



UNIVERSITÉ DE LILLE
DEPARTEMENT FACULTAIRE UFR3S-ODONTOLOGIE

Année de soutenance : 2025

N°:

THÈSE POUR LE
DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le 14 janvier 2025

Par Victoire WATINE

Née le 24 SEPTEMBRE 1997 à Roubaix, France

Les chirurgies d'élévation osseuse sous-sinusienne : état des lieux en 2024

JURY

Président : Monsieur le Professeur Philippe BOITELLE
Asseseurs : Monsieur le Docteur Jordan QUERTAINMONT
Monsieur le Docteur François DESCAMP
Monsieur le Docteur Laurent NAWROCKI

Président de l'Université :	Pr. R. BORDET
Directrice Générale des Services de l'Université :	A.V. CHIRIS FABRE
Doyen UFR3S :	Pr. D. LACROIX
Directrice des Services d'Appui UFR3S :	
Vice doyen département facultaire UFR3S-Odontologie :	Pr. C. DELFOSSE
Responsable des Services :	L. KORAÏCHI
Responsable de la Scolarité :	V MAURIAUCOURT

PERSONNEL ENSEIGNANT DE LA FACULTE

PROFESSEUR DES UNIVERSITES EMERITE

E DEVEAUX Département de Dentisterie Restauratrice Endodontie

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

K. AGOSSA Parodontologie

P. BOITELLE Responsable du département de Prothèse

T. COLARD Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux

**C. DELFOSSE Vice doyen du département facultaire UFR3S-Odontologie
Odontologie Pédiatrique
Responsable du département d'Orthopédie dento-faciale**

**L ROBBERECHT Responsable du Département de Dentisterie
Restauratrice Endodontie**

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

T. BECAVIN	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
A. BLAIZOT	Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale
F. BOSCHIN	Parodontologie
C. CATTEAU	Responsable du Département de Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.
X. COUDEL	Biologie Orale
A. de BROUCKER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
M. DEHURTEVENT	Prothèses
C. DENIS	Prothèses
F. DESCAMP	Prothèses
M. DUBAR	Responsable du Département de Parodontologie
A. GAMBIEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
F. GRAUX	Prothèses
M. LINEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
T. MARQUILLIER	Odontologie Pédiatrique
G. MAYER	Prothèses
L. NAWROCKI	Responsable du Département de Chirurgie Orale Chef du Service d'Odontologie A. Caumartin - CHU Lille
C. OLEJNIK	Responsable du Département de Biologie Orale
H. PERSOON	Dentisterie Restauratrice Endodontie (maître de conférences des Universités associé)
P. ROCHER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
M. SAVIGNAT	Responsable du Département de Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
T. TRENTESAUX	Responsable du Département d'Odontologie Pédiatrique
J. VANDOMME	Prothèses
R. WAKAM KOUAM	Prothèses

PRATICIEN HOSPITALIER et UNIVERSITAIRE

M. Bedez	Biologie Orale
----------	----------------

Réglementation de présentation du mémoire de Thèse

Par délibération en date du 29 octobre 1998, le Conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire de l'Université de Lille a décidé que les opinions émises dans le contenu et les dédicaces des mémoires soutenus devant jury doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'ainsi aucune approbation, ni improbation ne leur est donnée.

Aux membres du jury,
5

Table des abréviations :

HOR : Hauteur osseuse résiduelle

CBCT : Cone Beam Computed Tomography

OD : Ostéodensification

RA : Rétro-alvéolaire

BLC : Ballon lift control

ESVL : élévation sinusienne par voie latérale

ESVC : élévation sinusienne par voie crestale

ORL : oto-rhino-laryngologie

MIAMBE : Minimally invasive antral membrane balloon elevation

Table des matières

Table des matières

INTRODUCTION	9
I. Généralités :	11
1.1. Rappels anatomiques	11
1.1.1. Os maxillaire	11
1.1.2. Sinus maxillaire	12
1.1.3. Septa osseux	13
1.1.4. Membrane de Schneider	13
1.1.5. Vascularisation	13
1.2. Physiologie du sinus	15
1.3. Potentiel osseux	16
1.3.1. Étiologie des pertes osseuses	16
1.3.2. Qualité et densité osseuse	17
1.4. Pneumatisation du sinus	18
1.5. Indication à la voie crestale	19
1.5.1. Hauteur osseuse résiduelle	19
1.5.2. Choix de l'accès à l'élévation sinusienne	19
1.5.3. Les différentes classifications	20
1.6. Bilan pré-opératoire	22
1.6.1. Cone Beam Computed Tomography	23
1.8. Élévation sinusienne par voie latérale (ESVL)	26
1.9. Contre-indication à la chirurgie	30
1.9.1. Contre-indications générales	30
1.9.2. Tabagisme	31
1.9.3. Contre-indications locales	31
1.10.1. Les implants courts	33
1.10.3. Pénétration de l'implant dans le sinus	36
1.10.4. Implants ptérygo-palato-tubérositaires	37
II- Élévation par voie crestale	39
2.1. Technique originelle de Summers	39
2.1.1. Protocole de la méthode originelle de Summers	41
2.1.2. Avantages et limites	43
2.2. Technique de l'ostéotome modifiée par Fugazzoto	44
2.2.1. Protocole de l'ostéotome modifiée par Fugazzoto	44
.....	45
2.2.2. Avantages et limites	45
2.3 . Bone compression kit	46
2.3.1. Instrumentation	46
2.3.2. Protocole chirurgical	47
2.3.3. Avantages et limites	48
2.4 Ballon Lift Control	49
2.4.1. Protocole chirurgical	49

2.4.2. Avantages et limites	51
2.5. Ostéodensification.....	52
2.5.1 Instrumentation	54
2.5.2 Protocole chirurgical	55
2.5.3 Avantages et limites.....	58
CONCLUSION.....	60
Bibliographie.....	61

INTRODUCTION

Le maxillaire postérieur présente un défi pour la pose d'implants dentaires. La perte d'os et de tissus due à l'atrophie osseuse post-extractionnelle, en hauteur et en largeur, mais aussi due à la maladie parodontale. La pneumatisation des sinus maxillaires, la faible densité osseuse et les forces occlusales parfois trop élevées sont quelques-uns des facteurs à l'origine de cette difficulté. La greffe osseuse du sinus maxillaire est une solution adéquate afin d'obtenir un volume osseux pour la pose d'implants.

Avant le développement des méthodes d'expansion osseuse, le sinus maxillaire n'a pas toujours été pris en compte. En effet il y a eu la période des implants aiguilles, ces implants traversent la crête édentée pour pénétrer dans la cavité sinusienne. Les répercussions sont inattendue et les risques de sinusite maxillaire sont inconstants. Si la sinusite se déclare, ses manifestations peuvent-être tardives. Souvent, les premiers symptômes n'apparaissent qu'après plusieurs années, au-delà de cinq ans.

Cette complication a permis de ne plus négliger l'existence du sinus. Un dogme est apparu, les implants ne doivent pas pénétrer la cavité sinusienne. En 1975, Tatum distingue la cavité muqueuse, dans laquelle aucun implant ne doit pénétrer, de la cavité osseuse qui permet une telle intrusion. Il faut donc séparer la muqueuse sinusienne de la paroi osseuse. Les méthodes d'élévation de la membrane sinusienne se sont ainsi développées.

Actuellement, deux approches principales sont utilisées pour l'élévation du plancher du sinus maxillaire. La technique de la fenêtre latérale décrite par Tatum, méthode classique et la plus couramment pratiquée et plus récemment, l'approche crestale décrite par Summers. Ces méthodes se sont révélées être les plus stables pour l'augmentation osseuse verticale. Au cours de ces techniques, différents types de matériaux de greffon osseux peuvent être utilisés, y compris l'os

autogène, la xénogreffe, l'allogreffe et les matériaux alloplastiques. Le matériau du greffon choisi doit fournir un os suffisamment viable pour se stabiliser. Le choix du matériau doit garantir un os suffisamment viable pour se stabiliser.

L'approche crestale est considérée comme une méthode plus conservatrice pour l'élévation du plancher sinusien. C'est pourquoi de nombreux auteurs ont décrits des méthodes d'élévations sinusiennes par voie crestale pour contrer les inconvénients de l'abord latéral. Cette thèse présentera l'évolution de ces méthodes de 1994 à aujourd'hui.

I. Généralités :

1.1. Rappels anatomiques

1.1.1. Os maxillaire

Parmi les os du massif facial supérieur, l'os maxillaire est le plus volumineux mais aussi le plus léger, en raison de sa cavité pneumatique appelée sinus maxillaire. Il est en contact direct avec l'os nasal, l'os lacrymal, le cornet nasal inférieur, le vomer, l'os zygomatique, l'os frontal et l'os ethmoïde (Fig. 1) [1]. Les deux maxillaires forment entre eux l'arcade dentaire supérieure

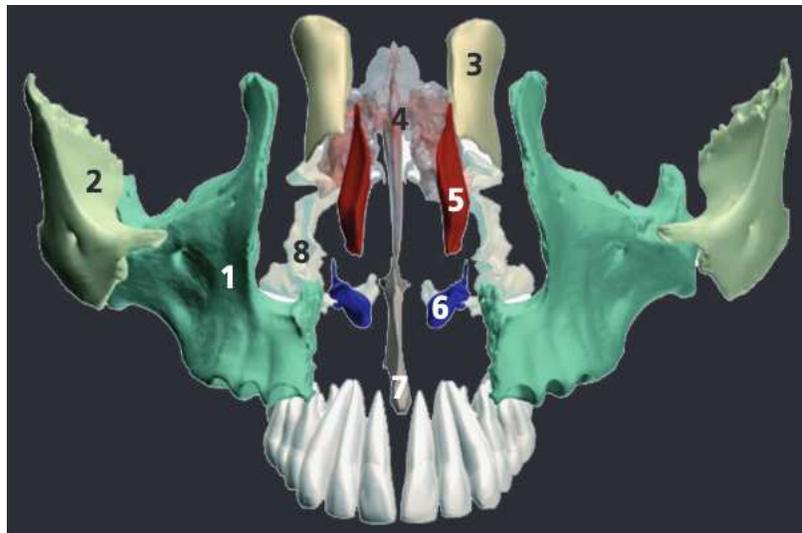


Figure 1 : Éclaté du massif facial supérieur. 1 : os maxillaire, qui en constitue la majeure partie ; 2 : os zygomatique ; 3 : os propres du nez ; 4 : ethmoïde ; 5 : os lacrymal ; 6 : cornet nasal inférieur ; 7 : vomer ; 8 : os palatin [1] (d'après Gaudy J.F. et al.)

Cet os présente la forme d'une pyramide triangulaire avec un sommet tronqué, orienté vers l'extérieur, qui s'articule avec l'os zygomatique. Il comporte trois faces : la face supérieure ou orbitaire, contribuant à la formation du sommet de l'orbite ; la face antéro-latérale ou jugale, base interne, formant la paroi latérale des cavités nasales et la face postéro-latérale ou infra-temporale (Fig. 2) [2,3].

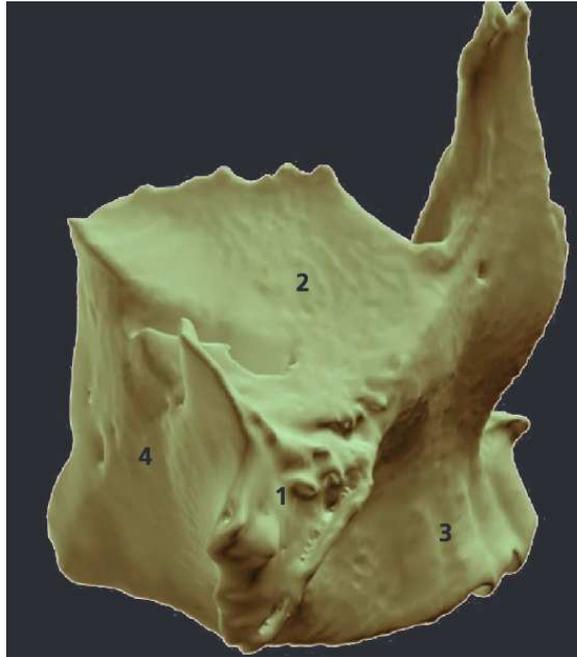


Figure 2 : L'os maxillaire a la forme d'une pyramide triangulaire à base médiale et sommet latéral. 1 : sommet ; 2 : face orbitaire ; 3 : face jugale ; 4 : face infratemporale. [1]

1.1.2. Sinus maxillaire

Quatre paires de sinus paranasaux se distinguent : les sinus maxillaires, ethmoïdaux, frontaux et sphénoïdaux. Ces cavités pneumatiques, tapissées de muqueuses respiratoires, se situent dans la région maxillo-faciale et le crâne.

Le sinus maxillaire, aussi appelé antre de Highmore, forme dans l'os maxillaire une cavité aérée occupant la partie antérieure et latérale de la face. Il communique avec la cavité nasale par l'intermédiaire de l'ostium maxillaire. C'est le plus grand et le premier des sinus paranasaux à se développer. Selon les auteurs, son émergence se fait entre la 10^{ème} semaine et le 4^{ème} mois de la vie intra-utérine, prenant la forme d'une évagination égalant la taille d'une lentille. Le volume des sinus maxillaires atteint sa taille définitive entre 15 et 18 ans, avec une moyenne de 15 cm³ et des valeurs extrêmes allant de 5 à 30 cm³, variant en fonction de l'âge et de l'apparition des dents sur l'arcade. Sa croissance est proportionnelle à celle des os de la face [1,3,4]. La muqueuse du sinus maxillaire est constituée de cellules

cylindriques ciliées caractéristiques de l'ensemble du système respiratoire (appelée aussi membrane de Schneider).

1.1.3. Septa osseux

La morphologie du sinus présente une grande variabilité chez l'adulte. Certaines anomalies, comme les septa osseux (ou septa d'Underwood), nécessitent un diagnostic précis en radiographie, car elles augmentent le risque de déchirure de la membrane. Présents dans environ 38 % des cas, les septa sont plus fréquents dans les maxillaires édentés que dans les maxillaires dentés [5]. Leur position, leur forme et leur développement peuvent compromettre l'intégrité de la membrane lors de l'élévation du plancher sinusien [6].

1.1.4. Membrane de Schneider

La membrane de Schneider, qui tapisse la cavité sinusienne, adhère fortement à l'os sous-jacent. Son épaisseur moyenne est de 0,8 mm, bien qu'elle présente une variabilité importante entre les individus et diffère également selon la zone sinusienne concernée [7]. Le décollement et l'élévation de la membrane sont facilités par le tissu conjonctif sous-jacent. L'activité ostéogénique de la membrane a longtemps été écartée en raison de la faible vascularisation de celle-ci et de la pneumatisation croissante du sinus maxillaire. Cependant, plusieurs études portant sur le soulèvement de sinus sans apport de biomatériaux ont montré une formation osseuse sous la membrane sinusienne. En effet, Srouji et coll. (2010) et Kim et coll. (2009) ont pu isoler des cellules souches possédant un potentiel ostéogénique dans la muqueuse sinusienne [8,9].

1.1.5. Vascularisation

Les branches de l'artère maxillaire, (une des deux branches terminales de l'artère carotide externe) assurent la vascularisation du sinus (Fig. 3).

On retrouve :

- l'artère infra-orbitaire, qui circule dans le plancher de l'orbite. Elle vascularise le toit du sinus, la face antérieure du maxillaire et les dents antérieures,
- l'artère alvéolaire postéro-supérieure se divise en plusieurs branches ; latérales, médiales et inférieures. Sa vascularisation concerne la zone postérieure et les dents postérieures. Ces deux artères s'anastomosent en une artère située entre la muqueuse du sinus et la paroi latérale du sinus. Cette anastomose est importante à connaître car elle peut être double et parfois circuler dans la paroi antéro-latérale du sinus, ce qui en fait un obstacle lors du soulèvement de la membrane sinusienne par abord latérale,
- l'artère sphéno-palatine assure la vascularisation de la paroi médiale du sinus [3].

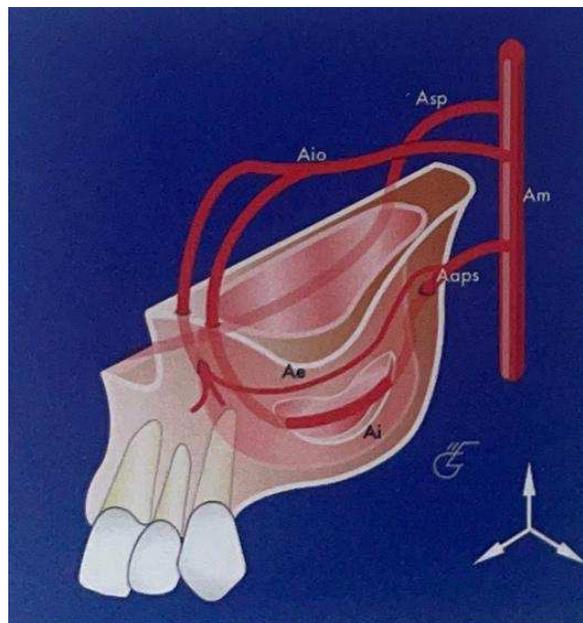


Figure 3 : Schéma de la vascularisation artérielle du sinus assurée par trois artères issues de l'artère maxillaire (Am). Asp : artère sphéno-palatine ; Aio : artère infra-orbitaire ; Aaps : artère alvéolaire supérieure postérieure. Ces deux artères développent des anastomoses au niveau du périoste (Ae : anastomose extra-osseuse) ou au sein de la paroi osseuse latérale (Ai : anastomose intra-osseuse) [3]

De même, il est important de connaître les éléments circulants à proximité du sinus, car, quel que soit l'abord chirurgical, un lambeau devra être levé par incision crestale ou palatine. Notamment :

- l'artère grande palatine provenant de l'artère palatine descendante, assure la vascularisation de la partie postérieure de la muqueuse palatine,
- l'artère naso-palatine, provenant de l'artère sphéno-palatine, vascularise la partie antérieure de la muqueuse palatine.

1.2. Physiologie du sinus

La muqueuse sinusienne aussi appelée membrane de Schneider possède un épithélium de type respiratoire pseudo-stratifié cylindrique cilié en continuité avec la muqueuse de la cavité nasale. L'épithélium se compose de quatre types de cellules : caliciformes, basales, à microvillosités et ciliées. Le battement coordonné des cils permet le drainage du mucus vers l'ostium.

Ainsi, la muqueuse joue un rôle immunitaire par le drainage muco-ciliaire et le mucus contenant des enzymes et des immunoglobulines A sécrétatoires. Actuellement, les fonctions exactes du sinus ne trouvent pas de consensus, c'est pourquoi l'on retrouve plusieurs fonctions probables des sinus (Tab. 1).

Tableau 1 : Fonctions probables des sinus maxillaires ; tableau modifié d'après Blanton et Biggs (1969) et Witmer (1997) et Rae et Koppe (2008)[8]

1	Fonction olfactive (pour certains mammifères)
2	Fonction respiratoire (chauffage et humidification de l'air)
3	Fonction thermorégulatrice
4	Caisse de résonance pour la voix
5	Système de flottaison pour les animaux marins
6	Rôle dans l'ontogenèse de la face
7	Rôle de balancier du poids de la tête
8	Rôle de protection des traumatismes
9	Rôle architectural du crâne
10	Rôle structural
11	Réducteur du poids du crâne
12	Vestige de l'évolution

Deux fonctions principales ressortent :

- la régulation de la température et l'humidification de l'air inspiré,
- l'allègement du massif facial et l'absorption des contraintes biomécaniques sur le massif crânio-facial.

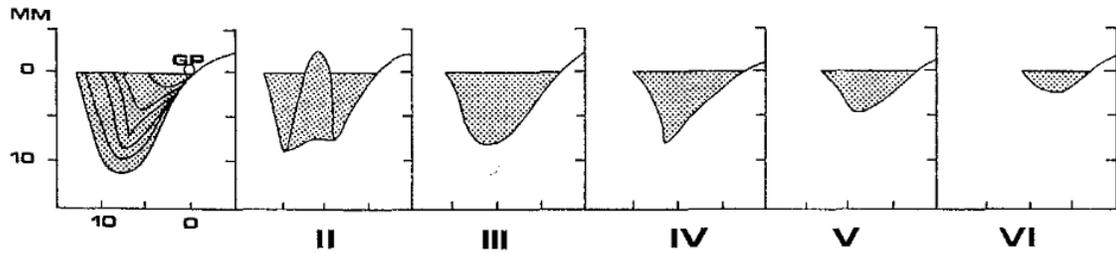
1.3. Potentiel osseux

Trois critères permettent d'évaluer le potentiel osseux

- La quantité d'os,
- la qualité de l'os,
- la densité de l'os.

1.3.1. Étiologie des pertes osseuses

L'os alvéolaire vit et meurt avec la dent, ainsi, lors d'une avulsion, cela induit sa résorption. Au maxillaire, la résorption est centripète. Cawood et Howell ont établi une classification de la résorption alvéolaire, allant de la classe I à VI, la classe I correspondant à la situation dentée (Fig. 4). Cette classification montre que si rien n'est entrepris après l'avulsion le risque de devoir procéder à une greffe osseuse est élevé. Le facteur le plus important affectant le volume osseux disponible dans la zone postérieure du maxillaire est l'espace occupé par les sinus [4,10].



Classe I	Dents sur l'arcade
Classe II	Immédiatement après extraction
Classe III	Crête de forme arrondie, hauteur et épaisseurs suffisantes
Classe IV	Crête en lame de couteau, hauteur correcte, épaisseur insuffisante
Classe V	Crête aplatie, hauteur et épaisseur insuffisantes
Classe VI	Crête aplatie, perte d'os basal évidente

Figure 4 : Classification de Cawood et Howell pour les secteurs maxillaires postérieurs [10]

1.3.2. Qualité et densité osseuse

En 1985, Lekholm et Zarb proposent une classification des types d'os. Elle distingue quatre types de qualités osseuses dans l'os maxillaire et mandibulaire (Fig. 5). Cette classification est largement utilisée pour guider les choix de traitement en implantologie, notamment pour l'évaluation de la stabilité primaire et la prévision de la cicatrisation osseuse autour des implants [11].

- **Type I** : présence presque exclusive d'os cortical, dense, faiblement vascularisé.
- **Type II** : couche d'os cortical épaisse avec un noyau d'os spongieux bien vascularisé.
- **Type III** : proche de l'os de type II, composé d'un noyau d'os spongieux dense mais d'une corticale plus fine, bien vascularisé.
- **Type IV** : couche d'os cortical très fine, avec un noyau d'os spongieux de faible densité.

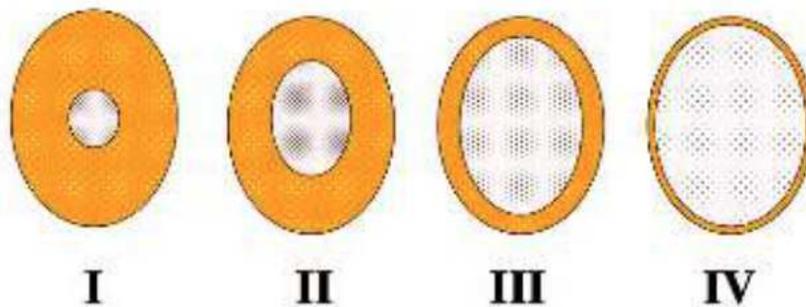


Figure 5 : Les différents types d'os de I à IV ¹

On retrouve le plus souvent l'os de type IV dans le maxillaire postérieur, ce qui présente un défi pour la stabilité primaire de l'implant et l'ostéointégration, dû à sa faible densité ¹.

1.4. Pneumatisation du sinus

Le niveau osseux n'est pas uniquement affecté par l'involution de l'os alvéolaire. En effet, lors de la perte des dents postérieures, un phénomène de pneumatisation des sinus se produit. Ce processus physiologique continu entraîne une augmentation du volume des sinus paranasaux, étant fortement influencé par la présence des dents. Le sinus communique avec le système pneumatique nasal

¹ <https://www.dentaire365.fr/wp-content/uploads/2021/02/Chapitre-4.pdf>

via son ostium, de sorte qu'à chaque inspiration et expiration, une dépression ou une surpression se manifeste sur la membrane de Schneider. Les dents agissent comme un obstacle à ce phénomène. Après une extraction dentaire, l'effet de surpression sur l'os spongieux augmente, entraînant une perte de volume osseux [13,14].

1.5. Indication à la voie crestale

L'indication se fait selon la hauteur osseuse résiduelle (HOR), l'anatomie du sinus, l'édentement, ainsi que la largeur osseuse.

1.5.1. Hauteur osseuse résiduelle

La HOR est la hauteur osseuse moyenne mesurée au niveau du site implantaire prévu. C'est un paramètre clé dans le choix de la procédure d'augmentation osseuse intrasinusienne. Elle détermine la voie d'abord crestale ou latérale, ainsi que la chronologie pour la pose des implants, simultanée ou différée [15].

1.5.2. Choix de l'accès à l'élévation sinusienne

Le recours à l'augmentation osseuse endosinusienne doit être établi. Plusieurs classifications ont été proposées afin d'indiquer la voie d'accès la plus appropriée. En général, le paramètre décisif est la HOR.

Pour déterminer la voie d'accès les paramètres à évaluer sont (Fig. 6) :

- la hauteur et largeur osseuses résiduelles sous-sinusienne ainsi que la qualité osseuse,
- l'épaisseur et l'aisance anticipée du décollement de la membrane sinusienne,
- l'espace sous membranaire, afin de déterminer la mise en place ou non d'un matériau de comblement,
- le type d'implant et la stabilité primaire de l'implant,

- la demande du patient et son type d'édentement.



Figure 6 : Paramètres à évaluer lors de la chirurgie d'élévation sinusienne. 1. Patient : sa demande et son type d'édentement. 2. Os : hauteur et largeur osseuses résiduelles sous-sinusiennes, et qualité osseuse. 3. Membrane sinusienne : épaisseur et aïssance anticipée du décollement. 4. Espace sous-membranaire : mise en place ou non d'un matériau de comblement. 5. Implant : macrogéométrie (longueur et géométrie), microgéométrie (surface implantaire) et stabilité primaire de l'implant [2]

1.5.3. Les différentes classifications

1.5.3.1. Classification de Misch

La première classification est celle de Misch en 1987. Elle classe le maxillaire en fonction de sa résorption, celle-ci a été revue en 1999 pour inclure cette fois la largeur du sinus, qui joue un rôle dans les délais de cicatrisation. En effet, lorsque le sinus est étroit, l'os néoformé intégrera plus rapidement la totalité de la greffe que dans un sinus large. Misch distingue quatre options, parmi lesquelles la seule applicable pour une élévation par voie crestale est l'option numéro 2. Selon Misch, la pose d'implants et l'augmentation simultanée du sinus par voie crestale sont

possibles si une hauteur osseuse de 10 à 12 mm est disponible (Fig. 7). En cas de largeur de crête déficiente, un épaissement latéral sera nécessaire, soit lors du même temps opératoire, soit lors d'une intervention secondaire [16].

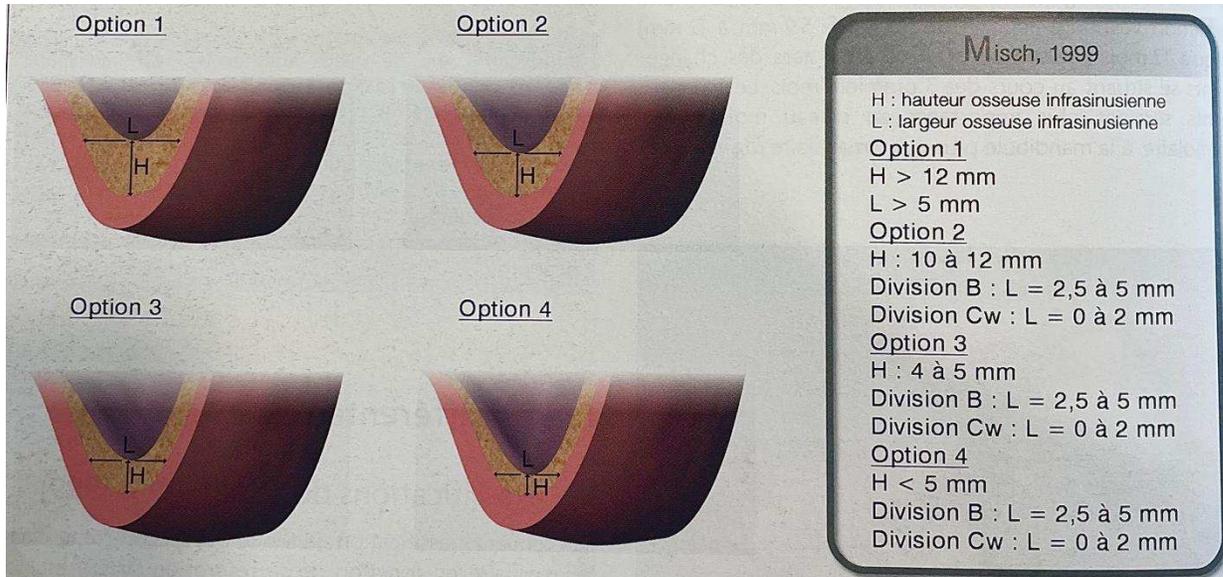


Figure 7 : La classification de Misch se base sur la hauteur osseuse résiduelle et des subdivisions sont établies en fonction de la largeur de crête [14]

1.5.3.2. Classification de Chiapasco (2003)

Chiapasco prend en considération le rapport interarcade ainsi que l'espace prothétique. Il décrit des classes allant de A à I, la seule classe où l'abord crestale est possible est la classe A. Avec une hauteur osseuse sous-sinusienne de 4 à 8 mm, une largeur de crête d'au moins 5 mm et une hauteur interarcade acceptable. Dans cette classification l'abord crestal peut être envisagé avec une hauteur résiduelle inférieure à 10 mm contrairement à la classification de Misch en 1999 [16].

1.5.3.3. Classification de Jensen

En 1996, une conférence de consensus a permis d'élaborer des recommandations pour la voie d'accès et l'implantation simultanée ou non avec le comblement sinusien. Cette classification constitue une référence pour l'élaboration du plan de traitement. Elle a été révisée en 2008, avec une évolution

notable concernant la HOR, qui a diminué entre 1996 et 2008 (Fig.8). En effet, bien que la classe B ait été choisie pour l'abord crestal dans les deux versions de la classification, la HOR requise en 1996 était de 7 à 10 mm, tandis qu'en 2008, un abord crestal est désormais autorisé pour une HOR de 5 à 8 mm [17].

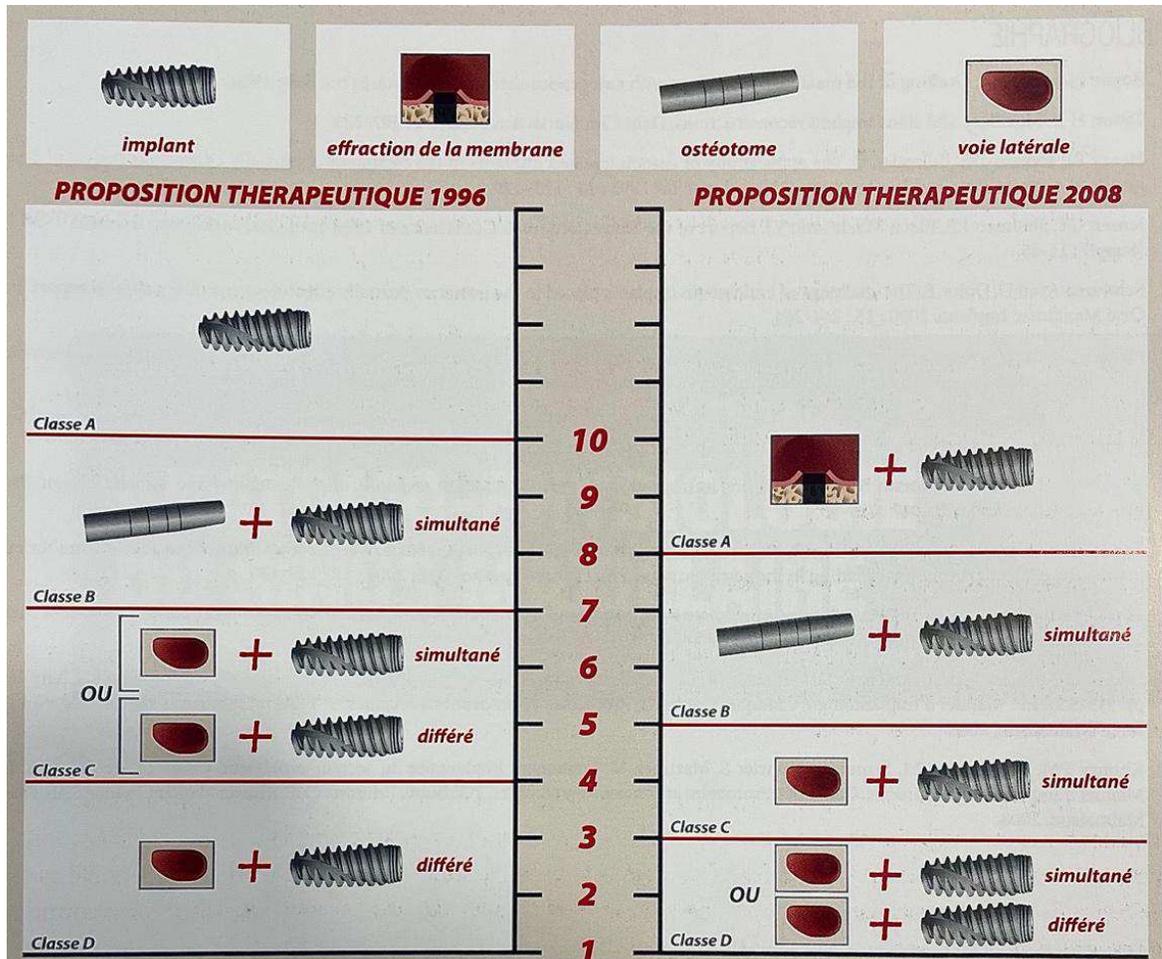


Figure 8 : Evolution de la hauteur osseuse résiduelle minimale nécessitant une greffe osseuse par soulèvement de sinus en fonction du temps [4]

1.6. Bilan pré-opératoire

Avant de débiter un traitement chirurgical, il est essentiel de réaliser une anamnèse complète et un examen physique du patient. L'interrogatoire doit permettre de rechercher des antécédents de pathologies sinusiennes, d'infections récentes des voies respiratoires, de douleurs chroniques du sinus, de tabagisme, ainsi que d'éventuelles interventions chirurgicales sinusiennes antérieures.

1.6.1. Cone Beam Computed Tomography

Le Cone Beam Computed Tomography (CBCT) représente le standard incontournable en matière d'imagerie et de planification du traitement implantaire dans le sinus maxillaire. Il est nécessaire d'évaluer de nombreux éléments, tels que la HOR, la présence de dents, la taille et la forme du sinus, les septa, et la présence d'éventuelles pathologies sinusiennes (Fig.9). Les radiographies panoramiques et rétro-alvéolaires doivent être réalisées au préalable. Une analyse approfondie du CBCT permet de réduire le risque de complications chirurgicales et post-chirurgicales, telles que les sinusites [18]. En effet, une bonne évaluation de l'anatomie sinusienne permet d'obtenir les conditions préalables à la réussite de l'opération ainsi qu'au choix de la technique d'expansion osseuse. Les points importants à évaluer sont l'épaisseur de la membrane, la présence ou non de septa osseux, l'ostium, et l'artère alvéolo-antrale.

Rappels des points importants à contrôler sur imagerie :

- la HOR,
- l'absence de déhiscence osseuse crestale,
- l'existence d'une artère alvéolo-antrale volumineuse,
- recherche de foyers infectieux parodontaux ou endodontiques,
- intégrité sinusienne et région du méat libre,
- volume sinusien,
- existence de septum,
- épaisseur de la membrane sinusienne.

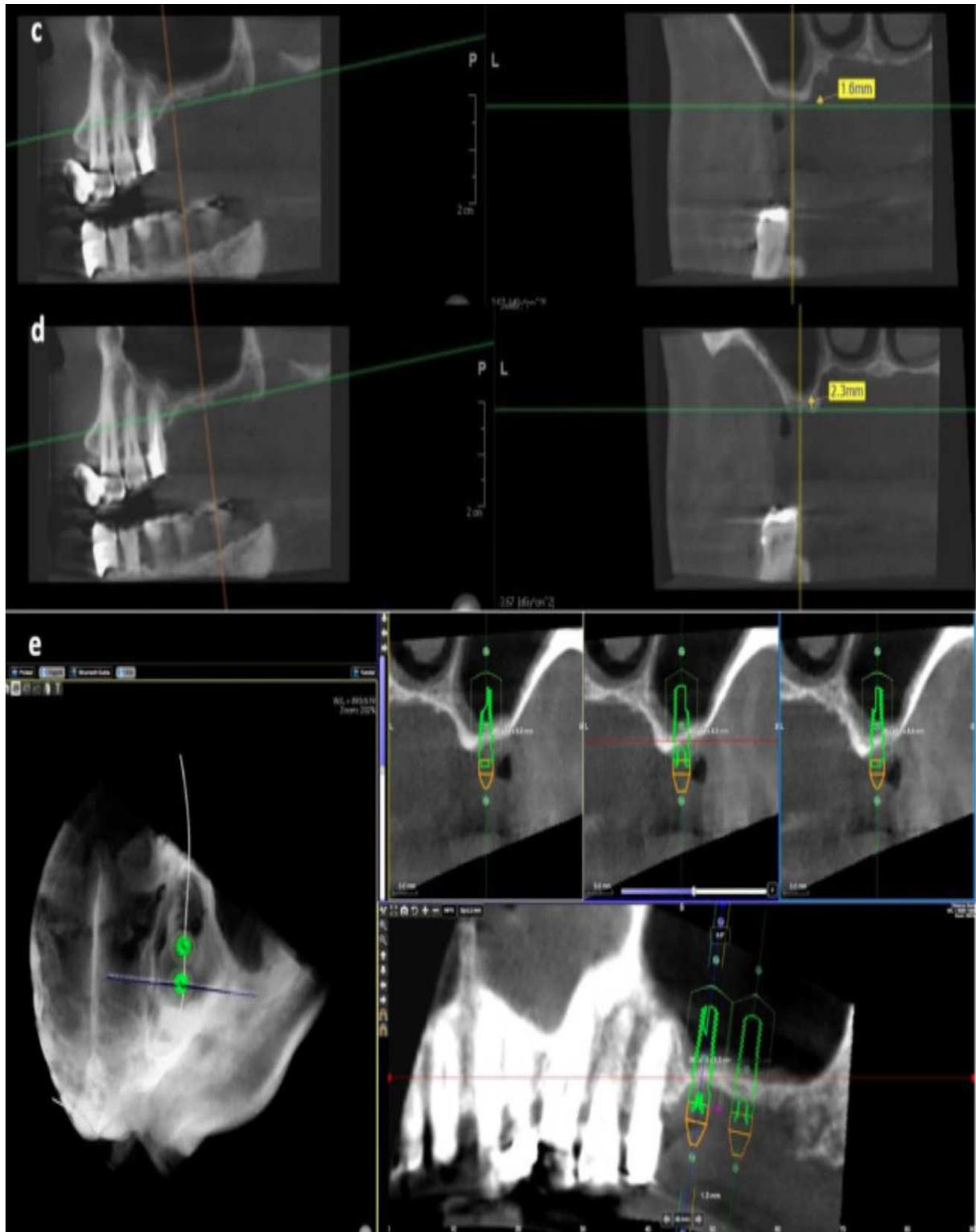


Figure 9 : CBCT d'une planification implantaire [19]

1.7. L'élévation sinusienne par voie crestale

L'insuffisance de volume osseux est un problème récurrent dans le secteur postérieur maxillaire. Cette situation peut être traitée par l'augmentation du plancher du sinus. Le rehaussement du plancher sinusien a été introduit par Tatum en 1986. Le principe consiste à décoller la membrane du sinus afin de créer un espace qui sera comblé avec un matériau de greffe. La chirurgie par voie crestale à l'aide d'ostéotomes a été décrite initialement par Summers et modifiée successivement par d'autres auteurs. L'élévation sinusienne par voie crestale permet la mise en place d'un implant plus long dans un axe idéal. Or, l'on sait que plus l'implant mis en place avec la technique de Summers est long, meilleure sera sa survie (Tab. 2) [20,21].

Tableau 2 Analyse statistique du taux de survie des implants à 3 ans mis en place par la technique de Summers et en fonction de leur longueur

Longueur des implants	12 mm	10 mm	8 mm	6 mm
Taux de survie implantaire	100%	98,7%	98,7%	47,6%

Cet abord crestal est présenté comme étant moins invasif et plus rapide que l'élévation de la membrane par voie ce qui comporte un risque de perforation de la membrane de Schneider. Le gain de hauteur permis, selon les auteurs, est de 2 à 5 mm, au-delà de 5 mm la pression exercée pour élever la membrane pourrait la perforer. C'est pourquoi cette technique est indiquée lorsque la hauteur de la crête sous-sinusienne est suffisante afin de permettre la stabilité primaire de l'implant (Tab. 3). Selon les études de Rosen et coll., il est admis qu'une hauteur osseuse de 6 mm est nécessaire pour obtenir les meilleurs résultats, similaires aux standards. Associée à un plancher sinusien plat, cette hauteur minimale de 6 mm est reconnue comme la référence d'indication [22].

Tableau 3 : Analyse statistique du taux de survie des implants à 3 ans placés par la technique de Summers en fonction de la hauteur d'os crestale préexistante.

Hauteur d'os crestale préexistante	Inférieure à 4 mm	Entre 4 et 5 mm	Supérieure à 5 mm
Taux de survie implantaire	91,3%	90%	100%

Les études cliniques réalisées avec la technique de l'ostéotome ont donné de bons résultats. Une revue et une méta-analyse de huit rapports ont présenté des taux de survie de 95,7 à 96,0 % [23].

1.8. Élévation sinusienne par voie latérale (ESVL)

Depuis plusieurs années, l'augmentation du sinus maxillaire par la technique d'approche latérale est reconnue comme une solution fiable et efficace pour l'augmentation osseuse dans le maxillaire postérieur. L'initiation de cette méthode a eu lieu pour la première fois au XIXe siècle avec les interventions de Caldwell et Luc, réalisées pour drainer l'empyème du sinus. En effet, l'ESVL a d'abord été démontrée par Tatum en 1975, en réalisant une approche modifiée de Caldwell et Luc [24]. Tatum a présenté cette technique en plaçant des biomatériaux de greffe osseuse entre le plancher du sinus et la membrane sinusale afin d'augmenter la HOR. Puis, en 1980, Boyne et James ont rédigé un article sur la réalisation d'une greffe d'os autogène par voie latérale [25].

Tout comme l'ESVC, cette méthode est indiquée lors de la planification implantaire face à un maxillaire postérieur atrophié, qui nécessitera une greffe osseuse [5]. Cette greffe de sinus est indiquée pour l'édentement d'une ou plusieurs dents, mais aussi pour l'édentement total du maxillaire postérieur. Plusieurs types de greffons osseux peuvent être utilisés lors de la mise en œuvre de ces techniques, notamment l'os autogène, la xéno greffe, l'allogreffe et les matériaux alloplastiques.

Un CBCT doit être réalisé en amont, afin d'exclure une maladie sinusale préexistante, d'évaluer la présence de septum osseux et le volume osseux existant. Tout comme l'abord crestal, cette méthode nécessite une connaissance accrue de l'anatomie sinusienne pour éviter toute déchirure de la membrane ou lésion de la branche intra-osseuse de l'artère alvéolaire supéro-postérieure qui se situe dans la paroi latérale (Fig.10) [7]. Il est important de bien choisir le matériau de greffe afin qu'il fournisse assez d'os viable pour stabiliser l'implant et favoriser l'ostéo-intégration [24].

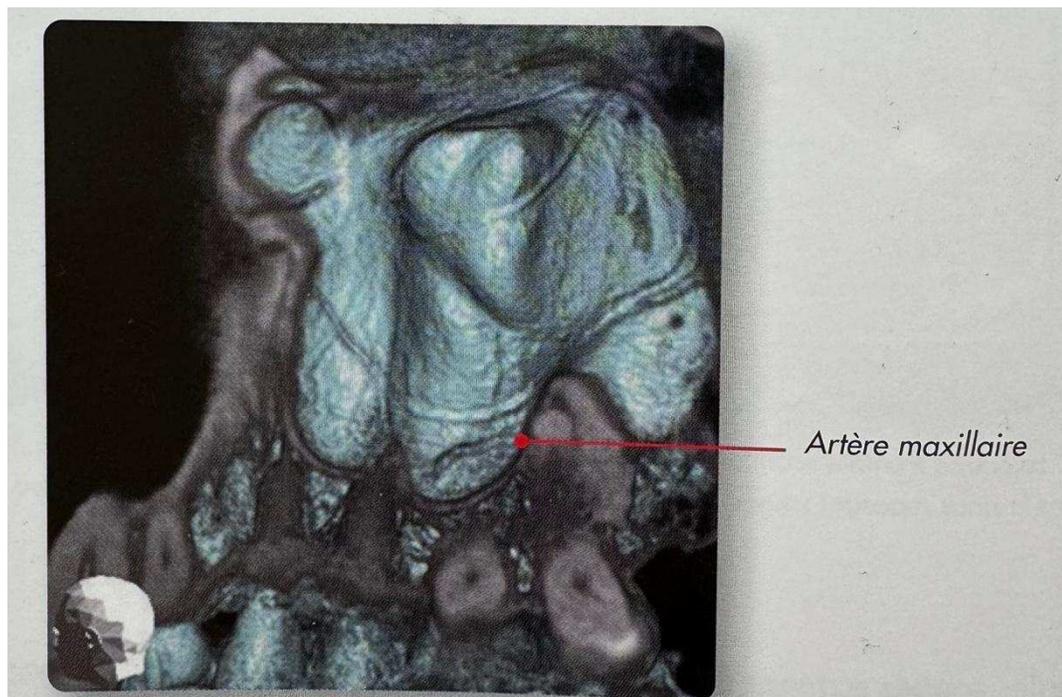


Figure 10 : Coupe sagittale de reconstruction 3D de la paroi antérolatérale [7]

L'élévation peut être réalisée sous anesthésie générale, mais dans la majorité des cas, elle est réalisée sous anesthésie locale. L'abord latéral doit assurer une bonne visibilité. Ainsi, le décollement du lambeau de pleine épaisseur doit permettre une exposition adéquate du sinus. Cette technique chirurgicale consiste en l'ostéotomie de la face latérale du sinus afin de former une fenêtre osseuse (Fig. 11) [16].

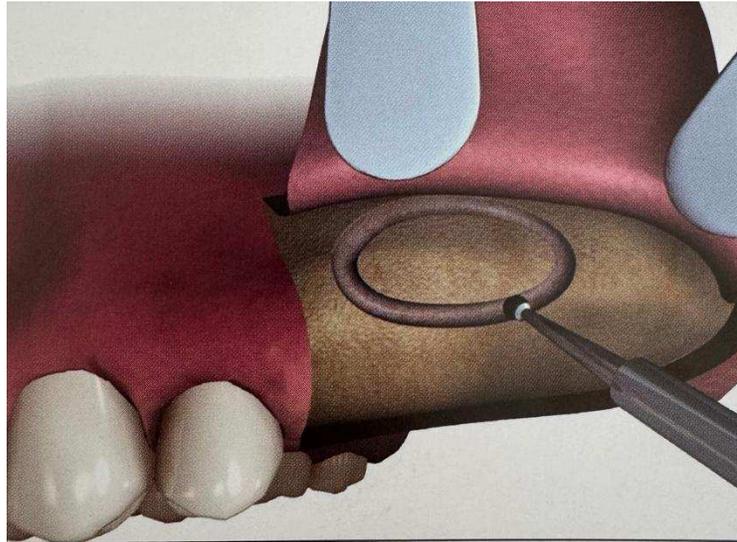


Figure 11 :: Ostéotomie de la fenêtre osseuse [8]

Il existe une approche conservatrice de la fenêtre osseuse. Le volet est ainsi conservé, puis repoussé délicatement à l'intérieur de la cavité sinusienne. Accolé à la membrane, il devient donc le nouveau plancher du sinus maxillaire. Cependant, cette technique présente un grand risque de perforation.

L'approche non conservatrice est recommandée lorsque la membrane du sinus est fine, soit inférieure à 2 mm. Le volet osseux est découpé et décollé de la membrane, puis conservé dans du sérum physiologique, afin de le repositionner après avoir réalisé le comblement. L'avantage de son repositionnement est l'optimisation de la néoformation osseuse grâce à son rôle ostéo-inducteur, mais il existe un risque de nécrose.

Les traits d'ostéotomie de la fenêtre du sinus sont principalement réalisés avec des instruments rotatifs et/ou piézoélectriques. L'ostéotomie est effectuée avec précaution, jusqu'à l'apparition par transparence de la membrane du sinus. On la reconnaît grâce à son aspect bleuâtre, laissant une fine couche osseuse par-dessus la membrane (Fig.12)[16]. L'ostéotomie est terminée à l'aide d'un insert piézoélectrique diamanté, ce qui permet de minimiser le traumatisme et élimine la fine lamelle osseuse préservée avant d'atteindre la muqueuse du sinus.

Le décollement de la membrane se fait à l'aide de curettes manuelles. Il est important de respecter certaines règles afin de réduire le risque de déchirure de la membrane sinusienne. Notamment, les curettes doivent être en permanence en contact étroit avec les parois osseuses [26]. L'élévation doit être supérieure à l'ostéotomie supérieure afin d'éviter une trop grosse pression sur la membrane lors du comblement.

Pour finir, le comblement du biomatériau est réalisé avant la mise en place des implants. Il est important de bien combler la totalité de la fenêtre, mais surtout la paroi médiale du sinus maxillaire afin d'exploiter son pouvoir ostéogénique. La mise en place des implants peut être effectuée simultanément à la greffe du sinus ou en différé, cela va dépendre essentiellement de la HOR.

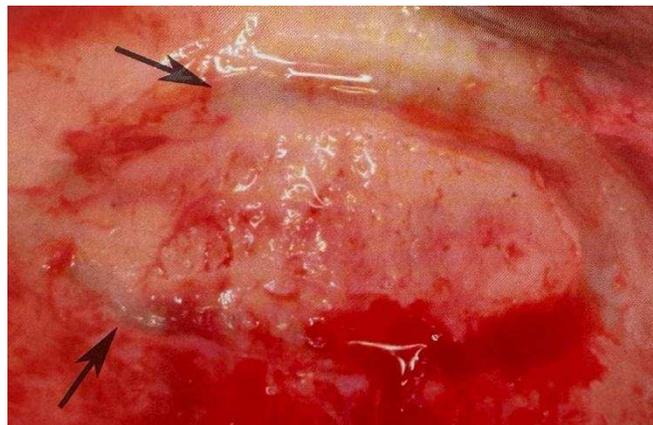


Figure 12 : La première ostéotomie à la fraise se fait sans atteindre la muqueuse du sinus mais en laissant apparaître son aspect bleuâtre (flèches) [8]

La fenêtre latérale présente plusieurs inconvénients majeurs, tels que le soulèvement d'un grand lambeau, la perforation de la membrane de Schneider, la présence de septa, la difficulté de conception et de préparation de la fenêtre osseuse, l'épaisseur de la paroi osseuse latérale et la lésion des vaisseaux sanguins présents dans la paroi osseuse latérale [27].

1.9. Contre-indication à la chirurgie

La chirurgie d'élévation sinusienne est une intervention chirurgicale offrant d'excellents résultats avec peu de morbidité. Cependant, cela ne doit pas faire oublier les risques inhérents à cet acte. Afin de réduire l'incidence des complications, les contre-indications doivent être systématiquement recherchées et respectées. Celles-ci peuvent parfois se révéler définitives et conduire à un refus de chirurgie. Il faudra alors proposer une alternative thérapeutique. En cas de doute, le recours à un ORL doit être systématique.

1.9.1. Contre-indications générales

Certaines pathologies sont responsables d'un taux d'échec plus élevé :

- diabète non équilibré,
- hypercorticisme,
- maladies inflammatoires,
- cardiopathies à haut risque d'endocardite infectieuse

Elles constituent une contre-indication temporaire ou définitive. La prise de certains médicaments doit également être prise en considération, notamment : les anticoagulants oraux en raison des risques hémorragiques. La corticothérapie à forte dose peut constituer une contre-indication en fonction de l'ancienneté du traitement et du dosage. Les bisphosphonates intraveineux sont à l'origine d'ostéonécroses, la chirurgie est donc contre-indiquée chez les patients en cours de traitement. Cependant, la prise de bisphosphonates oraux pour une ostéoporose n'est pas considérée comme une contre-indication à la chirurgie implantaire selon les données actuelles.

1.9.2. Tabagisme

Le tabagisme est un facteur de risque connu en implantologie ; il existe en effet un risque accru d'altération de la cicatrisation et du métabolisme osseux. Le tabac réduit la vascularisation et impacte la microcirculation des tissus mous de manière néfaste. En particulier lors d'une augmentation verticale, il peut aboutir à des déhiscences avec exposition des greffons osseux et nécroses du lambeau[28]. Toutefois, le tabac ne contre-indique pas la réalisation d'une greffe osseuse, mais le patient doit être informé des risques éventuels. Les études ont montré que les complications post-chirurgicales des patients fumeurs sont similaires à celles des patients non-fumeurs. Il est cependant évident que les fumeurs ayant des implants placés dans un os greffé auront un taux d'échec plus élevé que les non-fumeurs [29,30].

1.9.3. Contre-indications locales

- Contre-indications osseuses :

Parmi les contre-indications osseuses figurent les pathologies de la trame osseuse :

- ostéoporose,
- ostéogénèse imparfaite,
- la maladie de Paget,
- l'ostéomalacie,
- l'hyperparathyroïdie.

L'avis d'un spécialiste est indispensable avant tout projet de chirurgie implantaire.

De même, la chirurgie est contre-indiquée en cas de tumeur bénigne ou maligne du maxillaire. Face à un tel antécédent, un avis multidisciplinaire est nécessaire. Enfin, la radiothérapie cervico-faciale provoque un risque de radionécrose ce qui

constitue une contre-indication à la chirurgie. Toutefois, dans certains cas, si la dose totale d'irradiation ne dépasse pas 60 Gy, le projet peut être discuté.

Un sinus maxillaire affecté est une contre-indication au soulèvement de sinus, quelle que soit l'origine de la pathologie.

- Contre-indications endodontiques et parodontales :

La chirurgie nécessitant un sinus sain, une recherche approfondie des foyers infectieux potentiels d'origine endodontique ou parodontale est impérative, suivie de leur prise en charge avant l'intervention. Certaines affections pouvant entraîner des échecs, tout risque infectieux doit être corrigé avant le comblement afin d'éviter la contamination de ce dernier.

- Contre-indications sinusiennes

Les contre-indications d'ordre local sont souvent liées à une pathologie sinusienne. Il peut s'agir :

- d'une sinusite chronique,
- de la présence de kyste ou tumeur des maxillaires,
- de la présence d'un corps étranger intra sinusien,
- d'un antécédent chirurgical d'assainissement du sinus.

L'intervention doit être reportée lors de signes cliniques infectieux et/ou inflammatoires. Lorsqu'un comblement sinusien est envisagé, deux impératifs doivent être pris en compte pour prévenir tout risque d'échec. D'abord, assurer la perméabilité du méat moyen, zone de drainage du sinus maxillaire, afin de prévenir tout risque infectieux. Ensuite, il est important de rétablir l'intégrité de la crête osseuse sous-sinusienne en présence de kystes, communications bucco-sinusiennes, dents infectées, apex résiduels, et d'écarter tout risque infectieux [3,21].

1.10. Alternative à l'élévation sinusienne

En cas de contre-indication à la chirurgie d'élévation sinusienne, des alternatives existent. Les différents traitements adaptatifs présentent certains avantages.

Les avantages pour le patient sont que l'acte est :

- moins invasif,
- moins traumatisant,
- de plus courte durée
- moins onéreux.

De même pour le praticien :

- chirurgie plus simple,
- le pronostic est plus prévisible,
- moins de risques.

1.10.1. Les implants courts

L'utilisation d'implants courts (< 7-8 mm) peut constituer une alternative thérapeutique (Fig.13). Les récentes recherches montrent que pour des hauteurs de crêtes de 4 à 9 mm, les implants courts présentent des taux de succès comparables à ceux des implants posés après élévation sinusienne. Cette solution sera envisagée en cas de contre-indication à la chirurgie d'élévation sinusienne [31].



Figure 13 : RA d'un implant court de sa réhabilitation prothétique [28]

Les avantages des implants courts sont les suivants:

- empêche de porter atteinte aux structures anatomiques telles que le sinus maxillaire ou les fosses nasales,
- aide à éviter de toucher les racines des dents adjacentes,
- la pose d'implant est facilitée, même avec une ouverture buccale limitée,
- réduction du délai et des coûts.

Mais des inconvénients liés à cette technique sont également possibles :

- contact réduit entre l'os et l'implant, dû à la réduction de la surface de l'implant
- résorption de l'os crestal augmentée, en raison d'une surface réduite de répartition de force
- stabilité primaire de l'implant diminuée, dû à un risque de torque insuffisant
- augmentation du rapport couronne/implant [32].

1.10.2. Les implants angulés

En se conformant à la règle standard, la pose d'un implant s'effectue selon un axe le plus perpendiculaire possible au plan d'occlusion. On parle d'implant angulé lorsque l'inclinaison est supérieure à 15° dans le sens mésio-distal, cette

angulation peut être combinée ou non à une angulation vestibulo-palatine (Fig.14). Le but de cette technique est donc d'éviter la cavité sinusienne et d'augmenter la longueur de l'implant posé [33].

Les avantages des implants angulés sont multiples :

- exploitation maximale du volume osseux grâce à la mise en place d'implant plus long,
- augmentation de la distance entre les implant,
- engagement plus important de l'os cortical au niveau crestal grâce à la position angulé du col implantaire,
- une meilleure répartition des charges occlusales.

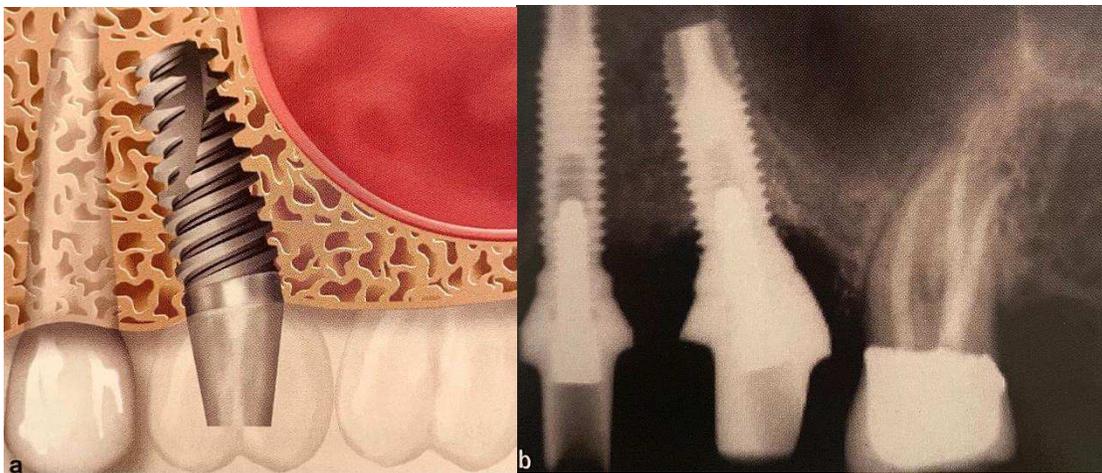


Figure 14 : Pose d'un implant incliné en direction mésiale dans le but d'éviter une greffe chez l'édentement partie.
a. Schéma d'une inclinaison modérée dans le but d'éviter de pénétrer dans le sinus
b. Inclinaison en direction mésiale [4]

Concernant la perte osseuse péri-implantaire, plusieurs études indiquent qu'aucune différence significative n'a été signalée entre les implants droits et les implants inclinés [34,35]. Les résultats montrent que les implants inclinés constituent une alternative efficace à la greffe osseuse du sinus maxillaire.

Cependant, de nombreux inconvénients restent également possibles :

- risque d'erreur d'angulation et d'insertion,
- planification chirurgicale très précise et complexe,
- risque de stabilité primaire de l'implant réduite
- complication prothétique : desserrage/fracture vis dans le pilier augmentées [35].

1.10.3. Pénétration de l'implant dans le sinus

Cette technique consiste à poser un implant, jusqu'à 2 mm au-dessus de la hauteur intrasinusienne, en pénétrant délibérément dans le sinus maxillaire et en perforant sa muqueuse. Elle se réalise sans l'utilisation d'ostéotome et sans adjonction de matériaux de comblement. L'histoire médicale sinusienne du patient doit bien être étudiée avant l'acte. En effet, cette technique est possible s'il n'y a pas d'antécédents de sinusite maxillaire. La membrane sinusienne se reforme autour de l'extrémité de l'implant si celui-ci est inférieur à 4 mm. Au-delà de 4 mm, la membrane ne se reforme pas toujours entièrement (Fig.15) [14,15].

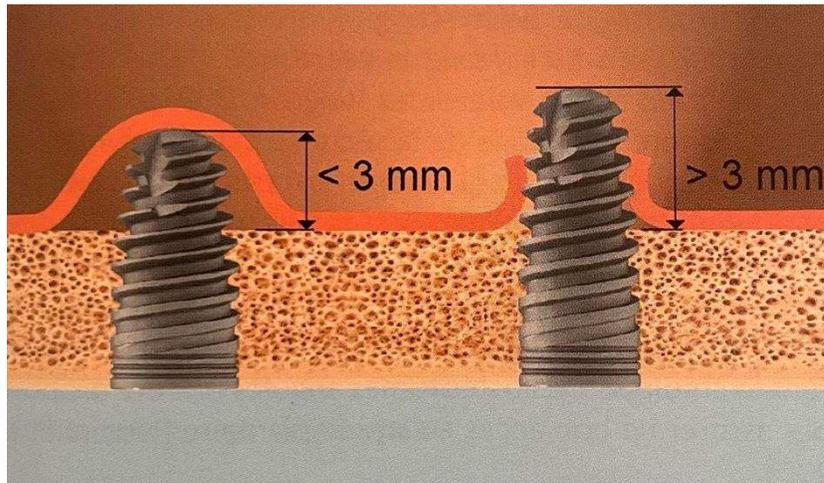


Figure 15 : Reformation de la membrane sinusienne autour de l'apex d'un implant endosinusal. Lorsque la partie endosinusal est inférieure à 3mm, la membrane peut complètement se reformer autour de l'apex de l'implant. Lorsqu'elle est supérieure à 4mm, la membrane peut ne pas se reformer entièrement. L'implant n'est pas totalement isolé de la cavité sinusienne [8]

2 avantages à cette technique sont retrouvés :

- évite le recours à une chirurgie d'élévation,
- délai plus court, temps de cicatrisation plus rapide.

Mais les inconvénients sont plus nombreux :

- risque de sinusite, de complications sinusiennes,
- risque de migration de l'implant dans le sinus,
- défi de stabilité à long terme,

Les implants pénétrant dans le sinus maxillaire offrent une solution pour les patients avec une HOR réduite, sans recourir à des procédures d'élévation sinusienne plus invasives. Cependant, cette technique comporte des risques et des complications liés à la cavité sinusienne. Une évaluation minutieuse de chaque cas s'avère essentielle pour garantir le succès du traitement et minimiser les complications potentielles.

1.10.4. Implants ptérygo-palato-tubérositaires

L'utilisation des implants ptérygoïdiens a été décrite par Tulasne en 1992 comme une alternative aux implants conventionnels. Cette technique permet de poser de longs implants (supérieurs à 13 mm) dans la tubérosité du maxillaire, évitant ainsi le sinus (Fig.16) [4]. Les implants sont insérés dans le processus ptérygoïde à l'aide d'une technique qui nécessite une expérience chirurgicale et une connaissance détaillée de l'anatomie. En raison de l'accessibilité limitée, la pose des implants ptérygo-palato-tubérositaires requiert de nombreuses compétences techniques de la part du chirurgien. Le principal risque de cette chirurgie est de léser l'artère maxillaire interne, qui se situe entre 10 et 23,5 mm au-

dessus de la suture ptérygo-maxillaire, selon les auteurs [38]. Ainsi une bonne planification tomodensitométrique est primordiale [39].

Les implants ptérygo-palato-tubérositaires présentent plusieurs avantages :

- évite une chirurgie sinusienne,
- acte plus court et moins onéreux,
- évite les bridges avec extension distale,
- améliore la biomécanique des implants antérieurs [40].

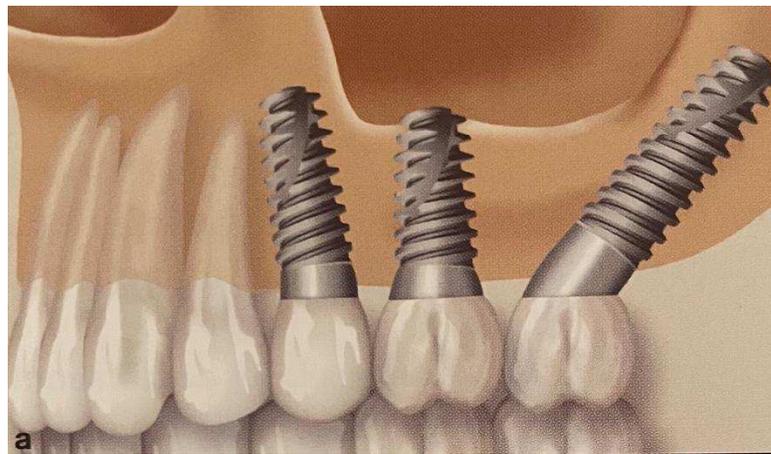


Figure 16 : : Implants ptérygo-palato-tubérositaires [4]

Cette technique présente également des inconvénients :

- risque de léser l'artère palatine descendante,
- expérience et compétences techniques de la part du chirurgien
- accès chirurgical complexe [38].

II- Élévation par voie crestale

2.1. Technique originelle de Summers

En 1994, Summers propose une approche crestale conservatrice pour l'élévation sinusienne. Cette dernière nécessite l'utilisation d'ostéotomes dont il est à l'origine. La technique de l'ostéotome permet de préserver la totalité de l'os présent et de le repositionner de manière avantageuse [41]. Le principe consiste à soulever la membrane de Schneider, à l'aide d'ostéotomes, afin d'introduire un biomatériau dans l'espace créé. L'objectif principal est donc d'augmenter la hauteur osseuse pour faciliter la pose d'implants. Pour rappel, l'élévation par voie crestale nécessite une HOR supérieure ou égale à 5 mm.

Cette méthode permet donc :

- une condensation osseuse de la logette implantaire,
- soulever localement la membrane sinusienne,
- la pose simultanée d'implant,
- introduction d'un matériau de comblement dans l'espace créé.

Les ostéotomes sont des instruments chirurgicaux utilisés en chirurgie maxillo-faciale, conçus pour provoquer une condensation osseuse. Afin de mieux correspondre aux dimensions des implants posés, ils sont souvent conçus par le fabricant d'implants. Disponibles dans une grande variété de formes et de tailles, ils s'adaptent aux différentes procédures chirurgicales. Les ostéotomes présentent des diamètres croissants et peuvent-être droits ou coudés, ce qui facilite l'accès à la région postérieure du maxillaire. L'extrémité des ostéotomes peut varier selon la fonction qui leur est attribuée (Fig. 17) [42].

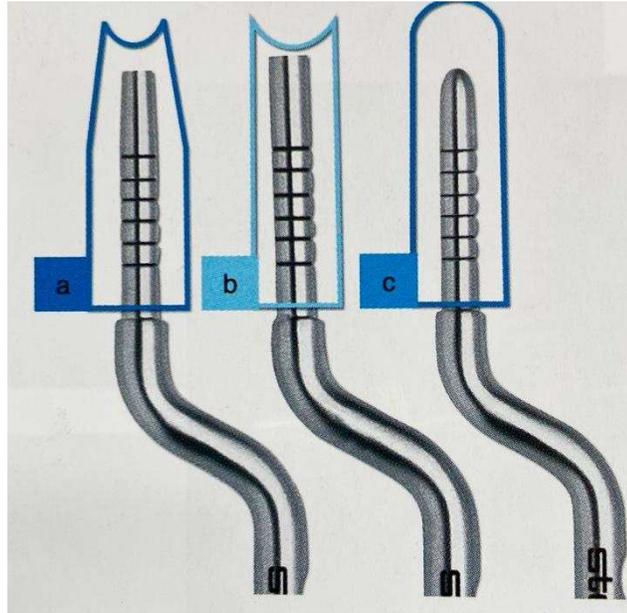


Figure 17 : Ostéotomes : instruments frappés utilisés dans le cadre d'élévation du sinus par voie crestale ou de condensation de l'os trabéculaire. Le tracé bleu correspond à une vue en coupe de l'ostéotome [3]

Les ostéotomes se distinguent par leurs extrémités qui peuvent être concaves plates ou convexes. Sur le schéma l'ostéotome « a » représente un ostéotome cylindro-conique ayant une extrémité concave permettant l'élévation et la condensation osseuse. L'ostéotome « b » est de forme cylindrique, doté d'une extrémité concave, et permet l'élévation sans condensation osseuse. Enfin l'ostéotome « c » présente une forme cylindrique avec une extrémité convexe et arrondie permettant la condensation osseuse [3].

L'ostéotomie est réalisée manuellement avec le passage des ostéotomes. L'os est comprimé ce qui améliore à la fois sa qualité (condensation osseuse) et sa quantité (expansion horizontale et verticale de crête). Les ostéotomes sont constitués d'un manche ergonomique et d'une pièce fonctionnelle. Ils présentent des diamètres croissants correspondant à la dimension de l'ostéotomie adaptée à la mise en place de l'implant sélectionné (2,5, 3,0, 3,5, 4,0, 4,5 et 5,0 mm). Les repères présents sur la pièce fonctionnelle indiquent des hauteurs variées (8, 10, 13 et 16 mm).

2.1.1 Protocole de la méthode originelle de Summers

1. Préparation du site : Une anesthésie locale est réalisée avec une infiltration en profondeur en vestibulaire et complétée d'un rappel en palatin. Sauf contre-indications, l'anesthésie contient un vasoconstricteur afin de limiter le saignement peropératoire. Cela peut-être de l'articaine ou xylocaïne 4% avec adrénaline au 1/100 000. Une incision crestale complétée par des incisions sulculaires et / ou verticales, sont réalisées avec une lame n°15 ou 15C ; Cela permet de préparer un lambeau périosté et avoir un accès visuel au site chirurgical.

Cette étape est commune pour toutes les variantes

2. Forage initial : Une fois le lambeau levé, le marquage du site est réalisé avec une fraise boule, puis la corticale est percée à l'aide d'une fraise de 2 mm de diamètre.

3. Ostéotomies : Lors de la préparation en profondeur du site, avec les ostéotomes, il est important de rester à une distance de 1 mm du plafond sinusien. L'objectif est de rester juste en dessous de la membrane. C'est pourquoi la hauteur de la crête alvéolaire est mesurée radiologiquement au préalable afin de définir l'enfoncement des ostéotomes. Après le passage de l'ostéotome N°1 une RA avec une jauge de profondeur en place est réalisée pour vérifier que la distance soit bien respectée. Les ostéotomes sont ensuite successivement insérés par diamètre croissant, afin de s'ajuster au diamètre de l'implant. La pénétration de chaque ostéotome doit être délicate et nécessite une courbe d'apprentissage de manière à ne pas compacter excessivement l'os. Cette procédure permet de soulever le plancher sinusien et de préparer un espace pour la pose de l'implant. Un maillet, permettant de faire progresser l'ostéotome par à-coups successifs, peut être utilisé ou non selon la densité osseuse. Il est essentiel que le

diamètre du site préparé reste inférieur au diamètre de l'implant prévu, afin de renforcer sa stabilité primaire.

- 4. Effraction du plancher sinusien :** Un matériau de comblement mixte (mélange d'un matériau alloplastique et de sang ou sérum physiologique) est ajouté dans le site de préparation à l'aide d'un support stérile, avant toute tentative d'élévation du plancher sinusien. Cette étape permet de créer une pression hydraulique pour soulever la membrane sinusienne. La fracture de la corticale est réalisée au maillet. L'effraction est retardée lors du passage du dernier ostéotome pour minimiser le risque de perforation de la membrane sinusienne. La fracture de la corticale est signalée par une modification de la sonorité lors de la percussion. A l'aide du dernier ostéotome utilisé, le matériau de comblement est de nouveau introduit dans la logette, et poussé en direction apicale.

- 5. Test de Valsalva :** Le principal inconvénient de cette technique est l'incertitude d'une éventuelle perforation de la membrane du sinus [42]. C'est pourquoi, à la fin de la séquence, le test de Valsalva peut être effectué pour vérifier l'intégrité de la membrane.

- 6. Pose de l'implant :** L'implant est posé manuellement ou avec un moteur dans le site sous-préparé. Vérification de la stabilité primaire de l'implant. Une RA de contrôle peut être réalisée.

- 7. Temps de cicatrisation :** Il sera de 4 à 6 mois avant de commencer la phase prothétique. L'élévation de la membrane peut atteindre 3 à 4 mm.

2.1.2. Avantages et limites

L'approche crestale est généralement considérée comme une procédure beaucoup moins invasive, entraînant moins de douleurs postopératoires, de complications et de gonflements pour les patients.

Le site d'ostéotomie étant réduit, la morbidité post-opératoire et le temps de cicatrisation sont moindres. Cette technique est réalisable en cas d'édentement encastré d'une dent, même dans un espace limité, contrairement à l'abord latéral. En compactant l'os, elle augmente le contact entre l'os et l'implant, ce qui augmente la densité et peut donc améliorer la stabilité autour des implants.

La méthode de Summers contient de nombreux avantages :

- procédure minimalement invasive,
- réduction du risque de perforation par rapport à l'abord latéral,
- préservation des structures anatomiques,
- réduction de la morbidité post-opératoire,
- augmente la stabilité primaire,
- réalisable dans des espaces limités [43].

Malgré ses avantages, cette méthode présente plusieurs limitations, notamment :

- la réalisation à l'aveugle de la procédure, qui est l'inconvénient majeur. Le risque de perforation de la membrane de Schneider en raison de la visibilité réduite est augmenté. De plus, le diagnostic de la perforation n'est pas toujours évident,
- la stabilité initiale de l'implant n'est pas prouvée si la hauteur osseuse résiduelle est inférieure à 5 mm. C'est pourquoi les chances d'obtenir une élévation suffisamment importante sont limitées,

- le risque de désalignement de l'axe pendant l'ostéotomie séquentielle est également plus élevé [44].

Buchter et al. (2005) ont rapporté que la technique de l'ostéotome perturbe l'unité de remodelage osseux et entraîne des micro fractures, ce qui peut réduire significativement la stabilité biomécanique peu après la pose de l'implant [45].

Enfin, cette méthode peut être inconfortable et traumatique pour les patients.

2.2. Technique de l'ostéotome modifiée par Fugazzoto

Cette méthode modifiée de Summers évite potentiellement l'utilisation de matériaux de comblement. C'est le principe de la greffe autogène, l'os est issu du site d'implantation. Fugazzoto (2002) a présenté cette méthode en utilisant des trépan de différents diamètres externes. Cette étape remplace le passage de forêt dans la méthode originelle de Summers. Un cylindre osseux est ainsi créé, et sera par la suite poussé apicalement à l'aide d'un ostéotome (Fig.1) [46].

2.2.1. Protocole de l'ostéotome modifiée par Fugazzoto

- 1. Préparation du site / abord chirurgical :** La préparation du site est similaire à celle pour la technique originelle de Summers. Cela débute donc par une anesthésie locale, puis une incision crestale à l'aide d'une lame 15, complétée par des incisions sulculaires et/ou verticales pour ainsi lever un lambeau muco-périosté de pleine épaisseur, permettant l'exposition du site osseux
- 2. Passage du trépan :** Passage du trépan calibré au plus grand diamètre externe possible en fonction du site, les angles de la ligne palatine et vestibulaire de la crête alvéolaire ne doivent pas être compromis. Ainsi à l'aide des radiographies préopératoires et de la morphologie de crête, le trépan est utilisé afin de préparer le site à 1-2mm de la membrane sinusienne à vitesse

de coupe réduite. Cela va former un cylindre osseux. Vérification que le cylindre osseux est toujours en place et non resté dans le trépan. Le cas échéant, le repositionner dans le site d'ostéotomie.

- 3. Passage de l'ostéotome :** Une fois le passage du trépan terminé, un ostéotome calibré, correspondant au diamètre de la préparation effectuée par le trépan, est utilisé. Le cylindre osseux est alors poussé à l'aide de l'ostéotome, en appliquant une légère pression, jusqu'à une profondeur d'environ 1 mm au-delà de la préparation réalisée par le trépan.
- 4. Implantation :** L'implant est ensuite délicatement introduit dans sa logette afin de laisser le temps à la membrane de se décoller (Fig. 18).

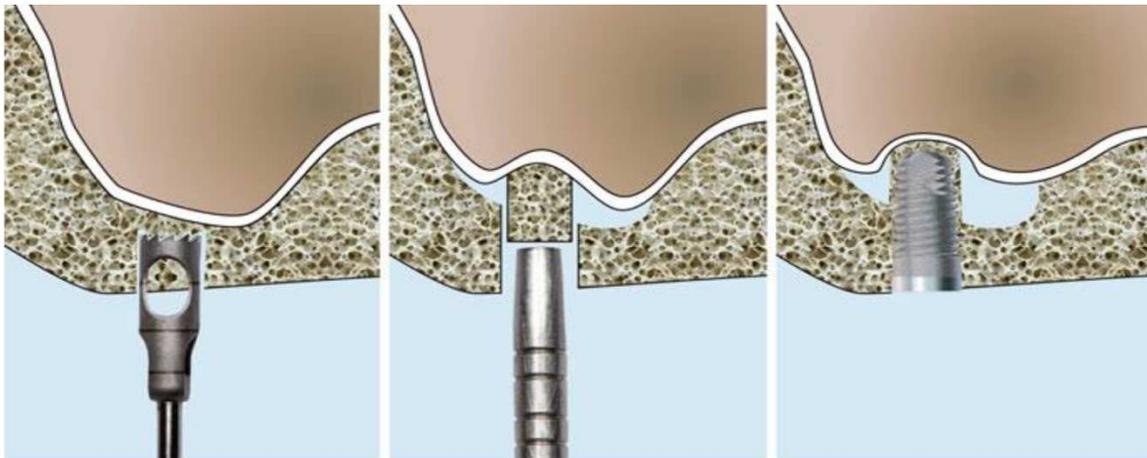


Figure 18 : Etapes 2,3 et 4 de l'ostéotome modifiée par Fugazzoto [6]

2.2.2. Avantages et limites

Cette méthode se distingue grâce à plusieurs avantages, tels que : la préservation maximale d'os alvéolaire à l'endroit précis où la pose de l'implant est prévue. La réduction du traumatisme subi par le patient lors de la méthode originelle de Summers. En effet, cette technique évite le passage de multiples ostéotomes, une étape souvent mal tolérée par les patients.

L'utilisation d'un matériau de comblement n'est pas toujours nécessaire grâce à l'autogreffe [43]. Enfin, le risque de perforation de la membrane sinusienne serait moindre par rapport à la méthode conventionnelle [47].

Cependant 3 limites ressortent de cette méthode :

- HOR \geq à 5 mm,
- absence de sensations tactiles, donc plus délicates,
- expérience clinique

2.3. Bone compression kit

Le Bone Compression Kit est principalement utilisé dans le cas d'os de faible densité, avec une HOR de 7 à 10mm. Il permet d'accroître la densité osseuse péri implantaire et d'optimiser la stabilité primaire de l'implant. La conception des vis de compression permet la réalisation des procédures d'élévation sinusienne par voie crestale. Ces vis s'ancrent dans l'os et exercent une force verticale vers le haut, contribuant ainsi à l'élévation du plancher sinusien et facilitant l'introduction de matériaux au niveau du site d'intervention [48].

2.3.1 Instrumentation

Le kit contient plusieurs vis de compression à insérer en fonction de la taille de l'implant prévu. Elles sont vissées soit manuellement à la main ou avec la clef à cliquet, soit au moteur (Fig. 19) ².

² <https://misimplants.com.mx/wp-content/uploads/2019/07/BONE-COMPRESSON-KIT.pdf>



Figure 19 : Kit Bone compression de chez MIS 2

2.3.2 Protocole chirurgical

Le protocole décrit reprend celui de la marque du Kit : MIS, qui utilise les implants SEVEN (Fig. 20)³. Ils améliorent la compression lors de l'insertion, ce qui assure une meilleure stabilité initiale.

1. **Préparation du site d'implantation** : Forage à l'aide d'un foret pilote de diamètre 2mm.
2. **Passage de la première vis** : Compression de l'os avec la vis de compression convexe de diamètre 1.6/2.8mm.
3. **Passage de la seconde vis** : Compression de l'os avec la vis de compression convexe de diamètre 2/3.3mm
4. **Insertion de l'implant** : Insertion de l'implant SEVEN.

³ <https://www.dentsplysirona.com/fr-fr/boutique-en-ligne/product-page.html/I-BP-1000217043/mis-bone-compression-kit.htm>

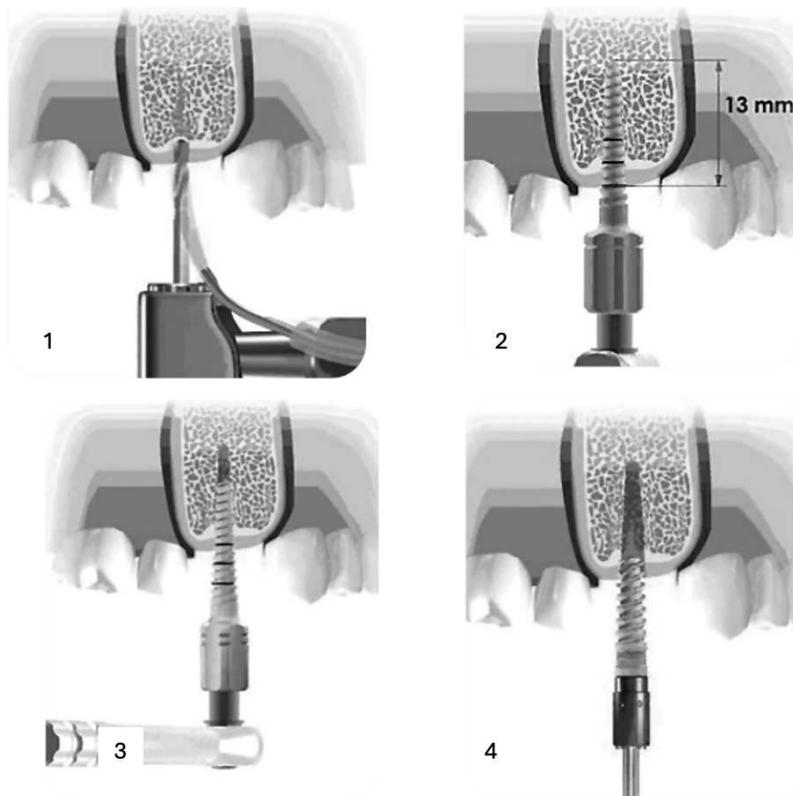


Figure 20 : Protocole du Bone kit compression ³

2.3.3 Avantages et limites

Plusieurs avantages ressortent de cette méthode :

- une ostéotomie atraumatique,
- une augmentation de la densité osseuse.
- une augmentation de la stabilité primaire de l'implant,
- un contrôle progressif de l'expansion.
- une réduction du risque de perforation de la membrane : contrôle de la compression grâce au vissage à la main [45].

Mais elle comporte certaines limites :

- réalisable avec une HOR modérée (≤ 7 mm),

- matériel dépendant,
- peu d'étude clinique

2.4 Ballon Lift Control

Cette méthode appelée Balloon Lift Control (BLC), ou encore “Minimally invasive antral membrane balloon elevation” (MIAMBE), a d’abord été décrite pour l’abord latéral par Muronoi et al. en 2003 [50]. Puis par Kfir et al. en 2006 pour l’abord crestal [51]. Créée pour réduire le risque de perforation de la membrane, le BLC permet, à l’aide d’un ballonnet, le décollement et l’élévation de la membrane en assurant une pression pneumatique [52]. La méthode se base sur l’ostéotomie décrite par Summers. Cette méthode présente l’avantage principal de pouvoir être utilisée en présence d’un os résiduel de 3 mm ou plus, contrairement aux 5 mm recommandés pour la technique de Summers. L’implant et le substitut osseux peuvent être placés dans le même temps chirurgical. Dans les cas où cela n’est pas possible, il est nécessaire d’attendre 3 mois pour permettre la consolidation de la greffe osseuse avant de placer l’implant.

2.4.1. Protocole chirurgical

- 1. Préparation du site :** L’anesthésie locale est réalisée. Une fois l’anesthésie fonctionnelle, on réalise une incision crestale afin de pouvoir lever un lambeau de pleine épaisseur.
- 2. Forage initial :** Le lit implantaire est préparé à l’aide d’un foret pilote de 2mm atteignant 1 mm en dessous du plancher.
- 3. Ostéotomie :** L’ostéotome est préalablement ajusté à 1 mm de la HOR. Ce dernier est inséré puis délicatement frappé à l’aide d’un maillet afin de créer une fracture contrôlée du plancher.

4. **Contrôle de l'intégrité de la membrane** : L'intégrité de la membrane peut être contrôlé avant le passage du ballonnet gonflable. Cette étape est réalisée à l'aide du passage d'un endoscope dans le lit implantaire [53].
5. **Introduction du ballonnet (Fig. 21) [26]** : Le ballonnet est fixé à un cathéter contenant la seringue à air, utilisé pour insuffler le ballon. Avant l'introduction du ballonnet, il est important de contrôler au préalable le bon fonctionnement de celui-ci, en insufflant plusieurs fois. Une fois le cathéter en place, on réalise la première insufflation assurant la dilatation du ballonnet. Les insufflations sont lentes et contrôlées avec du sérum physiologique ou une solution de contraste iodée, ce qui assure un décollement progressif de la membrane. Cette procédure est réalisée plusieurs fois en veillant à ne jamais introduire plus de 4 mL à chaque fois. En général, 5 insufflations assurent le détachement complet de la membrane.
6. **Insertion du substitut osseux** : Une fois l'élévation finale de la membrane faite, on insert le substitut osseux. Si la HOR est supérieure ou égale à 3 mm, l'implant est posé simultanément, si elle est inférieure, l'implant sera posé ultérieurement, le temps de consolidation osseuse, soit 3 mois environ.

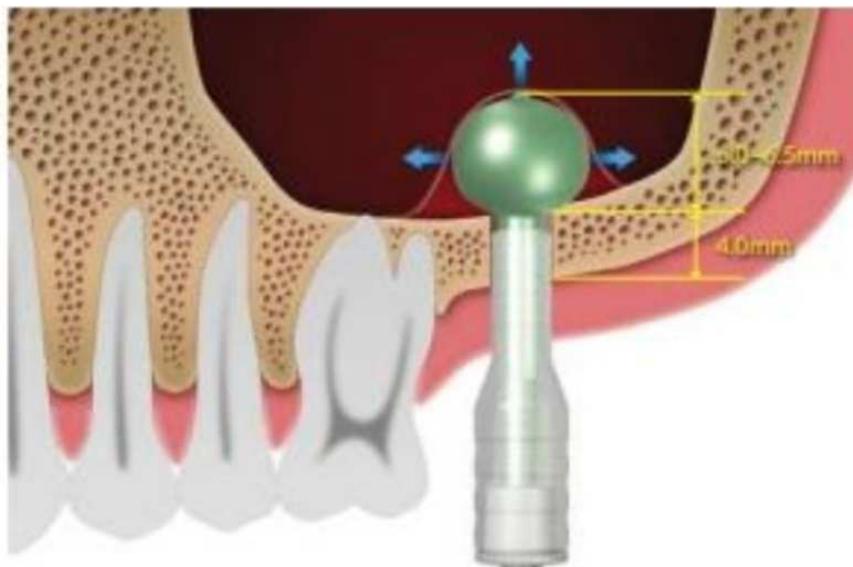


Figure 21 : Sinus floor elevation using balloon technique [6]

2.4.2. Avantages et limites

Cette méthode a pour avantage d'être minimalement invasive et réalisable avec une HOR de 3mm. Selon une étude réalisée sur 5 patients, le gain moyen d'hauteur osseuse après l'opération est de 8,7 mm (Tab. 4) [53].

Tableau 4 : Characteristics of the height gained [39].

Case no.	Elevation (mm) (Y)	Height gain (mm) after intervention (Y-X)
1.	14.5	$14.5-3.7 = 10.8$
2.	11.3	$11.3-4.1 = 7.2$
3.	12.7	$12.7-2.1 = 10.6$
4.	13.2	$13.2-3.1 = 10.1$
5.	11.8	$11.8-3.9 = 7.9$

De plus, cette procédure élimine les complications et l'inconfort associés à l'ostéotomie traditionnelle.

Le BLC semble supérieure à la technique de Summers, pour la prévention de la perforation de la membrane [54].

Cependant, le contrôle de la pression du ballonnet peut être difficile , ce qui compromet la précision de la hauteur d'élévation de la membrane. Une pression mal dosée entraîne une élévation excessive ou insuffisante, affectant ainsi la stabilité de l'implant.

Ainsi plusieurs limites ressortent :

- difficulté de contrôle de la pression et de la hauteur d'élévation,
- risque de perforation de la membrane,
- équipement et formation technique spécifique,
- coût élevé

2.5. Ostéodensification

En 2013, Huwais S a introduit une procédure de préparation atraumatique d'ostéotomie connue sous le nom d'ostéodensification (OD). C'est une méthode innovante peu invasive, qui facilite l'augmentation par greffe osseuse du sinus maxillaire. L'OD est réalisée avec les forêts Densah, qui favorisent l'augmentation de la densité osseuse autour de l'implant, la compaction de l'os autologue, la déformation plastique de l'os et l'augmentation de la stabilité primaire de l'implant grâce aux caractéristiques viscoélastiques de l'os alvéolaire. Cette méthode crée une couche d'os environnant densifié par autogreffe de compactage tout en élargissant la crête osseuse. Elle surmonte les limites des approches crestales traditionnelles en ce qui concerne la HOR [27,55]. Traditionnellement, l'approche par la fenêtre latérale avec mise en place différée de l'implant est reconnue comme la technique chirurgicale de choix dans les cas où la HOR est inférieure à 5 mm [56].

En 2021, Salgar publie une étude réalisée sur 3 patients ayant une HOR inférieure à 1,5mm. L'OD a permis un gain de hauteur osseuse variant de 10,3 à 13,6 mm (Fig. 22). Il en conclut que la méthode d'expansion osseuse crestale par OD peut être proposée comme alternative à la voie latérale [27].

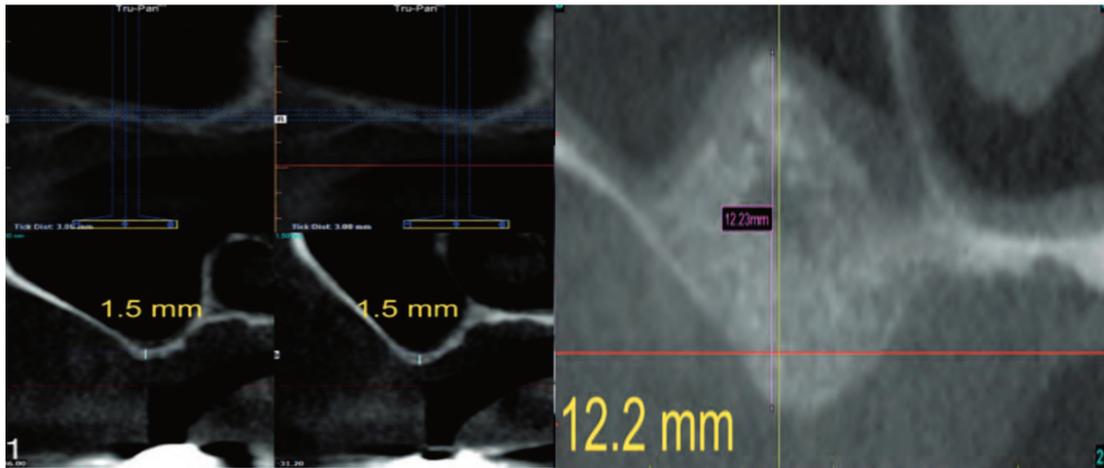


Figure 22 : 1. CBCT d'un cas clinique montrant une HOR de 1,5mm. 2. CBCT du site d'ostéotomie crestale post OD, HOR à 12,2mm [27]

Les méthodes traditionnelles crestales décrites précédemment n'ont pas permis d'obtenir une augmentation verticale de l'os aussi significative que celle obtenue par la méthode de la fenêtre sinusienne latérale. Plusieurs études, notamment celles de Zitzmann et Schärer [56], Woo et Le [44], ainsi que de Pal et ses collaborateurs [57], ont mis en évidence une différence statistiquement significative dans l'élévation osseuse obtenue entre les techniques crestales et latérales. Le gain moyen obtenu pour l'approche crestale est seulement de 3 à 4 mm. Cette méthode contourne donc les restrictions et les limites de l'augmentation crestale. Elle constitue une procédure potentiellement sûre et efficace, capable de produire une augmentation de la hauteur osseuse comparable à celle obtenue avec les procédures traditionnelles de fenêtre latérale.

Cette technique est indiquée :

- pour le maxillaire postérieur en cas de faible densité osseuse de type IV,
- pour les greffes osseuses sous-antrales avec une HOR \leq à 4mm,
- pour la pose d'implants post-extraction.

2.5.1 Instrumentation

Les forêts standards en implantologie sont conçues pour perforer l'os afin de créer un espace destiné à l'insertion de l'implant. En revanche, le principe des forêts ostéodensificateurs repose sur un mécanisme différent. Travaillant dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, les forêts provoquent une faible déformation plastique de l'os. Plutôt que de couper l'os, ils le compactent et autogreffent simultanément le tissu osseux en le déplaçant latéralement et apicalement à partir du site d'ostéotomie [58]. L'os est donc préservé et compacté en rotation anti-horaire (mode de densification) à une vitesse de 800 à 1500 tr/min. Cependant, en rotation horaire (mode de coupe) à la même vitesse de 800 à 1500 tr/min, l'os est découpé avec précision. Une irrigation abondante doit toujours être utilisée avec ces forêts afin de ne pas réchauffer l'os et créer une potentiel nécrose ⁴.



Figure 23 : Kit de forêt Densah ⁴

Le kit est composé de 12 forets coniques avec des diamètres croissants (Fig. 23) ⁴. L'augmentation de l'ostéotomie se fait donc progressivement jusqu'à atteindre le diamètre final pour l'implant. Chaque foret est marqué au laser avec

⁴ https://store-w0dmr8dwvl.mybigcommerce.com/content/Brochures/2021-secured-brochures/Watermark_Versah%20brochure_10447%20rev06.pdf

des repères de 8 à 20 mm de profondeur. Les forêts sont spécialement conçues avec plusieurs spires dotées d'un angle de coupe négatif. Les bords ne sont pas coupants et la négativité permet de générer un os compact et lisse[60].

2.5.2 Protocole chirurgical

Le protocole diffère en fonction de la HOR, le protocole décrit est celui utilisé pour une HOR inférieure ou égale à 5mm.

1. **ETAPE 1** : Anesthésie locale réalisée par infiltration buccale et palatine. Un lambeau de pleine épaisseur est soulevé. Le protocole diffère en fonction de la HOR.
2. **ETAPE 2** : Marquage du site de l'ostéotomie sur la crête avec une fraise boule diamantée avec les moteurs chirurgicaux standards à grande vitesse, irrigation abondante.
3. **ETAPE 3 (Fig. 24)** : Ne pas utiliser de foret pilote. En fonction du type d'implant et du diamètre choisi pour le site, commencer par la fraise la plus étroite (2.0). Mettre le moteur chirurgical en mode anti-horaire (sens inverse des aiguilles d'une montre) avec une vitesse de forage de 800-1500 tr/min en sélectionnant le mode densification et en assurant une irrigation abondante. Enfoncer la fraise avec une légère pression pour atteindre et pénétrer le plancher du sinus. La position du forêt est confirmée avec une RA ⁵.

⁵ <https://versah.fr/wp-content/uploads/French-Protocol-Sinus-Lift-II>

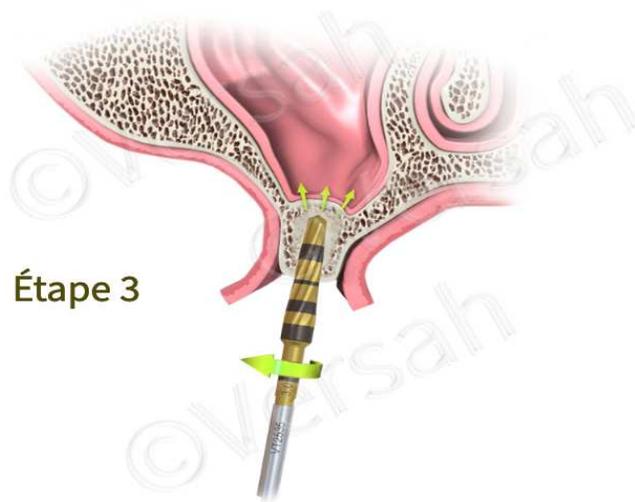


Figure 24 : Etpae 3 du protocole d'OD ⁵

4. **ETAPE 4 (Fig. 25) :** Enfoncez le forêt Densah (3.0) en mode OD jusqu'à 3 mm au-dessus du plancher sinusien. Ensuite, utilisez le forêts Densah (3.0) de diamètre plus large pour poursuivre dans l'ostéotomie préalablement créée. La pression doit être modulée avec un mouvement de pompage, permettant de dépasser le plancher sinusien par incréments de 1 mm, jusqu'à 3 mm. La fraise ne doit jamais dépasser 3 mm au-delà du plancher. L'os est ainsi poussé apicalement et soulève délicatement la membrane jusqu'à 3 mm au-dessus sur plancher. La position verticale de la fraise est confirmée par une RA.



Figure 25 : Etape 4 du protocole d'OD ⁵

5. **ETAPE 5** : Passage des forêts Densah (4.0), (5.0) en mode OD jusqu'à 3 mm au-delà du plancher sinusien. Toujours avec un mouvement de pompage, pour obtenir une largeur supplémentaire avec un soulèvement maximal de la membrane de 3 mm (par incréments de 1 mm). Une fois la largeur finale souhaitée atteinte, le site est prêt pour la mise en place de l'implant.
6. **ETAPE 6** : Introduction du biomatériau dans le site. La dernière fraise Densah utilisée à l'étape 5 est réutilisée à faible vitesse 150-200 tr/min sans irrigation pour propulser le biomatériau dans le sinus. La fraise Densah doit uniquement faciliter le compactage de la greffe pour soulever davantage la membrane sinusienne et ne pas dépasser le plancher sinusien de plus de 2 à 3 mm. L'étape de propulsion du greffon est répétée afin de faciliter le soulèvement supplémentaire de la membrane en fonction de la longueur de l'implant
7. **ETAPE 7 (Fig. 26)** : Placer l'implant ⁵.

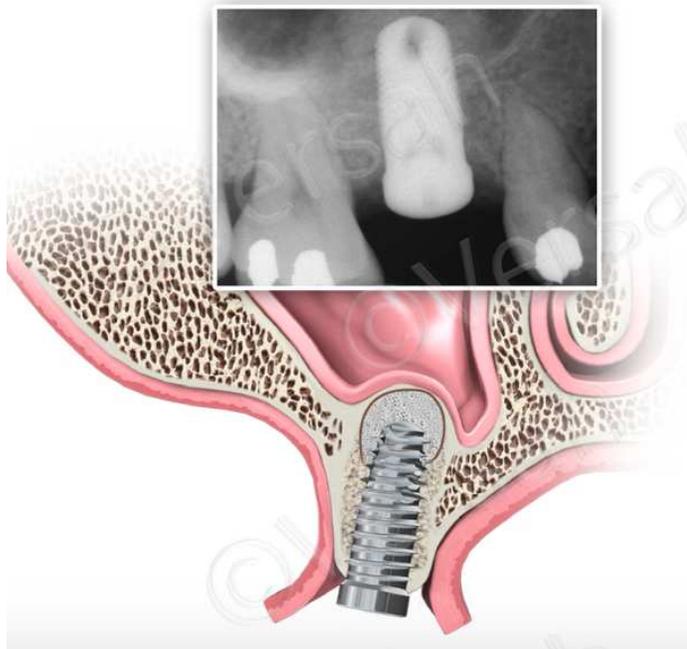


Figure 26 : Implant placé suite à l'augmentation crestale par OD ⁵

2.5.3 Avantages et limites

L'OD permet un contrôle tactile avec un compactage de l'os moins traumatisant qu'avec l'utilisation d'un ostéotome et d'un maillet, réduisant le risque de provoquer des micro-fractures. Elle ne génère pas de tissu, mais le préserve et l'optimise. Par conséquent, c'est particulièrement intéressant pour les crêtes osseuses fines, résorbées ou post-extractionnelles.

Le couple d'insertion est amélioré et augmenté en raison de l'augmentation du contact entre l'os et l'implant. Ce qui favorise une bonne stabilité primaire de l'implant par rapport au forage conventionnel et à l'utilisation d'ostéotomes. Améliorant ainsi le pronostic d'ostéointégration dans les os de faible densité.

Plus précisément, lors de l'analyse des résultats relatifs au couple d'insertion, qui est une mesure de la stabilité primaire. Les études ont rapporté que l'OD présentait des valeurs de couple d'insertion plus élevées que l'ostéotomie originelle de Summers [62]. Lahens et al. ont réalisé une étude en 2016 comparant les deux méthodes. Ils ont observé une augmentation moyenne de 30 % du couple d'insertion avec la méthode d'OD par rapport à la technique originelle de Summers [63].

L'OD présente donc des avantages intéressants tels que :

- l'augmentation de la stabilité primaire de l'implant,
- la faible HOR (inférieure à 5 mm),
- atraumatique,
- le risque de perforation de la membrane limité,
- la cicatrisation plus rapide [53].

Bien que cette méthode soit avantageuse elle présente certaines limitations :

- Recul clinique modéré,

coût élevé,

- matériel dépendant
- défaut de stabilité primaire lié à une sur préparation avec les forêts Densah,
- perforation de la membrane sinusienne.

CONCLUSION

L'élaboration d'un diagnostic approfondi est indispensable pour poser l'indication de l'expansion osseuse. Les techniques d'élévation par voie crestale se sont révélées essentielles pour surmonter les défis posés par la réhabilitation du maxillaire atrophié. Facilitant la mise en place d'implant là où le volume osseux est limité. Le choix de la technique dépend de facteurs cliniques spécifiques tels que l'anatomie du patient, la HOR et l'expérience du praticien. Ainsi, une évaluation de chaque approche est essentielle pour optimiser les résultats cliniques et minimiser les complications.

De 1994 à aujourd'hui, de nombreuses méthodes par voie crestale se sont développées. Chaque méthode présente des avantages et des limites qui influencent le choix clinique. Summers a développé une technique de référence encore très utilisée aujourd'hui. Cependant, elle n'est pas dépourvue d'inconvénients, notamment la restriction de la HOR à 5mm, la nécessité d'un apport en biomatériau, et l'aspect potentiellement traumatisant pour le patient. Les auteurs ont ainsi développé d'autres méthodes pour surmonter les limitations de la technique originelle de Summers. La méthode de Fugazzoto limite l'utilisation de biomatériaux grâce à l'autogreffe, La technique du ballonnet peut s'effectuer avec une HOR inférieure à 5mm.

Depuis 2013, la méthode d'ostéodensification développée par Huwais est en expansion. Cette méthode contourne les limites de l'augmentation crestale. Elle permet un gain de hauteur osseuse comparable aux méthodes précédentes, tout en étant minimalement invasive et moins traumatique. C'est une avancée en implantologie, avec un protocole simplifié. Cependant, les forêts Densah sont des dispositifs récents, avec une quantité faible de littérature sur le sujet. Des études cliniques avec des suivis à long terme, reposant sur des niveaux de preuve élevés, sont nécessaires pour affiner leurs indications et protocoles et, éventuellement, démontrer une supériorité par rapport aux techniques existantes.

Bibliographie

1. Gaudy JF, Cannas B, Haddioui AE, Gillot L, Gorce T, Charrier JL. Os maxillaire: morphologie et sinus maxillaire. In: Atlas D'anatomie Implantaire. Elsevier; 2011
2. Manuel d'implantologie clinique: consolidation des savoirs et ouvertures sur l'avenir. 4e éd. Malakoff: Éditions CdP; 2018. (JPIO).
3. Gouët E, Touré G. Sinus & implant: chirurgie d'élévation sinusienne à visée implantaire. Malakoff: Éditions CdP; 2017. (Mémento).
4. Davarpanah M, Davarpanah K, Szmukler-Moncler S, De Corbière S, Simplification des greffes sinusiennes. Paris: Quintessence international; 2011.
5. Valentini P, Artzi Z. Sinus augmentation procedure via the lateral window technique-Reducing invasiveness and preventing complications: A narrative review. *Periodontol 2000*. 2023;91(1):167-81
6. Alshamrani AM, Mubarki M, Alsager AS, Alsharif HK, AlHumaidan SA, Al-Omar A. Maxillary Sinus Lift Procedures: An Overview of Current Techniques, Presurgical Evaluation, and Complications. *Cureus*. 2023;15(11):e49553.
7. Bravetti P. Gestes implantaires: connaissances anatomiques indispensables. Les Ulis: EDP sciences; 2012.
8. Antoun H, Challita P. Les greffes de sinus en implantologie. 2e éd. Puteaux: Éditions CdP; 2020. (JPIO).
9. Janner SFM, Caversaccio MD, Dubach P, Sendi P, Buser D, Bornstein MM. Characteristics and dimensions of the Schneiderian membrane: a radiographic analysis using cone beam computed tomography in patients referred for dental implant surgery in the posterior maxilla: Characteristics and dimensions of the Schneiderian membrane. *Clinical Oral Implants Research*. déc 2011;22(12):1446-53.
10. Cawood JI, Howell RA. A classification of the edentulous jaws. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. août 1988;17(4):232-6.
11. Adell R. Tissue integrated prostheses in clinical dentistry. *Int Dent J*. déc 1985;35(4):259-65.
13. Khoury F. Greffe osseuse en implantologie. Paris : Quintessence international; 2023.
14. Alqahtani S, Alsheraimi A, Alshareef A, Alsaban R, Alqahtani A, Almgran M, et al. Maxillary Sinus Pneumatization Following Extractions in Riyadh, Saudi Arabia: A Cross-sectional Study. *Cureus*. 9 janv 2020

15. Rosen PS, Summers R, Mellado JR, Salkin LM, Shanaman RH, Marks MH. The Bone-Added Osteotome Sinus Floor Elevation Technique: Multicenter Retrospective Report of Consecutively Treated Patients. 2000;
16. Antoun H. Les greffes de sinus en implantologie. Rueil-Malmaison: Éd. CdP; 2011. (JPIO).
17. Louise F, Dragan O. Complements sinusiens, simplification des protocoles chirurgicaux. Paris : Quintessence international; 2018.
18. Tavelli L, Borgonovo AE, Re D, Maiorana C. Sinus presurgical evaluation: a literature review and a new classification proposal. *Minerva Dent Oral Sc.* mai 2017.
19. Pistilli R, Canullo L, Pesce P, Pistilli V, Caponio VCA, Sbricoli L. Guided implant surgery and sinus lift in severely resorbed maxillae: A retrospective clinical study with up to 10 years of follow-up. *Journal of Dentistry.* 1 juin 2022;121:104137.
20. Chandra RV, Reddy AA, Naveen A. A Simple, Custom-Made Osteotome for Sinus Floor Elevation. *Journal of Oral Implantology.* 1 févr 2015;41(1):93-6.
21. Seban A, Bonnaud P. *Pratique clinique des greffes osseuses et implants.* Éditions Masson; 2012.
22. Buatois H, Pollini A. *L'implantologie supracrestale.* Paris Berlin Chicago [etc.]: QI; 2016.
23. Fermergård R, Åstrand P. Osteotome Sinus Floor Elevation and Simultaneous Placement of Implants – A 1-Year Retrospective Study with Astra Tech Implants. *Clin Implant Dent Rel Res.* mars 2008;10(1):62-9.
24. Stern A, Green J. Sinus Lift Procedures: An Overview of Current Techniques. *Dental Clinics of North America.* janv 2012;56(1):219-33.
25. Boyne PJ. Augmentation of the posterior maxilla by way of sinus grafting procedures: recent research and clinical observations. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* févr 2004;16(1):19-31, v-vi.
26. Gill HS, Nagpal A, Vaidya S, Jindal V. Maxillary Sinus Floor Elevation Techniques. *International Journal Of Drug Research And Dental Science.* 18 août 2020;2(3):29-44.
27. Salgar N. Osseodensified Crestal Sinus Window Augmentation: An Alternative Procedure to the Lateral Window Technique. *Journal of Oral Implantology.* 1 févr 2021;47(1):45-55.
28. Levin L, Schwartz-Arad D. The Effect of Cigarette Smoking on Dental Implants and Related Surgery: *Implant Dentistry.* déc 2005;14(4):357-63.
29. Levin L, Herzberg R, Dolev E, Schwartz-Arad D. Smoking and complications of

- onlay bone grafts and sinus lift operations. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2004;19(3):369-73.
30. Kan JY, Rungcharassaeng K, Lozada JL, Goodacre CJ. Effects of smoking on implant success in grafted maxillary sinuses. *J Prosthet Dent.* sept 1999;82(3):307-11.
31. Esfahrood ZR, Ahmadi L, Karami E, Asghari S. Short dental implants in the posterior maxilla: a review of the literature. *Journal of the Korean Association of Oral and Maxillofacial Surgeons.* 25 avr 2017;43(2):70.
32. Morand M, Irinakis T. The challenge of implant therapy in the posterior maxilla: providing a rationale for the use of short implants. *J Oral Implantol.* 2007;33(5):257-66.
33. Noharet R, Jurado M. Anticipations implantaire et prothétique. 2012;12.
34. Chrcanovic BR, Albrektsson T, Wennerberg A. Tilted versus axially placed dental implants: a meta-analysis. *J Dent.* févr 2015;43(2):149-70.
35. Aparicio C, Perales P, Rangert B. Tilted implants as an alternative to maxillary sinus grafting: a clinical, radiologic, and periotest study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2001;3(1):39-49.
36. Brånemark PI, Adell R, Albrektsson T, Lekholm U, Lindström J, Rockler B. An experimental and clinical study of osseointegrated implants penetrating the nasal cavity and maxillary sinus. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery.* août 1984;42(8):497-505.
37. Jung JH, Choi BH, Jeong SM, Li J, Lee SH, Lee HJ. A retrospective study of the effects on sinus complications of exposing dental implants to the maxillary sinus cavity. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology.* mai 2007;103(5):623-5.
38. Salinas-Goodier C, Rojo R, Murillo-González J, Prados-Frutos JC. Three-dimensional descriptive study of the pterygomaxillary region related to pterygoid implants: A retrospective study. *Scientific Reports.* 7 nov 2019;9:16179.
39. Anandakrishna GN, Rao G. Pterygomaxillary Implants: A Graftless Solution to Deficient Maxillary Bone. *J Indian Prosthodont Soc.* sept 2012;12(3):182-6.
40. Candel E, Peñarrocha D, Peñarrocha M. Rehabilitation of the atrophic posterior maxilla with pterygoid implants: a review. *J Oral Implantol.* sept 2012;38 Spec No:461-6.
41. Summers RB. Sinus Floor Elevation with Osteotomes. *J Esthet Restor Dent.* mai 1998;10(3):164-71.
42. Pjetursson BE, Rast C, Brägger U, Schmidlin K, Zwahlen M, Lang NP. Maxillary sinus floor elevation using the (transalveolar) osteotome technique with or without grafting material. Part I: Implant survival and patients' perception. *Clin Oral Implants Res.* juill 2009;20(7):667-76.
43. Obiechina N. Osteotome technique: A Minimally Invasive Way to Increase Bone

for Dental Implant Placement in The Posterior Maxilla and Prevent Sinus Membrane Perforation for Single and Multiple Teeth Replacements. 30 juin 2019;3.

44. Woo I, Le BT. Maxillary Sinus Floor Elevation: Review of Anatomy and Two Techniques: Implant Dentistry. mars 2004;13(1):28-32.

45. Büchter A, Kleinheinz J, Wiesmann HP, Kersken J, Nienkemper M, Weyhrother H von, et al. Biological and biomechanical evaluation of bone remodelling and implant stability after using an osteotome technique. Clin Oral Implants Res. févr 2005;16(1):1-8.

46. Fugazzotto PA. The modified trephine/osteotome sinus augmentation technique: technical considerations and discussion of indications. Implant Dent. 2001;10(4):259-64.

47. Laskar S, Pande D, Anwar MS, Langaliya A, Shukla R, Shrivastava H, et al. Minimally invasive techniques for sinus floor elevation using dental implants among Indians. Bioinformation. 31 déc 2023;19(13):1336.

50. Muronoi M, Xu H, Shimizu Y, Ooya K. Simplified procedure for augmentation of the sinus floor using a haemostatic nasal balloon. Br J Oral Maxillofac Surg. avr 2003;41(2):120-1.

51. Kfir E, Kfir V, Mijiritsky E, Rafaeloff R, Kaluski E. Minimally invasive antral membrane balloon elevation followed by maxillary bone augmentation and implant fixation. J Oral Implantol. 2006;32(1):26-33.

52. Kfir E, Kfir V, Eliav E, Kaluski E. Minimally invasive antral membrane balloon elevation: report of 36 procedures. J Periodontol. oct 2007;78(10):2032-5.

53. Penarrocha-Diago M, Galan-Gil S, Carrillo-Garcia C, Penarrocha-Diago D, Penarrocha-Diago M. Transcrestal sinus lift and implant placement using the sinus balloon technique. Med Oral. 2012;e122-8.

54. Apparaju V, Vaddamanu SK, Vyas R, Vishwanath S, Gurumurthy V, Kanji MA. Is Balloon-Assisted Maxillary Sinus Floor Augmentation Before Dental Implant Safe and Promising? A Systematic Review and Meta-Analysis. Nigerian Journal of Clinical Practice. mars 2020;23(3):275.

55. Huwais S, Meyer EG. A Novel Osseous Densification Approach in Implant Osteotomy Preparation to Increase Biomechanical Primary Stability, Bone Mineral Density, and Bone-to-Implant Contact. Int J Oral Maxillofac Implants. 2017;32(1):27-36.

56. Zitzmann NU, Schärer P. Sinus elevation procedures in the resorbed posterior maxilla: Comparison of the crestal and lateral approaches. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics. 1 janv 1998;85(1):8-17.

57. Pal U shanker, Sharma N, Singh R, Mahammad S, Mehrotra D, Singh N, et al. Direct vs. indirect sinus lift procedure: A comparison. National journal of maxillofacial surgery. 2 mars 2012;3:31-7.

58. Shalash M, Mounir M, Elbanna T. Evaluation of crestal sinus floor elevation in cases exhibiting an oblique sinus floor with a residual bone height of 4.0–7.0 mm using Densah burs with simultaneous implant placement: a prospective clinical study. *International Journal of Implant Dentistry*. 2 nov 2023;9(1):41.
60. Hegde C, Shetty M, Aloorer S. Effect of Osseodensification on Bone Density and Crestal Bone Levels: A Split-mouth Study. *The Journal of Contemporary Dental Practice*. 10 juin 2022;23(2):162-8.
62. Fontes Pereira J, Costa R, Nunes Vasques M, Salazar F, Mendes JM, Infante da Câmara M. Osseodensification: An Alternative to Conventional Osteotomy in Implant Site Preparation: A Systematic Review. *Journal of Clinical Medicine*. janv 2023;12(22):7046.
63. Lahens B, Neiva R, Tovar N, Alifarag AM, Jimbo R, Bonfante EA, et al. Biomechanical and histologic basis of osseodensification drilling for endosteal implant placement in low density bone. An experimental study in sheep. *J Mech Behav Biomed Mater*. oct 2016;63:56-65.

WEBOGRAPHIE :

- ¹ <https://www.dentaire365.fr/wp-content/uploads/2021/02/Chapitre-4.pdf>
- ² MIS Bone Compression Kit: Dentsply Sirona France [Internet]. [cité 21 oct 2024]. Disponible sur: <https://www.dentsplysirona.com/fr-fr/boutique-en-ligne/product-page.html/I-BP-1000217043/mis-bone-compression-kit.html>
- ³ <https://misimplants.com.mx/wp-content/uploads/2019/07/BONE-COMPRESSSION-KIT.pdf> [Internet]. [cité 21 oct 2024]. Disponible sur: <https://misimplants.com.mx/wp-content/uploads/2019/07/BONE-COMPRESSSION-KIT.pdf>
- ⁴ https://store-w0dmr8dwvl.mybigcommerce.com/content/Brochures/2021-secured-brochures/Watermark_Versah%20brochure_10447%20rev06.pdf [Internet]. [cité 4 nov2024]
- ⁵ French-Protocol-Sinus-Lift-II-10706REV00.pdf. [cité 13 nov 2024]. Disponible sur: https://versah.fr/wp-content/uploads/French-Protocol-Sinus-Lift-II_10706REV00.pdf

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Éclaté du massif facial supérieur. 1 : os maxillaire, qui en constitue la majeure partie ; 2 : os zygomatique ; 3 : os propres du nez ; 4 : ethmoïde ; 5 : os lacrymal ; 6 : cornet nasal inférieur ; 7 : vomer ; 8 : os palatin [1] (d'après Gaudy J.F.et al.).....	11
Figure 2 : L'os maxillaire a la forme d'une pyramide triangulaire à base médiale et sommet latéral. 1 : sommet ; 2 : face orbitaire ; 3 : face jugale ; 4 : face infratemporale. [1]	12
Figure 3 : Schéma de la vascularisation artérielle du sinus assurée par trois artères issues de l'artère maxillaire (Am). Asp : artère sphéno-palatine ; Aio : artère infra-orbitaire ; Aasp : artère alvéolaire supérieure postérieure. Ces deux artères développent des anastomoses au niveau du périoste (Ae : anastomose extra-osseuse) ou au sein de la paroi osseuse latérale (Ai : anastomose intra-osseuse) [3].....	14
Figure 4 : : Classification de Cawood et Howell pour les secteurs maxillaires postérieurs [10]	17
Figure 5 : Les différents types d'os de I à IV	18
Figure 6 : Paramètres à évaluer lors de la chirurgie d'élévation sinusienne. 1. Patient : sa demande et son type d'édentement. 2. Os : hauteur et largeur osseuses résiduelles sous-sinusiennes, et qualité osseuse. 3. Membrane sinusienne : épaisseur et aisance anticipée du décollement. 4. Espace sous-membranaire : mise en place ou non d'un matériau de comblement. 5. Implant : macrogéométrie (longueur et géométrie), microgéométrie (surface implantaire) et stabilité primaire de l'implant [2]	20
Figure 7 : La classification de Misch se base sur la hauteur osseuse résiduelle et des subdivisions sont établies en fonction de la largeur de crête [14].....	21
Figure 8 : Evolution de la hauteur osseuse résiduelle minimale nécessitant une greffe osseuse par soulevé de sinus en fonction du temps [4].....	22
Figure 9 : CBCT d'une planification implantaire [.....	24
Figure 10 : Coupe sagittale de reconstruction 3D de la paroi antérolatérale [7]	27
Figure 11 : : Ostéotomie de la fenêtre osseuse [8]	28
Figure 12 : La première ostéotomie à la fraise se fait sans atteindre la muqueuse du sinus mais en laissant transparaitre son aspect bleuâtre (flèches) [8].....	29
Figure 13 : RA d'un implant court de sa réhabilitation prothétique [28]	34
Figure 14 : Pose d'un implant incliné en direction mésiale dans le but d'éviter une greffe chez l'édentement partie. a. Schéma d'une inclinaison modérée dans le but d'éviter de pénétrer dans le sinus b. Inclinaison en direction mésiale [4]	35
Figure 15 : Reformation de la membrane sinusienne autour de l'apex d'un implant endosinusien. Lorsque la partie endosinusienne est inférieure à 3mm, la membrane peut complètement se reformer autour de l'apex de l'implant. Lorsqu'elle est supérieure à 4mm, la membrane peut ne pas se reformer entièrement. L'implant n'est pas totalement isolé de la cavité sinusienne [8].....	36
Figure 16 : : Implants ptérygo-palato-tubérositaires [4]	38
Figure 17 : Ostéotomes : instruments frappés utilisés dans le cadre d'élévation du sinus par voie crestale ou de condensation de l'os trabéculaire. Le tracé bleu correspond à une vue en coupe de l'ostéotome [3]	40

Figure 18 : Etapes 2,3 et 4 de l'ostéotome modifiée par Fugazzoto [6].....	45
Figure 19 : : Kit Bone compression de chez MIS 2	47
Figure 20 : Protocole du Bone kit compression ³	48
Figure 21 : Sinus floor elevation using balloon technique [6]	50
Figure 22 : 1. CBCT d'un cas clinique montrant une HOR de 1,5mm. 2. CBCT du site d'ostéotomie crestale post OD, HOR à 12,2mm [27]	53
Figure 23 : Kit de fôret Densah ⁴	54
Figure 24 : Etpae 3 du protocole d'OD ⁵	56
Figure 25 : Etape 4 du protocole d'OD ⁵	56
Figure 26 : Implant placé suite à l'augmentation crestale par OD ⁵	57

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Fonctions probables des sinus maxillaires ; tableau modifié d'après Blanton et Biggs (1969) et Witmer (1997) et Rae et Koppe (2008)/8/.....	15
Tableau 2 : Tableau 2 : Analyse statistique du taux de survie des implants à 3 ans mis en place par la technique de Summers et en fonction de leur longueur	25
Tableau 3 : Analyse statistique du taux de survie des implants à 3 ans placés par la technique de Summers en fonction de la hauteur d'os crestale préexistante.....	26
Tableau 4 : Characteristics of the height gained /39/.	51

Thèse d'exercice : Chir. Dent. : Lille : Année 2024

Les chirurgies d'élévation osseuse sous-sinusienne : Etat des lieux en 2024 /
Victoire WATINE. - p. (71) : ill. (25) ; réf. (68).

Domaines : Implantologie, chirurgie, anatomie

Mots clés Libres : Sinus, Summers, Anatomie, chirurgie-ORALE, Osteodensification,

Résumé de la thèse en français

Cette thèse explore les avancées des méthodes d'élévation osseuse sous-sinusienne, une intervention clé en implantologie pour le traitement du maxillaire atrophié. A une époque, le sinus maxillaire n'était pas pris en compte, c'était la période des implants-aiguilles. En 1986, Tatum a introduit le rehaussement du plancher sinusien. Puis, en 1994, Summers a développé la méthode des ostéotomes, encore pratiquée aujourd'hui et modifiée successivement par d'autres auteurs.

Depuis, plusieurs méthodes ont émergé, notamment l'ostéotomie modifiée par Fugazzoto, la technique du ballonnet, les vis de compressions osseuses. Plus récemment, l'ostéodensification s'est imposée comme une méthode innovante et peu invasive, facilitant l'augmentation osseuse. Cependant, son principal inconvénient demeure le manque de recul scientifique et l'insuffisance d'études à long terme.

L'intérêt de cette thèse est de détailler les différents protocoles de greffe osseuse par voie crestale de 1994 à 2024.

JURY :

Président : Monsieur Le Professeur Philippe BOITELLE

Assesseurs : Monsieur Le Docteur Jordan QUERTAINMONT

Monsieur Le Docteur François Descamp

Monsieur Le Docteur Laurent Nawrocki

Membres invités