



**Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation
Commerciale - Pas de Modification 2.0 France (CC BY-
NC-ND 2.0)**

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr/>

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD-LYON I

U.F.R. D'ODONTOLOGIE

Année 2011

THESE N° 2011 LYO 1D 063

T H E S E

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le :

par

GOSSERIES-GRAMMATICA Maud

Née le 14 Novembre 1985, à Echirolles (38)

**PHOSPHATE DE CALCIUM ET HYDROXYAPATITE DANS LES SOULEVES DE
SINUS, REVUE DE LITTERATURE ET PROPOSITION DE PROTOCOLE D'ETUDE.**

JURY

Monsieur	MALQUARTI Guillaume	Président
Madame	CHAUX-BODARD Anne-Gaëlle	Assesseur
Monsieur	<u>FORTIN Thomas</u>	Assesseur
Monsieur	VIGUIE Gilbert	Assesseur
Monsieur	FABRIS Matthieu	Assesseur
Madame	<u>PARIS Marion</u>	Assesseur

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I

Président de l'Université	M. le Docteur A. BONMARTIN
Vice-Président du Conseil Scientifique	M. le Professeur J.F. MORNEX
Vice-Président du Conseil des Etudes et de Vie Universitaire	M. le Professeur D. SIMON
Directeur Général des Services	M. G. GAY

SECTEUR SANTE

Comité de Coordination des Etudes Médicales	Président : M. le Professeur F.N. GILLY
Faculté de Médecine Lyon Est	Directeur : M. le Professeur J. ETIENNE
Faculté de Médecine et Maïeutique Lyon-Sud Charles Mérieux	Directeur : M. le Professeur F.N. GILLY
Faculté d'Odontologie	Directeur : M. le Professeur D. BOURGEOIS
Institut des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques	Directeur : M. le Professeur F. LOCHER
Institut des Sciences et Techniques de la Réadaptation	Directeur : M. le Professeur Y. MATILLON
Département de Formation et Centre de Recherche en Biologie Humaine	Directeur : M. le Professeur P. FARGE

SECTEUR SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Faculté des Sciences et Technologies	Directeur : M. le Professeur F. GIERES
UFR des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives	Directeur : M. le Professeur C. COLLIGNON
Institut Universitaire de Technologie Lyon 1	Directeur : M. C. COULET, Maître de Conférences
Ecole Polytechnique Universitaire de l'Université Lyon 1	Directeur : M. P. FOURNIER
Institut de Science Financière et d'Assurances	Directeur : M. le Professeur JC. AUGROS
Institut Universitaire de Formation des Maîtres De l'Académie de Lyon (IUFM)	Directeur : M. R. BERNARD, Maître de Conférences
Observatoire de Lyon	Directeur : M. B. GUIDERDONI, Directeur de Recherche
Ecole Supérieure de Chimie Physique Electronique	Directeur : M. G. PIGNAULT

U.F.R. D'ODONTOLOGIE DE LYON

Doyen : M. Denis BOURGEOIS, Professeur des Universités
Vice-Doyen : Mme Dominique SEUX, Professeure des Universités

SOUS-SECTION 56-01: PEDODONTIE

Professeur des Universités : M. Jean-Jacques MORRIER
Maître de Conférences : M. Jean-Pierre DUPREZ

SOUS-SECTION 56-02 : ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

Maîtres de Conférences : M. Jean-Jacques AKNIN, Mme Sarah GEBEILE-CHAUTY,
M. Laurent MORGON, Mme Claire PERNIER,
Mme Monique RABERIN

SOUS-SECTION 56-03 : PREVENTION - EPIDEMIOLOGIE ECONOMIE DE LA SANTE - ODONTOLOGIE LEGALE

Professeur des Universités : M. Denis BOURGEOIS
Maître de Conférences : M. Bruno COMTE

SOUS-SECTION 57-01 : PARODONTOLOGIE

Professeur des Universités Emérite : M. Jacques DOURY
Maîtres de Conférences : M. Bernard-Marie DURAND, Mme Kerstin GRITSCH
M. Pierre-Yves HANACHOWICZ,
M. Philippe RODIER, Mme Christine ROMAGNA

SOUS-SECTION 57-02 : CHIRURGIE BUCCALE - PATHOLOGIE ET THERAPEUTIQUE ANESTHESIOLOGIE ET REANIMATION

Professeur des Universités : M. Jean-Loup COUDERT
Maître de Conférences : Mme Anne-Gaëlle CHAUX-BODARD, M. Thomas FORTIN,
M. Jean-Pierre FUSARI

SOUS-SECTION 57-03 : SCIENCES BIOLOGIQUES

Professeurs des Universités : M. Henry MAGLOIRE, M. J. Christophe FARGES
Maîtres de Conférences : Mme Odile BARSOTTI, M. Christian RIBAUUX,
Mme Béatrice RICHARD, Mme Béatrice THIVICHON-PRINCE

SOUS-SECTION 58-01 : ODONTOLOGIE CONSERVATRICE - ENDODONTIE

Professeur des Universités : M. Pierre FARGE, Mme Dominique SEUX
Maîtres de Conférences : Mme Marion LUCCHINI, M. Thierry SELLI, M. Cyril VILLAT

SOUS-SECTION 58-02 : PROTHESE

Professeurs des Universités : M. Guillaume MALQUARTI, Mme Catherine MILLET
Maîtres de Conférences : M. Christophe JEANNIN, M. Renaud NOHARET, M. Gilbert VIGUIE,
M. Stéphane VIENNOT, M. Bernard VINCENT

SOUS-SECTION 58-03 : SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES OCCLUSODONTIQUES, BIOMATERIAUX, BIOPHYSIQUE, RADIOLOGIE

Professeur des Universités : M. Olivier ROBIN
Maîtres de Conférences : M. Patrick EXBRAYAT, Mme Brigitte GROSGOGEAT,
Mme Sophie VEYRE-GOULET

A notre Président de Jury et notre juge,

MALQUARTI Guillaume

Professeur des Universités à l'UFR d'Odontologie de Lyon

Praticien-Hospitalier

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université Lyon I

Chef de Service du Service d'Odontologie de Lyon

Habilité à Diriger des Recherches

Nous vous remercions d'avoir accepté de tenir la présidence de ce jury et nous souhaitons à ce titre vous remercier de votre humanité et de votre grande disponibilité de tous les instants, qualités qui nous ont accompagnées tout au long de ces années. Nous espérons que l'avenir nous permettra de toujours garder le privilège de bénéficier de vos conseils.

A notre juge,

CHAUX-BODARD Anne-Gaëlle

Maître de Conférences à l'UFR d'Odontologie de Lyon

Praticien-Hospitalier

Docteur en Chirurgie Dentaire

Ancien Interne en Odontologie

Docteur de l'Université Grenoble 1

Nous vous remercions de votre implication quotidienne dans le service de chirurgie, de votre disponibilité et de votre engagement pour fédérer et rassembler autour de vous. Trouvez ici le témoignage de notre gratitude et de notre reconnaissance. Considérez que nous répondrons toujours présente si le besoin ou l'envie s'en fait sentir. Merci infiniment.

A notre co-directeur de thèse et juge,

FORTIN Thomas

Maître de Conférences à l'UFR d'Odontologie de Lyon

Praticien-Hospitalier

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université Grenoble

Habilité à Diriger des Recherches

*Nous vous exprimons aujourd'hui notre gratitude d'avoir accepté de codiriger cette thèse.
Nous vous remercions de vos conseils précieux, de votre écoute et de votre disponibilité
pour la rédaction de ce projet. Nous espérons que l'avenir nous apportera encore des
occasions de bénéficier de votre enseignement car votre expérience clinique, universitaire
et scientifique nous a énormément apportés.*

A notre juge,

VIGUIE Gilbert

Maître de Conférences à l'UFR d'Odontologie de Lyon

Praticien-Hospitalier

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université Lyon I

Nous vous remercions d'avoir accepté de siéger dans ce jury et nous vous témoignons notre immense reconnaissance. Sans vous il n'y aurait pas eu la passion de réhabiliter des sourires et nous vous remercions de nous avoir guidée durant toutes ces années. Apprendre la prothèse fixée fut facile à vos côtés car rien ne semblait impossible. Etre votre élève fut un privilège et nous garderons toujours ce cadeau à l'aube de notre jeune carrière.

A notre juge,

FABRIS Matthieu

Assistant hospitalo-universitaire au CSERD de Lyon

Ancien Interne en Odontologie

Docteur en Chirurgie Dentaire

Nous vous remercions d'avoir accepté de siéger dans ce jury et nous vous remercions de continuer à exprimer votre personnalité en tant qu'assistant de la même manière que vous l'avez fait lorsque vous étiez interne. Vous avez su insuffler aux internes de Lyon un esprit d'entente et d'entraide qui perdure encore aujourd'hui grâce à vous.

A notre directrice de thèse et notre juge,

PARIS Marion,

Assistant hospitalo-universitaire au CSERD de Lyon

Ancien Interne en Odontologie

Docteur en Chirurgie Dentaire

Recevez notre gratitude d'avoir accepté la direction de cette thèse. A vous qui avez tout donné et qui avez fait confiance malgré notre inexpérience, sachez garder l'éternel témoignage de notre profonde reconnaissance. Nous vous exprimons aujourd'hui le très grand plaisir d'avoir pu travailler à vos côtés. Vous avez su animer ces années d'internat et nous vous remercions de cet enseignement bienveillant, donné en partage sans attente en retour. Placée sous la bannière d'une exigence brillante et élégante, cette rencontre aura marqué notre jeune carrière et nous espérons ardemment que notre collaboration ne s'arrêtera pas aux portes de la faculté.

A notre enseignant,

SAUVIGNE Thierry

Docteur en médecine

Praticien Hospitalier

Chef de Service de Stomatologie et d'Implantologie orale de L'hôpital Lyon Sud

Nous avons trouvé dans le service de Stomatologie et d'Implantologie de l'hôpital Lyon Sud la vraie signification du mot compagnonnage. L'art du « bien-faire » se transmet par de petits gestes simples, sous l'égide d'un humour parfois cynique mais jamais amer et de l'élégance du bon-mot. Nous vous remercions de savoir inciter nos jeunes esprits à la critique, celle-ci étant toujours reçue avec curiosité si elle présente la valeur d'être étayée. Sachez recevoir la reconnaissance sincère de la mobilisation que vous avez pu nous témoigné tout au long de notre internat. Pour toutes ces raisons, nous espérons que la fin de notre internat ne signera pas la fin du plaisir de travailler à vos côtés.

Table des matières

I. BIOMATERIAUX ET SOULEVES DE SINUS : GENERALITES	3
1) JUSTIFICATION CLINIQUE DES SOULEVES DE SINUS	3
2) LES DIFFERENTES TECHNIQUES DE SOULEVES DE SINUS	7
* <i>Elévation sinusienne de Summers</i> :	7
* <i>Technique des cylindres</i>	9
* <i>Voie latérale ou Caldwell-Luc</i>	9
3) LES DIFFERENTS BIOMATERIAUX DISPONIBLES POUR LES SOULEVES DE SINUS.....	10
* <i>L'os autogène</i> :.....	10
* <i>Allogreffes : (exemple : Biobank®, TBF®)</i>	13
* <i>Xénogreffes</i> :	14
* <i>Greffes alloplastiques</i> :.....	14
* <i>Matériaux non résorbables</i> :.....	15
* <i>Absence de matériaux de comblement</i>	15
4) RECAPITULATIF DES POSSIBILITES DE FORMATION OSSEUSE EN FONCTION DES DIFFERENTS BIOMATERIAUX (D'APRES TULASNE)	16
II. REVUE DE LITTERATURE : HYDROXYAPATITE ET PHOSPHATE DE CALCIUM DANS LES SOULEVES DE SINUS	18
1) QU'EST-CE QUE L'HYDROXYAPATITE ET LE B-TRICALCIUM-PHOSPHATE.....	18
2) REVUE DE LITTERATURE	19
3) TABLEAU RECAPITULATIF DES DIFFERENTES ETUDES SUR LE TCP ET L'HYDROXYAPATITE.....	37
4) UN CAS PARTICULIER : LE MATRIBONE™	40
* <i>Spécifications générales</i>	40
* <i>Caractéristiques techniques</i>	41
* <i>Intérêts de Matri™BONE</i>	42
* <i>Justifications de l'utilisation de ce matériau, en quoi peut-il être novateur ?</i>	43
III. LES QUESTIONS CONCERNANT LE MATRIBONE™ ET SON UTILISATION DANS LE SINUS : PROPOSITION D'UN PROTOCOLE D'EVALUATION DU MATRIBONE™ DANS LE CADRE DES SOULEVES DE SINUS.....	44
1) OBJECTIFS ET HYPOTHESES	44
* <i>Objectif principal</i>	44
* <i>Type d'étude</i>	44
* <i>Critères de jugement</i>	44
* <i>Objectifs secondaires</i>	44
2) POPULATION ETUDIEE	45

* Description et effectifs de l'échantillon.....	45
* Source de recrutement des patients	45
* Critères d'inclusion.....	45
* Critères de non inclusion.....	45
3) MATERIEL ET PROTOCOLE, EVALUATION.....	46
* Description du traitement.....	46
* Inscription de la démarche chirurgicale dans le projet implanto-prothétique	46
* Protocole préopératoire.....	46
* Protocole per-opératoire.....	47
* Protocole post-opératoire.....	48
* Deuxième temps chirurgicale : mise en place des implants	48
4) CRITERES DE JUGEMENT SECONDAIRES.....	48
5) CALENDRIER DE L'ETUDE.....	49
* Visite 1 : Inclusion des sujets.....	49
* Visite 2.....	49
* Scanner X.....	49
* Visite 3 : visite d'inclusion	49
* Intervention chirurgicale.....	50
* Visite de contrôle	50
* Maintenance	50
* Scanner X préimplantaire.....	50
* Mise en place des implants à 6/9 mois.....	50
* Visite de contrôle	50
* Maintenance 3 mois.....	50
* Mise en place d'une vis de cicatrisation	50
* Réalisation de la prothèse.....	51
* Contrôles et maintenance.....	51
6) ANALYSE DES RESULTATS	51
IV. DISCUSSION	51
1) LES RESULTATS ESCOMPTEES D'UNE TELLE ETUDE	51
2) LES LIMITES DE CE PROTOCOLE	51
V. CONCLUSION	52

I. Biomatériaux et soulevés de sinus : généralités

1) Justification clinique des soulevés de sinus

L'implantologie orale est une technique qui a acquis ses lettres de noblesse depuis que le Professeur Bränemark en a posé les fondements. Elle permet notamment d'éviter de remplacer les dents absentes par une prothèse amovible dont les crochets solliciteraient les dents adjacentes ou par une prothèse fixée de type bridge (quand cette dernière est envisageable) qui entrainerait un travail supplémentaire des dents piliers par rapport au pontique.

Lindquist 1998 a en effet montré par une étude rétrospective que le taux de succès à 20 ans de prothèses fixées conventionnelles s'élevait à 65%

Cependant, ce projet peut se heurter, dans la région maxillaire postérieure, à une hauteur d'os sous-sinusienne insuffisante (résidual bone height), soit liée à une résorption osseuse avancée, soit liée à une configuration anatomique défavorable. De plus, après extraction des dents dans cette région, la pneumatisation du sinus conduit à une résorption osseuse par expansion de ce dernier.



Fig. 1 : Photo de l'os maxillaire
(D'après Davarpanah, 2001)

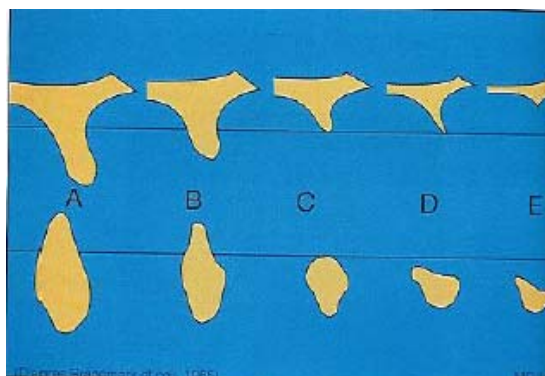


Fig. 2 : Schéma de résorption maxillaire et mandibulaire

(D'après Bränemark et al. 1985)

Il conviendra donc dans le cadre d'un projet thérapeutique implantaire, de régénérer cette hauteur osseuse afin d'envisager la pose d'implants.

Plusieurs options thérapeutiques ayant fait leur preuve s'offrent alors à nous afin d'éviter un soulèvement de sinus par voie latérale lorsque cela est possible. Ces dernières impliquent l'acceptation de nouveaux concepts en implantologie :

- Les implants ptérygo-palatins :

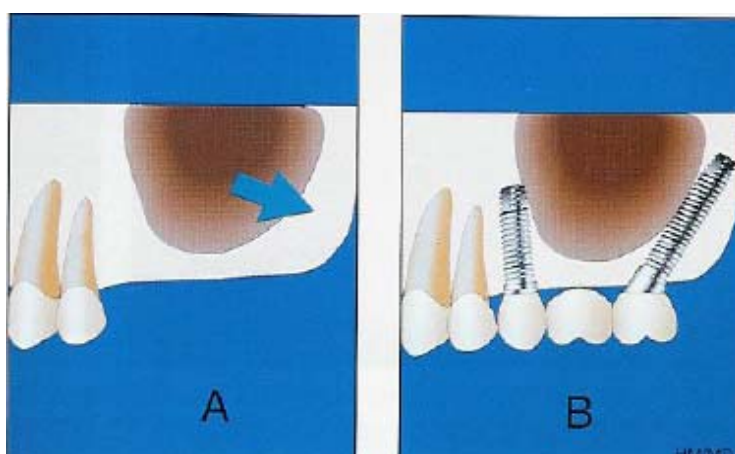


Fig.3 : Situation d'un implant ptérygo-palatin
(D'après Davarpanah, 2001)

En 1989, Tulasne propose l'utilisation du massif osseux ptérygo-maxillaire. Une hauteur d'os suffisante de ce massif associée à une hauteur sous-sinusienne insuffisante justifie le recours à de tels implants dont la longueur est d'au moins 13 mm. Tulasne 1992, Bahat 1992 et Khayat 1994 rapportent des taux de succès importants (92 à 98%). Ils impliquent plusieurs pré-requis pour une utilisation adéquate : ancrage bicortical de l'implant, optimisation d'une grande longueur d'implant, mise en nourrice de 6 mois, mise en charge

progressive, et diminution des contraintes occlusales. Fernandez propose, en 1996, l'utilisation d'ostéotomes pour la préparation du site implantaire. Cela permet la condensation de l'os du site autour de l'implant, d'autant plus nécessaire que l'os maxillaire est très peu dense. Cette technique reste délicate en raison de la présence de l'artère palatine postérieure et nécessite la mise en place de deux implants en avant du sinus pour éviter les bridges de longue portée.

- Les implants angulés

Ces implants sont posés angulés de manière à éviter un obstacle anatomique. Les implants peuvent être angulés jusqu'à une certaine mesure. Northdurft et coll. montrent dans une étude de 2010 que même avec un pilier zircone, il est possible de compenser l'angulation d'un implant (dans l'étude 20°) sans réduire la capacité de charge d'une couronne antérieure.

- Les implants courts

Les implants courts ne possèdent pas de définition consensuelle à l'heure actuelle. Cependant, pour Bernard et Belser 2002, les implants courts ont une longueur inférieure ou égale à 12 mm. Pour Weng et coll. 2003, Tawill et coll. 2003, Morand et Irinakis 2007, la longueur est inférieure ou égale à 10 mm. Goene et coll. 2005, la longueur des implants courts est inférieure ou égale à 8,5 mm.

Renouard et Nisand en 2006, notent qu'il existe de nombreuses définitions dans la littérature mais que selon eux, la définition d'implant court s'applique à un implant ayant une longueur intra-osseuse de 8 mm ou moins.

L'utilisation de tels implants permet donc pour des hauteurs osseuses restreintes par des obstacles anatomiques de réaliser une réhabilitation orale implantaire tout en évitant d'éventuelles greffes osseuses.

En 2006, Renouard et Nisand montrent un taux de survie des implants courts (<10mm) comparable avec les implants plus longs.

J.Bertinotti en 2010 réalise une revue de littérature sur les implants courts, incluant des études publiées entre 2000 et 2010. Il conclue après analyse de 26 publications que : « le taux de survie des implants courts est comparable avec celui des implants plus longs. »

Cependant, selon Renouard et Nisand 2006 il faut adapter le protocole de forage en fonction de la qualité osseuse, des implants à surface texturés doivent être utilisés et l'expérience du praticien doit être adaptée au cas traité. L'indication du traitement implantaire doit être dûment considérée.

- Utilisation de la chirurgie guidée ou assistée par ordinateur afin d'exploiter les volumes osseux dans les cas de résorption osseuse avancée.

En revanche, si le volume osseux ne permet pas l'utilisation des techniques précédemment citées, la greffe du sinus est la solution thérapeutique adéquate permettant la réhabilitation orale maxillaire implantaire.

En 1987, Misch a proposé une classification anatomique et thérapeutique de la hauteur d'os résiduel :

- SA-1 : pour une hauteur résiduelle supérieure ou égale à 12 mm permettant la pose d'implants sans augmentation.
- SA-2 : pour une hauteur résiduelle comprise entre 8 et 12 mm autorisant la pose d'implants avec un soulèvement préalable du plancher par technique impactée par voie alvéolaire.
- SA-3 : pour une hauteur résiduelle comprise entre 5 et 8 mm pour laquelle un volet latéral est nécessaire, mais où les implants peuvent être posés dans le même temps que le comblement sous-sinusal, à la condition que leur stabilité primaire soit assurée.
- SA-4 : pour une hauteur résiduelle comprise entre 0 et 5 mm qui impose une greffe d'augmentation par volet latéral, et une pose différée des implants (technique en deux temps chirurgicaux).

Aujourd'hui, cette classification ne reflète plus les indications thérapeutiques actuelles.

En 1996, le choix de la technique d'augmentation osseuse en fonction de la hauteur d'os sous-sinusal a été rédigé dans une conférence de consensus (Jensen et al.).

classe	Residual bone height	Choix technique
A	>10 mm	Pas d'intervention
B	7-9 mm	Ostéotomes
C	4-6 mm	Approche latérale
D	1-3 mm	Approche latérale, mise en place différée

Après avoir posé les indications des différentes techniques de régénération du sinus, nous allons présenter succinctement ces dernières pour situer l'intérêt du biomatériau que nous avons choisi de présenter dans cette thèse.

2) Les différentes techniques de soulèvements de sinus

En 1965, Boynes proposa l'utilisation de la greffe sinusienne. Cependant l'indication visait les édentés totaux avec des tubérosités importantes qui restreignaient l'espace inter-arcade et rendaient la réalisation prothétique difficile.

En 1975, Tatum est le premier à décrire une approche par voie alvéolaire avec greffe osseuse.

En 1983, l'américain Caldwell décrit la trépanation sinusienne par voie latérale. En 1987, le français Luc décrit à son tour la technique : c'est la naissance de la fameuse technique de Caldwell-Luc.

C'est en 1980 que Boynes et James publient un protocole pour la chirurgie sinusienne à visée implantaire, en réalisant un prélèvement iliaque. La difficulté de ce type de prélèvement ouvrira la voie à des recherches pour d'autres biomatériaux de comblement. Depuis, la voie alvéolaire classique a été remodifiée de nombreuses fois.

✱ Élévation sinusienne de Summers :

Cette technique a été décrite par Tatum en premier, mais c'est Summers en 1994 qui codifie le protocole.

Il s'agit d'un abord crestal peu invasif qui permet également de comprimer l'os maxillaire. Une élévation du plancher sous-sinusal progressive est réalisée après préparation du site implantaire. L'os est impacté apicalement par l'utilisation des ostéotomes de diamètre croissant. Les différents biomatériaux de comblement peuvent être utilisés avec cette technique. Aucun instrument ne doit pénétrer dans la cavité sinusienne. Cette technique est indiquée en présence d'une crête large (6 mm) avec un volume osseux sous sinusien d'au moins 5 mm. Un bilan préopératoire (scanner) est requis pour évaluer l'anatomie sinusienne

Technique :

- Incision crestale
- Perforation de la corticale avec une fraise boule
- Forage pilote (2.2 mm) 1 mm en deçà du plancher sinusien

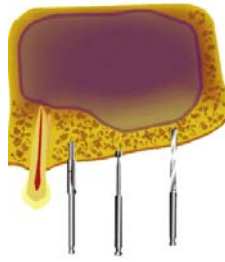


Fig.4 : d'après l'EMc

- Comblement du puits de forage par un biomatériau plus ou moins imbibé de sérum physiologique.
- Impactage par l'ostéotome de Summers n°2 qui ne doit pas passer le plancher sinusien au risque de perforer la membrane de Schneider.



Fig.5 : d'après l'EMc

- Même protocole avec le forêt de 2.8 mm et l'ostéotome n°3, puis avec le forêt de 3.5 mm et selon l'indication l'ostéotome de Summers n°4.

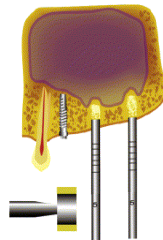


Fig. 6 : d'après l'EMc

- Mise en place de l'implant

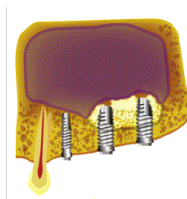


Fig.7 : d'après l'EMc

- Pose de la vis de couverture
- Sutures par points simples

Summers décrit en 1995 un taux de succès de 96% (de 0 à 5 ans) pour 143 implants placés chez 46 patients.

✿ Technique des cylindres

La technique consiste à impacter des cylindres de biomatériau dans les puits de forage implantaires, et ainsi de soulever la membrane sinusienne par voie crestale.

✿ Voie latérale ou Caldwell-Luc

Une porte d'entrée par voie latérale permet de récliner la membrane sinusienne, créant un espace disponible qui sera comblé par un biomatériau.

Technique :

- Incision crestale et décharges mésiale et distale afin d'exposer le site depuis le pilier canin jusqu'au cintre maxillomalaire.
- Fenêtre osseuse avec une fraise boule montée sur pièce à main en carbure de tungstène puis à l'approche de la membrane, passage à une fraise boule gros diamètre diamantée.
- Décollement prudent du volet osseux
- On récline de manière prudente la membrane sinusienne, soit à l'aide de curettes de tailles et de formes différentes, soit à l'aide de la piézo-chirurgie. La fréquence des déchirures muqueuses dépend de l'épaisseur de la membrane sinusienne et de la présence éventuelle d'obstacles (crêtes, dépressions) sur le plancher du sinus. Il a été montré (Aimetti et al. 2008) qu'il existe une corrélation significative entre le biotype gingival et l'épaisseur de la membrane de Schneider (si le biotype est épais, la membrane sinusienne tend à être épaisse également). Il est préférable de contourner ces obstacles pour ne s'attaquer à eux qu'en fin de dissection. Si une déchirure de la membrane se produit, il vaut mieux reprendre le décollement à distance pour terminer par la zone déchirée. Tulasne rapporte que, de sa propre expérience, les déchirures ne sont pas rares et sont sans rapport direct avec la survenue de complications. Les petites brèches se ferment d'elles-mêmes dès que la muqueuse est largement décollée. Pour les grandes lacérations, Tulasne préconise de suturer au nylon 6/0 pour éviter d'exposer les greffons dans la cavité sinusienne, même si cette exposition ne semble pas compromettre leur intégration. Pommer et coll. 2009 ont montré que l'épaisseur moyenne de la membrane sinusienne était de 90 µm. Ils ont montré que cette dernière se déchirait en moyenne lorsqu'une tension de 7.3 N/mm² était exercée (pour équivalence 1N = 100g soit la déchirure apparaît lorsque l'on exerce une tension de 700g sur cette dernière au mm²).
- Insertion du biomatériau

- Couverture ou non d'une membrane. Cette dernière n'est d'autant pas indispensable que le périoste a été préservé lors du décollement et que la fenêtre du volet est de petites dimensions.
- Sutures par points simples.
- Cicatrisation 4 à 6 mois.

Après avoir décrit les différentes techniques à notre disposition, nous allons maintenant faire le point sur les biomatériaux disponibles.

3) Les différents biomatériaux disponibles pour les soulèvements de sinus

Plusieurs biomatériaux sont à notre disposition pour réaliser les comblements sinusiers.

Nous allons décrire les avantages et les inconvénients de chacun.

✱ L'os autogène :

Actuellement reconnu comme le gold standard, c'est le matériau de référence. Il est constitué de deux types d'os utilisés ensemble, l'os cortical dense et compact et l'os spongieux, lâche et friable. La qualité de l'os influence le pronostic. L'os cortical permet un meilleur ancrage pour les implants et donne de meilleurs résultats pour une augmentation en volume et en densité. En revanche, l'os spongieux cicatrise mieux et s'adapte mieux aux cavités et aux sites receveurs car il est plus malléable et plus richement vascularisé. Mais ce dernier se résorbe plus vite du fait de sa densité et aura donc une tendance à fondre de manière plus conséquente suite à une greffe.

Le greffon d'os autogène est composé d'un squelette minéralisé enfermant la matrice organique, qui de ce fait rend inaccessible les protéines de l'os sans déminéralisation. La matrice organique contient des protéines, des collagènes et des protéines non collagéniques telles que les BMPs et des facteurs de croissance. Les cellules contenues dans cette matrice sont les ostéoblastes, les ostéoclastes et les ostéocytes.

L'os autogène est le plus souvent prélevé dans la sphère oro-faciale car l'origine embryologique des os est identique, leur conférant ainsi des propriétés similaires (d'après Tulasne).

o Prélèvements intra-oraux :

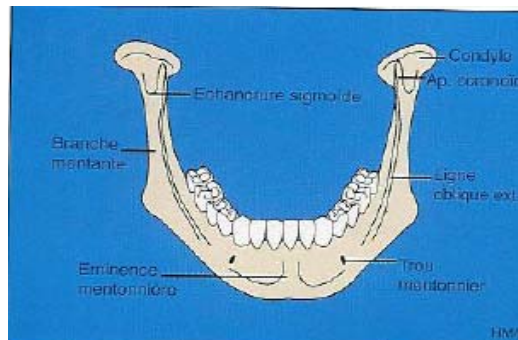


Fig.8 : la mandibule en vue frontale

(D'après Davarpanah, 2001)

- La région symphysaire a été le premier site de prélèvement endobuccal réalisé pour les reconstructions osseuses sous anesthésie locale. Cependant, la symphyse mentonnière joue un rôle déterminant pour le profil facial. Cet os membranaire très corticalisé et peu résorbé lors du vieillissement possède un faible potentiel régénératif. La colonne osseuse médiane doit donc être préservée. Les blocs osseux sont toujours surdimensionnés par rapport aux blocs souhaités. Les suites sont parfois très impressionnantes et demandent la mise en place d'un pansement compressif pendant 28 à 48 heures. Ces suites peuvent être à type de douleurs (calmées par les antalgiques), des ecchymoses (qui dépendent du décollement et de l'état vasculaire du patient) ou des hémorragies. Ces dernières peuvent être dues à l'artère incisive ou une perforation de la table interne, avec le risque de lésion de l'artère sublinguale, qui constitue un risque vital pour le patient. On peut également observer des troubles neurologiques labio-mentonniers à type de paresthésies-dysesthésies réversibles ou d'hypoesthésie parfois définitive. Si l'ostéotomie supérieure est réalisée trop haute, on observe des lésions dentaires radiculaires. On observe également des modifications esthétiques ou des fractures mandibulaires si la structure osseuse du patient est atrophiée et que ce dernier n'a pas été récusé après l'examen du scanner.
- Les prélèvements mandibulaires postérieurs partagent la même origine embryologique membranaire, soit une vitesse de résorption lente également. Ces prélèvements s'effectuent soit au niveau du corps de la mandibule entre le foramen mentonnier en avant et la dent de sagesse en arrière, soit au niveau du ramus. Il s'agit de cliver la table externe en respectant le pédicule mandibulaire et les racines dentaires. Les difficultés viennent de la possibilité de léser le pédicule vasculo-nerveux alvéolaire inférieur, de la difficulté de luxer le greffon ou de fracturer le greffon. Les suites postopératoires se traduisent par des douleurs mandibulaires modérées, un œdème jugal, un hématome cervico-jugal, un trismus ou des paresthésies labio-mentonniers.

Le grand inconvénient de ces prélèvements est qu'ils nécessitent un temps d'intervention plus long, un deuxième site opératoire avec les suites ou les éventuelles complications qui lui sont associées. De plus, le volume osseux prélevé en intra-oral est parfois insuffisant. Les prélèvements extra-oraux réalisés alors en cas de volume insuffisant, nécessitent une anesthésie générale.

- Prélèvements extra-oraux :

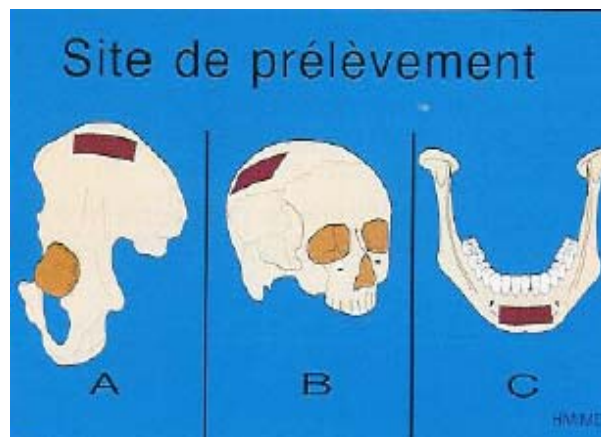


Fig. 9 : Sites de prélèvement d'os autogène, a = crête iliaque, b = crâne, c = symphyse mentonnière (d'après Davarpanah 2001)

- Prélèvement pariétal : l'os est prélevé au niveau de la calvaria dans la zone de la bosse pariétale. L'os se développe également par ossification membranaire. L'épaisseur de l'os à ce niveau est d'environ 7.5 mm. Ce type de prélèvement pour la réalisation d'un soulevé de sinus nous semble à proscrire si l'on note qu'il nécessite une hospitalisation et une anesthésie générale et que les complications (même si exceptionnelles) restent graves : hématome extradural et zone de prélèvement particulièrement exposée aux traumatismes.
- Prélèvement iliaque : Ce prélèvement nécessite également une anesthésie générale. Le prélèvement se réalise au sommet de la crête et permet d'obtenir une grande quantité d'os. Cependant, il nous semble également à proscrire dans le cadre d'un soulevé de sinus car outre l'hospitalisation et l'anesthésie générale, la douleur postopératoire immédiate est accompagnée d'une boiterie de 1 à 6 semaines (et notamment si l'os est prélevé en arrière de la crête iliaque, ce qui inclue le décollement des muscles fessiers). L'hématome peut nécessiter un drainage secondaire. Les séquelles éventuelles sont une perte partielle du relief de la crête et un possible trouble sensitif dans le territoire du nerf cutané latérale de la cuisse.

Nkenke et al. dans une étude de 2004, décrivent les comorbidités associées au prélèvement iliaque. Ils réalisent un prélèvement iliaque chez 50 patients (comparaison entre 25 prélèvements antérieurs et 25 prélèvements postérieurs) pour préparer des sites implantaires.

Ils notent :

- Une déficience des fonctions sensorielles après une semaine mais avec une tendance significative à la guérison après un mois ;
- Une boiterie chez 7 patients ayant subi un prélèvement antérieur et chez 3 patients ayant subi un prélèvement postérieur. Cette boiterie observée à 7 jours après la chirurgie disparaît chez tous les patients après un mois.
- Des douleurs (estimées par une Echelle Visuelle Simple sur 10) qui sont maximales à J2 (7.0 +/- 1.5 pour le prélèvement antérieur et 5.5 +/-1.8 pour le prélèvement postérieur). Ces douleurs persistent toujours à J30 (environ 1.4 EVS) pour les deux types de prélèvements.

Avantages	Inconvénients
Physiologie osseuse	Deuxième site opératoire
Pas de risque virale	Comorbidités
	Hospitalisation

✱ Allogreffes : (exemple : Biobank®, TBF®)

Ce sont des matériaux ostéoconducteurs ayant subi un traitement chimique, permettant de supprimer l'antigénité et le risque infectieux. La matrice organique est conservée.

Compte-tenu du risque infectieux, il n'est aujourd'hui utilisé plus que des matrices osseuses dépourvues de moelle. Ce sont des têtes fémorales congelées à -197° dans de l'azote liquide avant d'être stockées dans des banques d'os. Le FDBA (freeze dried bone allograft) est traité chimiquement pour inactiver les virus et a subi une déshydratation par lyophilisation. Si on le déminéralise en plus, on obtient du DFDBA (Demineralized Freeze Dried Bone Allograft), ce qui permet l'exposition des protéines matricielles.

L'inconvénient majeur de ce type de matériau est la possible contamination virale ou par les ATNC. Même si ce risque reste minoré, il n'est pas nul et l'on peut se poser la question de la pertinence de ce matériau. En effet, le fait que certaines protéines soient considérées comme inactivées tandis que d'autres ne le seraient pas (BMPs) est un argument suffisant pour certains chirurgiens pour ne pas envisager le recours à ce matériau. Ils argumentent en effet que soit les protéines sont toutes inactivées, soit ne pouvant inactiver sélectivement certaines protéines plus que d'autres, le risque de transmission virale ou d'ATNC exclue ce matériau de toute utilisation.

Avantages	Inconvénients
Grande disponibilité	Risque de transmission virale ou d'ATNC
Physiologie proche de l'os autogène	

✿ Xénogreffes :

Il existe plusieurs origines possibles, coralliennes, bovines, équine ou porcines. L'hydroxyapatite d'origine bovine est très largement documenté dans la littérature. Il est traité par un traitement thermique qui élimine la partie organique et ne conserve donc que la fraction minérale de l'os bovin. Il est utilisé sous forme spongieuse, avec une granulométrie allant de 0.25 à 1mm, et sa résorbabilité est lente. Ses principales caractéristiques sont les suivantes :

- grande porosité favorisant la formation du caillot sanguin et donc la migration des précurseurs de cellules osseuse à travers ce réseau
- structure cristalline fine induisant son intégration dans le processus de remodelage osseux
- utilisation possible en combinaison avec de l'os autogène

Le risque infectieux de ce biomatériau (origine bovine) provient du risque de transmission des ATNC. Ici encore ce risque est normalement limité mais n'est pas nul.

Avantages	Inconvénients
Grande disponibilité	Risque de transmission virale et ATNC
Physiologie osseuse	

✿ Greffes alloplastiques :

Ils ont de différentes compositions :

- Les phosphates tricalciques : Ceros®, Cerasorb®, RTR®
- Les carbonates de calcium et corail : Biocorail®
- Les hydroxyapatites de synthèse : Cerapatite®
- Les céramiques biphasées : Calciresorb 35®
- Les composites : Calciresorb-collagen®, Biostit®, PepGen P-15™, RTR®-cone, Bio-oss collagen®, Cerapatite-collagen

- Les bioverres : Perioglass®, Biogran®

Avantages	Inconvénients
Matériau synthétique	Physiologie parfois moindre
Présentation du matériau	

✱ Matériaux non résorbables :

Dans une étude de 2011, Lambert et coll. ont testé un biomatériau non résorbable à base de titane en réalisant des soulevés de sinus bilatéraux chez 48 lapins (soit 96 soulevés de sinus au total). Le choix du biomatériau se fait de manière aléatoire entre du titane de grade 1, de l'hydroxyapatite bovine (Bio-oss®) ou de l'hydroxyapatite bovine hydratée avec une solution de doxycycline. Les animaux sont sacrifiés à 1 semaine, 5 semaines et 6 mois et on procède alors à des μ CT scanner et à de l'histologie. La quantité et la densité osseuse sont similaires dans les trois groupes. A 6 mois, la stabilité tridimensionnelle est plus importante pour le groupe titane et le groupe hydroxyapatite bovine imbibé de solution de doxycycline. A 5 semaines et 6 mois le contact os matériau signalant l'ostéoconduction est significativement plus important pour le groupe hydroxyapatite bovine et le groupe hydroxyapatite bovine imbibé de solution de doxycycline que pour le groupe titane.

Ces nouveaux matériaux à base de titane sont très récents et nécessitent des études plus amples quant à leur innocuité et leur réel pouvoir ostéoconducateur.

Avantages	Inconvénients
Matériau entièrement synthétique	Innocuité ?
Grande disponibilité	Ostéoconduction réelle ?

✱ Absence de matériaux de comblement

Dans une étude de 2006, Ellegaard et al. placent 131 implants en protrusion dans la cavité sinusienne, la membrane reposant sur les apex des implants et l'espace étant rempli par le caillot sanguin. Le taux de survie implantaire est alors de 90% à 5 ans.

De manière plus vraisemblable, Hui Xu et coll., dans une étude sur 20 lapins adultes, réalisent des soulevés de sinus et utilisent des caillots sanguins seuls comme biomatériau de comblement. Les auteurs procèdent à une analyse histologique et histomorphométrique. A deux semaines, on n'observe plus de caillot sanguin, des trabécules sont visibles dans un tissu fibrovasculaire riche en cellules, avec une forte expression ALP (protéine). A 4/6 semaines, l'espace d'augmentation a fortement diminué et rempli par une trame osseuse,

forte expression d'ALP. A 8/10 semaines on note une fine corticale osseuse sous la membrane et le mur latéral du sinus, de l'os lamellaire remplace l'os trabéculaire, faible expression de l'ALP.

En conclusion, si on utilise un caillot sanguin, on note un rétrécissement du volume du caillot lors de la première phase de cicatrisation (pneumatisation du sinus induisant une pression sur le caillot). L'os trabéculaire se forme en premier puis il y a maturation en os lamellaire. Les résultats sont très limités sur le volume osseux. En revanche, il semblerait que la protéine ALP cesse d'être exprimée quand elle est englobée dans la matrice osseuse, il y aurait donc une corrélation entre minéralisation et expression de cette protéine.

Sur 8 patients et 13 soulevés de sinus, Ahn et al. ne mettent en place qu'une éponge de collagène imbibée de sang prélevé à la veine brachiale. Après six mois de cicatrisation, les études radiographiques ne montrent pas d'os nouvellement formé.

Il semblerait donc impossible d'utiliser des caillots sanguins comme seul matériau de remplissage étant donnée leur faible résistance mécanique, ces derniers semblent subir la ré-expansion du sinus.

Nous allons maintenant examiner les possibilités de formation osseuse de chaque biomatériau.

4) Récapitulatif des possibilités de formation osseuse en fonction des différents biomatériaux (d'après Tulasne)

Les différentes possibilités de formation osseuse sont :

- Ostéo-induction : néoformation d'os dans un site qui en est dépourvu, à partir de cellules mésenchymateuses sous l'action des protéines morphogénétiques (BMP) (Urist 1965).
- Ostéo-conduction : croissance osseuse à la surface d'un matériau ostéoconducteur à partir de l'os environnant.
- Ostéogénèse : croissance osseuse à partir des cellules vivantes présentes au sein du greffon

Le postulat reconnu jusqu'alors est le suivant : Le seul matériau qui est à la fois ostéoinducteur, ostéoconducteur et ostéogénique est l'os autogène. Les autres matériaux ne peuvent être qu'ostéoconducteurs car acellulaires.

Matériau	Contenu	Ostéogénique	Ostéoinducteur	Ostéoconducteur
Os autogène	Matrice osseuse, c.ostéogéniques, facteurs de croissance	+/-	+	+
Allogreffe	Matrice osseuse déspecifiée, pas de cellules, facteurs de croissance	-	+	+
Xéno greffe	Matrice inorganique minéralisée déspecifiée, pas de cellules, pas de facteurs de croissance	-	-	+
Matériaux synthétiques	Pas de cellules, pas de facteurs de croissance	-	-	+

Ce tableau ne semble plus aujourd'hui complètement approprié puisque l'on peut considérer que l'os autogène n'est pas vraiment un os ostéogénique. En effet, lorsqu'il est prélevé et greffé, s'il ne garde pas son pédicule vasculaire, les cellules vivantes de l'os meurent et ne pourront induire d'elles-mêmes une croissance osseuse. C'est en ce sens que ce matériau peut être assimilé à une greffe allogénique car il ne sera alors qu'ostéoconducteur et remplacé à terme par de l'os nouvellement formé. En revanche, l'intérêt de l'os autogène concerne son pourcentage de collagène et d'hydroxyapatite mais il nécessite un prélèvement donc un site chirurgical supplémentaire, ce qui suppose des comorbidités associées.

Nous recherchons donc aujourd'hui un matériau ostéoconducteur qui présenterait le même potentiel ostéoconducteur que l'os autogène mais qui serait complètement synthétique afin d'éviter un site chirurgical de prélèvement et les conséquences qui en découlent.

Nous avons décidé d'axer plus particulièrement notre recherche sur deux types de matériau : L'hydroxyapatite et le phosphate de calcium. Nous allons donc décrire précisément ces matériaux dans un premier temps ainsi que leurs résultats obtenus dans la littérature scientifique.

Puis nous reverrons plus précisément leur utilisation dans le cadre des soulèvements de sinus.

II. Revue de littérature : hydroxyapatite et phosphate de calcium dans les soulevés de sinus

1) Qu'est-ce que l'hydroxyapatite et le β -tricalcium-phosphate

- Hydroxyapatite

L'hydroxyapatite est une espèce minérale de la famille des phosphates, de formule $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$, usuellement écrite $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, pour souligner le fait que la maille de la structure cristalline comprend deux molécules. L'hydroxyapatite est le membre hydroxylé du groupe apatite. L'ion OH^- peut être remplacé par le fluor, le chlore ou le carbonate.

L'hydroxyapatite cristallise dans le système hexagonal. La poudre d'hydroxyapatite pure est blanche. Celles que l'on trouve dans la nature peuvent cependant être de couleur marron, jaune ou verte. L'hydroxyapatite est la principale composante minérale de l'émail dentaire, la dentine et l'os.

L'hydroxyapatite peut aussi être extraite d'os bovin plutôt que du minéral. C'est alors une préparation microcristalline purifiée, préparée à froid et sans solvant chimique.

Le squelette du corail peut aussi être transformé en hydroxyapatite à haute température. Sa structure poreuse permet une croissance relativement rapide et l'expansion de la force mécanique initiale.

- β -tricalcium-phosphate

Le tricalcium phosphate est un sel de calcium dont la formule chimique est $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. On l'appelle parfois aussi phosphate de calcium tri-phasique. Il possède une forme cristalline alpha obtenue à haute température et une forme cristalline bêta. Il peut être un produit issu de la combustion des os ou on peut le trouver sous forme minérale issu de la Whitlockite. La Whitlockite est un minéral rare de la famille des phosphates. On trouve des minerais notamment dans le Dakota du Sud et dans le New Hampshire aux Etats-Unis.

Biologiquement, la Whitlockite se retrouve dans le tartre sous-gingival, dans les calculs rénaux, les dépôts prostatiques et sur les têtes fémorales.

L'hydroxyapatite et le β -tricalcium-phosphate combiné ensemble forme un matériau que l'on appelle le BCP (biphase calcium phosphate), matériau de la famille des céramiques, complètement synthétique.

2) Revue de littérature

- *Ziderveld et coll. 2009 :*

Chez 20 patients édentés postérieurs libres, les auteurs réalisent des soulevés de sinus car la hauteur sous-sinusienne résiduelle ne permet pas la mise en place des implants. Le protocole comprend deux temps chirurgicaux et deux groupes, un groupe avec une greffe d'os autogène prélevé au menton et un groupe avec une greffe de β TCP pur (Cérasorb®). Une période de 5 mois en moyenne de cicatrisation est observée avant la mise en place des implants. Des mesures radiographiques à l'aide d'une échelle de comparaison sont réalisées au moment de la greffe, à la pose des implants, un an après la pose des implants et 5 ans après la pose des implants (pas de CT scan pour les mesures, ce qui est justifié par l'obligation légale vis-à-vis de l'irradiation des patients). Les auteurs observent autant pour le groupe β TCP que pour le groupe d'os autogène, une perte initiale de dimension verticale de la greffe surtout pendant les 6 premiers mois (<7.5 mois) puis une période avec des petits voire pas de changements.

Le β TCP est donc autant compatible que l'os autogène pour les greffes de sinus.

- *Wiltfang et coll. 2002 :*

Wiltfang et al. ont pris 7 cochons nains et ont créé des défauts osseux dans les têtes condyliennes de leurs tibias, qu'ils ont comblés avec soit du α TCP (à droite), soit du β TCP (à gauche). Les volets osseux sont remis en place et maintenus par une plaque de titane. Ils gardent deux animaux de contrôle et réalisent la mise en place simultanée des implants

Résultats :

On observe une ossification centrifuge à partir des bords du defect

-	- α TCP	- β TCP
- 16 semaine	- 30% dégradation	- 60%
- 20 sem	- 40%	- 70%
- 68 sem (17mois)	- 80-90%	- 90-95%
- 86 sem	- 5% restant	- 3% restant
-	-	-

Il n'y a pas eu d'intégration fibreuse des implants (fibrointégration) qui pourrait être due à la réaction inflammatoire qui se fait dans la première phase de résorption de la céramique.

Le β TCP présente une meilleure résorption que le α TCP pour les céramiques

La résorption des céramiques est extrêmement longue, c'est-à-dire 86 semaines (plus de 2 ans) avant d'avoir un remplacement par de l'os. D'après cette étude la

mise en place des implants dans le même temps que la céramique de substitution osseuse n'est pas idéale car conduirait à une fibrointégration des implants.

- *Knab et coll. 2008 :*

L'utilisation de particules de TCP avec une porosité plus grande a été encouragée car permettant une plus grande biodégradation. La structure des particules de ce matériau est organisée en micro, méso et macro pores pour améliorer le processus de dégradation. Cette structure permet de réduire en grande partie la densité du matériau.

L'interconnexion des pores crée une force capillaire qui attire les cellules et les nutriments au centre des particules. La macroporosité permet d'encourager la croissance de l'os en permettant la pénétration des cellules et de la vascularisation (Peters et al.).

Le protocole est standard pour tester les soulèvements de sinus avec :

- Un mélange (4/1) β TCP et os autogène : TCP C avec 35% de porosité des particules
- Un mélange (4/1) β TCP et os autogène : TCP CM avec 65% de porosité des particules

Des carottes osseuses en vue d'histologie sont réalisées à 6 mois.

Le groupe TCP CM montre une plus grande porosité et à 6 mois un plus grand pourcentage de formation osseuse et de résorption du matériau. Donc **une plus grande porosité des particules favorise la formation osseuse.**

- *Handschel et coll 2009 :*

Evaluation de la littérature et de différents biomatériaux de comblements sinusien. Ils concluent que **dans un premier temps après implantation, c'est l'os autogène qui montre le plus fort taux d'os total (total bone volume). En revanche, après 9 mois, aucune différence statistique ne peut être montrée concernant le TBV selon l'os autogène ou le β TCP.** Ils conseillent donc pour une mise en charge avant 9 mois de ne pas utiliser d'autres matériaux que de l'os autogène.

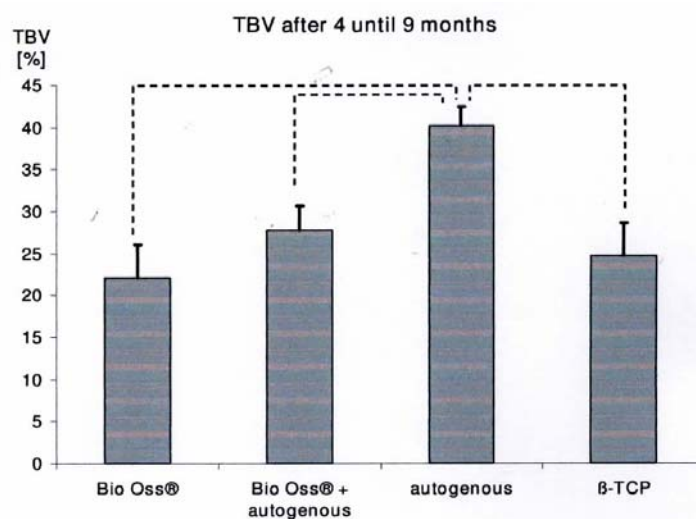


Fig.10 : TBV (total bone volume) après 4 à 9 mois, Handschel et coll.2009

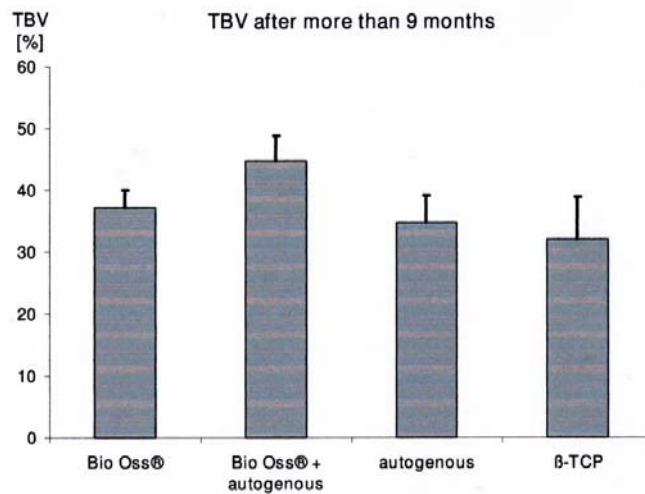


Fig. 11 : TBV (total bone volume) après plus de 9 mois, Handschel et coll. 2009

On note de manière très claire sur les graphiques qu'à 6 mois l'os autogène a induit une plus grande quantité de TBV mais qu'à 9 mois postopératoire il n'existe plus de différence significative entre le TBV induit par l'os autogène ou par le β TCP.

- *Horch et coll. 2006*

Les auteurs réalisent seize greffes de sinus et constatent une régénération osseuse complète en 12 mois sans réaction à un corps étranger. Cette biodégradation leur semble nécessiter 12 mois car le matériau de β TCP est en phase pure (granules contenant $\geq 99\%$ de β TCP). La densité radiologique du β TCP constatée dans le temps (c'est-à-dire la quantité de matériau résorbée dans le temps) diminue d'autant plus que celui-ci est mixé avec de l'os autogène.

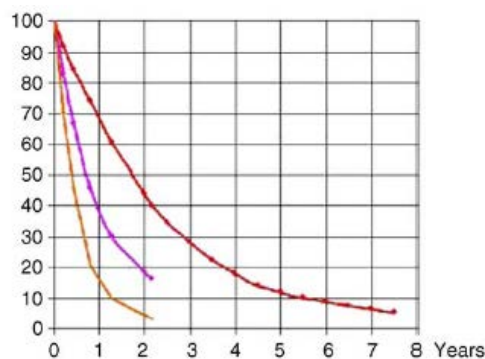


Fig. 12 : Perte en pourcentage de densité radiologique des granules céramique de β TCP

Rouge : mélange de TCP en phase impure (Horch, Steegman, 1985)

Violet : beta-TCP en phase pure sans adjonction de d'os spongieux

Jaune : beta-TCP en phase pure avec adjonction d'os spongieux

A 1 an après l'intervention, environ 85% du β TCP est résorbé lorsqu'il est en combinaison avec l'os autogène alors que seulement 65% de ce dernier l'est quand il est utilisé seul.

Pour les soulevés de sinus les auteurs recommandent de **ne pas insérer les implants simultanément à la greffe** en raison de la présence de nombreuses cellules phagocytaires qui risqueraient de compromettre l'intégration de ceux-ci. Un délai de 5/6 mois est donc nécessaire.

86 semaines après l'implantation, 3% de résidus de céramique β TCP restant ne pose pas de problème clinique particulier.

- *Frenken et coll. 2010*

Chez six patients qui ont un os maxillaire résiduel entre 4 et 8 mm, les auteurs pratiquent une greffe de sinus avec du bone ceramic (60% hydroxyapatite et 40% β TCP, porosités à 90%, pores 100-150microns). Le protocole est en deux temps chirurgicaux et des carottes osseuses sont prélevées à la pose des implants, en vue d'analyses histologique et histomorphométrique.

Les auteurs remarquent qu'au pH physiologique, **l'hydroxy apatite est le moins soluble des phosphates de calcium** apparaissant naturellement. L'analyse histologique rapporte qu'à 6 mois l'os trabéculaire a rampé sur l'échelle offerte par le biomatériau et que le biomatériau n'est pas complètement remplacé. Le tissu osseux minéralisé est cependant en contact intime avec les particules de BCP, ce qui indique que le matériau est ostéo-conducteur. Bien que l'on retrouve la présence d'ostéoclastes dans le matériau à 6 mois, sa résorption est limitée. Le nouvel équilibre osseux ne sera atteint qu'à la fin du remaniement, en revanche **la hauteur et la densité osseuse sont suffisantes à 6 mois pour permettre la mise en place des implants.**

- *Ali Aral et coll. 2008 :*

Les auteurs procèdent à la réalisation de soulevés de sinus par voie extra-orale (à travers la joue) sur 3 moutons avec la mise en place simultanée des implants.

- Coté test : seringue de tricalcium phosphate, magnésium phosphate, magnésium hydrogène phosphate et carbonate de strontium. Elles sont mélangées avec la phase liquide par agitation mécanique pendant 15 secondes pour donner un matériau sous forme de ciment injectable à base de phosphate de calcium

- Côté témoin : os autogène prélevé à l'humérus du mouton. On sacrifie les animaux à 3 mois et on réalise des analyses histomorphométriques et histologiques, ce qui permet de mesurer le BIC (Bone to Implant Contact).

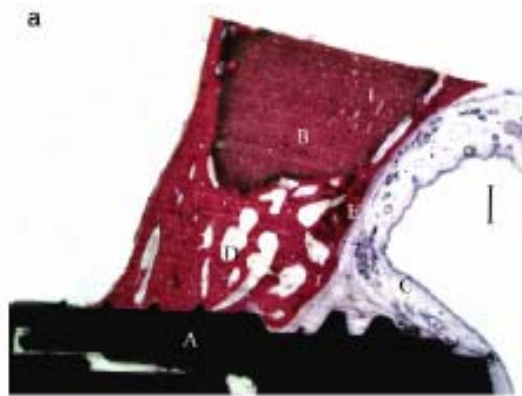


Fig.13 a : coupe en microscopie électronique où l'on voit la forme ciment entourée d'os. A = implant, B = ciment, C = membrane sinusienne, D = reliquats de CaP, E = lacune de remodelage autour du ciment, échelle 625µm.

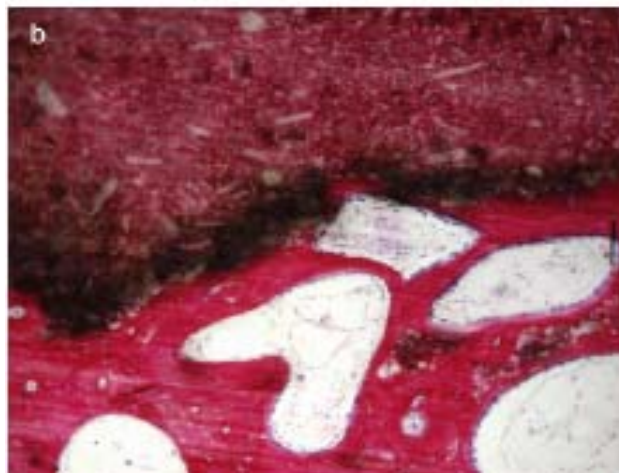


Fig.13b : Vue en microscopie électronique du contact osseux entre l'os et la forme ciment (CaP)

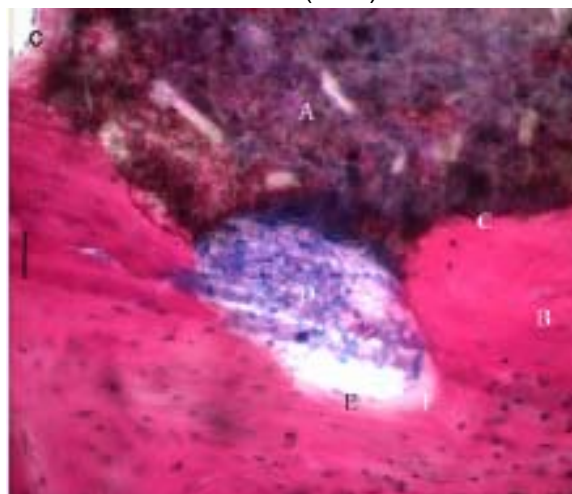


Fig. 13c : Vue microscopique détaillée de la dégradation du ciment, A = ciment, B = tissu osseux, CII = contact osseux entre l'os et le ciment, D = résorption en cours du ciment CaP, E = cellules ostéoblastiques, F = os nouveau en cours de formation

Résultats :

- Le BIC (Bone to Implant Contact) est d'en moyenne pour les deux matériaux confondus de 35% (ce qui correspond aux études similaires). Le BIC de la forme innovante est de 36% \pm 5% (CaP) et il est de 37% \pm -3% pour le témoin (os autogène).
- La forme innovante en ciment présente une excellente biocompatibilité et de bonnes propriétés ostéoconductrices.
- Cependant, ce matériau présente des propriétés mécaniques suffisantes pour le maintien de la membrane sinusienne mais a une grande tendance à se déliter avec la présence de sang. Il faudrait donc selon les auteurs un matériau plus dur mais avec une porosité toujours aussi importante (minimum pores de 100 μ) pour un envahissement sanguin conséquent et donc une bonne ostéo-conduction. (Si le matériau est trop dur, la résorption sera plus lente).

Implant no.	BIC experimental group (%)	Implant no.	BIC control group (%)
1	32	3	35
2	Excluded	4	35
5	45	7	42
6	41	8	37
9	33		
10	33		
11	32		
12	33		
Mean	36 \pm 5		37 \pm 3

Fig.14 : contacts os-implant (= BIC Bone to implant contact) du groupe contrôle et du groupe expérimental.

Le phosphate de calcium ici sous une forme innovante permet une excellente ostéoconduction, une excellente biocompatibilité et un BIC de 36% en moyenne.

- *DeVicente et coll. 2010*

On réalise 42 soulevés de sinus chez 34 patients. Lors de la réalisation du volet latéral, les auteurs ont « pelé » la fenêtre osseuse pour récolter de l'os autogène, jusqu'à apparition de la membrane sinusienne. Cette quantité est insuffisante pour combler le sinus, ils proposent donc de mélanger avec de l'hydroxyapatite d'origine bovine (bio-oss®).

Résultats : le taux de survie implantaire est de 98.9%. Les particules d'hydroxyapatite restantes (21 \pm 7%) sont entourées d'os nouvellement formé (29 \pm 6.6%) et de tissu fibreux de connexion (50 \pm 4.5%). L'intérêt de cette technique est d'utiliser de l'os autogène (moins de 30% du volume de la greffe) sans avoir de site de prélèvement (morbidité dans 8% des cas). Cependant le volume insuffisant de l'os autogène nécessite l'emploi d'hydroxyapatite bovin. **A 9 mois, on observe très peu de**

résorption de l'hydroxyapatite, permettant le maintien du volume de la greffe jusqu'au remplacement par de l'os nouvellement formé.

- *Schlegel et coll. 2009*

Les auteurs mènent 2 expériences en parallèle :

- Sur les cochons, 9 défets dans l'os frontal rempli de 1) os autogène, 2) β TCP et 3) hydroxyapatite d'origine bovine
- Etude clinique, 41 patients élévations de sinus avec 1) os autogène, 2) β TCP et 3) HA origine bovine

Environ 50% d'os nouvellement formé avec os autogène/Btcp mais un peu moins (45%) avec HA mais les résultats sont comparables entre les deux études. La comparaison valide le fait que le modèle de calvaria porcine est un modèle valable pour les études précliniques en chirurgie maxillofaciale pour la formation osseuse. En revanche, des différences significatives existent entre clinique et cochons pour la résorption du matériau de substitution osseuse ce qui invalide la comparaison.

D'autre, part, même taux d'os nouvellement formé entre os autogène et Btcp dans le comblement des defects cochons autant que dans les soulevés de sinus. Un peu moins avec le HA.

β TCP et HA sont des biomatériaux valides pour le soulevés de sinus.

- *Zerbo et coll. 2003*

Les auteurs réalisent des soulevés de sinus bilatéraux chez 5 patients : côté test le matériau de comblement est du β TCP (Cérasorb®) et côté témoin on utilise de l'os autogène prélevé au menton.

Chez 4 patients, on réalise un soulevé unilatéral avec du TCP uniquement.

A 6 mois, lors de la pose des implants on prélève des carottes osseuses à l'aide d'une tréphine.

Côté test en moyenne 19% d'os formé.

Côté témoin 41% d'os néoformé.

Cependant, on observe des formations ostéoides en quantité plus importante côté test signifiant une formation osseuse encore active.

Les résultats montrent **que le TCP est un matériau approprié pour l'augmentation sinusienne mais que la formation osseuse est retardée par rapport à l'utilisation d'os autogène.**

- *Galindo-Moreno 2008*

Il a été montré dans une étude de Peleg et al. 1999, que plus l'os résiduel est important, meilleur est le taux de succès. Des résultats similaires ont été montrés par Jensen et Greer(1992). Ils montrent un taux de succès de 100% si l'os résiduel du plancher sinusien au sommet de la crête alvéolaire est de 7 mm contre 29% si cet os présente une hauteur de 3mm. Cependant le taux de succès global des soulevés de sinus s'élève à 90% (Wallace et Froum 2003).

Pour éviter les morbidités associées au prélèvement dans un site supplémentaire, les auteurs ont réalisés des soulevés de sinus bilatéraux chez 5 patients :

-greffe droite : mélange 1/1 bio-oss® (os bovin) et os autogène

- greffe gauche : Novabone® (calcium phosphate silicate) et os autogène.

Les deux greffes étant refermées par une membrane BioGide de chez Geistlich.

Le matériau de cette étude est un mélange de deux types de calcium phosphosilicate sous forme de cristaux. Ce matériau ostéoconducteur possède un module de Young de 30/35 Pa. Il est sensé accélérer l'activité ostéogénique et l'expression précoce de la phosphatase alcaline in vitro. De plus, les auteurs espèrent que de par sa résorption, une réserve supplémentaire d'ions calcium et phosphate soit disponible, stimulant ainsi la différenciation des ostéoblastes.

Echecs des mesures dans cette étude. Les auteurs concluent cependant que les deux matériaux sont valides pour les soulevés de sinus.

- *Artzi et coll. 2008*

Les auteurs procèdent à 28 soulevés de sinus (17 hommes et 11 femmes) en un ou deux temps chirurgicaux selon l'os résiduel (de 1 à 6 mm). Si l'os résiduel est de 1 à 3 mm on réalise du un temps chirurgical et si l'os résiduel est de 3 à 6 mm, on réalise du deux temps chirurgical.

Le matériau utilisé est un mélange en ratio 1/1 d'hydroxyapatite et de TCP (Staumann Bone Ceramic) avec l'os autogène récupéré lors de la fenêtre osseuse et du sang du patient.

Les biopsies sont prélevées à la pose des vis de cicatrisation si on a réalisé du « un temps chirurgical », après 6 à 9 mois de cicatrisation ;ou à la pose des implants à 6 ou 9 mois si on a réalisé du « deux temps chirurgical ».

A partir des carottes osseuses, on réalise une histomorphométrie. La quantité d'os totale a augmenté à **6 mois d'environ 28% et environ 42% à 9 mois.**

Le mélange HA/TCP a donc des propriétés ostéoconductrice et biocompatible.

- *Zerbo et coll. 2005*

Hypothèse des auteurs : le TCP génère de l'os dans les augmentations de sinus par ostéoconduction : les cellules progénitrices osseuses grandissent à sa surface ou dans ses porosités et se différencient en ostéoblastes qui induisent la formation d'os alentour. Précédemment les auteurs ont mis en évidence qu'une quantité moindre d'os est formée dans un sinus augmenté avec du TCP qu'avec de l'os autogène après 6 mois de cicatrisation. L'os a remplacé les particules de TCP dans les zones immédiatement apicales à l'os résiduel. Cependant, plus on apicalise et plus on observe des zones de tissu mou fibreux indifférencié en augmentation avec de nombreuses cellules d'une capacité non distincte. Ces cellules sont-elles des progéniteurs osseux ou des ostéoblastes en cours de différenciation ? De plus, l'activité ostéoclastique joue-t-elle un rôle majeur dans la disparition du TCP ?

A 6 mois après les soulevés de sinus, on réalise des biopsies chez les 3 patients. L'histologie montre que le tissu de connexion autour du TCP contient des cellules ostéogéniques après 6 mois (expression de RunX2/Cbfa1 = gène qui régule la transcription du collagène de type 1, ostéopontine et bone sialoprotéine et gène qui induit la différenciation des cellules en ostéoblastes). Les cellules ostéogéniques migrent depuis l'os natif dans, à travers et à la surface des particules de TCP, cela via le caillot sanguin qui amène un réseau de fibrine, fibronectine et glycoprotéine adhésive via le motif RGD (Asp-Gly-Arg) qui guide la migration cellulaire. Les cellules mésenchymateuses retrouvent un potentiel migratoire comme les cellules embryonnaires.

Quant à la dissolution du TCP, il y a une activité ostéoclastique (TRAP+) autour des particules de TCP mais pas autant (elle diminue si on va en apical) donc la contribution est limitée. En revanche, les auteurs émettent une autre hypothèse, serait-ce les cellules qui se différencient en ostéoblastes qui produiraient des résidus acides induisant la dissolution du TCP (ce qui corroborerait leur étude in vitro) ?

- *Garlini et coll. 2010*

Dans cette étude entre 1996 et 2007, 26 patients (12 hommes et 14 femmes) subissent 27 soulevés de sinus et la pose de 47 implants en un temps chirurgical. L'os résiduel est compris entre 5 et 9.5mm et aucune membrane de couverture n'est mise en place. En effet ce matériau est testé pour ses propriétés plastiques et spongieuses le rendant facile à manipuler et permettant sa tenue dans la cavité sinusienne. Le matériau est un mélange d'hydroxyapatite (88%) et de 9.5% de collagène de type 1 allié à de la glucosamine.

L'évaluation est radiologique par une panoramique à T0 avant la chirurgie, au placement des implants, à 6 mois et chaque année suivante. L'évaluation osseuse ne se fait qu'au simple moyen radiologique, les auteurs argumentant que le matériau est radio opaque et permet donc des mesures.

Après 11 ans, 100% de survie implantaire. Après chirurgie, les auteurs obtiennent en moyenne 15 mm de hauteur d'os total et la résorption après 11 ans est de 1.8 mm en moyenne. Les auteurs concluent donc que **le taux de succès final des implants n'est**

pas influencé par les interventions de soulèvements de sinus mais qu'en revanche, la cicatrisation nécessite plus longtemps pour l'ostéointégration (9-10 mois) par rapport à l'os autogène.

- *Stiller et coll. 2008*

Les auteurs pratiquent chez 2 patients possédant 1 mm d'os résiduel maxillaire un soulèvement de sinus avec pour l'un du β TCP à 35% de porosité mélangé à du sang veineux et pour l'autre, du β TCP à 60% de porosité mélangé à du sang veineux. A la fin, les auteurs mesurent sur une radio la hauteur d'os total.

Dans un 2^{ème} temps, on pose les implants et on réalise donc des biopsies. Elles sont analysées en 2 temps :

- Synchrotron micro-tomographie puis on coupe les biopsies pour l'histomorphométrie

Résultats :

- Les coupes en 2D versus l'histomorphométrie : la différence est de 0.2% dans le comptage de l'os nouvellement formé
- Les coupes en 2D versus 3D : différence de 6.5% pour le patient 1 et 8.5% pour le patient 2 en moins pour la 3D (appréciation des volumes) par rapport au comptage 2D

L'intérêt est de trouver un outil pour l'analyse osseuse sans détruire les biopsies comme dans l'histomorphométrie. De plus, par rapport au μ CT classique, le flux de photons est amélioré et on obtient donc un meilleur contraste.

- *Shayesteh et coll. 2008*

Cette étude inclut 7 patients dont 4 hommes et 3 femmes chez qui on pratique 11 soulèvements de sinus (4 patients avec soulèvements de sinus bilatéraux). Le matériau testé ici est un mélange de cellules mésenchymateuses (cellules ostéoinductrices) et de céramique phosphocalcique biphasique (60% d'hydroxyapatite et 40% de TCP). Un mois avant la chirurgie, on réalise un prélèvement de moelle osseuse iliaque et un prélèvement sanguin afin de pratiquer une culture de cellules mésenchymateuses et de centrifuger le sang pour obtenir un sérum. Un jour avant la chirurgie, le mélange est réalisé entre le sérum, les cellules mésenchymateuses et le matériau céramique. Les chirurgies sont effectuées, on pratique des radios de contrôle à T0 ; T+3 mois ; T+12mois.

Trente biopsies sont prélevées à l'aide d'une tréphine lors du placement des implants à 3mois post-chirurgical. La biopsie est prélevée au moment du forage pilote.

Résultats :

- Evaluation radiologique :
 - o Hauteur osseuse initiale moyenne : 2.25 mm (IBH sur le graphique)

- Hauteur moyenne du sinus avec la greffe à 3 mois : 12.08mm (SBH1)
 - Hauteur moyenne du sinus avec la greffe à 12 mois : 10.83mm (SBH2)
- Histomorphométrie :
- Une matrice ostéoïde contenant des ostéoblastes et des ostéocytes témoigne d'une activité osseuse active
 - L'os nouvellement formé est en moyenne de 41.34%
 - Survie de 28 implants sur 30.

<i>Patient</i>	<i>A = Initial bone height (IBH), mm</i>	<i>Primary sinus vertical bone graft height (SBH₁), 3 months (A + B), mm</i>	<i>Secondary sinus vertical bone graft height (SBH₂), 12 months after implant placement (A + B₂), mm</i>
1	3	15	12
2	2	12	11
3	1	11	11
4	2.5	10.5	12
5	2	12	10
6	3	12	9
Mean	2.25	12.08	10.83

Fig. 15 : Mesure verticale de la hauteur sinusienne avant traitement, puis à 3 mois et à 12 mois après la procédure d'augmentation sinusienne.

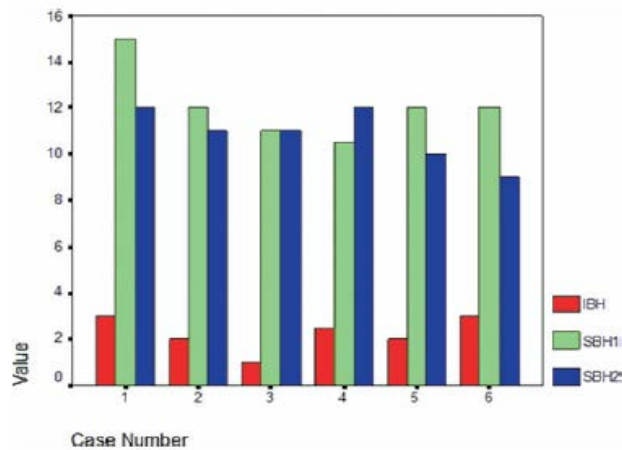


Fig. 6. Bars represent the radiographic morphometric measurement of the bone height in the posterior maxilla (mean \pm SD).

Fig. 16 : les barres représentent la mesure radiologique morphométrique de la hauteur osseuse du maxillaire postérieur. En rouge = IBH soit la hauteur osseuse initiale, en vert = SBH1 soit la hauteur osseuse à 3 mois après la greffe, en bleu = SBH2 soit la hauteur osseuse à 12 mois.

- *Lambert et coll. 2011*

Objectifs :

En premier lieu, il s'agit d'une étude animale pour comparer la stabilité tridimensionnelle d'une régénération sous-sinusienne avec caillot sanguin, os autogène, HA bovin comme biomatériaux de comblement. En deuxième lieu, les auteurs souhaitent observer qualitativement et quantitativement la formation osseuse précoce et son comportement dans le temps selon les trois types de matériaux.

Matériels et méthode :

On pratique des soulevés de sinus bilatéraux sur 15 lapins blancs de Nouvelle Zélande :

- Biomatérial 1 : sang prélevé à l'oreille
- Biomatérial 2 : BHA (hydroxyapatite bovin)
- Biomatérial 3 : os prélevé au crâne

Mise en place d'une membrane de couverture pour fermer.

Les lapins sont sacrifiés à 7 jours, 5 semaines, 6 mois.

MicroCT analysis :

A 5 semaines, il reste 17.3% du volume initial du caillot sanguin greffé, 57.6% de l'os autogène, et 96.6% du BHA. A 6 mois, il ne reste que 19.4% du volume du caillot sanguin, 31.4% de l'os autogène, 83.3% du volume du BHA.

Analyse descriptive :

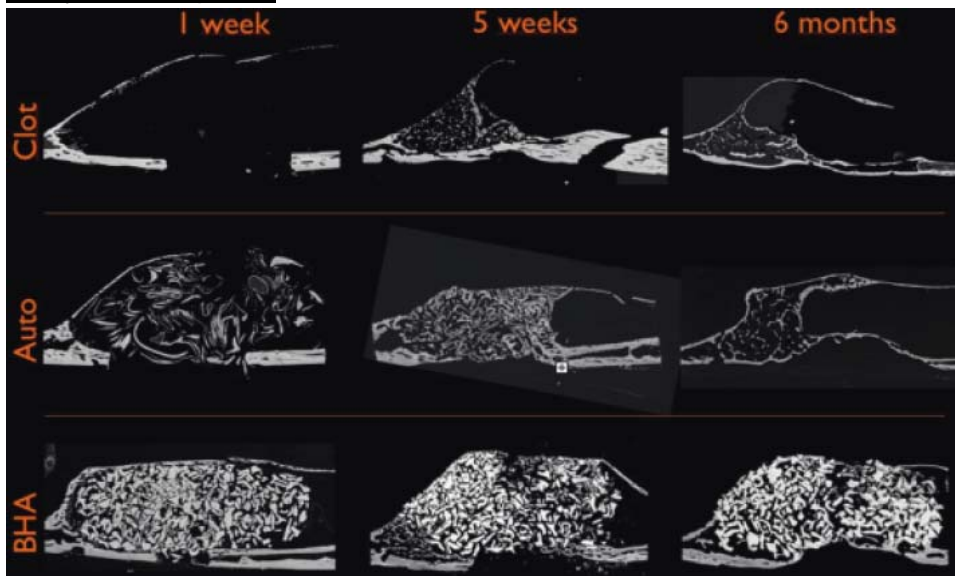


Fig. 17 : Micrographie électronique sagittale à l'échelle pour chaque type de comblement et à chaque temps de sacrifice (1semaine, 5semaines, 6mois)

1. 1 semaine après implantation :

- Pour le groupe caillot sanguin : on retrouve des cellules mésenchymateuses à la périphérie des murs sinusiens,
- Pour le groupe os autogène : L'architecture du prélèvement osseux est intacte, les cellules mésenchymateuses ont envahi aussi le centre de la greffe et la périphérie, on retrouve des cellules cuboïdes géantes multinucléées ressemblant à des ostéoblastes.
- Pour le groupe BHA : un grand nombre de cellules fibroblastiques sont présentes mais pas de cellules multinucléées ni de résidus de caillot sanguin

2. A 5 semaines :

- Pour le groupe caillot sanguin : la partie antérieure du sinus présente de l'os lamellaire mature et activité ostoclastique et ostéoblastique active.
- Pour le groupe os autogène : les résidus d'os autogènes ne sont plus différenciables mais on observe une architecture osseuse semblable à celle du prélèvement, l'os est toujours immature avec une activité ostéoblastique encore présente mais les particules osseuses ne sont plus visibles

- Pour le groupe BHA : les particules sont liées par de l'os nouvellement formé et sont entourées par cet os mais pas d'os au centre encore de la greffe. On trouve des ostéoclastes au niveau des particules et l'activité ostéoblastique se concentre au centre de la greffe.
3. A 6 mois postopératoire : Pour les groupes os autogènes et caillot sanguin, on ne note plus de différence de densité osseuse.

Analyse histomorphométrique :

Time	Blood clot	Autogenous bone chips	BHA	Pvalue
Augmented area mm²				
1 week	41.8 (3) (38.8–44.7)	46.9 (5.4) (42.7–53)	46.8 (6.4) (38–52.3)	0.44
5 weeks	20 (8.9) (11.5–29.2) ^a	35.1 (7.6) (27.5–42.8)	47.5 (2.1) (45.1–49.1) ^a	0.008
6 months	10.5 (6) (5.8–17.2) ^a	23.9 (9.2) (15.3–33.6) ^b	43.8 (1.9) (42.1–45.8) ^{a,b}	0.0021
% bone				
1 week	1 (0.6) (0.4–1.6) ^a	0.3 (0.1) (0.2–0.3)	0.1 (0.1) (0–0.3) ^a	0.027
5 weeks	31.7 (12.6) (20.1–45.2)	32.7 (2.3) (30.2–34.8)	14.8 (2.1) (12.8–16.9)	0.046
6 months	22.4 (7.1) (14.7–28.9)	18.7 (6.6) (14.4–26.4)	16 (3.7) (13.1–20.2)	0.47
% filler				
1 week	NA	22.7 (3.1) (20–26)	42.7 (3.9) (38.5–47.7)	0.0008
5 weeks	NA	NA	40.3 (3.1) (37.5–43.6)	–
6 months	NA	NA	34.9 (5.1) (30.8–40.6)	–
% soft tissues				
1 week	99.1 (0.6) (98.4–99.7) ^{a,b}	77.1 (3.2) (73.7–80) ^{a,c}	57.2 (3.9) (52.3–61.4) ^{b,c}	<0.0001
5 weeks	68.3 (12.6) (54.8–79.9) ^a	67.3 (2.3) (65.2–69.8) ^b	45.7 (2.1) (43.7–47.8) ^{a,b}	0.017
6 months	77.6 (7.1) (71.2–85.3) ^a	81.3 (6.6) (73.6–85.6) ^b	49.2 (4.5) (44.8–53.7) ^{a,b}	0.0013

Values in bold are the principal values.
a,b,c significant Scheffe multiple comparisons (P<0.05).

Fig. 18 : Aire augmentée et résultats de l'histomorphométrie

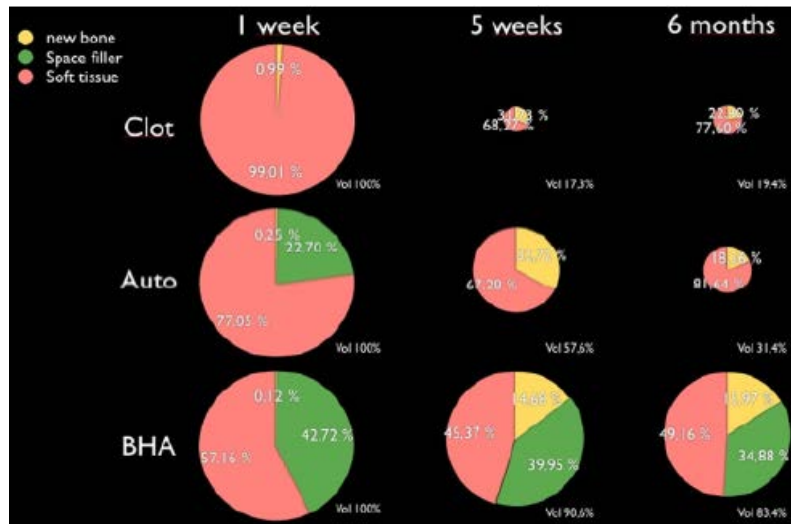


Fig.19 : les graphiques montrent les proportions moyennes d'os nouvellement formé (jaune), de matériau de comblement (vert) et de tissus mous non calcifiés, prenant en compte l'augmentation osseuse.

1. Pour l'aire augmentée : à une semaine on ne note pas de grande différence parmi les groupes. A 5 semaines BHA > os autogène > blood clot, idem à 6 mois (valeurs cf. fig. 18)
2. Pour le pourcentage d'os par rapport au volume greffé : il est très faible au début et à 5 semaines pour les groupes caillot sanguin et os autogène (env.31 et 32%) par rapport au groupe BHA qui est à 14.8%. Enfin à 6 mois pour le groupe caillot sanguin, le pourcentage d'os est à 22% et pour le groupe os autogène il est de 18.7%. Pour le groupe BHA, il atteint 16%.
3. Densité du tissu de régénération : à 6 mois, la densité du tissu de régénération était statistiquement plus haute avec le BHA qu'avec les autres groupes.

Conclusion :

Au début, l'os autogène et le caillot sanguin permettent une plus grande régénération osseuse notamment car le caillot sanguin est un excellent vecteur de facteurs de croissance. Cependant, les groupes os autogène et BHA montrent à contrario du groupe caillot sanguin un envahissement complet par les cellules mésenchymateuses avec un gradient de maturité de l'os nouvellement formé montrant ainsi une évolution centripète du processus de régénération osseuse. L'os nouvellement formé suite à la greffe d'un simple caillot sanguin montre qu'il peut permettre une régénération osseuse mais les propriétés mécaniques du caillot sanguin n'étant pas suffisantes, on constate une ré-expansion du sinus (perte de plus de 80% du volume greffé initialement)

Le BHA (bovine hydroxyapatite) est envahi complètement par les cellules mésenchymateuses et permet ainsi une régénération totale de la greffe. Sa stabilité dans le temps et son remodelage lent en font un matériau adéquat pour les régénérations du sinus.

- *Chappard et coll. 2009*

Etude incluant 14 patients chez qui on réalise des soulèvements de sinus avec comme biomatériau de comblement du β TCP (70-80%) et des particules d'os autogène prélevé au menton (20-30%) que l'on mélange avec le sang du patient pour obtenir une pâte pour avoir une manipulation aisée. On réalise un CT scan avant le soulèvement de sinus et un CT scan avant le placement des implants. Après 6 à 12 mois de cicatrisation, on réalise des biopsies avant le placement des implants. Les auteurs recherchent un matériau de substitution osseuse qui permettrait d'éviter le prélèvement d'os autogène mais donnerait une trame tridimensionnelle pour l'ostéoconduction.

Résultats : le CT scan n'a été possible que pour 13 patients seulement. Les paramètres suivants ont été mesurés :

- 1) Le volume de tissu calcifié représentant le pourcentage de toute matière radio opaque (β TCP et os trabéculé) : en moyenne 7.25 mm³
- 2) Le volume de matériau représentant le pourcentage de β TCP résiduel mis en évidence par une radio opacité plus importante : en moyenne 8.46% (moyenne 8.45 mois de cicatrisation)
- 3) Le volume d'os (soustraction num1- num2) soit le montant d'os qui a proliféré entre les granules : en moyenne 27.22%

L'analyse histologique révèle que les granules sont couverts par de l'os ancré à la surface. Dans certaines parties, le biomatériau est complètement entouré par de l'os. La quantité de biomatériau résiduel est de l'ordre de 5 à 10%. L'analyse histologique révèle la présence d'un tissu de connexion non inflammatoire entre les granules de β TCP, les trabécules d'os nouvellement formé et les particules d'os autogène. Ce tissu est hautement vascularisé avec de nombreux capillaires sinusoides. Au centre de ce tissu, de nombreux macrophages contiennent des minuscules grains de β TCP.

	Duration of the graft (in months)	TV (in mm ³)	MatV/TV (in %)	BV/TV (in %)
1	12	13.00424	5.82	33.88
2	9	4.66237	16.42	27.41
3	7.8	8.59472	4.59	28.17
4	7.8	ND	ND	ND
5	9.8	9.85468	1.68	30.95
6	6	6.64988	0.90	15.27
7	9	5.89204	1.55	33.76
8	9.7	4.29715	21.19	11.19
8	7	8.25443	20.35	22.18
10	7.4	7.57283	8.80	22.02
11	6.8	5.27232	2.90	26.14
12	11	7.24843	4.72	44.38
13	8	4.43233	18.83	42.58
14	7	8.51736	2.17	15.97
Mean	8.45	7.25	8.46	27.22
Standard deviation	1.71	2.48	7.81	10.05

Fig.20 : Mesures histomorphométriques obtenues des biopsies osseuses des patients qui ont bénéficié d'un soulèvement de sinus avec du β TCP et des particules d'os autogène.

- Wang et coll. 2009

Etude sur l'effet d'un soulèvement de sinus maxillaire dans un modèle animal canin important par l'utilisation d'un complexe de β TCP et d'ostéoblastes autogènes.

Matériel et méthode : On réalise des soulèvements de sinus bilatéraux chez 6 chiens adultes Beagle. Dans un premier temps, on réalise un prélèvement rétro molaire et on met en culture des ostéoblastes issus de l'os autogène. Dans un deuxième temps, on pratique les extractions des molaires postérieures maxillaires 8 semaines avant la chirurgie sinusienne. Pour la chirurgie, on répartit les 12 soulèvements de manière aléatoire en 3 groupes :

- Groupe A : greffe d'un complexe de β TCP et d'ostéoblastes
- Groupe B : β TCP seul
- Groupe C : os autogène prélevé à la crête iliaque

Résultats :

- Culture cellulaire : les cellules prélevées et cultivées à partir de l'os autogène maintiennent leur phénotype ostéoblastique après leur expansion in vitro
- Adhésion et étalement des ostéoblastes sur le β TCP : 24 heures après la greffe des ostéoblastes sur le β TCP, on remarque que la structure de ce dernier facilite l'adhésion initiale des ostéoblastes à sa surface.
- Analyse de la hauteur et du volume : après 24 semaines de cicatrisation le volume augmenté des sinus était respectivement pour le groupe A, le groupe B et le groupe C de 0.75 \pm 0.21mL, 0.59 \pm 0.19mL, 0.51 \pm 0.23mL. On note donc que A> B ou C (sans différence significative entre B et C).

- Microdureté : la microdureté (mesurée en degrés Vickers) était respectivement pour le groupe A, le groupe B et le groupe C de 543.3+/-94.7HV, 380.5+/-54.1HV, 358.5+/-68.2HV. On note donc que A> B ou C (sans différence significative entre B et C). La microdureté du groupe β TCP/ostéoblastes est augmentée et ceci aura un effet positif sur l'implantation et la mise en charge des implants.
- Paramètres calculés :
 - o Surface en cours de minéralisation (MS/BS) : AB>C
 - o Taux d'apposition minérale (MAR) : A>B>C
 - o Taux de formation osseuse(BFR) : A>BC

Conclusion : L'ingénierie tissulaire (complexe β TCP/ostéoblastes autogène) maintient la hauteur et le volume augmenté du sinus maxillaire et améliore drastiquement ses qualités mécaniques (force de compression) quand comparé au β TCPseul ou à l'os autogène seul.

- Canullo et coll. 2008

Dans cette étude, on réalise des soulevés de sinus chez 16 patients n'ayant plus que 1 à 3 mm d'os résiduel au maxillaire et on utilise comme biomatériau de comblement de l'hydroxyapatite nanocristallin entouré d'un gel de silice (NanoBone®). Les patients sont répartis de manière aléatoire dans deux groupes : le groupe A pour lequel on attend 3 mois de cicatrisation et le groupe B pour lequel on attend 6 mois de cicatrisation.

Au terme de la cicatrisation, on prélève des biopsies en lieu et place des implants à l'aide d'une tréphine osseuse et on pratique une étude histologique.

	Groupe A	Groupe B
Os régénéré	8+/-3.34 %	48+/-4.63 %
Nanobone résiduel	45+/-5.1 %	28+/-5.33 %
Moelle osseuse	47+/-6.81 %	24+/-7.23 %

- Szabö et coll. 2001

Dans cette étude, on réalise chez 4 patients des soulevés de sinus bilatéraux. Une panoramique préopératoire est réalisée puis un scanner. On reprend une panoramique après la greffe des sinus, puis à 6 mois après la pose des implants. On réalise un comblement avec de l'os autogène que l'on collecte par un prélèvement iliaque gauche et l'autre comblement est réalisé avec du Cérasorb (β TCP sous forme pure). Après 6 mois de cicatrisation, on pose les implants dans les sites de prélèvements des biopsies préalablement réalisées (4 biopsies par patients, soit 16 en tout).

Résultats :

	Expérimental side (Cerasorb)				Control side (autogenous bone)			
	Total area (mm ²)	Graft area (mm ²)	Bone area (mm ²)	Soft tissue area (mm ²)	Total (mm ²)	Graft area (mm ²)	Bone area (mm ²)	Soft tissue area (mm ²)
1 Sample 1	12.63	1.03 (8.1%)	2.67(21.2%)	8.93 (70.7%)	13.39	1.20 (8.9%)	2.70(20.16%)	9.49 (70.94%)
Sample II	10.52	0.82 (7.7%)	3.15(29.9%)	6.55 (62.4%)	10.90	0.92 (8.45%)	3.02 (27,75%)	6.96 (63.8%)
2 Sample 1	4.73	1.43 (30.23%)	0.66(13.9%)	2.64 (55.87%)	10.43	1.01 (5.7%)	4.40 (42.2%)	5.02(52.1%)
Sample II	9.30	2.01 (21.62%)	1.80(19.35%)	5.49 (59.03%)	9.58	0.70(11.6%)	3.95 (41.2%)	4.93 (47.2%)
3 Sample 1	11.02	1.01 (9.3%)	3.95 (35.8%)	6.06 (54.9%)	5.35	0.53 (10.0%)	2.17 (40.5%)	2.65 (49.5%)
Sample II	9.26	0.81 (8.7%)	3.06 (33.0%)	5.39 (58.3%)	8.82	0.69 (7.83%)	4.01 (45.47%)	4.12 (46.7%)
4 Sample 1	11.15	1.32 (11.8%)	4.21 (37.70%)	5.62 (50.50%)	8.49	0.70 (7.99%)	3.56(42.19%)	4.23 (49.82%)
Sample II	10.32	0.96 (9.03%)	4.52 (44.08%)	4.84 (46.89%)	11.08	0.61 (5.52%)	4.09 (36.9%)	6.38 (57.58%)

Fig. 21 : Données morphométriques des spécimens issus des biopsies, avec le groupe expérimental (Cérasorb®) et le groupe contrôle (os autogène)

Histologiquement, côté témoin, à 6 mois on observe de l'os lamellaire mature avec des ostéocytes prisonniers dans leur lacune témoignant d'une activité de remodelage restreinte. Des particules d'os autogène restant peuvent être vues chez 4 patients mais elles sont partiellement résorbées. Du côté test, des particules restantes de Cérasorb sont clairement identifiables et elles sont entourées d'os nouvellement formé, de tissu ostéoïde et de tissu mou (vaisseaux sanguins et tissu de connexion) en proportion variable. On note également la présence d'os de type lamellaire déposé à la surface des particules restantes.

Suite à l'analyse de la littérature, nous allons résumer dans un tableau ces différentes études et tirer les conclusions qui en découlent quant au β TCP et HA.

3) Tableau récapitulatif des différentes études sur le TCP et l'hydroxyapatite

Auteurs	Etude clinique = nombre de patients	Etude expérimentale = nombre de sujets	Protocole	Temps de cicatrisation (en mois)	Matériau	type d'évaluation	résultats
<u>Ziderveld et coll. 2009</u>	20		2 temps	5	βTCP (Cerasorb) vs.os autogène	Radiologique	Entre T0 (chir sinus) et T1(placement des implants 6 à 9 mois), TBV (total bone volume) diminue mais pas de différences par la suite. Atteinte TBV final plus précocement par os auto
<u>Wiltfang et coll. 2002</u>		7 cochons nains + 2 cochons témoins	1 temps	20 (86 semaines)	αTCP vs. βTCP	Microradio/microangiographie/histologie	A 86 semaines, βTCP (3% restants)>αTCP(5% restants). A 46 semaines, le bone contact surface <25%
<u>Knab et coll. 2008</u>	20		2 temps	6	TCP C (ratio 4/1 TCP os autogène) 35% porosité vs TCP CM(ratio 4/1 TCP os autogène) 65% porosité	Immunohistochimie/Histomorphométrie	<i>Région apicale</i> : pr TCP C 26,7+/-9,9% de fraction osseuse/42,3+/-14,6%particules, pr TCP CM 35,5+/-12,3% de fraction osseuse/24,7+/-12,5%particules. <i>Région centrale</i> : pr TCP C 31,7+/-9,1% fraction osseuse/13,7+/-11,6% particules, pr TCP CM 40,3+/-% fraction osseuse/1,6+/-2,6% particules
<u>Handschele et coll. 2009</u>	34		1 temps chirurgical pour 10 soulevés/2 temps pour 32 soulevés	9	HA + os autogène	Histomorphométrie	29 % os nouvellement formé, 21% biomatériau restant, 50 % espace rempli de moelle
<u>Horch et coll. 2006</u>	16		2 temps	20 (86 semaines)	βTCP pur vs. βTCP + os spongieux	radiologique/ultrasonore	A 1 an, 85% βTCP pur résorbé vs. 65% βTCP + os autogène. A 86 semaines, reste en moyenne 3% matériau
<u>Frenken et coll. 2010</u>	6		2 temps	6	60% HA/40% βTCP (Bone Ceramic)	histologique/histomorphométrique	TBV = 27,3% , Surface osseuse = 4,5mm ² /mm ³ , Epaisseur trabéculaire = 132,1μm
<u>Aral et al. 2007</u>		3 moutons/6 soulevés	1 temps	12	βTCP côté test, os autogène témoin	histologique/histomorphométrique	BIC (Bone Implant Contact) = 36 +/- 5% βTCP, BIC = 37+/-3% os autogène
<u>De Vicente et coll. 2010</u>	34 (42 soulevés)		0	9	HA + os autogène du volet latéral	histologique/histomorphométrique	HA restantes = 21+/-7%, os nouvellement formé = 29+/-6,6%, Tissu fibreux de connexion = 50+/-4,5%
<u>Schlegel et coll. 2009</u>	41 (44 soulevés)	6 cochons (9 defects)	2 temps	6	groupe 1 : os autogène, gp 2 : βTCP, gp 3 : HA	microradiographie	gp 1 et 2 : environ 50% d'os nouvellement formé, gp 3 : environ 45% d'os nouvellement formé

Zerbo et coll. 2003	5 (10 soulevés)		2 temps	6	βTCP test/ os autogène témoin	histologique/histomorphométrique	test : 19% os nouvellement formé, témoin : 41% os nouvellement formé
Galindo-Moreno et coll. 2004	5 (10 soulevés)		2 temps		HA/Novabone (CaP)		Echec des mesures
Artzi et coll. 2008	28		1 ou 2 temps	6 à 9 mois	HA + βTCP (Straumann Bone Ceramic)	histologique/histomorphométrique	TBV à 6mois = 28%, TBV à 9 mois = 42%. Particle area à 6 mois = 25+/-11,6%, à 9 mois = 23,5+/-9,3%
Zerbo et coll. 2005	3		2 temps	6	βTCP	histologie seulement	cellules migrent en direction apicales à partir os natif maxillaires à travers le βTCP via le caillot sanguin.
Garlini et coll. 2010	26 (27 patients)		1 temps	11 ans	88%HA + 9,5% collagène 1	radiologique	A 11 ans, 1,8mm de résorption en moyenne
Stiller et coll. 2008	2		2 temps	6	βTCP 35% porosité + sang veineux vs βTCP 65% porosité+ sang veineux	radiologique/synchrotron μCT/histomorphométrie	1)53,3 à 54,9% fraction osseuse, 2)38,8 à 39 % fraction osseuse
Shayesteh et coll. 2008	7 (11 soulevés)		2 temps	3	60% HA/40% βTCP + cell.mesenchym.	radiologique/histomorphométrique	hauteur initiale moyenne sinus = 2,25mm/hauteur du sinus à 3 mois = 12,08mm/hauteur du sinus à 12 mois = 10,83mm/ os nouvellement formé = 41,34%.
Lambert et coll. 2011		15 lapins (30 soulevés)	juste soulevés	6	gp 1 : sang, gp 2 : BHA, gp 3 : os autogène		A 5 semaines, il ne reste que 19,4% volume du caillot greffé, 57,6% os autogène greffé et 96.6% BHA. A mois, il reste 17,3% volume initial du caillot, 31,4% os autogène, 83,3% BHA.
Chappard et coll. 2009	14		2 temps	6 à 12	βTCP (70-80%) + os autogène + sang	scannographique/histologique	volumede tissu calcifié = 7,5mm3/ volume de matériau résiduel = 8,46%/os nouvellement formé = 27,22%.
Wang et coll. 2009		6 beagles (12 soulevés)	juste soulevés	6	gpA : βTCP + ostéoblastes, gpB : βTCP seul, gp C : os autogène		Volume de sinus augmenté A>B ou C, microdureté : A>B>C avec A = 543,3HV/B = 380,5HV, C = 358HV, Surface en cours de minéralisation AB>C, taux d'aposition minérale A>B>C, Taux de formation osseuse A>BC.
Canullo et coll. 2008	16		2 temps	3 pour groupe A/6 pour groupe B	HA nanocristallin (Nanobone)	histologique/histomorphométrique	Os régénéré : A=8+/-3,34%/B = 48+/-4,63%, matériau résiduel : A=45+/-5,1%/B=28+/-5,33%, moelle osseuse : A=47+/-6,81%/B=24+/-7,23%.

Conclusion :

La littérature rend donc compte que le β TCP permet une formation osseuse équivalente en quantité à celle de l'os autogène (Wang et al.2009) mais cela à 9 mois de cicatrisation après la greffe car à 6 mois, l'os autogène permet une formation osseuse nettement supérieure (Ziderveld et al. 2009, Chappard et al. 2009, Artzi et al.2008 ; Zerbo et al.2003, Shayesteh et al. 2008, Horch et coll.2006). Les cellules semblent migrer à partir de l'os natif maxillaire via le caillot sanguin à travers le β TCP (Zerbo et al. 2005) et ceci d'autant plus facilement que le taux de porosité du matériau est grand (jusqu'à 65% de porosités pour Knab et coll.2008).

L'hydroxyapatite est un matériau qui présente également des résultats satisfaisants quant à la néoformation osseuse (Handscchel et coll. 2009, Frenken et coll.2010, Canullo et al. 2008, Shayesteh et al.2008, Schlegel et al.2009, De Vicente 2010) mais dont la résorption est nettement plus longue (entre 6 mois et 2 ans, Garlini et al.2010). Cependant ce matériau semble apporter une certaine dureté et une résistance au matériau qui permettent d'encourager la néoformation osseuse de manière prolongée.

Cependant, il est à noter que les résultats semblent assez inégaux et ceci semble être explicable par le manque de niveau de preuve scientifique. En effet, les études actuelles ne bénéficient pas de l'inclusion d'un nombre de patients suffisants avec une randomisation pour permettre de reconnaître des statistiques probantes.

Il serait donc intéressant à terme de mettre en œuvre des études qui permettraient par la rigueur et leur niveau de preuve de faire parler les statistiques.

Nous allons maintenant nous intéresser à un biomatériau particulier, composé d'hydroxyapatite et de β TCP.

4) Un cas particulier : le MatriBONE™

Le Matri™BONE est une matrice minéralisée

✿ Spécifications générales

Matri™BONE est une matrice minéralisée et composée de collagène de type I et III porcin, extrait de peaux et de substitut osseux synthétique, mélange d'HA/TCP. Son épaisseur est d'environ 6mm. Matri™ BONE a été conçu pour permettre la régénération osseuse dans le cas de defect osseux de faible volume pour lesquels aucune résistance mécanique n'est requise. Lorsqu'il est sec on peut le découper si nécessaire mais une fois humidifié (matériau très hydrophile et pouvant être mélangé avec du sérum physiologique ou du sang), il forme un conglomerat malléable qui ne disperse pas. Le collagène de Matri™ BONE est résorbable et le substitut utilisé est promis par le fabricant comme pouvant être remodelé en 3 mois.

✿ Caractéristiques techniques

I Description physico-chimique

Matri™BONE est un produit composé de collagène extrait à partir de peaux de porc et d'un substitut osseux (HA – β TCP) synthétique. Dans le cas de l'étude actuelle, le substitut osseux présente un ratio HA : TCP de 60 / 40 et une granulométrie de 0,5 à 1mm. La proportion massique du substitut osseux et du collagène est 90/10.

Grâce à la structure de ce collagène, sa remise en forme conduit à l'obtention d'une éponge à la fois maniable mais permettant d'éviter l'effritement du substitut osseux sous forme sèche et humide. La matrice est résorbable et biocompatible.

II Structure et propriétés mécaniques

- Rôle du substitut osseux :

Le substitut biphasique (BCP) est un mélange d'HA - β TCP synthétique (Hydroxyapatite / Tri Calcium Phosphate). Ce BCP permet d'associer la stabilité de l'HA (support d'adhésion pour les ostéoblastes) et la résorption du TCP (libération d'ions). Le produit est constitué de macropores qui servent à guider les cellules en profondeur du matériau (ostéoconduction), la présence de collagène exerce également un chimiotactisme sur les cellules et assure leur support. Les ostéoblastes ayant colonisé le matériau vont métaboliser le collagène et le substitut osseux et former à la place un tissu osseux différencié. L'os néoformé subit rapidement un remodelage osseux.

Le volume osseux augmente progressivement aux dépens du BCP. La rapide réhabilitation du BCP grâce à l'importance de sa porosité permet d'augmenter ses propriétés mécaniques au cours de la transformation osseuse ; le matériau va acquérir celles de l'os spongieux ou cortical selon son site d'implantation. Il est important de contrôler le processus de résorption substitution osseuse, nécessaire à un véritable substitut osseux. Le BCP par son mélange HA et β -TCP équilibré, et sa structure micro-macroporeuse, permet cette cinétique.

La microporosité (pore < 10 μ m) permet la diffusion des fluides biologiques. Les phénomènes de dissolution des cristaux (essentiellement le TCP) provoquent la libération d'ions dans les fluides biologiques. Cette saturation en ions conduit à une précipitation cristalline (produite en présence des propres protéines du patient) constituée de cristaux d'apatites biologiques identiques aux cristaux d'os.

Cette précipitation à court terme permet d'augmenter les propriétés mécaniques initiales et constitue désormais la nouvelle interface avec les cellules et les tissus, et non plus une surface synthétique.

- Rôle du collagène :

La présence de collagène permet d'assurer une hémostase au moment de la pose du produit et fournit aux cellules une architecture dans laquelle elles peuvent migrer afin de coloniser tout le matériau. La dégradation du collagène libère des acides aminés, source nutritive pour les cellules.

✿ Intérêts de Matri™BONE

- Ostéoconduction

La présence de collagène dans Matri™BONE le rend hémostatique. Après pénétration de l'éponge par les ostéoblastes, le substitut osseux est progressivement dissout pour permettre la formation d'un néo-os, c'est l'ostéoconduction.

La première indication de Matri™BONE est l'hémostase : au contact du sang en provenance de l'os, la matrice de collagène gonfle et absorbe le sang. Le contact du sang avec le collagène provoque l'agrégation plaquettaire et déclenche la cascade de la coagulation. L'afflux de sang dans la matrice permet la colonisation du matériau par des cellules et des facteurs de croissance éléments précurseurs de la régénération osseuse.

Dès l'implantation, la présence d'HA et de TCP fournit respectivement l'architecture et l'apport en ions nécessaire à la minéralisation du tissu aux ostéoblastes. Le collagène est complètement résorbé après 1 mois alors que le substitut osseux persiste et permet un remodelage osseux en 3 à 6 mois en fonction de l'indication et de la qualité du tissu osseux.

- Facilité d'utilisation

Le Matri™BONE de par sa forme innovante promet une maniabilité accrue car lorsqu'il est en forme sèche, le matériau ne se délite pas et peut être très facilement découpé si nécessaire. Lorsqu'il est humidifié, sa matrice de collagène permet aux granules de tous tenir dans ce conglomérat qui permet une insertion facilitée.

- Utilisation en cas de perforation de la membrane sinusienne

Lorsqu'il est humidifié, Matri™BONE est un matériau très doux et permet une fois compacté dans le sinus de ne pas être agressif envers la membrane sinusienne.

D'autre part, si on observe une perforation de petite taille de cette dernière, le matériau de par sa matrice reste en place et ne se délitera pas, d'où sa possible insertion malgré cet aléa.

La littérature scientifique valide donc l'utilisation de matériau à base de β TCP et d'hydroxyapatite et le Matri™BONE promet d'être un matériau innovant quant à son utilisation dans les soulèvements de sinus. Nous proposons donc un protocole d'évaluation clinique qui permettrait de tester ce biomatériau.

✿ Justifications de l'utilisation de ce matériau, en quoi peut-il être novateur ?

- Matériau purement synthétique :

En tout premier lieu, ce matériau permet d'éviter un deuxième site chirurgical qui est nécessaire si l'on prélève de l'os autogène.

Le mélange β TCP/HA garantit une phase purement synthétique au matériau, ce qui permet d'éviter les risques de contamination aux ATNC que l'on peut rencontrer avec des matériaux alloplastiques ou xénogéniques. Cependant, cette considération nécessite d'être tout de même pondérée puisque la matrice est constituée de collagène de type 1. Or, à l'heure actuelle les biomatériaux de substitution comportant des collagènes n'incluent pas de collagènes de synthèse étant donné le coût encore trop élevé de cette technologie. Les collagènes sont donc extraits et notamment dans ce cas à partir de collagènes porcins. La notion de purement synthétique n'est donc pas vraie à proprement parler.

- Formule de présentation nouvelle :

- Meilleure manipulation : le matériau est sous forme d'une éponge que l'on peut facilement découper sous sa forme sèche. Une fois gorgé de sang ou de sérum physiologique, la trame collagénique du matériau garantit un maintien optimal de ce dernier. Lors de son insertion, ce conglomerat de matériau peut facilement être maintenu par l'aide-opérateur pendant que l'opérateur procède à son insertion et à sa condensation. De part sa texture non agressive, le matériau peut être condensé de manière optimale sans risque de perforation de la membrane.
- Maintien du matériau dans les 3 dimensions : la trame collagénique liant le matériau lui permet un maintien dans l'espace une fois inséré. Cela permet la mise en place de ce matériau malgré la présence de perforation de la membrane sinusienne.

III. Les questions concernant le MatriBone™ et son utilisation dans le sinus : proposition d'un protocole d'évaluation du MatriBone™ dans le cadre des soulèvements de sinus

1) Objectifs et Hypothèses

✿ Objectif principal

L'objectif de cette étude est de montrer qu'un nouveau matériau de comblement sinusien fait de phosphate de calcium et d'hydroxyapatite sous une forme inédite permet de gagner suffisamment de hauteur d'os pour permettre la mise en place d'implants sous-sinusiens.

Ce matériau permettra de réduire le temps d'intervention, de simplifier les suites opératoires (prélèvement, déchirure de la membrane schneidérienne) et d'avoir une meilleure maniabilité.

L'objectif principal est donc de démontrer la pertinence d'une nouvelle forme de biomatériau dans les greffes sinusiennes.

✿ Type d'étude

Etude préliminaire

✿ Critères de jugement

Le critère de jugement principal est un gain d'os nouvellement formé suffisant pour permettre la mise en place d'implants sous-sinusiens. Les implants de 10 mm sont mis en place avec un torque de 35 N à 6 mois post greffe.

✿ Objectifs secondaires

- Analyse histologique
- Temps d'intervention réduit par rapport à un prélèvement autogène
- Facilité de manipulation pour le praticien
- Matériau participant activement à ne pas perforer la membrane schneidérienne
- Si perforation de cette dernière, pas de délitement du matériau
- Suites opératoires et douleur minimisées
- Densité osseuse de l'os néoformé au forage

2) Population étudiée

✿ Description et effectifs de l'échantillon

Pour réduire la période de recrutement et pour réaliser une étude guide nous nous limiterons au recrutement des cinq premiers patients présentant une hauteur d'os alvéolaire insuffisante pour permettre la mise en place des implants.

✿ Source de recrutement des patients

Les cinq premiers patients qui se présenteront au centre de consultations et de traitement dentaire (6-7 place Depéret – 69 007 Lyon), et qui répondront aux critères d'inclusion.

✿ Critères d'inclusion

- Patients ayant donné par écrit leur consentement éclairé
- Patients âgés de plus de 18 ans
- Patients présentant un édentement dans la région postérieure maxillaire sous-sinusienne avec une hauteur d'os résiduel insuffisante pour permettre la mise en place d'implants
- Patients présentant un édentement supérieur à 3 mois.

✿ Critères de non inclusion

- Forte résorption osseuse. La hauteur d'os résiduel doit être d'au moins 1 mm
- Réhabilitation prothétique impossible
- Patients incapables à donner leur consentement éclairé pour des raisons légales, psychiques ou linguistiques
- Difficulté de suivi (mutation imminente, motivation insuffisante)
- Femme enceinte, patient mineur
- Patients présentant un risque d'endocardite infectieuse, de transmission de maladie de Creutzfeld Jacob
- Patients présentant un déficit immunitaire grave ou acquis
- Patients présentant une affection maligne, un antécédent de radiothérapie dans la région maxillaire
- Patients présentant une hémopathie grave, une hémophilie, une insuffisance rénale chronique, une maladie auto-immune, une affection nécessitant ou devant nécessiter une transplantation d'organes, un diabète mal contrôlé, une ostéoporose, une polyarthrite rhumatoïdale ou une maladie psychiatrique
- Patients sous antimitotique ou immunosuppresseur, sous corticoïdes à forte dose
- Patients toxicomanes, éthylo-tabagique

3) Matériel et protocole, évaluation

✿ Description du traitement

Réalisation d'un soulevé de sinus et utilisation d'un biomatériau de comblement alloplastique (hydroxyapatite – phosphate tricalcique) sous une forme innovante, dans le cadre d'un projet de réhabilitation orale implantaire.

La réhabilitation implantaire n'aura lieu que dans un deuxième temps.

Le biomatériau (le Matri™BONE©) est fourni par la société BIOM'UP (Biom'Up - Parc Technologique de Lyon - 8, allée Irène Joliot Curie - 69800 Saint-Priest - France -Tél : +33 (0)4 86 57 36 10).

✿ Inscription de la démarche chirurgicale dans le projet implanta-prothétique

Le soulevé de sinus s'inscrit dans un projet prothétique avec guide radiologique permettant de valider ou d'infirmer la pertinence et la possibilité de réaliser un tel acte avant-projet implantaire.

L'étude ne compromet en rien le plan de traitement de réhabilitation orale pour le patient.

A la suite d'empreintes primaires à l'alginate, on fait réaliser un guide radiologique en résine transparente avec des dents barytées dont l'axe aura été préalablement perforé afin de servir de repère.

Lors du scanner, le patient portera son guide en occlusion. L'étude de l'examen scannographique permettra de déterminer la hauteur d'os résiduelle et permettra donc de poser l'indication du soulevé de sinus.

✿ Protocole préopératoire

La prescription préopératoire consiste en :

- Antibiotiques : amoxicilline (famille des pénicillines) 2 g/24h à commencer la veille de l'intervention et à continuer pendant 7 jours si pas d'allergie à cette famille de molécules. Si tel est le cas : clindamycine (macrolides apparentés) à 600mg ou 900mg/24h à commencer la veille de l'intervention et à continuer pendant 7 jours.
- Anti-inflammatoires : prednisolone (Cortancyl®) à 60mg en une prise unique le matin, à commencer le matin de l'intervention et à continuer pendant 3 jours.
- Antalgiques : association de paracétamol et de codéine (niveau 2)
- Antiseptique local : bain de bouche à base de chlorhexidine à ne commencer que 24 heures après l'intervention.

L'utilisation d'antibiotiques permet de minimiser le risque infectieux au moment de l'intervention. Les anti-inflammatoires permettront de limiter l'œdème et l'inflammation, et les antalgiques agissent contre la douleur.

Cette prescription préopératoire sera systématique.

✱ Protocole per-opératoire

Le patient effectue un bain de bouche à base de chlorhexidine diluée (0.12%) pendant 3 minutes. On réalise ensuite une désinfection externe à base de bétadine verte puis une désinfection interne toujours à base de bétadine verte.

Anesthésie de type para-apicale et trans-gingivale avec des carpules de scandicaine 1/100 000.

Incisions : une incision crestale puis une décharge mésiale et une décharge distale.

Décollement d'un lambeau de pleine épaisseur en préservant le périoste.

Avec une fraise tungstène boule de gros diamètre, montée sur pièce à main, on délimite les contours d'une fenêtre osseuse classique et on pèlera l'os jusqu'à commencer à voir par transparence la membrane schneidérienne. On prendra alors une fraise diamantée de gros diamètre on effectuera de même jusqu'à éviction complète prudente de l'os.

A l'aide de décolleur de tailles et formes différentes, on réclinera de manière très prudente la membrane, en surveillant constamment sa pneumatization.

Une fois cette dernière suffisamment élevée, on insérera le matériau après hydratation par un mélange de sang du patient prélevé sur le site et de sérum physiologique.

Aucune membrane de fermeture ne sera mise en place. Dans une étude randomisée sur 12 patients concernant l'effet du placement d'une membrane en tant que barrière en regard d'un sinus greffé et de son apport concernant la néoformation osseuse, il est montré une amélioration de cette dernière avec la mise en place d'une membrane (Tarnow et al. 2000). Cependant, ils utilisent dans cette étude une membrane non résorbable (e-PTFE), ce qui implique d'aller retirer cette membrane avec une technique de lambeau et donc une cause supplémentaire de morbidité potentielle. D'autres auteurs (Wallace et al. 2005) ont montré que la formation osseuse était plus importante mais pas significativement lors de l'utilisation d'une membrane non-résorbable ou résorbable (respectivement 16.9% et 17.6% d'os en plus) en comparaison avec des sinus greffés sans utilisation de membrane (12.1%). Ainsi, nous avons choisi de ne pas utiliser de membrane de fermeture malgré l'effet suggéré de celle-ci car souhaitant utiliser une membrane résorbable et n'ayant pas de données sur l'effet à long terme de celle-ci concernant la hauteur osseuse. Nous préservons particulièrement le périoste lors du décollement et il joue le rôle de membrane s'il est préservé.

On fermera ensuite le site de manière étanche par points simples avec du fil de type vicryl 3-0 résorbable.

On évaluera pendant cette phase (cahier d'observation) :

- Le temps d'intervention
- La facilité de manipulation : codifiée en très facile, facile, plutôt difficile et difficile
- Observation clinique du matériau : volume utilisé pour l'hydratation, malléabilité, friabilité
- La présence de perforation de la membrane : oui ou non
- Le délitement du matériau : au cours de la manipulation clinique et après radiographie panoramique

* Protocole post-opératoire

On reverra le patient en contrôle à 1 semaine. On évaluera alors l'intensité des éventuelles douleurs grâce à une EVA.

On reverra ensuite le patient en maintenance tous les mois pendant les 6 mois de cicatrisation. On évaluera alors la présence d'éventuelles complications.

* Deuxième temps chirurgicale : mise en place des implants

Après une période de cicatrisation de 6 mois, on procèdera à un deuxième scanner guide radiologique en place. L'analyse de cet examen permettra le choix d'implants de diamètre et de longueur adaptée. La mise en place des implants se fera après réouverture du site. Le positionnement des implants se fera par un repérage préalable à l'aide du guide radiologique transformé en guide chirurgical. Le premier forage sera fait à l'aide d'une tréphine à os dont le diamètre interne sera de 2 mm et permettra donc de récolter des biopsies afin d'examiner la physiologie osseuse à ce stade.

4) Critères de jugement secondaires

L'évaluation sera de deux types.

✓ **Evaluation pré-greffe**

Mesure du volume osseux résiduel (residual bone height) sur le scanner à l'aide de nos logiciels aux points précis indiqués par l'axe des dents barytées.

✓ **Evaluation post-greffe/pré-implantation**

- Evaluation scannographique : **Mesure du volume osseux gagné** à l'aide de nos logiciels et grâce à un scanner à 6 mois de cicatrisation. Ce scanner s'effectuera guide radiologique en place afin de garder les mêmes axes de mesure que lors du scanner pré-greffe (points de comparaison précis).
- Evaluation histologique : A 6 mois de cicatrisation, on réinterviendra pour la mise en place des implants. On réalisera alors un forage avec une tréphine à os de

2mm de diamètre interne. Les carottes osseuses seront conservées dans du liquide de Bouin. On procédera à une **histomorphométrie** avec le matériel de forage.

- Evaluation clinique : On notera au moment de la pose des implants la **densité au forage et le couple de serrage**.

5) Calendrier de l'étude

✿ Visite 1 : Inclusion des sujets

Tout patient entrant au centre clinique d'investigation (SCTD Lyon) sera candidat potentiel s'il présente un édentement maxillaire dans la région postérieure avec une hauteur d'os insuffisante pour permettre la mise en place d'implants (classe SA – 4)

- Interrogatoire
- Examen clinique exo et endobuccal
- Radiographie panoramique et TIB pour une première estimation du volume osseux

Si ce dernier semble insuffisant est que le patient ne présente aucune contre-indication à l'implantologie, il est alors candidat potentiel à notre étude.

✿ Visite 2

Essayage du montage directeur en cire qui sera transformé en guide radiologique dents barytées perforées dans leur axe, puis remis au patient.

✿ Scanner X

Le patient passe son scanner guide radiologique en occlusion

✿ Visite 3 : visite d'inclusion

- Interprétation du scanner X par le chirurgien-dentiste. Il décide alors si la hauteur d'os résiduel (mesure grâce à son logiciel) est insuffisante et donne lieu à un procédé d'augmentation avant la pose d'implants. S'il s'avère nécessaire, il propose au patient de rentrer dans l'étude.
- Vérification des autres critères d'éligibilité
- Information du patient

Si le patient offre son consentement éclairé et s'il remplit tous les critères d'inclusion et aucun des critères d'exclusion, le patient sera inclus dans l'étude.

- Prescription préopératoire et programmation de l'intervention

✿ Intervention chirurgicale

Réalisation de l'intervention comme indiqué selon le protocole opératoire.

Radiographie panoramique postopératoire de contrôle

Renseignement du cahier d'observation.

✿ Visite de contrôle

Une semaine après l'intervention, ablation des points de suture si cicatrisation suffisante et évaluation de la douleur (renseignement du cahier d'observation)

✿ Maintenance

Visite de contrôle tous les mois pendant 6 à 9 mois afin de s'assurer de l'absence de complications (renseignement du cahier d'observation)

✿ Scanner X préimplantaire

Le patient repasse un scanner guide radiologique en place afin d'envisager la mise en place des implants et de mesurer la hauteur d'os gagnée.

✿ Mise en place des implants à 6/9 mois

- Mise en place chirurgicale des implants selon la technique habituelle mais passage d'un tréphine à os de diamètre interne de 2 mm à la place du premier forêt.
- Conservation des carottes osseuses en attendant analyse dans du liquide de Bouin
- Renseignement du cahier d'observation
- Radiographie panoramique postopératoire de contrôle
- Renseignement du cahier d'observation

✿ Visite de contrôle

Après une semaine, contrôle de l'absence de douleur et de la cicatrisation, ablation des points si cicatrisation suffisante.

✿ Maintenance 3 mois

Contrôle tous les mois.

✿ Mise en place d'une vis de cicatrisation

✿ Réalisation de la prothèse

En fonction de l'édentement, réalisation de la restauration prothétique.

✿ Contrôles et maintenance

Visite de contrôle tous les mois pendant 3 mois, puis tous les 6 mois pendant 2 ans, puis tous les ans.

6) Analyse des résultats

Elle se fera au regard des informations recueillies et des méthodes statistiques employées. Ceci pourra faire l'objet d'une analyse ultérieure.

Histomorphométrie.

IV. Discussion

1) Les résultats escomptés d'une telle étude

Le matériau bénéficie d'une AMM. Tout d'abord nous pourrions mesurer la quantité d'os néoformé et si celle-ci conforte les données de la littérature, puis nous pourrions estimer sa qualité lors de la pose des implants. Nous pourrions estimer l'intérêt d'un tel matériau pour le patient et le bénéfice retiré en terme de confort pour le patient et le praticien, la manipulation de ce matériau, l'intérêt de sa forme innovante, et le temps de cicatrisation nécessaire à l'obtention d'une qualité osseuse suffisante pour la pose des implants.

2) Les limites de ce protocole

Cette étude est une étude pilote, elle nous permettra donc d'obtenir une première idée sur la stabilité du matériau et la néoformation osseuse. Elle permettrait la mise en place d'un étude plus aboutie par la suite.

V. CONCLUSION

Nous avons vu que les soulèvements de sinus étaient une thérapeutique fiable et reproductible pour permettre une augmentation de la hauteur sous-sinusienne si cela est nécessaire pour un projet thérapeutique implantaire.

Le débat se porte aujourd'hui sur le matériau idéal pour cette intervention. En effet, l'os autogène reste le Gold-Standard mais nécessite un site de prélèvement supplémentaire, associant ainsi des comorbidités liées à cette autre intervention. De plus, l'os autogène n'est plus aujourd'hui considéré comme ostéoinducteur lorsqu'il n'est pas pédiculé. Il existe donc à notre disposition de nombreux biomatériaux ostéoconducteurs également pour pallier à cette contrainte et notamment des biomatériaux alloplastiques qui permettent de faire fi des problèmes de transmission virale ou d'ATNC rencontrés avec tous les autres biomatériaux.

L'hydroxyapatite et le β TCP sont des matériaux validés par la littérature scientifique actuelle et permettent d'obtenir la même quantité d'os néoformé qu'avec de l'os autogène. Cependant, il ressort que le temps de cicatrisation pour obtenir ce résultat est plus long, en moyenne 9 mois.

Nous proposons ici un protocole pour une étude pilote concernant cinq patients qui si elle s'avère concluante, permettrait d'envisager une étude plus aboutie et scientifiquement probante. Le matériau testé présente une forme innovante qui permet une facilité d'utilisation accrue et permettrait de combler le sinus même en présence d'une déchirure de la membrane sinusienne. En revanche la densité osseuse à la pose des implants confirme les données de la littérature scientifique. A 6 mois postopératoire, nous avons été obligés de condenser l'os des sites de forage implantaire et la densité osseuse a été suffisante à 9 mois postopératoire. Ce délai semble peu acceptable pour le patient et nécessite donc de revoir la composition du biomatériau afin d'optimiser les propriétés d'ostéoconduction de ce dernier par rapport à l'os autogène.

Bibliographie

- 1) AHN JJ, Cho SA, Byrne G, Kim JH, Shin HI. - New bone formation following sinus membrane elevation without bone grafting: histologic findings in humans. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2011 Jan-Feb; 26(1):83-90.
- 2) AIMETTI M. , Massei G, Morra M, Cardesi E, Romano F. Correlation between gingival phenotype and schneiderian membrane thickness. *Int J Oral Maxillofac. Implants* 2008 Nov-Dec; 23(6) : 1128-32
- 3) ARAL A., Yalçın S., Karabuda ZC., Anil A., Jansen JA;, Mutlu Z. Injectable calcium phosphate cement as a graft material for maxillary sinus augmentation : an experimental pilot study. *Clin. Oral Impl.Res.* 19, 2008; 612-617
- 4) ARTZI Zvi, Miron Weinreb, Guy Carmeli, Rony Lev-Dor, Michel Dard, Carlos E. Nemcovsky. - 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. Epub 2008 May 19
- 5) BAHAT O. - Osseointegrated implants in the maxillary tuberosity : report of 45 consecutive patients. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992; 7 : 459 – 67
- 6) BENLIDAYI ME, Kürkcü M, Oz IA, Sertdemir Y. - Comparison of two different forms of bovine-derived hydroxyapatite in sinus augmentation and simultaneous implant placement : an experimental study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2009 Jul-Aug;24(4):704-11
- 7) BERNARD JP, Belser UC. – 12 années d'expérience clinique du système ITI à l'université de Genève. *J Parodontol Implantol Orale* 2002 ;21(2) : 109-135
- 8) BERTINOTTI (Julien). – Les Implants courts en 2010. – (Thèse : chir dent n°2010 LYO 1D064)
- 9) BOYNE, PJ. – Lectures to Postgraduate course, US Navy Dental School, National Naval Medical Center, Bethesda, MD, 1965 – 1968.
- 10) CANULLO Luigi, Dellavia Claudia. – Sinus lift using a nanocrystalline hydroxyapatite silica gel in severely resorbed maxillae : histological preliminary study. *Clin.Impl.Dent. Rel.Res.*, 11, suppl1, e7-e12.

- 11) CAMBIE (Elsa). - Les different choix thérapeutiques implantaies dans les regions sous sinusiennes atrophies : une technique alternative au soulevé de sinus. – (Thèse : chir.dent : Lyon, 2008, T 9981)
- 11) CHA Jae-Kook Cha, Jung-Chul Park, Ui-Won Jung, Chang-Sung Kim, Kyoo-Sung Cho, Seong-Ho Choi. – Case series of maxillary sinus augmentation with biphasic calcium phosphate : a clinical and radiographic study. J Periodontal Implant Sci 2011;41:98-104 • doi: 10.5051/jpis.2011.41.2.98
- 12) CHAPPARD D, Guillaume B, Mallet R, Pascaretti-Grizon F, Baslé MF, Libouban H. - Sinus lift augmentation and beta-TCP: a microCT and histologic analysis on human bone biopsies. Micron. 2010 Jun;41(4):321-6. Epub 2009 Dec 22.
- 13) CHOI KS, Kan JY, Boyne PJ, Goodacre CJ, Lozada JL, Rungcharassaeng K. The effects of resorbable membrane on human maxillary sinus graft: a pilot study. Int J Oral Maxillofac Implants. 2009 Jan-Feb;24(1):73-80.
- 14) DE VICENTE JC., Hernandez-Vallejo G., Brana-Abascal P., Pera I. Maxillary sinus augmentation with autologous bone harvested from the lateral maxillary wall combined with bovine-derived hydroxyapatite : clinical and histologic observations. Clin Oral Impl Res 2010 Apr 1 ; 21(4) : 430-8
- 15) DACULSI G., Passuti N. Effect of the macroporosity for osseousubstitution of calcium phosphate ceramics. Biomaterials 1990; 11 : 86-7
- 16) DACULSI G., Biphasic calcium phosphate concept applied to artificial bone, implant coating and injectable bone substitute. Biomaterials 1998 ; 19(6) : 1473-78
- 17) DAVARPANAH M., MARTINEZ H. – Manuel d'Implantologie Clinique. Collection JPIO, Editions CdP, 2001.
- 18) FRIEDMANN A, Dard M, Kleber BM, Bernimoulin JP, 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. Epub 2009 Apr 28
- 19) GALINDO-MORENO P, Avila G, Fernández-Barbero JE, Mesa F, O'Valle-Ravassa F, Wang HL. - Clinical and histologic comparison of two different composite grafts for sinus augmentation: a pilot clinical trial. Clin Oral Implants Res. 2008 Aug;19(8):755-9.
- 20) GARLINI G, Redemagni M, Donini M, Maiorana C. Maxillary sinus elevation with an alloplastic material and implants: 11 years of clinical and radiologic follow-up. J Oral Maxillofac Surg. 2010 May;68(5):1152-7. Epub 2010 Feb 13

- 21) GOENE R., Bianchesi C, Huerzeler M, Del Lupo R, Testori T, Davarpanah M, Jalbout Z. – Performance of short implants in partial restorations : 3-year followup of osseotic implants. *Int Congress Oral Implantologists* 2005;14(3) : 274-280
- 22) GHANAATI S, Barbeck M, Orth C, Willershausen I, Thimm BW, Hoffmann C, Rasic A, Sader RA, Unger RE, Peters F, Kirkpatrick CJ. - Influence of β -tricalcium phosphate granule size and morphology on tissue reaction in vivo. *Acta Biomater.* 2010 Dec;6(12):4476-87. Epub 2010 Jul 23
- 23) HANDSCHEL J, Simonowska M, Naujoks C, Depprich RA, Ommerborn MA, Meyer U, Kübler NR. - A histomorphometric meta-analysis of sinus elevation with various grafting materials. *Head Face Med.* 2009 Jun 11;5:12
- 24) JURISIC Milan, Markovic Aleksa, Radulovic Milan, Brkovic Bozidar M.B., Sándor George K. B. Maxillary sinus floor augmentation: comparing osteotome with lateral window immediate and delayed implant placements. An interim report. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008 Dec;106(6):820-7. Epub 2008 Jul 7
- 25) KHAYAT P., Nader N. - The use of osseointegrated implants in the maxillary tuberosity. *Pract Perio Aesthet Dent* 1994: 6 : 53 – 61
- 26) KNABE Christine, Koch Christian, Rack Alexander, Stiller Michael. - Effect of β -tricalcium phosphate particles with varying porosity on osteogenesis after sinus floor augmentation in humans. *Biomaterials* 29 (2008) 2249e2258
- 27) LAMBERT France, Léonard Angélique, Drion Pierre, Sourice Sophie, Layrolle Pierre, Rompen eric. Influence of space-filling materials in subantral bone augmentation : blod clot vs. bone chips vs. bovine hydroxyapatite. *Clin. Oral Impl. Res.* 22,2011;538-545
- 28) LANGE T, Schilling AF, Peters F, Haag F, Morlock MM, Rueger JM, Amling M. – Proinflammatory and osteoclastogenic effects of beta-tricalciumphosphate and hydroxyapatite particles on human mononuclear cells in vitro. *Biomaterials.* 2009 Oct;30(29):5312-8. Epub 2009 Jul 3.
- 29) LEGEROS R.Z., Properties of osteoconductive biomaterials : calcium phosphates. *Clin Orthop Relat Res* 2002 ; (395) : 81-98
- 30) LINDQUIST E., Karlsson S. – Success rate for fixed partial dentures after 20 years of service : part I. *Int. J. Prosthodont.* 1998 Mar – Apr ; 11(2) : 133-8

- 31) MATTOUTCatherine, Mattout Paul, Cheynet François. – Greffes sous-sinusiennes, le point sur la question. L'information dentaire, n13, mars 2005.
- 32) MISCH C. - Maxillary sinus augmentation for endosteal implants : organized alternative Treatment plans. Int J Oral Implantol 1987;4(2):49-58.
- 33) MORAND M, Irinakis T; The challenge of implant therapy in the posterior maxilla : providing a rationale for the use of short implants. J. Oral Implantology 2007;33(5) : p257-266
- 34) NKENKE E., Welsbach V., Winckler, Kessler P., Schultze-Mosgau S., Wiltfang J., Neukam F.W. - Morbidity of harvesting of bone grafts from the iliac crest for preprosthetic augmentation procedures: A prospective study. Int. J. Oral Maxillofac. Surg. 2004; 33: 157–163
- 35) NORTHDURFT FP, Doppler KE, Erdelt KJ, Knauber AW, Pospiech PR. Influence of artificial aging on the load-bearing capability of straight or angulated zirconia abutments in implant/tooth-supported fixed partial dentures. Int J Oral Maxillofac Implants. 2010 Sept-Oct : 25(5) : 991-8
- 36) PETERS F., Reif D. – Functional materials for bone regeneration from β – tricalcium phosphate. Materwiss Werksttech 2004 ; 35 : 203 – 7
- 37) POMMER Bernhard, Unger Ewald, Su"to" Daniel, Hack Niklas, Watzek Georg. - Mechanical properties of the Schneiderian membrane in vitro. Clin. Oral Impl. Res. 20, 2009; 633–637
- 38) PRINC (Guy), PIRAL (Thierry). - Chirurgie osseuse préimplantaire. Editions CdP, Collection Mémento, 2008.
- 39) RENOARD F., Nisand D. – Impact of implant length and diameter on survival rates. Clin Oral Impl Res 2006; vol 17(2) :35-51
- 40) RYUA Hyun-Seung , Honga Kug Sun, Leeb Jung-Kun, Kimc Deug Joong, Leed Jae Hyup, Changd Bong-Soon, Leed Dong-ho, Leed Choon-Ki, Chung Sung-Soo. - Magnesia-doped HA/b-TCPceramics and evaluation of their biocompatibility. Biomaterials 25 (2004) 393–401
- 41) SCARANO A., Degidi M., Iezzi G., Pecora G., Piattelli M., Orsini G., Caputi S., Perrotti V., Mangano C., Piatelli A. Maxillary sinus augmentation with different biomaterials: a comparative histologic and histomorphometric study in man. Implant dent. Jun 2006; 15(2) : 197-207
- 42) SCHLEGEL Karl Andreas, Rupprecht Stephan, Petrovic Ljubinko, Honert Christian, Srouf Safwan, von Wilmowsky Cornelius, Felszegy Endre, Nkenke Emeka, Lutz Rainer Preclinical animal model for de novo bone formation in human maxillary sinus. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2009;108:e37-e44
- 43) SHAYESTEH YS, Khojasteh A, Soleimani M, Alikhasi M, Khoshzaban A, Ahmadbeigi N. - Sinus augmentation using human mesenchymal stem cells loaded

into a beta-tricalcium phosphate/hydroxyapatite scaffold. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008 Aug;106(2):203-9. Epub 2008 Apr 18.

- 44) STILLER M, Rack A, Zabler S, Goebbels J, Dalügge O, Jonscher S, Knabe C. - Quantification of bone tissue regeneration employing beta-tricalcium phosphate by three-dimensional non-invasive synchrotron micro-tomography--a comparative examination with histomorphometry. *Bone.* 2009 Apr;44(4):619-28. Epub 2008 Dec 3.
- 45) SUMMERS RB. - The osteotome technique : part 3 – less invasive methods of elevation of the sinus floor. *Compend Contin Educ Dent* 1995;16 : 1090-9
- 46) SZABÖ György, Suba Zsuzsanna, Hrabák Károly, Barabás József, Németh Zsolt. – Autogenous bone versus β -Tricalcium phosphate graft alone for bilateral sinus elevations (2- and 3-dimensional computed tomographic, histologic, and histomorphometric evaluations): preliminary results. *Int. J. of Oral and Maxillofac. Surg.*, 2001, 16(5) 681-692.
- 47) TARNOW D.P, Wallace S.S & Froum S.J (2000) Histologic and clinical comparison of bilateral sinus floor elevations with and without barrier membrane placement in 12 patients : part 3 of an ongoing prospective study. *International Journal Periodontics Restorative Dentistry* 20 : 116-125.
- 48) TAWIL G, Younan R. – Clinical evaluation of short, machined-surface implants followed for 12 to 92 months. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18(6) : 894-901
- 49) TIWANA Paul S., Kushner George M., Haug Richard H. Maxillary sinus augmentation. *Dent Clin N Am* 50(2006)409 – 424
- 50) TULASNE JF. - Implants ptérygo-maxillaires. Expérience sur 7 ans. *Cah Proth Implant* 1992 ; num 1 (hors série) , 1 : 39-48
- 51) TULASNE JF. – Greffe osseuse du sinus, vois d'abord latérale ou crestale. *Implant* 2004 ; 10, 264-266.
- 52) TULASNE JF. - Réussir les greffes osseuses en implantologie. *Quintessence International*
- 53) VALERON FERNANDEZ J, Fernandez Velasquez J. - Placement of screw-type implants in the pterygo – maxillary – pyramidal region : surgical procedure and preliminary result. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997 ; 12 : 814-9
- 54) WALLACE SS, Froum SJ. Effect of maxillary sinus augmentation on the survival of endosseous dental implants. A systematic review. *Ann Periodontol.* 2003 Dec;8(1):328-43. Review.
- 55) WALLACE S.S, Froum S.J, Cho S.C, Elian N., Monteiro D., Kim B.S, Tarnow D.P (2005) Sinus augmentation utilizing anorganic bovine bone (Bio-Oss) with

absorbable and nonabsorbable membranes placed over the lateral window :
histomorphometric and clinical analysis. *International Journal Periodontic
Restorative Dentistry* 25 : 551-559

- 56) WENG D, Jacobson Z, Tarnow D et coll. A prospective multicenter clinical trial of 3i machined-surface implants : results after 6 years of follow up. *Int J Oral maxillofac Implants* 2003 May-Jun 18(3) : 417-423.
- 57) WILTFANG J. - Merten H.A - Schlegel K.A, - Schultze-Mosgau S., - Kloss F.R., - Rupprecht S., - Kessler P. - Degradation characteristics of a and b tricalcium phosphate in minipigs. *J Biomed Mater Res* 2002;63(2):115-21.
- 58) ZERBO Ilara R., Zijderveld Steven A., de Boer Anje, Bronckers Antonius L. J. J., De Lange Gert, Ten Bruggenkate ChristiaanM., Burger Elizabeth. - Histomorphometry of human sinus floor augmentation using a porous b-tricalcium phosphate: a prospective study. . *Clin. Oral Impl. Res.* 15, 724–732
- 59) ZERBO Ilara R., Bronckers Antonius L.J.J., Gert de Lange, Burger Elisabeth H. Localisation of osteogenic and osteoclastic cells in porous b-tricalcium phosphate particles used for human maxillary sinus floor elevation. *Biomaterials* 26 (2005) 1445–1451
- 60) ZIJDERVELD Steven A., Schulten Engelbert A. J. M., Aartman Irene H. A., ten Bruggenkate Christiaan M. Long-term changes in graft height after maxillary sinus floor elevation with different grafting materials: radiographic evaluation with a minimum follow-up of 4.5 years. - *Clin Oral Implants Res.* 2009 Jul;20(7):691-700

N° 2011 LYO 1D 063

GOSSERIES-GRAMMATICA (Maud) –
(Thèse : Chir. Dent. : Lyon : 2011.1D 063)
N°2011 LYO 1D 063

Résumé :

Les comblements sinusiens sont aujourd'hui une thérapeutique reconnue, permettant l'augmentation de la hauteur sous-sinusienne. En effet, cette dernière peut être insuffisante et ne pas permettre la réalisation d'un projet de réhabilitation implantaire. La greffe de sinus nécessite donc l'utilisation d'un biomatériau de comblement. Jusqu'à aujourd'hui, l'os autogène serait le gold-standard mais il nécessite un deuxième site de prélèvement avec les comorbidités qui lui sont associées. Aujourd'hui, de nouveaux matériaux de comblement apparaissent sur le marché permettant d'éviter un deuxième site chirurgical et proposant des formes innovantes pour une manipulation aisée. L'objectif de cette étude vise à rapporter les données actuelles de la littérature concernant un matériau synthétique, le BCP (hydroxyapatite et β tricalcium phosphate) et ses propriétés notamment en terme d'ostéoconduction et de proposer un protocole d'étude clinique pilote pour valider l'utilisation de ce dernier dans une forme innovante, le Matri™BONE.

Rubrique de classement : Implantologie

Mots-clés : Soulevé de Sinus
Hydroxyapatite, Phosphate de Calcium
Proposition de protocole d'étude

Mots-clés en anglais : Sinus Lift
Hydroxyapatite, Calcium Phosphate
Proposition of a study protocol

Jury :

Président :	Monsieur le Professeur Guillaume MALQUARTI
Assesseurs :	Madame le Docteur Anne-Gaëlle CHAUX-BODARD
	Monsieur le Docteur Thomas FORTIN
	Monsieur le Docteur Gilbert VIGUIE
	Monsieur le Docteur Matthieu FABRIS
	Madame le Docteur Marion PARIS

Adresse de l'auteur : GOSSERIES-GRAMMATICA Maud
22 rue Bossuet
69 006 LYON – maud.grammatica@gmail.com