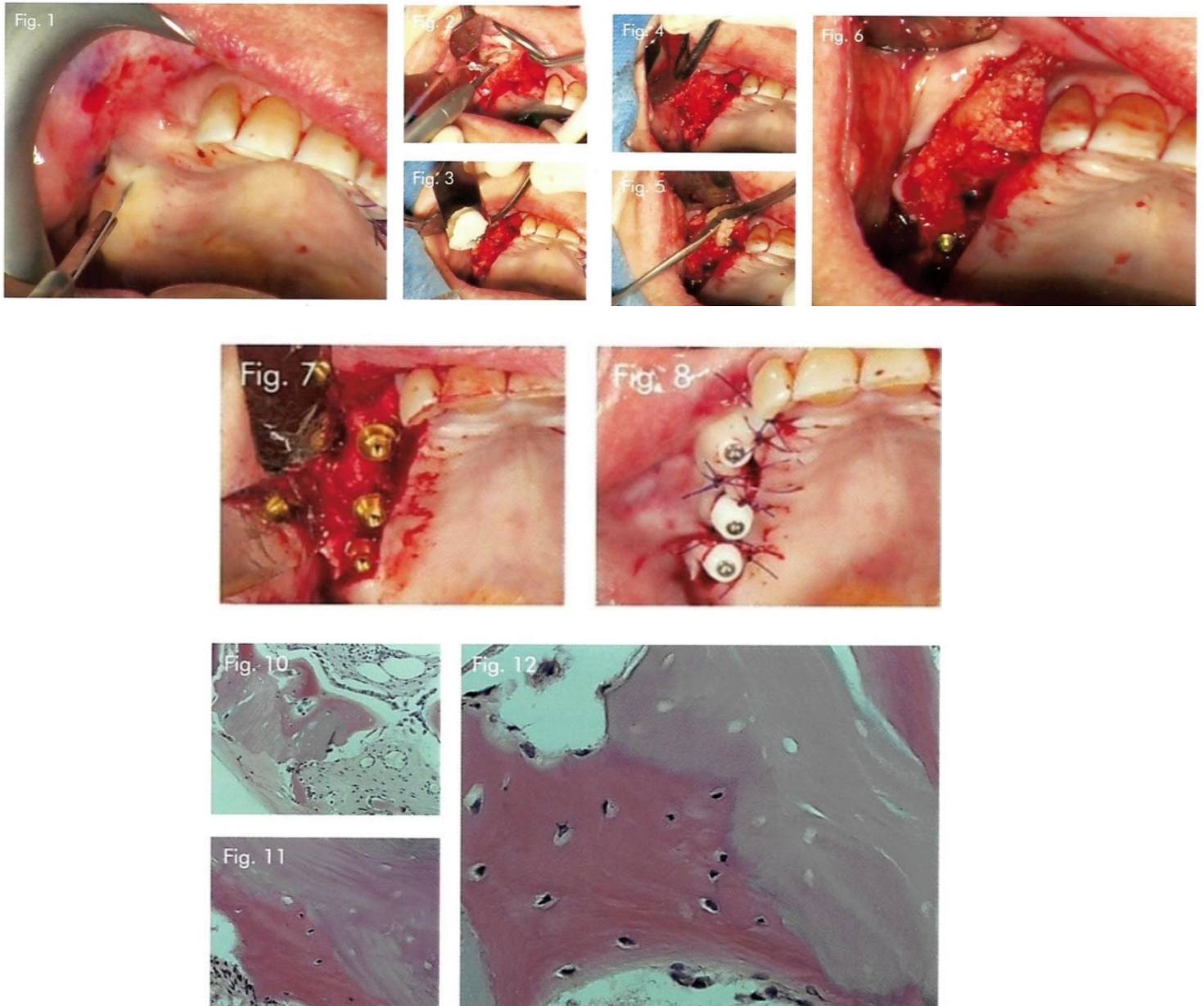


Figure 12 : Cas n°2

IV. ÉTUDE RÉTROSPECTIVE

Vue d'ensemble du protocole:

1. Contexte

Bien que le GTO ait été accepté par la communauté médicale depuis sa mise sur le marché il y a trois ans, il subsiste un besoin de validation scientifique Renforcée. Les praticiens valorisent le GTO pour les raisons suivantes :

- Sa solidité structurelle et sa robustesse;
- La facilité et rapidité d'exécution chirurgicale ;
- L'amélioration de la formation d'os neuf, surtout quand l'os cortical est compromis ;
- L'efficacité économique de son utilisation par rapport à d'autres méthodes de conservation alvéolaire.

Il est essentiel de réaliser une étude clinique pour évaluer l'efficacité du GTO en termes de formation osseuse.

2. Titre de l'étude

Evaluation clinique du substitut osseux OsteoBioI® GTO® pour la préservation alvéolaire après extraction.

3. Nature de l'étude

C'est une étude pilote clinique, monocentrique, prospective et exploratoire.

4. Objectifs

4.1 Objectif principal

Mesurer la diminution de la densité osseuse trois mois après l'utilisation du GTO dans une procédure standardisée post-extraction.

4.2 Objectifs secondaires

- Étudier la perte osseuse verticale frontale après 3 mois ;
- Examiner la densité osseuse après 3 mois ;
- Estimer la durée moyenne de l'intervention chirurgicale;
- Évaluer les complications post-opératoires;
- Mesurer le taux de guérison après 15 jours;
- Évaluer la qualité de la cicatrisation;
- Analyser la stabilité primaire et secondaire de l'implant;
- Étudier le taux de succès des implants après 12 mois.

5. Matériels et méthode

5.1 Design et justification

Il s'agit d'une étude interventionnelle longitudinale, qui évalue la perte osseuse après 3 mois d'utilisation du GTO, sans avoir besoin d'une membrane ou de sutures. L'objectif est d'étudier les avantages de l'utilisation du GTO pour la préservation alvéolaire. Cette recherche sera menée au centre de chirurgie orale de la Timone à Marseille

5.2 Population

5.2.1 Critères d'inclusion

- Patients adultes francophones;
- Consentement éclairé signé;
- Patients nécessitant une extraction et envisageant un implant;
- Absence de pathologies infectieuses sur les dents adjacentes;
- Bonne hygiène bucco-dentaire.

5.2.2 Critères de non inclusion

- Moins de 18 ans, enceintes, etc.;
- Problèmes de santé divers, y compris l'abus de substances;
- Patients n'acceptant pas de participer.

5.2.3 Critères d'exclusion

- Abandon de l'étude;
- Complications chirurgicales;
- Absence à la visite de suivi.

6. Mesures et données recueillies

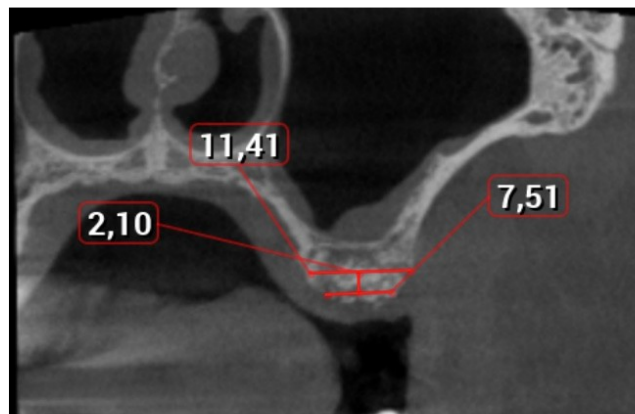
6.1. Critère principal d'évaluation

La diminution de la densité osseuse sera évaluée en comparant les données d'imagerie tridimensionnelle (CBCT) obtenues avant et 3 mois après la chirurgie. L'évaluation sera effectuée au centre de la Timone et les données seront analysées par un seul examinateur pour garantir la cohérence.

L'évaluation de la densité osseuse est effectuée en utilisant une image sagittale du CBCT 1, focalisée sur la dent destinée à être extraite, et du CBCT 2, centrée sur la zone de remplissage. La fonction "outil de mesure de la distance" est utilisée pour ces mesures. Ces évaluations sont menées manuellement et suivent une direction parallèle à la fois au niveau crestal et 2 mm en dessous de la crête osseuse, représentant la future position du col de l'implant. La mesure au niveau crestal est effectuée du point crestal côté face au point crestal du côté palatin ou lingual.



Mesures d'épaisseur osseuse en pré-opératoire en crestal et 2 mm sous la crête osseuse.



Mesures d'épaisseur osseuse à 3 mois post-opératoire en crestal et 2 mm sous la crête osseuse.

Figure 13 : Mesures et données recueillies

6.2. Critères de jugements secondaires

La diminution de la densité osseuse verticale vestibulaire est déterminée par la variation de la hauteur osseuse entre le temps initial (T1) et le moment final (T2). Les évaluations sont basées sur une image sagittale en se référant à un point d'ancrage osseux, ici, l'artère alvéolo-antrale.

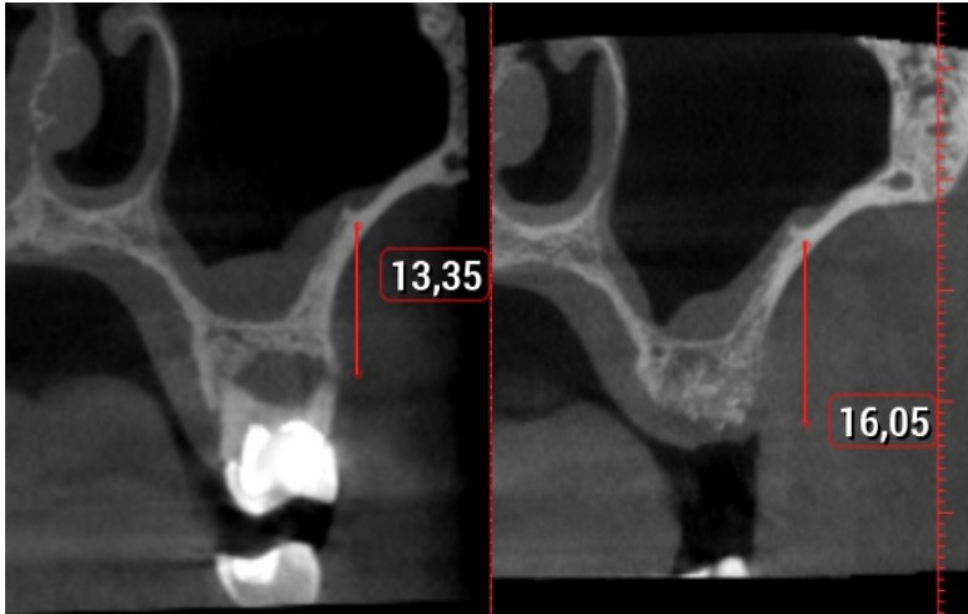


Figure 14 : Mesures de la hauteur de la crête osseuse vestibulaire sur les deux CBCT.
CBT1 : 13,35 mm ; CBCT 2 : 16,05 mm

L'évaluation de la qualité osseuse se fait à partir de coupes d'os déminéralisé prélevées au niveau du site rempli par carottage avant l'implantation. Des mesures comme la vascularisation et le niveau de décomposition du biomatériau sont réalisées via une analyse histomorphométrique.

La durée moyenne de l'opération est le temps écoulé entre la fin de l'extraction et la fin de l'opération.

15 jours après l'opération, les complications sont notées, incluant:

- La douleur mesurée par l'échelle visuelle analogique (EVA) après traitement de la douleur;
- Les complications liées à des hémorragies ou infections;
- Les troubles nerveux, tels que la diminution de la sensibilité.

Le taux de guérison de la muqueuse est mesuré en se basant sur la différence entre les mesures bucco-linguales avant et après l'opération.

La qualité de la cicatrisation est évaluée en se basant sur des critères tels que l'érythème, l'œdème, et la présence de saignements.

La stabilité des implants est mesurée par résonance grâce à l'appareil OSSTELL®, se basant sur la valeur de l'ISQ.

Le pourcentage d'implants encore fonctionnels après un an est noté comme le taux de succès de l'implant.

6.3. Effectif prévu et justification

Sur la base d'une étude de la littérature concernant les modifications dimensionnelles alvéolaires après un comblement osseux, nous nous référons à l'analyse de Iocca et al(1). L'hypothèse est posée que l'amélioration est de 50% (soit une réduction de 0,76 mm). Si cette étude était comparée, pour un risque alpha de 5% et une puissance de 80%, 29 participants seraient nécessaires. Cette étude étant pilote, un total de 30 participants est envisagé pour assurer une précision des estimations à 50%.

6.4. Procédure

6.4.1 Consultation pré-opératoire

- CBCT initial axé sur la dent devant être extraite
- Application logicielle pour planifier les implants pour évaluer le besoin d'extraction et de remplissage osseux
- Acquisition du consentement éclairé de la part du patient

6.4.2 Chirurgie

Effectuée uniformément par un opérateur défini.

- Injection d'anesthésie locale à base d'articaine adrénalinée
- Absence de décollement d'un lambeau muco-périoste pour maintenir une bonne vascularisation
- Extraction douce et non-traumatisante
- Évaluation de la distance entre les berges bucco-linguale post-extraction
- Nettoyage minutieux de l'alvéole
- Désinfection avec une solution de bétadine suivie d'un rinçage sérologique
- Remplissage osseux avec le biomatériau GTO
- Aucune fermeture chirurgicale directe
- Notation de la durée totale de la procédure

6.4.3 Soins post-opératoires

- Administration d'antalgiques de palier 1
- Rinçage buccal et application de gel à base de Chlorhexidine pendant une semaine

6.4.4 Suivi à 15 jours

- Notation d'éventuelles complications
- Évaluation de la distance entre les berges bucco-linguale
- Appréciation du processus de cicatrisation

6.4.5 Évaluation pré-implantaire à 3 mois

- Planification de l'implantation
- Second CBCT avec des paramètres similaires au premier

6.4.6 Pose de l'implant

- Injection d'anesthésie locale
- Incision appropriée pour accéder au site d'implantation
- Prélèvement osseux pour analyse histologique
- Implantation et vérification de sa stabilité initiale
- Fermeture chirurgicale

6.4.7 Suivi à 15j post implantation

- Retrait des points de suture

6.4.8 Évaluation à 3 mois après la chirurgie implantaire

- Vérification de la stabilité continue de l'implant
- Radiographie de contrôle

6.4.9 Contrôle à 12 mois

- Évaluation du nombre d'implants toujours fonctionnels

7. Gestion des données et plan d'analyse

7.1 Administration des données

La collecte et la gestion des données sont supervisées par un responsable de données cliniques. Le processus utilise un système électronique pour assurer l'efficacité et la sécurité des informations : L'application REDCap. REDCap (Research Electronic Data Capture) est une plateforme logicielle dédiée à l'acquisition électronique de données via un navigateur, basé sur des métadonnées. Elle est spécialement conçue pour la création de bases de données destinées à la recherche clinique et translationnelle.

7.2 Analyses

7.2.1 Assurance qualité de la base de données

Avant toute analyse, la base de données sera contrôlée pour s'assurer de sa validité

7.2.2 Principes généraux pour l'analyse

Le logiciel d'analyse statistique SPSS version 17.0 sera utilisé pour les analyses. L'accent sera mis sur l'analyse du critère principal et des critères secondaires.

8. Impacts et innovations

L'utilisation du biomatériau offre divers avantages, tels que la simplification de la chirurgie, la réduction du temps et des coûts, et la potentialité d'une méthode plus standardisée. Cette étude vise à contribuer aux connaissances actuelles et à soutenir l'utilisation plus large du biomatériau en pratique clinique.

9. Résultats

Les résultats sont encore partiels puisque l'étude n'est pas terminée. Elle nécessiterait un minimum de 30 personnes suivies sur au moins 3 mois.

Néanmoins, nous allons exposer quelques cas traités au pavillon dentaire de la Timone.

9.1 Cas clinique n°1

Madame B : Consultation pour douleur secteur 1

Antécédents médicaux : Aucun antécédent médical ou chirurgical contre-indiquant la technique de comblement alvéolaire.

1) En pré-opératoire

Examen clinique : La dent 16, couronnée, supporte un bridge 16-18 bien adapté. La douleur est spontanée, provoquée par percussion axiale, transversale et palpation apicale.



Figure 15 : Photographie - Cas n°1 - Vue vestibulaire des secteurs 1 et 4.



Figure 16 : Photographie - Arcade maxillaire.

Imagerie (CBCT figure 17) :

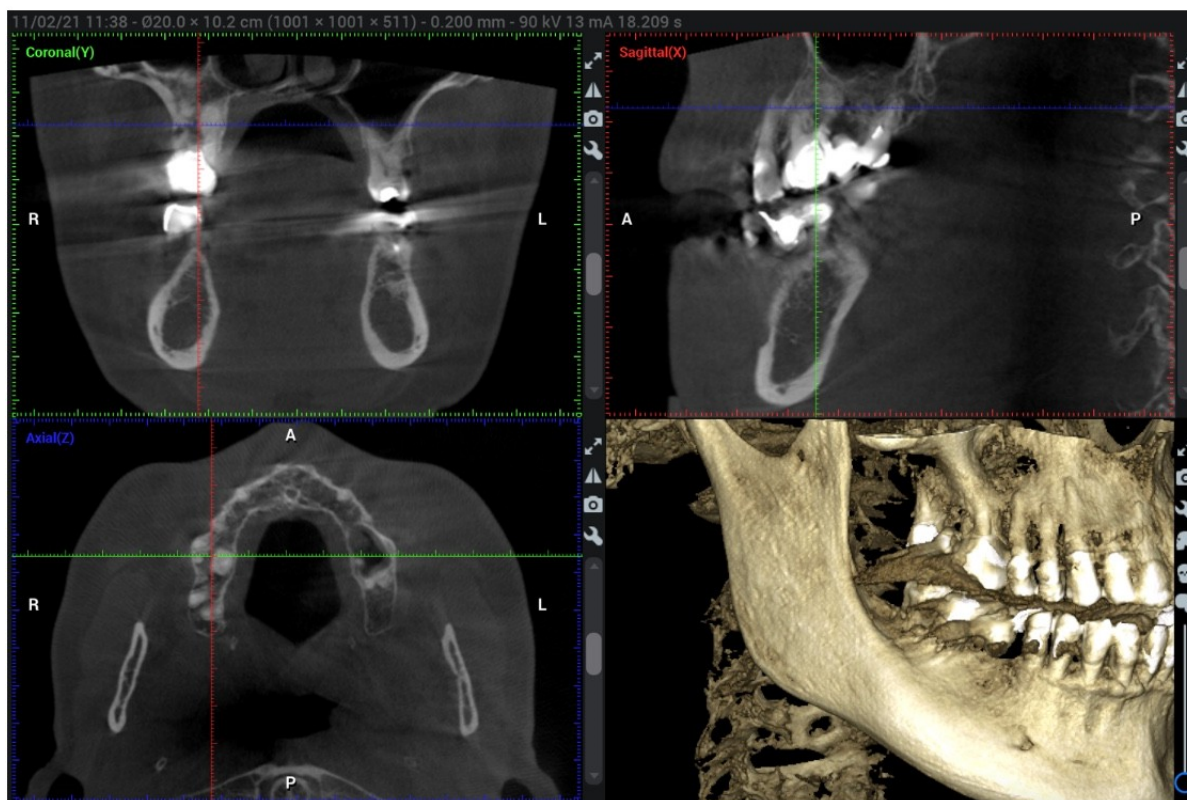


Figure 17 : CBCT 1 de Madame B.

Dent 16 montre un traitement endodontique non conforme aux normes HAS.
 Résorption externe cervicale sur la racine disto-vestibulaire. Lésion radio-opaque en région apicale de la racine palatine suggérant un cémentome.
 Le défaut osseux alvéolaire vestibulaire est trop grand pour cette patiente.

Traitement prévu : Avulsion de la dent. Il est décidé de remplacer la dent par un implant avec comblement au GTO. Le bridge est coupé avant l'intervention.

1) En per-opérateur

Mesure initiale de la distance vestibulo-palatine : 10 mm.

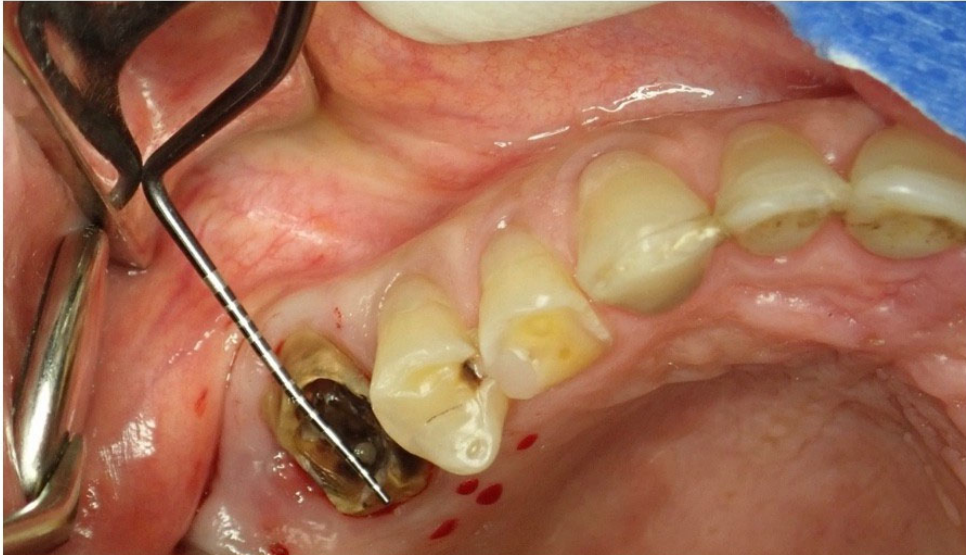


Figure 18 : Photographie - Mesure de la distance vestibulo-palatine.

Problèmes lors de l'intervention : Fracture de la racine palatine, nécessité d'une alvéolectomie et donc excluant la patiente de l'étude car critère de non inclusion.

Mesures prises : L'alvéole est comblée au GTO, levée d'un lambeau muco-périosté, suture en croix effectuée.

Durée de l'intervention : 5 minutes.

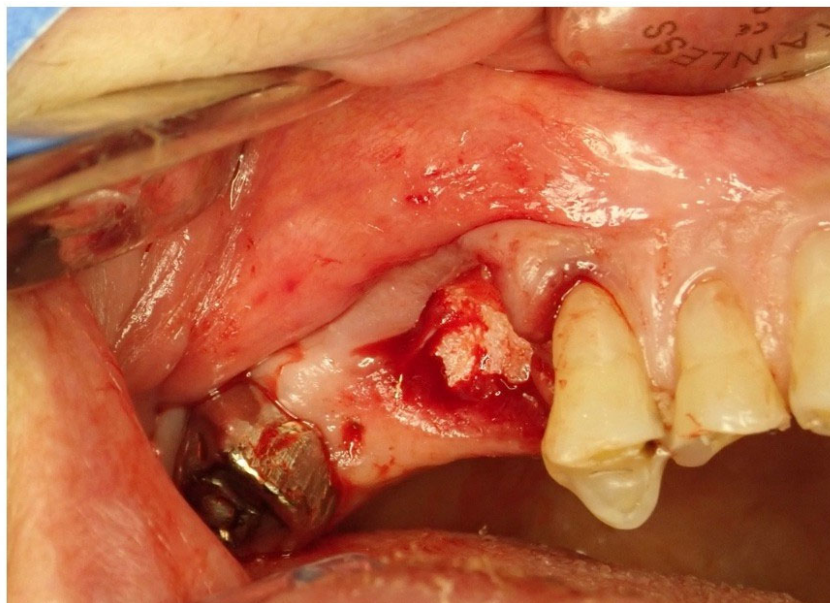


Figure 19 : Photographie - Comblement au GTO.

3) En post-opératoire

15 jours après l'intervention :

Fermeture satisfaisante.

Distance vestibulo-palatine : 3 mm.

Gencive peu inflammatoire, avec un léger érythème gingival.

Douleur : Aucune (EVA : 0/10).



Figure 20 : Photographies – Mesure de la distance vestibulo-palatine.

3 mois après l'intervention (CBCT 2, figure 21) : Ré ossification au niveau de l'alvéole observée.

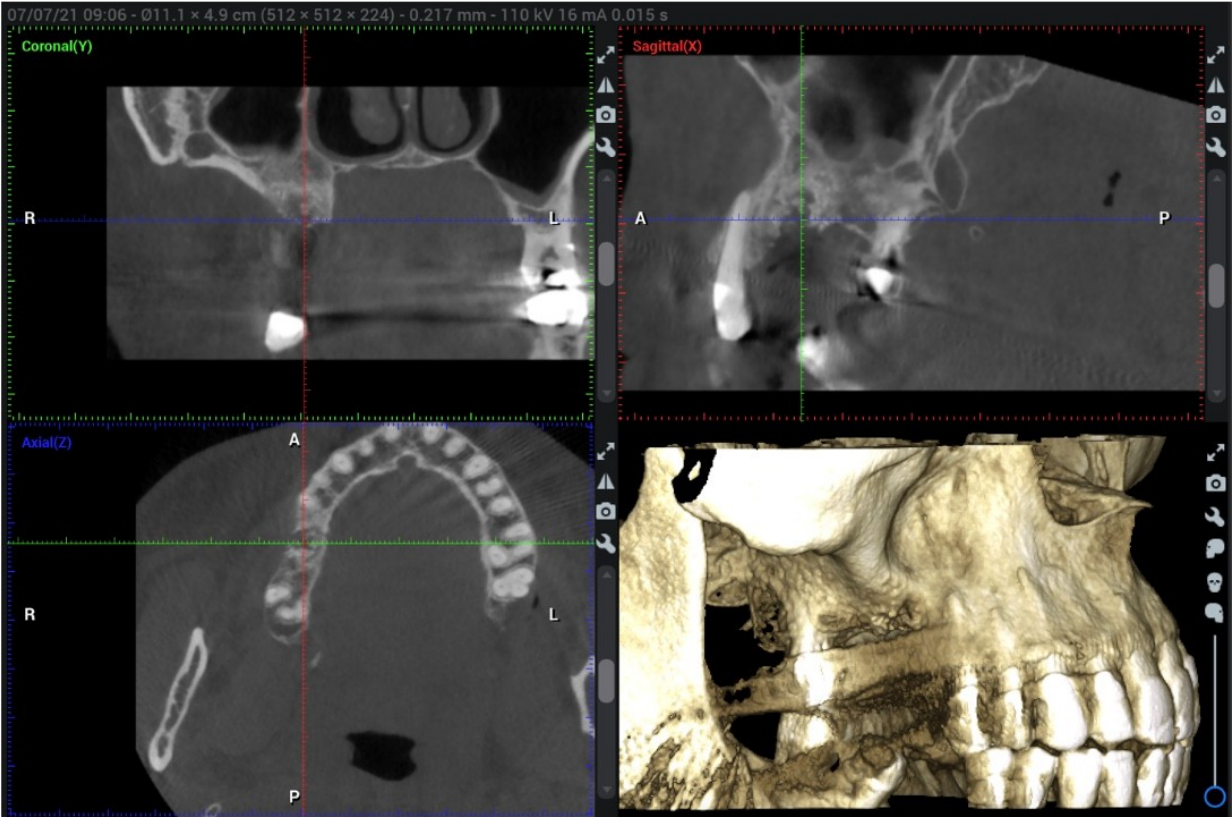


Figure 21 : CBCT 2 de Madame B.

9.2 Cas clinique 2: (répondant aux critères d'inclusion de l'étude)

Motif de consultation : Douleur sur la dent 21.

Antécédents médicaux : Aucun antécédent médical ou chirurgical.

1. Examen pré-opératoire

Dent 21 : Couronnée, présente des problèmes esthétiques (teinte, position, alignement). Un abcès est identifié à proximité.



Figure 22 : Cas n°2 - Sourire du patient.



Figure 23 : Vue occlusale de l'arcade maxillaire.

Imagerie (CBCT, figure 24) :

Résorption osseuse crestale vestibulaire et palatine (sans dépasser la moitié de la hauteur radiculaire).

Présence d'une LIPOE.

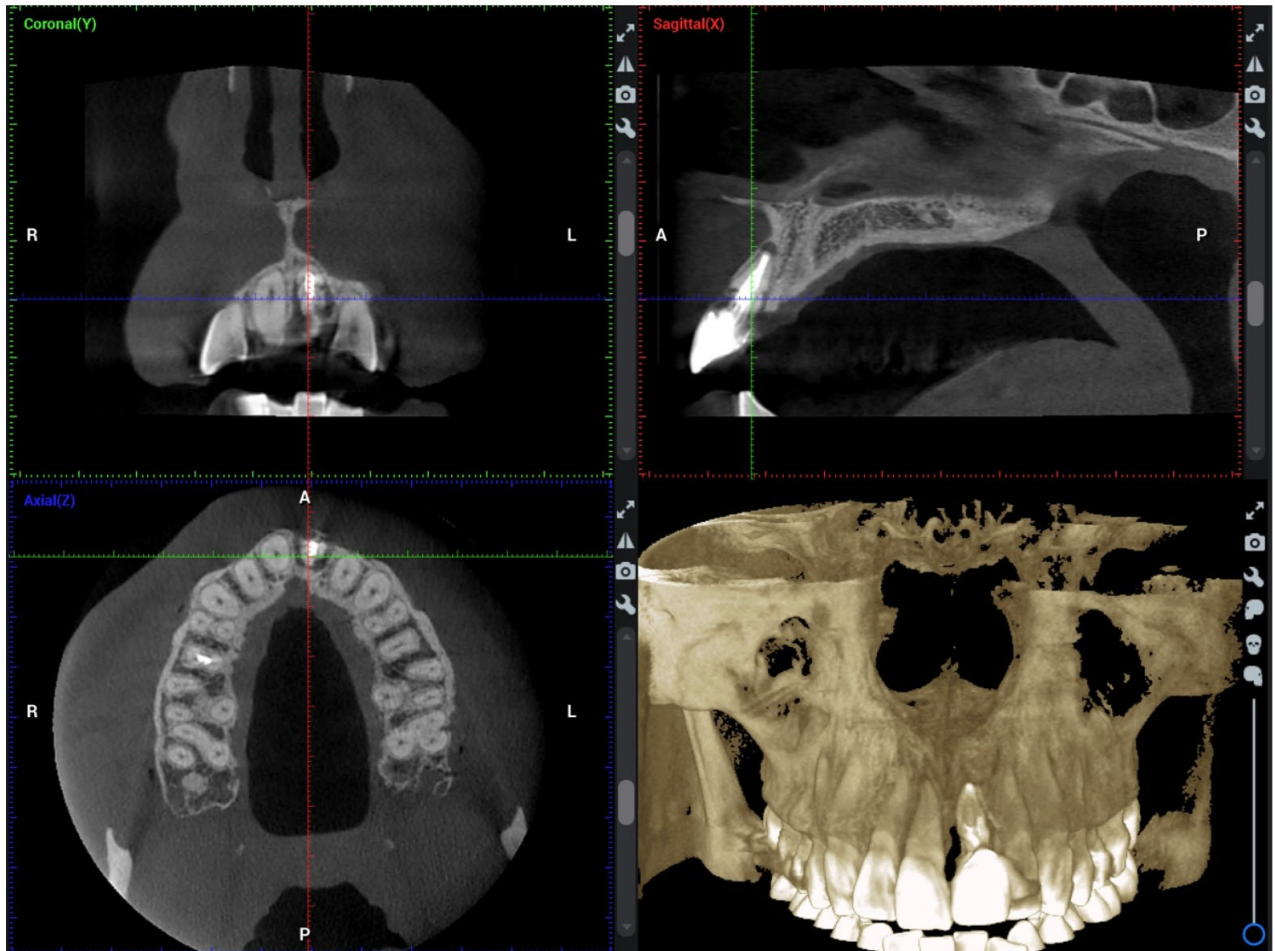


Figure 24 : CBCT 1 de Monsieur G.

Décision clinique : La dent 21 n'est pas conservable. On décide d'une avulsion suivie d'un comblement au GTO et d'une mise en place d'une prothèse provisoire collée sans support muqueux.

2. Examen post-opératoire

Imagerie (CBCT à 3 mois, figures 25, 26, 27) :

Résorption osseuse horizontale : 2,32 mm en crestal, 1,23 mm sous la crête osseuse.

Résorption osseuse verticale vestibulaire : -1,91 mm.

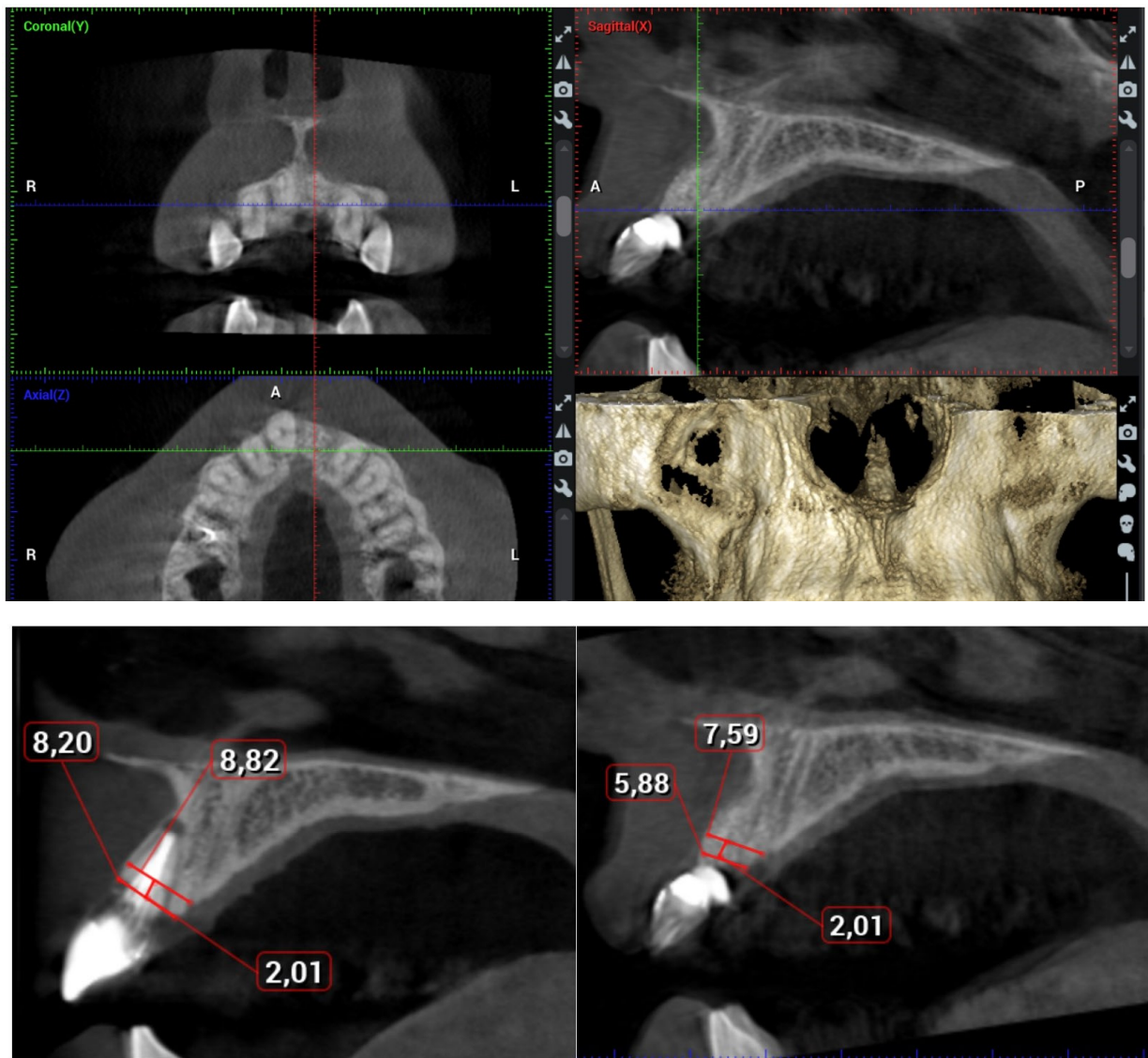


Figure 25 : Mesures de l'épaisseur avant et après comblement osseux sur la crête de 2 mm sous la crête.

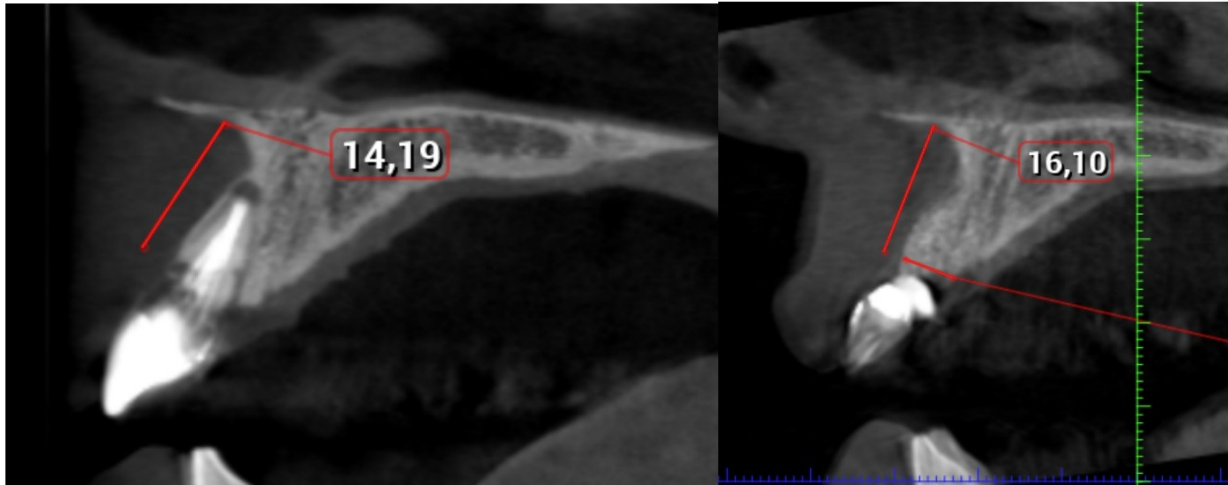


Figure 26 : Mesures de la hauteur verticale vestibulaire.

Intervention : À 3 mois, un implant de 3,75 * 11,5 mm est posé (os de type D3, torqué à 35 N.cm). Une prothèse provisoire transvissée est installée le jour de la chirurgie.



Figure 27 : Radiographie rétro-alvéolaire de l'implant en 21.

3. Résultats

La résorption osseuse horizontale observée de 1,23 mm est proche des valeurs moyennes de la littérature de 1,52 mm d'après Locca et al (54).

À 15 jours, cicatrisation gingivale quasi-complète sans fermeture primaire et avec des tissus non inflammatoires.

9.3 Cas clinique 3

Monsieur D

Motif de consultation : Fistule secteur 2.

Antécédents médicaux : Aucun antécédent médical ou chirurgical.

1. Examen pré-opératoire

Dent 26 : Couronnée avec un abcès vestibulaire fistulisé.



Figure 28 : Photographie - Cas n°3 – Secteur 2, sonde parodontale insérée dans la fistule.

Imagerie (CBCT) :

Fracture de la dent 26.

Atteinte de la furcation de classe 3 selon Hamp et al (55).

Défaut osseux alvéolaire vestibulaire supérieur à la hauteur radiculaire (patient non éligible pour l'étude).

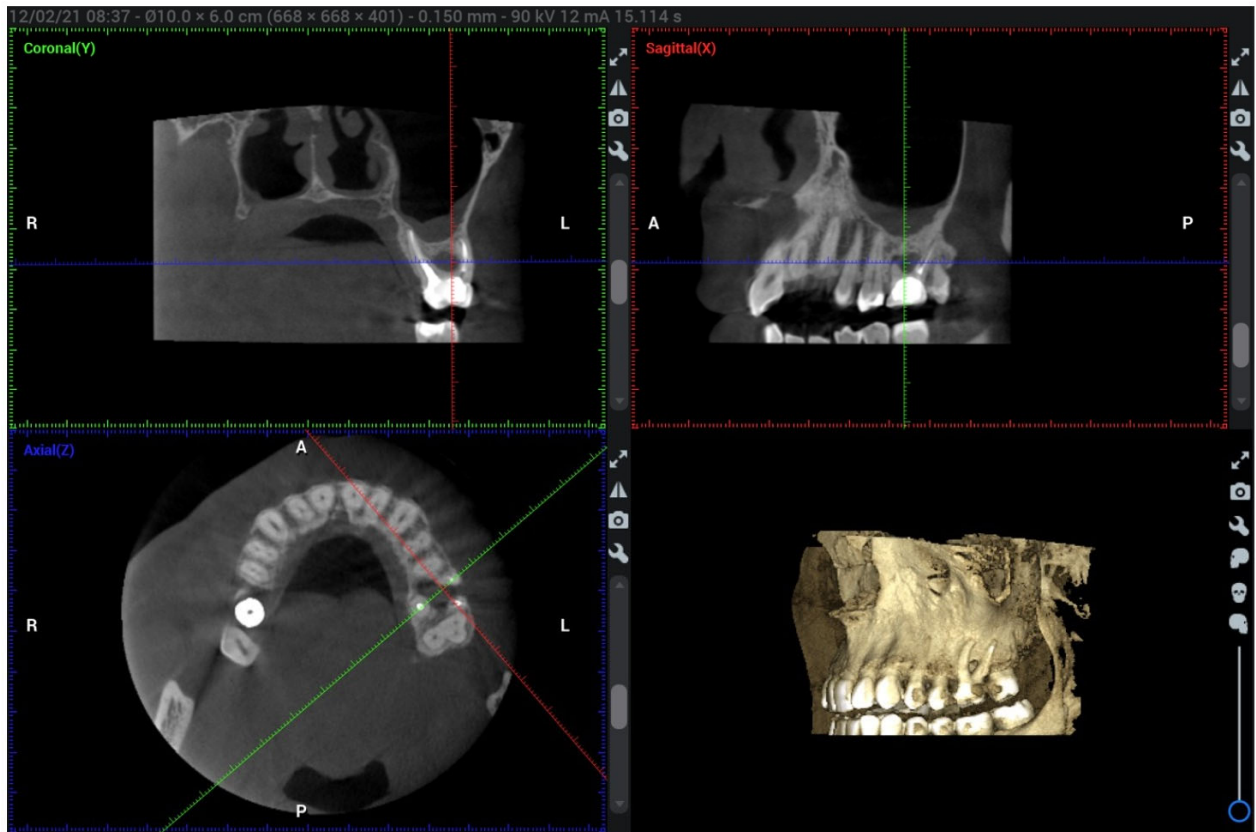


Figure 29 : CBCT 1 de Monsieur D.

Décision clinique : Avulsion de la dent 26. Proposition de remplacement par implant, avec avulsion completement au GTO, même si les critères d'inclusion ne sont pas respectés.

2. Examen per-opératoire

Mesure de la distance vestibulo-palatine à l'aide d'une sonde parodontale.



Figure 30 : Photographie - Distance vestibulo-palatine mesurée à 10 mm.

Avulsion atraumatique de la dent 26 sans décollement muco-périosté.
Comblement après curetage et décontamination chimique de l'alvéole. Temps opératoire du comblement : 2 minutes et 13 secondes. Pas de fermeture primaire réalisée.

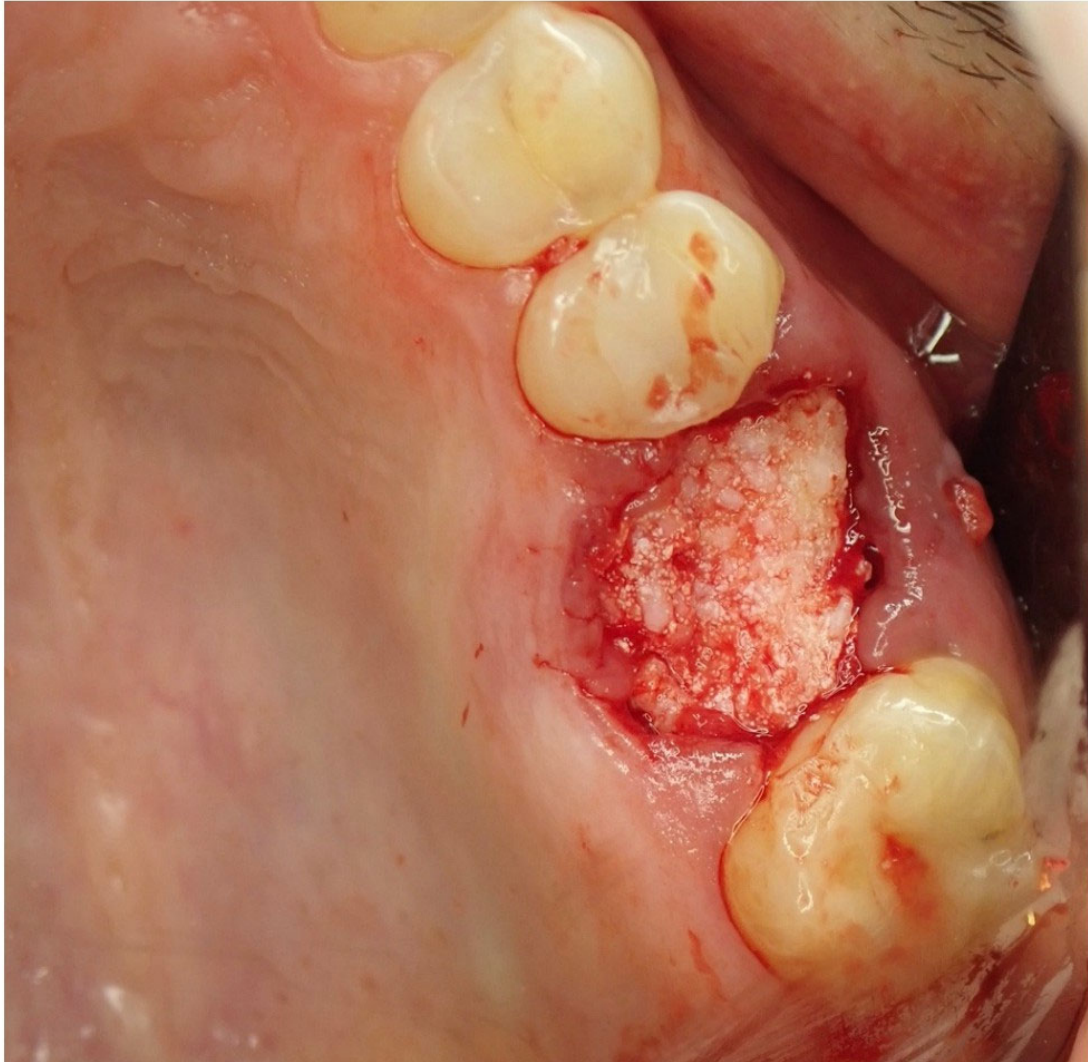


Figure 31 : Photographie – Comblement au GTO.

3. Examen post-opératoire

À 15 jours post-opération : Fermeture gingivale satisfaisante, tissus sains sans inflammation (absence d'érythème et d'œdème).

Fistule vestibulaire refermée.

Pas de douleur rapportée (EVA : 0/10).



Figure 32 : Photographie – Distance vestibulo-palatine mesurée à 5 mm.

Imagerie (CBCT à 3 mois) :

Bonne ré ossification au niveau du site greffé, bien que de densité inférieure à l'os natif adjacent.

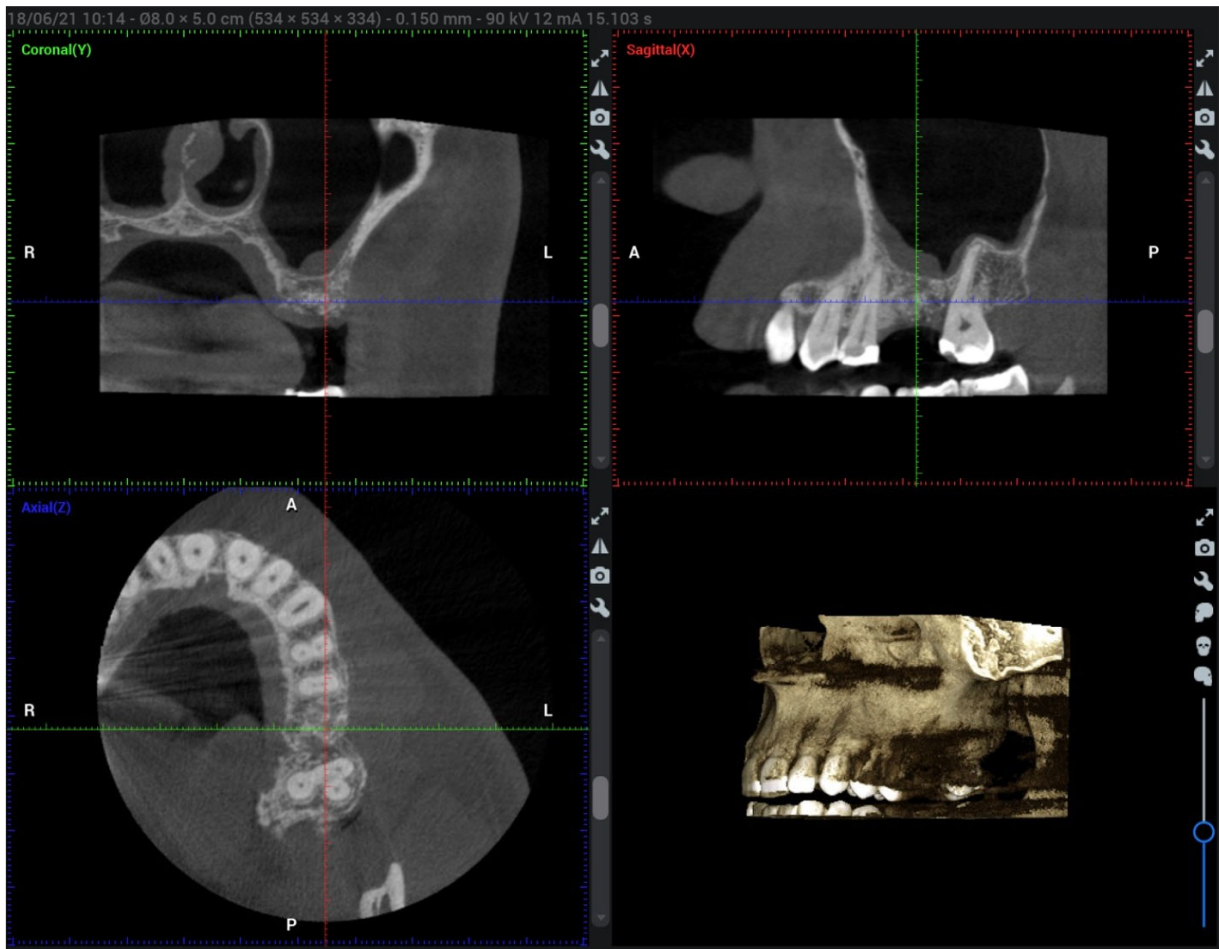


Figure 33 : CBCT 2 de Monsieur D.

Gain osseux en hauteur insuffisant pour un implant standard de 10 mm. Décision de réaliser une élévation de sinus (SUMMERS).

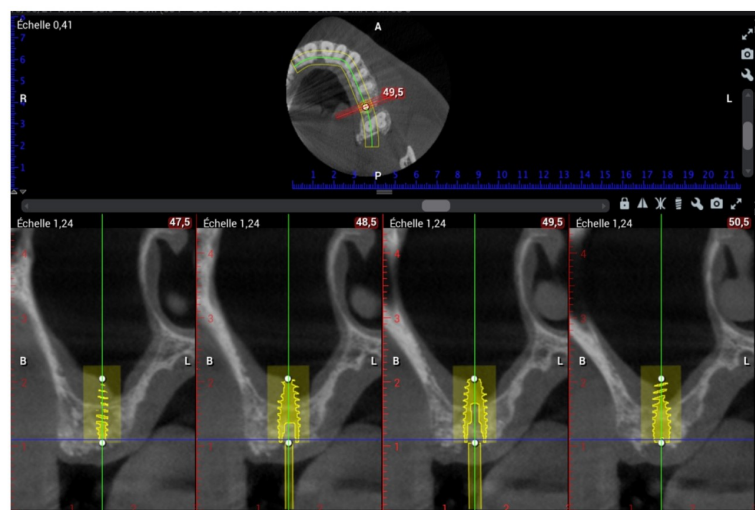


Figure 34 : Planification implantaire après comblement alvéolaire. Dans ce las ci-dessous, une technique de Summers sera réalisée dans le même temps que la pose de l'implant.

Implantologie : Implant de 4 * 10 mm installé dans un os de type D4, torqué à 35 N.cm.

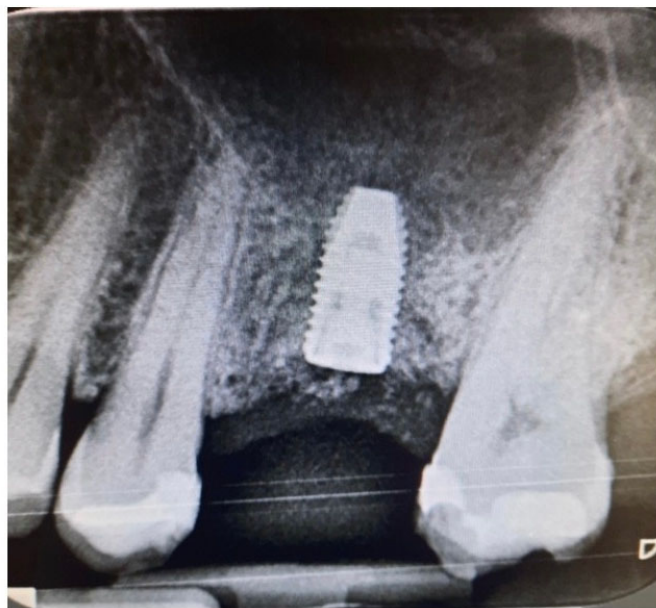


Figure 35 : Radiographie rétro-alvéolaire de l'implant en 26.

10. Discussion

Les cas cliniques exposés ont été utilisés pour évaluer la faisabilité du protocole d'étude, même si deux d'entre eux ne respectaient pas les critères d'inclusion.

Observations

Radiologie : Le champ d'irradiation n'était pas toujours ciblé sur la dent concernée. Cette variation pourrait causer des décalages lors de la superposition des deux CBCT, introduisant un potentiel biais. Cette erreur a été rectifiée pour les traitements en cours.

Mesures manuelles : Les mesures prises avec le logiciel Romexis sont manuelles et donc dépendantes de l'opérateur, introduisant une marge d'erreur. Une automatisation de la technique de mesures serait préférable.

Morphologie osseuse pré-implantaire : L'analyse n'a pas été effectuée en raison de l'indisponibilité du trépan de 2 mm prévu pour l'étude.

Utilisation du GTO : L'introduction récente du GTO dans le service de Chirurgie Orale (depuis juin 2021) explique le faible nombre de cas présentés.

Comparaison avec "sticky bone" : Le "sticky bone" est similaire au GTO en termes de propriétés viscoélastiques (62). Il est composé d'un biomatériau particulaire xénogénique et du I-PRF (plasma riche en plaquettes sous forme injectable), offrant une meilleure cohésion des particules. Ceci élimine le besoin d'une membrane recouvrante, similaire à l'approche envisagée dans l'étude. Cependant, cette technique nécessite un prélèvement sanguin du patient lors de l'opération

CONCLUSION

La greffe osseuse post-extractionnelle est une démarche essentielle pour garantir un terrain favorable à la réhabilitation orale. Parmi les techniques employées de préservation alvéolaire (ARP), on note l'utilisation des greffes autogènes, allogènes, et xénogènes, chacune ayant ses propres avantages et inconvénients. La mise sur le marché du GTO est une étape intéressante dans l'utilisation des biomatériaux de régénération osseuse.

La GTO d'Osteobiol se distingue par son approche innovante et sa facilité d'utilisation, rendant la procédure agréable tant pour le praticien que pour le patient. Les premiers résultats ont été prometteurs, montrant une capacité à promouvoir la régénération osseuse dans les sites post-extractionnels.

Cependant, le caractère récent de la GTO d'Osteobiol soulève certaines limites. Le manque de données cliniques à long terme comparativement aux méthodes de greffe osseuse traditionnelles, comme l'ARP, constitue une barrière à son adoption généralisée. Les taux de succès ne sont pas toujours à la hauteur des techniques éprouvées, ce qui peut générer des réticences chez les professionnels. Il est donc impératif de prendre en compte que l'efficacité de la GTO peut varier en fonction de divers facteurs, notamment la technique chirurgicale employée et l'état du site receveur.

Son potentiel dans la régénération osseuse post-extractionnelle ouvre la porte à des investigations plus approfondies qui pourraient confirmer biologiquement les bons résultats cliniques que nous observons.

Ils permettront de mieux cerner les avantages et les limites de la GTO d'Osteobiol, et éventuellement, de perfectionner les protocoles pour optimiser les résultats obtenus. Ces études continueront de contribuer à l'amélioration des soins et à faire évoluer les indications en matière de réhabilitation orale post-extractionnelle.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) Marieb, E. N., & Hoehn, K. (2010). *Anatomie et physiologie humaines (8e éd.)*. Pearson France.
- (2) Ten Cate, A. R. (1998). *Oral Histology: Development, Structure, and Function (5e éd.)*. Mosby.
- (3) Robling, A. G., & Bonewald, L. F. (2020). The osteocyte: new insights. *Annual Review of Physiology*, 82, 485-506.
- (4) Karsenty, G., & Wagner, E. F. (2002). Reaching a genetic and molecular understanding of skeletal development. *Developmental Cell*, 2(4), 389-406.
- (5) Bartold, P. M., & Van Dyke, T. E. (2013). Periodontitis: a host-mediated disruption of microbial homeostasis. Unlearning learned concepts. *Periodontology 2000*, 62(1), 203-217.
- (6) Dallas, S. L., & Bonewald, L. F. (2010). Dynamics of the transition from osteoblast to osteocyte. *Annals*
- (7) Bartold, P. M., & Van Dyke, T. E. (2013). Periodontitis: a host-mediated disruption of microbial homeostasis. Unlearning learned concepts. *Periodontology 2000*, 62(1), 203-217.
- (9) Robling, A. G., Castillo, A. B., & Turner, C. H. (2006). Biomechanical and molecular regulation of bone remodeling. *Annual Review of Biomedical Engineering*, 8, 455-498.
- (12) Nanci, A. (2017). *Ten Cate's oral histology: development, structure, and function (9e éd.)*. Elsevier Health Sciences.
- (13) Lindhe, J., & Lang, N. P. (2015). *Clinical periodontology and implant dentistry (6e éd.)*. John Wiley & Sons.
- (14) Bonewald, L. F. (2011). The amazing osteocyte. *Journal of Bone and Mineral Research*, 26(2), 229- 238.
- (15) Marieb, E. N., & Hoehn, K. (2010). *Anatomie et physiologie humaines (8e éd.)*. Pearson France.
- (16) Dallas, S. L., & Bonewald, L. F. (2010). Dynamics of the transition from osteoblast to osteocyte. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1192(1), 437-443.
- (17) Kini, U., & Nandeesh, B. N. (2012). Physiology of Bone Formation, Remodeling, and Metabolism. In *Radionuclide and Hybrid Bone Imaging* (pp. 29-57). Springer, Berlin, Heidelberg.
- (18) Teitelbaum, S. L. (2000). Bone resorption by osteoclasts. *Science*, 289(5484), 1504-1508.
- (19) Eriksen, E. F. (2010). Cellular mechanisms of bone remodeling. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, 11(4), 219-227.
- (20) Weinstein, R. S., Roberson, P. K., & Manolagas, S. C. (2009). Giant osteoclast formation and long-term oral bisphosphonate therapy. *New England Journal of Medicine*, 360(1), 53-62.

- (20) Marx, R.E. (2001). Platelet-rich plasma (PRP): what is PRP and what is not PRP? *Implant Dentistry*, 10(4), 225-228.
- (21) Bradshaw, A. D. (2009). The role of SPARC in extracellular matrix assembly. *Journal of cell communication and signaling*, 3(3-4), 239-246.
- (22) Foster, B.L., et al. (2014). The role of factor D signalling in osteoblast differentiation and extracellular matrix production. *Journal of Bone and Mineral Research*, 29(5), 1208-1221.
- (23) Jain, R.K., et al. (2014). Molecular regulation of vessel maturation. *Nature medicine*, 9(6), 685-693.
- (24) Sculean, A., et al. (2015). Biology and principles of periodontal wound healing/regeneration. *Periodontology 2000*, 68(1), 13-17.
- (24) Clark, R.A.F. (1996). *Wound repair: Overview and general considerations. The Molecular and Cellular Biology of Wound Repair*. Plenum Press, New York.
- (25) Madlener, M., et al. (1998). Differential expression of matrix metalloproteinases and their physiological inhibitors in acute murine skin wounds. *Archives of dermatological research*, 290(10), 579-584.
- (26) Speranza, G., et al. (2016). Role of matrix metalloproteinases in chronic wound healing: diagnostic and therapeutic implications. *Dermatologic Therapy*, 29(4), 285-290.
- (27) Bosshardt, D.D., & Sculean, A. (2009). Does periodontal tissue regeneration really work? *Periodontology 2000*, 51(1), 208-219.
- (28) Becker, W., & Becker, B.E. (2015). Flap designs for minimization of recession adjacent to maxillary anterior implant sites: A clinical study. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 12(1), 46-54.
- (29) Sodek, J., & McKee, M.D. (2000). Molecular and cellular biology of alveolar bone. *Periodontology 2000*, 24(1), 99-126.
- (30) Arana-Chavez, V.E., & Massa, L.F. (2004). Odontoblasts: the cells forming and maintaining dentine. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 36(8), 1367-1373.
- (31) D'Aiuto, F., et al. (2006). Periodontal infections cause changes in traditional and novel cardiovascular risk factors: results from a randomized controlled clinical trial. *American Heart Journal*, 151(5), 977-984.
- (32) Berglundh, T., et al. (2018). Peri-implant diseases and conditions: Consensus report of workgroup 4 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *Journal of Periodontology*, 89, S313-S318.
- (33) Miron, R.J., & Bosshardt, D.D. (2018). OsteoMacs: Key players around bone biomaterials. *Biomaterials*, 82, 1-19.
- [36] Frost, H. M. (1964). *The dynamics of bone remodeling*. Orthopedics International Editions.

- [37] Baron, R. (1977). *Bone: An introduction to the physiology of skeletal tissue*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- [38] Turner, C. H., & Pavalko, F. M. (1998). Mechanotransduction and functional response of the skeleton to physical stress: the mechanisms and mechanics of bone adaptation. *Journal of Orthopaedic Science*, 3(6), 346-355.
- [39] Sims, N. A., & Gooi, J. H. (2008). Bone remodeling: Multiple cellular interactions required for coupling of bone formation and resorption. *Seminars in Cell & Developmental Biology*, 19(5), 444-451.
- [40] Martin, T. J., & Sims, N. A. (2005). Osteoclast-derived activity in the coupling of bone formation to resorption. *Trends in Molecular Medicine*, 11(2), 76-81.
- [41] Harada, S., & Rodan, G. A. (2003). Control of osteoblast function and regulation of bone mass. *Nature*, 423(6937), 349-355.
- [42] Amler, M. H. (1969). The time sequence of tissue regeneration in human extraction wounds. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 27(3), 309-318.
- [43] Tan, W. L., Wong, T. L. T., Wong, M. C. M., & Lang, N. P. (2012). A systematic review of post- extractional alveolar hard and soft tissue dimensional changes in humans. *Clinical Oral Implants Research*, 23(suppl 5), 1-21.
- [44] Marx, R. E. (2001). Bone graft physiology with use of platelet-rich plasma and hyperbaric oxygen. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 59(4), 412-416.
- [45] Dimitriou, R., Mataliotakis, G. I., Calori, G. M., & Giannoudis, P. V. (2012). The role of osteoconduction in bone grafting. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*, 38(4), 431-442.
- [46] Cooper, L. F., & Yliheikkilä, P. K. (2017). Allograft and xenograft materials. In *Bone grafting*, (pp. 35- 49). Springer.
- [47] LeGeros, R. Z. (2002). Properties of osteoconductive biomaterials: calcium phosphates. *Clinical orthopaedics and related research*, 395, 81-98.
- [48] Bunyaratavej, P., & Wang, H. L. (2001). Collagen membranes: a review. *Journal of Periodontology*, 72(2), 215-229.
- (49) dumas.ccsd.cnrs.fr. "Présentation d'un protocole d'étude clinique pour l'évaluation d'un..." [dumas.ccsd.cnrs.fr](<https://dumas.ccsd.cnrs.fr>).
- (50) DUMAS. "Apport des biomatériaux collagénés dans la cicatrisation osseuse pré implantaire : quelles nouveautés l'osteoBiol GTO® apporte-t-il ?"
- (51) PRED. "OsteoBiol® GTO® est graduellement résorbé et est très ostéoconductif."
- (52) dz.dental-tribune.com. "OsteoBiol GTO : Un nouveau pas vers l'excellence en..."
- (53) nature.com. "State-of-the-art ready-to-use pre-hydrated biomaterial."
- (54) Iocca O, Farcomeni A, Pardiñas Lopez S, Talib HS. Alveolar ridge preservation after tooth

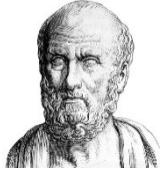
- extraction: a Bayesian Network meta-analysis of grafting materials efficacy on prevention of bone height and width reduction. *J Clin Periodontol.* 2017;44(1):104-14.
- (55) Campard G, Verner C. Les atteintes de furcations : quelles stratégies pour quels résultats ? *Journal de Parodontologie.* 2012 ;32(3): 1-8.
- (56) Os alvéolaire : Cours de parodontologie 2ème année médecine dentaire- Dr K. CHABIL.
- (57) Devenir du site d'extraction dentaire : gestion de la résorption osseuse post extractionnelle- Dr SEKLOULI- 2015
- (58) <https://public.larhumatologie.fr/remodelage-ou-renouvellement-osseux>
- (59) Dr Fernandez Philippe, Les comblements alvéolaires.
- (60) Galibourg, Hautefoy, Armand : L'os allogénique (2017)
- (61) Dohan,S, Dohan, A, Choukroun, J, Diss, A, Simonpieri, A, Girar,M-0, et al. De l'usage des concentrés plaquettaires autologues en application topique. *EMC. Odontologie.* juin 2005;1:141- 80.
- (62) Soni R, Priya A, Yadav H, Mishra N, Kumar L. Bone augmentation with sticky bone and platelet-rich fibrin by ridge-split technique and nasal floor engagement for immediate loading of dental implant after extracting impacted canine. *Natl J Maxillofac Surg.* 2019;10(1):98-101.
- (63) A systematic review of post-extractional alveolar hard and soft tissue dimensional changes in human” Wah Lay Tan, Terry L. T. Wong, May C. M.Wong, Niklaus P. Lang, Decembre 2011
- (64) Bone Healing and Soft Tissue Contour Changes Following Single-Tooth Extraction:A Clinical and Radiographic 12-Month Prospective Study “ September 2003
- (65) Cardaropoli, D., Cardaropoli, G. “Preservation of the Postextraction Alveolar Ridge: A Clinical and Histologic Study” *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry* 2008 ; 28(5): 469–77
- (66) Fickl, S., Zuhr, O., Wachtel, H., Bolz, W., Huerzeler, M.B. “Hard Tissue Alterations after Socket Preservation: An Experimental Study in the Beagle Dog.” *Clinical Oral Implants Research* 2008 ; 19(11) : 1111–18.
- (67) Fickl, S., Zuhr, O., Wachtel, H., Stappert, C.F.J., Stein, J.M., Hürzeler, M.B. “Dimensional Changes of the Alveolar Ridge Contour after Different Socket Preservation Techniques.” *Journal of Clinical Periodontology* 2008 ; 35(10) : 906–13
- (68) Botticelli, D., Berglundh, T., Lindhe, J. “The Influence of a Biomaterial on the Closure of a Marginal Hard Tissue Defect Adjacent to Implants.” *Clinical Oral Implants Research* 2004; 15(3) : 285–92.
- (69) Oghli, A.A., Steveling, H. “Ridge Preservation Following Tooth Extraction : a Comparison between Atraumatic Extraction and Socket Seal Surgery.” *Quintessence*

International. 2010 ; 41(7) : 605–9.

- (70) Injectable platelet rich fibrin (i-PRF): opportunities in regenerative dentistry? Richard J. Miron, Masako Fujioka-Kobayashi, Maria Hernandez, Umadevi Kandalam, Yufeng Zhang, Joseph Choukroun.
- (71) Fifteen Years of Platelet Rich Fibrin in Dentistry and Oromaxillofacial Surgery: How High is the Level of Scientific Evidence? Shahram Ghanaati, MD, DMD, PhD; Carlos Herrera-Vizcaino, DDS; Sarah Al-Maawi, DMD; Jonas Lorenz, DMD; Richard J Miron, DDS; Katja Nelson, DMD, PhD; Frank Schwarz, DMD, PhD; Joseph Choukroun, MD; Robert Sader, MD, DMD, PhD
- (72) Use of platelet-rich fibrin in regenerative dentistry: a systematic review :Richard J. Miron, Giovanni Zucchelli, Michael A. Pikos, Maurice Salama, Samuel Lee, Vincent Guillemette, Masako Fujioka-Kobayashi, Mark Bishara, Yufeng Zhang, Hom-Lay Wang, Fatiha Chandad, Cleopatra Nacopoulos, Alain Simonpieri, Alexandre Amir Aalam, Pietro Felice, Gilberto Sammartino, Shahram Ghanaati, Maria A Hernandez & Joseph Choukroun
- (73) Marrelli, M., Tatullo, M. "Influence of PRF in the Healing of Bone and Gingival Tissues. Clinical and Histological Evaluations." European Review for Medical and Pharmacological Sciences. 2013 ; 17(14)
- (74) Bauer SM, Bauer RJ, Liu ZJ, Chen H, Goldstein L, Velazquez OC. Vascular endothelial growth factor- promotes vasculogenesis, angiogenesis, and collagen constriction in three-dimensional collagen gels. J Vasc Surg. avr 2005;41(4): 699-707.
- (75) Minor AJ, Coulombe KKL. Engineering a collagen matrix for cell-instructive regenerative angiogenesis. J Biomed Mater Res B Appl Biomater. Août 2020;108(6):2407-16.
- (76) Audran M, Guillaume B, Chappard D. Tissu osseux et biomateriaux en chirurgie dentaire. In 2014. p. 5-9. (Quintessence publishing).

Table des figures

Figure 1 : Structure de l'os alvéolaire.....	3
Figure 2 : Etapes de synthèse du collagène	4
Figure 3 : Les 5 étapes de la cicatrisation.....	6
Figure 4 : Remaniement osseux	7
Figure 5 : Préservation alvolaire post-extractionnelle	10
Figure 6 : Tableau - Classificarion des matériaux utilisés pour les greffes osseuses implantaires	12
Figure 7 : Application des membranes dans la régénération osseuse guidée Illustration par GlobalD®	13
Figure 8 : à gauche : échec de RTG due à l'exposition prématurée d'une membrane e-PFTE à 3 semaines après la mise en place de la membrane ; au milieu : la membrane a été retirée et le site nettoyé ; à droite : membrane infectée après retrait.	14
Figure 9 : Etapes de production et de préparation du PRF	15
Figure 10 : Variation de la viscosité du TSV gel® en fonction de la température	18
Figure 11 : Cas n°1	20
Figure 12 : Cas n°2	21
Figure 13 : Mesures et données recueillies.....	24
Figure 14 : Mesures de la hauteur de la crête osseuse vestibulaire sur les deux CBCT.	25
Figure 15 : Photographie - Cas n°1 - Vue vestibulaire des secteurs 1 et 4.....	28
Figure 16 : Photographie - Arcade maxillaire.....	29
Figure 17 : CBCT 1 de Madame B.	29
Figure 18 : Photographie - Mesure de la distance vestibulo-palatine.	30
Figure 19 : Photographie - Comblement au GTO.	30
Figure 20 : Photographies - Mesure de la distance vestibulo-palatine.....	31
Figure 21 : CBCT 2 de Madame B.	32
Figure 22 : Cas n°2 - Sourire du patient.....	33
Figure 23 : Vue occlusale de l'arcade maxillaire.	33
Figure 24 : CBCT 1 de Monsieur G.....	34
Figure 25 : Mesures de l'épaisseur avant et après comblement osseux sur la crête de 2 mm sous la crête.	35
Figure 26 : Mesures de la hauteur verticale vestibulaire.....	36
Figure 27 : Radiographie rétro-alvéolaire de l'implant en 21.	36
Figure 28 : Photographie - Cas n°3 - Secteur 2, sonde parodontale insérée dans la fistule.	37
Figure 29 : CBCT 1 de Monsieur D.....	38
Figure 30 : Photographie - Distance vestibulo-palatine mesurée à 10 mm.....	39
Figure 31 : Photographie - Comblement au GTO.	40
Figure 32 : Photographies - Distance vestibulo-palatine mesurée à 5 mm.	41
Figure 33 : CBCT 2 de Monsieur D.....	42
Figure 34 : Planification implantaire après comblement alvéolaire. Dans ce las ci-dessous, une technique de Summers sera réalisée dans le même temps que la pose de l'implant.	42
Figure 35 : Radiographie rétro-alvéolaire de l'implant en 26.	43



SERMENT MEDICAL

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

TRABELSI Eytan - Suivi à court terme après comblement alvéolaire post extractionnel au GTO-Osteobiol®

Th. : Chir. Dent. : Marseille : Aix-Marseille Université : 2023

Rubrique de classement : Chirurgie Orale

Résumé : Chaque extraction dentaire induit une reconfiguration de l'os alvéolaire, une résorption potentiellement contraignante pour l'implantation. En cas d'insuffisance osseuse en hauteur et en largeur compromettant le positionnement optimal de l'implant, une greffe osseuse devient impérative. Traditionnellement considérée comme le gold standard en raison de ses caractéristiques biologiques, immunologiques et médico-légales, la greffe autogène est aujourd'hui confrontée à l'émergence de nouveaux substituts xénogéniques collagénés, tels que l'Osteobiol GTO®.

Le GTO®, constitué du gel TSV® à base de collagène, se distingue par sa manipulation aisée et sa stabilité mécanique, durcissant après 24 heures sur le site greffé. Il intègre également du collagène cortico-spongieux, conférant des propriétés biologiques et optimisant le processus de cicatrisation osseuse.

Cette étude rétrospective vise à évaluer l'efficacité et la praticité de mise en œuvre de ce biomatériau dans le contexte des greffes post-extractionnelles.

Mots-clés : cicatrisation osseuse, greffe osseuse, substituts osseux, GTO®.

TRABELSI Eytan - Short-Term Follow-up after Post-Extractional Alveolar Augmentation with GTO-Osteobiol®

Abstract : Each dental extraction induces a reconfiguration of the alveolar bone, a potentially restrictive resorption for implantation. In cases of insufficient bone height and width compromising the optimal positioning of the implant, bone grafting becomes imperative. Traditionally regarded as the gold standard due to its biological, immunological, and medicolegal characteristics, autogenous grafting is now challenged by the emergence of new collagen-based xenogeneic substitutes, such as Osteobiol GTO®.

GTO®, composed of collagen-based TSV® gel, stands out for its easy manipulation and mechanical stability, hardening after 24 hours at the graft site. It also incorporates cortico-spongy collagen, providing biological properties and optimizing the bone healing process.

This retrospective study aims to assess the effectiveness and practicality of implementing this biomaterial in the context of post-extractional grafts.

Keywords : bone healing, bone graft, bone substitutes, GTO®.