



HAL
open science

Intérêt des Céramiques Biphasiques/Collagène dans les soulevés de sinus par voie latérale : revue de la littérature

Margot Duchêne

► To cite this version:

Margot Duchêne. Intérêt des Céramiques Biphasiques/Collagène dans les soulevés de sinus par voie latérale : revue de la littérature. Chirurgie. 2016. dumas-01313775

HAL Id: dumas-01313775

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01313775>

Submitted on 10 May 2016

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

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

Thèse pour l'obtention du
DIPLOME D'ÉTAT de DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement par

Margot DUCHENE

Née le 02 Novembre 1988 à Bruges (33)

Le 04 Mai 2016

**Intérêt des Céramiques Biphases/Collagène dans les
soulevés de sinus par voie latérale : Revue de la littérature**

Directeur de thèse

M Jean-Marie MARTEAU

Membres du Jury

Président	M. Jean-Christophe FRICAIN	Professeur des Universités
Directeur	M. Jean-Marie MARTEAU	Maitre de Conférences des Universités
Rapporteur	M. Bernard BARTHET	Attaché Hospitalo-Universitaire
Assesseur	M. Sylvain CATROS	Maitre de conférences des Universités
Assesseur	Mme. Sylvie BRUNET	Maitre de conférences des Universités

UNIVERSITE DE BORDEAUX

MAJ 01/02/2016

Président M. TUNON DE LARA Manuel
Directeur de Collège des Sciences de la Santé M. PELLEGRIN Jean-Luc

COLLEGE DES SCIENCES DE LA SANTE UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE DES SCIENCES ODONTOLOGIQUES

Directrice Mme BERTRAND Caroline 58-02
Directrice Adjointe – Chargée de la Formation initiale Mme ORIEZ-PONS Dominique 58-01
Directeur Adjoint – Chargé de la Recherche M. FRICAIN Jean-Christophe 57-02
Directeur Adjoint – Chargé des Relations Internationales M. LASSERRE Jean-François 58-02

ENSEIGNANTS DE L'UFR

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

Mme Caroline BERTRAND Prothèse dentaire 58-02
Mme Marie-José BOILEAU Orthopédie dento-faciale 56-02
Mme Véronique DUPUIS Prothèse dentaire 58-02
M. Jean-Christophe FRICAIN Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique 57-02

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

Mme Elise ARRIVÉ Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale 56-03
Mme Cécile BADET Sciences biologiques 57-03
M. Etienne BARDINET Orthopédie dento-faciale 56-02
M. Michel BARTALA Prothèse dentaire 58-02
M. Cédric BAZERT Orthopédie dento-faciale 56-02
M. Christophe BOU Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale 56-03
Mme Sylvie BRUNET Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique 57-02
M. Sylvain CATROS Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique 57-02
M. Stéphane CHAPENOIRE Sciences anatomiques et physiologiques 58-03
M. Jacques COLAT PARROS Sciences anatomiques et physiologiques 58-03
M. Jean-Christophe COUTANT Sciences anatomiques et physiologiques 58-03
M. François DARQUE Orthopédie dento-faciale 56-02
M. François DE BRONDEAU Orthopédie dento-faciale 56-02
M. Yves DELBOS Odontologie pédiatrique 56-01
M. Raphael DEVILLARD Odontologie conservatrice- Endodontie 58-01
M. Emmanuel D'INCAU Prothèse dentaire 58-02
M. Bruno ELLA NGUEMA Sciences anatomiques et physiologiques 58-03
M. Dominique GILLET Odontologie conservatrice – Endodontie 58-01
M. Jean-François LASSERRE Prothèse dentaire 58-02
M. Yves LAUVERJAT Parodontologie 57-01
Mme Odile LAVIOLE Prothèse dentaire 58-02
M. Jean-Marie MARTEAU Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique 57-02
Mme Javotte NANCY Odontologie pédiatrique 56-01
M. Adrien NAVEAU Prothèse dentaire 58-02
Mme Dominique ORIEZ Odontologie conservatrice – Endodontie 58-01
M. Jean-François PELI Odontologie conservatrice – Endodontie 58-01

M.	Philippe	POISSON	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-03
M.	Patrick	ROUAS	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Johan	SAMOT	Sciences biologiques	57-03
Mme	Maud	SAMPEUR	Orthopédie dento-faciale	56-02
M.	Cyril	SEDARAT	Parodontologie	57-01
Mme	Noélie	THEBAUD	Sciences biologiques	57-03
M.	Eric	VACHEY	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01

ASSISTANTS

Mme	Audrey	AUSSEL	Sciences biologiques	57-03
M.	Wallid	BOUJEMAA AZZI	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M.	Julien	BROTHIER	Prothèse dentaire	58-02
M.	Mathieu	CONTREPOIS	Prothèse dentaire	58-02
Mme	Clarisse	DE OLIVEIRA	Orthopédie dento-faciale	56-02
M.	Cédric	FALLA	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-03
M.	Guillaume	FENOUL	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
Mme	Elsa	GAROT	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Nicolas	GLOCK	Sciences anatomiques et physiologiques	58-03
Mme	Sandrine	GROS	Orthopédie dento-faciale	56-02
Mme	Olivia	KEROUREDAN	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
Mme	Alice	LE NIR	Sciences anatomiques et physiologiques	58-03
Mme	Karine	LEVET	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-03
M.	Alexandre	MARILLAS	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
Mme	Marie	MÉDIO	Orthopédie dento-faciale	56-02
Mme	Darrène	NGUYEN	Sciences biologiques	57-03
M.	Ali	NOUREDDINE	Prothèse dentaire	58-02
Mme	Chloé	PELOURDE	Orthopédie dento-faciale	56-02
			Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Jean-Philippe	PIA	Prothèse dentaire	58-02
M.	Mathieu	PITZ	Parodontologie	57-01
Mme	Charlotte	RAGUENEAU	Prothèse dentaire	58-02
M.	Clément	RIVES	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M.	François	ROUZÉ L'ALZIT	Prothèse dentaire	58-02
M.	François	VIGOUROUX	Parodontologie	57-01
			Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-02
			Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-02

A notre président de thèse :

Monsieur le professeur Jean-Christophe FRICAIN

Merci pour l'honneur que vous me faites en acceptant la présidence de cette thèse.

Veillez trouver par la réalisation de ce travail, l'expression de ma plus haute considération et de mon profond respect.

A notre directeur de thèse

Monsieur le Docteur Jean-Marie MARTEAU

Merci pour l'honneur que vous m'avez fait en acceptant de diriger ce travail.

Je tiens à vous remercier pour votre enseignement, votre disponibilité et pour vos conseils tout au long de la rédaction de ce travail.

Enfin je vous remercie tout particulièrement pour la possibilité que vous avez offert aux étudiants de réaliser leurs stages d'été en collaboration avec le CHU de Cayenne. La mission à Camopi en dispensaire fût pour moi une expérience extraordinaire.

A notre rapporteur de thèse

Monsieur le Docteur Bernard BARTHET

Vous êtes à l'initiative de ce travail, je vous remercie profondément pour votre investissement et de votre disponibilité.

C'est un honneur pour moi d'avoir été à vos côtés toute au long de ma sixième année. Merci pour votre enseignement et votre bonne humeur !

Je vous souhaite une bonne continuation dans tous vos projets, j'espère que nous aurons l'occasion de retravailler ensemble.

A notre assesseur

Monsieur le Docteur Sylvain CATROS

Je vous remercie d'avoir accepté de porter un jugement sur ce travail, en qualité d'assesseur.

Soyez assuré de ma profonde reconnaissance et de mon plus grand respect.

A notre assesseur

Madame le Docteur Sylvie BRUNET

Je vous remercie d'avoir accepté de porter un jugement sur ce travail, en qualité d'assesseur.

Je vous remercie pour votre enseignement et votre disponibilité durant mes trois années de clinique au sein du pôle de Xavier Arnozan.

MERCI,

A mes parents, pour votre soutien dans tous mes projets, vous savez combien vous comptez à mes yeux, merci.

A Emma, pour notre complicité, tu es la personne qui me connaît le mieux. Je vous souhaite le meilleur avec Jérôme.

A toute ma famille, malgré les hauts et les bas on essaie de rester unis, mes souvenirs d'enfance avec vous tous sont remplis de rire, de jeux et de bon repas.

A Bounce et Lucho, merci pour toutes les bêtises qu'on a fait et qu'on continuera à faire ensemble. Merci pour ces 5 années de coloc', j'vous kiff même si parfois vous êtes reeelou!!

Aux morues et à tous les copains de la fac, ces études nous on appris bien plus que de la dentisterie, elles m'ont permis de faire de belles rencontres. Je n'oublierai jamais les soirées, crit, god, le Brésil, Berlin, Barcelone, la Guyane.... j'espère que notre amitié durera.

A Amandine et Laura, du lycée au Chili entre nous trois rien n'a changé, muchas gracias !

Table des matières

1-INTRODUCTION	11
2-LES SINUS MAXILLAIRES	13
2.1- RAPPELS ANATOMIQUES	13
2.2- LE PHENOMENE DE PNEUMATISATION DU SINUS	16
3- LES TECHNIQUES CHIRURGICALES DU COMPLEMENT SOUS-SINUSIEN	17
3.1-BILAN PRE-OPERATOIRE	18
3.1.1-ETAT GENERAL DU PATIENT	18
3.1.2- IMPORTANCE DE L'EXAMEN RADIOLOGIQUE PRE-OPERATOIRE	19
3.2- ABORD CHIRURGICAL PAR VOIE CRESTALE	22
3.3- LA TECHNIQUE DU VOLET LATERAL	23
4- LES MATERIAUX DE COMPLEMENTES SOUS-SINUSIEN	27
4.1- L'OS HUMAIN	27
4.1.1- LES ALLOGREFFES	27
4.1.2- LES AUTOGREFFES	28
4.2- LES XENOGREFFES	31
4.3-LE TRICALCIUM PHOSPHATE:	32
4.3.1- INTERET DE L'ASSOCIATION HA ET β -TCP	33
4.3.2- INTERET DE L'APPORT DU COLLAGENE AVEC LA CERAMIQUE BIPHASIQUE, LE MATRIBONE®	37
5- REVUE BIBLIOGRAPHIE : ETUDE DE L'EFFICACITE DES BCP DANS LES GREFFES SINUSIENNES PAR VOIE LATERALE COMPARE AU BIO-OSS®	38
5.1- OBJECTIF	38
5.2- MATERIELS ET METHODES	38
5.2.1- MATERIELS	38
5.2.2- METHODES	39
5.3 RESULTATS	39
5.3.1- ANALYSE DES RESULTATS CLINIQUES ET RADIOGRAPHIQUES DES ETUDES RETENUES	40
5.3.2- ANALYSE DES RESULTATS HISTOLOGIQUES ET HISTOMORPHOMETRIQUES	44
5.3.3- ANALYSE DE L'ETUDE UTILISANT LA MICROSCOPIE ELECTRONIQUE	50
5.3.4- ANALYSE DE LA STABILITE IMPLANTAIRE A PLUS OU MOINS LONG TERME	53
5.3.5- RESULTATS DES ETUDES COMPARANT LA BCP/COLLAGENE AU BIO-OSS® /COLLAGENE	56
5.4-DISCUSSION :	59
6- PRESENTATION D'UN CAS CLINIQUE UTILISANT LE MATRIBONE® :	62
7- CONCLUSION :	65

1-Introduction

Jusqu'à la fin du XX^{ème} siècle les thérapeutiques de substitutions en l'absence de dents reposaient sur la confection de prothèses fixées ou amovibles en fonction de l'étendu de l'édentement. L'essor de l'implantologie va bouleverser les solutions thérapeutiques, ces avantages sont aujourd'hui reconnus de tous. Leurs succès reposent notamment sur un critère essentiel : la présence d'un volume osseux suffisant. Malheureusement au niveau du secteur maxillaire postérieur la perte de l'organe dentaire engendre une résorption osseuse.

La pose d'implants n'est possible qu'avec une hauteur de la crête osseuse supérieure ou égale à 7 mm. De plus au niveau du maxillaire postérieur la présence des sinus maxillaires est un facteur accentuant l'atrophie osseuse. Le sinus peut devenir un obstacle à la pose d'implant. Pour contourner cet obstacle des techniques de soulèvement de la membrane sinusienne et de comblements osseux vont être développés pour permettre d'augmenter la hauteur de la crête osseuse et ainsi permettre la pose d'implant.

L'élévation du plancher sinusal est une procédure décrite pour la première fois en 1986 par Tatum et Boyne (1), c'est à leur époque une technique lourde et traumatisante. Depuis le protocole a beaucoup évolué, c'est aujourd'hui une technique chirurgicale fiable, prédictible et réalisée sous anesthésie locale.

Suite à l'élévation du plancher sinusal un matériau de comblement va être mis en place. Pendant des années l'os autogène a été le seul matériau utilisé, il est aujourd'hui largement remplacé par des substituts osseux d'origine animale ou synthétique. Nous verrons que ces substituts osseux offrent une alternative à l'os autogène. Des études cliniques mettent en évidence des résultats similaires en terme de qualités et de quantité osseuse après une greffe faite par de l'os autogène ou l'un de ces substituts osseux.

Le biomatériau le plus utilisé et le plus référencé dans la littérature actuelle est le Bio-Oss® (Geistlich), il fait partie du groupe des xénogreffes. Ces dix dernières années un autre biomatériau intéresse de plus en plus les praticiens il s'agit des céramiques biphasiques phosphocalciques (BCP). C'est un matériau alloplastique.

Après être revenue rapidement sur les bases fondamentales des sinus maxillaires et sur le phénomène de pneumatisation des sinus, nous nous attarderons sur les techniques de chirurgie sinusienne. Nous porterons un intérêt particulier au cas d'atrophies sévères de la crête maxillaire postérieure, lorsque la hauteur résiduelle de la crête osseuse est inférieure à

5 mm. De ce fait nous évoquerons rapidement la technique du volet crestal pour nous intéresser ensuite à la technique du volet latéral.

Dans notre quatrième partie nous exposerons les différents matériaux à notre disposition en vue d'un comblement sous sinusien. Nous décrirons rapidement les caractéristiques des autogreffes, des allogreffes et des xéno-greffes. Nous retiendrons notre attention sur les propriétés du β -tri-calcium phosphate (β -TCP) ainsi que sur les biomatériaux qui en découlent : les BCP et les BCP/Collagène.

Nous décrirons ensuite les résultats de notre recherche bibliographique. Nous avons comparé les résultats obtenus après des greffes sous sinusiennes réalisées par des BCP et du Bio-oss® chez l'homme par la technique du volet latéral.

Les BCP sont-ils plus performants pour la cicatrisation osseuse et pour la stabilité de la future prothèse sur implant comparé au Bio-oss® lors d'un comblement sous sinusien par la technique du volet latéral ? Quels sont les intérêts des BCP/Collagène dans ce cas particulier ?

Le but de cette étude est d'aider le praticien lors de son choix du substitut osseux idéal dans un cas de figure bien précis. Nous mettrons en évidence les avantages et les inconvénients de chaque substitut osseux.

Enfin nous exposerons un cas clinique utilisant le MatriBONE® puis nous conclurons sur les résultats que nous pouvons tirer de nos recherches bibliographiques.

2-Les sinus maxillaires

2.1- Rappels anatomiques

Les sinus maxillaires apparaissent à partir du quatrième mois de la vie intra-utérine, ils naissent de l'invagination de la muqueuse pituitaire du méat moyen des fosses nasale au sein de l'os maxillaire. Leur croissance se fait ensuite par poussée. Leur largeur maximale est atteinte vers l'âge de 12 ans et leur hauteur définitive à la fin de la puberté. Les sinus communiquent avec les fosses nasales par l'intermédiaire de l'ostium et de canaux fins appelés : ostia. L'ostium est un canal de 7 mm de longueur et de 4 mm de diamètre, sa perméabilité est nécessaire pour la bonne santé des sinus (2). Par exemple en cas de sinusite purulente, avec un œdème initial au niveau de la muqueuse nasale, on assiste à l'obstruction de l'ostium qui conduit à une hypoventilation des sinus et à une stagnation des sécrétions aboutissant à la surinfection des sinus maxillaires.

Les sinus maxillaires sont des cavités osseuses pyramidales (3) à base interne délimitées par :

Une paroi antéro-latérale : cette paroi regarde en avant et en dehors, elle est concave, elle présente deux repères importants : la fosse canine et le foramen infra orbitaire situé 6 à 7 mm sous le rebord infra-orbitaire. Il faut faire attention lorsque la hauteur de l'os maxillaire est faible (inférieur à 4 mm) ; le rapport entre la fosse canine et le paquet vasculo-nerveux infra-orbitaire est étroit, avec risque de traumatisme lors du décollement du lambeau et de l'ostéotomie.

Une paroi postéro-latérale : elle correspond à la tubérosité maxillaire, elle sépare le sinus de la fosse infra-temporale et de la fosse ptérygo-palatine. C'est au niveau de cette paroi que se forme les deux boucles vasculaires anastomotiques entre l'artère alvéolaire postéro-supérieure et l'artère infra-orbitaire, sur lesquelles nous reviendrons.

Une paroi supérieure ou orbitaire : elle constitue une grande partie du plancher de l'orbite. Cette paroi n'est pas concernée par l'élévation du plancher sinusien. Cependant si une infection se développe suite à un comblement excessif avec obstruction de l'ostium cela aura des conséquences sur la fosse orbitaire.

Une paroi médiale ou nasale : c'est la paroi externe des fosses nasales.

Une paroi inférieure : qui correspond au plancher du sinus, c'est la partie la plus déclive du sinus. Il forme une gouttière plus ou moins large. Il est situé en dessous du plancher des fosses nasales. Les alvéoles dentaires y font une saillie plus ou moins

marquée, avec parfois un contact direct entre la muqueuse sinusienne et les racines dentaires.

Les sinus sont tapissés par une membrane muqueuse : la membrane de Schneider. Elle est constituée d'un épithélium cylindrique pseudo-stratifié, dont la plupart des cellules sont pourvues de cils vibratils. Elle a une couleur bleuâtre, elle est facilement identifiable lors d'un soulèvement de sinus.

Cette muqueuse a trois grands rôles :

- Rôle immunitaire par le drainage du mucus sécrété vers le hiatus maxillaire et par la présence au sein de la membrane sinusienne de cellules impliquées dans la réponse immunitaire (macrophages, lymphocytes, mastocytes).
- Rôle de sécrétion de mucus par les cellules caliciformes et les glandes séro-muqueuses.
- Rôle de résorption de l'os par une activité ostéoclastique.

A ce jour, il n'existe pas de consensus sur les fonctions des sinus maxillaires, cependant les deux fonctions les plus étudiées concernent : le rôle des sinus dans l'humidification de l'air inspiré et leur contribution dans l'absorption des contraintes des forces biomécaniques agissant sur le massif cranio-facial.

Les dimensions moyennes des sinus maxillaires sont : en largeur 25-35 mm, en hauteur 36-45 mm et en longueur 38-45 mm. Leur capacité moyenne est de 12 cm³, elle varie de l'ordre de 5 à 20 cm³.

Dans les cas de grand sinus, les prolongements de la cavité sinusienne sont d'importance variable entre deux individus et même entre deux sinus chez un même individu. Il existe quatre types de prolongements :

- Le prolongement zygomatique : vers l'os zygomatique allant dans les cas extrêmes à une pneumatisation complète de l'os.
- Le prolongement frontal : il se développe dans le processus frontal du maxillaire.
- Le prolongement postérieur : il se produit en général au moment de l'éruption de la dent de sagesse, il se fait en bas et en arrière.
- Le prolongement inférieur : il se fait vers les dents, le sinus se retrouve entre les racines des dents, ce qui peut amener à des complications notamment lors d'extraction dentaire.

La vascularisation du sinus se fait par des branches collatérales de l'artère maxillaire. L'artère maxillaire chemine en dessous ou entre les faisceaux du muscle ptéridien latéral.

Elle se divise en trois branches : l'artère alvéolaire postéro-supérieure, l'artère infra-orbitaire puis entre dans le foramen ptérygo-palatin pour devenir l'artère sphéno-palatine. (4)

La paroi latérale est vascularisée par deux boucles anastomotiques de l'artère infra-orbitaire (AI) et l'artère alvéolaire postéro-supérieure (AAPS). L'AI chemine dans le plancher de l'orbite puis sort par le foramen infra-orbitaire où elle va donner des rameaux intra-osseux et des rameaux périostés destinés à la région antérieure du maxillaire. L'AAPS va donner avant son entrée dans l'os maxillaire une branche périostée qui court sur toute la paroi latérale du sinus. On aura alors une anastomose extra-osseuse entre les branches extra-osseuses de l'AI et l'AAPS, et une anastomose intra-osseuse plus connue sous le nom d'artère alvéolo-antrale. L'artère alvéolo-antrale est la plus volumineuse, son diamètre varie de 0,5 à 2,5mm (3) et c'est la plus constante des artères vascularisant le sinus. Elle chemine soit dans la paroi osseuse soit entre la paroi et la muqueuse sinusienne. Elle est le plus souvent dans la paroi osseuse en regard de la première molaire et à l'interface os/muqueuse au niveau de la fosse canine. Il est important de bien la visualiser au scanner pré-opératoire, même si selon l'étude de Elian et al (5) elle n'est identifiable que dans 52,9% des cas.

La paroi médiale est principalement vascularisée par l'artère sphéno-palatine, elle donne l'artère nasale postéro-latérale puis l'artère ostiale qui gagnera l'ostium du sinus où elle se divise en artérioles pour irriguer la muqueuse sinusienne.

La vascularisation du bord inférieur est assurée par l'artère grande palatine. Elle sort du foramen grand palatin, ces branches cheminent sous la muqueuse palatine et s'anastomosent avec les branches de l'artère naso-palatine.

La paroi supérieure est vascularisée par l'AI.

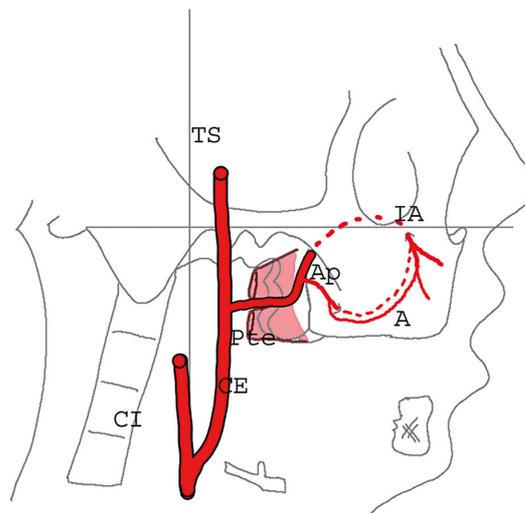


Figure 1 : schéma de la vascularisation du sinus. (CI) carotide interne, (CE) carotide externe, elle se divise en deux branches la temporale superficielle (TS) et l'artère maxillaire, (Pte) muscle ptérygoidien latéral. (Ap) artère alvéolaire postérieure et supérieure, (IA) artère infra orbitaire, (A) représente les deux boucles anastomotiques une périostée et une intra-osseuse (en pointillés)(4)

L'innervation sensitive du sinus se fait par des branches du nerf maxillaire.

Le nerf infra-orbitaire innerve la partie antérieure de la paroi latérale, ainsi que le plancher de l'orbite. Le nerf alvéolaire postéro-supérieur innerve la partie postérieure de la paroi latérale.

Le nerf grand palatin innerve la paroi inférieure du sinus.

La paroi médiane est innervée par le nerf sphéno-palatin et par les nerfs éthmoïdaux antérieurs et postérieurs, qui sont des branches du nerf ophtalmique.

2.2- Le phénomène de pneumatisation du sinus

Pour expliquer le phénomène de pneumatisation, de nombreuses hypothèses ont été proposées mais actuellement deux théories sont retenues dans la littérature.

La première (3) repose sur le fait que cet espace ne se forme qu'au moment où une prolifération épithéliale est observée. Ces auteurs considèrent que la prolifération épithéliale est responsable de cette cavitation.

La seconde hypothèse considère que ces deux phénomènes, la prolifération épithéliale et la résorption osseuse sont deux événements concomitants mais non liés. Ils voient la pneumatisation du sinus comme un fait passif de la croissance du massif cranio-facial. Ces auteurs s'appuient en grande partie sur l'hypothèse de Moss (6) selon laquelle le développement et la morphologie des cavités pneumatiques et donc des sinus sont restreints par le développement et l'anatomie de l'os dans lequel ces cavités sont incluses.

Des études menées sur les primates anthropoïdes développant ou non un sinus maxillaire semblent donner du sens à cette conception opportuniste de la pneumatisation. Nous pouvons citer l'étude de Smith et al (7) : leurs résultats montrent que les limites osseuses supérieures et inférieures des sinus semblent suivre la croissance de l'étage moyen de la face. Les dimensions verticales des sinus évoluent de façons opportunistes au même rythme que les limites osseuses de l'orbite et du palais mais en directions opposées. Elles sont influencées par la croissance des différentes matrices : dentition, orbite et par des facteurs neurotropiques.

La morphologie des sinus est donc tributaire des obstacles anatomiques environnant notamment les racines des dents. Une avulsion dentaire se comporte comme la suppression de l'obstacle et permet alors une expansion de pneumatisation.

Dans une situation classique, on estime qu'une avulsion dentaire entraîne une perte osseuse verticale moyenne de 2 à 3 mm. Suite à une extraction un caillot sanguin se forme

dans l'alvéole, il est entouré de murs osseux, il se retrouve alors dans une situation d'exclusion cellulaire et peut être le siège d'une ostéogenèse à partir des parois osseuses.

La cicatrisation osseuse se fait en trois grandes étapes successives :

- La réaction inflammatoire : c'est l'étape de formation du caillot sanguin avec libération de facteur de croissance et de cytokines.
- La différenciation cellulaire : les facteurs de croissance induisent la différenciation des cellules mésenchymateuses en ostéoblastes.
- Le remodelage osseux : les ostéoblastes vont synthétiser du collagène de type I et ainsi initier l'ostéogenèse qui évolue de manière concentrique.

Dans le cas d'une localisation sous sinusienne le caillot sanguin va subir une pression positive permanente due à la respiration nasale. Le caillot ne sera pas stable, il est repoussé vers la crête osseuse entraînant une extension du sinus et une diminution osseuse de la crête alvéolaire. Nous retrouvons ce phénomène lors des extractions dentaires au niveau maxillaire postérieur et lors des soulèvements de plancher sinusal sans matériau de comblement, on assiste à une extension de pneumatisation du sinus. Pour contrer cette pneumatisation, il est nécessaire lors d'un soulèvement de sinus de combler l'espace sous membranaire créé par un matériau de substitution osseuse.

La perte osseuse du secteur postérieur maxillaire est un véritable problème pour la réhabilitation prothétique implanto-portée. La hauteur osseuse minimum pour une pose d'implant dans ce secteur est de 7 mm. Dans les cas où la hauteur crestale est inférieure, les praticiens vont innover dans le but d'augmenter la hauteur osseuse de la crête alvéolaire sans diminuer l'espace prothétique disponible.

3- Les techniques chirurgicales du comblement sous-sinusien

L'accès au sinus est possible par deux voies : crestale ou latérale. Après avoir exposé les données pré-opératoires nécessaire à une chirurgie pré-implantaire, nous décrirons les deux techniques chirurgicales de l'abord crestal et du volet latéral.

3.1-Bilan pré-opératoire

Avant toute chirurgie il est impératif d'établir l'anamnèse du patient : son état de santé, ses attentes et son implication pour le bon déroulement du plan de traitement. Cela passe par un examen clinique approfondi, une bonne évaluation des antécédents médicaux et un bilan radiographique complet.

3.1.1-Etat général du patient

Pour évaluer les facteurs de risques il est important de répertorier : l'état de santé général du patient, ses antécédents médicaux, médicamenteux, ses allergies et sa consommation de tabac et/ou d'alcool. Ces facteurs peuvent affecter la réussite de la chirurgie.

Il faut dans un premier temps que le patient ne présente aucune affection locale ou générale. L'AFSSAPS recommande (8) pour une chirurgie pré-implantaire comme l'élévation du plancher sinusien de mettre en place une antibioprophylaxie pour la population générale ainsi que pour les patients immunodéprimés. Pour les patients immunodéprimés, la décision se prend après avoir contacté son médecin référent et après avoir évalué le rapport bénéfices/risques. Pour les patients diabétiques, un diabète équilibré permet la chirurgie, en revanche les patients présentant un diabète non équilibré demandent la plus grande précaution car ils ont une sensibilité accrue aux infections post opératoires.

Certains patients présentent des contres indications absolues à la chirurgie des sinus, cela concerne les patients à haut risque d'endocardite infectieuse, les patients ayant subi une radiothérapie ou une chimiothérapie avec exposition du maxillaire et les patients sous biphosphonates en intraveineuse (par exemple les patients suivis pour des myélomes) ou tout autre médicament connu pour inhiber la cicatrisation osseuse et/ou la réponse immunitaire. (9)

Il est important de connaître tous les traitements en cours des patients, afin d'éviter toute interaction médicamenteuse ou encore pour ajuster le traitement du patient, toujours avec le consentement de son médecin traitant. Par exemple la prise d'anticoagulant nécessite de prendre des précautions particulières. En règle général il n'est pas nécessaire d'interrompre le traitement car le risque hémorragique est inférieur au risque d'accident thromboembolique. Cependant si l'intervention est complexe et si le risque hémorragie est important il peut être nécessaire d'interrompre ou de réduire la dose du traitement.

Si le patient présente des antécédents de pathologie rhino-sinusienne la consultation chez un ORL est obligatoire. Que l'étiologie de la sinusite soit nasale (85% des cas) ou dentaire (15%) (2), elle doit être traitée. Le traitement d'une sinusite passe par une antibiothérapie. Si la sinusite perdure après six semaines de traitement, elle est dite trainante, elle provient généralement d'un obstacle mécanique endo-sinusien (polypose naso-sinusienne, déviation de la cloison nasale, tumeur) ou d'une origine dentaire (infection endodontique, dépassement intra-sinusien au cours d'un traitement endodontique). La consultation ORL (2) permet l'exploration des sinus par endoscopie afin d'identifier l'étiologie. Elle permet aussi de donner des informations sur la perméabilité de l'ostium indispensable pour autoriser la chirurgie sinusienne. Il existe des pathologies du sinus qui contre-indiquent le comblement sous sinusien comme la présence d'une pathologie sinusienne tumorale, une pathologie récidivante après méatotomie moyenne et une méatotomie moyenne non fonctionnelle.

Enfin le tabac et l'alcool ne sont pas considérés comme des contre-indications absolues à l'élévation du plancher du sinus. Cependant les patients fumeurs doivent être informés du risque plus élevé d'infection post-opératoire, du retard de cicatrisation avec un gain de hauteur osseuse moindre comparé à un non fumeur (10) (11). Certains praticiens refusent toute chirurgie pré-implantaire et implantaire chez les fumeurs. Il est important d'inviter le patient à arrêter de fumer ou du moins à réduire au maximum sa consommation (12). De son côté l'alcool n'influence pas la prise de la greffe osseuse mais chez les patients ayant une consommation abusive on retrouve fréquemment des problèmes de malnutrition et de manque d'hygiène bucco-dentaire (13) créant un environnement néfaste au succès de la chirurgie.

3.1.2- Importance de l'examen radiologique pré-opératoire

Un bilan pré-opératoire d'un soulèvement de sinus doit inclure une exploration radiologique pour valider l'indication du geste chirurgical et pour en planifier ses modalités.

En première intention on réalise une radiographie panoramique, c'est une imagerie en deux dimensions, elle permet d'avoir une vue globale de la cavité buccale. Elle nous donne un premier bilan sur le degré de parodontopathie, la structure et la hauteur osseuse (3). Cependant la radiographie panoramique ne donne pas de mesures précises du volume osseux disponible et des cavités sinusiennes. On demande alors en seconde intention la réalisation d'un cone-beam ou scanner.

L'imagerie tridimensionnelle permet de visualiser les obstacles anatomiques comme les apex dentaires, l'artère alvéolo-antrale et la présence de septas. Elle permet une mesure précise de la hauteur résiduelle de la crête osseuse, de l'épaisseur de la membrane de Schneider et une visualisation de l'aspect des sinus. La localisation de l'artère alvéolo-antrale sur le scanner pré-opératoire (*figure 2*) permet au chirurgien de décider de l'emplacement de la fenêtre osseuse afin d'éviter toute complication per-opératoire.

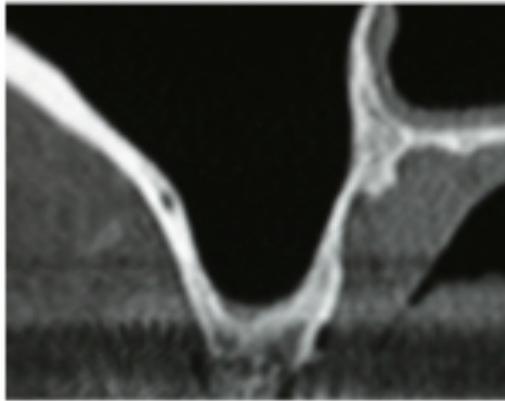


Figure 2 : Visualisation de l'artère alvéolo-antrale au scanner pré-opératoire (Dr. BARTHET)

Au niveau des sinus, l'imagerie 3D nous donne des informations sur leurs volumes et leurs aspects, en sachant que dans les cas d'édentement ancien le sinus se prolonge en bas et en avant et participe à l'atrophie de l'os alvéolaire : on parle de sinus procident. Tout aspect douteux des sinus, tel que la présence d'une opacité du plancher, doit alerter le praticien sur la nécessité d'une consultation ORL.

L'imagerie 3D permet l'identification des variations anatomiques, par exemple elle permet le diagnostic de la présence de cloison : les septas (14). La présence de ces cloisons augmente le risque de complications chirurgicales, notamment le risque de perforation de la membrane sinusienne (11) au cours de la chirurgie. Des études ont montré la prévalence de ces cloisons chez les patients édentés présentant un maxillaire atrophié.

Le scanner nous donne également une idée de l'épaisseur de la membrane sinusienne, elle varie entre 0,45 et 1,40 mm. Une hypertrophie de la membrane peut être associée à une infection du sinus, un kyste radiculaire, une allergie, une tumeur bénigne ou encore juste à un biotype gingivale épais (15). Il est important de différencier un épaississement de la membrane dû à une pathologie (à soigner avant la chirurgie) ou à la physiologie du patient. Connaître l'épaisseur de la membrane sinusienne permet d'anticiper

le risque de perforation, en effet le risque est plus important en présence d'une membrane fine. Le risque est moindre quand l'épaisseur de la membrane varie entre 1 et 1,5 mm (16). La perforation de la membrane est davantage considérée comme une complication per-opératoire que post opératoire. Des études (17) ont montré que la perforation de la membrane n'augmente pas les complications post-opératoires.

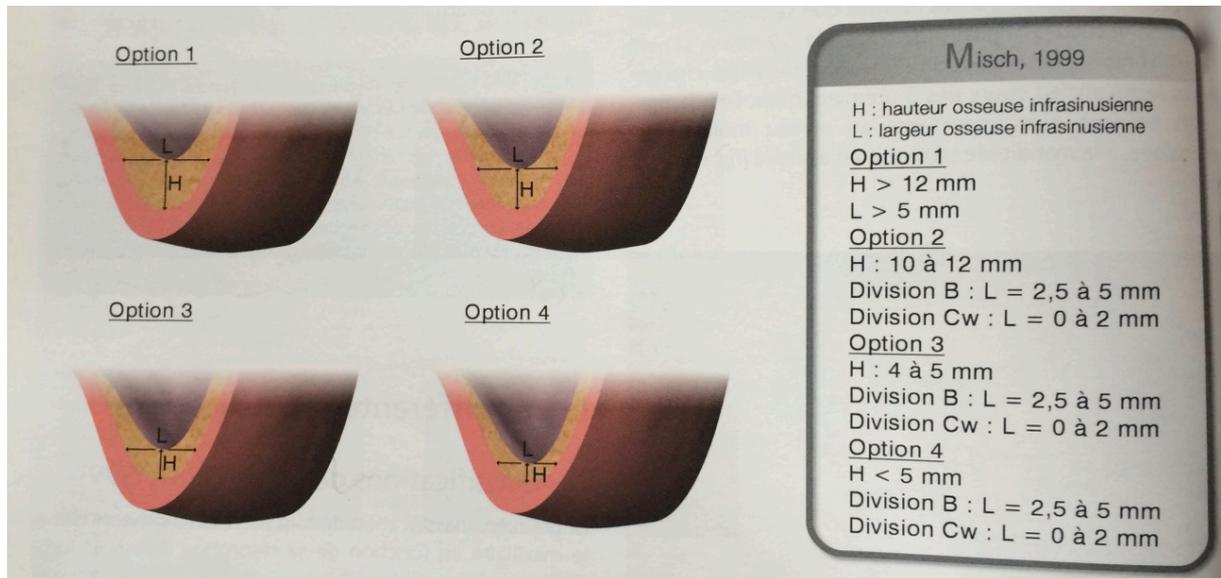


Figure 3: Classification de Misch, elle se base sur la hauteur osseuse résiduelle, les subdivisions sont établies en fonction de la largeur de la crête. (3)

Au niveau osseux, l'imagerie en 3D permet de visualiser la hauteur et la densité de la crête osseuse. Nous retrouvons ses valeurs dimensionnelles dans la classification de Misch (figure 3). La densité osseuse est un critère important en vue d'une pose d'implant pour la stabilité primaire et l'ostéo-intégration. La hauteur de la crête résiduelle est un critère décisif pour la technique chirurgicale à mettre en place lors de l'élévation du plancher sinusien.

Les recommandations en vue du bon déroulement et d'une réduction maximale des complications post-chirurgicales d'un comblement sous sinusien se résume en quelques points (18) :

- Un bilan sur l'état de santé général du patient : antécédent médicaux, aspect des sinus, tabac, alcool.
- Une radiographie pré-opératoire afin d'évaluer l'anatomie et la présence d'éventuelle de pathologie des sinus.
- Le traitement des problèmes parodontaux et endodontiques s'ils existent.

- La mise en place d'une pharmacothérapie adaptée en pré et post-opératoire : antibioprophylaxie pré-opératoire puis antibiothérapie post-opératoire.
- Une bonne désinfection du site chirurgicale.
- Un contrôle de l'hémostase en per et post-opératoire.
- Pas de surchauffe de l'os pendant le geste chirurgical.
- Un temps opératoire le plus court possible.
- Un contrôle post-chirurgical à une semaine puis s'il n'y a pas de complication un contrôle tous les mois pendant trois mois.

Toutes ces données permettent d'identifier les facteurs de risques, pour mieux prévenir les complications per et/ou post opératoire (19).

3.2- Abord chirurgical par voie crestale

La technique initiale de l'abord crestal de Tatum de 1986 (1) est reprise et simplifiée par Summers en 1994. Le but de cette technique est d'accéder au plancher du sinus en préservant un maximum de tissu osseux de la crête. Elle demande une hauteur de crête résiduelle supérieure ou égale à 5 mm et une largeur d'au moins 7 mm (20).

Cette technique se réalise à l'aide d'ostéotomes (21) permettant à la fois de condenser l'os latéralement et de pousser le matériau de comblement vers le plancher.

Elle présente l'avantage d'être peu invasive, elle préserve la paroi latérale et le décollement est minime. L'incision et le décollement du lambeau sont limités, il n'y a pas de risque de lésion de l'AAPS. Cette artère est responsable de la vascularisation du greffon intra-sinusien, de la membrane sinusienne et de la vascularisation muco-périostée de la zone osseuse prémolo-molaire. Le risque de la lésion de l'artère alvéolo-antrale est lui présent si l'artère est située dans la paroi osseuse.

Cette technique par abord crestal demande un sens tactile très développé pour différencier les intensités de pressions lors des forages successifs. Elle se fait à l'aveugle et oblige le praticien à réaliser deux ou trois radiographies pendant la chirurgie, pour le contrôle du bon remplissage de l'espace sous membranaire et la non perforation de la membrane du sinus. Le temps opératoire en est alors rallongé. Le dernier inconvénient de cette technique est l'apparition de vertige de position. Bien que rare, c'est une complication très invalidante.

Elle serait due à l'action du maillet sur le maxillaire associée à une hyper-extension du cou. Le patient souffre de vertige accompagné de nausées. Les symptômes peuvent disparaître spontanément, s'ils persistent au bout d'un mois, la mise en place d'un traitement médicamenteux ainsi qu'une manipulation de la tête du patient par un ORL, c'est la manœuvre d'Epley (22), doivent être envisagés.

3.3- La technique du volet latéral

Lorsque la hauteur de la crête alvéolaire est inférieure à 5 mm, l'abord du sinus se fait par voie latérale. La technique du volet latéral nécessite le tracé d'incision suivant : une incision au niveau crestal de la zone canine à la tubérosité, l'incision ne doit pas être trop palatine pour ne pas compromettre la vascularisation (23). Nous réalisons ensuite une incision de décharge verticale en distal de la canine afin d'éviter le plexus infra-orbitaire et une en distal de la tubérosité. Le lambeau se lève en épaisseur totale.

Une fois que l'on visualise bien la situation clinique, on réalise l'ostéotomie à l'aide d'une fraise en carbure de tungstène ou d'une fraise boule diamantée de 2 mm de diamètre montée sur une pièce à main fonctionnant à une vitesse de 20 000 tours/min, sous irrigation constante. Aujourd'hui l'ostéotomie est surtout réalisée à l'aide de la piézo-chirurgie (24). La fenêtre osseuse doit être la plus haute possible, c'est un compromis entre l'accès visuel et l'économie tissulaire, entre 4 et 5 mm de la ligne inférieure de la crête osseuse. Le forage de la paroi osseuse doit être réalisé avec une grande précision. La taille de la fenêtre osseuse a en général une longueur de 10 mm et une hauteur de 8 mm, sa forme est pyramidale à base apicale. Celle-ci peut varier en fonction de la présence ou non d'une cloison osseuse, d'où la nécessité d'une bonne analyse des radiographies pré-opératoires.

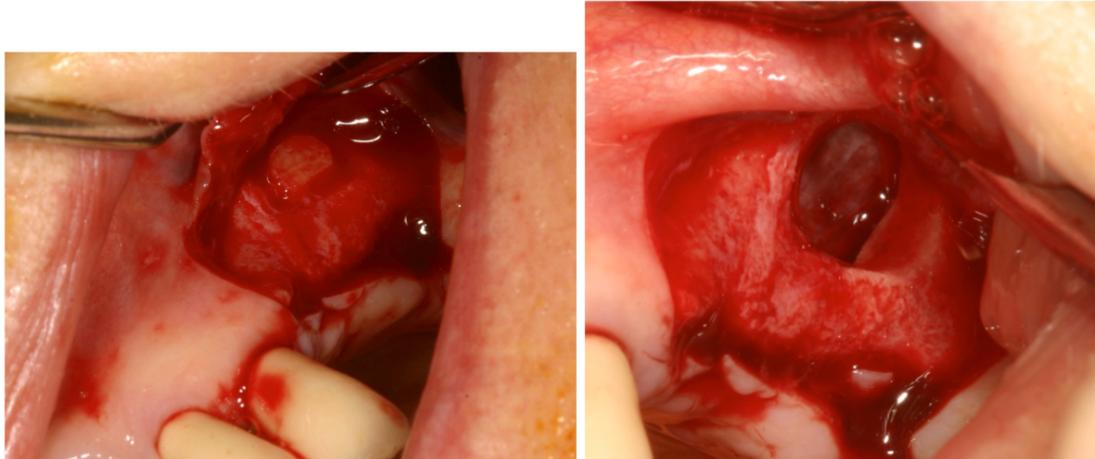


Figure 4: Délimitation de la fenêtre osseuse, à droite l'ostéotomie a été réalisée, on visualise la membrane sinusienne, on procède au soulèvement de la membrane et comblement par le substitut osseux choisi. (Dr. BARTHET)

Une fois l'ostéotomie réalisée, deux procédures étaient jusqu'ici possibles :

- Retirer délicatement la dernière lamelle osseuse.
- Conserver la dernière lamelle osseuse pour servir de protection à la muqueuse lors du comblement.

Aujourd'hui la conservation de la dernière lamelle osseuse a été abandonnée, il a été révélé que la conservation de cette lamelle osseuse, ne recouvrant pas complètement le plafond, augmentait les risques d'infections post-opératoires. De plus l'apparition d'instrument piézo-électrique a permis de réduire considérablement les risques de perforations de la membrane sinusienne (25).

Une fois la membrane soulevée on procède à la mise en place du matériau de comblement choisi. Puis le site chirurgical est « refermé » à l'aide d'une membrane de collagène résorbable ou pas et des sutures.

La complication majeure de l'abord latéral est l'effraction de la membrane sinusienne augmentant le risque d'infection post-opératoire (26). Les principaux facteurs de risque d'une perforation sont : la présence de septa osseux au niveau du site de l'élévation de la membrane (14), une hauteur de crête résiduelle faible (inférieur à 3,5 mm) et le tabac (11). La perforation de la membrane survient dans environ 4,7% des cas (27). Elle peut entraîner des complications post-opératoires, la principale étant la sinusite. La sinusite se retrouve dans des proportions plus élevées chez les patients fumeurs ou chez les patients ayant subi une élévation large de la membrane. La perforation de la membrane sinusienne peut également entraîner une fuite du matériau de comblement dans le sinus augmentant ainsi le

risque d'infection post-opératoire (11), d'obstruction de l'ostium (2) et d'insuffisance de comblement du site concerné.

En cas de perforation il est important de bien la visualiser pour évaluer sa taille. Une fois localisé on la recouvre par une membrane de collagène résorbable, qui déborde de la fenêtre osseuse et ainsi la chirurgie peut se poursuivre (28). Certains auteurs recommandent dans les cas de perforation comprise entre 5 et 10 mm de combiner la membrane de collagène à de l'os lamellaire de la fenêtre sinusienne (os autogène) (29).

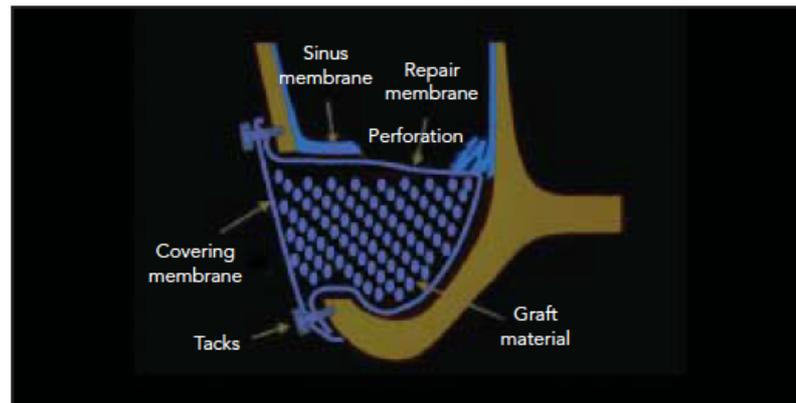


Figure 5: gestion d'une perforation de la membrane sinusienne sans interruption de la chirurgie.

Si la perforation est supérieure à 10 mm, il est recommandé de mettre en place de l'os autogène, en provenance soit de la fenêtre osseuse soit d'un prélèvement intra-buccal symphysaire ou ramique et d'associer à cet os du tissu adipeux (29).

De nouveaux protocoles ont été mis en place pour la gestion d'une perforation large : la technique consiste à suturer la membrane sinusienne (30). Si la membrane sinusienne est épaisse des sutures seules suffisent, si elle est fine des sutures plus la mise en place d'une membrane de collagène résorbable sont nécessaires. Cette technique est dépendante de la visibilité de la perforation et de l'expérience du praticien. Son avantage est de diminuer pour le patient le temps de cicatrisation et donc le temps sans sa prothèse. Cette technique est récente, des essais cliniques sont en cours afin de comparer ses avantages et inconvénients par rapport aux techniques conventionnelles.

Une chirurgie sinusienne demande un suivi post-opératoire. Durant la première semaine, il n'est pas rare de voir apparaître un gonflement, des ecchymoses et des douleurs légères à modérées. Dans certains cas, on peut voir apparaître des complications post-opératoires dont l'étiologie est variée (27). Elles peuvent être dûes à :

- Une infection du matériau de comblement ou du sinus.

- Un mauvais positionnement ou une déchirure de la membrane de collagène recouvrant le site chirurgical entraînant une perte du substitut osseux.
- Une perforation passée inaperçue avec une fuite du matériau de comblement dans le sinus.

Les infections post-opératoires sont tout de même peu fréquentes, dans la littérature nous les retrouvons à une fréquence de 2 à 5,6% (18). En post-opératoire, si après 10 jours les symptômes persistent il faut suspecter une infection du greffon sous sinusien. Le praticien met alors en place un traitement antibiotique. Si ces symptômes persistent après trois semaines de traitement avec apparition de symptômes associés telle qu'une douleur aiguë, une obstruction nasale, une fistule, un écoulement purulent dans le nez et la gorge, on est face à une infection sévère. Le traitement doit être chirurgicale et pharmacologique : le matériau greffé infecté est retiré partiellement ou en totalité et un traitement antibiotique est donné au patient.

Lorsque l'infection post-opératoire est due à une perforation avec entrée de particules de greffe dans le sinus, la prise en charge est alors multidisciplinaire (dentiste et ORL). Un scanner est réalisé afin de visualiser le matériau dans le sinus, l'élimination du matériau se fera par endoscopie.

Il existe une autre complication peu fréquente : l'hémorragie per-opératoire. Elle est due à un saignement d'origine spongieux, c'est un saignement en nappe, il diminue fortement la visibilité pendant l'intervention. Elle provient de la lésion de l'artère alvéolo-antrale, se situant comme vu précédemment au niveau de la face interne ou parfois dans l'épaisseur du mur osseux latéral (4). Un saignement peut être également dû à la lésion de l'AAPS, lors du soulèvement du lambeau. Dans la technique du volet latéral une hémorragie per-opératoire est gérable par une bonne compression.

Les complications de perforation de la membrane sinusienne et les dommages vasculo-nerveux vont considérablement diminuer par le développement de la piézo-chirurgie (24). Elle repose sur l'utilisation d'instruments ultrasoniques à différentes fréquences, elle permet pendant le premier temps chirurgical une découpe du tissu osseux sans lésion des tissus mous adjacents. Des inserts spécifiques sont utilisés en fonction des tissus (tissu dur ≠ tissu mou). La piézo-chirurgie permet d'être plus précis et moins traumatisant, le nombre de perforation de la membrane sinusienne a diminué depuis son utilisation (25) et on observe une amélioration des suites post-opératoires (3).

La technique du volet latéral demande une mise en œuvre plus lourde que l'abord crestal mais l'accès et la visibilité de la zone opératoire sont plus aisés. C'est une technique d'élévation du plancher du sinus prédictible avec de bons résultats pour l'augmentation du volume osseux (26) permettant la pose d'implant dans le secteur postérieur maxillaire. Elle n'entraîne aucune inflammation de la membrane sinusienne (10).

Le soulèvement du plancher sinusal ne suffit pas à avoir une augmentation du volume osseux, des matériaux de comblement sous-sinusal sont nécessaires, afin d'éviter la re-pneumatisation du sinus.

4- Les matériaux de complements sous-sinusal

Pour réaliser un comblement osseux sous-sinusal, nous avons à notre disposition différents types de greffes : greffes d'os humain, les xéno greffes et les greffes alloplastiques. Le rôle de ces substituts osseux est :

- De maintenir la membrane de Schneider en position haute.
- De stabiliser dans les trois dimensions le caillot sanguin.
- De permettre la progression ostéogénique.
- D'accélérer la vitesse et la qualité de l'os régénéré.

Nous développerons rapidement les caractéristiques et les limites des greffes d'os humain, puis nous nous attarderons sur les greffes d'os d'origine bovine. Enfin nous décrirons les avantages et inconvénients des BCP ainsi que le développement de nouveaux biomatériaux couplant céramique biphasique et collagène, en prenant pour exemple le MatriBONE®.

4.1- L'os humain

Les greffes d'os humain se présentent sous deux procédures bien différentes : les allogreffes et les autogreffes.

4.1.1- Les allogreffes

Les allogreffes sont des greffes entre deux individus différents (3) de la même espèce. Les prélèvements osseux se font sur des donneurs vivants ou décédés. Elles sont stockées et commercialisées par des banques de tissus. Il existe différents types de matériaux allogéniques, comme le FDBA : os d'origine humaine lyophilisé et le DFDBA : os

d'origine humaine lyophilisé et déminéralisé. Dans le domaine de la chirurgie bucco-dentaire les allogreffes DFDBA sont les plus utilisées.

Les principaux avantages des allogreffes sont leurs facilités d'accès, de manipulation et leurs disponibilités en grande quantité.

Leurs inconvénients sont la transmission possible de pathologie bactérienne ou virale, le déclenchement d'une réaction immunitaire chez l'individu greffé en post-opératoire même si le greffon a été irradié. De plus les procédures de stérilisation peuvent altérer leurs propriétés d'ostéoinduction et d'ostéoconduction au sein du greffon.

Le bilan de la conférence des consensus sur les greffes de sinus a admis que le taux de succès d'une allogreffe est de 85% à 5 ans (31). Les résultats des différentes études utilisant les allogreffes sont très variables. Certaines comme celles de Kolerman et al (32) ou de Baumgarten (33) montrent que l'os allogénique est un substitut osseux biocompatible et ostéoconducteur. Il donne des résultats similaires à l'autogreffe (34) (35). L'article de Chaushu et al (36) prouve que les allogreffes permettent dans les cas d'atrophies sévères du maxillaire une régénération osseuse et une pose d'implant stable.

4.1.2- Les autogreffes

Pour les autogreffes, le prélèvement osseux et la greffe se font chez le même individu. Les prélèvements d'os autogène peuvent se faire sur différents sites : extra-buccaux ou intra-buccaux.

4.1.1- Prélèvements extra-buccaux

Il existe deux sites de prélèvements possibles : l'os iliaque ou l'os pariétal. Les prélèvements sur ces deux sites se font sous anesthésie générale, ils demandent donc une prise en charge plus lourde que pour un prélèvement intra-buccal.

Les prélèvements sur l'os iliaque se font en arrière de l'épine iliaque antéro-supérieure. Une partie de la corticale et de la zone trabéculaire sous jacente sont prélevées, il faut éviter les greffons de corticale pleine pour éviter les déformations cutanées et les suites opératoires douloureuses. Le risque majeur de cette chirurgie est la lésion du nerf fémoro-cutané, il existe aussi un risque d'hématome source de compression vésicale.

Les complications post-opératoires sont la douleur, la cicatrice et une limitation de l'activité physique. Les prélèvements de l'os iliaque sont très rares.

Les prélèvements au niveau de l'os pariétal se font après l'analyse d'une téléradiographie de face afin d'évaluer l'épaisseur de la voûte et la densité osseuse. Les avantages de cette intervention sont : le prélèvement d'un os en quantité abondante, une cicatrice minime, des suites opératoires peu douloureuses et le prélèvement est possible à tout âge. L'inconvénient majeur reste l'hospitalisation du patient, l'intervention se déroule sous anesthésie générale.

La principale complication de cette intervention est la déchirure de la dure-mère avec apparition d'hématome sous dural ayant des conséquences neurologiques qui peuvent s'avérer sérieuses. Une autre complication assez rare est l'apparition d'une alopecie partielle au niveau de la zone d'incision due à une hypovascularisation post-opératoire et un aspect cicatriciel inesthétique. Il a été rapporté des accidents traumatiques à distance de l'intervention sur la zone pariétale par impaction accidentelle.

Les patients sont en général plus réticents à des prélèvements osseux extra-buccaux pour des chirurgies dont le but est bucco-dentaire.

4.1.2- Prélèvements intra-buccaux

Les prélèvements intra-buccaux sont réalisés sur deux sites au niveau mentonnier et ramique, le choix du site se fera en fonction du volume osseux nécessaire pour la greffe. Les prélèvements intra-oraux ne conviennent qu'à des déficits de faible étendue, les prélèvements n'excèdent pas 2 à 3 cm². L'analyse du scanner pré-opératoire va permettre de connaître la quantité et la qualité de l'os disponible et la taille du greffon à implanter.

Au niveau ramique le volume et l'anatomie du site vont limiter la forme du greffon. L'os récolté sur la branche montante fournit des greffes d'os cortical de bonne qualité adaptée à la greffe sous sinusienne, (37).

Pour éviter toute complication le praticien doit avant l'intervention visualiser le trajet du nerf alvéolaire inférieur, du nerf lingual et les apex des dents de sagesse (38). On peut également noter une perte possible de la sensibilité au niveau de la muqueuse vestibulaire, avec une incidence moins importante que pour les prélèvements symphysaires. Pendant l'intervention, il est important de bien contrôler tout risque de saignement surtout au niveau de la paroi interne de la branche montante où une hémorragie peut s'étendre vers le plancher buccal et créer un hématome de compression pour le nerf lingual. Pour éviter cela, on réalise une bonne compression intra-buccale et application de poche de glace en externe.

Le dernier point à prendre en compte dans cette chirurgie est l'accès au site de prélèvement, qui peut s'avérer difficile chez certains patients.

Au niveau mentonnier, l'accès à l'os est plus aisé. On récolte à ce niveau un os de bonne densité composé d'os spongieux et cortical (37). Les limites de l'ostéotomie sont les suivantes : à 5 mm des apex des incisives et canines, à 5 mm en avant des foramens mentonniers et à 3 mm du rebord inférieur du menton.

Les complications majeures de cette intervention sont des lésions des incisives mandibulaires, des paresthésies et des hémorragies per-opératoire liées à des situations anatomiques rares d'où l'importance d'un examen radiologique précis (39)(40)(38).

Il n'existe pas de prévalence d'un site sur l'autre, il faut noter que les deux sites fournissent un os de qualité, au niveau ramique, l'accès est plus compliqué mais les risques de morbidité sont moindres comparés aux prélèvements symphysaires (41) (38).

Malgré tout, l'autogreffe reste la référence ou « gold standard » dans le domaine des greffes osseuses par ses propriétés ostéoconductrices, ostéoinductrices et ostéogéniques de l'os autogène. Il permet également de s'affranchir de tout problème de compatibilité et de transmissions virales. En revanche, l'autogreffe présente le gros inconvénient de la gestion d'un deuxième site chirurgical avec des risques de co-morbidité. De plus, pour les prélèvements intra-buccaux la quantité d'os disponible est limitée. En règle générale, ce type d'intervention est mal accepté sur le plan psychologique par le patient.

Pour parer aux inconvénients de l'os autogène les praticiens vont s'intéresser à des substituts osseux d'origine animale ou synthétique. Des études vont alors comparer les résultats obtenus en terme de gain osseux lors de soulevés de sinus entre l'os autogène, les xéno greffes et le β -TCP. Par exemple l'étude de Handschel (42) est une méta-analyse s'intéressant à tous les substituts osseux à notre disposition, elle compare les résultats obtenus avec l'os autogène, le Bio-oss® et le β -TCP. Ils constatent qu'avec des temps de cicatrisation longs on obtient des résultats similaires pour les trois matériaux. On peut également citer l'étude de Smiler et al (43) attestant que l'utilisation de xéno greffe ou de β -TCP permettent en présence de cellules de la moelle osseuse la production d'un os viable.

Ces études nous montrent qu'aujourd'hui la nécessité d'utiliser l'os autogène pour les comblements osseux n'est plus de rigueur. Le Bio-oss® et le β -TCP demande une prise en charge du patient moins lourde, ils sont simples d'utilisation et disponibles en quantité illimitée, ils sont des alternatives efficaces pour les comblements sous-sinusiens.

4.2- Les xénogreffes

Le matériau le plus référencé dans ce type de greffe est le Bio-oss®, commercialisé par Geistlich, le Bio-oss® est de l'os d'origine bovine. Il est aujourd'hui considéré comme le substitut osseux de référence pour la réalisation d'un comblement sous sinusien. Le Bio-oss® possède une matrice minérale poreuse, entre 60 et 70% de porosité et la taille des cristaux est de 10 nm.

On retrouve de nombreuses études traitant des capacités ostéo-intégration, d'ostéoconduction et de biocompatibilité du Bio-oss®. Par exemple l'étude de Tadjedin et al (44) montre la présence d'ostéoblastes et de tissu ostéoïde à la surface des granules de Bio-oss®. Il y a donc une formation osseuse et un remaniment osseux. Ils mettent également en avant que son implantation ne déclenche aucune réaction inflammatoire associée, il est biocompatible.

L'étude de Lee et al (45) étudie la réaction du Bio-oss® après son implantation lors d'un soulèvement de sinus d'un point de vue histologique et histomorphométrique. On constate sur la coupe histologique à 6 mois que les particules d'HA bovine greffées sont entourées d'os nouvellement formé, les particules servent d'échafaudage à la formation osseuse. On note également la présence d'autres acteurs : fibroblastes, collagènes et cellules sanguines. Le tissu est viable et ne présente pas de signe d'inflammation. L'étude histomorphométrique compare les pourcentages d'os, de particules d'HA bovine, de tissu mou, et de contact entre os/HA-bovine. On constate une différence significative entre les valeurs à 6 et 12 mois au niveau du gain osseux, l'os est présent en plus grande quantité à 12 mois contrairement à la proportion de tissu mou. La quantité de particules de HA-bovine montre une légère diminution mais cette différence n'est pas significative. Enfin la surface de contact entre l'os et l'HA-bovine augmente, le gain osseux est net.

En ce qui concerne la résorption du Bio-oss® toutes les études convergent vers le même constat, la résorption des particules du Bio-oss® est lente (45). On note dans l'étude de Tadjedin et al (44) la présence de cellules ostéoclastiques. Cependant des études sur le long terme comme celle de Sartori et al (46), de Mordenfeld et al (47) ou encore d'Ayna et al (48) mettent en évidence la présence de nombreuses particules de Bio-oss® plusieurs années après leur implantation. Le Bio-oss® est considéré comme non résorbable.

Le Bio-oss® étant le matériau le plus référencé dans la littérature actuelle nous retrouvons plusieurs études prouvant son efficacité sur le long terme. L'article d'Oliveira et al (49) s'intéresse à la survie des implants placés dans le Bio-oss® après un soulèvement de sinus,

à 9 ans post-opératoire. Ils en concluent qu'avec le Bio-oss® le taux de survie implantaire est de 100%.

Ces études nous confirment que le Bio-oss® est un ostéo-conducteur, il permet une formation osseuse. Il est bio-compatible car son implantation ne déclenche aucune réaction inflammatoire et enfin que sa résorption est lente, voir inexistante. Le Bio-oss® permet la formation d'un os dense, adapte à supporter des charges occlusales (10) et à bloquer la re-pneumatisation du sinus.

Il a été très utilisé dans les années 90 puis suspendu suite à l'apparition de problème sanitaire. Certains patients développaient une encéphalopathie bovine spongiforme. De nos jours, les xéno greffes sont traitées de façon à éliminer toutes traces organiques par des procédures de dé-protéination, d'inactivation des virus et des prions et de stérilisation par irradiation. Le risque de contamination croisé est faible mais non nul. Les problèmes sanitaires et les réticences des patients ont conduit les praticiens à s'intéresser à d'autre substitut osseux : le β -TCP. Les bons résultats de ce biomatériau en chirurgie orthopédique ont incité les laboratoires à le développer plus largement à la chirurgie maxillo-faciale et bucco-dentaire.

4.3-Le tricalcium phosphate:

Le tricalcium phosphate fait partie du groupe des greffes alloplastiques, c'est un substitut osseux synthétique. Il est bien connu depuis les années 80, mais était jusque là utilisé uniquement comme matériau de comblement pour les zones non soumis à des contraintes mécaniques.

De nombreuses études se sont intéressées à l'efficacité du β -TCP seul (17) ou en association (50) dans les comblements sous sinusien. Nous pouvons par exemple citer l'étude de Zijderveld de 2005 (17), elle compare l'utilisation de l'os autogène ou du β -TCP seul. Elle fait une analyse histologique et histomorphométrique des biopsies post-chirurgical réalisées à 6 mois. Du point de vue clinique, le test avec le β -TCP seul donne des résultats moins esthétique, la limite os initial / os greffé est plus ou moins visible. Au niveau radiographique, les scanners montrent que les tests avec le β -TCP ont un aspect osseux bien dense comparable aux tests avec l'os autogène. D'un point de vue histologique et histomorphométrique, les résultats des deux tests ne montrent pas de différence significative au niveau de l'os nouvellement formé. Cependant les sinus greffés avec le β -TCP montrent une quantité d'os nouvellement formé moindre comparée à ceux greffés avec de l'os

autogène. Dans cette étude les auteurs émettent des réserves sur l'utilisation du β -TCP seul, ils conseillent de l'associer à de l'os autogène, notamment sur les crêtes dont la hauteur est inférieure à 4 mm.

Ces problèmes d'ostéoconduction lente et de résorption rapide des particules de β -TCP vont amener les praticiens à trouver une association pour améliorer les résultats cliniques du β -TCP. Ils se penchent alors sur l'utilisation des céramiques biphasiques : HA + β -TCP.

4.3.1- Intérêt de l'association HA et β -TCP

L'HA sous sa formule chimique : $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ est une espèce minérale de la famille des phosphates, le β -TCP est lui un sel de calcium se présentant sous la formule chimique suivante : $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Les BCP ont fait leur preuve autant dans la chirurgie maxillo-faciale que dans le domaine de la chirurgie orthopédique (51) où elles ont d'ailleurs été utilisées en premier.

Pour appuyer l'intérêt des BCP nous allons exposer l'étude de Ohayon et al (52). Elle repose sur la mise en place de BCP (60% HA/ 40% β -TCP) chez 8 patients par technique du volet latéral. Tous les patients sont en bonne santé et présentent une hauteur de crête osseuse inférieure à 3 mm. A 6 mois post opératoire des biopsies sont réalisées afin de procéder à une analyse histologique et histomorphométrique. Il n'y a eu aucune complication post-opératoire et la hauteur de crête osseuse était suffisante chez les 8 patients pour la mise en place des implants.

Au niveau histologique, *figure 6* nous observons une apposition d'ostéoblastes à la surface des particules et la présence d'os nouvellement formé. A partir des particules de BCP il y a eu formation d'une matrice osseuse par les ostéoblastes. Nous notons la présence ostéoclastes multinucléés autour des particules de BCP, nous informant de la présence d'une activité de résorption des particules. On constate également la présence de nombreux vaisseaux sanguins indispensables pour l'apport des cellules responsables de la différenciation de la matrice osseuse et pour la nutrition de ce tissu osseux. La présence abondante de ces vaisseaux est due à une porosité élevée du BCP, de 90% avec une taille des particules variant 100 à 500 μm .

A fort grossissement, *figure 7* on constate qu'il existe un contact étroit entre les particules de BCP et l'os nouvellement formé.

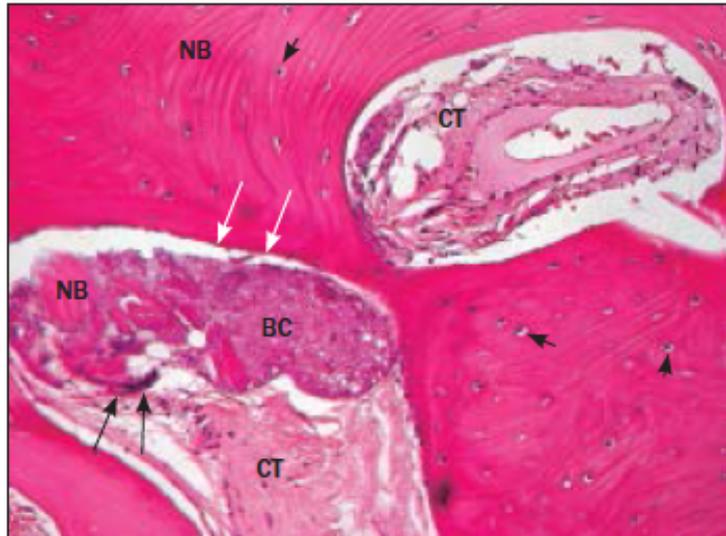


Figure 6: coupe histologique (grossissement x100) NB = l'os nouvellement formé, BC = particule de β -TCP, TC = vaisseau sanguin, les flèches blanches = ostéoblastes, les flèches noires = ostéoclastes, les têtes de flèches noires = ostéocytes.

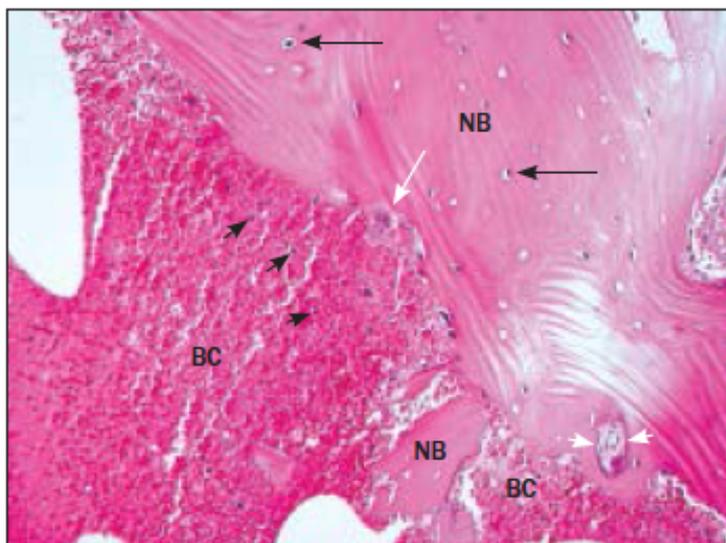


Figure 7: coupe histologique (grossissement x400) les flèches noires = ostéocytes, flèches blanches = ostéoblastes, têtes de flèches noires = ostéoclastes, têtes de flèches blanches = limites des vaisseaux sanguins.

Du point de vue de sa dégradation le couple HA/ β -TCP entraîne la libération d'ion Ca^{2+} dans le milieu extracellulaire (51). Cette forte concentration d'ion Calcium inhibe les ostéoclastes et favorise la lyse cellulaire, cela peut expliquer le faible taux d'ostéoclastes. La dissolution des cristaux de phosphate de calcium à la superficie des particules du substitut osseux crée alors un réservoir d'ion calcium favorisant la formation osseuse (53).

Au cours des dernières années, on retrouve de plus en plus d'études sur l'homme s'intéressant à l'utilisation des BCP pour les augmentations osseuses sous sinusienne. Les études d'Ohayon et al (52), de Friedmann et al (54), de Frenken et al (55) évaluent la qualité et la quantité osseuse obtenue après une greffe par une BCP. Elles se basent sur des analyses histologiques, cliniques et radiographiques. Elles mettent en évidence que les BCP sont biocompatibles et ostéoconducteurs.

Les caractéristiques qui influencent la qualité des résultats des BCP sont la porosité, le rapport HA/ β -TCP et leur structure.

Les BCP ont une macroporosité, la taille de ses particules varie de 100 à 500 μ m comparé au Bio-oss® dont la taille des particules est de 1 μ m. L'étude de Daculsi et Passuti (56) faite sur des chiens met en évidence le rôle de la porosité des BCP pour la formation osseuse. La macroporosité des BCP influence de façon positive la pénétration et la prolifération des ostéoblastes au sein du substitut osseux (57) permettant ainsi d'augmenter la croissance osseuse.

L'étude de Heymann de 2001 (51) s'intéresse à la réaction des cellules de la moëlle osseuse au contact de BCP. Elle met en évidence le rôle des macroporosités pour la prolifération des cellules ostéogènes et fibroblastiques au sein des céramiques.

Le second point important est la proportion nécessaire HA et de β -TCP pour avoir le matériau idéal. En modifiant les proportions de HA et de β -TCP dans les BCP, ont fait varier leur capacité de formation osseuse. L'étude de Bajpai et al (58) s'intéresse à l'adhésion et à la prolifération des ostéoblastes au contact de BCP présentant des ratios HA/ β -TCP différent. Elle met en évidence que la prolifération et l'adhésion sont optimales avec 50% HA et 50% de β -TCP. Les variations de rapport HA/ β -TCP permettent aussi d'ajuster le processus et la vitesse de résorption du matériau. En effet la solubilité d'un biomatériau dépend de son rapport Ca/P à porosité égale, le β -TCP (Ca/P= 1,5) sera plus vite dégradé de l'HA (Ca/P= 1,67) car l'HA est plus soluble (59). HA aide à maintenir l'espace pour permettre l'échafaudage et le remodelage de la future matrice osseuse. Nous pouvons également citer l'étude de Jensen et al de 2007 (53) qui compare la formation osseuse et la dégradation des particules d'HA/ β -TCP à différentes proportions. Ils ont montré que le β -TCP pur se dégrade trop vite pour assurer un soutien suffisant à la formation osseuse et que l'HA se dégrade lentement mais ne permet pas une formation osseuse viable. La formation osseuse et la vitesse de dégradation du substitut osseux sont directement en relation avec la concentration du β -TCP. Il est convenu que les proportions optimales des BCP sont de 40% de β -TCP et 60% d'HA.

Enfin le dernier point soulevé par les auteurs est la structure du substitut osseux, ils cherchent à savoir si une structure en bloc ou en granules influence la régénération osseuse. L'article de Giuliani et al (60) est une étude clinique humaine comparant l'utilisation de l'HA/ β -TCP en granules ou en bloc dans les soulèvements de sinus. Elle révèle qu'à des temps de cicatrisation long, supérieur à 9 mois, il existe une différence significative entre les deux structures proposées au niveau de la formation osseuse. La structure en bloc donne de meilleurs résultats. Elle permet d'augmenter les propriétés d'ostéoconduction du β -TCP, étude de Stiller et al (61), tout en facilitant son utilisation. En effet le β -TCP bloc est facile à manipuler, lors de sa mise en place on a un meilleur contrôle comparé aux granules. La structure en bloc permet également d'éviter la fuite du matériau lors de perforation de la membrane notamment chez les patients présentant une membrane sinusienne fine.

Pour appuyer l'efficacité des BCP de multiples expérimentations animales ont été menées afin de comparer l'utilisation des BCP à d'autres substituts osseux notamment le Bio-oss®. L'étude de Ayobian-Markazi et al (62) compare le comportement cellulaire des ostéoblastes au contact de différents substituts osseux dont le Bio-oss® et l'Ostéon (70% HA et 30% β -TCP), elle met en évidence l'importance de l'adhésion cellulaire pour la prolifération et la formation osseuse. Les conclusions de cette étude sont que les deux substituts osseux permettent la différenciation cellulaire. Le Bio-oss® présente les résultats les plus faibles, et les BCP montrent des caractéristiques structurales et chimiques favorables à la prolifération et la différenciation des ostéoblastes.

Depuis quelques années, l'utilisation des BCP s'est donc répandue. Il est important de souligner que lors des procédures de soulèvements de sinus les sites chirurgicaux sont « refermés » à l'aide d'une membrane de collagène résorbable. Plusieurs études se sont alors penchées sur l'utilité de ces membranes et sur leur composition. L'étude de Calvo-Guirado et al (63) compare l'utilisation de BCP avec et sans membrane de collagène (origine porcine de type I et III) chez l'animal. Il en ressort que la membrane de collagène forme une barrière contre la prolifération des fibroblastes sur le site tout en permettant le passage des ostéoblastes pour la cicatrisation osseuse.

Le collagène montre de propriétés intéressantes pour accélérer la cicatrisation osseuse. Des laboratoires vont alors s'intéresser à l'association des BCP et du collagène. Nous nous intéresserons ici à un biomatériau en particulier : le MatriBONE®.

4.3.2- Intérêt de l'apport du collagène avec la céramique biphasique, le MatriBONE®

Le MatriBONE® est composé à 90% de BCP: HA et β -TCP dans les proportions 60%/40% et à 10 % de collagène de type I et III d'origine porcine.

C'est dans le domaine de la chirurgie orthopédique que l'association BCP/collagène fait ses premiers pas. Cette association permet au substitut osseux de se rapprocher de la structure naturelle de l'os humain. Sachant que le tissu osseux humain est constitué pour sa fraction minérale à 70% de phosphate de calcium et sa fraction organique est composée à 95% de collagène de type I. Le collagène présente plusieurs avantages, tout d'abord il facilite l'infiltration et la prolifération des ostéoblastes au sein du substitut osseux (63), il possède des propriétés hémostatiques non négligeable au moment de la pose du matériau et enfin il donne au substitut osseux une structure en bloc plus malléable.

Le MatriBONE® peut se découper en fonction de la quantité voulue, il s'utilise sec ou imbibé avec du sang ou du sérum physiologique. Sa structure en bloc lui permet en cas de petite perforation d'être mis directement au contact de la perforation sans risque de fuite du matériau dans le sinus.



Figure 8: Structure en éponge du MatriBONE®

Plusieurs études animales se sont intéressées à l'utilité de l'ajout de collagène aux BCP. Elles mettent en évidence que l'apport de collagène aux BCP permet une accélération de la prolifération et de l'infiltration des ostéoblastes et une amélioration de l'ostéo-intégration du substitut osseux comparé à l'utilisation du BCP seul étude de Jung et al (64), de Brodie et al (65). On peut également citer l'étude de Lee et al (66) qui étudie l'utilisation

de BCP seul ou de BCP/Coll, dans un défaut osseux contenu chez des lapins. Elle montre qu'on obtient les mêmes résultats au niveau de la quantité d'os nouvellement formé entre les deux biomatériaux. Cependant une différence est observée au niveau de la vitesse de la cicatrisation et de la fermeture du site opératoire, la BCP/Coll permet une fermeture plus efficace. S'il on compare le gain osseux obtenu après des greffes de BCP/Coll par rapport à l'os autogène (67) on remarque qu'ils sont comparables.

Le MatriBONE® présente toutes les qualités requises pour être un substitut osseux de choix pour les soulevés de sinus. Les études sur son utilisation se font de plus en plus nombreuses, nous nous intéresserons à l'intérêt de ces BCP/Collagène pour les comblements sous sinusien.

5- Revue bibliographie : étude de l'efficacité des BCP dans les greffes sinusiennes par voie latérale comparé au Bio-oss®

5.1- Objectif

Notre but est de comparer les résultats des BCP et du Bio-oss® comme substitut osseux lors de comblement sous sinusien par technique du volet latéral. Les BCP sont-ils plus efficaces que le Bio-oss® pour l'augmentation sous sinusienne en vue d'une pose d'implant ?

5.2- Matériels et Méthodes

5.2.1- Matériels

Notre étude est basée sur une analyse bibliographique de la littérature. Pour la mener à bien nous nous sommes appuyés sur les banques de données suivantes : Pubmed, Bâbord plus, Google scholar et la Bibliothèque universitaire Paris Descartes.

Notre recherche s'est appuyée sur des mots clés issus du MeSH : ostéoconduction, soulevé de sinus, céramiques biphasiques, collagène, biodégradation, BCP/collagène, stabilité implantaire, MatriBONE®, Bio-oss® /Collagène

5.2.2- Méthodes

Nous avons retenu les articles en fonction de plusieurs critères d'inclusion et d'exclusion.

Nous avons inclus tous les articles publiés entre 2000 et 2015, comparant uniquement les greffes sous sinusienne réalisées avec soit le Bio-oss® seul soit la BCP ou la BCP/Coll seul. De plus, pour notre comparaison nous retiendrons uniquement les études portant sur des soulevés des sinus réalisés par la technique du volet latéral chez l'homme. Les patients présentent tous en pré-opératoire une hauteur osseuse inférieure à 5 mm. Nous essaierons autant que possible de prendre uniquement des études exposant toutes les données pré-opératoire : antécédent et état de santé actuel des patients, analyse radiologique (visualisation de l'épaisseur de la membrane sinusienne) et les résultats post opératoire : clinique, radiologique et histologique.

On exclu toutes les études antérieures à 2000, celles réalisées chez l'animal, celles reposant sur la technique crestale ou encore celles s'intéressant à une association de matériaux de substitutions osseuses, qui pourraient biaiser les résultats.

Pour nos recherches sur la BCP/Coll comparé au Bio-oss® /Coll nous avons uniquement trouvé des études animales ou des cas cliniques sur l'homme relatant les résultats avec le MatrBONE®, mais sans comparaison des résultats entre deux biomatériaux. Les études sur l'homme utilisant le MatriBONE® sont en cours.

5.3 Résultats

Notre recherche nous a permis de retenir treize articles qui répondent à nos critères d'inclusion et d'exclusion, nous avons classé ces articles en fonction de leur méthodologie.

Nous retrouvons trois articles comparant les résultats cliniques et radiologiques après un comblement sous sinusien par la BCP ou le Bio-oss® (68)(69)(70)(71).

Puis nous exposerons les résultats des articles (69)(72)(73)(71)(74) portant sur des analyses histologiques et histomorphométriques des greffes sous sinusienne réalisées avec la BCP ou le Bio-oss®. Toutes ces études présentent un protocole de traitement des biopsies similaires. Les biopsies sont fixées dans la formol tamponné à 4% pendant au moins 48 h, puis elles subissent un rinçage, une déshydratation et une fixation dans le méthacrylate de méthyle. L'analyse statistique des valeurs histomorphométriques a été faite grâce au test des rangs signé de Wilcoxon. Ce test permet de comparer deux mesures d'une variable quantitative effectué chez un même sujet. La valeur p est déterminée par des

logiciels de statistique, on pose si *p value* est inférieur à 0,05 la différence entre les deux SO est considérée comme significative.

Nous analyserons un article utilisant une approche par microscopie électronique (75) et enfin quatre s'intéressant à la survie implantaire à plus ou moins long terme (69) (76) (77) (70).

Au sujet du BCP/Coll comparé au Bio-oss®/Coll nous exposerons les résultats de deux articles (78) (79) que nous avons trouvés. Ces études sont animales, elles ne répondent donc pas à tous nos critères de sélections. Nous avons tout de même choisi d'exposer leurs résultats car ils nous semblent intéressants pour juger de l'efficacité des BCP/Coll comparé au Bio-oss®/Coll. Nous avons exclu volontairement tous les articles reposant sur des cas cliniques réalisés chez l'homme montrant les résultats du MatriBONE® sans comparaison entre différents biomatériaux.

5.3.1- Analyse des résultats cliniques et radiographiques des études retenues

La première étude que nous avons trouvée est une méta-analyse de Shanbhag et al (68) sur les changements de volume osseuse pré et post greffe osseuse. Elles utilisent l'imagerie 3D pour comparer les résultats entre les différents substituts osseux. Cette étude a pour but de comparer tous les types de greffes à notre disposition : os autogène, allogreffe, xéno greffe et greffe alloplastique. Elle inclut toutes les études regroupant au moins 10 procédures de greffes sinusiennes avec un suivi d'au moins 6 mois. Un contrôle par imagerie 3D est également obligatoire afin d'avoir des informations qualitatives et quantitatives de l'os formé. Ils incluent les études randomisées et non randomisées, certaines études présentent un biais. Le nombre d'étude à long terme est faible, le contrôle maximum dans la plupart des cas ne dépasse pas 2 ans, une seule étude donne des résultats à 6 ans.

Les résultats qui nous intéressent ici sont ceux concernant l'utilisation de BCP, il nous indique que l'ajout d'os autogène au BCP n'apporte aucun avantage sur l'augmentation du volume osseux, on obtient la même conclusion dans l'étude de Friedmann et al (54). L'augmentation du volume osseuse utilisant la BCP seul est de 15% comparé à l'association BCP + os autogène 18% (80).

De plus les résultats s'intéressant à la quantité d'os formé nous indique que sur un temps de cicatrisation court, certes l'os autogène présente de meilleur résultat mais sur un temps de cicatrisation au delà de 6 mois nous ne remarquons aucune différence significative entre les trois substituts osseux.

La conclusion de cette étude est que les matériaux de substitution osseuse comme le Bio-oss® et la BCP semblent offrir plus de stabilité dans le temps que l'os autogène.

Notre seconde étude repose sur 5 patients nécessitant un soulèvement sinusien bilatéral, il s'agit de l'étude de Lange (69). Les patients ne présentent aucune contre-indication, ils sont non fumeurs et âgés entre 64 et 71 ans. D'après leurs scanners pré-opératoires les patients présentent des hauteurs de crêtes comprises entre 0,5 et 2mm. Pendant la chirurgie il n'y a eu aucune perforation de la membrane sinusienne. Nous avons 10 sinus greffés : 5 BCP et 5 Bio-oss®, Les poses d'implants se feront entre le 3^{ème} et le 8^{ème} mois post-opératoires. Au même moment que la pose des implants les biopsies des sites implantés seront réalisées. Un des patients refusera la biopsie, on aura au total 6 biopsies avec le Bio-oss® et 8 avec la BCP. Nous exposerons ici les résultats des microtomographiques et des analyses histologiques.

La microtomographie mesure la radio-opacité des matériaux, elle nous permet de différencier l'os nouvellement formé et les particules greffées en utilisant le degré de minéralisation de chaque tissu. Il se mesure en milligramme d'HA par centimètre cube : mg HA/cm³. On pose comme référence 550 mg HA/cm³ étant le seuil pour la différence entre greffe et tissu osseux et 1300 mg HA/cm³ correspondant au tissu osseux d'origine. Les microCT sont réalisées en différents points sur les biopsies du plancher sinusal au sommet de la crête.

Les résultats des microCT nous indiquent qu'il n'y a pas de différence entre la BCP et le Bio-oss® au niveau de la structure de l'os formé. Dans les deux cas le nouvel os formé à une structure différente de l'os initial, on visualise la démarcation entre les deux. Nous remarquons une répartition osseuse plus homogène dans la biopsie BCP comparé à celle avec le Bio-oss®, où l'os est retrouvé essentiellement au niveau du plancher sinusal.

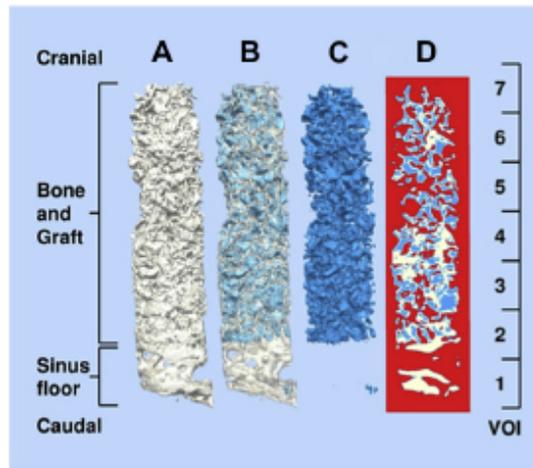


Figure 9: Reconstruction 3D par microCT d'une biopsie d'un des sites chirurgicales comblée avec le Bio-oss®. A = os minéralisé seul, B = os minéralisé (blanc) et du Bio-oss® (bleu) C = Bio-oss® seul, D = microCT d'un biopsie issu de la zone greffé par le Bio-oss® en blanc: os minéralisé et en bleu : le Bio-oss® greffé (VOI = volume osseux d'intérêt)(69)

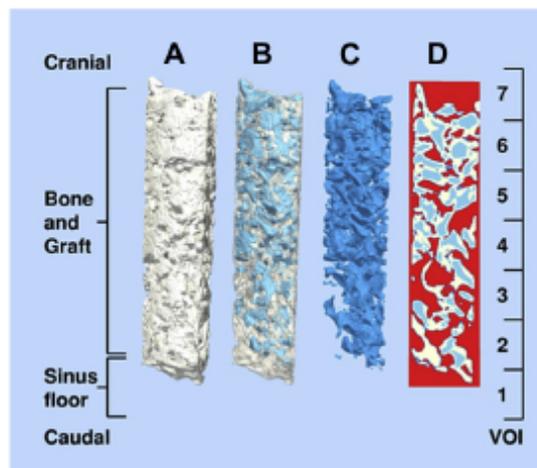


Figure 10: Reconstruction 3D par microCT d'une biopsie d'un des sites chirurgicales comblée par le TCP. A = os minéralisé seul, B = os minéralisé et BCP (bleu), C = TCP seul, D = biopsie issu de la zone greffé par le TCP, en bleu et en blanc = l'os minéralisé(69)

Les figures 8 et 9 nous montrent les résultats des microCT, nous constatons la présence d'un os minéralisé au contact du matériau greffé donc les deux substituts osseux permettent l'ostéoconduction.

Si nous comparons les volumes des tissus minéralisés entre BCP et Bio-oss® (c'est-à-dire os + matériau greffé) nous remarquons une légère différence. La quantité de tissu minéralisé est plus importante du côté greffé avec le Bio-oss®. Cependant le volume de tissu osseux minéralisé et le degré de minéralisation de l'os formé entre les deux sont identiques. Les biopsies greffées avec le Bio-oss® ont un volume de matériau greffé plus important contrairement à celle contenant la BCP.

Les résultats des microCT nous indiquent qu'il existe un gradient de volume. Quand le volume osseux augmente le volume de particules greffées diminue. Le sens de ce gradient est croissant pour le volume osseux et décroissant pour le volume de la greffe du plancher sinusal vers le sommet de la crête. Cela nous renseigne sur le sens de l'ostéoconduction : du plancher sinusal au sommet de la crête osseuse.

Cette étude suggère que la BCP et le Bio-oss® sont tous les deux efficaces pour la chirurgie de comblement sous sinusien, ils permettent une augmentation osseuse viable en vue d'une pose d'implant. La microCT nous indique une vitesse de croissance osseuse linéaire de 0,5-1 mm/mois. Les deux biomatériaux sont ostéoconducteurs même si la BCP montre une formation osseuse et une dégradation de ces particules plus active.

Nous pouvons également citer ici l'étude de Cordaro et al (71), que nous décrivons plus en détail dans la seconde partie. Elle expose les résultats des scanners post-opératoires des chirurgies de comblement sous sinusien réalisées avec de la BCP ou du Bio-oss®. A 6 mois post-greffe, nous observons une hauteur de crête de 5,1 mm (+/- 1,1 mm) pour les greffes avec la BCP contre 4,9 mm (+/- 0,8 mm) pour le Bio-oss®, il n'y a pas de différence significative entre les deux biomatériaux.

Enfin l'étude de Mordenfeld et al (70) à l'aide de radiographie panoramique va mesurer la hauteur de matériau résiduel de la greffe à différents temps, T 0, 2 ans, 4 ans et 6 ans. Les mesures sont réalisées du plancher du sinus à la zone la plus élevée de la zone greffée. Les valeurs de ces mesures nous indiquent qu'il y a une différence significative entre le temps zéro et 6 ans uniquement pour la BCP. Nous retrouvons moins de particules de BCP à 6 ans. Ils notent qu'il n'existe pas de différence significative au niveau de la hauteur de l'os formé entre les deux substituts osseux.

Ces articles mettent en avant la capacité d'ostéoconduction de la BCP et du Bio-oss®, Nous retrouvons pour les deux substituts osseux de l'os nouvellement formé. L'étude de Lange et al nous donne une première idée sur le sens de l'ostéoconduction. Malgré leur similitude nous notons déjà une différence entre les deux substituts osseux, la BCP semble avoir une dégradation de ces particules plus rapide comparé au Bio-oss®.

5.3.2- Analyse des résultats histologiques et histomorphométriques

Nous reprenons l'étude de Lange et al (69), cette étude met en avant une quantité de tissu osseux minéralisé similaire dans les biopsies greffées avec la BCP ou le Bio-oss®. Son intérêt se porte surtout sur la quantité de tissu ostéoïde détectée dans chaque biopsie. Le tissu ostéoïde est retrouvé en quantité bien supérieure sur les sinus greffés avec la BCP comparait à ceux greffés avec le Bio-oss®. Nous avons donc une activité de remaniement osseux plus actif dans les sinus greffés BCP. Elle nous permet également de constater la présence d'ostéoclastes au contact des particules résiduelles greffés des deux substituts osseux.

La seconde étude que nous avons retenue est l'étude d'Annibali et al (72), elle est basée sur 4 patients dont la hauteur crestale est comprise entre 2 et 4 mm. Cette étude compare les résultats obtenus suite à l'utilisation d'une allogreffe, de BCP, d'os d'origine bovin (Bio-oss®), et d'os d'origine chevalier (EB) lors de comblements sous sinusiens. L'étude est randomisée. A 6 mois post-opératoire les biopsies et la pose des implants sont réalisées.

Au niveau clinique à 6 mois pour tous les groupes nous constatons une absence de complication post-opératoire, pas de signe clinique d'inflammation, la stabilité primaire implantaire est obtenue et un examen radiographie montre une densité osseuse correcte.

Du point de vue histologique, sur la coupe concernant la BCP nous observons que toutes les particules de BCP sont entourées par de l'os nouvellement formé, le contact os/particules est étroit. Des ostéoblastes sont détectables à la surface des particules de BCP. Au niveau de l'espace médullaire nous observons des cellules de la moelle osseuse et de nombreux vaisseaux sanguins, la croissance vasculaire se fait au contact de l'os formé. Il n'y a pas d'espace vide et pas de cellule de l'inflammation. Les mesures histomorphométriques donnent les pourcentages suivant : l'os formé 30,2%, les particules résiduelles de greffe 29,1% et l'espace médullaire 40,7%.

Pour le Bio-oss® les particules greffées sont en contact étroit avec l'os nouvellement formé mais certaines particules de Bio-oss® sont au contact du tissu mou. Il n'y a pas de cellule de l'inflammation. Nous retrouvons les pourcentages suivant : l'os formé 20,1%, les particules résiduelles 19,1% et l'espace médullaire 60,8%.

Sur la coupe avec l'allogreffe nous observons un os trabéculaire avec de grand espace médullaire, un contact particules/os formé étroit et la présence d'ostéoblastes à la surface des particules. Nous notons la présence de lacunes d'ostéocytes. Les mesures sont os formé 16,4%, particules résiduelles 18,5% et l'espace médullaire 65,1%.

Enfin avec EB nous observons un os trabéculaire avec de grand espace médullaire, et la présence de lacune contenant un ostéocyte. Les particules greffées sont en contact avec l'os formé. Il n'y a pas de cellules de l'inflammation. Les mesures sont : l'os formé 21,9%, les particules résiduelles 23,2% et l'espace médullaire 54,9%.

Cette première étude histologique montre que les quatre substituts osseux utilisés sont biocompatibles et ostéoconducteurs, nous observons une formation osseuse au contact des particules greffées. Elle nous montre surtout que c'est avec la BCP que l'on obtient les meilleurs résultats sur la quantité d'os formé.

Notre troisième étude est celle de Froum et al (73), c'est une étude prospective réalisée à la base sur 15 patients, 3 patients seront exclus de l'étude pour des raisons financières, de temps de cicatrisation trop long ou encore d'infection obligeant la dépose du biomatériau. Tous les patients sélectionnés sont en bonne santé, les fumeurs de plus de 10 cigarettes par jour sont exclus de l'étude. L'étude repose sur 12 patients nécessitant d'une greffe sous sinusienne bilatérale. Les greffes bilatérales sont réalisées soit en un temps soit à des instants différents en fonction des patients et de la difficulté de la chirurgie. Le comblement se fera de manière randomisé et à l'aveugle, chez un même patient un sinus sera comblé par le Bio-oss® et l'autre par de la BCP (Straumann).

Entre le 6^{ème} et le 8^{ème} mois post-opératoire des carottes osseuses des sites greffés vont être prélevées et analysées. Nous obtenons 21 sinus exploitables, trois carottes osseuses ne sont pas exploitables : un pour le Bio-oss® et deux pour la BCP. Nous avons donc au total 10 sinus BCP et 11 sinus Bio-oss®.

L'analyse histomorphométrique nous donnent les informations suivantes : le pourcentage de volume d'os formé est de 28,4% pour la BCP contre 22,3% pour le Bio-oss®, le tissu mou représente 43,3% pour la BCP contre 51,7% pour le Bio-oss® et enfin le pourcentage de particules résiduelles pour les deux est 28,4% contre 26,0%. Avec un taux de vitalité osseuse de 100% pour les deux biomatériaux. Il n'y a pas de différence significative entre les deux SO.

Si nous comparons la quantité osseuse formée à 6 mois et à 8 mois nous remarquons qu'avec la BCP il y a une différence significative entre les deux valeurs : à 6 mois nous avons 13% d'os formé contre 55 à 71% à 8 mois. Pour le Bio-oss® il n'y pas de différence significative entre les valeurs à 6 ou à 8 mois. La BCP semblent permettre une formation osseuse croissante dans le temps et demanderai des temps de cicatrisation plus longs avant la pose d'implants.

Au niveau histologique nous observons une formation osseuse autour des particules greffées, comme sur les coupes ci-dessous :

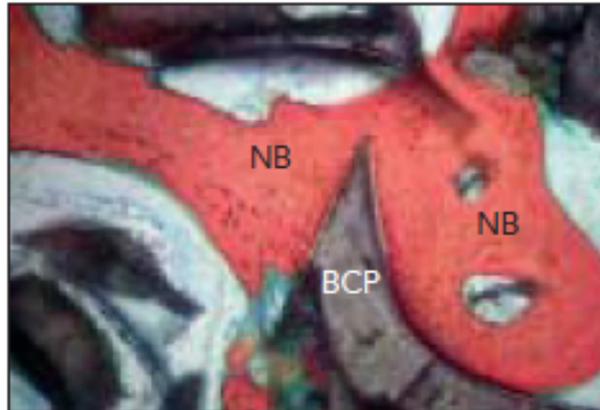


Figure 11: coupe avec greffe TCP (grossissement x200) NB = nouvel os formé, BCP = TCP en marron et en vert = tissu ostéoïde

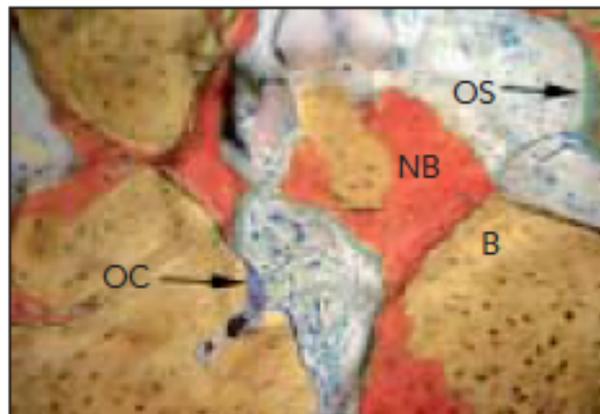


Figure 12: coupe de greffe avec le Bio-oss® (B) NB = nouvel os formé, OS en vert = tissu ostéoïde, OC = cellule géantes multinuclées

La présence de tissu ostéoïde sur les deux coupes révèle un processus de remaniement osseux avec formation d'un os mature. Sur la *figure 12* nous constatons également la présence de cellules géantes multinuclées qui nous informe sur la présence d'une activité de résorption du Bio-oss®.

Cette étude nous indique que la BCP et le Bio-oss® présentent des capacités similaires pour la formation osseuse, ils sont tous les deux ostéconducteurs. La différence de formation osseuse à 6 et 8 mois pour la BCP nécessite des études supplémentaires afin de connaître le processus de cicatrisation osseuse et de résorption du BCP.

Nous revenons sur l'étude de Cordaro et al (71), elle a le même but que l'étude de Froum et al mais elle concerne une cohorte de patient plus large. Elle compte 48 soulevés

de sinus chez 37 patients entre 18 et 70 ans. Les patients sont tous en bonne santé, les fumeurs de plus de 10 cigarettes par jour sont inclus. Si des extraction sont nécessaires avant le chirurgie un délai de 3 mois sera mis en place entre l'extraction et le soulevé de sinus. Le comblement se fait de manière randomisé, avec un groupe test : 25 comblements avec la BCP et un groupe contrôle : 23 avec le Bio-oss®. A 180-240 jours après la chirurgie, des carottes osseuses (de 3,5 mm de diamètre) sont réalisées au niveau des sites des futurs implants pour une analyse histologique. Au total, 14 biopsies sur les 25 pour la BCP et 18 sur les 23 réalisées par le Bio-oss® sont exploitables. Les autres biopsies ont soit subi une dégradation pendant la procédure, soit leurs limites os initial/particules greffées ne sont pas assez identifiables.

Au niveau histologique, nous observons un contact intime entre les particules greffés et l'os nouvellement formé, les coupes révèlent que les deux matériaux sont ostéoconducteurs.

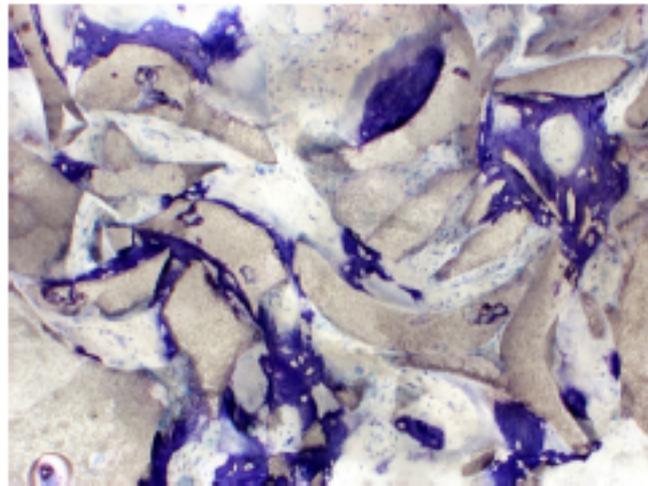


Figure 13: coupe d'une greffe avec BCP en grise = particules de BCP et en violet = l'os nouvellement formé

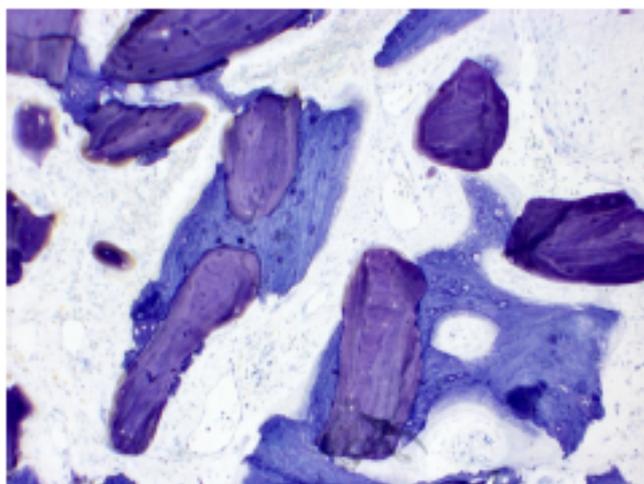


Figure 14: coupe d'une greffe avec le Bio-oss® en violet = les particules de Bio-oss® et en bleu clair = l'os nouvellement formé

L'analyse histomorphométrique montre qu'il n'existe pas de différence significative de la quantité d'os formé entre le Bio-oss® et la BCP. La BCP présente un pourcentage plus élevé de tissu mou et le Bio-oss® une quantité de particules résiduelles supérieure. La BCP semble avoir une résorption plus rapide que le Bio-oss®, Cependant il est difficile après seulement 6 mois post-opératoire de donner du sens à cette valeur. La composition du tissu mou n'a pas été ici analysée. La différence significative que nous retrouvons entre le Bio-oss® et la BCP portent sur le pourcentage de surface de contact entre l'os immature formé et les particules greffées : de 48,2% pour le Bio-oss® contre 34% pour la BCP. Il serait alors intéressant d'avoir des études supplémentaires portant sur les différences de morphologie et de processus de formation osseuse au sein de chaque substitut osseux, pour mieux expliquer les résultats de cette étude.

Cette étude rappelle les propriétés d'ostéoconductions des BCP et du Bio-oss®, ces deux substituts osseux permettent de réaliser un comblement sinusien en vue d'une pose d'implants. Tous les implants posés ont été jugés stables.

Enfin la dernière étude histologique que nous avons trouvée est celle de Lindgren et al (74). Elle repose sur 11 patients entre 50-79 ans nécessitant une augmentation sous sinusienne bilatérale. Tous les patients n'ont aucune contre indication à la chirurgie, les patients fumant plus de 10 cigarettes par jour sont exclus de l'étude. L'étude est randomisée, un comblement sinusien est réalisé par le Bio-oss® et l'autre par la BCP chez un même patient. Au même moment ils procèdent à la mise en place de micro-implant. Les micro-implants seront récupérés après 8 mois de cicatrisation à l'aide de carottes osseuses de 3 mm de diamètre. Les implants seront positionnés au niveau des mêmes sites que les micro-

implants. L'étude s'intéresse alors à la formation osseuse autour de l'implant et à son ostéointégration dans les deux substituts osseux. Les coupes histologiques sont réalisées pour tous les spécimens soit 22 sinus, 10 coupes seront utilisées pour cette étude, les 12 autres seront étudiées par microscopie électronique et les résultats exposés dans un article de Lindgren et al (75) que nous traiterons ultérieurement.

Les mesures morphométriques s'intéressent :

- Au pourcentage de surface de contact entre l'implant et l'os.
- Au pourcentage de surface osseuse entre les spires de l'implant.
- Au pourcentage de surface d'os formé, de particule résiduelle du substitut osseux et de tissu mou à l'intérieur et à l'extérieur des spires.
- Au pourcentage de particules résiduelles en contact avec l'os.

Du point de vue clinique la cicatrisation des 22 chirurgies est correcte et les 22 micro-implants sont stables.

Au point de vue histologique toutes les coupes montrent la présence de vaisseaux sanguins en grand nombre indiquant une bonne vitalité des sites opératoires. Nous ne détectons aucun signe d'inflammation cellulaire ni d'infection. Nous observons la présence d'un os immature, d'un os lamellaire et d'un tissu fibreux dans toutes les coupes (Bio-oss® ou BCP).

Les données morphométriques nous révèlent qu'il n'y a pas de différence significative entre le Bio-oss® et la BCP au sujet du pourcentage de surface de contact entre l'implant et l'os (de 64,9% +/- 0,9% pour la BCP et 55,0% +/- 16% pour le Bio-oss® avec une $p=0,07$), du pourcentage d'os formé entre les spires de l'implant, du pourcentage de tissu mou et de particules résiduelles. Cependant il existe une différence significative entre les pourcentages de contact : particules résiduelles/os formé. Il y a plus de contact entre le Bio-oss® et l'os (87,9% +/- 18,2%) par rapport au BCP/os (53,9% +/- 28,1%) avec une $p=0,007$. Ces résultats sont en adéquation avec les résultats de l'étude précédente.

L'observation des coupes nous montre également que la formation osseuse se fait entre les particules et à la surface de l'implant pour la BCP contrairement au Bio-oss® où elle se fait uniquement autour de ses particules.

Nous en concluons qu'8 mois post-opératoires le Bio-oss® et la BCP ont permis la cicatrisation osseuse. De plus il existe un contact étroit entre l'os formé et le micro-implant, pour les deux substituts osseux, les micro-implants sont ostéointégrés.

Les analyses histologiques des greffes sous sinusiennes réalisées par la BCP ou le Bio-oss® montrent toutes une apposition d'ostéoblastes à la surface des particules greffées,

cela nous confirme les propriétés d'ostéoconduction des deux substituts osseux. La BCP semble permettre une formation et un remaniement osseux plus rapide. De plus la dernière étude met en évidence que la BCP et le Bio-oss® permettent une ostéointégration des implants. Néanmoins nous pouvons supposer qu'il existe une différence de comportement entre les deux substituts osseux par la différence des pourcentages de contact entre l'os formé et les particules greffées et par la différence de positionnement de l'os formé.

5.3.3- Analyse de l'étude utilisant la microscopie électronique

L'article de Lindgren et al (75) repose sur une analyse par microscopie électronique (SEM) de la seconde moitié des coupes histologiques réalisées dans l'étude de Lindgren et al (74).

Pour cette étude ils couplent l'analyse par SEM avec une analyse par spectroscopie à rayons X par dispersion d'énergie (EDS). Ainsi nous obtiendrons des informations sur la structure des surfaces analysées et sur leurs compositions. *La figure 15* met en avant les différences structurales entre le Bio-oss® et la BCP : la taille des cristaux et leurs porosités.

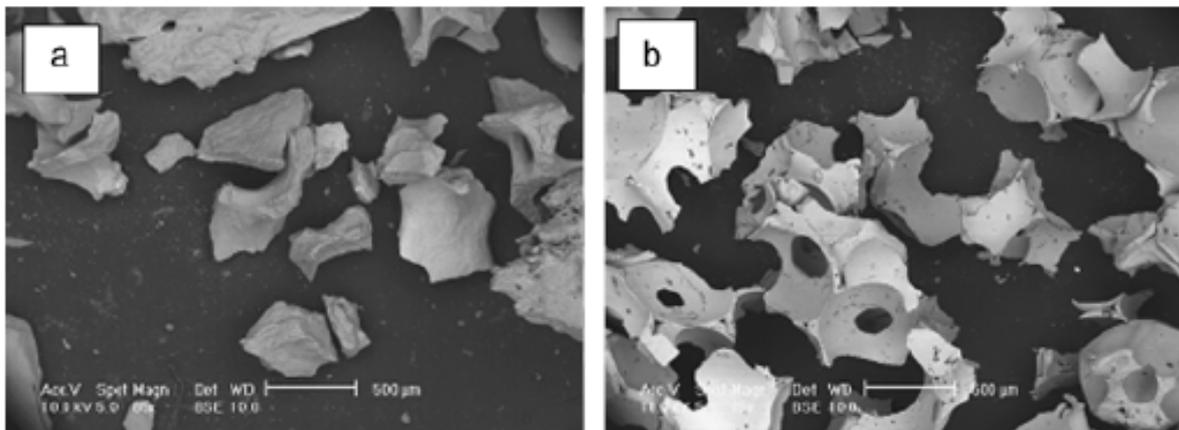


Figure 15: Image par microscopie électronique. a = les particules de Bio-oss® b = les particules de BCP dans leur état initial avant comblement.

Les mesures se feront en trois points : au niveau des particules de greffe, de l'interface particules/os formé et de l'os formé. L'EDS va nous permettre d'observer les changements du rapport Ca/P dans les trois points donnés et ainsi d'étudier les phénomènes de résorption du β -TCP et du remaniement osseux au cours de la cicatrisation.

La SEM nous révèle la présence d'un os transitoire autour ou adjacent aux particules de Bio-oss® et de BCP. La *figure 16* nous montre qu'il y a une différence entre le Bio-oss®

et la BCP. Au niveau du Bio-oss® : l'os se situe autour des particules de Bio-oss®. Pour la BCP : l'os se situe autour et à l'intérieur des particules de BCP, nous remarquons également un nombre important de particules de BCP dans un tissu non minéralisé, la quantité de tissu non minéralisé est plus élevée dans les coupes de BCP.

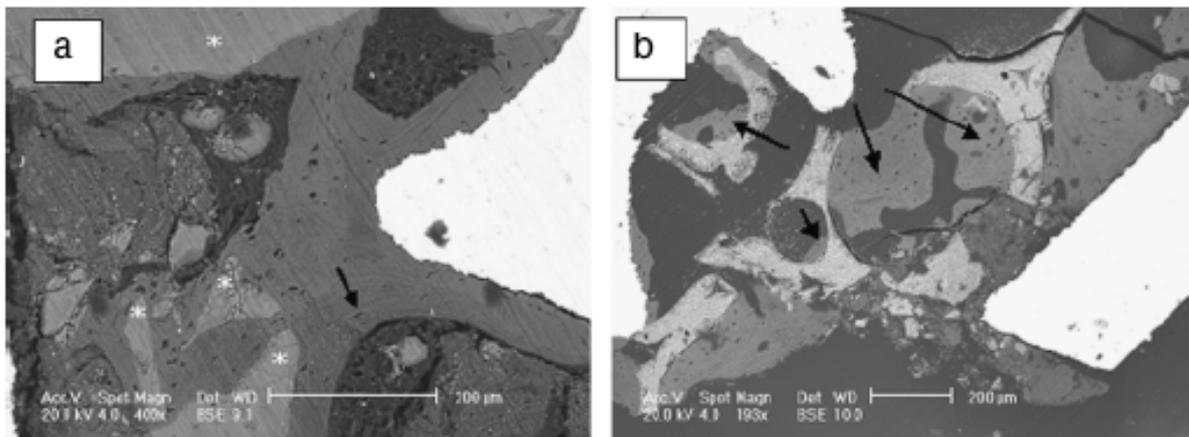


Figure 16: a : greffe avec le Bio-oss® *= les particules de Bio-oss®, autour en gris un peu plus foncé on retrouve le nouvel os formé et la flèche montre le remaniement osseux avec la présence d'un os mature.

b : greffe avec la BCP, on voit de l'os autour et dans les particules de BCP (flèche)

L'observation par SEM au niveau de l'interface os formé/substitut osseux nous permet d'expliquer cette observation. Nous constatons que la surface du Bio-oss® est lisse et intacte à l'opposé de l'aspect granuleux de la BCP. La BCP présente une fragmentation en particules de 1-5 µm de diamètre, on retrouve de l'os entre les particules de BCP, (Le faisceau d'électron peut augmenter aussi la fragmentation du BCP).

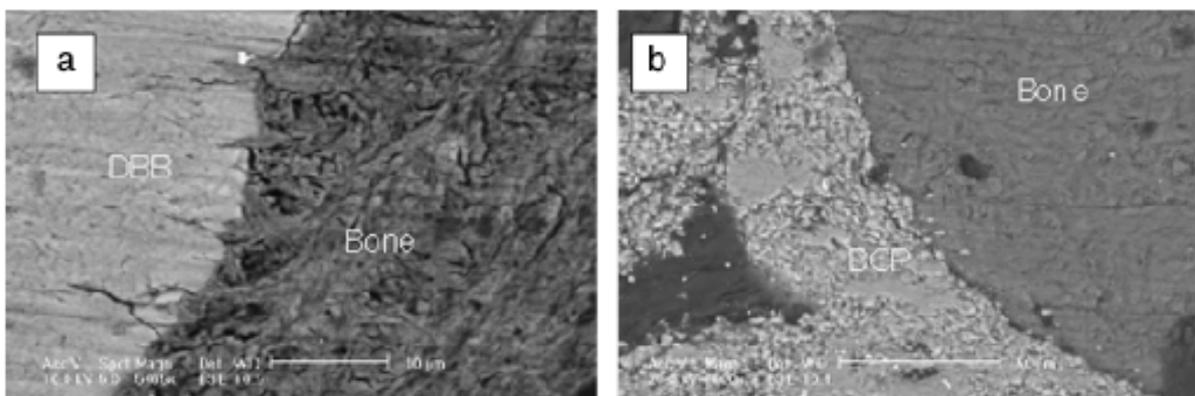


Figure 17: observation de l'interface os/substitut osseux, a = interface lisse entre le Bio-oss® (DBB) et l'os (Bone) en b = on observe une dégranulation du BCP avec la présence d'os entre les particules.

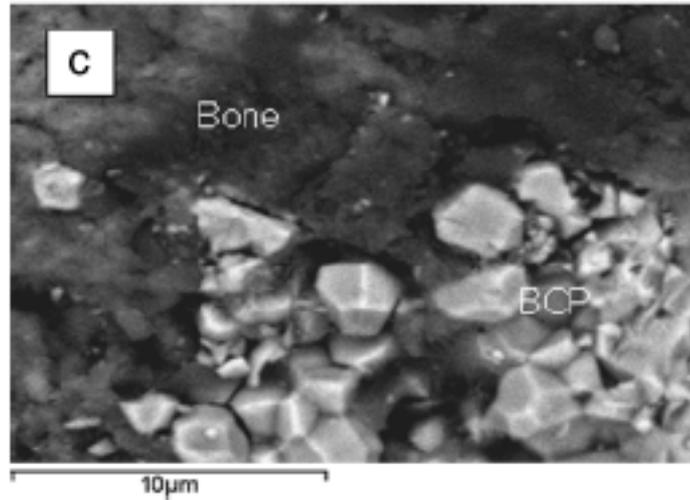


Figure 18: Fragmentation du BCP en cristaux de 1-5 μ m de diamètre au milieu du tissu osseux juste formé

Avant l'analyse des coupes, nous posons les informations suivantes recueillies sur les substituts osseux avant le comblement, le Bio-oss® a un rapport Ca/P de 1,72% \pm 0,07 et la BCP de 1,63% \pm 0,02, en sachant que la BCP est lui uniquement composé de calcium et de phosphate. En théorie la BCP à un rapport de 1,602%.

Au niveau des particules résiduelles le rapport Ca/P du BCP est plus bas à la fin de la cicatrisation, à 8 mois qu'au début. La différence entre les deux valeurs est significative, contrairement à la différence entre les valeurs pour le Bio-oss®. La diminution du rapport est cohérente avec la résorption de la BCP : la dégradation du β -TCP contenu dans la BCP relargue du Ca^{2+} dans l'espace extra-cellulaire. A la surface des BCP nous retrouvons de l'HA déficient en Ca, avec un rapport de Ca/P=1,5%. Il est probable que ce phénomène se produise à la surface des particules au niveau de l'interface mais le changement entre les rapports n'y est pas détectable. La différence des ratios nous indique qu'il y a résorption de la BCP au cours du temps.

Du côté du Bio-oss® il n'y pas de différence significative entre le rapport Ca/P au cours de la cicatrisation.

Cette étude montre qu'il existe une modification de la composition chimique des BCP au cours de la cicatrisation. Elle suggère que le β -TCP contenu dans la BCP se précipite et est remplacé par de l'HA déficient en calcium. Cet événement cumulé à la dé-granulation des BCP influence sa résorption et la formation osseuse.

5.3.4- Analyse de la stabilité implantaire à plus ou moins long terme

Nous reprenons ici, l'étude de Lange et al (69), elle donne un suivi clinique des patients de 6 mois à 4 ans, l'évaluation clinique se fera à l'aide de trois critères :

- 1 : pas d'inflammation, pas de saignement au sondage et une profondeur de poche < 5 mm.
- 2 : saignement au sondage avec une profondeur de poche < 5 mm et une perte osseuse visible à la radiographie < 2 mm.
- 3 : présence de saignement et de pus au sondage des poches avec une profondeur > 5 mm, et une perte osseuse à la radiographie > 2 mm.

Un score de 1 est considéré comme un succès du traitement, 3 est un échec et 2 nous indique le besoin d'une prise en charge du patient : assainissement parodontal, technique d'hygiène et un contrôle de plaque régulier.

A 4 ans, 31 implants sont toujours en place, deux patients ont quittés l'étude, les mesures des poches ont donc été faites sur 3 patients, 21 implants au total. Nous comptabilisons pour 10 implants un score de 2, après une bonne maintenance le saignement au sondage a disparu. Le score de 3 n'a pas été vu au cours du suivi de ces patients. Des radiographies panoramiques ont été faites au cours des différents contrôles, elles montrent une augmentation osseuse chez tous les patients entre 16 et 25 mm. Aucune différence n'est constatée au niveau clinique et radiographique entre les implants mise en place dans la BCP ou le Bio-oss®.

Nous avons ensuite trouvé trois articles s'intéressant à la survie implantaire sur le même groupe de patient à des temps différents : 1 an, 3 ans et 5 ans.

La première étude que nous développerons est l'étude de Lindgren et al (76). Elle s'intéresse au suivi clinique et radiographique des implants après un an de mise en charge. Elle repose sur 23 implants positionnés dans le Bio-oss®, 24 dans la BCP et 15 dans l'os résiduel. La chirurgie implantaire a eu lieu 8 mois après la greffe sinusienne.

L'évaluation clinique de la stabilité des implants passe par des indices cliniques, qui sont : l'indice de place (IP), le saignement au sondage (BPI), l'indice de saignement du sulcus (SBI) et la mesure de la profondeur des poches (PPD). Ces paramètres sont évalués au moment et après un an de mise en fonction des implants, ils se relèvent en quatre points autour de chaque implant.

Les taux de survie implantaires seront calculés à l'aide de quatre critères :

- La stabilité de l'implant après la dépose de la prothèse fixée.
- L'absence de signe pathologique : douleur, infection au niveau des tissus mou et dur autour des implants.
- Pas de radio-claireté péri-implantaire.
- Pas de perte osseuse de plus de 2 mm à un an.

Si un implant est déposé à cause de l'une de ces raisons, il est considéré comme un échec. S'il est toujours en place mais ne répond pas à tous les critères de succès, il est considéré comme survivant. Sur tous les implants positionnés 2 seront déposés : un dans le Bio-oss®, déposé par manque de stabilité primaire et un dans la BCP, suite à une infection à 3 mois post-opératoire.

L'étude radiologique se fait par des radiographies intra-oral et des radiographies panoramiques, uniquement de l'imagerie en 2D. Nous observons s'il existe une perte osseuse autour des implants et réalise des mesures de la hauteur des sinus greffés au moment de la greffe et après un an de mis en fonction des implants.

Les mesures des hauteurs des sinus greffés montrent une résorption de 4% pour les sinus greffés avec le Bio-oss® et de 4,5% pour ceux greffés avec la BCP, il n'y a pas de différence significative entre les deux.

Les mesures de la perte osseuse péri-implantaire des implants placés dans les différents sinus nous donne les moyennes suivantes : la BCP = 0,29 +/- 0,1 mm, le Bio-oss® = 0,43 +/- 0,2 mm et l'os résiduel = 0,52 +/- 0,27 mm. Un implant placé dans la BCP présente une perte osseuse péri-implantaire supérieure à 2 mm mais il est toujours en fonction sans douleur pour le patient, il est considéré comme survivant, il est toujours inclus dans l'étude.

Les résultats des indices cliniques, radiographiques et les taux de survie nous permettent de conclure que la BCP apporte des résultats équivalents au Bio-oss® pour la stabilité et la survie des implants mis en place dans les sites greffés.

L'étude à 3 ans (77) s'intéresse à la stabilité des implants par la mesure de la perte osseuse et l'analyse de la fréquence de résonance (RFA) de chaque implant. Nous rappelons les taux de survie à 1 an 95,7% pour la BCP, 95,7% pour le Bio-oss® et de 100% pour l'os résiduel.

L'analyse clinique se fera à l'aide des mêmes critères que dans l'étude précédente PI, BPI, SBI et PPD. Tous les relevés apportent la même conclusion il n'y a pas de différence significative entre les implants mis en place dans la BCP ou le Bio-oss® après 3 ans de mise en fonction.

Les calculs des taux de survie implantaire se font à l'aide des mêmes critères que l'étude précédente en ajoutant uniquement le critère suivant : une perte osseuse modérée est tolérée mais une perte osseuse péri-implantaire supérieure à 2,4 mm après trois ans est

considérée comme un échec implantaire.

Le scanner permet la mesure des gains osseux et une visualisation de la santé des sinus. Les patients présentant un sinus pathologique : une hypertrophie muqueuse ou la présence de liquide dans les sinus sont retirés de l'étude, cela concerne deux patients de chaque groupe. Les scanners et la RFA sont réalisés sans les prothèses donc les patients ayant une prothèse cimentée sont exclus de l'étude, cela concerne deux patients.

Après l'analyse radiologique à 3 ans nous constatons qu'il n'y pas de différence significative entre la BCP et Bio-oss® sur la quantité moyenne d'os autour des implants. Cependant lors de la mesure de la ligne de base de l'os marginale nous avons : deux patients os résiduel et un patient greffé BCP présentant une perte osseuse supérieur à 2,4 mm. Les taux de survie en sont alors modifiés : BCP 91,7%, le Bio-oss® 95,7% et l'os résiduel 86,7%, mais la différence entre ces trois taux n'est pas significative.

Pour calculer la RFA ils réalisent deux mesures pour chaque implant pour obtenir une valeur appelée ISQ qui varie de 1 à 100, 100 étant la stabilité maximale. Nous obtenons les résultats suivant pour la BCP : ISQ = 68,5 +- 5,1, pour le Bio-oss® : ISQ = 70,4+- 4,3 et pour l'os résiduel : ISQ = 64,2 +-7,1, la seule différence significative que nous retrouvons entre ces valeurs concerne le Bio-oss® et l'os résiduel. Nous pouvons expliquer cette différence par la localisation sur l'arcade de l'os résiduel, il est en antérieur où l'os est moins dense.

Cette étude nous montre que la BCP donne des résultats équivalents aux deux matériaux de références en terme de taux de survie et de stabilité implantaire.

Enfin l'étude de Mordenfeld et al (70) offre une comparaison à 5 ans de la survie implantaire et de la perte osseuse marginale autour des implants placés soit dans la BCP soit dans le Bio-oss®, après une chirurgie de soulèvement du plancher sinusien. Nous sommes toujours avec la même cohorte de patient.

L'évaluation de la réussite implantaire se base sur des critères cliniques et radiologiques :

- Après dépose des prothèses fixées sur les implants, les implants doivent être stables.
- Pas de réactions pathologiques autour des implants, ni douleur ni inflammation du tissu péri-implantaire dur ou mou.
- Pas de radio-clareté péri-implantaire.
- Pas de perte osseuse marginale supérieur à 2 mm après 1 an et pas supérieure à 2,8 mm après 5 ans.

Les résultats cliniques et radiographiques nous donne à 5 ans les taux de survie implantaire suivant : 83,3% pour la BCP, 91,7% pour le Bio-oss® et 80% pour l'os résiduel. Cette diminution des taux de survie est due à une péri-implantite et à une forte résorption

osseuse autour de deux implants 16 et 26 chez le même patient (fumeur), donc un implant dans chaque biomatériau. De plus les mesures de la perte osseuse marginale nous montre une perte osseuse supérieure à 2,8 mm autour de 2 implants placés dans la BCP et 3 dans l'os résiduel, ces implants sont donc considérés comme des échecs.

Malgré la différence des taux de survie entre la BCP et le Bio-oss®, les auteurs en concluent qu'il n'y a pas de différence significative entre ces deux substituts osseux pour le succès implantaire.

Ces différents articles s'intéressant à la survie des implants placés dans la BCP ou le Bio-oss® tirent les mêmes conclusions à savoir que ces deux substituts osseux permettent la survie implantaire. Ils mettent également en avant la similitude des taux de survie entre ces deux substituts osseux et l'os autogène.

5.3.5- Résultats des études comparant la BCP/Collagène au Bio-oss®/Collagène

La première étude que nous citerons compare les résultats obtenus par la BCP/Coll et le Bio-oss®/Coll au sein de défauts osseux, c'est l'étude de Kato (78). Ils réalisent sur des rats deux défauts osseux qui seront comblés par de la BCP/Coll et par du Bio-oss®/Coll. Tous les défauts sont refermés par une membrane de collagène résorbable. Les animaux sont sacrifiés entre 6 à 10 semaines post-opératoires afin de réaliser des biopsies pour l'analyse histologique et histomorphométrique.

Du point de vue histologique à 6 semaines nous observons au niveau des défauts comblés avec le Bio-oss®/Coll une formation osseuse dense uniquement sur les rebords du défaut osseux et la présence d'un tissu conjonctif dense. Pour les défauts BCP/Coll on observe la présence d'un os trabéculaire dense autant sur les bords qu'au centre du défaut et la présence d'un tissu conjonctif relativement dense. On retrouve une répartition osseuse plus homogène.

A 10 semaines les différences entre les deux biomatériaux s'accroissent. Nous constatons contrairement aux défauts comblés avec le Bio-oss®/Coll, ceux concernant la BCP/Coll sont presque complètement refermés. L'os formé dans les défauts BCP/Coll présente une structure proche de l'os corticale d'origine. Les défauts Bio-oss®/Coll sont principalement composés d'un tissu conjonctif dense et d'un os immature entourant le reste des particules greffées.

Les critères de l'analyse histomorphométrique sont les suivants :

- le pourcentage de tissu mou (A),
- d'os formé (B),
- d'espace vide dépourvue de tissu ou de matériau (C),
- de particules résiduelle (D).

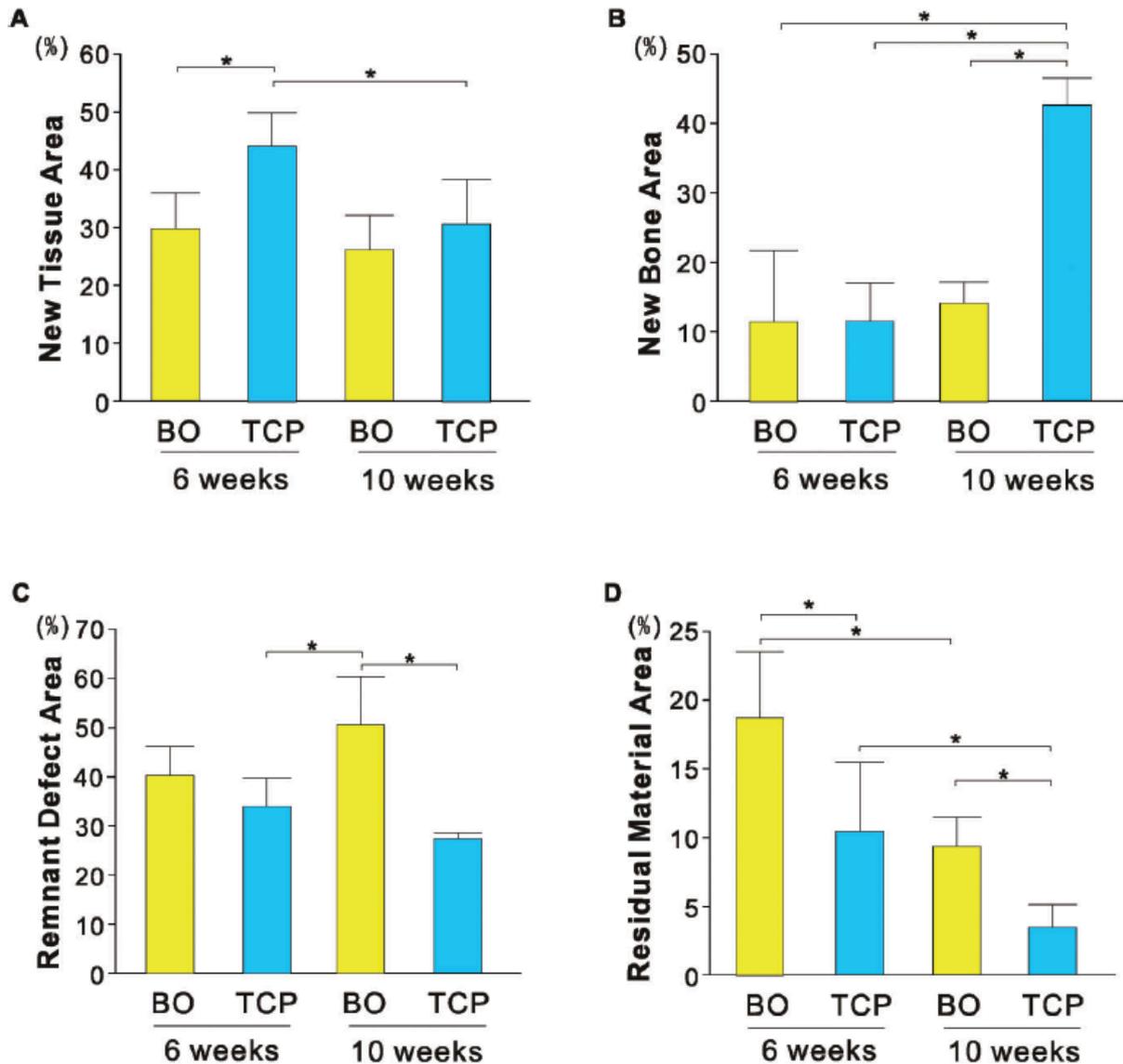


Figure 19: résultats histomorphométriques des 4 critères à 6 et 10 semaines post-opératoires, * $p < 0,05$ la différence entre les deux valeurs est significative

A 6 semaines post-opératoire, il n'y a pas de différence significative entre la BCP/Coll et le Bio-oss® /Coll au niveau de la formation osseuse (*figure 22 B*) et au niveau de la zone dépourvue de tissu ou de particules. La différence est significative au niveau de la présence de tissu mou (A), il est plus présent dans la BCP/Coll. Les particules résiduelle (D) sont en quantité plus importante dans le Bio-oss® /Coll comparé au BCP/Coll.

A 10 semaines, on observe une différence significative sur les pourcentages d'os

formé et de particules résiduelles. Il est intéressant de relever qu'il y a une différence significative de la formation osseuse, du pourcentage des tissus mous et des particules résiduelles entre la 6^{ème} et la 10^{ème} semaine pour les défauts BCP/Coll. Les résultats montrent une formation osseuse et une dégradation des particules résiduelles plus rapides avec la BCP/Coll comparées au Bio-oss® /coll (*figure 22 B et D*).

La conclusion de cette étude est que la BCP/Coll présente des propriétés d'ostéoconduction et de biodégradation supérieures au Bio-oss® /Coll.

La seconde étude que nous avons trouvée est l'étude de Wittman et al réalisé sur des chiens (81). Elle a pour but de mettre en évidence les performances du MatriBONE® en terme de régénération osseuse en le comparant aux deux références actuelles, c'est-à-dire l'os autogène et le Bio-oss®/Coll. L'étude repose sur la réalisation de comblements osseux avec différents substituts osseux qui sont : le MatriBONE® (le groupe test), le Bio-oss® /collagène (le matériau de référence BOC), l'os autogène (le test positif) et un coagulum (test négatif). Les chiens sont séparés en deux groupes pour les analyses histologiques et histomorphométriques. Les mesures sont faites à 2 et 12 semaines post-opératoire.

Les auteurs s'intéressent à quatre mesures histomorphométriques :

- Le % de surface occupée par du tissu osseux et par le biomatériau greffé (ostéo-intégré ou pas).
- La surface fonctionnelle, en mm² c'est la surface occupée par le tissu osseux et les particules ostéo-intégrées du biomatériau.
- La croissance osseuse latérale, en µm, elle est mesurée sur cinq niveaux de la hauteur du défaut initial.
- Le gain osseux en hauteur, en % par rapport à la base osseuse du défaut.

On obtient les résultats suivants :

- Pour le % de surface occupée : une augmentation significative des valeurs entre la semaine 2 et 12 est observée avec tous les biomatériaux à l'exception du Bio-oss® /Coll où les valeurs restent stables. A la semaine 12, le MatriBONE® obtient des valeurs supérieures au TP et au Bio-oss® /Coll.
- Au niveau de la surface fonctionnelle : les valeurs augmentent pour tous les groupes entre la semaine 2 et 12. A la semaine 12 le MatriBONE® montre des valeurs supérieures au TN et au Bio-oss® /Coll et des valeurs similaires au TP.
- Pour l'augmentation osseuse latérale : l'augmentation est la plus rapide avec le TP à la semaine 2. A la semaine 12 il n'y a pas de différence significative entre le MatriBONE®, le TP et le TN, le Bio-oss® /Coll montre les valeurs les plus faibles.

- Au niveau du gain osseux en hauteur : il n'y a pas de différence significative entre les groupes à la semaine 2. A la semaine 12, le Bio-oss® /Coll obtient les valeurs les plus basses en comparaison avec trois autres groupes.

Cette étude expérimentale montre que le MatriBONE® donne de meilleur résultat que le Bio-oss® /Coll et des résultats comparables à ceux obtenus avec l'os autogène.

Ces études animales utilisant la BCP/Coll mettent en évidence ses avantages en terme de vitesse d'ostéoconduction et de dégradation de ses particules résiduelles. La BCP/Coll semble regrouper toutes les caractéristiques nécessaires pour être un substitut osseux fiable lors d'une greffe sous-sinusienne.

5.4-Discussion :

Le but de notre étude est de savoir si les BCP donnent des résultats plus satisfaisants que le Bio-oss® lors d'une augmentation osseuse sous sinusienne dans la région postérieure du maxillaire.

Le premier constat que nous avons pu faire est le manque d'étude dans la littérature actuelle comparant les BCP et le Bio-oss® chez l'homme pour un comblement sous sinusien par voie latérale. La grande majorité des articles que nous avons étudiés présente une cohorte de patients faible sur un temps d'étude court, le plus souvent moins d'un an.

Tous les articles que nous avons étudiés nous ont montré que la BCP est tout comme le Bio-oss®, un ostéoconducteur et biocompatible. Nous nous sommes alors interrogés sur les différences entre la BCP et le Bio-oss®, le Bio-oss® étant aujourd'hui la référence en terme de greffe sous-sinusienne, sa place de numéro un est-elle toujours d'actualité ? Les BCP sont-ils plus efficaces en terme de cicatrisation osseuse ? Quels sont ses avantages ? Et enfin pourquoi s'intéresser à l'association BCP/Collagène ?

Le premier article que nous avons analysé, de Shanbhag et al (68) est une méta-analyse basée sur les changements de volume osseux après une greffe sous-sinusienne. Elle évalue les différents matériaux à notre disposition et elle confirme que le β -TCP et le Bio-oss® sont des alternatives efficaces à l'os autogène. Cette étude présente un biais important car elle ne prend en compte qu'une seule étude utilisant le β -TCP avec ou sans os autogène pour tirer ces conclusions. Cependant nous retrouvons les mêmes conclusions dans d'autres articles, comme dans celui de Friedmann et al (54) mettant en évidence l'efficacité du β -TCP seul pour la cicatrisation osseuse.

Les études de Lange et al (69), de Cordaro et al (71) et de Mordenfeld et al (70) par analyses radiographiques montrent que les BCP permettent une formation osseuse lors de comblement sous-sinusien. De plus les BCP semblent permettre une formation osseuse et une dégradation des particules greffées plus rapide que le Bio-oss®. Il est important de noter que dans les études de Cordaro et al (71) et de Mordenfeld et al (70) les mesures s'effectuent sur des radiographies panoramiques donc une imagerie en 2D, une imagerie en 3D nous donnerait des informations plus précises mais augmenterait considérablement le niveau de rayonnement pour chaque patient.

Ces résultats vont être appuyés par les conclusions des études histologiques. Les études d'Annibali et al (72) et de Froum et al (73), mettent en évidence une formation osseuse plus importante avec la BCP comparé au Bio-oss®, mais sans différence significative entre les deux substituts osseux. Cette absence de différence significative entre les deux peut s'expliquer par le nombre réduit de patients et par des études réalisées sur du court terme.

Les études de Lange et al (69) et de Froum et al (73) mettent en avant des processus de formation et un remaniement osseux plus actif avec les BCP comparé au Bio-oss®. En effet nous constatons une présence de tissu ostéoïde plus important ainsi qu'une augmentation osseuse dans le temps avec la BCP.

Nous retrouvons ensuite les études de Cordaro et al (71) et de Lindgren et al (74) donnant des résultats similaires sur l'ostéoconduction et la biocompatibilité des BCP. Elles montrent surtout qu'il existe une différence significative au niveau du pourcentage de surface de contact entre les particules greffées et l'os formé, le Bio-oss® donne un résultat de pourcentage plus élevé comparé à la BCP. Ce pourcentage de contact plus important peut s'expliquer par la présence de particules résiduelles supérieures avec le Bio-oss®.

Dans l'article de Lindgren et al (75) nous observons un phénomène de dé-granulation de la BCP lors de la greffe contrairement au Bio-oss® resté en un seul bloc. Les particules de BCP sont disséminées dans le tissu osseux formé mais aussi dans le tissu mou présent. Ce phénomène de dé-granulation peut en parti expliquer un pourcentage de contact os/particules moins élevé pour les BCP et une formation osseuse plus homogène comme cela a été retrouvé dans l'étude de Kato et al (78).

La SEM permet de visualiser les différences structurelles entre ces deux substituts osseux. Elle met en évidence la macroporosité de la BCP en sachant que des études comme celle de Daculsi et Pussit (56) et d'Heymann et al (51) ont déjà prouvé que la présence de macroporosité chez un substitut osseux favorise l'adhésion et la prolifération des ostéoblastes.

Enfin cet article nous donne un peu plus d'information sur le phénomène de dégradation des BCP, en s'intéressant aux variations du rapport Ca/P. Lors du relevé des valeurs Ca/P pour la BCP, une différence entre les rapports à 6 et 8 mois post-opératoire est constatée. Le rapport Ca/P à 8 mois est plus faible contrairement aux relevés réalisés sur le Bio-oss® où le rapport reste inchangé. Cette différence traduit une résorption de la BCP par la dégradation du β -TCP qu'elle contient, la dégradation du β -TCP entraîne la libération d'ion Ca^{2+} . Le β -TCP contenu dans la BCP est remplacé par de l'HA déficient en calcium lors de la cicatrisation, d'où un rapport Ca/P diminué après 8 mois de cicatrisation. La libération de Ca^{2+} est favorable à la croissance osseuse, comme elle a déjà été démontrée par Jensen et al (53) et Heymann et al (51).

Tous les articles étudiés amènent à la même conclusion, à savoir que la BCP permettrait une formation osseuse et une dégradation de ces particules résiduelles plus rapide comparé au Bio-oss®. Afin de savoir si cette différence de vitesse de formation osseuse et de dégradation a des répercussions cliniques nous nous sommes intéressés aux taux de survie des implants positionnés dans la BCP ou dans le Bio-oss®. Toutes les études que nous avons retrouvées montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre les substituts osseux au niveau de la survie et de la stabilité implantaire. Il est important de noter que les d'articles comparant la stabilité implantaire à différents temps proviennent du même groupe de patients et sont rédigés par les mêmes auteurs.

Enfin nos deux derniers articles s'intéressent à l'apport du collagène aux substituts osseux. Les articles de Kato et al (78) et de Wittmann et al (79) prouvent que les résultats avec la BCP/Coll sont plus satisfaisant pour la cicatrisation osseuse, la formation osseuse et la dégradation des particules résiduelles. Des études comme celles de Jung et al (64), de Brodie et al (65) ou encore de Lee et al (66) avaient déjà mis en évidence le rôle bénéfique du collagène avec la BCP pour la formation osseuse. Le collagène va encourager la croissance cellulaire et permettre de modérer la libération d'ion Ca^{2+} lors de la dégradation du β -TCP, qui à forte concentration entraîne une lyse cellulaire. Le collagène donne également une structure en bloc au substitut osseux, plus favorable (60) à la formation osseuse. Il permet un maintien de l'espace en empêchant au tissu conjonctif adjacent de venir coloniser l'espace dédié à la cicatrisation osseuse. De plus sa structure en bloc permet au substitut osseux de mieux résister aux pressions mécaniques, notamment pour contrer la re-pneumatisation du sinus.

Le matriBONE® est actuellement utilisé par un grand nombre de praticiens dans les cas de soulèvement de la membrane sinusienne par volet latéral. Nous avons retrouvé des cas cliniques (82) (83) expliquant son utilisation et montrant ces résultats cliniques

satisfaisant. Cependant le MatrBONE® manque aujourd'hui d'études cliniques sur l'homme comparant ces résultats au Bio-oss® /Coll pour affirmer ses avantages. Nous détaillerons dans notre dernière partie un cas clinique réalisé par le Dr. Barthet.

Dans tous les articles que nous avons étudiés, les auteurs ne donnent que très peu d'informations sur le suivi dans les cas de perforations de la membrane sinusienne : les patients sont soit exclus de l'étude soit il ne semble pas y avoir de complication supplémentaire. Parfois même nous n'avons pas d'informations s'il y a eu ou non perforation au cours de la chirurgie.

6- Présentation d'un cas clinique utilisant le MatriBONE® :

Nous présentons ici un cas clinique de comblement sous-sinusien réalisé avec le MatriBONE®, la chirurgie est réalisée par le Dr. Barthet. Le patient Monsieur F. a 58 ans, il est en bonne santé, non fumeur et ne présente aucune contre indication à la chirurgie sinusienne.

Le patient présente un édentement ancien (environ 10 ans) au niveau du secteur 2 : 25 et 26 manquantes. Le scanner pré-opératoire nous révèle une hauteur de crête osseuse inférieure à 4 mm, insuffisante pour la pose d'implants. Il est nécessaire de réaliser une chirurgie pré-implantaire de soulevé de sinus.

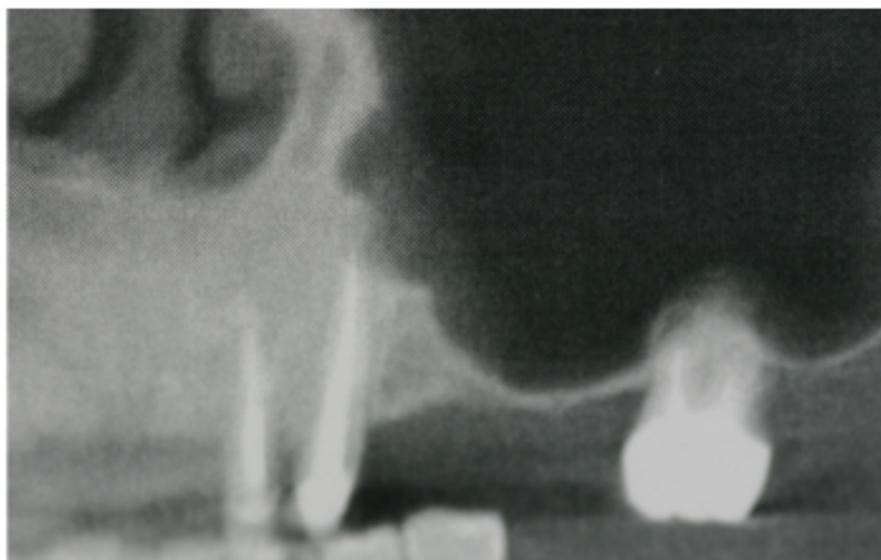


Figure 20: Radiographie panoramique, secteur 2

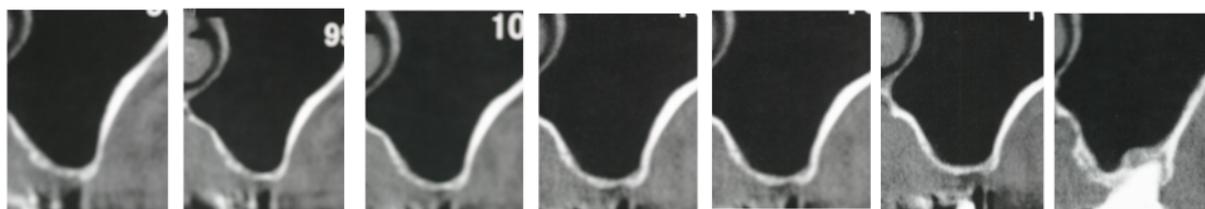


Figure 21: scanner pré-opératoire, on constate une hauteur crestale insuffisante avec une pneumatisation du sinus, la membrane sinusienne ne présente aucune pathologie.

La solution thérapeutique choisie consiste à réaliser un soulèvement de sinus par voie latérale avec mise en place de MatriBONE® comme substitut osseux et utilisation d'une membrane résorbable : COVA® pour la fermeture du site chirurgical.

Le suivi clinique post-opératoire du patient montre l'absence de complications ni de douleur, ni d'infection. Le scanner de contrôle est réalisé à 6 mois post-chirurgical, nous observons que le substitut osseux est en place et l'absence de signe inflammatoire au niveau du sinus. La pose des implants 25 et 26 peut être réalisée. La prothèse fixée sera réalisée 3 mois après la pose des implants.

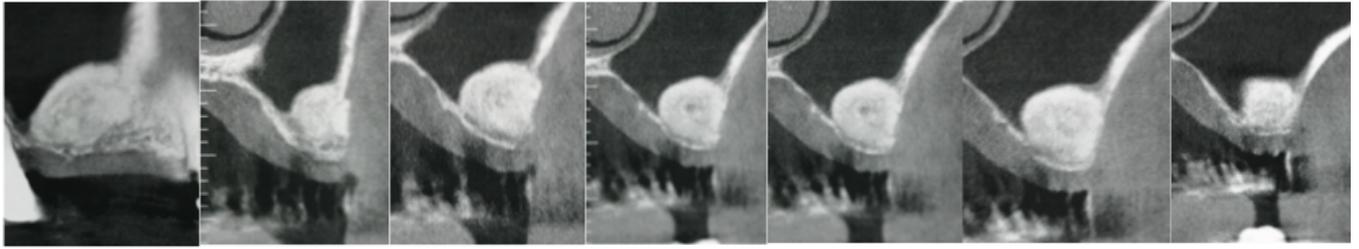
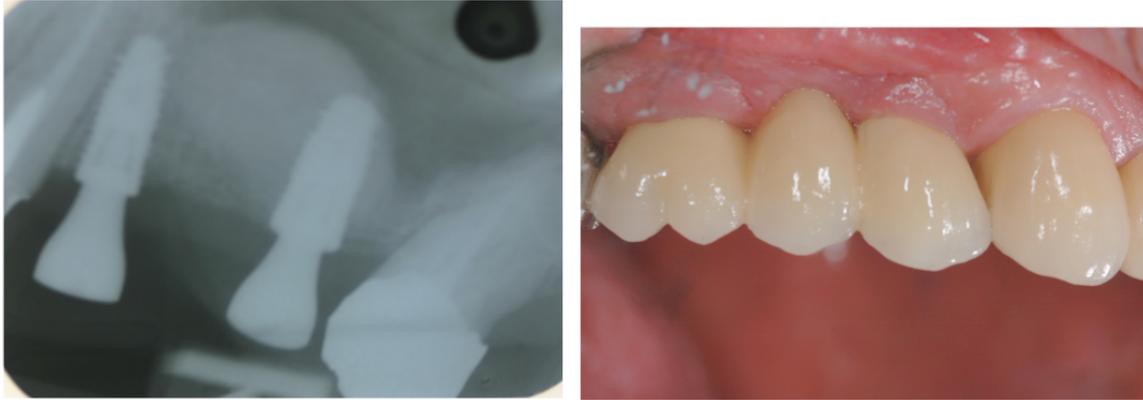


Figure 22: scanner post-opératoire à 6 mois



**Figure 23: contrôle radiographique au moment de la pose des implants, puis à 3 mois
au moment de la pose des prothèses**

7- Conclusion :

Ce travail permet de regrouper toutes les informations existantes de la littérature actuelle sur l'utilisation des céramiques biphasiques pour les soulèvements de sinus dans les cas d'atrophie sévère du maxillaire postérieur. Toutes les études nous amènent à la même conclusion : la BCP est un ostéoconducteur et est biocompatible.

Au cours de nos recherches nous nous sommes rendus compte que les BCP possédaient des caractéristiques chimiques et structurales favorables à la formation osseuse. De nombreuses études ont été nécessaires pour définir le rapport HA/ β -TCP idéal pour le maintien du substitut osseux dans l'espace et une régénération osseuse en quantité et qualité optimale. Les études sur la porosité des substituts osseux ont mis en avant que la macroporosité est un gain pour la formation osseuse, cette macroporosité est observée chez les BCP contrairement au Bio-oss®. Elles nous ont également permis de mieux comprendre le processus de dégradation des BCP, expliquant en partie la présence d'une formation osseuse et une dégradation des particules greffées plus rapides comparé aux comblements osseux réalisés avec le Bio-oss®.

Notre problématique de savoir si la céramique biphasique associée avec du collagène est plus performante pour la cicatrisation osseuse et pour la survie implantaire comparé au matériau de référence, reste en suspens.

Les différents articles nous donnent des informations sur les processus de formation osseuse et de dégradation des particules de chaque substitut osseux, mais ne permettent pas de tirer des conclusions universelles. Des études complémentaires avec un nombre plus important de patients et sur des temps d'observations plus longs sont nécessaires afin de formuler des conclusions précises de la prévalence d'un substitut osseux sur l'autre. Les BCP montrent néanmoins des résultats équivalents, voire meilleurs que le Bio-oss® lors de comblement sous sinusien chez l'homme.

L'intérêt récent de l'association d'un substitut osseux avec du collagène, à donner le jour au Bio-oss® /Collagène et au BCP/Collagène. Nous trouvons dans la littérature actuelle quelques études sur le Bio-oss® /Collagène et très peu sur les BCP/collagène. Il serait intéressant d'étudier les résultats sur le long terme de ces deux nouveaux substituts osseux et notamment dans les cas de perforation de la membrane sinusienne. Dans un avenir proche les BCP/collagène vont être de plus en plus utilisées de part leurs simplicités d'utilisations et leurs résultats cliniques satisfaisants.

Bibliographie

1. Tatum H. Maxillary and sinus implant reconstructions. *Dent Clin North Am.* 1986 Apr;30(2):207–29.
2. H. MAAREK. Expertise ORL préimplantaire Quand la demander ? En quoi consiste-t-elle ? *Implant.* 2008;14(3).
3. Antoun H. Les greffes de sinus en implantologie. Rueil-Malmaison: Éd. CdP; 2011.
4. Vacher C. Bases anatomiques de l'abord du sinus maxillaire pour l'implantologie. *Actual Odonto-Stomatol.* 2013 Oct;(265):19–23.
5. Elian N, Wallace S, Cho S-C, Jalbout ZN, Froum S. Distribution of the maxillary artery as it relates to sinus floor augmentation. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2005 Oct;20(5):784–7.
6. Moss ML, Young RW. A functional approach to craniology. *Am J Phys Anthropol.* 1960 Dec;18:281–92.
7. Smith TD, Rossie JB, Cooper GM, Carmody KA, Schmiegel RM, Bonar CJ, et al. The maxillary sinus in three genera of new world monkeys: factors that constrain secondary pneumatization. *Anat Rec Hoboken NJ* 2007. 2010 Jan;293(1):91–107.
8. Philippe LESCLOUS; Frédéric DUFFAU, , Jean-Jacques BENSANEL, Patrick BLANCHARD, Vianney DESCROIX, Luc DUBREUIL, Nathalie DUMARCET, , Xavier DUVAL, Nadine FOREST, Pierre GANGLOFF, , Michel GARRÉ, Alice GERMA, Françoise GOEBEL, Laurent, NAWROCKI, Anna PELIBOSSIAN, Isabelle PELLANNE, Wilhelm PERTOT, et al. prescription des antibiotiques en pratique bucco-dentaire. *afssaps;* 2011.
9. Bornstein MM, Cionca N, Mombelli A. Systemic conditions and treatments as risks for implant therapy. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009;24 Suppl:12–27.
10. Anduze-Acher G, Brochery B, Felizardo R, Valentini P, Katsahian S, Bouchard P. Change in sinus membrane dimension following sinus floor elevation: a retrospective cohort study. *Clin Oral Implants Res.* 2013 Oct;24(10):1123–9.
11. Schwarz L, Schiebel V, Hof M, Ulm C, Watzek G, Pommer B. Risk Factors of Membrane Perforation and Postoperative Complications in Sinus Floor Elevation Surgery: Review of 407 Augmentation Procedures. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2015 Jul;73(7):1275–82.
12. Chambrone L, Preshaw PM, Ferreira JD, Rodrigues JA, Cassoni A, Shibli JA. Effects of tobacco smoking on the survival rate of dental implants placed in areas of maxillary sinus floor augmentation: a systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2014 Apr;25(4):408–16.
13. Galindo-Moreno P, Moreno-Riestra I, Ávila-Ortiz G, Padial-Molina M, Gallas-Torreira M, Sánchez-Fernández E, et al. Predictive factors for maxillary sinus augmentation outcomes: a case series analysis. *Implant Dent.* 2012 Oct;21(5):433–40.
14. Beretta M, Cicciù M, Bramanti E, Maiorana C. Schneider membrane elevation in presence of sinus septa: anatomic features and surgical management. *Int J Dent.* 2012;2012:261905.
15. Aimetti M, Massei G, Morra M, Cardesi E, Romano F. Correlation between gingival phenotype and Schneiderian membrane thickness. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2008 Dec;23(6):1128–32.
16. Lin Y-H, Yang Y-C, Wen S-C, Wang H-L. The influence of sinus membrane thickness upon membrane perforation during lateral window sinus augmentation. *Clin Oral Implants Res.* 2015 Jun 16;
17. Zijderveld SA, Zerbo IR, van den Bergh JPA, Schulten EJM, Bruggenkate CM ten. Maxillary Sinus Floor Augmentation Using a β 3-Tricalcium Phosphate (Cerasorb) Alone

- Compared to Autogenous Bone Grafts. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2005 Jun 5;20(3):432–40.
18. Testori T, Drago L, Wallace SS, Capelli M, Galli F, Zuffetti F, et al. Prevention and treatment of postoperative infections after sinus elevation surgery: clinical consensus and recommendations. *Int J Dent*. 2012;2012:365809.
 19. von Arx T, Fodich I, Bornstein MM, Jensen SS. Perforation of the sinus membrane during sinus floor elevation: a retrospective study of frequency and possible risk factors. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2014 Jun;29(3):718–26.
 20. Pjetursson BE, Lang NP. Sinus floor elevation utilizing the transalveolar approach. *Periodontol 2000*. 2014 Oct;66(1):59–71.
 21. Pjetursson BE, Lang NP. Sinus floor elevation utilizing the transalveolar approach. *Periodontol 2000*. 2014 Oct;66(1):59–71.
 22. Hilton MP, Pinder DK. The Epley (canalith repositioning) manoeuvre for benign paroxysmal positional vertigo. In: The Cochrane Collaboration, editor. *Cochrane Database of Systematic Reviews* [Internet]. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd; 2014 [cited 2016 Mar 26]. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD003162.pub3>
 23. Kleinheinz J, Büchter A, Kruse-Lösler B, Weingart D, Joos U. Incision design in implant dentistry based on vascularization of the mucosa. *Clin Oral Implants Res*. 2005 Oct;16(5):518–23.
 24. Cassetta M, Ricci L, Iezzi G, Calasso S, Piattelli A, Perrotti V. Use of piezosurgery during maxillary sinus elevation: clinical results of 40 consecutive cases. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2012 Dec;32(6):e182–8.
 25. Wallace SS, Mazor Z, Froum SJ, Cho S-C, Tarnow DP. Schneiderian membrane perforation rate during sinus elevation using piezosurgery: clinical results of 100 consecutive cases. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2007 Oct;27(5):413–9.
 26. Lee H-W, Lin W-S, Morton D. A retrospective study of complications associated with 100 consecutive maxillary sinus augmentations via the lateral window approach. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2013 Jun;28(3):860–8.
 27. Urban IA, Nagursky H, Church C, Lozada JL. Incidence, diagnosis, and treatment of sinus graft infection after sinus floor elevation: a clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2012 Apr;27(2):449–57.
 28. Testori T, Wallace SS, Del Fabbro M, Taschieri S, Trisi P, Capelli M, et al. Repair of large sinus membrane perforations using stabilized collagen barrier membranes: surgical techniques with histologic and radiographic evidence of success. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2008 Feb;28(1):9–17.
 29. Hernández-Alfaro F, Torradeflot MM, Marti C. Prevalence and management of Schneiderian membrane perforations during sinus-lift procedures. *Clin Oral Implants Res*. 2008 Jan;19(1):91–8.
 30. Massei G, Romano F, Aimetti M. An innovative technique to manage sinus membrane perforations: report of two cases. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2015 Jun;35(3):373–9.
 31. Jensen OT, Shulman LB, Block MS, Iacono VJ. Report of the Sinus Consensus Conference of 1996. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1998;13 Suppl:11–45.
 32. Kolerman R, Tal H, Moses O. Histomorphometric analysis of newly formed bone after maxillary sinus floor augmentation using ground cortical bone allograft and internal collagen membrane. *J Periodontol*. 2008 Nov;79(11):2104–11.
 33. Baumgarten S. Sinus grafting with mineralized allograft and staged implant placement. *Quintessence Int Berl Ger* 1985. 2010 Mar;41(3):197–202.
 34. Xavier SP, Dias RR, Sehn FP, Kahn A, Chaushu L, Chaushu G. Maxillary sinus grafting with autograft vs. fresh frozen allograft: a split-mouth histomorphometric study. *Clin Oral Implants Res*. 2015 Sep;26(9):1080–5.

35. de Castilho TRRN, Tortamano P, Marotti J, de Andrade JCS, Chilvarquer I, Ximenez MEL, et al. Clinical and Histomorphometric Evaluation of Fresh Frozen Bone Allograft in Sinus Lift Surgery. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2016 Feb;18(1):40–50.
36. Chaushu G, Vered M, Mardinger O, Nissan J. Histomorphometric analysis after maxillary sinus floor augmentation using cancellous bone-block allograft. *J Periodontol*. 2010 Aug;81(8):1147–52.
37. Misch CM. Comparison of intraoral donor sites for onlay grafting prior to implant placement. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1997 Dec;12(6):767–76.
38. Raghoobar GM, Meijndert L, Kalk WWI, Vissink A. Morbidity of mandibular bone harvesting: a comparative study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2007 Jun;22(3):359–65.
39. Nkenke E, Schultze-Mosgau S, Radespiel-Tröger M, Kloss F, Neukam FW. Morbidity of harvesting of chin grafts: a prospective study. *Clin Oral Implants Res*. 2001 Oct;12(5):495–502.
40. Chiapasco M, Abati S, Romeo E, Vogel G. Clinical outcome of autogenous bone blocks or guided bone regeneration with e-PTFE membranes for the reconstruction of narrow edentulous ridges. *Clin Oral Implants Res*. 1999 Aug;10(4):278–88.
41. Misch CM. Comparison of intraoral donor sites for onlay grafting prior to implant placement. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1997 Dec;12(6):767–76.
42. Handschel J, Simonowska M, Naujoks C, Depprich RA, Ommerborn MA, Meyer U, et al. A histomorphometric meta-analysis of sinus elevation with various grafting materials. *Head Face Med*. 2009;5:12.
43. Smiler D, Soltan M, Lee JW. A histomorphogenic analysis of bone grafts augmented with adult stem cells. *Implant Dent*. 2007 Mar;16(1):42–53.
44. Tadjoein ES, de Lange GL, Bronckers ALJJ, Lyaruu DM, Burger EH. Deproteinized cancellous bovine bone (Bio-Oss) as bone substitute for sinus floor elevation. A retrospective, histomorphometrical study of five cases. *J Clin Periodontol*. 2003 Mar;30(3):261–70.
45. Lee Y-M, Shin S-Y, Kim JY, Kye S-B, Ku Y, Rhyu I-C. Bone reaction to bovine hydroxyapatite for maxillary sinus floor augmentation: histologic results in humans. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2006 Oct;26(5):471–81.
46. Sartori S, Silvestri M, Forni F, Icaro Cornaglia A, Tesei P, Cattaneo V. Ten-year follow-up in a maxillary sinus augmentation using anorganic bovine bone (Bio-Oss). A case report with histomorphometric evaluation. *Clin Oral Implants Res*. 2003 Jun;14(3):369–72.
47. Mordenfeld A, Hallman M, Johansson CB, Albrektsson T. Histological and histomorphometrical analyses of biopsies harvested 11 years after maxillary sinus floor augmentation with deproteinized bovine and autogenous bone. *Clin Oral Implants Res*. 2010 Sep;21(9):961–70.
48. Ayna M, Açıllı Y, Gulses A. Fate of a Bovine-Derived Xenograft in Maxillary Sinus Floor Elevation After 14 Years: Histologic and Radiologic Analysis. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2015 Aug;35(4):541–7.
49. Oliveira R, El Hage M, Carrel J-P, Lombardi T, Bernard J-P. Rehabilitation of the edentulous posterior maxilla after sinus floor elevation using deproteinized bovine bone: a 9-year clinical study. *Implant Dent*. 2012 Oct;21(5):422–6.
50. Artzi Z, Weinreb M, Carmeli G, Lev-Dor R, Dard M, Nemcovsky CE. Histomorphometric assessment of bone formation in sinus augmentation utilizing a combination of autogenous and hydroxyapatite/biphasic tricalcium phosphate graft materials: at 6 and 9 months in humans. *Clin Oral Implants Res*. 2008 Jul;19(7):686–92.
51. Heymann D, Delécrin J, Deschamps C, Gouin F, Padrines M, Passuti N. [In vitro assessment of combining osteogenic cells with macroporous calcium-phosphate ceramics]. *Rev Chir Orthopédique Réparatrice Appar Mot*. 2001 Feb 1;87(1):8–17.
52. Ohayon L. Maxillary sinus floor augmentation using biphasic calcium phosphate: a

- histologic and histomorphometric study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2014 Oct;29(5):1143–8.
53. Jensen SS, Yeo A, Dard M, Hunziker E, Schenk R, Buser D. Evaluation of a novel biphasic calcium phosphate in standardized bone defects: a histologic and histomorphometric study in the mandibles of minipigs. *Clin Oral Implants Res*. 2007 Dec;18(6):752–60.
 54. Friedmann A, Dard M, Kleber B-M, Bernimoulin J-P, Bosshardt DD. Ridge augmentation and maxillary sinus grafting with a biphasic calcium phosphate: histologic and histomorphometric observations. *Clin Oral Implants Res*. 2009 Jul;20(7):708–14.
 55. Frenken JWFH, Bouwman WF, Bravenboer N, Zijdeveld SA, Schulten E a. JM, ten Bruggenkate CM. The use of Straumann Bone Ceramic in a maxillary sinus floor elevation procedure: a clinical, radiological, histological and histomorphometric evaluation with a 6-month healing period. *Clin Oral Implants Res*. 2010 Feb;21(2):201–8.
 56. Daculsi G, Passuti N. Effect of the macroporosity for osseous substitution of calcium phosphate ceramics. *Biomaterials*. 1990 Jul;11:86–7.
 57. Chouteau J, Bignon A, Chavassieux P, Chevalier J, Melin M, Fantozzi G, et al. [Cellular culture of osteoblasts and fibroblasts on porous calcium-phosphate bone substitutes]. *Rev Chir Orthopédique Réparatrice Appar Mot*. 2003 Feb;89(1):44–52.
 58. Bajpai I, Kim DY, Kyong-Jin J, Song I-H, Kim S. Response of human bone marrow-derived MSCs on triphasic Ca-P substrate with various HA/TCP ratio. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2015 Sep 28;
 59. Nery EB, LeGeros RZ, Lynch KL, Lee K. Tissue response to biphasic calcium phosphate ceramic with different ratios of HA/beta TCP in periodontal osseous defects. *J Periodontol*. 1992 Sep;63(9):729–35.
 60. Giuliani A, Manescu A, Mohammadi S, Mazzoni S, Piattelli A, Mangano F, et al. Quantitative Kinetics Evaluation of Blocks Versus Granules of Biphasic Calcium Phosphate Scaffolds (HA/ β -TCP 30/70) by Synchrotron Radiation X-ray Microtomography: A Human Study. *Implant Dent*. 2015 Dec 1;
 61. Stiller M, Kluk E, Bohner M, Lopez-Heredia MA, Müller-Mai C, Knabe C. Performance of β -tricalcium phosphate granules and putty, bone grafting materials after bilateral sinus floor augmentation in humans. *Biomaterials*. 2014 Mar;35(10):3154–63.
 62. Ayobian-Markazi N, Fouroutan T, Kharazifar MJ. Comparison of cell viability and morphology of a human osteoblast-like cell line (SaOS-2) seeded on various bone substitute materials: An in vitro study. *Dent Res J*. 2012 Jan;9(1):86–92.
 63. Calvo-Guirado JL, Ramírez-Fernández MP, Delgado-Ruiz RA, Maté-Sánchez JE, Velasquez P, de Aza PN. Influence of biphasic β -TCP with and without the use of collagen membranes on bone healing of surgically critical size defects. A radiological, histological, and histomorphometric study. *Clin Oral Implants Res*. 2014 Nov;25(11):1228–38.
 64. Jung I-H, Lim H-C, Lee E-U, Lee J-S, Jung U-W, Choi S-H. Comparative analysis of carrier systems for delivering bone morphogenetic proteins. *J Periodontal Implant Sci*. 2015 Aug;45(4):136–44.
 65. Brodie JC, Goldie E, Connel G, Merry J, Grant MH. Osteoblast interactions with calcium phosphate ceramics modified by coating with type I collagen. *J Biomed Mater Res A*. 2005 Jun 15;73(4):409–21.
 66. Lee E-U, Kim D-J, Lim H-C, Lee J-S, Jung U-W, Choi S-H. Comparative evaluation of biphasic calcium phosphate and biphasic calcium phosphate collagen composite on osteoconductive potency in rabbit calvarial defect. *Biomater Res*. 2015;19:1.
 67. Namli H, Erdogan Ö, Gönülüşen G, Kahraman OE, Aydin HM, Karabag S, et al. Vertical Bone Augmentation Using Bone Marrow-Derived Stem Cells: An In Vivo Study in the Rabbit Calvaria. *Implant Dent*. 2016 Feb;25(1):54–62.
 68. Shanbhag S, Shanbhag V, Stavropoulos A. Volume changes of maxillary sinus

- augmentations over time: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2014 Aug;29(4):881–92.
69. de Lange GL, Overman JR, Farré-Guasch E, Korstjens CM, Hartman B, Langenbach GEJ, et al. A histomorphometric and micro-computed tomography study of bone regeneration in the maxillary sinus comparing biphasic calcium phosphate and deproteinized cancellous bovine bone in a human split-mouth model. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2014 Jan;117(1):8–22.
70. Mordenfeld A, Lindgren C, Hallman M. Sinus Floor Augmentation Using Straumann® BoneCeramic™ and Bio-Oss® in a Split Mouth Design and Later Placement of Implants: A 5-Year Report from a Longitudinal Study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2015 Sep 10;
71. Cordaro L, Bosshardt DD, Palattella P, Rao W, Serino G, Chiapasco M. Maxillary sinus grafting with Bio-Oss or Straumann Bone Ceramic: histomorphometric results from a randomized controlled multicenter clinical trial. *Clin Oral Implants Res*. 2008 Aug;19(8):796–803.
72. Annibaldi S, Iezzi G, Sfasciotti GL, Cristalli MP, Vozza I, Mangano C, et al. Histological and Histomorphometric Human Results of HA-Beta-TCP 30/70 Compared to Three Different Biomaterials in Maxillary Sinus Augmentation at 6 Months: A Preliminary Report. *BioMed Res Int*. 2015;2015:156850.
73. Froum SJ, Wallace SS, Cho S-C, Elian N, Tarnow DP. Histomorphometric comparison of a biphasic bone ceramic to anorganic bovine bone for sinus augmentation: 6- to 8-month postsurgical assessment of vital bone formation. A pilot study. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2008 Jun;28(3):273–81.
74. Lindgren C, Sennerby L, Mordenfeld A, Hallman M. Clinical histology of microimplants placed in two different biomaterials. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2009 Dec;24(6):1093–100.
75. Lindgren C, Hallman M, Sennerby L, Sammons R. Back-scattered electron imaging and elemental analysis of retrieved bone tissue following sinus augmentation with deproteinized bovine bone or biphasic calcium phosphate. *Clin Oral Implants Res*. 2010 Sep;21(9):924–30.
76. Lindgren C, Mordenfeld A, Hallman M. A prospective 1-year clinical and radiographic study of implants placed after maxillary sinus floor augmentation with synthetic biphasic calcium phosphate or deproteinized bovine bone. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2012 Mar;14(1):41–50.
77. Lindgren C, Mordenfeld A, Johansson CB, Hallman M. A 3-year clinical follow-up of implants placed in two different biomaterials used for sinus augmentation. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2012 Oct;27(5):1151–62.
78. Kato E, Lemler J, Sakurai K, Yamada M. Biodegradation property of beta-tricalcium phosphate-collagen composite in accordance with bone formation: a comparative study with Bio-Oss Collagen® in a rat critical-size defect model. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2014 Apr;16(2):202–11.
79. Posters. *Clin Oral Implants Res*. 2014 Sep;25:450–450.
80. Kühl S, Payer M, Kirmeier R, Wildburger A, Acham S, Jakse N. The influence of particulated autogenous bone on the early volume stability of maxillary sinus grafts with biphasic calcium phosphate: a randomized clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2015 Feb;17(1):173–8.
81. Wittmann Catherine, Nguon Nina, Cousyn Capucine, Baptista Augusto-André, Alves Antoine, Boivin Georges, Gagnieu Christian, Forest Patricia, Bernard Jean-Pierre. Evaluation histomorphométrique de la régénération osseuse de la crête alvéolaire canine par un substitut osseux collagnénique. *Clin Oral Implants Res*. 2014 Sep;25:450–450.

82. Guillaume-Libouban-Baslé-Baslé B-H-MF-D. Comblement sinusien par β -TCP avant pose d'implants chez l'homme: étude clinique et histologique. Titane. 2010 Sep;7(3).
83. Fromental R. Notion de « Rempart BIO-ACTIF© » péri-implantaire : intérêt du MatriTM BONE, matériau de substitution osseuse à propos de deux cas cliniques. Implantologie. 2010 Nov;

Liste des abréviations :

- β -TCP : béta tri-calcium phosphate
- BCP : Biphase Calcium Phosphate = céramique biphasique
- AI : artère infra-orbitaire
- AAPS : artère alvéolaire postérieure et supérieure
- AFSSAPS : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé
- ORL : Oto-Rhino-Laryngologue
- SO : substitut osseux
- HA : hydroxyapatite
- TRAP : phosphate alcaline résistante au tartrate
- Ca : calcium
- P : phosphate
- μm : micro mètre
- mg : milli gramme
- mm : millimètre
- Coll : collagène
- microCT : microtomographie
- SEM : micro électroscopie
- EDS : spectroscopie à rayon X par dispersion d'énergie
- IP : indice de plaque
- BPI : saignement au sondage
- SBI : indice de saignement au sondage
- PPD : profondeur de poche
- RFA : analyse de la fréquence de résonance
- ISQ : quotient de stabilité implantaire

Vu, La Présidente du Jury,

Date, Signature :

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

Date, Signature :

Vu, le Président de l'Université de Bordeaux,

Date, Signature :

Collège des Sciences de la Santé

UFR des Sciences Odontologiques

Serment

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

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

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

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

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

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

