

UNIVERSITÉ TOULOUSE III – PAUL SABATIER
FACULTÉ DE SANTÉ – DÉPARTEMENT D'ODONTOLOGIE

ANNÉE 2023

2023 TOU3 3076

THESE

POUR LE DIPLÔME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE Présentée
et soutenue publiquement

par

Marine BAREILLES

le 26 Octobre 2023

**ETUDE D'UTILISATION DES SUBSTITUTS OSSEUX PAR LES CHIRURGIENS
DENTISTES FRANCAIS.**

Directeurs de thèse : Drs Thibault CANCEILL et Jérémy SOULIE

JURY

Président : Pr Sarah COUSTY

1^{er} assesseur : Dr Thibault CANCEILL

2^{ème} assesseur : Dr Julien DELRIEU

3^{ème} assesseur : Dr Jérémy SOULIE



**UNIVERSITÉ
TOULOUSE III**
PAUL SABATIER



Université
de Toulouse

*Faculté de santé
Département d'Odontologie*

➔ DIRECTION

Doyen de la Faculté de Santé
M. Philippe POMAR

Vice Doyenne de la Faculté de Santé
Directrice du Département d'Odontologie
Mme Sara DALICIEUX-LAURENCIN

Directeurs Adjointes
Mme Sarah COUSTY
M. Florent DESTRUHAUT

Directrice Administrative
Mme Muriel VERDAGUER

Présidente du Comité Scientifique
Mme Cathy NABET

➔ HONORARIAT

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

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

➔ PERSONNEL ENSEIGNANT

Section CNU 56 : Développement, Croissance et Prévention

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

ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE

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

ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

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

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

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

Section CNU 57 : Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale

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

PARODONTOLOGIE

Professeurs d'Université : Mme Sara LAURENCIN-DALICIEUX,
Maîtres de Conférences : Mme Alexia VINEL, Mme. Charlotte THOMAS
Assistants : M. Joffrey D'URAN, M. Antoine AL HALABI
Adjointes d'Enseignement : M. Loïc CALVO, M. Christophe LAFFORGUE, M. Antoine SANCIER, M. Ronan BARRE ,
Mme Myriam KADDECH, M. Matthieu RIMBERT,

CHIRURGIE ORALE

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

BIOLOGIE ORALE

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

Section CNU 58 : Réhabilitation Orale

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

DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE

Professeur d'Université : M. Franck DIEMER
Maîtres de Conférences : M. Philippe GUIGNES, Mme Marie GURGEL-GEORGELIN, Mme Delphine MARET-COMTESSE
Assistants : M. Ludovic PELLETIER, Mme Laura PASCALIN, M. Thibault DECAMPS
M. Nicolas ALAUX, M. Vincent SUAREZ, M. Lorris BOIVIN
Adjoints d'Enseignement : M. Eric BALGUERIE, M. Jean-Philippe MALLET, M. Rami HAMDAN, M. Romain DUCASSE, Mme Lucie RAPP

PROTHÈSES

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

FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX

Professeur d'Université : Mr. Paul MONSARRAT
Maîtres de Conférences : Mme Sabine JONJOT, M. Karim NASR, M. Thibault CANCEILL, M. Julien DELRIEU
Assistants : M. Paul PAGES, M. Olivier DENY
Adjoints d'Enseignement : Mme Sylvie MAGNE, M. Thierry VERGÉ, M. Damien OSTROWSKI

Mise à jour pour le 01 Septembre 2023

Remerciements

A mes parents, merci de m'avoir toujours suivie durant ces longues années d'études, d'avoir cru en mes capacités et de m'avoir donné l'opportunité de réussir par votre éducation, votre amour et votre soutien. Je vous en suis grandement reconnaissante.

A ma sœur, merci d'être ma sœur, de m'écouter, me conseiller, me rassurer, te moquer, crier, même si c'est moi la grande... Bref, tu remplis ton rôle à merveille.

A mes grands-parents, et tout le reste de ma famille, merci pour ces moments en famille et l'intérêt que vous me portez.

A Rudy, merci d'être présent dans les bons comme les mauvais moments. Merci pour ton soutien quotidien et ta patience légendaire. Je sais que je peux compter sur toi.

A Elodie, Marion et Mélanie C, merci pour votre disponibilité à toute heure du jour et de la nuit, pour vos conseils, et tous ces moments ensemble passés et à venir.

A Mélanie D, ma binôme, merci pour ces années, on a bien travaillé mais surtout bien rigolé. Il est temps de tourner la page faculté mais le livre de notre amitié reste ouvert.

A Valentin et Théo, les premiers copains de la fac, et une amitié intacte 6 ans après.

A Lola et Eloïse, très heureuse d'avoir croisé votre chemin sur les bancs de la faculté et toujours prêtes à faire la fête, ou aller se balader, on ne s'ennuie jamais !

A Mélanie F et Anthony, merci pour les 6 mois en votre compagnie sur l'île intense où on s'est bien régalés (ça me manque déjà...) !

A Dine, à nos défis sportifs entre deux soirées arrosées. J'attends ton retour et celui de Mathilde avec impatience pour de nouvelles aventures.

A Sylvie, Henry, Pauline, Guillaume, Pierre et Margaux merci pour ces moments partagés.

A notre présidente du Jury

Madame le Professeur Sarah COUSTY,

- ✚ Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- ✚ Diplôme d'Etudes Supérieures de Chirurgie Buccale (D.E.S.C.B.),
- ✚ Docteur de l'Université Paul Sabatier,
- ✚ Habilitation à Diriger des Recherches (H.D.R.),
- ✚ Ancienne Interne des Hôpitaux de Toulouse,
- ✚ Lauréate de l'Université Paul Sabatier,
- ✚ Spécialiste qualifiée en chirurgie orale

Merci de me faire l'honneur de présider cette soutenance de thèse. Merci pour votre enseignement tout au long de notre cursus qu'il soit théorique ou pratique notamment à l'Hôtel Dieu.

A mes directeurs de thèse

Monsieur le Docteur Thibault CANCEILL,

- ✚ Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- ✚ Docteur en Chirurgie Dentaire,
- ✚ Docteur en sciences des matériaux,
- ✚ Master 1 de Santé Publique,
- ✚ Master 2 de Physiopathologie,
- ✚ CES de Biomatériaux en Odontologie,
- ✚ D.U.de conception Fabrication Assisté par ordinateur en Odontologie (CFAO),
- ✚ D.U. de Recherche Clinique en Odontologie,
- ✚ Attestation de Formation aux gestes et Soins d'Urgence de Niveau 2

Merci de m'avoir accompagnée durant toutes ces études, depuis les cours de dessin d'anatomie dentaire, en passant par les biomatériaux et enfin la clinique. Merci de m'avoir fait confiance pour l'écriture de cette thèse mais également en clinique pour la prise en charge de nombreux patients et notamment mon premier collage. Je garde un très bon souvenir de ces années d'études à vos côtés.

A mon jury de thèse

Monsieur le Docteur Julien DELRIEU,

- ✚ Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- ✚ Docteur en Chirurgie Dentaire,
- ✚ CES de Prothèse Fixée,
- ✚ Master 1 de Santé Publique,
- ✚ Master 2 d'Anthropobiologie intégrative

Merci d'avoir accepté de faire parti de mon jury et surtout merci pour votre implication et la création d'Odontoulouse qui nous a beaucoup servi durant nos études et nous sert encore aujourd'hui.

A mes directeurs de thèse

Monsieur le Docteur Jeremy SOULIE,

- ✚ Docteur en chimie des matériaux
- ✚ Maître de conférence à l'Institut National Polytechnique de Toulouse
- ✚ Chercheur au CIRIMAT

Merci de m'avoir fait confiance pour ce projet mené en collaboration avec le laboratoire du CIRIMAT et l'Institut National Polytechnique de Toulouse. Merci également à tous les deux, avec Jeanne PERRUSSEL d'avoir accordé du temps à ma thèse et de m'avoir expliqué le processus de vos recherches.

TABLE DES MATIÈRES:

Introduction	11
I. Les différents matériaux de régénération osseuse :.....	13
A. Les matériaux d'origine naturelle	13
1. L'autogreffe	13
2. L'allogreffe	13
3. Les xénogreffes.....	14
4. Les concentrés plaquettaires.....	14
B. Les matériaux d'origine synthétique.....	15
1. Les biocéramiques synthétiques	15
a) L'hydroxyapatite.....	15
b) Le phosphate tricalcique	16
c) Les céramiques biphasiques.....	16
d) Les bioverres	17
2. Les matériaux composites : polymères/céramiques	18
II. Matériels et méthodes :.....	20
A. Description du questionnaire.....	20
B. Population cible	26
C. Diffusion du questionnaire	26
D. Anonymisation des réponses	27
III. Résultats :.....	28
A. Les résultats des données épidémiologiques.....	28
B. La pratique de la régénération osseuse au cabinet dentaire	34
C. Les perspectives en termes de régénération osseuse.....	40
IV. Discussion	44
V. La préservation alvéolaire : Qu'en est-il aujourd'hui ?	49
Conclusion	56
Annexes	57
Bibliographie	61
Table des illustrations :.....	65

Introduction

Avant-propos : Ce travail de thèse s'est inscrit dans un projet de recherche mené au laboratoire CIRIMAT de l'Université Paul Sabatier et de l'Institut National Polytechnique de Toulouse, financé par l'organisme Toulouse Tech Transfer.

Le matériau idéal en terme de régénération osseuse doit être ostéogène, cependant le biomatériau ostéogène parfait n'existe pas et les produits disponibles sur le marché sont ostéoconducteurs ou au mieux ostéoinducteurs. Ces propriétés sont essentielles à l'ostéointégration du greffon. L'ostéoconduction est une caractéristique que chaque substitut osseux se doit de posséder au minimum pour la régénération osseuse. Le substitut osseux ostéoconducteur est une matrice servant de développement aux ostéoblastes pour la prolifération osseuse et la formation d'un os natif (1). Il s'agit d'un « échafaudage » (*scaffold* en anglais) (2).

L'ostéoinduction par définition permet d'induire la différenciation des cellules ostéoprogénitrices en cellules souches, et d'induire une activité cellulaire sur le site de la greffe. Un substitut osseux ostéoinducteur est plus intéressant qu'un substitut seulement ostéoconducteur puisqu'il y a un recrutement de nouveaux ostéoblastes permettant une régénération osseuse plus rapide (1).

L'ostéogénèse est le critère de régénération osseuse majeur puisque ce sont les cellules osseuses vivantes du substitut osseux directement qui participent à la croissance d'un os nouveau en même temps que la formation osseuse elle-même. Le matériau de substitution osseuse idéal doit avoir un potentiel ostéoinducteur et angiogénique élevé, une stabilité volumétrique, une disponibilité sur le marché à un coût raisonnable ainsi qu'une faible toxicité pour les patients. Il doit également faire l'objet de tests cliniques en laboratoire pour certifier sa sécurité biologique (3). La porosité du substitut doit permettre la colonisation par les cellules osseuses et sanguines et l'état de surface du substitut conditionne son intégration au sein de l'os. Les matériaux doivent être mécaniquement résistants et à la fois résorbables de façon à laisser la place pour l'os nouvellement formé. Cependant, si leur résorption est trop rapide, le substitut ne joue plus son rôle de support et la greffe osseuse ne peut aboutir à un résultat satisfaisant (3).

Les matériaux de régénération osseuse sont diversifiés tant dans leurs origines, compositions, utilisations, résultats cliniques, commercialisation et bien encore. Ils sont utilisés depuis de nombreuses années. En odontologie, on retrouve leur utilisation lors d'un grand nombre d'actes de chirurgie orale. Cette variété de substituts pose le problème de savoir lequel utiliser lors d'un acte de chirurgie orale et pourquoi sont-ils aussi nombreux ? Y'a-t-il un matériau spécifique pour une technique chirurgicale particulière ou un matériau supérieur à un autre en terme de régénération osseuse ? A notre connaissance, aucune étude ne fait l'état des lieux de l'utilisation de ces substituts par les chirurgiens dentistes français. C'est ce que nous avons voulu mettre en évidence dans ce travail de thèse. Tout d'abord, un répertoire des différents substituts osseux les plus courants. Puis, la description du questionnaire que nous avons diffusé, sur l'étude d'utilisation des substituts osseux par les chirurgiens dentistes français, ainsi que les résultats qui en découlent. Ensuite, la confrontation de nos résultats aux données scientifiques actuelles. Enfin, une ouverture sur la préservation alvéolaire sachant qu'il s'agit d'une technique répandue chez les chirurgiens dentistes français.

I. Les différents matériaux de régénération osseuse :

A. Les matériaux d'origine naturelle

1. L'autogreffe

Ce type de greffe constitue encore aujourd'hui le *gold standard* de la greffe osseuse (4). En effet, toutes les propriétés requises sont cochées au sein de l'autogreffe dans la mesure où elle contient les cellules osseuses du patient. Le risque de contamination de l'hôte et du rejet du greffon n'existe pas. Le greffon provient de l'hôte lui-même, aucun traitement n'est nécessaire avant la greffe puisqu'il s'agit du même individu, il n'a donc pas de risque de rejet par une réaction antigène-anticorps non contrôlée. De plus, il n'y a pas non plus de risque de contamination du greffon ou bien de transmission de maladies telles que le VIH ou les hépatites B ou C via la greffe osseuse, ce qui présente un avantage majeur en termes de sécurité. Il faut noter cependant que ce type de greffe n'est pas adapté à la reconstruction de grands défauts osseux puisqu'il faut pouvoir prélever assez d'os chez le patient en amont. Ce prélèvement pouvant entraîner des complications secondaires telles que des douleurs, une cicatrisation difficile, des saignements, une inflammation ou encore une lésion nerveuse au niveau du site donneur.

2. L'allogreffe

Un substitut osseux est un biomatériau utilisé dans le cadre d'un défaut osseux. Ce matériau peut être d'origine humaine, animale, végétale ou synthétique (5). L'allogreffe en tant que substitut osseux peut être issue d'un os cortical, spongieux, mixte ou bien d'une matrice osseuse déminéralisée (DBM). L'os lyophilisé a une durée de conservation plus importante dans le temps. Cependant, son rôle ostéoinducteur ainsi que sa résistance mécanique en sont impactés négativement (6).

La matrice osseuse déminéralisée présente un traitement à l'acide (acide lactique, acétique ou nitrique). Ce traitement expose la matrice osseuse interne sous-jacente, riche en protéines morphogéniques osseuses et en facteurs de croissance, tels que le TGF- β et le FGF. Il permet donc la différenciation des cellules souches mésenchymateuses en ostéoblastes, lui conférant une capacité ostéo-inductrice que non pas les allogreffes spongieuses ou corticales (7). De plus, le rejet immunologique est minimal en raison de l'élimination de la structure de surface antigénique de l'os pendant le traitement à l'acide. Cependant, il existe un manque de support structurel, ce qui réduit son utilisation aux défauts de faibles étendus ou bien à une utilisation en combinaison avec d'autres allogreffes.

L'allogreffe osseuse lyophilisée minéralisée (FDBA) semble moins intéressante dans la préservation alvéolaire en comparaison à l'allogreffe osseuse lyophilisée déminéralisée (DFDBA) (7).

Il existe des similarités structurelles entre l'os cortical autogène et allogène, il permet d'assurer un rôle de soutien de la greffe. L'os spongieux lui possède des propriétés moindres.

L'allogreffe tend à disparaître sur le long terme puisque les dons sont de plus en plus faibles et les normes européennes de plus en plus complexes (3).

3. Les xéno greffes

Il s'agit d'os d'origine animale. Il peut être d'origine porcine ou bovine. L'os bovin est plus utilisé et présente des résultats significativement supérieurs en matière de régénération osseuse en comparaison aux biomatériaux synthétiques (3).

L'os bovin déprotéinisé disponible dans le commerce sous le nom de *BioOss*™ est particulièrement connu. A l'heure actuelle, il semblerait que les chirurgiens dentistes européens préfèrent les xéno greffes (3).

4. Les concentrés plaquettaires

Le Plasma Riche en Fibrine (PRF) utilisé dans le comblement alvéolaire seul permet de réduire la perte osseuse qui se produit suite à une extraction dentaire (8). Le comblement alvéolaire est une technique qui vise, suite à une avulsion dentaire atraumatique, à combler l'alvéole par un biomatériau afin d'éviter une perte osseuse

trop importante. Ce comblement a pour but d'éviter ou de limiter le recours à la greffe osseuse par la suite, malgré la perte osseuse inévitable (9). Le comblement alvéolaire entre dans la catégorie des complements osseux. Un comblement osseux est un biomatériau contrôlé et remplissant un cahier des charges (dispositif médicalement implantable), que l'on implante au sein de la cavité buccale (10). Il existe différents types de comblement osseux dans le cadre de la chirurgie dentaire, le comblement post extractionnel que nous venons de voir, la greffe osseuse à proprement parler afin de rétablir un défaut osseux important (greffe implantaire, défaut osseux parodontal, défaut osseux suite à un traumatisme dentaire) ou encore le sinus lift (10).

Le PRF permet l'adhésion, la prolifération et la migration des ostéoblastes en raison de sa concentration en facteurs de croissance (PDGF, TGF, IGF) (11). Cependant, l'utilisation du PRF en préservation alvéolaire démontre un taux de résorption verticale élevée. Il est donc intéressant de l'utiliser en combinaison avec d'autres biomatériaux afin d'améliorer la qualité osseuse (7).

Lorsqu'on regarde la perte osseuse alvéolaire post extractionnelle avec une alvéole remplie de phosphate tricalcique bêta en comparaison à du PRF, on remarque une différence statistiquement significative en faveur du β TCP pour la perte de hauteur osseuse (7).

B. Les matériaux d'origine synthétique

1. Les biocéramiques synthétiques

a) L'hydroxyapatite

L'apatite non-stoechiométrique et métastable existe naturellement dans les os de mammifères, les coquillages, les sources marines, les algues et les minéraux. Elle peut également être synthétisée par l'homme. Il s'agit d'apatite stœchiométrique peu résorbable voire non résorbable dont la formule chimique suivante : $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, donc principalement composée de phosphate et de calcium (12). Le rapport Ca/P est de 1,67.

D'après une revue systématique de Dewi et Ana, ce matériau présente peu d'intérêt seul sur une augmentation de la crête alvéolaire ou dans le comblement des défauts parodontaux. La préservation de la crête alvéolaire est significativement meilleure avec un bovin inorganique (Bio-Oss) contenant 10% de collagène qu'avec un substitut osseux synthétique composé d'HA et de dioxyde de silicone (NanoBone) (13). L'HA inorganique d'origine bovine a une meilleure ostéoconduction que l'hydroxyapatite synthétique seule ou en association avec du phosphate tricalcique (13). Dans cette revue systématique, il est également montré que pour une augmentation du niveau osseux sinusien, l'hydroxyapatite a une efficacité statistiquement significative. Concernant toujours la préservation alvéolaire, Canullo et al. (14) ont analysé des alvéoles à 4 et 12 mois en post greffe d'hydroxyapatite enrichie en magnésium. Ils observent une cicatrisation complète de l'alvéole dentaire. De l'os nouvellement formé est obtenu avec des espaces médullaires physiologiques et le biomatériau résiduel se résorbe peu à peu.

b) Le phosphate tricalcique

Sa formule chimique est $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. On trouve du phosphate tricalcique alpha ou bêta, le bêta étant le plus utilisé. Il s'agit d'un matériau résorbable (15). Les ions phosphate et calcium sont relargués dans le milieu extracellulaire et sont utilisés pour la néoformation osseuse, c'est donc un matériau ostéoconducteur.

Fielding, Bandyopadhyay et Bose ont démontré que l'addition d'oxydes de silicium et de zinc au phosphate bêta-tricalcique augmentait la résistance à la compression à 2,5 fois et la viabilité cellulaire à 92 % (3). En effet, sa résorption est supérieure à l'hydroxyapatite mais sa résistance mécanique est moindre ne permettant pas son utilisation dans tous les types de greffes.

c) Les céramiques biphasiques

Ce type de matériau a l'avantage de combiner les avantages de l'hydroxyapatite et du phosphate tricalcique dans un seul matériau afin d'obtenir de meilleures propriétés

(15). Elles permettent d'allier la résorption rapide du β -TCP due à la solubilisation des ions tout en maintenant l'espace médullaire grâce à la faible résorption de l'hydroxyapatite. En fonction du rapport hydroxyapatite/phosphate tricalcique (HA/ β -TCP), on peut contrôler la vitesse de résorption du biomatériau.

d) Les bioverres

Les bioverres sont formés d'oxydes de phosphore, silice, sodium et calcium. Ils sont dits bioactifs de par leur réaction de surface et le relargage d'ions bioactifs qui stimulent les cellules du tissu osseux. L'échange d'ions calcium et sodium avec les protons des fluides biologiques entraîne un pH alcalin formant une couche d'apatite carbonatée permettant la liaison du biomatériau avec l'os (16). Cette liaison chimique se fait sans interposition de couche fibreuse et c'est là le principal avantage des verres bioactifs par rapport aux autres matériaux de régénération osseuse.

Voici le mécanisme d'action des bioverres dans la figure 1 ci-dessous.

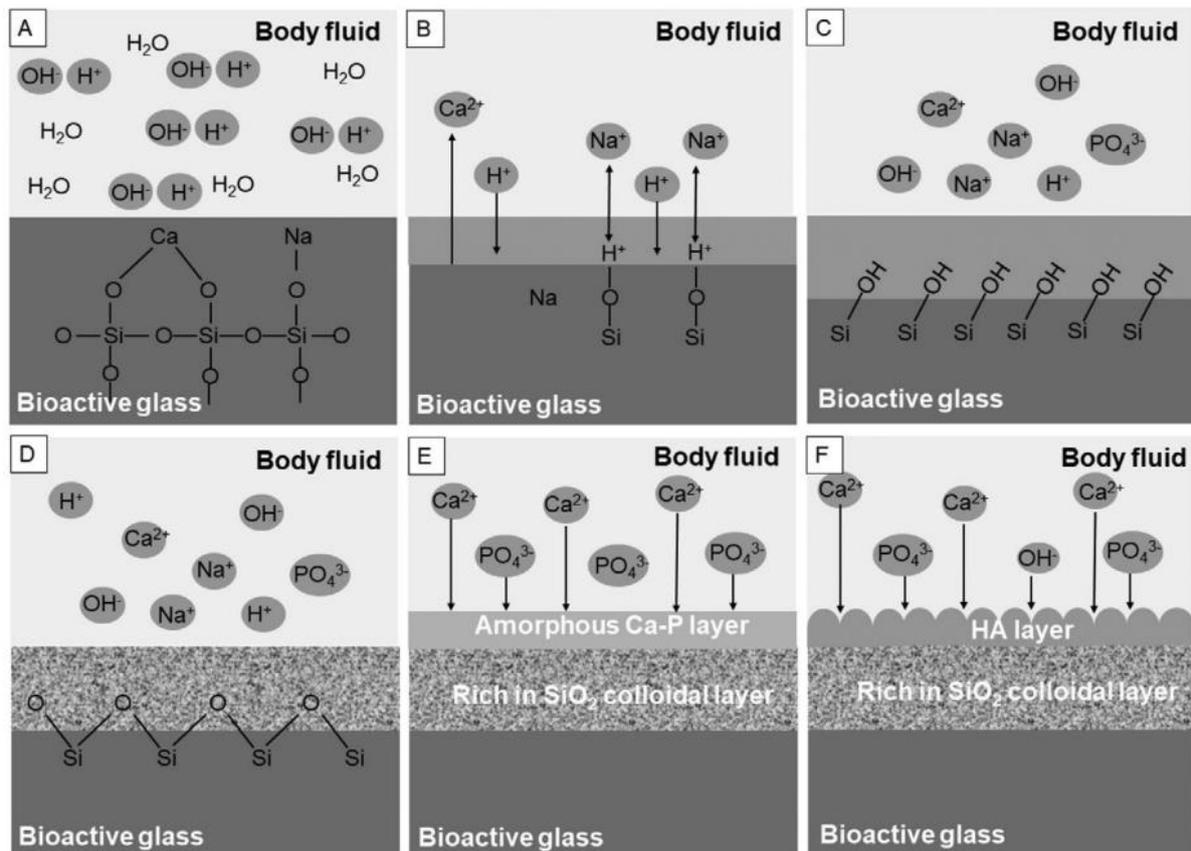


Figure 1 : Mécanisme d'action d'un bioverre, Source (17)

a) : le bioverre dans le fluide corporel, b) : échange d'ions Na^+ entre le bioverre et le fluide corporel, c) : formation de liaisons Si-OH et libération de Si(OH)_4 , d) : polycondensation de $\text{SiOH} + \text{SiOH} = \text{Si-O}$ pour la formation du gel de silice silice hydratée, e) : absorption Ca^{2+} , PO_4^{3-} , CO_3^{2-} , f) : cristallisation de la couche d'apatite d'hydrocarbonate (HCA).

Il s'agit d'un matériau biorésorbable, biocompatible et ostéo simulateur. Il n'y a aucun risque de contamination puisqu'il s'agit d'un matériau 100% synthétique. La capacité de liaison du verre bioactif à l'os dépend de sa composition. La meilleure formule est celle à 45% de silice avec un rapport Ca/P égale à 5; ce qui lui a valu le nom de verre bioactif 45S5 (18).

2. Les matériaux composites : polymères/céramiques

Il existe des matériaux à base de polymères synthétiques ou naturels combinés à de la céramique. Parmi les polymères naturels on retrouve les alginate, la fibroïne de soie, le chitosane, le collagène; parmi les synthétiques, les polyesters aliphatiques tels que le polycaprolactone, les acides polyglycolique et polylactique (19) (20). Le

polymère permet de donner une cohésion mécanique aux particules du biomatériau entre elles. De ce fait, il augmente la stabilité lors du comblement d'un défaut osseux. En effet, les matériaux présents sous forme de particules ont des problèmes de stabilité, d'où l'intérêt de l'apport d'une membrane la plupart du temps afin de maintenir le biomatériau en place. De plus, le polymère contribue à l'exclusion des cellules épithéliales lors de la néo formation osseuse (21). Cependant, cet ajout de polymère doit respecter un cahier des charges. Le polymère doit être biocompatible, avoir une durée de dégradation assez rapide correspondant à la colonisation vasculaire et cellulaire du site de comblement et son produit de dégradation ne doit pas altérer la néo formation osseuse et doit lui-même être également biocompatible. La porosité et les propriétés mécaniques des polymères peuvent être modifiées (22).

Les polymères seuls présentant peu d'intérêt dans un comblement osseux, ils sont associés à des biomatériaux. Une revue systématique de Wang et al. (23) a permis de montrer que l'utilisation de polymères combinés aux bioverres permet la minéralisation ainsi que la neutralisation des acides causés par le polymère. Le dopage des biomatériaux pour des composites par des ions bioactifs peut leur conférer des propriétés additionnelles.

Le zinc en particulier permet une augmentation de l'activité ostéoblastique et une diminution de l'activité ostéoclastique. L'utilisation de silicium permet lui de favoriser l'angiogenèse. Une combinaison polymère/silicium/zinc montre une meilleure régénération osseuse que l'association polymère/zinc via l'activité de l'angiogenèse dans un premier temps suivi de l'ostéogenèse dans un second temps. Il faut noter que cette étude n'a pas permis de réaliser une méta analyse et que les polymères synthétiques n'ont pas, d'après Wang et al, été cliniquement étudiés chez l'homme dans le cadre de la régénération osseuse en odontologie (23).

II. Matériels et méthodes :

A. Description du questionnaire

Ce travail de thèse porte sur l'étude des matériaux de comblement osseux au cabinet dentaire. Nous avons défini dans la partie précédente le comblement osseux ainsi que plusieurs substituts osseux. Notre objectif est d'étudier quels sont ceux qui sont utilisés dans les cabinets dentaires français. Quel est le critère qui guide le choix d'un biomatériau ? Est-ce que l'utilisation des substituts osseux par les chirurgiens dentistes français est en accord avec les données actuelles de la science ? Est-ce que les articles scientifiques mettent en évidence que les substituts les plus utilisés dans la littérature sont également ceux qui sont les plus utilisés par nos chirurgiens dentistes français ? Pour répondre à cela, nous avons créé un questionnaire respectant la grille CROSS (24). Notre travail correspond à une étude transversale descriptive. Ce type d'étude permet de recueillir des données quantifiables qui pourront ensuite être analysées. Une multitude de données peuvent être récupérées telles que des données socio démographiques, des données sur les comportements, les habitudes, les préférences. L'avantage de ce type d'étude est qu'elle permet l'analyse d'une grande partie de la population rapidement à un moment donné.

Pour la mener à bien, nous avons créé un questionnaire en trois étapes afin de mieux connaître les pratiques des chirurgiens dentistes français en matière de régénération osseuse. La première étape du questionnaire concerne l'épidémiologie, elle permet de se renseigner sur le chirurgien dentiste qui répond à notre étude par des questions simples (figure 2).

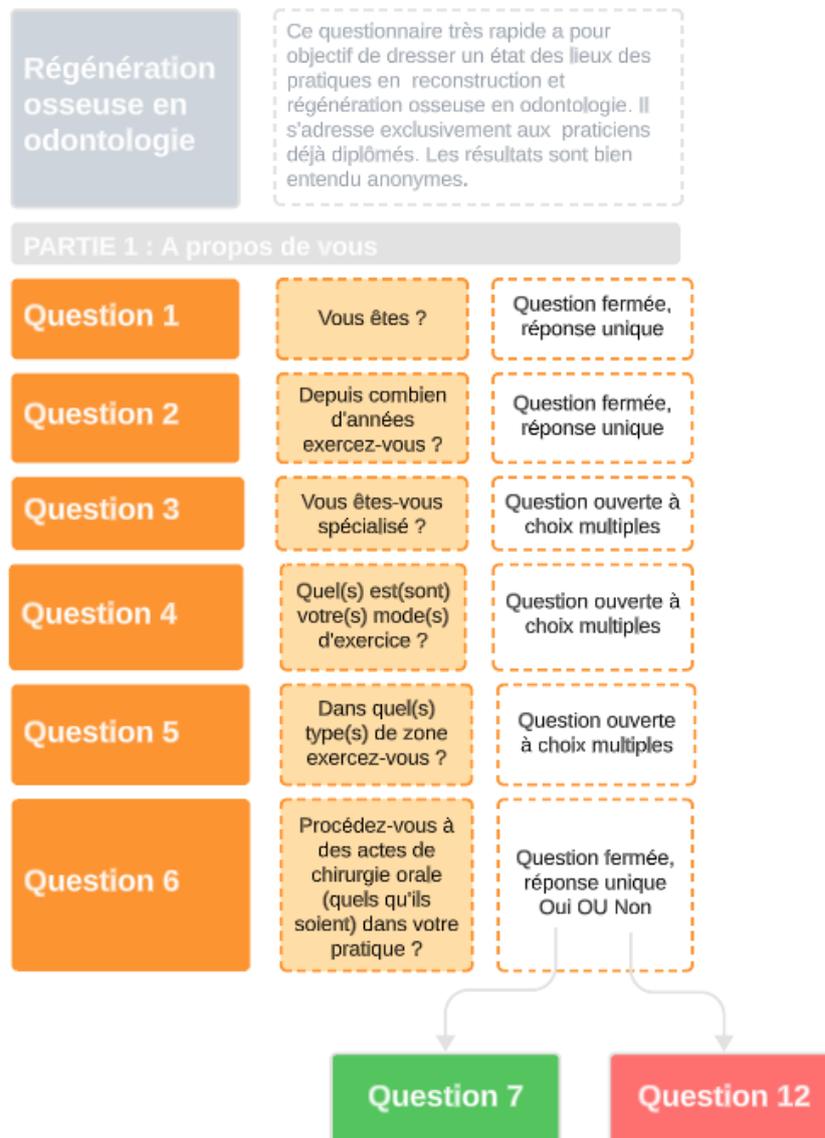


Figure 2 : Logigramme partie 1 du questionnaire

Cette première partie du questionnaire est divisée en 6 questions. Elle renseigne sur le sexe du praticien, son exercice, c'est-à-dire depuis combien de temps il exerce en temps que chirurgien dentiste, est-ce qu'il est spécialisé dans un domaine de la chirurgie dentaire ou omnipraticien pur, quel est son lieu d'exercice (milieu rural ou urbain) ainsi que son mode d'exercice (salarié, libéral, hospitalier...).

Enfin, la dernière question de cette première partie concerne la pratique de la chirurgie orale. La suite du questionnaire ne s'adresse qu'aux chirurgiens dentistes ayant

répondu qu'ils pratiquaient de la chirurgie orale afin qu'ils puissent répondre aux questions sur le comblement osseux dans leur pratique quotidienne.

La deuxième partie du questionnaire concerne la régénération osseuse dans la pratique du chirurgien dentiste au cabinet dentaire (figure 3).

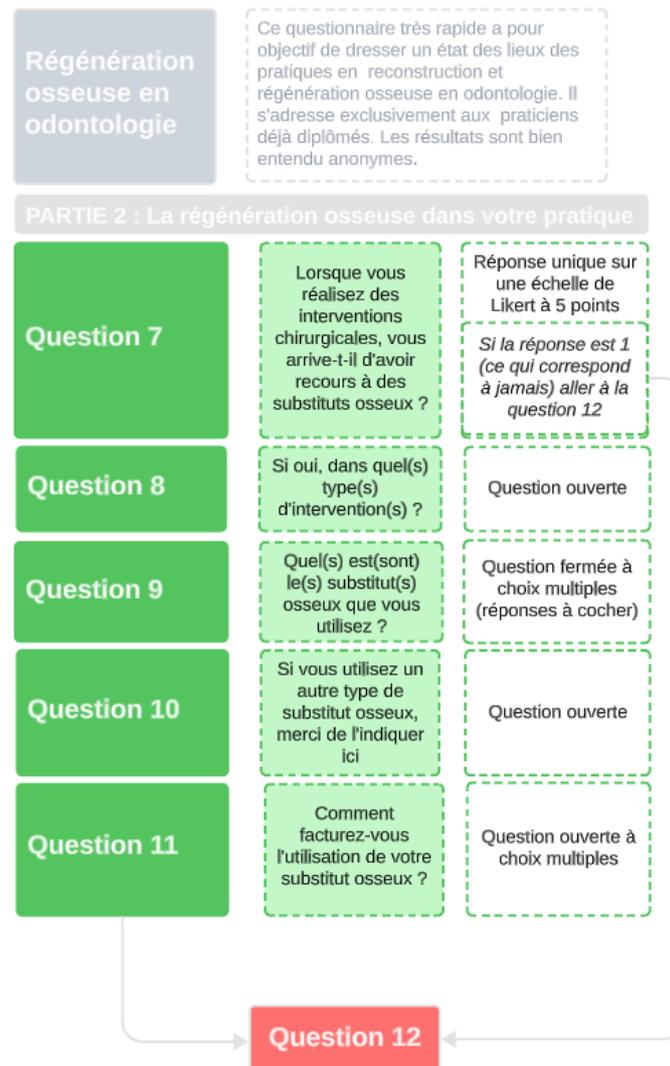


Figure 3 : Logigramme partie 2 du questionnaire

Cette partie constituée de 5 questions, traite de la fréquence d'utilisation des substituts osseux lors des interventions chirurgicales au cabinet dentaire, et des types d'interventions dans lesquels ces substituts sont utilisés. La troisième et la quatrième question concernent les différents biomatériaux utilisés. L'une dans laquelle nous avons mentionné certains des substituts osseux, les plus courants et une seconde

question ouverte, où nous avons laissé un libre choix de réponse car la première question à elle seule ne peut être exhaustive. Enfin, se pose la question de la facturation des substituts.

Lors des interventions chirurgicales vous arrive-t-il d'avoir recours à des substituts osseux ? Cette question apporte une première information sur la fréquence d'utilisation des substituts osseux. Pour la réponse à cette question, nous avons utilisé une échelle de Likert à 5 points. Cette échelle permet de mesurer des caractéristiques individuelles non observables ou des caractéristiques qui n'ont pas de mesure concrète et objective. Elle permet d'exprimer l'incertitude et de laisser le bénéfice du doute (25) quant à l'utilisation des substituts osseux. Notre échelle de Likert (figure 4) prend des valeurs de 1 à 5 avec les notions "jamais" et "systématiquement" respectivement. Plus la réponse est proche de 1 moins le substitut est utilisé, et plus elle se rapproche de 5 plus il est utilisé systématiquement. Ce mode de réponse via des numéros limite également les biais d'interprétation. En effet, les notions, jamais, parfois, souvent sont des données assez subjectives et individus dépendants.

1 2 3 4 5

Jamais Systématiquement

Figure 4 : Echelle de Likert à 5 points.

Les interventions dans lesquelles les substituts osseux peuvent être utilisés sont nombreuses. Pour cette question nous avons donc laissé une réponse ouverte, chacun des répondants est en mesure de donner la réponse qu'il souhaite.

Nous nous sommes demandés quels sont les substituts osseux les plus utilisés, parmi tous les substituts osseux nous avons sélectionnés les plus courants : allogreffe, autogreffe, xélogreffe, hydroxyapatite, phosphate tricalcique, céramiques biphasiques, le collagène, les bioverres, le sulfate de calcium, le carbonate de calcium, les nouveaux substituts osseux et également les dérivés plaquettaires.

Le collagène ainsi que les dérivés plaquettaires n'entrent pas dans la catégorie des substituts osseux à proprement parler. En effet, le substitut osseux défini plus haut a également été défini par la Société Française de Recherche en chirurgie Orthopédique et Traumatologique (SoFROT) comme un « biomatériau d'origine humaine, animale, végétale ou synthétique, destiné à l'implantation chez l'homme, dans la perspective d'une reconstruction du stock osseux, qu'il s'agisse du renforcement d'une structure osseuse, du comblement d'une perte de substance, d'origine traumatique ou orthopédique, de la consolidation d'une fracture ou de son équivalent » (5). Le collagène seul (PANGEN), ne permet pas la reconstruction osseuse. En effet, structurellement, il ne possède aucune résistance mécanique, c'est un matériau résorbable. Il a seulement un rôle de comblement alvéolaire, c'est-à-dire une utilisation post extractionnelle ou en recouvrement d'une alvéole dentaire suite à une greffe osseuse afin de favoriser la cicatrisation et limiter le saignement (26). Il en est de même pour le PRF. Cependant il s'agit de matériaux utilisés dans le cadre de la chirurgie dentaire lors d'un acte de chirurgie orale et ce pour combler une alvéole ou en complément d'un acte à visée de régénération osseuse et c'est pour cette raison que nous souhaitons connaître l'utilisation de ces deux matériaux. La réponse à cette question consiste à cocher la notion "jamais", "occasionnellement", "souvent", ou "systématiquement", soit celle se rapprochant le plus de la pratique du chirurgien dentiste. Par défaut, s'il n'y avait aucune réponse concernant un matériau, nous considérons qu'il n'était pas utilisé et que la réponse correspondait donc à "jamais". Cette question fermée à choix multiples amène la question ouverte suivante : si vous utilisez un autre type de substitut osseux merci de l'indiquer. Il est également important de préciser que nous avons cité des types de substituts osseux et non des noms commerciaux. Enfin, la dernière question concerne la facturation des substituts osseux ; il s'agit d'une question ouverte à choix multiples puisque plusieurs réponses sont possibles : "je ne le fais jamais payer", "je réalise un devis avant l'intervention au prix auquel je l'achète", "je réalise un devis avant l'intervention, avec dépassement d'honoraires" ou la réponse ouverte "autre" qui permet à chaque praticien de s'exprimer librement sur le mode de facturation qu'il utilise.

La dernière partie du questionnaire traite des perspectives en régénération osseuse (figure 5).

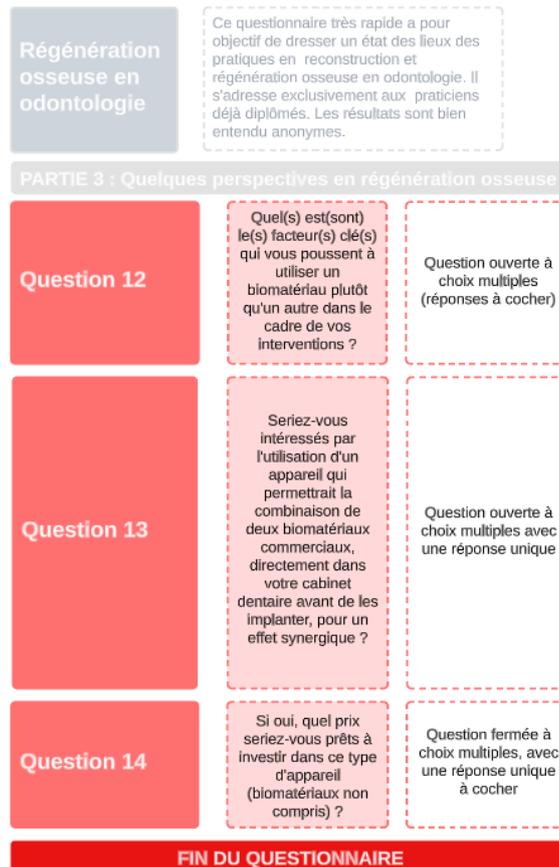


Figure 5 : Logigramme partie 2 du questionnaire

Elle est composée de 3 questions. La première concerne les facteurs clés qui poussent à utiliser un biomatériau plutôt qu'un autre lors d'une intervention. Il s'agit là encore d'une question ouverte à choix multiples. Il y avait plusieurs propositions, le choix dépend, "des résultats présentés dans la littérature", du "bouche à oreille de la part des confrères", "du prix", de "l'origine du biomatériau", de "la marque et/ou du fabricant", des "cas vus sur les réseaux sociaux", des "cas présentés dans le cadre de formations et/ou conférences". La réponse ouverte "autre" permet de rajouter une proposition manquante ou de compléter sa réponse si nécessaire. La question suivante est une question ouverte à choix multiples avec une seule réponse possible. Elle permet de savoir si les praticiens seraient éventuellement intéressés par un appareil permettant de combiner deux biomatériaux commerciaux, directement au sein du cabinet dentaire avant de les implanter afin d'obtenir un effet synergique. Les réponses proposées sont les suivantes : "oui, je réalise déjà des mélanges

manuellement au cabinet”, “oui, pourquoi pas, peut-être”, “non je n’en aurai aucune utilité”, “autre”. Enfin, la question finale concerne le prix que le praticien serait prêt à investir pour ce type d’appareil. Il s’agit d’une question fermée à choix multiples avec une seule réponse possible : “ maximum 5000 €”, “entre 6000 et 15 000 €”, “entre 16 000 et 30 000€”, “éventuellement plus de 30 000€”.

B. Population cible

Notre questionnaire cible les chirurgiens dentistes français diplômés. Tous les chirurgiens dentistes thésés sont invités à y répondre, qu’ils pratiquent la chirurgie orale ou non, quelles que soient leurs spécialités ou leur mode d’exercice. Il exclut les étudiants en chirurgie dentaire.

C. Diffusion du questionnaire

Le questionnaire a été diffusé sur internet *via* les réseaux sociaux (Facebook) afin de le diffuser au plus grand nombre de manière rapide. Nous avons privilégié les groupes privés pour un maximum de sérieux de la part des participants. Les groupes ont ciblé la majorité de la France comprenant la métropole et les territoires d’outre-mer. La publication a été diffusé sur les groupes : dentistes d’Occitanie, dentistes de nouvelle Aquitaine, dentistes de la Réunion et Mayotte, dentistes des Antilles (Martinique Guadeloupe Guyane), dentistes du Nord Est, dental deal - les dentistes dénicheurs de bons plans, les petites annonces des dentistes, l’implantologie orale et chirurgie pré implantaire, work floss et enfin l’objectif thèse d’odontologie dentaire. Le questionnaire a été diffusé tous les 15 jours sur une période de 3 mois. La date de la première publication a eu lieu début octobre 2021 et nous avons publié le questionnaire une dernière fois début décembre 2021. La clôture du questionnaire s’est faite fin décembre 2021. Le fait d’avoir une diffusion tous les 15 jours permet d’effectuer un rappel pour les chirurgiens dentistes n’ayant pas pris le temps de regarder ou de remplir le questionnaire lors de la première diffusion ou bien de le remplir à ce moment-là s’ils ont raté la première publication.

D. Anonymisation des réponses

La participation à ce questionnaire est fondée sur la base du volontariat, nul n'a eu l'obligation d'y répondre. De ce fait, le consentement est compris dans la participation des chirurgiens dentistes. Les résultats du questionnaire sont anonymes et les participants en ont été informés dès l'ouverture du questionnaire avec la phrase d'accroche présentant ce dernier.

Ce questionnaire est un Google forms, toutes les personnes disposants du lien pouvaient y participer. Ce format de questionnaire est conforme aux obligations réglementaires concernant les paramètres de sécurité et de confidentialité. Aucune des données personnelles des utilisateurs ne peuvent être utilisées à des fins publicitaires ou revendues à des tiers.

III. Résultats :

A. Les résultats des données épidémiologiques

Le nombre de participants à notre questionnaire s'élève à 201 chirurgiens dentistes. Concernant les résultats épidémiologiques, nous avons une majorité de participants qui sont des hommes ; 127 contre 74 femmes participantes. Les participants à notre étude sont de tout âge, la répartition est assez homogène quant à leur ancienneté dans le milieu de la chirurgie dentaire. En effet, parmi les quatre propositions à la question " depuis combien de temps exercez-vous ? ", on observe sur le graphique ci-dessous (figure 6) que les réponses se situent sur une fourchette entre 42 et 61 réponses et ce quelle que soit la durée d'exercice. Ce qui correspond à une répartition approximative de 1/4 pour chacune des réponses.

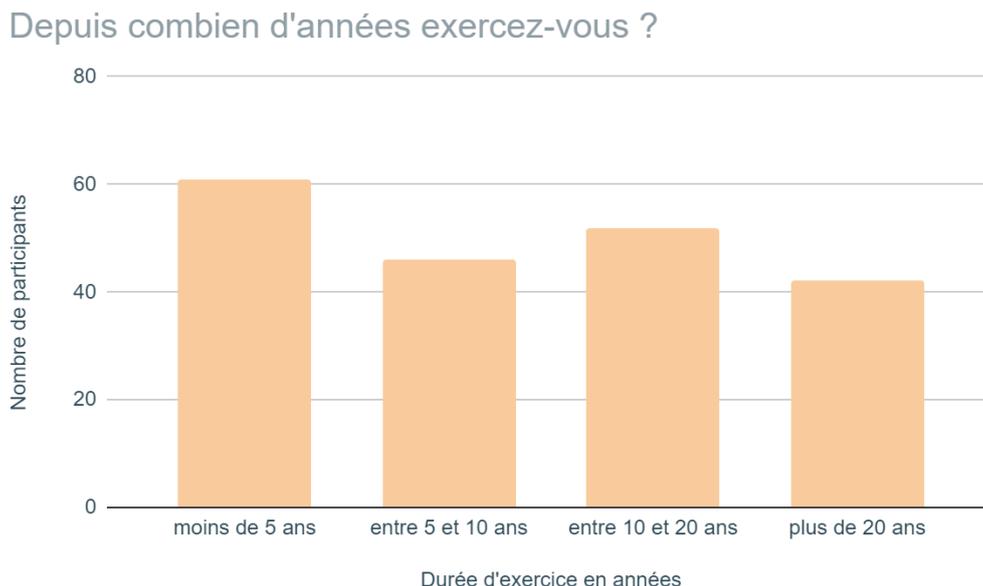


Figure 6 : Diagramme en barres représentant le nombre d'années d'exercices pour un chirurgien dentiste.

En termes de pourcentages (figure 7), si l'on souhaite être plus précis, ceux qui exercent depuis moins de 5 ans sont majoritaires avec 30,3% des réponses, suivis par ceux qui exercent depuis 10 à 20 ans (25,9%), ensuite ce sont les chirurgiens dentistes

exerçant depuis 5 à 10 ans avec 22,9% des réponses et enfin, la partie minoritaire des répondants exercent depuis plus de 20 ans à 20,9%.

Depuis combien d'années exercez-vous ?

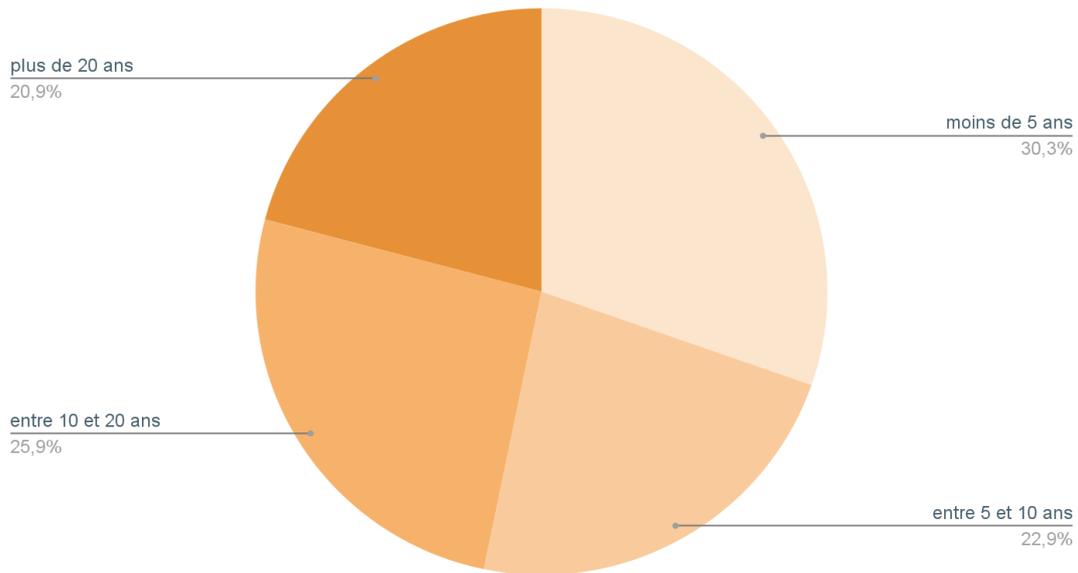


Figure 7 : Diagramme en camembert représentant le nombre d'années d'exercice en pourcentage.

Dans le milieu de la chirurgie dentaire, il existe plusieurs spécialités (figure 8 et 9). La majorité des participants à notre étude sont des omnipraticiens (144 sur 201), c'est-à-dire qu'ils pratiquent tous les actes sans être spécialisés dans un domaine en particulier. Nous avons recensé le nombre de réponses pour chaque spécialité dans le tableau ci-dessous, ce dernier nous a permis de mettre en lumière les différentes spécialités représentées chez nos participants dans un diagramme en camembert.

Spécialités	Nombre de chirurgiens dentistes
Non spécialisés	144
Pédodontie	1
Chirurgie orale	36
ODF	2
Laser	1
MBD	3
Endodontie	3
Implantologie	6
Parodontie	23
Occlusodontie	1

Figure 8 : Tableau des différentes spécialités exercées par les chirurgiens dentistes.

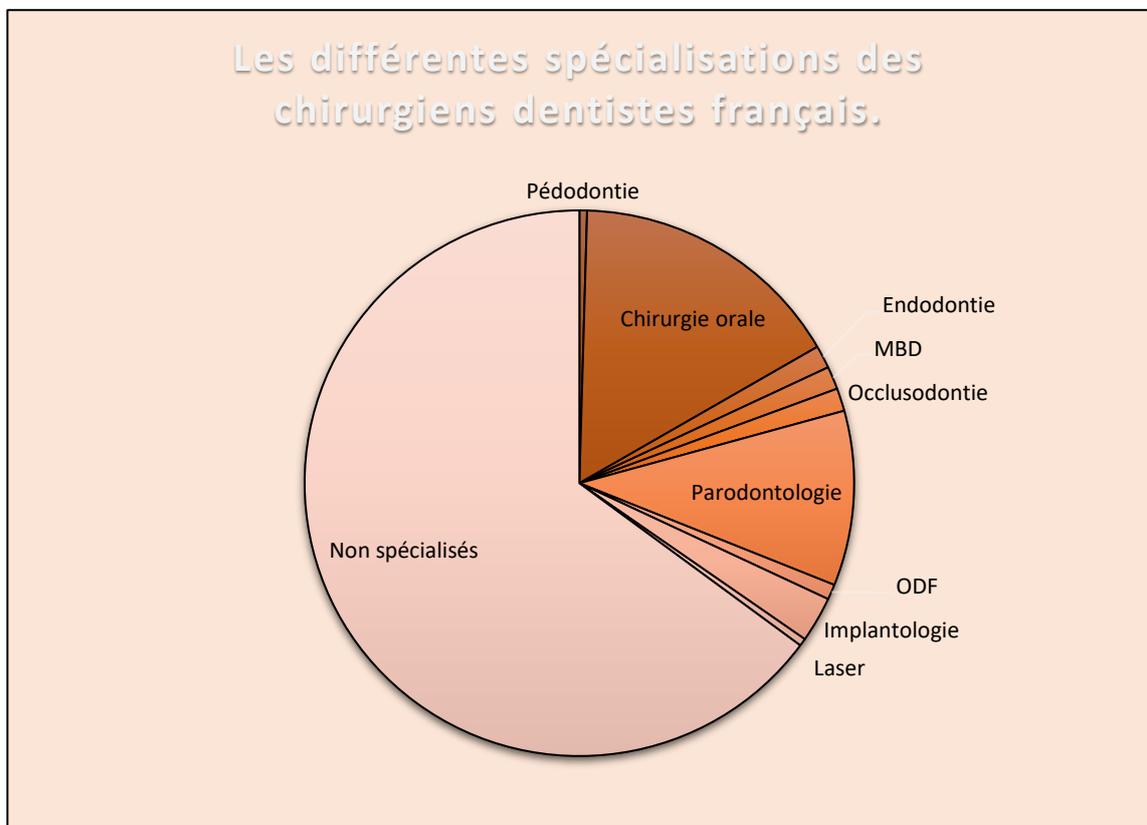


Figure 9 : Diagramme en camembert représentant les différentes spécialités des chirurgiens dentistes français

Concernant les résultats, des précisions sont à apporter. Dans cette question il y a plus de réponses attendues que de personnes participant à l'étude. En effet, certains chirurgiens dentistes ont plusieurs spécialités et chaque spécialité compte pour une réponse.

Dans l'interprétation des résultats, nous avons différencié chirurgie orale et implantologie. La chirurgie orale peut englober l'implantologie cependant certains chirurgiens dentistes pratiquent uniquement l'implantologie, ils ne réalisent pas tous les autres actes de chirurgie orale (avulsions de dents de sagesse, exérèses de kystes...).

Le chirurgien dentiste peut exercer en tant que praticien libéral : en cabinet ou en clinique ; ou bien en tant que praticien salarié : en cabinet, en centre dentaire ou en milieu hospitalier. Il est possible de cumuler certains types d'exercice.

Dans un premier temps, nous avons recensé tous nos participants de l'étude en fonction du nombre de modes d'exercice qu'ils pratiquent, c'est-à-dire 1, 2 ou 3 modes (figure 10).

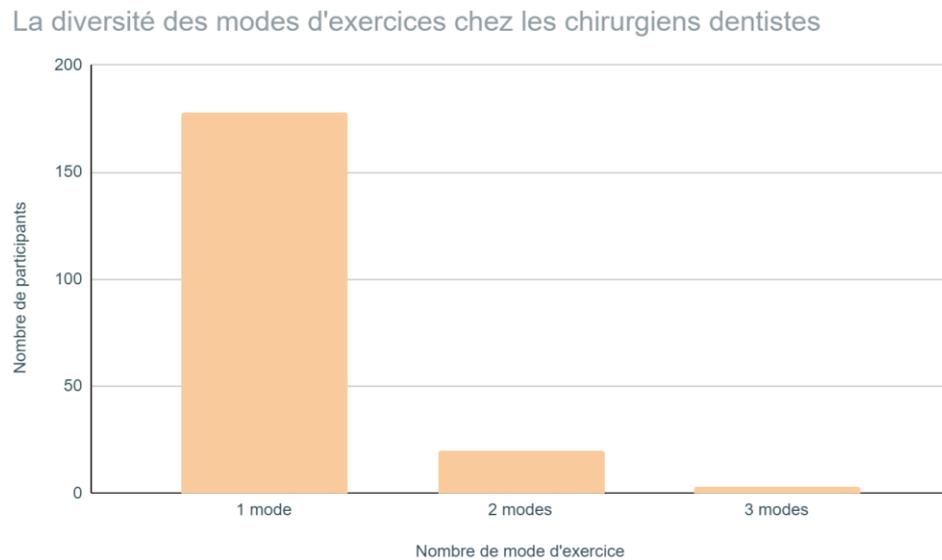


Figure 10 : Diagramme en barres représentant la diversité des modes d'exercice chez les chirurgiens dentistes.

D'après notre questionnaire, la grande majorité des chirurgiens dentistes (88,6%) exercent selon un seul mode, ceux exerçant plus d'un mode correspondent à 23 participants de notre étude. Par souci de simplicité, nous ne détaillerons pas tous les modes d'exercice combinés. Cependant, parmi les 23 participants, 11 d'entre eux exercent à la fois en cabinet dentaire libéral et en milieu hospitalier.

Si on analyse plus précisément les chirurgiens dentistes qui exercent un seul mode d'activité, on se rend compte que la majorité exerce une activité libérale (87%). D'après la figure 11 ci-dessous, on peut observer la répartition dans les différents modes d'exercices.

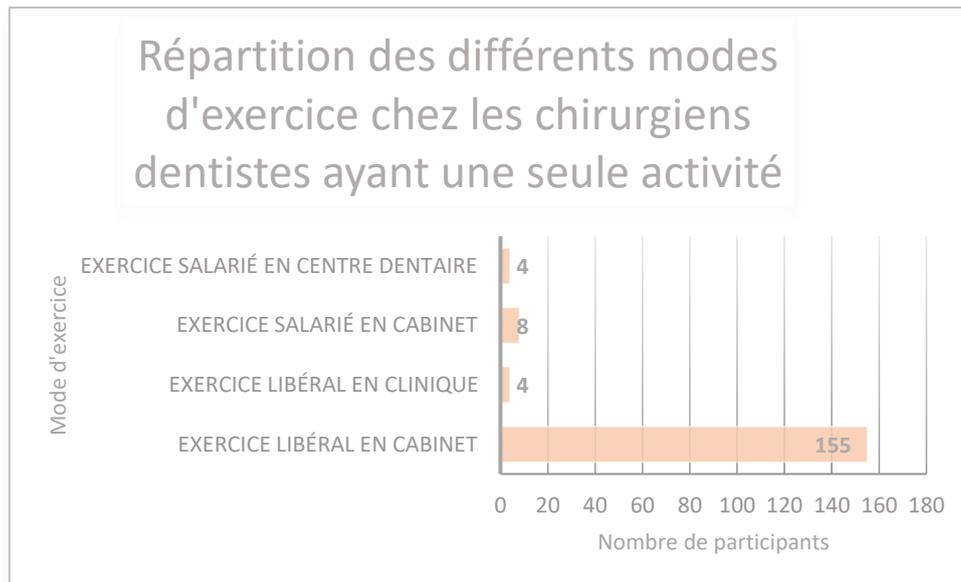


Figure 11 : Diagramme en barres représentant les différents modes d'exercice chez le chirurgien dentiste ayant une seule activité.

Les chirurgiens dentistes exerçant dans les centres dentaires sont peu présents dans notre étude puisqu'ils sont seulement 4 à avoir répondu (1,99% des répondants).

Enfin la dernière question sur les données épidémiologiques porte sur le lieu d'exercice. Le chirurgien dentiste peut exercer en milieu urbain, que l'on considère comme une ville supérieure à 10 000 habitants, en milieu semi urbain soit une ville inférieure à 10 000 habitants, en milieu rural, dans les littoraux et encore en ZRR. La ZRR est une zone à revitalisation rurale. Ces zones sont classées comme prioritaires pour la revitalisation des territoires. Il existe un certain nombre d'aides fiscales et sociales dans une ZRR telles qu'une exonération d'impôt sur le revenu durant un certain temps, une exonération des cotisations patronales ainsi qu'une aide à l'installation (27).

Voici dans le graphique suivant la représentation des différents lieux d'exercice chez nos participants (figure 12).

Le lieu d'exercice en fonction des participants

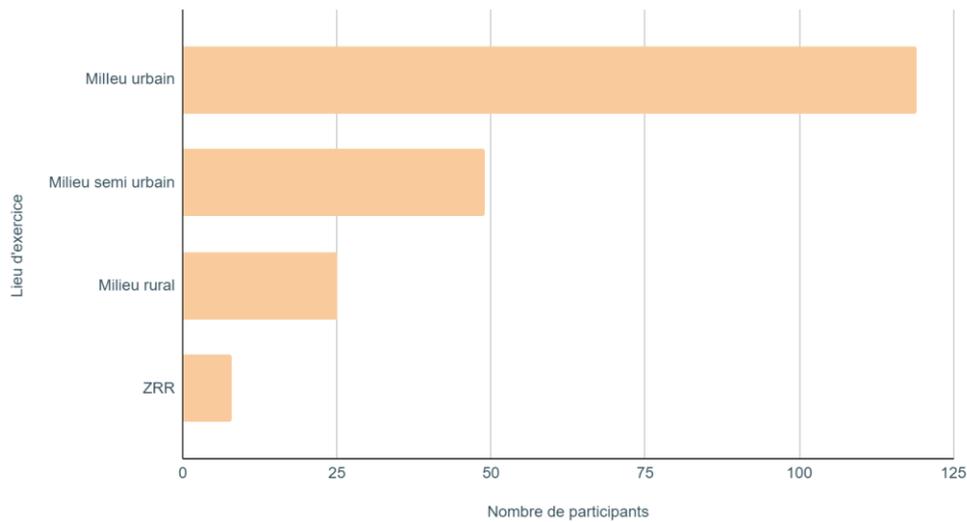


Figure 12 : Diagramme en barres représentant le lieu d'exercice des chirurgiens dentistes.

La majorité des chirurgiens dentistes ayant répondu au questionnaire exercent en milieu urbain ou semi urbain, seuls 33 participants (soit 16,42%) exercent dans en milieu rural ou une zone à revitalisation rurale.

La question suivante, la dernière de la première partie du questionnaire, nous permet d'aiguiller les chirurgiens dentistes ne pratiquant pas la chirurgie orale directement à la question 12. En effet, de la partie 2 de notre questionnaire porte uniquement sur la régénération osseuse au cabinet dentaire, les chirurgiens dentistes ne pratiquant pas de chirurgie ne pouvaient répondre aux questions. Cependant, nous souhaitions connaître leur intérêt pour l'appareil capable de mélanger deux biomatériaux commerciaux.

Parmi tous les participants, seuls 10 répondants ne pratiquent jamais d'actes de chirurgie orale. 95 % des participants pratiquent des actes de chirurgie orale (figure 13).

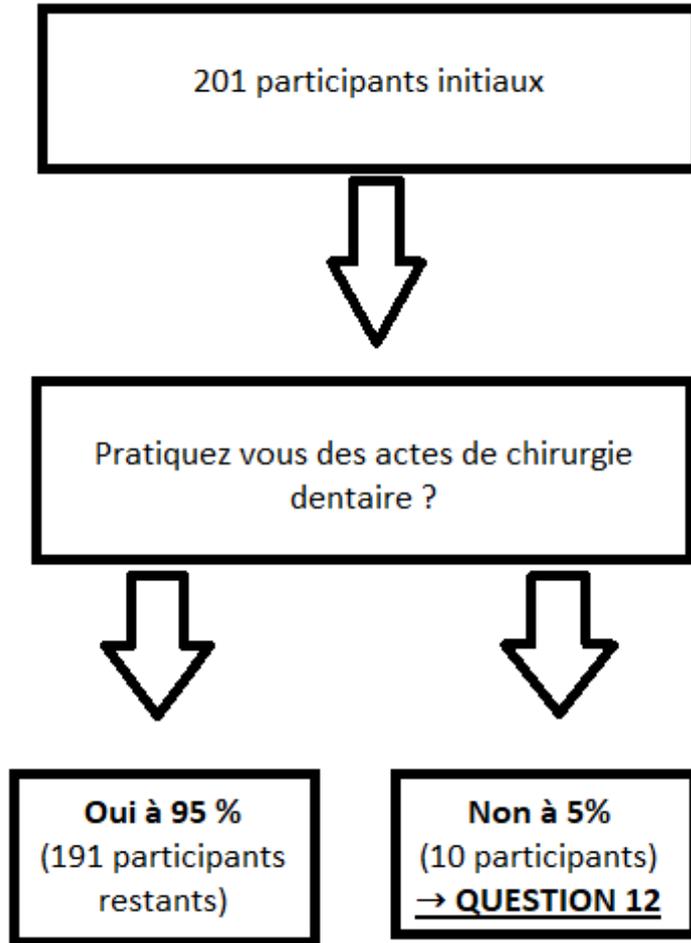


Figure 13 : Graphique représentant les participants à l'étude.

B. La pratique de la régénération osseuse au cabinet dentaire

La deuxième partie du questionnaire s'attarde sur la régénération osseuse pure dans la pratique courante du chirurgien dentiste. La première question concerne le recours aux substituts osseux lors des interventions chirurgicales. Voici les réponses des participants de l'étude dans la figure 14 ci-dessous.

A quelle fréquence utilisez vous les substituts osseux dans le cadre de vos interventions chirurgicales?

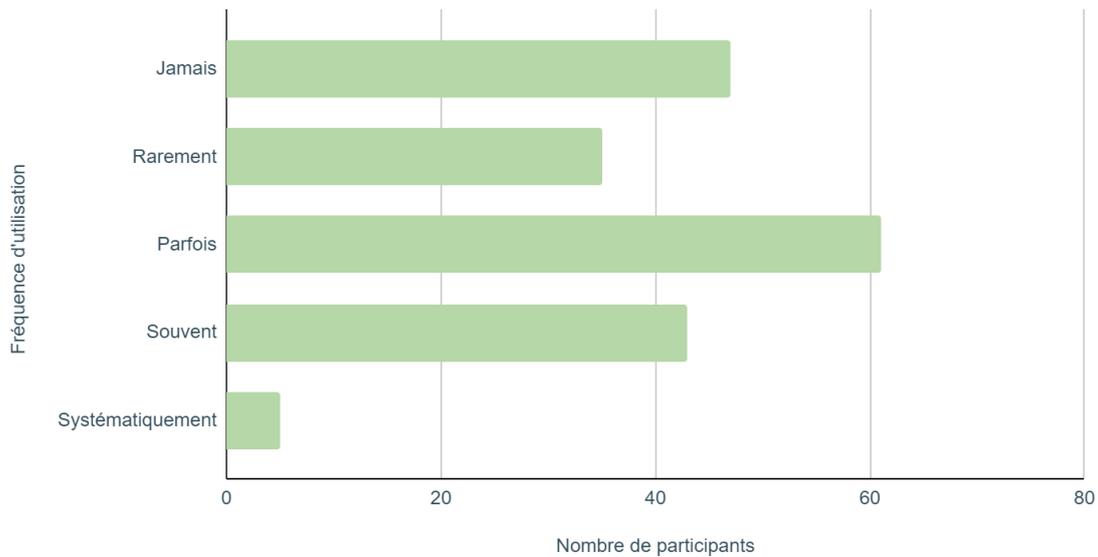


Figure 14 : Diagramme en barres représentant la fréquence d'utilisation des substituts osseux

Globalement, on obtient des réponses assez variées quant aux recours aux substituts osseux. La fréquence d'utilisation n'est pas la même pour tous les chirurgiens dentistes. En effet, 25% d'entre eux n'utilisent pas de substituts osseux lors de leurs interventions. Le pourcentage des chirurgiens dentistes qui utilisent systématiquement les substituts osseux est seulement de 2,6 % soit 5 praticiens dans notre enquête.

Les substituts osseux peuvent être utilisés pour un grand nombre d'interventions (figure 15). En implantologie, on retrouve les greffes pré implantaire et per implantaire. Dans le cadre de la parodontologie, les substituts sont utilisés pour combler des poches parodontales avec de gros défauts osseux angulaires. Lors d'un acte d'avulsion, le chirurgien dentiste peut décider de combler l'alvéole avec un substitut osseux afin d'aider à la cicatrisation et pouvoir éventuellement réaliser une pose d'implant, ce qui revient à une greffe pré implantaire. Ce type de greffe s'appelle le comblement alvéolaire. Les substituts peuvent être employés dans les résections apicales, pour le comblement suite à l'exérèse de kystes dentaires et également lors de communication bucco sinusiennes.

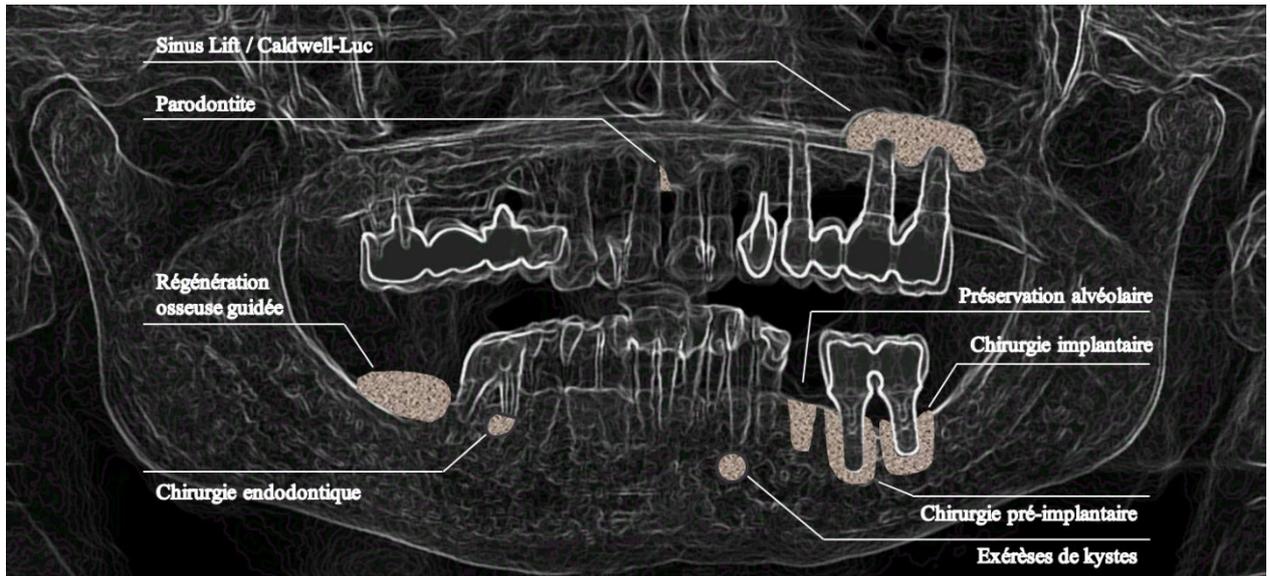


Figure 15 : Représentation sur une panoramique dentaire des différents usages des substituts osseux.

Parmi tous les répondants, la majorité d'entre eux utilisent les substituts osseux lorsqu'ils pratiquent la chirurgie implantaire ou à la suite d'une avulsion dentaire. Certains les utilisent pour la parodontie. Les autres catégories sont faiblement répertoriées dans les réponses. Voici un tableau détaillé (figure 16) concernant l'utilisation des substituts osseux en fonction du type d'intervention.

Types d'intervention	Nombre de participants
Chirurgie pré implantaire	44
Chirurgie per implantaire	56
Chirurgie parodontale	14
Comblement alvéolaire/post extractionnel	66
Chirurgie endodontique/péri apicale	3
Comblement sinusien	35
Chirurgie d'exérèse kystique	5
Chirurgie à visée esthétique	1
ROG	40
Greffes d'apposition	4

Figure 16 : Tableau représentant l'utilisation des substituts osseux par les chirurgiens dentistes en fonction du type d'intervention.

NB 1 : La ROG est pratiquée lors d'un acte à visée implantaire bien souvent.

NB 2 : Un grand nombre de participants ont répondu qu'ils utilisent les substituts osseux à visée pré et per implantaire et ils sont donc mentionnés dans les deux catégories d'où le nombre important de participants. D'autres n'ont pas précisé s'il s'agissait d'une utilisation en pré ou per implantaire et sont mentionnés en per implantaire uniquement.

Les substituts osseux ont diverses origines, il peut s'agir de matériaux d'origine naturelle ou synthétique (figure 17). Parmi ceux d'origine naturelle, il existe une origine humaine ou animale. Les substituts d'origine humaine sont l'autogreffe, l'allogreffe et les dérivés plaquettaires ; ceux d'origine animale sont les xéno greffes et le collagène. Les autres substituts cités ci-dessous dans le schéma sont d'origine synthétique.

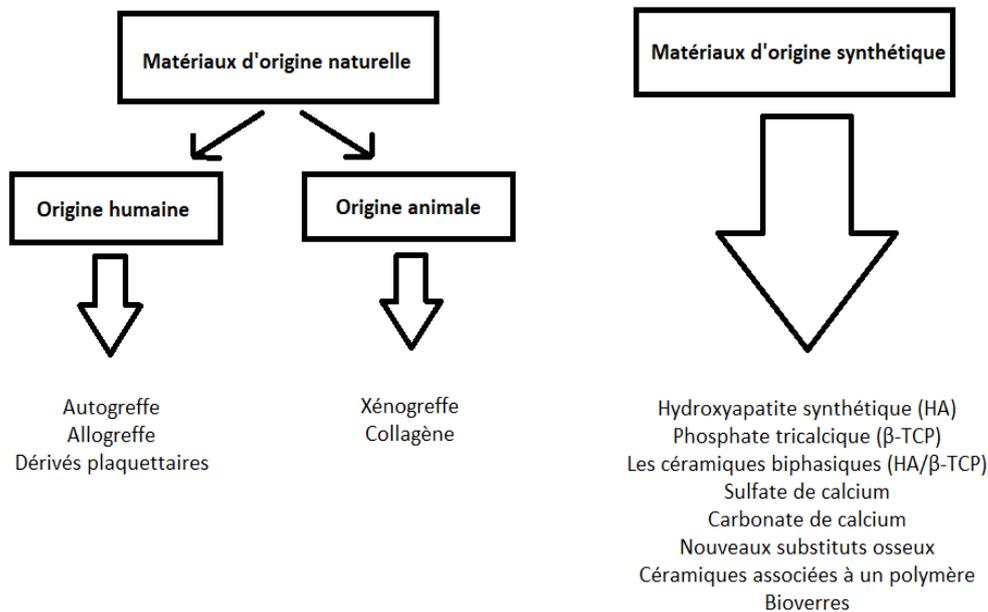


Figure 17 : Schéma explicatif des différents types de substituts osseux en fonction de leur origine.

Pour cette question, nous n'avons pas pris en compte les participants qui n'utilisent aucun des matériaux. Autrement dit, tous les chirurgiens dentistes ayant répondu "jamais" à l'utilisation de chaque substitut osseux et n'ayant renseigné aucun matériau supplémentaire sont considérés comme n'utilisant pas de biomatériaux. La figure 18 montre l'utilisation de chaque substitut osseux parmi les chirurgiens dentistes qui en utilisent au moins un.

Utilisation des différents substituts osseux au cabinet dentaire

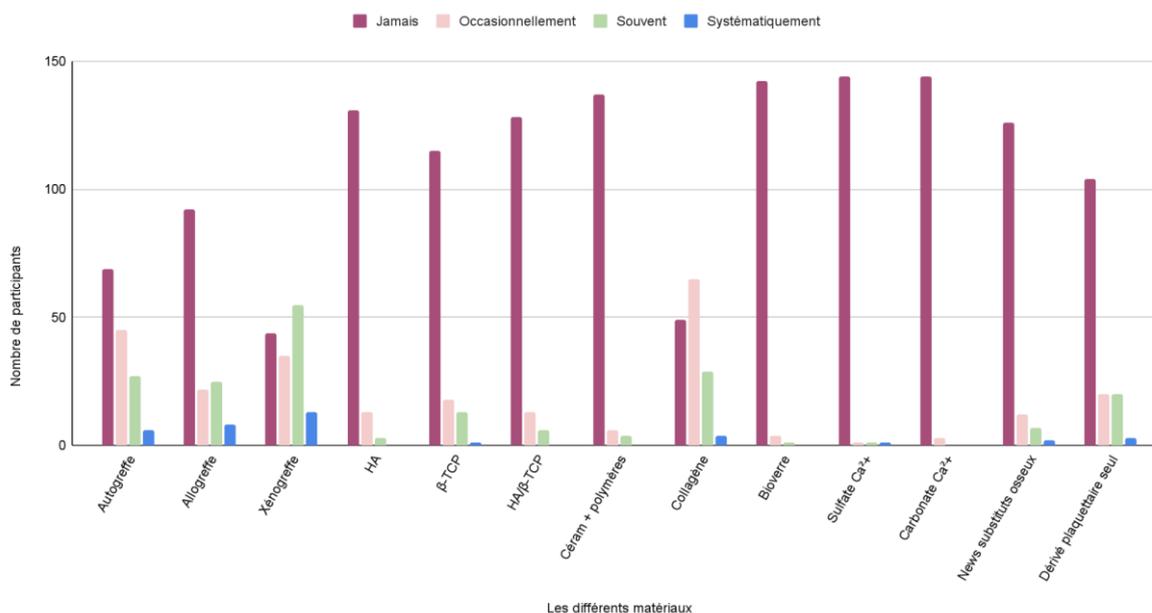


Figure 18 : Diagramme en barres représentant l'utilisation des substituts osseux au cabinet dentaire..

On remarque que les substituts osseux d'origine naturelle sont les plus utilisés. Parmi eux, ceux d'origine humaine, avec 53,06 % des chirurgiens dentistes qui pratiquent l'autogreffe, 37,41 % l'allogreffe et 29,25 % les dérivés plaquettaires seuls. Les substituts osseux naturels d'origine animale sont néanmoins plus représentés que ceux d'origine humaine dans notre étude (figure 16). En effet, 70,07 % des chirurgiens dentistes français utilisent la xénogreffe qui est suivie de près par le collagène avec 66,67 %. Autrement dit, plus de deux tiers de nos participants utilisent des substituts naturels d'origine animale, xénogreffe et collagène confondus. L'autogreffe est également bien connue dans la pratique des chirurgiens dentistes puisque plus de la moitié pratiquent cette dernière.

Les substituts d'origine synthétique semblent être mis de côté (figure 19). Quelques-uns d'entre eux sont tout de même utilisés par les chirurgiens dentistes ; le phosphate tricalcique à 21,77 %, l'hydroxyapatite à 10,88 % et les céramiques biphasées à 12,93 %. Les nouveaux substituts osseux atteignent 14,29 % d'utilisation, tous les autres matériaux n'excèdent pas plus de 5 % d'utilisation. Notre étude montre que parmi tous les matériaux d'origine synthétique cités précédemment, ces derniers représentent

une faible utilisation dans les situations cliniques rencontrées par les dentistes français.

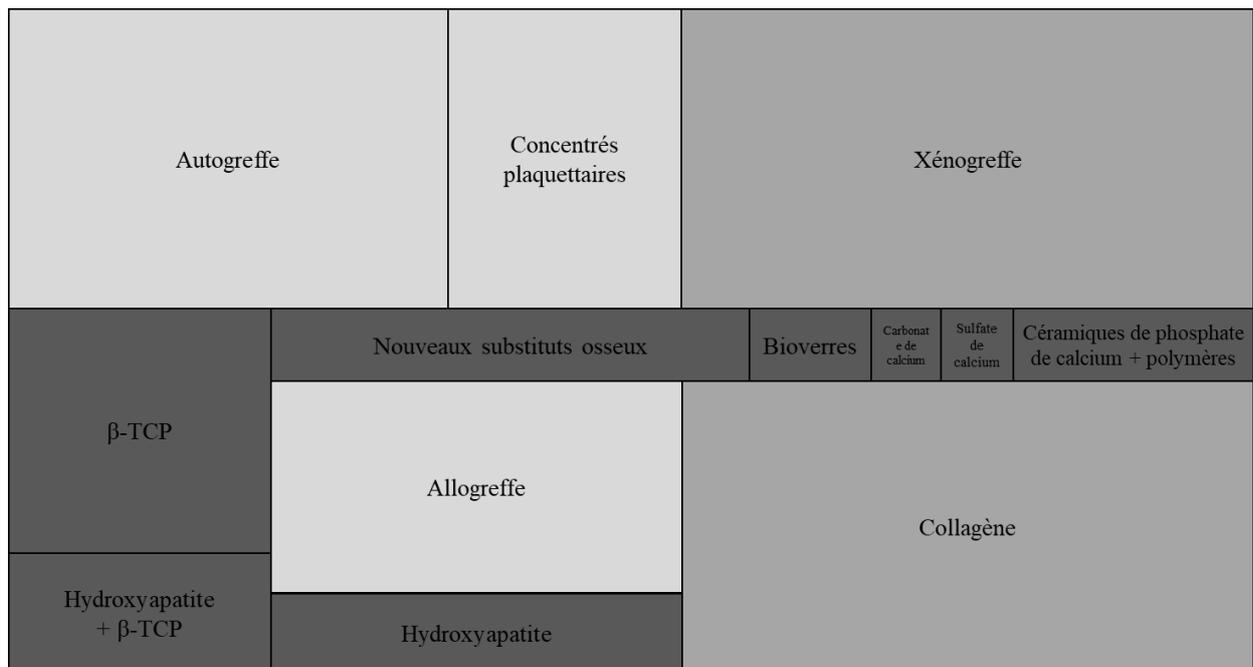


Figure 19 : Schéma représentant l'utilisation des substituts osseux au cabinet dentaire en fonction de leur origine. Plus le matériau est utilisé, plus il est représenté par un gros volume.

- : substituts d'origine naturelle et humaine
- : substituts d'origine naturelle et animale
- : substituts d'origine synthétique

Nous nous sommes intéressés à la facturation des substituts osseux au cabinet dentaire. Pour cette question, comme précédemment, seuls ceux utilisant les substituts ont été pris en compte dans les réponses. La facturation des matériaux peut s'effectuer par différents moyens. Soit le praticien ne facture pas l'acte de comblement par un substitut osseux, soit il le facture. A ce moment-là, il peut le facturer au prix d'achat du matériau afin de ne pas perdre d'argent sur le matériau qu'il utilise ou le facturer avec des honoraires c'est-à-dire la mention NPC en dentaire dans notre nomenclature correspondante à "non pris en charge". Si le praticien décide de facturer le produit, un devis doit être réalisé en amont de l'intervention avec un délai de réflexion de 15 jours.

Le graphique suivant (figure 20) nous montre la facturation en fonction des chirurgiens dentistes dans les cabinets dentaires français.

Comment facturez vous les substituts osseux ?

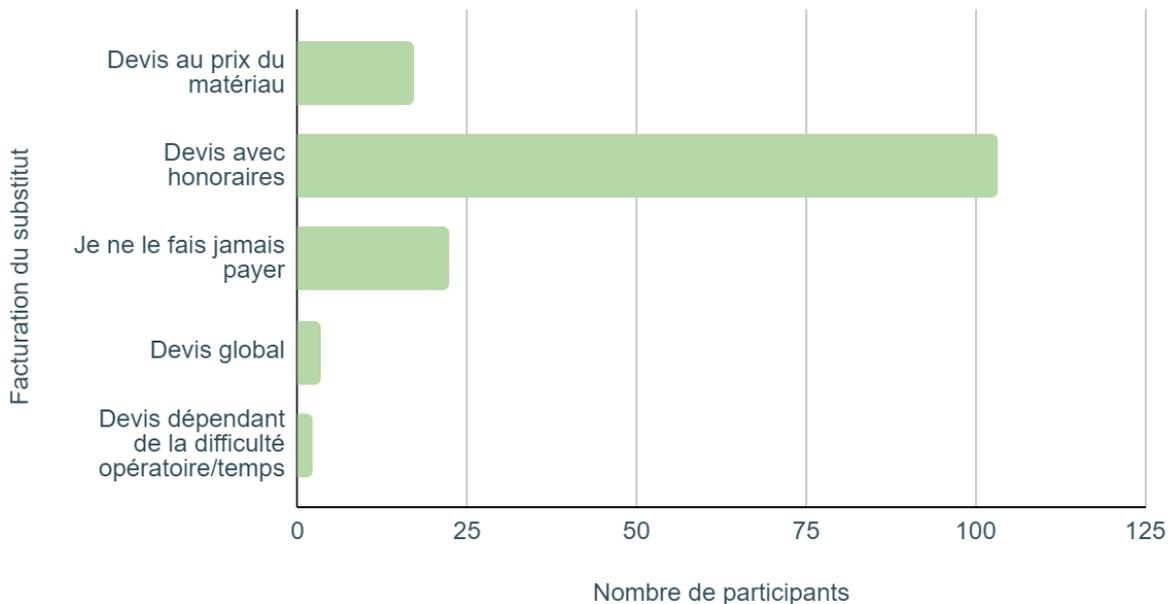


Figure 20 : Diagramme en barres représentant la facturation des substituts osseux par les chirurgiens dentistes français

Plus de deux tiers des chirurgiens dentistes (70,07 %) facturent l'acte avec des honoraires lors de la mise en place d'un substitut osseux tandis que moins d'un quart d'entre eux (14,97 %) ne facturent pas l'acte. Un faible pourcentage (11,56 %) font régler au patient uniquement le prix auquel ils achètent le substitut osseux en réalisant un devis en amont.

Parmi tous les chirurgiens dentistes, certains pratiquent le principe de l'acte global, c'est-à-dire que le prix du substitut est compris dans le plan de traitement et le devis du patient dès le départ. D'autres effectuent une facturation en fonction de la difficulté opératoire ou du temps passé lors de l'intervention chirurgicale.

C. Les perspectives en termes de régénération osseuse

Enfin, la dernière partie de notre questionnaire concerne les perspectives en termes de régénération osseuse. Nous nous sommes demandés quels sont les facteurs influençant le choix d'un biomatériau plutôt qu'un autre dans le cadre des interventions de régénération osseuse. En effet, les biomatériaux au sein du milieu dentaire sont

nombreux. Il est parfois difficile de faire un choix entre tous. On retrouve comme dit précédemment différents types de substituts osseux, les matériaux d'origine humaine et ceux d'origine synthétique. Les produits synthétiques et les xéno greffes sont très diversifiés. Il est donc parfois difficile de faire un choix, notamment en débutant l'exercice de l'art dentaire. Cette question proposait plusieurs réponses qui sont renseignées dans le graphique en barre ci-dessous (figure 21). Certaines réponses ont été ajoutées en supplément dans la catégorie "autre".

NB : comme précédemment, les participants n'utilisant pas de substituts n'ont pas été pris en compte pour cette réponse.

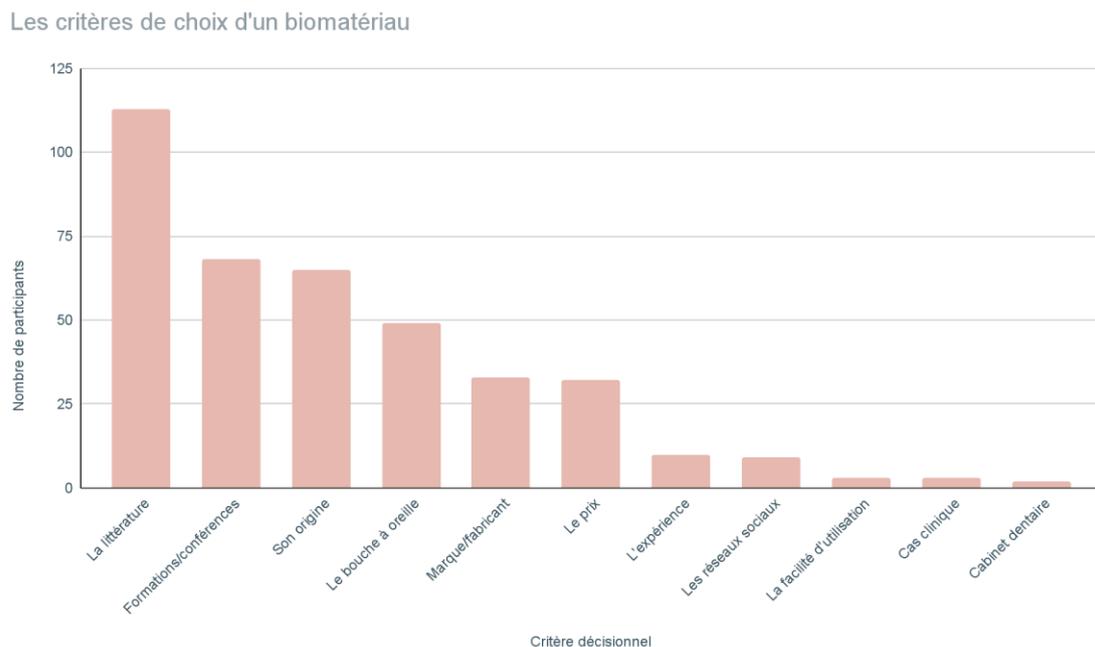


Figure 21 : Diagramme en barres représentant le choix d'un substitut osseux.

Globalement, parmi les catégories qui ressortent le plus concernant le facteur de décision de l'utilisation d'un biomatériau plutôt qu'un autre, il s'agit de la connaissance de ce dernier. Cela peut-être la connaissance au travers de la littérature si le biomatériau est documenté ou cité dans plusieurs publications. Les résultats de la littérature sont très importants pour les répondants puisque 76,87 % choisissent le biomatériau grâce à ce critère. Il peut également être promu par les chirurgiens dentistes eux-mêmes, le bouche à oreille entre confrères est un critère de décision

favorable dans plus de 33,33 % des cas. Les cas présentés au sein des formations et lors des conférences représentent 46,26 % des critères décisionnels.

Les matériaux peuvent également se faire connaître via les réseaux sociaux même si ce mode de communication reste faible (6,12%).

L'origine du biomatériau est le troisième critère de décision. Par origine on entend l'origine naturelle ou synthétique, ce qui comprend donc également la composition de ce dernier.

Enfin, le choix est également guidé par la marque ainsi que le prix du matériau, dans une moindre mesure.

NB : pour cette question ouverte, il y a forcément plus de réponses que de participants car la majorité des chirurgiens dentistes ont plusieurs critères de décision qui les poussent à choisir un biomatériau plutôt qu'un autre.

Nous nous sommes posés la question de l'intérêt que portent les chirurgiens dentistes à un appareil permettant la combinaison de deux biomatériaux commerciaux, directement dans leur cabinet dentaire avant de les implanter afin d'obtenir un effet synergique. Voici les réponses dans le graphique en barre ci-dessous (figure 22).

Seriez vous intéressés par un appareil qui combinerait deux biomatériaux commerciaux pour un effet synergique ?

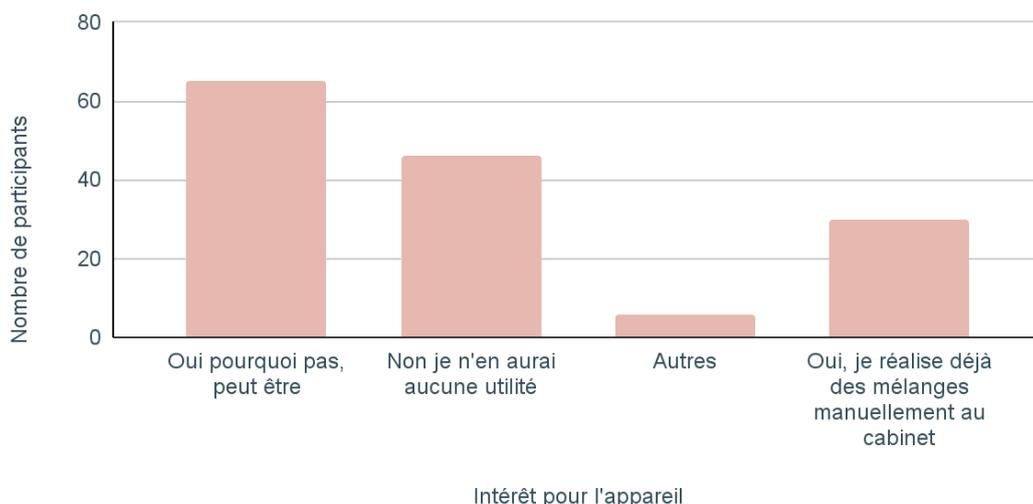


Figure 22 : Diagramme en barres représentant l'intérêt par des chirurgiens dentistes pour un appareil permettant de combiner deux substituts osseux afin d'obtenir un effet synergique.

Plus de la moitié des chirurgiens dentistes, soit 64,63% d'entre eux, seraient potentiellement intéressés par ce type d'appareil. Environ un tiers d'entre eux n'y trouvent aucune utilité et donc ne sont pas intéressés. La catégorie "autres" prend en compte ceux qui ne sont pas intéressés pour des raisons spécifiques. Les chirurgiens dentistes mélangent déjà eux-mêmes leurs biomatériaux et trouvent leur technique assez rapide, ils n'ont pas besoin d'investir dans un nouvel appareil. Certains d'entre eux mélangent déjà les biomatériaux mais il ne s'agit pas de biomatériaux commerciaux.

Enfin, il se pose la question du prix que les praticiens sont prêts à investir pour un tel appareil. Parmi tous les chirurgiens dentistes participant à l'étude, et ceux utilisant les biomatériaux, seuls 88 ont répondu à cette question. Nous considérons que ceux n'ayant pas répondu correspondent soit à ceux qui ne trouvent pas d'utilité à la conception de l'appareil et ne souhaitent pas investir dedans, soit aux chirurgiens dentistes potentiellement intéressés mais qui ne sont pas prêts à mettre 5 000 euros. Parmi ceux qui sont intéressés, la grande majorité sont prêts à déboursier moins de 5 000 euros au maximum ; les autres sont prêts à déboursier entre 6 000 et 15 000 euros, ils sont une minorité, 7 participants uniquement.

IV. Discussion

Cette étude concernant l'utilisation des substituts osseux dans les cabinets dentaires français nous a permis de mettre en lumière que nos participants sont majoritairement des omnipraticiens exerçant en libéral dans un milieu souvent urbain ou semi urbain. Dans notre étude, peu de chirurgiens dentistes ne pratiquent pas d'actes de chirurgie orale. Parmi ceux qui la pratiquent, un quart d'entre eux n'utilisent pas de substituts osseux. Le choix d'un substitut osseux plutôt qu'un autre est grandement guidé par la littérature, ils sont majoritairement utilisés pour l'implantologie ou en comblement post extractionnel. La grande majorité des substituts utilisés sont d'origine naturelle et animale (xénogreffe et collagène).

Notre questionnaire respecte la grille CROSS pour son élaboration. On peut se poser la question suivante : est-ce que notre questionnaire n'aurait pas été plus pertinent s'il ne s'adressait qu'aux chirurgiens dentistes français pratiquant exclusivement des actes de chirurgie osseuse ? Néanmoins, ce type de questionnaire n'aurait pas permis de faire l'état des lieux des pratiques au sein des cabinets dentaires français puisque la majorité des chirurgiens dentistes français sont des omnipraticiens libéraux. Une analyse par sous-groupe sera toujours possible en sélectionnant les réponses des praticiens ayant coché exercer en tant que spécialistes.

Nous avons réalisé un questionnaire concis pour éviter que le répondant ne se démotive aux cours des réponses données (28).

Notre questionnaire est structuré en trois parties, chacune d'elle est composée de plusieurs questions. La majorité de nos questions sont des questions à choix multiples avec plusieurs propositions de réponses, cependant ces propositions peuvent influencer le choix de réponse du participant (28). Pour autant, il s'agit plutôt de questions ouvertes, ce qui rend plus difficile l'analyse des résultats que s'il s'agissait de questions fermées (28).

C'est le cas notamment concernant la question "dans quel type d'intervention utilisez-vous les substituts osseux ?". Les répondants ont donné les types d'intervention pour lesquelles ils les utilisent. Or, il y a souvent plusieurs types d'intervention qui se

recouper, par exemple, suite à une avulsion, est ce qu'il s'agit d'un comblement alvéolaire post extractionnel, ou suite à une avulsion avec exérèse kystique et infection ou bien encore à visée pré implantaire ?

Notre questionnaire ne permet pas de déterminer la corrélation entre le type d'acte et le substitut osseux utilisé, il s'agit là d'une de ses limites.

Dans la littérature, si l'on regarde la revue systématique de Sculean et al (29) (figure 23), pour le traitement des défauts osseux parodontaux, il est préférable d'utiliser l'os autogène (5 études sur 10 obtiennent une régénération osseuse complète), la régénération tissulaire guidée (5 études sur 9 obtiennent une régénération osseuse complète), ou encore les techniques combinées. Ces dernières ne permettraient pas une régénération osseuse complète mais une régénération osseuse partielle des défauts à 75%. Dans la plupart des techniques combinées, l'os bovin est utilisé. Quant aux matériaux alloplastiques, ils seraient à proscrire seuls dans le cadre du traitement des défauts parodontaux puisqu'ils permettent seulement 34% de régénération osseuse partielle.

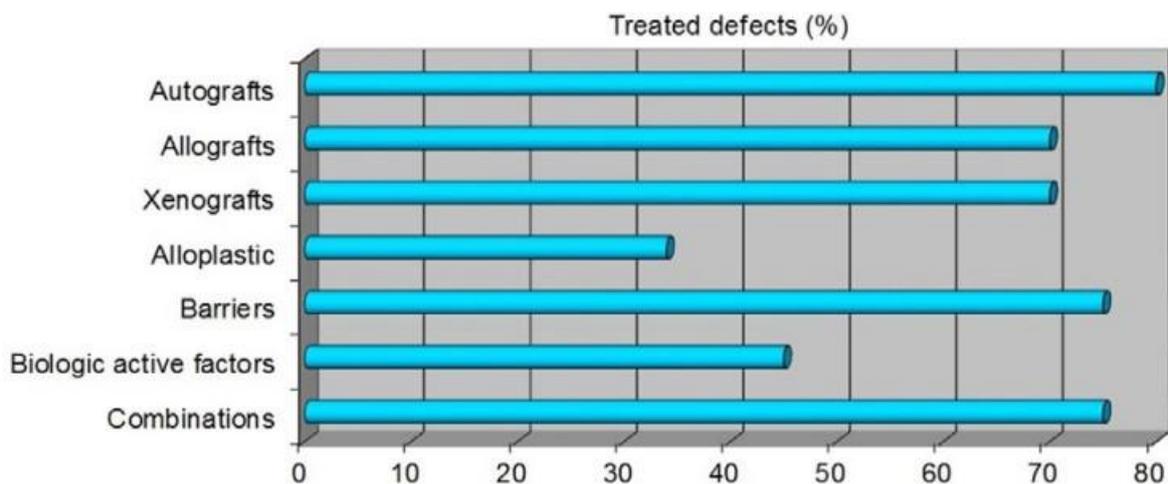


Figure 23 : Diagramme montrant le pourcentage de défauts traités (%) présentant une preuve histologique de régénération osseuse dans le groupe des biomatériaux (29).

Un second essai clinique randomisé réalisé par Kaining Liu, a démontré que l'ajout de PRF permet une réduction de la profondeur de poche ainsi qu'une meilleure attache clinique en comparaison à une régénération tissulaire guidée associée à un minéral osseux poreux bovin (30). En réalité il existe des centaines d'études cliniques ayant

comparé deux ou plusieurs techniques de comblement osseux en chirurgie orale et les synthèses à en tirer sont très complexes.

Concernant le comblement suite à une exérèse kystique, la régénération osseuse guidée combinée à une membrane résorbable montre un fort potentiel de guérison en comparaison à une énucléation laissée sans comblement (31).

D'après un essai clinique randomisé de Zampara et *al*, la xéno greffe est moins performante en termes de régénération osseuse guidée qu'une allogreffe ou une autogreffe. Le taux résiduel de particules du greffon ainsi que la proportion de tissus mous est plus élevé dans le groupe de la xéno greffe (32).

Par ailleurs, d'après une étude de Cordano, la xéno greffe inorganique est un très bon choix de comblement du sinus maxillaire (33). La xéno greffe est la plus populaire concernant la chirurgie d'élévation du plancher du sinus maxillaire. C'est notamment l'os bovin inorganique qui est privilégié bien souvent même si l'os porcin ou équin sont utilisés. En effet, d'après une revue systématique prenant en compte différents essais cliniques randomisés sur l'élévation du plancher sinusien maxillaire via des xéno greffes, il ressort que l'os équin Osteoplast Osteoxenon® de chez Bioteck semble obtenir les meilleurs résultats en terme d'os nouvellement formé et c'est celui qui se résorbe le plus rapidement (34).

Concernant les substituts osseux en matière de préservation alvéolaire, un chapitre y sera consacré en suivant sachant qu'un grand nombre de nos participants utilisent du collagène et qu'il est utilisé uniquement dans ce type d'intervention.

Néanmoins, il y a peu d'études qui comparent les différents substituts osseux existants pour une même technique afin de savoir lequel est le plus approprié pour un acte donné. La majorité des études comparent deux ou trois substituts entre eux uniquement. Il est donc difficile de tirer une conclusion sur l'indication d'un biomatériau plutôt qu'un autre.

Il n'est pas possible de comparer les réponses obtenues dans notre questionnaire avec les données actuelles de la science puisqu'il ne semble pas exister d'études antérieures (à notre connaissance) sur l'utilisation des différents biomatériaux par les chirurgiens dentistes. Il serait d'ailleurs intéressant que notre questionnaire soit diffusé dans d'autres pays afin d'avoir une vision plus globale concernant l'utilisation des substituts osseux.

Cependant ce que l'on peut tirer globalement de notre étude c'est que les substituts osseux les plus utilisés sont la xéno greffe suivie de l'auto greffe et de l'allo greffe puis viennent ensuite les substituts synthétiques. Or d'après la littérature, le *gold standard* reste l'auto greffe suivi de l'allo greffe et ensuite de la xéno greffe. Les substituts alloplastiques viennent en dernière position (33).

Enfin, la question concernant l'intérêt des chirurgiens dentistes pour un appareil combinant deux matériaux commerciaux ou biologiques entre eux a suscité peu d'intérêt, cependant la question est restée très vague. Cette thèse s'est inscrite dans un projet plus vaste mené par le laboratoire CIRIMAT de l'Université Paul Sabatier et de l'Institut National Polytechnique de Toulouse, soutenu par Toulouse Tech Transfert. Le but était d'évaluer la fabrication de substituts osseux composites implantables en odontologie via un procédé de génération de porosité. Il s'agit du principe de freeze-casting (figure 24).

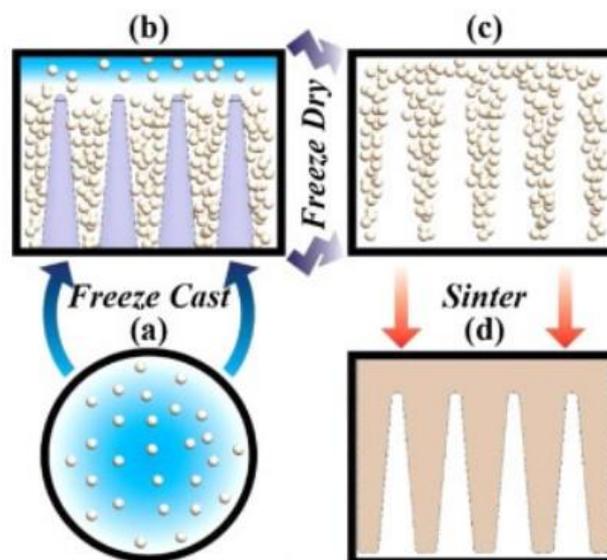


Figure 24 : Principe du freeze casting (35) (a) : suspension colloïdale/solution de polymère, (b) : solidification, (c) : sublimation du solvant, (d) : Matériaux poreux (scaffold)

Une suspension colloïdale est préparée (contenant le plus souvent un polymère en solution et des particules minérales) puis déposée dans le freeze-caster ce qui entraîne sa solidification par congélation. Elle est ensuite placée au lyophilisateur, c'est l'étape de la sublimation. Le solvant présent initialement dans la solution laisse place à la porosité de notre scaffold (36).

Ainsi, on peut faire varier la porosité par différents paramètres tels que les concentrations initiales de chaque phase pour la solution colloïdale ou la nature du solvant mais encore la température du freeze-caster (36). Cela présente un intérêt majeur dans le domaine de l'odontologie puisque la porosité du matériau permet la circulation des fluides, la colonisation cellulaire et l'accélération de résorption des biomatériaux. La porosité du matériau permet d'augmenter l'ostéointégration (37). Le remplacement du biomatériau par un os nouveau est le bienvenu car ce dernier sera plus résistant mécaniquement que le substitut lui-même (37).

V. La préservation alvéolaire : Qu'en est-il aujourd'hui ?

Nous nous sommes intéressés à la préservation alvéolaire puisqu'une grande partie de nos répondants la pratiquent. Nous avons donc trouvé intéressant de dresser un état des lieux des matériaux utilisés lors de la préservation alvéolaire.

Concernant l'indication de la préservation alvéolaire, une revue systématique de Juodzbaly, Strumbas et al a permis de dresser un tableau récapitulatif. Il est clair que l'indication de la préservation alvéolaire dépend de la morphologie de l'alvéole, de l'anatomie des tissus environnants et du plan de traitement implantaire (extraction-implantation immédiate ou implantation différée) (38).

D'après eux, on peut choisir de ne pas réaliser de préservation alvéolaire si l'on peut obtenir un résultat esthétique suffisant ainsi qu'une stabilité primaire de l'implant et qu'il n'existe pas de risque. Le risque est lié à la présence d'une lésion péri apicale pouvant mettre en péril une implantation immédiate. Il dépend également du risque de perforation sinusienne si la hauteur est trop faible pour réaliser la pose d'implant, du risque de perforation du plancher nasal et enfin du risque de résorption osseuse importante (38). En effet, il a été démontré qu'il existe un apport sanguin grâce aux dents adjacentes à l'édentement. Or, si l'extraction concerne plusieurs dents contiguës, cet apport se voit diminuer avec une perte osseuse encore plus néfaste que sur une extraction unique (38). Le critère de décision doit également prendre en compte la zone concernée (secteur esthétique ou non).

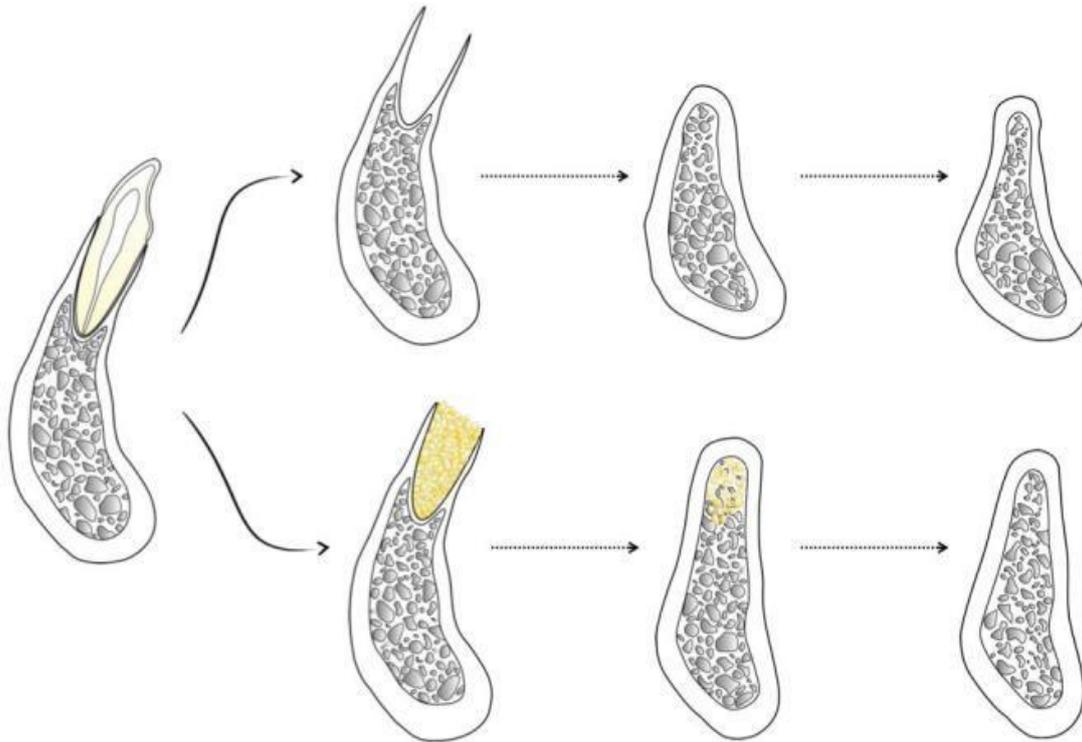


Figure 25 : Image montrant la théorie de la résorption alvéolaire suite à une extraction dentaire, sans comblement osseux en haut versus avec comblement osseux en bas (39).

Dans la rangée supérieure de la figure 25, l'os cicatrise naturellement suite à une extraction dentaire tandis que dans la rangée inférieure, la préservation alvéolaire permettrait en théorie une meilleure cicatrisation (39).

Dans cette revue systématique de Strumbras et *al.* concernant la préservation alvéolaire après l'extraction dentaire, plusieurs types de matériaux sont comparés pour une mise en place post extractionnelle (7). Les critères de l'étude qui sont évalués sont, la perte osseuse verticale et horizontale ainsi que la qualité de l'os nouvellement formé, c'est-à-dire le pourcentage de particules résiduelles du biomatériau ainsi que le pourcentage d'os formé (figure 26).

Caractéristiques osseuses/ Matériaux	Perte verticale	Perte horizontale	Qualité de l'os
Autogreffe	-0,28 mm (à 4 mois)	-0,15 mm (à 4 mois)	NR
Allogreffe : DFDBA	-1,38 mm (à 6 mois)	-1,36 mm (à 6 mois)	RG : 8,88 % NFB : 38,42 % (à 5 mois)

Minéral osseux bovin anorganique	-0,88 mm (à 5 mois)	-1,39 mm (à 5 mois)	NR
NCHA	-0,93 mm (à 7,5 mois)	NR	RG : 13,68 % NFB : 28,63 %
Phosphosilicate de calcium	-0,83 mm (à 5 mois)	- 1,26 mm (à 5 mois)	NR
β-TCP	-1,72 mm (à 4 mois) -0,99 mm (à 6mois) *	- 1,45 mm (à 4 mois)	NR
Mg + HA	NR	NR	RG : 40,82 % NFB : 31,85 % (à 4 mois)
Sulfate de calcium biphasique + β-TCP + HA	NR	0,03 mm (à 4 mois)	NR
Bio-Oss [®] + Bio-Gide [®] membrane	-1,54 mm (à 6 mois)	-1,84 mm (à 6 mois)	NR
PRF	-1,55 mm (à 6 mois)	NR	NR
PRF + DFDBA	-1,08 mm (à 6 mois) -0,72 mm (à 3 mois)	-0,75 (à 6 mois)	NR

Figure 26 : Tableau montrant la perte osseuse verticale et horizontale ainsi que la qualité de l'os en fonction du type de substitut d'après l'étude de Strumbras et al. (7).

RG : rapport particules résiduelles de greffon

NFB : os nouvellement formé

NR : non renseigné

* Les valeurs diffèrent en fonction des deux études qui ont été menées et recensées dans la revue systématique.

D'après cette étude, sans surprise, le gold standard reste l'autogreffe.

Les résultats des différentes études incluses dans l'article ne sont pas toutes mentionnés dans notre tableau par souci de simplicité et afin de répertorier uniquement les matériaux qui nous intéressent.

Si l'on souhaite résumer, concernant la perte osseuse verticale, elle est la moins importante avec une greffe dentaire autogène ou bien avec l'hydroxyapatite nanocristalline. Les techniques à éviter pour la préservation alvéolaire si l'on souhaite

éviter une perte osseuse trop importante sont le phosphate tricalcique ainsi que le PRF même si la perte osseuse semble moindre que s'il n'y a aucune préservation alvéolaire.

Concernant la perte osseuse horizontale, de très bons résultats sont obtenus avec des matériaux mixtes tels que le sulfate de calcium biphasique associé au phosphate tricalcique et à l'hydroxyapatite ou bien le phosphosilicate de calcium. La perte osseuse est tout de même plus importante qu'avec une greffe osseuse autogène. Les pertes osseuses horizontales sont les plus importantes avec le phosphate tricalcique et l'association bio-oss, bio-glide, membrane.

Enfin, le dernier critère évalué correspond à la qualité de l'os, c'est la greffe allogène lyophilisée déminéralisée qui remporte la meilleure place. Les particules résiduelles sont très faibles et la formation osseuse atteint les 38%. L'association hydroxyapatite et magnésium permet une formation osseuse assez importante 31% mais les particules résiduelles sont trop importantes pour que ce matériau soit utilisé dans la préservation alvéolaire.

Il faut souligner dans cette étude que le phosphate tricalcique n'a pas la côte dans la préservation alvéolaire mais les résultats sont assez hétérogènes quant à la perte osseuse en fonction des études.

Si l'on regarde un autre essai clinique contrôlé randomisé de Schneider et al (40) traitant de la préservation alvéolaire après extraction dentaire; quatre groupes ont été comparés. Le premier groupe reçoit une greffe de phosphate tricalcique bêta, le second un os bovin déprotéinisé avec 10% de collagène recouvert d'une matrice de collagène et le troisième est identique au second mais recouvert d'une greffe autogène puis le dernier groupe ne reçoit pas de greffe. Cette étude ne montre aucune différence statistiquement significative. Or, la perte osseuse est presque équivalente lorsqu'il s'agit d'une cicatrisation naturelle ou d'une greffe de bêta TCP (-1,8 mm versus -1,7 mm) alors que pour les greffes avec l'os bovin la perte osseuse est moindre (-1,2 mm) [21]. Le bêta TCP dans la préservation alvéolaire n'apporte pas un grand intérêt.

Dans cette revue systématique de G. Avila-Ortiz, L. Chambrone et F. Vignoletti, incluant uniquement des essais cliniques randomisés, la préservation alvéolaire après extraction immédiate a été étudiée en comparaison au groupe témoin qui ne subissait

aucun comblement. Différents types de matériaux ont fait l'objet de tests concernant leur rôle dans la préservation de l'alvéole dentaire (41).

Il semblerait que la préservation alvéolaire en pré implantaire diminue le besoin en greffe osseuse pré ou per implantaire. Néanmoins, les études sur le taux de survie et le taux de succès de l'implant chez les patients ayant eu une préservation alvéolaire et ceux ayant eu une cicatrisation naturelle ne montrent pas de différence statistiquement significative.

En comparant les groupes témoins et expérimentaux, une modification des changements osseux verticaux et horizontaux est observée en faveur de la préservation alvéolaire. L'étude a ensuite permis de comparer les substituts osseux entre eux. Les xéno greffes et les allogreffes donnent des résultats plus favorables que les matériaux alloplastiques, ce qui concorde avec les données scientifiques.

Les auteurs ont également comparé chaque substitut osseux au groupe témoin. L'utilisation de particules osseuses bovines avec comblement d'alvéole apporte une preuve quant à la réduction de la résorption alvéolaire horizontale par rapport au groupe témoin. L'utilisation d'un matériau composé à 90% de granules d'os bovin et 10% de porc collagène avec scellement d'alvéole n'a montré aucun effet positif en faveur de la préservation alvéolaire parmi les trois études d'intérêt analysées. L'utilisation de particules d'os porcine cortico-spongieuse avec comblement d'alvéole apporte une réduction de résorption osseuse horizontale et verticale par rapport au groupe témoin, seuls les changements osseux mésiaux et distaux n'ont pas reçu suffisamment de preuves. Concernant l'utilisation de particules osseuses lyophilisées avec comblement d'alvéole, les résultats sont en faveur d'une réduction de la résorption alvéolaire horizontale et verticale par rapport au groupe sans préservation alvéolaire, cela s'appuie sur trois résultats d'intérêt analysés. Enfin, l'utilisation d'hémihydrate de sulfate de calcium ou mastic de phosphosilicate de calcium avec scellement d'alvéole montre un effet favorable de la préservation alvéolaire. Les preuves existent quant à la réduction de la résorption osseuse horizontale. Concernant la résorption osseuse verticale, un manque de preuve ne permet pas de conclure à une différence entre l'utilisation de ce substitut et l'absence de préservation alvéolaire même si l'effet positif est démontré (41).

On peut conclure de cette revue systématique que la préservation alvéolaire permet d'atténuer la perte osseuse qui se produit suite à une extraction dentaire. Les

matériaux de xéno greffe et d'allo greffe sont ceux qui apportent les meilleurs résultats lors de cette préservation alvéolaire (41).

Une autre revue systématique et sa méta analyse n'ont inclus que la préservation alvéolaire après extraction des dents monoradiculées pour des raisons de comparabilité (39). En effet, dans cette étude il est rappelé que la perte osseuse post extractionnelle dépend de caractéristiques systémiques et locales. Cette résorption peut être différente entre les individus et également chez un même individu. De plus, plusieurs facteurs influencent cette résorption tels que le nombre de dents voisines à extraire, s'il s'agit d'une dent monoradiculée ou pluriradiculée, le biotype parodontal, le substitut osseux utilisé pour le comblement alvéolaire, le tabac, les facteurs systémiques du patient et la méthode d'extraction (plus ou moins traumatique).

La conclusion reste cependant fidèle aux précédentes revues systématiques, la préservation alvéolaire a un effet positif concernant la diminution de la résorption post-extractionnelle. Un effet significatif est prouvé pour les changements de hauteur médio-buccale (2,07 mm), hauteur médio-linguale (1,18 mm) et largeur bucco-linguale (1,89 mm). Une différence significative n'a pas pu être mise en évidence pour les changements de hauteur mésiale (0,48 mm) mais la différence est moins prononcée avec le groupe témoin. Par contre, il n'y a pas de différence significative pour la hauteur distale (0,24 mm) (39).

Par ailleurs, les matériaux types xéno greffes et allo greffes apportent de meilleurs résultats par rapport aux substituts alloplastiques lors de la préservation alvéolaire, de même que l'utilisation d'une membrane.

Enfin, une dernière méta analyse en réseau récente datant de 2021 a étudié plusieurs biomatériaux versus une alvéole post extractionnelle vide (42). Un total de 25 biomatériaux ont été étudiés et parmi eux, les meilleurs retenus pour diminuer la perte osseuse suite à une extraction sont : Apatos ® , Bio-Oss ® , Bio-Oss Coll ® , Bond-apatite ® , FDBA, Gen-Os ® , L-PRF, MP3 ® (42).

Comme dans les autres études il existe des différences en termes de changements osseux verticaux et horizontaux ou certains matériaux permettent une diminution de la résorption de façon verticale mais pas horizontale et inversement. Mais globalement les huit matériaux cités plus haut possèdent de bonnes propriétés afin de maintenir

l'espace et éviter une résorption osseuse trop importante. Parmi eux, on retrouve cinq xénogreffes : Apatos ® , Bio-Oss ® , Bio-Oss Coll ®, Gen-Os ® , MP3 ® ce qui confirme les résultats des études précédentes. Le L-PRF est une fibrine autologue enrichie en leucocytes et plaquettes. Le Bond-apatite ® est un biomatériau synthétique composé de sulfate de calcium biphasique avec de l'hydroxyapatite. Un même matériau avait été étudié dans la revue systématique de Stumbras et al, et avait montré de bons résultats pour la préservation alvéolaire (7). Enfin, le FDBA est une allogreffe osseuse lyophilisée.

Si l'on souhaite conclure sur la préservation alvéolaire, on sait que la perte osseuse est inévitable suite à une extraction dentaire. Cependant, cette résorption peut être limitée par le comblement alvéolaire et la littérature a prouvé une différence statistiquement significative entre une préservation alvéolaire versus une cicatrisation naturelle de l'alvéole dans certains cas. Il n'existe pas de recommandations quant aux matériaux à utiliser ou même d'effets prédictibles en raison des résultats divergents dans les études (43). La réussite de cette préservation osseuse va dépendre du type de biomatériau utilisé. Les xénogreffes et les allogreffes présentent dans ce domaine d'excellents résultats.

Conclusion

Notre questionnaire a permis de dresser un état des lieux sur la pratique des chirurgiens dentistes en matière de régénération osseuse dans les cabinets dentaires français. Globalement, la majorité d'entre eux sont des omnipraticiens qui pratiquent quelques actes de chirurgie orale mais surtout de la préservation alvéolaire et c'est pour cette raison que nous avons approfondi sur les substituts osseux utilisés lors de cette préservation alvéolaire.

A l'heure actuelle le *gold standard* en termes de régénération osseuse reste l'autogreffe utilisée tout de même par la moitié des chirurgiens dentistes français. Les substituts synthétiques sont en retrait concernant leur utilisation mais ne semblent pas faire partie des meilleurs matériaux à ce jour au vu des résultats observés dans la littérature, même si certains d'entre eux paraissent prometteurs.

Le point positif que révèle cette étude est que l'utilisation des substituts se fait selon les données acquises de la science et la littérature.

Il serait intéressant d'approfondir ce questionnaire afin de connaître exactement quel type de substitut est utilisé pour chaque type d'intervention puisque notre questionnaire n'a pas permis de le mettre en évidence. Une sélection des réponses données uniquement par les spécialistes en chirurgie orale pourra également être envisagée.

Vu la Présidente du jury

le 28/09/23
Pr Coquery


Vu les co-directeurs de Thèse



Annexes

Régénération osseuse en odontologie

Ce questionnaire très rapide a pour objectif de dresser un état des lieux des pratiques en reconstruction et régénération osseuse en odontologie. Il s'adresse exclusivement aux praticiens déjà diplômés. Les résultats sont bien entendu anonymes.

* Indique une question obligatoire

Passer à la question 1 Passer à la question 1

A propos de vous

Pour commencer, quelques questions vous concernant

1. Vous êtes ? *

Une seule réponse possible.

- Une femme
 Un homme

2. Depuis combien d'années exercez-vous ? *

Une seule réponse possible.

- Moins de 5 ans
 Entre 5 et 10 ans
 Entre 10 et 20 ans
 Plus de 20 ans

3. Vous êtes-vous spécialisé ? *

(Plusieurs réponses possibles)

Plusieurs réponses possibles.

- Pas spécialisé
 En chirurgie orale
 En médecine bucco-dentaire
 En parodontologie
 En endodontie
 En orthopédie-donto-faciale
 Autre : _____

4. Quel(s) est(sont) votre(s) mode(s) d'exercice ? *

(Plusieurs réponses possibles)

Plusieurs réponses possibles.

- Exercice libéral en cabinet
 Exercice salarié en cabinet
 Exercice salarié en centre dentaire
 Exercice en milieu hospitalier
 Exercice libéral en clinique
 Autre : _____

5. Dans quel(s) type(s) de zone exercez-vous ? *

(Plusieurs réponses possibles)

Plusieurs réponses possibles.

- Milieu urbain (ville > 10 000 habitants)
 Milieu semi-urbain (<10 000 habitants)
 Milieu rural
 Zone classée comme prioritaire pour la revitalisation des territoires
 Autre : _____

6. Procédez-vous à des actes de chirurgie orale (quels qu'ils soient) dans votre pratique ? *

Une seule réponse possible.

- Oui Passer à la question 7
 Non, jamais Passer à la question 12

Passer à la question 7

La régénération osseuse dans votre pratique

7. Lorsque vous réalisez des interventions chirurgicales, vous arrive-t-il d'avoir recours à des substituts osseux ? *

Une seule réponse possible.

- 1 2 3 4 5
Jam Systématiquement

8. Si oui, dans quel(s) type(s) d'intervention(s) ?

9. Quel(s) est(sont) le(s) substitut(s) osseux que vous utilisez ?

Plusieurs réponses possibles. Si vous avez coché "Jamais" à la question précédente vous pouvez poursuivre sans répondre à cette question.

Plusieurs réponses possibles.

	Jamais	Occasionnellement	Souvent	Systematiquement
L'autogreffe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
L'allogreffe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La xéno greffe (os bovin...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
L'hydroxyapatite synthétique (HA)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Le phosphate tricalcique (β -TCP)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Les céramiques biphasiques HA/ β -TCP	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Les céramiques associées à un polymère (y compris le collagène)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Une éponge de collagène seule	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Un bioverre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Un sulfate de calcium	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Un carbonate de calcium	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Les nouveaux substituts osseux (céramiques associées à du PRF...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Un dérivé plaquettaire seul	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

10. Si vous utilisez un autre type de substitut osseux, merci de l'indiquer ici

11. Comment facturez-vous l'utilisation de votre substitut osseux ?

Plusieurs réponses possibles

Plusieurs réponses possibles.

- Je ne le fait jamais payer
- Je réalise un devis avant l'intervention, au prix auquel je l'achète
- Je réalise un devis avant l'intervention, avec dépassement d'honoraires
- Autre : _____

Passer à la question 12

Quelques perspectives en régénération osseuse

Cette dernière partie (c'est bientôt la fin !) concerne aussi bien les praticiens qui utilisent des substituts osseux que ceux qui n'y ont jamais recours.

12. Quel(s) est(sont) le(s) facteur(s) clé(s) qui vous poussent à utiliser un biomatériau plutôt qu'un autre dans le cadre de vos interventions ?

Plusieurs réponses possibles.

Plusieurs réponses possibles.

- Les résultats présentés dans la littérature
- Le bouche à oreille de la part de confrères
- Le prix
- L'origine (naturelle, synthétique, etc).
- La marque/le fabricant
- Des cas vus sur les réseaux sociaux
- Les cas présentés dans le cadre de formations et de conférences
- Autre : _____

13. Seriez-vous intéressés par l'utilisation d'un appareil qui permettrait la combinaison de deux biomatériaux commerciaux, directement dans votre cabinet dentaire avant de les implanter, pour un effet synergique ?

Une seule réponse possible.

- Oui, je réalise déjà des mélanges manuellement au cabinet
- Oui pourquoi pas, peut être
- Non je n'en aurai aucune utilité
- Autre : _____

14. Si oui, quel prix seriez-vous prêts à investir dans ce type d'appareil (biomatériaux non compris) ?

Une seule réponse possible.

- Maximum 5000€
- Entre 6000 et 15 000€
- Entre 16 000 et 30 000€
- Eventuellement plus de 30 000€

Bibliographie

1. Kumar P, Fathima G, Vinitha B. Bone grafts in dentistry. *J Pharm Bioall Sci.* 2013;5(5):125.
2. Fillingham Y, Jacobs J. Bone grafts and their substitutes. *The Bone & Joint Journal.* janv 2016;98-B(1_Supple_A):6-9.
3. Haugen HJ, Lyngstadaas SP, Rossi F, Perale G. Bone grafts: which is the ideal biomaterial? *Journal of Clinical Periodontology.* 2019;46(S21):92-102.
4. Schmidt AH. Autologous bone graft: Is it still the gold standard? *Injury.* juin 2021;52:S18-22.
5. CANCEILL T, KICHENBRAND C, JONIOT S, MOBY V. LES SUBSTITUTS OSSEUX EN ODONTOLOGIE. *BMC.* mars 2018;3(1):7.
6. SAAD O. LES SUBSTITUTS OSSEUX ALLOGENIQUES ET XENOGENIQUES : UTILISATION EN CHIRURGIE PRE-IMPLANTAIRE [Thèse]. UNIVERSITE DE LORRAINE; 2012. Disponible sur: <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01739102/document>
7. Stumbras A, Kuliesius P, Januzis G, Juodzbaly G. Alveolar Ridge Preservation after Tooth Extraction Using Different Bone Graft Materials and Autologous Platelet Concentrates: a Systematic Review. *JOMR [Internet].* 31 mars 2019 [cité 5 févr 2023];10(1). Disponible sur: <http://www.ejomr.org/JOMR/archives/2019/1/e2/v10n1e2ht.htm>
8. Alzahrani AA, Murriky A, Shafik S. Influence of platelet rich fibrin on post-extraction socket healing: A clinical and radiographic study. *The Saudi Dental Journal.* oct 2017;29(4):149-55.
9. ARNAL H, MACCOTTA M. EXTRACTION ET IMPLANT La préservation alvéolaire en question. *Clinic.* juin 2021;(402).
10. HAUTE AUTORITE DE SANTE. Révision de catégories homogènes de dispositifs médicaux - SUBSTITUTS OSSEUX [Internet]. 2013 mai p. 133. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2013-06/rapport_devaluation_des_substituts_osseux.pdf
11. Steller D, Herbst N, Pries R, Juhl D, Hakim SG. Positive impact of Platelet-rich plasma and Platelet-rich fibrin on viability, migration and proliferation of osteoblasts and fibroblasts treated with zoledronic acid. *Sci Rep.* 5 juin 2019;9(1):8310.
12. Mohd Zaffarin AS, Ng SF, Ng MH, Hassan H, Alias E. Nano-Hydroxyapatite as a Delivery System for Promoting Bone Regeneration In Vivo: A Systematic Review. *Nanomaterials.* 29 sept 2021;11(10):2569.
13. Dewi AH, Ana ID. The use of hydroxyapatite bone substitute grafting for alveolar ridge preservation, sinus augmentation, and periodontal bone defect: A systematic review. *Heliyon.* oct 2018;4(10):e00884.
14. Canullo L, Wiel Marin G, Tallarico M, Canciani E, Musto F, Dellavia C. Histological and Histomorphometrical Evaluation of Postextractive Sites Grafted with Mg-Enriched Nano-Hydroxyapatite: A Randomized Controlled Trial Comparing 4 Versus 12 Months of Healing: Biomimetic Hydroxyapatite in Site Preservation. *Clinical Implant Dentistry and Related Research.* oct 2016;18(5):973-83.

15. Canceill T, Kichenbrand C, Joniot S, Moby V. Les Substituts Osseux en Odontologie. Partie 2 - Classification. BMC. oct 2019;4(2).
16. Hench LL. The story of Bioglass®. J Mater Sci: Mater Med. nov 2006;17(11):967-78.
17. Huang C, Yu M, Li H, Wan X, Ding Z, Zeng W, et al. Research Progress of Bioactive Glass and Its Application in Orthopedics. Adv Materials Inter. nov 2021;8(22):2100606.
18. Prescillia LAGARRIGUE. Nanocomposites bioverre/polyester pour le développement de scaffolds macroporeux par freeze-casting : vers le traitement de l'ostéoradionécrose mandibulaire [Thèse]. Université Fédérale Toulouse Midi-Pyrénées; 2020.
19. Checinska K, Checinski M, Cholewa-Kowalska K, Sikora M, Chlubek D. Polyphenol-Enriched Composite Bone Regeneration Materials: A Systematic Review of In Vitro Studies. IJMS. 5 juill 2022;23(13):7473.
20. Onisor F, Bran S, Mitre I, Mester A, Voinea-Tonea A, Armenacea G, et al. Polymer-Based Bone Substitutes in Periodontal Infrabony Defects: A Systematic Evaluation of Clinical Studies. Polymers. 18 déc 2021;13(24):4445.
21. Zhao R, Yang R, Cooper PR, Khurshid Z, Shavandi A, Ratnayake J. Bone Grafts and Substitutes in Dentistry: A Review of Current Trends and Developments. Molecules. 18 mai 2021;26(10):3007.
22. Grad S, Kupcsik L, Gorna K, Gogolewski S, Alini M. The use of biodegradable polyurethane scaffolds for cartilage tissue engineering: potential and limitations. Biomaterials. déc 2003;24(28):5163-71.
23. Wang S, Li R, Xia D, Zhao X, Zhu Y, Gu R, et al. The impact of Zn-doped synthetic polymer materials on bone regeneration: a systematic review. Stem Cell Research & Therapy. 12 févr 2021;12(1):123.
24. Sharma A, Minh Duc NT, Luu Lam Thang T, Nam NH, Ng SJ, Abbas KS, et al. A Consensus-Based Checklist for Reporting of Survey Studies (CROSS). J GEN INTERN MED. oct 2021;36(10):3179-87.
25. Voutilainen A, Pitkäaho T, Kvist T, Vehviläinen-Julkunen K. How to ask about patient satisfaction? The visual analogue scale is less vulnerable to confounding factors and ceiling effect than a symmetric Likert scale. J Adv Nurs. avr 2016;72(4):946-57.
26. BLANCHY T. Intérêt des éponges de collagène pour prévenir la résorption osseuse post-extractionnelle : revue systématique de la littérature [Internet]. [Bordeaux]: Université de Bordeaux; 2015. Disponible sur: <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01117631/document>
27. S'implanter en zones de revitalisation rurale (ZRR), quels avantages ? [Internet]. [cité 27 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.economie.gouv.fr/entreprises/zone-revitalisation-rurale-zrr-avantages-impots>
28. Aithal A, Aithal PS. Development and Validation of Survey Questionnaire & Experimental Data – A Systematical Review-based Statistical Approach. SSRN Journal [Internet]. 2020 [cité 13 juill 2023]; Disponible sur: <https://www.ssrn.com/abstract=3724105>
29. Sculean A, Nikolidakis D, Nikou G, Ivanovic A, Chapple ILC, Stavropoulos A. Biomaterials for promoting periodontal regeneration in human intrabony defects: a systematic review. Periodontol 2000. juin 2015;68(1):182-216.

30. Liu K, Huang Z, Chen Z, Han B, Ouyang X. Treatment of periodontal intrabony defects using bovine porous bone mineral and guided tissue regeneration with/without platelet-rich fibrin: A randomized controlled clinical trial. *Journal of Periodontology*. nov 2021;92(11):1546-53.
31. Shi J, Zhou J, Liu C, Liu Y, Si M. Radiographic bone volume alteration after jaw cyst enucleation with or without simultaneous bone grafts: A prospective randomized study. *Clin Implant Dent Rel Res*. août 2022;24(4):468-74.
32. Zampara E, Alshammari M, De Bortoli J, Mullings O, Gkisakis IG, Benalcázar Jalkh EB, et al. A Histologic and Histomorphometric Evaluation of an Allograft, Xenograft, and Alloplast Graft for Alveolar Ridge Preservation in Humans: A Randomized Controlled Clinical Trial. *Journal of Oral Implantology*. 1 déc 2022;48(6):541-9.
33. Amid R, Kheiri A, Kheiri L, Kadkhodazadeh M, Ekhlasmankermani M. Structural and chemical features of xenograft bone substitutes: A systematic review of *in vitro* studies. *Biotechnology and Applied Biochemistry*. 11 nov 2020;bab.2065.
34. Canellas JVDS, Drugos L, Ritto FG, Fischer RG, Medeiros PJD. Xenograft materials in maxillary sinus floor elevation surgery: a systematic review with network meta-analyses. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. sept 2021;59(7):742-51.
35. Nelson I, Naleway SE. Intrinsic and extrinsic control of freeze casting. *Journal of Materials Research and Technology*. avr 2019;8(2):2372-85.
36. Fabrication de biomatériaux implantables en odontologie Validation d'un procédé de génération de porosité. Mémoire de soutenance de Master 2 par PERRUSSEL Jeanne. Laboratoire CIRIMAT (Toulouse), Juillet 2022.
37. Paulo MJE, Dos Santos MA, Cimatti B, Gava NF, Riberto M, Engel EE. Osteointegration of porous absorbable bone substitutes: A systematic review of the literature. *Clinics*. 2017;72(7):449-53.
38. Juodzbaly G, Stumbras A, Goyushov S, Duruel O, Tözüm TF. Morphological Classification of Extraction Sockets and Clinical Decision Tree for Socket Preservation/Augmentation after Tooth Extraction: a Systematic Review. *JOMR [Internet]*. 5 sept 2019 [cité 2 août 2023];10(3). Disponible sur: <http://www.ejomr.org/JOMR/archives/2019/3/e3/v10n3e3ht.htm>
39. Avila-Ortiz G, Elangovan S, Kramer KWO, Blanchette D, Dawson DV. Effect of Alveolar Ridge Preservation after Tooth Extraction: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Dent Res*. oct 2014;93(10):950-8.
40. Schneider D, Schmidlin PR, Philipp A, Annen BM, Ronay V, Hämmerle CHF, et al. Labial soft tissue volume evaluation of different techniques for ridge preservation after tooth extraction: a randomized controlled clinical trial. *J Clin Periodontol*. juin 2014;41(6):612-7.
41. Avila-Ortiz G, Chambrone L, Vignoletti F. Effect of alveolar ridge preservation interventions following tooth extraction: A systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol*. juin 2019;46:195-223.
42. Canellas JV dos S, Soares BN, Ritto FG, Vettore MV, Vidigal Júnior GM, Fischer RG, et al. What grafting materials produce greater alveolar ridge preservation after tooth

extraction? A systematic review and network meta-analysis. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. nov 2021;49(11):1064-71.

43. Willenbacher M, Al-Nawas B, Berres M, Kämmerer PW, Schiegnitz E. The Effects of Alveolar Ridge Preservation: A Meta-Analysis: Alveolar Ridge Preservation. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. déc 2016;18(6):1248-68.

Table des illustrations :

<i>Figure 1 : Mécanisme d'action d'un bioverre. Source (17) a): le bioverre dans le fluide corporel, b) : échange d'ions Na^+ entre le bioverre et le fluide corporel, c) : formation de liaisons Si-OH et libération de $Si(OH)_4$, d) : polycondensation de $SiOH + SiOH = Si-O$ pour la formation du gel de silice silice hydraté, e) : absorption Ca^{2+}, PO_4^{3-}, CO_3^{2-}, f) : cristallisation de la couche d'apatite d'hydrocarbonate (HCA).....</i>	<i>18</i>
<i>Figure 2 : Logigramme partie 1 du questionnaire</i>	<i>21</i>
<i>Figure 3 : Logigramme partie 2 du questionnaire</i>	<i>22</i>
<i>Figure 4 : Echelle de Likert à 5 points.</i>	<i>23</i>
<i>Figure 5 : Logigramme partie 2 du questionnaire</i>	<i>25</i>
<i>Figure 6 : Diagramme en barres représentant le nombre d'années d'exercices pour un chirurgien dentiste.</i>	<i>28</i>
<i>Figure 7 : Diagramme en camembert représentant le nombre d'années d'exercice en pourcentage.....</i>	<i>29</i>
<i>Figure 8 : Tableau des différentes spécialités exercées par les chirurgiens dentistes.</i>	<i>29</i>
<i>Figure 9 : Diagramme en camembert représentant les différentes spécialités des chirurgiens dentistes français</i>	<i>30</i>
<i>Figure 10 : Diagramme en barres représentant la diversité des modes d'exercice chez les chirurgiens dentistes.</i>	<i>31</i>
<i>Figure 11 : Diagramme en barres représentant les différents modes d'exercice chez le chirurgien dentiste ayant une seule activité.</i>	<i>32</i>
<i>Figure 12 : Diagramme en barres représentant le lieu d'exercice des chirurgiens dentistes.</i>	<i>33</i>
<i>Figure 13 : Graphique représentant les participants à l'étude.</i>	<i>34</i>
<i>Figure 14 : Diagramme en barres représentant la fréquence d'utilisation des substituts osseux</i>	<i>35</i>
<i>Figure 15 : Représentation sur une panoramique dentaire des différents usages des substituts osseux.</i>	<i>36</i>
<i>Figure 16 : Tableau représentant l'utilisation des substituts osseux par les chirurgiens dentistes en fonction du type d'intervention.</i>	<i>36</i>

<i>Figure 17 : Schéma explicatif des différents types de substituts osseux en fonction de leur origine.....</i>	<i>37</i>
<i>Figure 18 : Diagramme en barres représentant l'utilisation des substituts osseux au cabinet dentaire..</i>	<i>38</i>
<i>Figure 19 : Schéma représentant l'utilisation des substituts osseux au cabinet dentaire en fonction de leur origine. Plus le matériau est utilisé, plus il est représenté par un gros volume.</i>	<i>39</i>
<i>Figure 20 : Diagramme en barres représentant la facturation des substituts osseux par les chirurgiens dentistes français.....</i>	<i>40</i>
<i>Figure 21 : Diagramme en barres représentant le choix d'un substitut osseux.</i>	<i>41</i>
<i>Figure 22 : Diagramme en barres représentant l'intérêt par des chirurgiens dentistes pour un appareil permettant de combiner deux substituts osseux afin d'obtenir un effet synergique.</i>	<i>42</i>
<i>Figure 23 : Diagramme montrant le pourcentage de défauts traités (%) présentant une preuve histologique de régénération osseuse dans le groupe des biomatériaux (29).</i>	<i>45</i>
<i>Figure 24 : Principe du freeze casting (35) (a) : suspension colloïdale/solution de polymère, (b) : solidification, c) : sublimation du solvant, (d) : Matériaux poreux (scaffold).....</i>	<i>47</i>
<i>Figure 25 : Image montrant la théorie de la résorption alvéolaire suite à une extraction dentaire, sans comblement osseux en haut versus avec comblement osseux en bas (39).</i>	<i>50</i>
<i>Figure 26 : Tableau montrant la perte osseuse verticale et horizontale ainsi que la qualité de l'os en fonction du type de substitut d'après l'étude de Strumbras et al. (7).</i>	<i>51</i>

**ETUDE D'UTILISATION DES SUBSTITUTS OSSEUX PAR LES CHIRURGIENS
DENTISTES FRANCAIS.**

RÉSUMÉ EN FRANÇAIS : Les causes d'une perte dentaire sont nombreuses, carie volumineuse, maladie parodontale, traumatisme... L'extraction dentaire qui en découle est toujours associée à une perte osseuse. Pour pallier cette résorption, différentes techniques de régénération osseuse ainsi que de multiples substituts osseux d'origine naturelle ou synthétique peuvent être utilisés. Cette thèse en collaboration avec le CIRIMAT et l'INP de Toulouse a permis, grâce à un questionnaire, de dresser un état des lieux d'utilisation des substituts osseux en matière de régénération osseuse par les chirurgiens dentistes français, ainsi que ce qui guide leur décision. Le choix d'un biomatériau plutôt qu'un autre dans le cadre de la préservation alvéolaire, permettant de limiter la perte osseuse, est également développé dans ce travail de thèse.

TITRE EN ANGLAIS : STUDY ON THE USE OF BONE SUBSTITUTES BY FRENCH DENTISTS

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Chirurgie dentaire

MOTS-CLÉS : substituts osseux, régénération osseuse, chirurgiens dentistes français, questionnaire, préservation alvéolaire

INTITULE ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE :

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

Directeur de thèse : Drs Thibault CANCEILL et Jérémy SOULIE