

UNIVERSITE DE NANTES

UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE D'ODONTOLOGIE

ANNEE : 2012

N°:045

**ALTERNATIVES IMPLANTAIRES AU
COMPLEMENT DE SINUS DANS LA
REHABILITATION IMPLANTO-PROTHETIQUE DE
LA REGION POSTERIEURE DU MAXILLAIRE**

THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT DE
DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

*Présentée
et soutenue publiquement par*

Anne BOËDEC

Née le 19 Février 1987

Le 27 septembre 2012, devant le jury ci-dessous :

Président : Monsieur le Professeur P. LESCLOUS
Assesseur : Monsieur le Docteur A. SAFFARZADEH-KERMANI
Assesseur : Monsieur le Docteur G. CAMPARD

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur A. HOORNAERT
Co-Directeur de thèse : Monsieur le Docteur N. STRUBE

SOMMAIRE

INTRODUCTION	6
---------------------------	----------

PREMIERE PARTIE : Généralités	8
--	----------

I.	Anatomie du maxillaire	9
	9	
1.1.	Os maxillaire	9
1.2.	Sinus maxillaire.....	9
1.3.	Région molaire et prémolaire	10
1.4.	Région ptérygo-palato-tubérositaire	10
II.	Caractéristiques physiologiques	
	12	
2.1.	Pneumatisation du sinus	12
2.2.	Membrane sinusienne	13
2.3.	Résorption osseuse	14
2.4.	Densité osseuse	14

DEUXIEME PARTIE : Alternatives implantaires au comblement de sinus	16
---	-----------

I.	Implants courts	
	17	
1.1.	Définition	17
1.2.	Design des implants courts	17
1.2.1.	Le diamètre	18
1.2.2.	La géométrie	18
1.2.3.	L'état de surface	19
1.3.	Biomécanique des implants courts	20
1.4.	Analyse en éléments finis	22
1.5.	Avantages des implants courts	25
1.6.	Critères de réussite	26
1.7.	Inconvénients et facteurs de risques	27
1.8.	Protocole chirurgical	27
II.	Implants angulés	28
2.1.	Définitions	28
2.2.	Principes	28
2.3.	Caractéristiques implantaires	30

2.4.	Avantages	30
2.5.	Inconvénients	31
2.6.	Technique chirurgicale	31
2.7.	Conception prothétique	32
2.8.	Etude en éléments finis	32
III.	All-on-four de Paulo Malo et All-on-six	32
3.1.	Définition	33
3.2.	Evaluation des contraintes biomécaniques	35
3.3.	Choix du type de mise en charge et du nombre d'implants	37
3.4.	Avantages et indications	37
3.5.	Critères de choix implantaire	37
3.6.	Description de la technique	38
IV.	Implants zygomatiques	38
4.1.	Définition	38
4.2.	Caractéristiques implantaire	38
4.3.	Indications	39
4.4.	Inconvénients et complications	39
4.5.	Protocole et technique chirurgicale	39
V.	Implants ptérygoïdiens	41
5.1.	Définition	41
5.2.	Etude anatomique de la région	42
5.3.	Qualité osseuse	42
5.4.	Caractéristiques implantaire et prothétique	42
5.5.	Technique et protocole chirurgical	43
5.6.	Indications et avantages	44
5.7.	Inconvénients et complications	44
VI.	Soulevé de sinus sans greffe osseuse	46
6.1.	Définition, principe	46
6.2.	Evolution de la technique	46
	6.2.1. Voie d'abord latérale	47
	6.2.2. Voie d'abord crestale	48
6.3.	Mécanisme histologique	50
6.4.	Influence du design implantaire	52
6.5.	Suites opératoires	53
6.6.	Prédictibilité de la technique	53

TROISIEME PARTIE : Le point sur la littérature en 2012 55

I.	Implants courts	56
1.1.	Evaluation des implants courts	56
1.2.	Evaluation des implants courts versus greffe osseuse et implants longs	58
II.	Implants angulés	67
2.1.	Edentement partiel	67
2.2.	Edentement total	67
	2.2.1. All-on-four	67
	2.2.2. All-on-six	67
III.	Implants zygomatiques	77
IV.	Implants ptérygoidiens	83
V.	Soulevé de sinus sans greffe osseuse	88
	CONCLUSIONS	93
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	95
	TABLE DES ILLUSTRATIONS	113
	ANNEXES	117
	TABLES DES ABREVIATIONS.....	118

INTRODUCTION

Le traitement implantaire de la région postérieure du maxillaire est souvent rendu complexe par la faible hauteur d'os résiduel liée à la pneumatisation du sinus et à une résorption osseuse avancée.

Le praticien se retrouve alors confronté à deux approches chirurgicales avec et sans comblement osseux dans l'optique de pouvoir positionner des implants.

Le patient de son côté est parfois réticent quant aux procédures de greffe osseuse, ou de sinus lift par voie crestale ou latérale.

Ainsi dans le but de simplifier les plans de traitement et de diminuer les complications et morbidités liées aux comblements sinusiens, différents concepts implantaires permettent de s'affranchir des étapes pré-implantaires de greffe. Ces alternatives, dites *graftless*, vont permettre d'exploiter le volume osseux disponible à l'aide d'implants courts ou angulés, en réduisant leur nombre ou en les utilisant comme « piquets de tente ».

La prédictibilité des implants à long terme dans les secteurs édentés disposant d'une hauteur d'os suffisante a largement été démontrée dans la littérature. En revanche nous verrons que les preuves scientifiques de haut niveau sont encore peu nombreuses dans le domaine qui nous intéresse.

Cet exposé débute par quelques rappels anatomique et physiologique de la région postérieure du maxillaire et du sinus, afin de soulever les différents obstacles.

Puis nous décrivons les différentes alternatives s'offrant au praticien afin de s'adapter au volume osseux disponible et de s'affranchir de tout comblement osseux.

Enfin nous ferons le point de la littérature en 2012 sur ces types de traitements implantaires.

PREMIERE PARTIE : GENERALITES

I. Anatomie du maxillaire

1.1. os maxillaire [77, 86]

L'os maxillaire est un os pair s'articulant avec tous les os de la face (Fig.1). Il forme avec son homologue l'arcade dentaire supérieure et constitue l'essentiel du massif facial supérieur. D'origine membraneuse, il appartient au viscéro-crâne.

Il est en rapport par son sommet avec l'os zygomatique, et par sa base avec la paroi latérale des cavités nasales. Il décrit ainsi une pyramide triangulaire présentant trois faces :

- supérieure ou orbitaire
- antérolatérale ou jugale
- postéro-latérale ou infra-temporale

Cette dernière se divise en une portion postérieure convexe décrivant la tubérosité maxillaire, et une portion antérieure et latérale concave formant avec l'os zygomatique la fosse maxillo-zygomatique.

Enfin, trois processus se détachent de son corps :

- frontal
- palatin
- alvéolaire

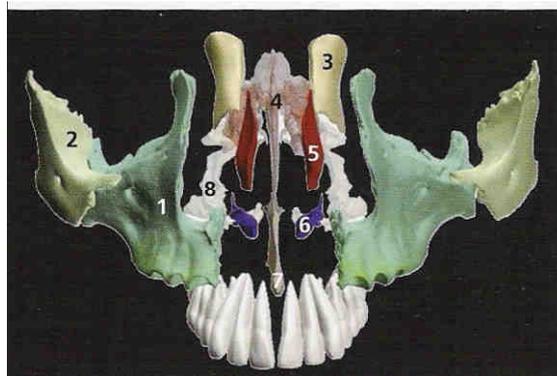


Fig. 1. Eclaté du massif facial supérieur. (1) os maxillaire, (2) os zygomatique, (3) os nasal, (4) ethmoïde, (5) os lacrymal, (6) cornet nasal inférieur, (7) vomer, (8) os palatin. [77]

1.2. sinus maxillaire

L'os maxillaire est creusé d'une cavité pneumatique : le sinus maxillaire, qui occupe sa majeure partie, en dehors de l'os alvéolaire.

Le sinus est une cavité aérienne, également pyramidale qui se développe dès la douzième semaine de vie fœtale jusqu'à l'éruption des troisièmes molaires. Sa croissance lente bénéficie du volume libéré par l'éruption dentaire.

Son anatomie est délimitée par :

- une base médiale, en regard des fosses nasales
- un apex latéral, orienté vers l'os zygomatique
- un toit, soutenant le plancher de l'orbite
- un plancher, surplombant les procès alvéolaires, en rapport étroit avec les prémolaires et les molaires
- une partie postérieure, orientée vers la surface infra temporale du maxillaire

De taille variable il peut être cloisonné par des septa sinusiens et présenter des prolongements inter-radicaux, frontaux ou zygomatiques.

Les septa mesurant 7 à 8 mm, compartimentent le sinus en direction supérieure.

Son ostium de drainage se situe sur la face médiale et s'ouvre au niveau du méat moyen.

La vascularisation du sinus est assurée par différentes branches collatérales de l'artère maxillaire et par les rameaux ethmoïdaux de l'artère ophtalmique (artère infra-orbitaire, artère alvéolaire postéro-supérieure, artère palatine descendante, artères ethmoïdales antérieure et postérieure).

1.3. région molaire et prémolaire

Elle s'étend de la canine à la tubérosité maxillaire et est limitée en haut par le plancher du sinus et en bas par les rebords alvéolaires.

Le support osseux de cette zone comprend l'os alvéolaire et l'os basal. La crête alvéolaire est souvent plus large au niveau des molaires que des prémolaires, et sa résorption centripète dépendra de l'ancienneté de l'édentement.

Le maxillaire postérieur est une zone à risque étant donné les forces occlusales, la qualité osseuse médiocre, la hauteur d'os souvent limitée et les risques anatomiques liés au sinus et au pédicule grand palatin.

1.4. région ptérygo-palato-tubérositaire

Elle est située en arrière des arcades dentaires et est constituée de trois os. Leur encastrement crée une zone architecturale très résistante, propice à l'ancrage implantaire. L'ancrage tubérositaire seul étant risqué par l'obtention d'une faible stabilité primaire, la densité osseuse des sutures doit être exploitée.

Les trois os sont : (Fig. 2,3 et 4)

- os maxillaire, par sa tubérosité de densité osseuse faible
- os palatin, par son processus pyramidal
- os sphénoïde, par son processus ptérygoïde

La tubérosité du maxillaire sépare le sinus des fosses infra-temporale et ptérygo-palatine.

Elle est peu sujette à la résorption et supporte les insertions des muscles ptérygoïdien, buccinateur et tenseur du voile du palais. Ainsi malgré l'édentement, une fonction persiste grâce aux insertions musculaires.

Les risques anatomiques de cette région sont représentés par le foramen grand palatin et l'artère palatine descendante.



Fig. 2. Vue postéro-inférieure de la région osseuse ptérygo-palato-tubérositaire. (1) Fosse ptérygoïde, (2) sinus maxillaire, (3) tubérosité maxillaire. [77]

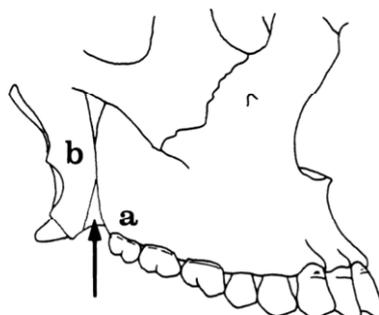


Fig. 3. Pilier osseux composé de la tubérosité maxillaire (a), du processus pyramidal de l'os palatin (flèche), et du processus ptérygoïde de l'os sphénoïde (c). [92]



Fig. 4. Modélisation 3D. (1) processus pyramidal de l'os palatin, fermant la fissure entre les lames médiale et latérale du processus ptérygoïde, zone la plus résistante de cet assemblage osseux. [77]

II. Caractéristiques physiologiques

2.1. pneumatisation du sinus [149]

Elle se définit comme un agrandissement du volume du sinus lié à l'âge, à une diminution du volume osseux alvéolaire et à l'os cortical résiduel.

Il s'agit d'un processus physiologique qui débute au cours de la croissance in utero et se termine avec l'éruption des dents de sagesse. D'un point de vue histologique, la pneumatisation s'explique par une résorption ostéoclastique de la corticale des parois sinusiennes.

La diminution de hauteur osseuse d'origine sinusienne est un des facteurs responsables du faible volume dans la région postérieure du maxillaire.

La perte des dents maxillaires entraînerait une augmentation de ce phénomène et par conséquent un accroissement du volume sinusien. Elle varie en fonction de différents facteurs : importance de la courbure du plancher sinusien, protrusion des dents dans le sinus, avulsions de plusieurs dents postérieures adjacentes, dont les secondes molaires.

Ainsi l'étude de Sharan a montré une expansion du sinus plus importante dans les cas d'extractions de deux dents adjacentes ou plus (2,2mm +/- 2,54mm, n=45) [146]. Dans les cas d'une seule extraction, le déplacement moindre du plancher sinusien (0,54mm +/- 1,70 mm, n=14) serait lié à la présence des racines des dents adjacentes.

Dans cette même étude l'évaluation de l'influence des différents types de dents extraites montre une pneumatisation sinusienne augmentée avec la perte des secondes molaires (2,91 à 3,56mm).

De plus la pneumatisation sinusienne est supérieure après l'extraction des molaires par rapport aux prémolaires. Ceci s'expliquerait par une durée de cicatrisation supérieure étant donné le volume de l'alvéole autorisant une expansion du sinus plus importante. [149]

Par ailleurs les éruptions dentaires jouent un rôle non négligeable au cours de la croissance du sinus. Libersa l'a mis en évidence par comparaison des distances radiologiques entre la face occlusale des dents et le bord supra-orbitaire d'une part, et ce même point dentaire et le bord inférieur du sinus d'autre part [94].

A l'âge de 12/13 ans, le plancher du sinus se trouve au niveau du plancher des fosses nasales, et à 20 ans, avec l'éruption des dents de sagesse, la fin de la pneumatisation du sinus se situe 5 mm inférieur aux fosses nasales. [149]

Enfin la circulation d'air permanente entretient le phénomène de pneumatisation par des forces continues.

2.2. membrane sinusienne [54, 154,155]

La muqueuse sinusienne se décompose en un épithélium, une membrane basale et un chorion (ou lamina propria). [54]

L'épithélium, de type respiratoire pseudostratifié cylindrique cilié comprend quatre types de cellules : basale, caliciforme, à microvillosités et ciliées.

Le chorion séparé par la membrane basale, enchâsse dans sa matrice extra-cellulaire le collagène, les vaisseaux et glandes. Il est également composé de cellules inflammatoires.

La membrane sinusienne de Schneider est composée d'une superposition de couches (Fig.5) :

- épithélium
- lamina propria très vascularisée
- couche profonde en contact avec l'os maxillaire, qu'il compare au périoste [155]

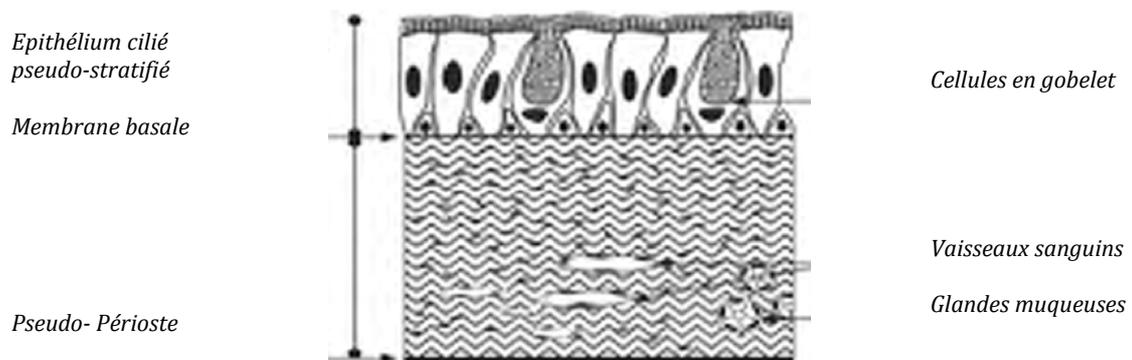


Fig. 5. Représentation schématique de la membrane de Schneider. [155]

La membrane, épaisse de 0,3 à 0,5 mm joue un rôle important de barrière, assurant la protection et la défense de la cavité sinusienne. Ainsi son intégrité est indispensable.

Lors de phénomènes inflammatoires et infectieux, elle devient plus épaisse jusqu'à envahir la cavité sinusienne.

2.3. résorption osseuse

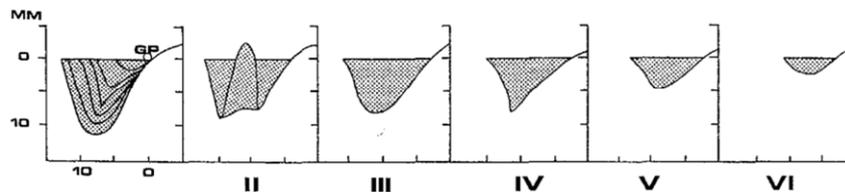
La diminution importante de la quantité osseuse est une des spécificités du secteur maxillaire postérieur.

Différents facteurs vont contribuer à ce processus :

- pneumatisation du sinus
- résorption apicale et palatine (centripète) post-extractionnelle
- contraintes prothétiques
- maladie parodontale

Il existe de nombreuses classifications des défauts osseux ; nous retiendrons celle de Cawood et Howell (Fig.6) [36]. Son étude montre qu'il existe principalement une modification de la forme de l'os alvéolaire et peu de l'os basal. Ces changements s'opèrent dans les sens vertical et horizontal.

La forme de résorption varie en fonction du site. Au maxillaire postérieur, elle est verticale et horizontale au dépend du rempart vestibulaire.



Classe I : denté

Classe II : immédiatement après extraction

Classe III : crête osseuse arrondie, adéquate en largeur et en hauteur

Classe IV : crête en lame de couteau, adéquate en hauteur et inadéquate en largeur

Classe V : crête plate, inadéquate en hauteur et en largeur

Classe VI : crête concave, exposition d'os basilaire

Fig. 6. Classification de la résorption des arcades édentées au maxillaire Postérieur. [36]

2.4. densité osseuse

L'évaluation de la densité osseuse peut être objective et subjective. Différentes classifications ont été proposées.

La classification de Lekholm et Zarb est la plus ancienne et la plus utilisée. On distingue quatre groupes en fonction des rapports os compact / os trabéculaire (Fig.7) [93].

- Type I : os dense homogène corticalisé
- Type II : couche épaisse d'os compact entourant un noyau dense d'os spongieux
- Type III : couche fine corticale entourant un noyau d'os spongieux dense
- Type IV : couche très fine d'os cortical entourant un noyau d'os spongieux peu dense

Il est difficile de pré-visualiser ces différentes typologies radiologiquement.

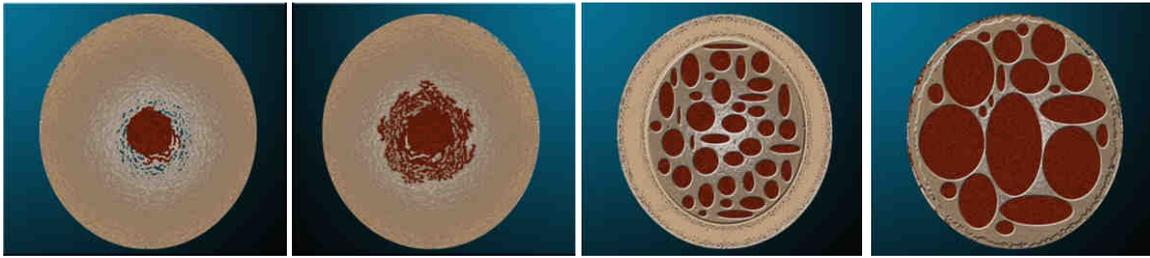


Fig. 7. Classification de la densité osseuse selon Lekholm et Zarb (1985) [93]

La classification de Misch (1990) est basée sur la perception tactile lors du forage, d'où une grande subjectivité. On retrouve quatre catégories classées de D1 à D4 par ordre décroissant de densité. [117]

La densité osseuse peut être évaluée objectivement par différents moyens, présentant leurs limites.

Les évaluations radiographiques classiques sont perturbées par la projection en deux dimensions. L'apport des examens tomодensitométriques, plus précis, permet une graduation en unité Hounsfield de la densité osseuse par informatisation.

Ainsi Norton et Gamble ont corrélé les unités Hounsfield à la classification de Lekholm et Zarb (1985). [127]

Tous les auteurs s'accordent à dire que la région postérieure du maxillaire est une zone de faible densité.

**DEUXIEME PARTIE :
ALTERNATIVES
IMPLANTAIRES AU
COMPLEMENT
SINUSIEN**

En présence d'un maxillaire atrophié dans le sens vertical, le clinicien cherche de plus en plus à contourner la greffe osseuse.

Différentes modalités de traitement s'offrent à lui :

- placer des implants courts
- modifier les axes implantaire afin d'éviter le sinus
- réduire le nombre d'implants par rapport au nombre de dents
- réduire le nombre et placer des implants courts

I. Implants courts

Les principes pré-établis par Bränemark défendaient l'utilisation d'implants longs. Selon lui ils avaient un meilleur taux de survie et un pronostic à long terme plus favorable.

Par analogie au rapport couronne/racine le ratio couronne/ implant, était plus favorable et donc la surface implantaire disponible pour l'ostéointégration plus importante.

Cependant cette théorie initiale a depuis les années 1990 été bousculée. Ainsi les auteurs ont mis en évidence les nombreux points forts des implants courts afin d'obtenir des résultats à moyen terme acceptables.

1.1. Définition

La définition d'un implant court reste subjective au travers la littérature, ainsi aucun consensus n'est établi à ce jour.

- Pour Fugazzotto ils sont <10 mm [75]
- Pour Renouard et Nisand, entre 6 et 8,5 mm [141]
- Pour Raviv, Deporter < 8 mm [140, 52]
- Pour Malo, entre 7 et 8,5 mm [104]
- Vandeweghe, 7 à 9mm [168]
- Esposito, 5 à 8 mm [59]
- Anitua, de 6,5 à 8,5 mm [3]
- Kotsovilis, < 10 ou ≤ à 8 mm [87]

La lecture des ces différents articles nous permet de considérer les implants courts comme inférieurs à 8 mm.

1.2. Design des implants courts

Les premières études dans les années 90 montraient des taux d'échecs supérieurs pour les implants courts [74,170]. Cependant l'évolution des états de surface a permis la pose d'implants de plus en plus courts. Ainsi une stabilité primaire suffisante peut être obtenue avec des longueurs implantaire de 6 mm. [142]

1.2.1. Le diamètre

Il est important de définir les termes « larges » et « étroits » qui qualifient le diamètre implantaire. Par analogie à la longueur, la terminologie reste floue.

Ainsi dans la synthèse bibliographique de Renouard et Nisand sont considérés comme « larges » les implants supérieurs à 4,5 mm et « étroits » inférieurs à 3,5 mm. [142]

Vandeweghe (2011) utilise des implants de diamètres 8 et 9 mm en tant qu'implant large (Max implant[®]). [168]

Sachant qu'au maxillaire postérieur la qualité et la quantité d'os sont souvent médiocres, le diamètre est un paramètre déterminant.

Les implants à large diamètre ont été introduits afin : [168]

- d'augmenter la surface de contact disponible pour l'ostéointégration
- de permettre une meilleure stabilité primaire
- d'assurer une meilleure répartition des contraintes
- d'obtenir une résistance accrue à la fracture.

Les auteurs s'accordent pour dire qu'il est préférable d'utiliser des diamètres larges pour des implants courts. [45,161]

Leur utilisation présente une contrainte majeure : la présence d'une crête osseuse suffisamment large. Ainsi en considérant la conservation de 1,5 mm d'os autour de l'implant pour préserver l'espace biologique, Darvapanah (1995) impose une crête minimum de 8 mm pour la pose d'implant de 4,5 mm.[47]

Selon Chang 2011, le type de crête « large et avec une faible hauteur » sous-sinusienne serait propice aux implants larges et fréquemment retrouvé au maxillaire postérieur [37].

1.2.2. La géométrie

- *présence de spires*

L'implant de type « vis », permet de transmettre les contraintes axiales au support osseux environnant, par compression grâce au pas de vis.

Le pas de vis peut-être défini selon trois critères : [116]

- thread pitch : nombre de spires
- thread depth : profondeur des spires
- thread shape : section des spires

Ces paramètres influencent la surface implantaire disponible à l'ostéointégration et compenseraient la faible longueur d'un implant [114]. En effet, en multipliant les éléments de relief à la surface implantaire la surface de contact os/implant disponible se retrouve augmentée [140].

- conicité

La forme cylindro-conique par analogie aux racines dentaires trouve son indication, notamment au maxillaire postérieur où la densité osseuse est médiocre (Fig.8).

Un protocole de forage adapté permet une ostéo-compression de la zone afin d'obtenir le maximum de stabilité.

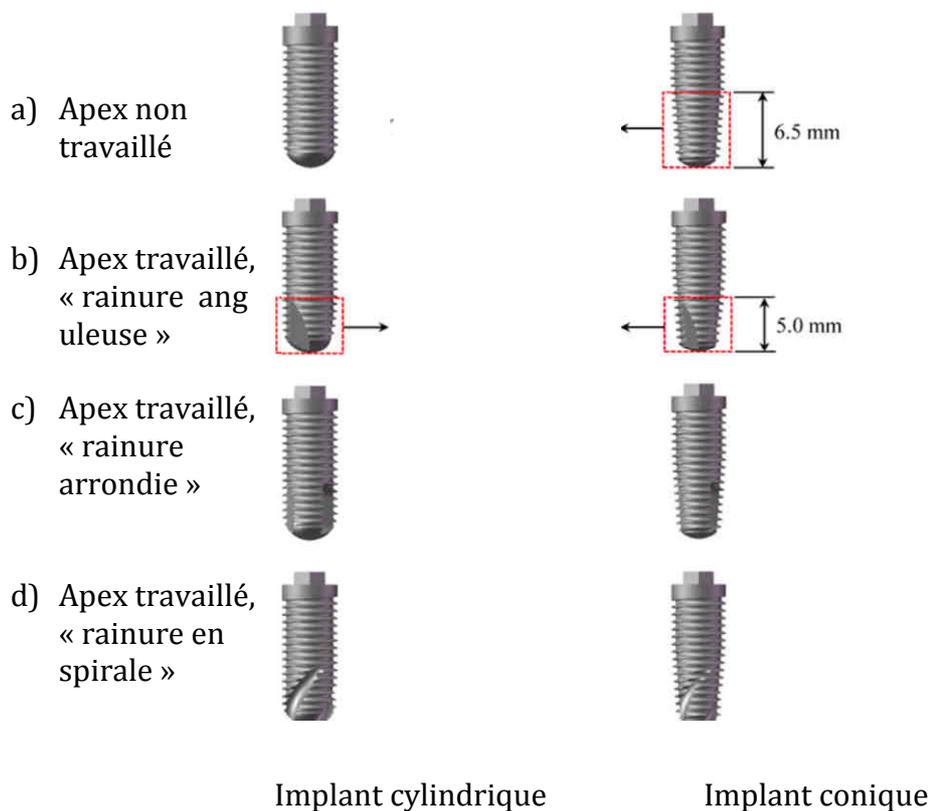


Fig. 8. Huit implants apex travaillé et non travaillé, spiralés de forme conique ou cylindrique. [172]

Selon Wu le design implantaire optimal pour une bonne stabilité primaire de l'implant dans un os de faible densité est la forme conique avec un apex « bowl flute», c'est à dire « travaillé avec une rainure arrondie » (équivalent d'un implant cylindro-conique). (c) [172]

1.2.3. L'état de surface

Les résultats prometteurs des implants courts sont en partie dus à une évolution des états de surface implantaire. Les implants lisses ont été rattrapés par des surfaces rugueuses.

- Lisse : elle est usinée par des machines
Elle est considérée comme un risque d'échec des implants courts. [142]

- Rugueuse ou texturée : par addition ou par soustraction
Les microreliefs augmentent la surface implantaire disponible et l'ancrage osseux.

Les avantages de ce type de surface « rugueuse » seraient : [121]

- augmentation de la surface de contact, pour une meilleure stabilité mécanique, entre l'os et l'implant au moment de son insertion
- configuration permettant de retenir le caillot sanguin
- stimulation du processus de cicatrisation osseuse

Les résultats de Fugazzotto et Deporter s'accordent sur des taux de survie supérieurs pour les implants à surface rugueuse. [52,75]

1.3. Biomécanique des implants courts

La restauration des secteurs maxillaires postérieurs résorbés, va souvent de paire avec un espace prothétique inévitablement augmenté. Ainsi le rapport couronne / implant se retrouve bien éloigné des données acceptables pour une dent. [119]

Le ratio couronne/racine utilisé en pratique quotidienne est un indicateur fiable pour évaluer le pronostic d'une dent (Fig.9). La littérature rapporte un maximum de 0,5 pour une prothèse conventionnelle. [21]

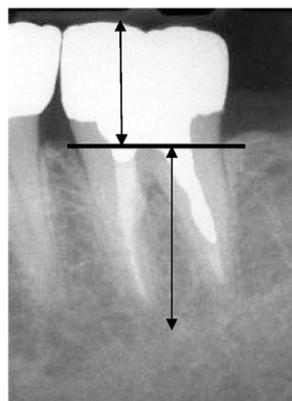


Fig. 9. Mesure du rapport couronne/racine. [21]

En implantologie il n'existe pas de recommandation bien établie [21]. Ceci s'explique en partie par les divergences des auteurs sur la terminologie et les repères utilisés. En effet, certains considèrent le ratio clinique et d'autres auteurs le ratio anatomique (Fig.10).

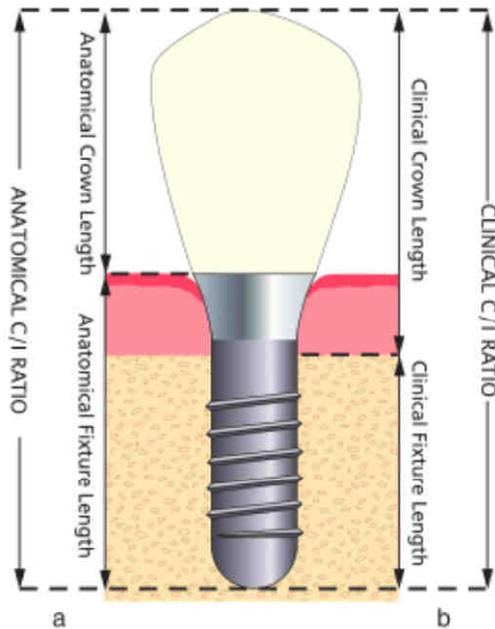


Fig. 10. Différents types de ratio couronne/implant : a) clinique, b) anatomique [22]

Dans l'étude de Birdi, les résultats montrent qu'un rapport moyen de 2/1 n'affecte pas le taux de succès. Pour une dent ce ratio conduirait à une extraction. [21]

La hauteur de la couronne correspond alors à un cantilever vertical, et se comporte comme un bras de levier.

De ce fait Misch préconise de ne pas appliquer de force latérale au maxillaire postérieur sur des implants courts (Fig.11). [119]

Lum et Osier défendent que les forces de mastication sont bien supportées par l'os crestal contrairement aux parafonctions. [96]

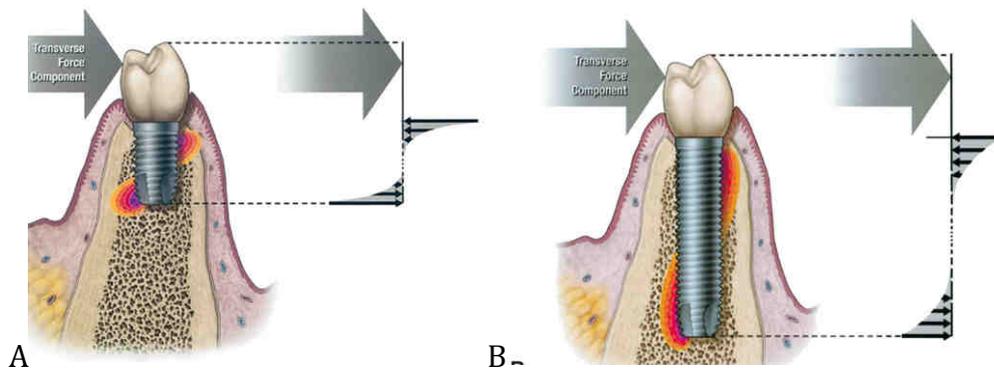


Fig. 11. Schématisation des contraintes osseuses transmises par un implant court (A) ou un implant long (B). [80]

1.4. Analyse en éléments finis

L'analyse des éléments finis est une méthode informatisée pour évaluer, quantifier et représenter virtuellement les contraintes ou stress appliqués sur des structures complexes.

La phase de cicatrisation post-implantation est sujette aux forces occlusales excessives qui peuvent entraîner des répercussions au niveau de l'interface os/implant au détriment de son ostéointégration. [30]

La région de l'implant supportant le maximum de contrainte correspond à la surface fonctionnelle de l'implant. Elle s'exprime au niveau cervical pour un implant, alors qu'elle se situe au niveau apical pour une dent. [140]

L'intensité des contraintes serait maximale sur les 3 mm cervicaux quelque soit la longueur de l'implant (Fig.12, 13 et 15). De plus les implants courts offriraient une meilleure distribution du stress osseux. [133]

Les modèles utilisés tiennent compte de la différence de densité osseuse : os cortical / os trabéculaire. [133]

Cette théorie est contredite par Petrie et Williams pour qui l'augmentation de la longueur de l'implant ou de son diamètre diminuerait le stress crestal. [75]

Les résultats de ces études doivent être interprétés avec prudence car une diminution de la longueur implantaire est souvent compensée par une augmentation du diamètre. Ainsi, il est difficile de déterminer si c'est le paramètre longueur ou diamètre qui influence les résultats. De ce fait, il faudrait faire varier la longueur des implants mais conserver le même diamètre.

L'analyse des éléments finis permet également d'évaluer l'ancrage cortical des implants et leur déplacement.

Le déplacement de l'implant dans l'os, suite à l'application des forces est plus faible pour les implants longs. En revanche, au niveau cervical pour les deux types d'implants la différence est faible (Fig. 14). [133]

De plus, un ancrage bicortical réduirait le déplacement par rapport à un ancrage monocortical.

La longueur de l'implant intervient simplement dans son déplacement. Ainsi quand elle augmente le déplacement diminue. De la même façon quand l'ancrage bicortical diminue le déplacement de l'implant augmente.

En conclusion la longueur de l'implant n'influence pas la distribution des forces. Le maximum de contraintes est localisé au niveau cervical.

Le diamètre de l'implant semble avoir une influence sur la distribution des contraintes. Enfin les implants larges subiraient moins de stress au niveau cervical.

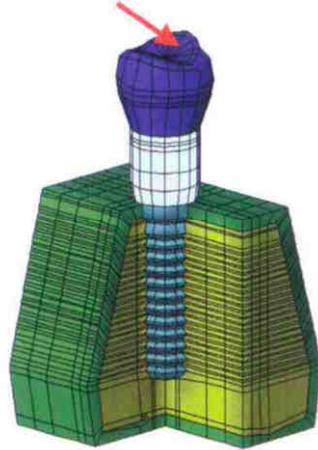


Fig. 12. Plan de coupe du modèle d'étude. Une force occlusale de 100N est appliquée avec un angle de 30° dans le sens bucco-lingual. [133]



Fig. 13. Représentation des contraintes osseuses avec un implant court et un implant long. Les valeurs positives correspondent aux forces de traction, les valeurs négatives aux forces de compression. [133]

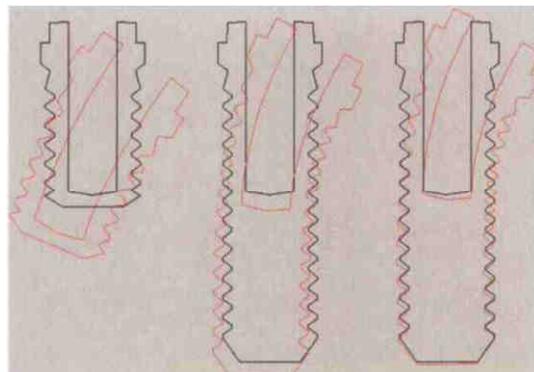


Fig. 14. Diagramme schématisant le déplacement osseux des implants (6mm, 12mm monocortical, 12 mm bicortical). La représentation noire correspond à l'implant au repos. [133]

Au niveau apical, les implants longs seraient moins soumis au déplacement.

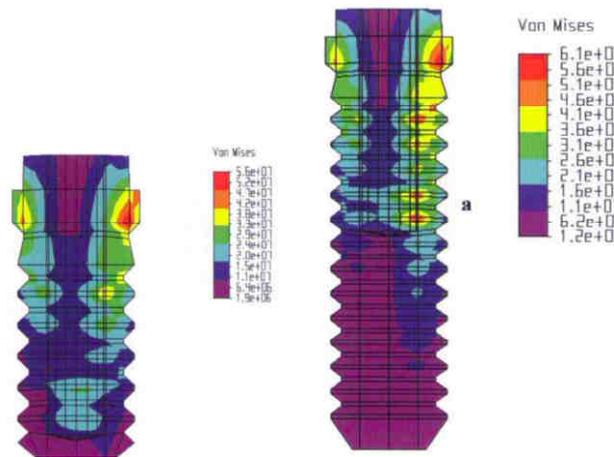


Fig. 15. Répartition des aires de contrainte sur un implant de 6 mm et de 12 mm. Le maximum de contrainte s'applique au niveau cervical. [133]

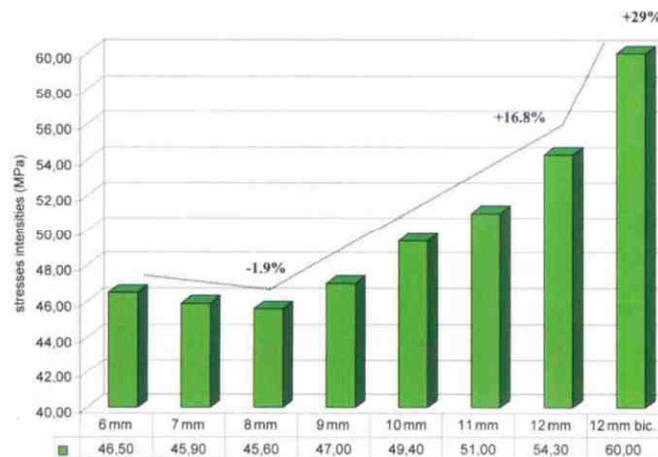


Fig. 16. Histogramme représentant l'intensité des contraintes en fonction de la longueur des implants. [133]

L'augmentation de la longueur de l'implant au dessus de 8 mm entraînerait une plus grande augmentation du stress implantaire. L'ancrage bicortical des implants de 12 mm (12 mm bic.) résulte en une augmentation significative du stress. [133]

La longueur de l'implant n'influencerait cependant pas les contraintes osseuses (Fig. 16). Ces conclusions tirées de l'étude de Pierrisnard doivent être interprétées avec précaution et complétées par d'autres études. En effet les contraintes appliquées sont choisies arbitrairement sans justification (force de 100N avec une angulation buccolinguale de 30°). Les forces de compression sont considérées comme étant les plus néfastes pour le support osseux (Fig.17). [133]

De plus, certaines limitations liées à la conception des modèles d'éléments finis (nature du lien modèle osseux/implant non précisé), doivent conduire le lecteur à rester prudent quant aux conclusions. En effet, la mise en contrainte du modèle est éloignée de la réalité ne tenant pas compte de la réaction de l'os sur l'implant.

Ainsi, l'auteur ne considère que les effets de la force exercée sur l'implant puis de l'implant sur l'os.

Chang simule des charges verticales et latérales sur trois modèles osseux virtuels de densités différentes. [37]

Après avoir étudié trois variables (le diamètre, la densité osseuse, la charge occlusale) il conclue qu'il est préférable d'augmenter le diamètre de l'implant afin d'avoir une meilleure répartition des contraintes osseuses.

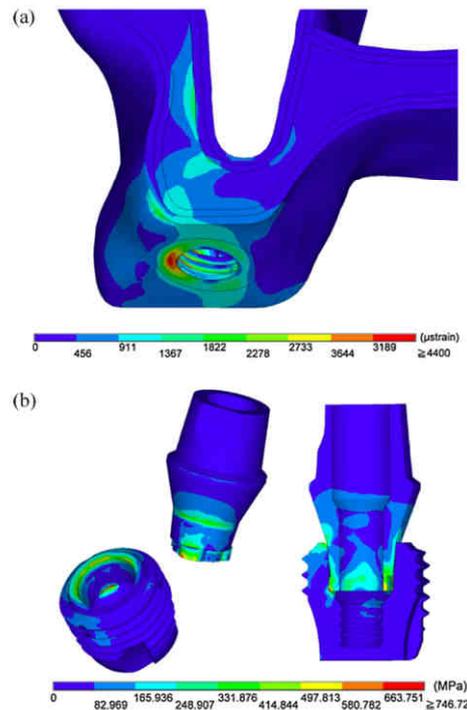


Fig. 17. Distribution des contraintes osseuses maximales et du stress implantaire : (a) sur l'os, et sur l'implant (b) [37]

1.5. Avantages des implants courts

Alternative à la greffe osseuse	Temps de traitement moindre Coût diminué Confort amélioré
Risque chirurgical faible	Perforation du sinus Echauffement osseux Atteinte des dents adjacentes
Facilité chirurgicale	Diminution de l'espace inter-arcade, Limitation de l'ouverture buccale Coût

Les implants courts permettent un geste chirurgical simple et sûr à distance des éléments anatomiques environnants. [141]

Il est possible de s'affranchir des examens radiologiques complémentaires tridimensionnels lors de l'utilisation d'implants courts. Ainsi le bénéfice revient au patient d'un point de vue irradiation et coût. [121]

1.6. Critères de réussite

Afin d'atteindre des taux de succès acceptables les implants courts doivent répondre à certains principes.

Différents facteurs de réussite ont été identifiés et doivent être pris en compte : [140]

- *type, qualité d'os*

Ils influencent directement la stabilité primaire de l'implant

La longueur de l'implant reflète la qualité de l'os. Renouard déconseille les implants courts dans un os de faible qualité, associé à des contraintes occlusales importantes. [142]

De plus, il ajoute que les implants courts placés dans des sites de qualité osseuse moyenne à faible, ne doivent pas être comparés à des implants longs dans un os de bonne qualité mais aux situations d'augmentation osseuse par des procédures chirurgicales.

- *design implantaire*

Le diamètre, la longueur, l'état de surface, la géométrie décrits précédemment doivent être scrupuleusement choisis [121]

Le succès des implants courts doit être optimisé par le design, à savoir l'état de surface et le profil vis. [45]

- *protocole chirurgical*

Il doit être précis afin de rechercher le maximum d'ancrage cortical. [3]

Morand recommande d'utiliser un protocole chirurgical plutôt en deux temps. Alors que d'autres auteurs préfèrent une technique en une seule intervention. [142,165]

- *hauteur osseuse résiduelle*

Pour les implants courts Anitua préconiserait un minimum de 5 mm d'os. [3]

- *conception prothétique*

Morand recommande de réduire les surfaces occlusales et les pentes cuspidiennes. [121]

De plus il évite de mettre un implant court seul en distal d'un édentement.

1.7. Inconvénients et facteurs de risques

Le succès est conditionné par les protocoles chirurgicaux et prothétiques déterminés en fonction de la densité osseuse.

L'échec peut difficilement être associé à un seul facteur. Il s'agit le plus souvent de plusieurs paramètres concomitants : faible qualité osseuse, implants courts, diamètre étroit, parafonctions, sexe (le plus souvent chez l'homme), infections, site implantaire, diamètre. [45]

Le plus souvent les échecs surviennent avant la mise en charge prothétique. Ils sont alors dus : à la technique chirurgicale, au manque de stabilité primaire, contraintes pendant la mise en nourrice, torque trop important sur la vis.

1.8. Protocole chirurgical

Davarpanah insiste sur la nécessité de revoir les protocoles chirurgicaux et de ne pas utiliser les implants courts à la « mode Bränemark ». Ainsi en présence d'une qualité osseuse médiocre il recommande d'optimiser la stabilité primaire par un protocole adapté. [46]

Le choix de la technique chirurgicale nécessite au préalable un examen précis clinique et radiologique afin de déterminer la quantité et la qualité osseuse.

Les avis semblent partagés selon les auteurs entre le un temps chirurgical de Malo et Renouard [108,141] et les deux temps chirurgicaux de Davarpanah et Vandeweghe [46,168].

Anitua pose son indication en fonction d'une évaluation objective de la densité osseuse. Ainsi lorsqu'elle est supérieure à 400 Hounsfield, l'indication non enfouie est validée. [3]

Malo reprend le protocole établi par Bränemark. L'incision est décalée en palatin de la crête pour obtenir un parfait repositionnement après décollement d'un lambeau de petite taille [108]. De ce fait l'apport vasculaire est optimal. La séquence de forage est modifiée afin de rechercher le maximum de compression et d'ancrage apical. Comme pour les autres auteurs [75,141], l'alésoir (*countersink*) est éliminé pour préserver l'os cortical marginal. Ses rares indications visent à faciliter l'insertion de l'implant présentant un évasement cervical.

Puis l'insertion de l'implant s'effectue sous contrôle précis du torque, qui doit être manuel dans les cas où l'assise implantaire est insuffisante. Renouard et Malo dans leurs études appliquent des torques situés entre 30 et 50 N stabilisant ainsi le col implantaire en juxta ou supra-crestal. [108,141]

II. Implants angulés

L'impossibilité de placer dans les secteurs postérieurs des implants peut conduire à l'utilisation d'artifices prothétiques tels que les cantilevers, augmentant en contre partie le risque de fracture implantaire.

Le concept d'implants angulés remet en cause la procédure classique de pose implantaire, soit : « la position verticale et recouvert d'os sur toute sa surface ». Ainsi se retrouve bousculé le principe selon lequel l'implant doit être posé suivant un axe de 90 degrés par rapport au plan d'occlusion. [48]

Le praticien fait alors un compromis entre cette orientation axiale dite « idéale » et le volume osseux disponible.

2.1. Définitions

Un implant est considéré comme angulé à partir d'une inclinaison supérieure à 15 degrés par rapport au plan occlusal. [48,73]

Nous retrouvons différentes angulations dans la littérature avec 30 degrés pour Rosen (2007) [145], Block (2009) [24] et entre 17 et 30 degrés pour Malo (2005) [110].

Pour Davarpanah, elle peut aller jusqu'à 75 degrés dans le sens mésio-distal par rapport au plan d'occlusion. [48]

L'orientation de cet axe est le plus souvent mésio-distale, mais peut être combinée à une obliquité bucco-palatine. Ainsi dans le cas de résorption maxillaire importante, l'exploitation de la zone antérieure du sinus est maximale.

2.2. Principes

L'angulation va permettre d'exploiter de nouveaux sites anatomiques, afin de réaliser un ancrage osseux bicortical fiable ou tricortical: os cortical de la crête, os cortical du plancher nasal et de la voûte palatine. [8]

L'indication est posée lorsque le niveau osseux est inférieur à 8mm sous le sinus.

Ainsi quatre sites de prédilection ressortent de la littérature pour le positionnement d'implants angulés (Fig.18):

- le mur antérieur du sinus (Fig. 19 et 20)
- le mur postérieur du sinus (Fig. 21)
- les septa sinusiens
- la concavité ou courbure palatine

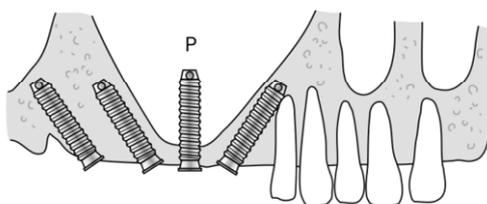


Fig. 18. Positionnement d'implants dans la région du maxillaire. Noter la proximité de l'implant antérieur avec l'apex des prémolaires, et le positionnement d'un implant (P) au niveau de la courbure palatine. [88]

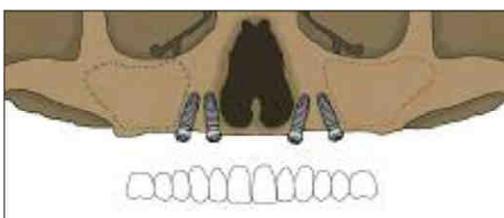


Fig. 19. Implants placés dans le secteur antérieur du maxillaire, en position angulée [131]

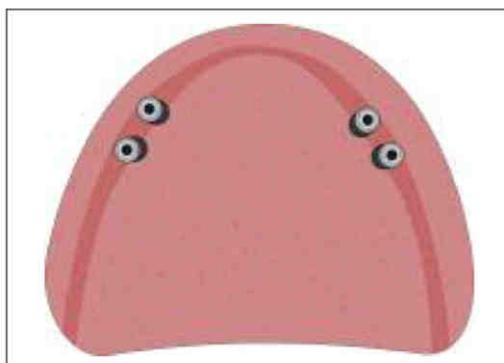


Fig. 20. Vue occlusale de la position palatine des implants [131]

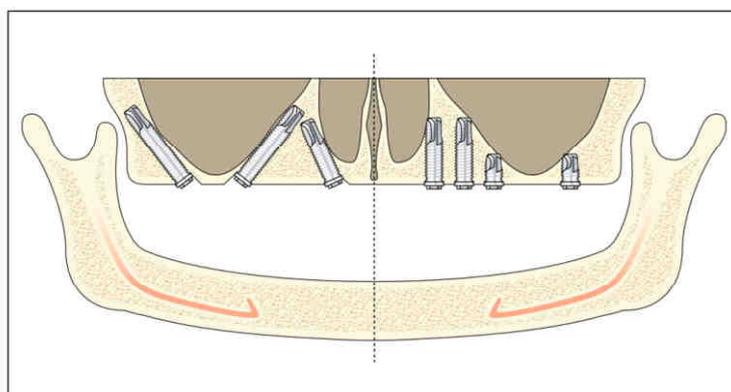


Fig. 21. Implants angulés versus conventionnels [88]

2.3. Caractéristiques implantaire

Le volume osseux exploité du fait de l'angulation va être augmenté. Ainsi se justifie l'utilisation d'implants longs entre 10 et 15mm. [8,110]

Le diamètre implantaire utilisé dans l'étude de Malo (2005) [110] pour les implants postérieurs est de 4mm alors que les implants antérieurs ont des diamètres de 3,75 et 4mm.

2.4. Avantages

- *meilleure stabilité primaire*

Elle est assurée d'une part par un volume osseux exploité supérieur en relation avec des implants plus longs. De plus, l'ancrage osseux sera d'autant plus favorisé qu'il bénéficie des différentes corticales osseuses traversées (fosses nasales, paroi du sinus, os palatin) (Fig.22).

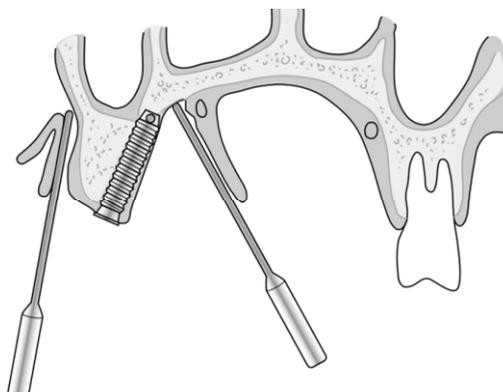


Fig. 22. Schéma d'ancrage bicortical d'implant placé au niveau de la courbure palatine [88]

- *répartition des charges occlusales optimale*

Elle est assurée par une augmentation de la distance entre les ancrages antérieurs et postérieurs. En effet, l'émergence de l'implant distal se situe au niveau de la deuxième prémolaire, voire de la première molaire au lieu des sites canins et première prémolaire

- *efficacité fonctionnelle*

Elle est accrue selon Krekmanov, le maximum de fonction masticatoire étant localisé dans le secteur prémolo-molaire chez un patient ayant des relations intermaxillaires normales. [88]

- *limitation des complications per et post-opératoires*

Le choix du degré d'inclinaison de l'implant permet dans le cas de proximité radiculaire du site à implanter, d'éviter les collisions avec les racines des dents adjacentes.

L'absence de cantilever distal évite une croissance du stress pouvant être appliqué sur l'implant distal. [150]

En conclusion cette technique procure des avantages cliniques, biologiques et biomécaniques qui autoriseraient la mise en charge immédiate. [110]

2.5. Inconvénients

- accès difficile pour la restauration prothétique
- nécessité d'utiliser des piliers angulés afin de rattraper les axes implantaires
- difficulté du maintien d'une hygiène buccale optimale
- présence de spires exposées en palatin (de 2 à 5 dans certains cas)

L'inquiétude principale de l'opérateur dans l'utilisation d'implants angulés, serait une résorption osseuse excessive au niveau crestal. Cependant les études menées par Krekmanov (2000) [88], Calandriello (2005) [31], Rosen (2007) [145] n'ont rapporté aucune lyse excessive.

2.6. Technique chirurgicale

La technique chirurgicale introduite par Mattson et al (1999) [112] a été reprise par différents auteurs [88, 145]. L'objectif fixé est d'avoir un bon accès visuel du sinus afin d'en déduire le volume osseux maxillaire disponible.

La procédure débute par une incision crestale de la zone édentée complétée par des décharges verticales bilatérales. Ainsi le décollement d'un lambeau muco-périosté permet de visualiser la paroi latérale du sinus ainsi que la partie inférieure de la pyramide nasale pour exploiter l'os cortical des fosses nasales.

Après perforation du mur latéral créant une fenêtre d'accès à la muqueuse sinusienne, celle-ci est décollée avec précaution et offre ainsi un contrôle intra-sinusal de l'inclinaison des parois.

L'étape clé de forage, se fait sous contrôle d'un guide chirurgical afin d'obtenir un parfait parallélisme avec les parois antérieures et postérieures du sinus. Il permet d'éviter les collisions entre implants, notamment lors d'inclinaisons supérieures à 30 degrés, et de rechercher l'ancrage bicortical fixé.

Selon Davarpanah, le guide chirurgical ne serait pas indispensable. [48]

Fortin préconise l'utilisation de condenseurs pour préserver les parois osseuses fines risquant d'être détruites lors du passage de forets de gros diamètres. [72]

L'alésoir ne semble pas indiqué selon Agliardi (2010), qui recherche un sous-forage des sites et une participation maximale de l'os cortical. [2]

Ainsi, l'inclinaison des implants le long des parois sinusiennes permet d'obtenir une émergence en site de la deuxième prémolaire ou de la première molaire pour les implants postérieurs.

Il est à noter, dans le cadre de crêtes fines ou d'optimisation de l'os palatin, qu'il est possible de laisser entre deux et cinq spires exposées sans pour autant conduire à des problèmes muqueux ou de résorption marginale. [1]

Rosen (2007) évoque une tolérance de deux ou trois spires exposées. [145]

2.7. Conception prothétique

La conséquence de l'inclinaison des implants lors de la pose implantaire est la nécessité de rattraper les axes afin de créer une situation passive entre les piliers et la superstructure.

Les piliers postérieurs généralement angulés de 30 degrés sont associés à des piliers de la même pente, tandis que dans le secteur antérieur ils sont soit verticaux soit inclinés de 17 degrés. [2]

Nous pourrions alors nous interroger sur le choix de la connectique implantaire avec de telles inclinaisons. Ainsi, il pourrait être intéressant d'évaluer l'indication des connectiques externes par rapport aux connectiques internes. Les premières étant probablement plus aptes à supporter ce niveau d'angulation, avec cependant des répercussions sur la réalisation prothétique.

2.8. Etude en éléments finis (FEM)

La FEM est une simulation numérique des contraintes, stress, déplacement subis par des structures soumises à des forces, charges externes et internes.

L'étude de Zampelis doit être interprétée avec précautions car il s'agit d'une analyse bidimensionnelle. Elle indique que les implants angulés dans le cas de restaurations prothétiques fixes n'augmentent pas les contraintes osseuses en comparaison aux implants verticaux. [175]

III. All on four de Paolo Malo et all on six

Le all-on-four est une technique décrite par Paolo Malo en 2003 afin de réhabiliter la mandibule édentée [109]. Elle a pu montrer rapidement son efficacité, alors que son application au maxillaire bénéficie d'un recul plus limité. Cependant la faible densité osseuse présente sur ce site représente l'obstacle majeur. Ceci étant d'autant plus contraignant, dans les situations de mise en charge immédiate.

3.1. Définition

La technique du all-on-four fait intervenir quatre implants, piliers de la restauration prothétique transvissée, afin d'assurer une répartition optimale des forces (Fig.23 et 24).

Le concept all-on-four allie à la fois la mise en charge immédiate et l'angulation des piliers implantaire postérieurs.

Les deux implants postérieurs angulés sont associés à deux antérieurs verticaux pour assurer une répartition idéale des forces. Ainsi les implants émergent en site de canine et pour les secteurs postérieurs au niveau de la première molaire.

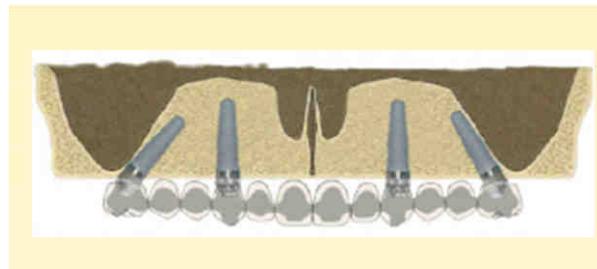


Fig. 23. Restauration d'une arcade complète par 4 implants. [31]

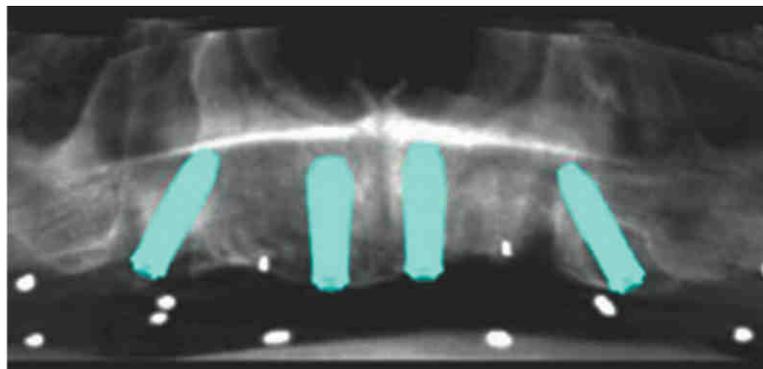


Fig. 24. Image 2D d'un maxillaire édenté avec le concept virtuel du all on four [138]

Le concept all-on-six quant à lui varie en fonction de l'angulation, de la position et de l'émergence des implants.

Différents modèles de all on six ont été répertoriés dans la littérature :

- Six implants verticaux en avant du sinus [29]. L'inconvénient de cette technique réside dans la longueur de l'extension prothétique distale en porte à faux. Les implants sont positionnés entre les deuxièmes prémolaires de chaque hémio arcade (Fig.25).



Fig. 25. Orthopantomogramme d'un maxillaire édenté réhabilité par six implants verticaux [69]

- Deux implants antérieurs verticaux (au niveau canine ou incisive latérale), deux implants intermédiaires angulés sur la paroi antérieure du sinus (en prémolaire PM), deux implants distaux angulés sur la paroi postérieure du sinus (molaire M) (Fig.26) [1].

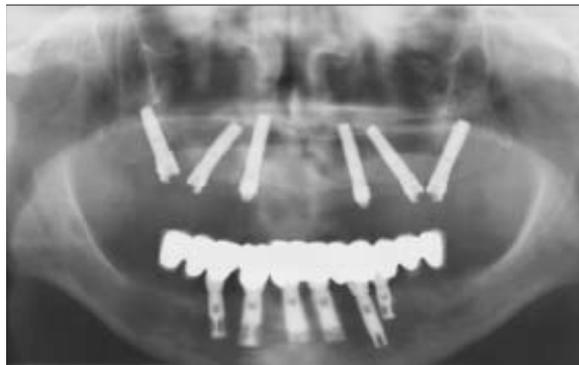


Fig. 26. Orthopantomogramme réalisé après la pose de six implants maxillaires. [1]

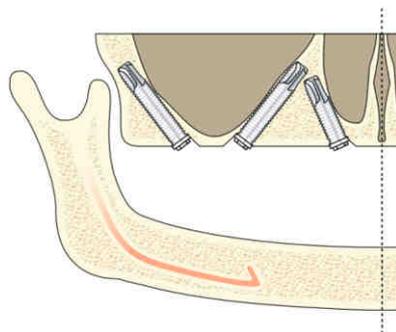


Fig. 27. Schématisation de l'angulation (25 à 30 degrés) d'implants le long de la paroi sinusienne et des fosses nasales. [88]

- Quatre implants antérieurs verticaux, deux implants postérieurs angulés sur la paroi antérieure du sinus (Fig.28) [164]

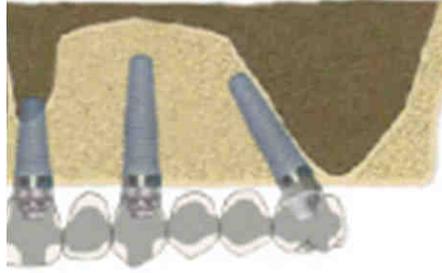


Fig. 28. Schématisation de la restauration complète du maxillaire par six implants : quatre antérieurs verticaux, deux postérieurs angulés. [31]

- Deux implants antérieurs angulés le long de la paroi antérieure du maxillaire, deux autres angulés sur la paroi antérieure du sinus et deux intermédiaires verticaux (Fig.29) [164]

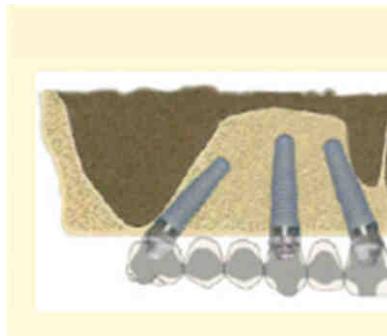


Fig. 29. Schématisation de la restauration complète du maxillaire par six implants : deux antérieurs angulés, deux intermédiaires verticaux et deux postérieurs angulés. [31]

3.2. Evaluation des contraintes biomécaniques

Les études biomécaniques indiquent que les implants les plus antérieurs et les plus postérieurs supportent le maximum de charges quelque soit le nombre d'implants intermédiaires. Ainsi un plus grand nombre d'ancrage ne permettrait pas de meilleurs résultats. [110]

Selon Zampelis, le stress marginal ne serait pas augmenté du fait de l'angulation. [164]

Les modèles assimilés arbitrairement à un os trabéculaire de type III (couche corticale de 1 mm entourant un os trabéculaire), dans l'étude des éléments finis de Silva 2010, représentent

- un maxillaire restauré par une prothèse all on four
- un maxillaire restauré par une prothèse all on six (Fig. 30)

Pour le all on four, deux implants distaux en position des secondes prémolaires PM2 (15 mm de long), inclinés de 45 degrés et deux antérieurs en position d'incisive latérale verticaux (3,75 et 10 mm). Ainsi le cantilever distal moyen est de 10 mm.

Pour le all on six, deux implants en région canine sont ajoutés.

Quatre mouvements ont été testés :

- occlusion d'intercuspidation maximale : 200 N sur molaires (cantilevers), 150 N sur PM2, et PM1, 100 N sur C,
- forces latérales, 50N sur la région palatine canine (latéralité)
- charge sur le cantilever gauche
- charge sans cantilever sur PM2

Lorsqu'une force occlusale verticale est appliquée, la localisation des contraintes est identique pour le modèle all-on-four et le modèle all-on-six. Nous notons que les forces utilisées correspondent aux moyennes trouvées dans la littérature.

Le stress sur l'implant incliné est presque multiplié par deux. Ainsi, le maximum de contraintes s'exprime au niveau des implants angulés, en gardant à l'esprit qu'ils correspondent aux sites de charges maximales.

Une réduction du stress est cependant observée pour le all on six par rapport au all-on-four.

Pour les deux situations le maximum de stress est localisé au niveau du col implantaire en accord avec les autres études sur le sujet (Fig.31).

En conclusion les contraintes s'appliquent aux mêmes endroits avec 4 ou 6 implants, cependant l'intensité des forces est plus faible avec 6 implants.

Il peut ainsi être recommandé d'avoir plutôt recours à 6 implants dans le cas de bruxisme ou de qualité osseuse médiocre.

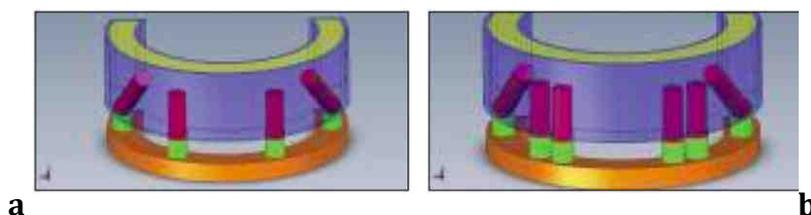


Fig. 30. Modèle 3D all-on-four (a) et prothèse supportée par six implants (b) utilisés dans une étude d'éléments finis [150]

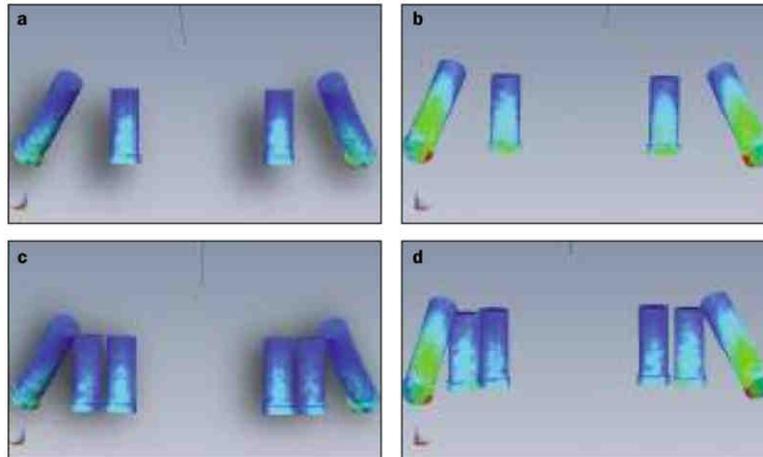


Fig. 31. Vues frontales (a, c) et postérieures (b, d) des modèles implantaires soumis à un stress défini dans le cas d'all-on-four et all-on-six [150]

3.3. Choix du type de mise en charge et du nombre d'implants

Selon Malo (2005) les résultats sont équivalents pour le all-on-four et le all-on-six en mise en charge différée. En revanche, dans le cas d'une mise en charge immédiate il conseille d'utiliser un plus grand nombre d'implants, soit le all-on-six. [110]

De la même façon, Pomares (2010) préconise la technique du all-on-six dans son étude de mise en charge immédiate au maxillaire, avec un os de type III ou IV, et ceci d'autant plus qu'il s'agisse d'une restauration céramique. [138]

Au départ la mise en charge immédiate était considérée comme un acte ambitieux.

3.4. Avantages et indications

Elle permet d'éviter certaines complications per-opératoires telles que les conflits entre implants.

La faible qualité osseuse du site peut supposer qu'il y ait un risque plus élevé de fractures, d'échec implantaire. Cependant, la diminution du nombre d'implants pour une arcade complète permet d'optimiser la passivité de l'armature prothétique.

De plus, moins il y a de piliers et plus le contrôle de plaque est aisé pour le patient.

Le positionnement d'implants dans la région de la première molaire permet de réduire les contraintes là où les forces sont importantes et de diminuer également la longueur du cantilever distal dans le cas de prothèse de 12 à 14 éléments.

3.5. Critères de choix implantaires

L'utilisation d'implants longs à ancrage cortical est l'option choisie dans le but de diminuer la longueur du cantilever. [137]

Ainsi, des longueurs d'une moyenne de 13 mm sont utilisées dans l'étude de Pomares, permettant selon cet auteur de garantir la mise en charge immédiate. Les implants font au minimum 10 mm pour Malo (2005) [110].

3.6. Description de la technique

Dans le cadre d'extraction-implantation immédiate, les implants seront placés de préférence entre les alvéoles. [137]

Agliardi (2010) propose de sous-forer pour assurer une meilleure stabilité primaire et conserver le maximum d'os cortical. [2]

Les implants postérieurs étant préférentiellement positionnés à l'aide d'un guide chirurgical.

D'un point de vue prothétique, des piliers multi-units avec une angulation de 17 degrés pour les secteurs antérieurs et 30 degrés pour les secteurs postérieurs permettent de redresser et paralléliser les axes. [137]

IV. Implants zygomatiques

L'utilisation des implants zygomatiques a été introduite par Bränemark en 1988 comme alternative. La volonté étant toujours de simplifier les traitements dans le cas d'édentement du maxillaire, en évitant ainsi les greffes et leurs inconvénients.

Cette technique a été décrite initialement pour les patients ayant eu une maxillectomie, puis les indications ont été élargies. [17]

4.1. Définition

Ils prennent leur ancrage dans l'os zygomatique assurant ainsi la stabilisation apicale de l'implant. Il peut être simplement zygomatique ou associé à un ancrage au niveau de l'os maxillaire.

4.2. Caractéristiques implantaires

Les longueurs d'implants décrites dans la littérature se situent entre 30 et 50 mm. Le diamètre moyen reporté est de 4mm.

L'angulation de la tête implantaire est différente pour le premier implant zygomatique et le deuxième; soit respectivement 25 degrés et 45 degrés (Fig. 32).

L'objectif étant de rapprocher au maximum l'émergence implantaire de la crête. [102]

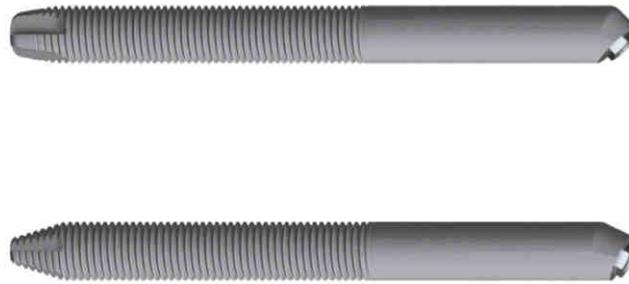


Fig. 32. Implants zygomatiques avec angulation de 25 et de 45 degrés [107]

4.3. Indications

- cas de résorption modérée à sévère du maxillaire, contre-indiquant la pose conventionnelle d'implants [15]
- cas où le maxillaire antérieur peut supporter des implants conventionnels mais pas le secteur postérieur
- présence d'une concavité du mur latéral du maxillaire
- souhait de réhabilitation prothétique fixée
- cas de mise en charge immédiate
- hauteur de crête résiduelle inférieure à 4 mm en hauteur et en largeur, en distal de la canine

4.4. Inconvénients et Complications

En pré et per-opératoire il est difficile d'évaluer le positionnement réel, ceci nécessitant une expérience clinique et technique indispensable de l'opérateur. Ainsi, cette intervention chirurgicale est relativement opérateur dépendant.

Dans le suivi et la maintenance implantaire, le contrôle radiologique et clinique de l'ostéointégration n'est pas un acte facile et fiable dans le secteur zygomatique. Pour les mêmes raisons d'accessibilité, le contrôle de plaque et le maintien de l'hygiène requièrent une coopération importante de la part du patient.

Lors de la phase prothétique, les problèmes sont liés à une émergence souvent palatine de la tête implantaire. Inévitablement le praticien est amené à la réalisation de prothèses larges et volumineuses avec les problèmes de répartition des forces mécaniques associés. Les conséquences plus perceptibles par le patient seront la phonation et l'aisance à l'hygiène. [107]

Les complications rencontrées sont principalement des complications sinusiennes qui interviennent dans 0 à 30% des cas. [24]

4.5. Protocole et technique chirurgicale

L'utilisation des implants zygomatiques offre deux alternatives :

- « all-on-four » : technique seule avec un ou deux implants zygomatiques dans le secteur postérieur (Fig. 33)

- « all-on-four hybride »: technique combinant des implants zygomatiques postérieurs et deux à cinq implants conventionnels dans les secteurs antérieurs (Fig.34).

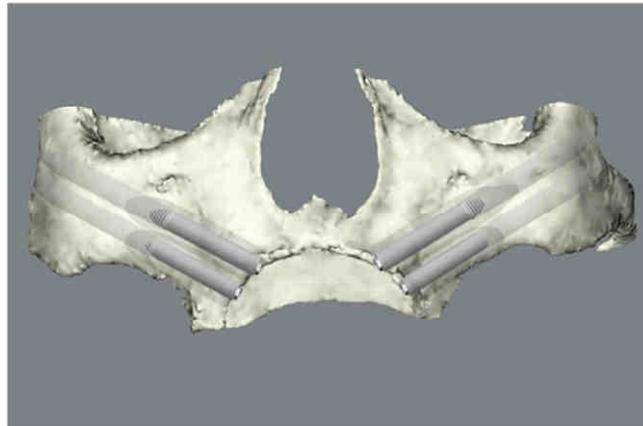


Fig. 33. Représentation de la position des implants dans le cas d'un All on Four extra-maxillaire. Deux implants extra-longs à ancrage zygomatique sont placés bilatéralement. Un minimum de 5 mm est nécessaire entre les implants. Noter la distance entre le foramen infra-orbitaire et l'implant antérieur. [107]

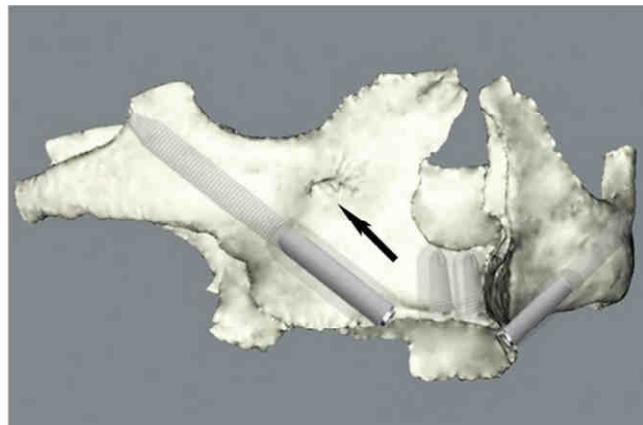


Fig. 34. Positionnement des implants dans le cas d'un all-on-four hybride. Un implant maxillaire conventionnel et un implant extramaxillaire positionnés bilatéralement [107]

Outre le nombre et le type d'implants qui vont influencer la technique chirurgicale, nous distinguons deux types d'accès (Fig.35 et 36):

- externe au sinus
- interne au sinus

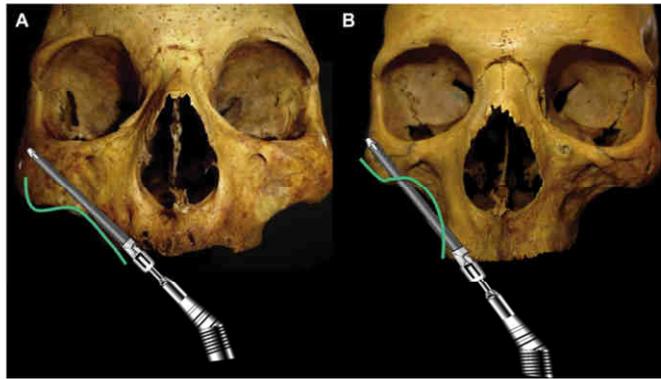


Fig. 35. Schéma des techniques chirurgicales testées : (A) Branemark technique, (B) technique externe. La ligne verte souligne la concavité de l'os zygomatique afin de sélectionner la technique chirurgicale la plus appropriée. [41]

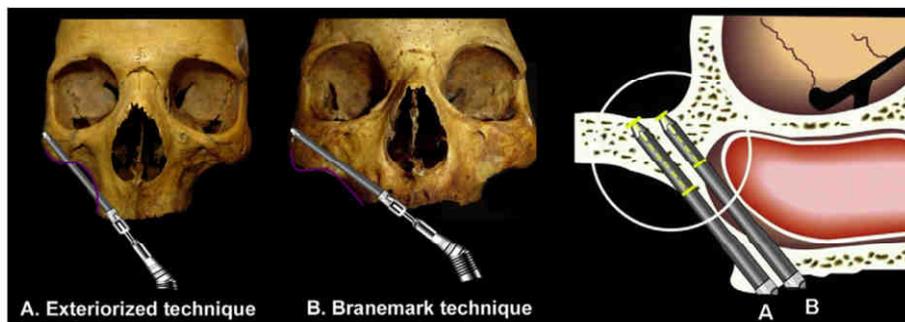


Fig. 36. Représentation de la technique externe au sinus (A) et de la technique de Bränemark (B). [41]

V. Implants ptérygoïdiens

Initialement les auteurs pensaient que la région ptérygo-maxillaire était inopérable car présence de larges espaces graisseux, d'os trabéculaire et d'os cortical faible.

Tulasne a été le premier à suggérer en 1989 la pose d'implants dans la région ptérygoïde. A cette époque, ils étaient posés sous anesthésie générale étant donné le risque hémorragique lié à la proximité de l'artère palatine. [143]

5.1. Définition

La littérature est partagée dans un pêle-mêle de définitions. La terminologie exacte reste floue entre : implants ptérygoïdes, ptérygomaxillaires et tubérositaires. [20]

La définition donnée par le GOMI (Glossary of Oral and Maxillofacial Implants) est « un implant inséré à travers la tubérosité maxillaire et dans le processus ptérygoïde ».

Il s'agit d'une technique qui consiste à éviter le sinus et positionner l'implant à la jonction osseuse de la tubérosité du maxillaire, du processus pyramidal du palatin et de l'os sphénoïde. Cet axe décrit ainsi un ancrage bicortical. [48]

5.2. Etude anatomique de la région

Les caractéristiques anatomiques de cette région ont été évoquées précédemment. Elles sont indispensables à maîtriser pour le praticien avant l'acte chirurgical.

5.3. Qualité osseuse

La densité osseuse varie en fonction des différentes structures de cette région ptérygo-maxillaire.

La tubérosité est souvent associée à un os peu dense de type III ou IV dans la classification de Lekholm et Zarb (Fig.37). [93]

L'apophyse ptérygoïde et le processus pyramidal sont constitués d'os dense. [12]

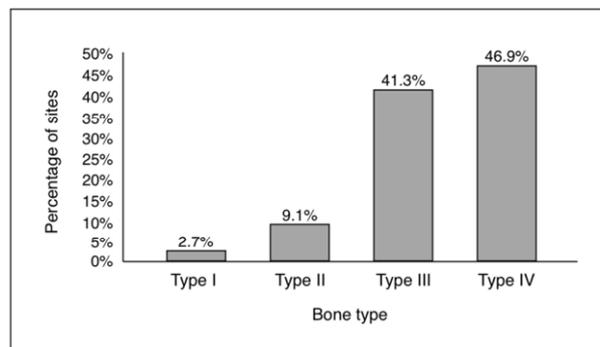


Fig. 37. Schématisation des différentes densités osseuses rencontrées dans la région ptérygomaxillaire [12]

5.4. Caractéristiques implantaire et prothétiques

Les implants sont angulés de 45 à 50 degrés par rapport au plan maxillaire selon Bidra (2011) [20], 20 à 30 degrés selon Davarpanah [48]. Les études montrent une bonne résistance aux contraintes malgré l'angulation.

Ils ont une longueur comprise entre 15 et 20 mm. Les plus fréquemment utilisés étant de 15mm de long et 3,5mm de diamètre. [13]

Connaissant l'angulation implantaire et sachant que la zone de jonction entre le processus pyramidal et l'apophyse ptérygoïde du sphénoïde est de 6 à 6,7 mm cela conduit à une surface de contact de 8 à 9 mm avec un dépassement de 2 mm dans la fosse ptérygoïde. [20]

Les piliers prothétiques sont souvent longs et angulés pour le rattrapage des axes. Leur longueur moyenne de 4,4mm est liée à l'épaisseur importante de tissu gingival à traverser. [12]

Le facteur occlusal joue un rôle important. En effet, comparativement les forces occlusales sont réparties de la manière suivante : [12]

- 155 N pour le secteur incisif
- 288 N pour le secteur PM
- 565 N pour le secteur M

Les études montrent une bonne résistance aux contraintes malgré l'angulation. [12]

5.5. Technique, protocole chirurgical

La technique chirurgicale utilisée pour la mise en place d'implants ptérygoïdiens est analogue à l'expansion osseuse, du fait de l'utilisation d'ostéotomes. [131]

L'objectif est de préserver au maximum l'os, réduire les risques chirurgicaux et hémorragiques en s'affranchissant le plus possible de l'utilisation de fraises.

Valeron (2007) utilise successivement six ostéotomes de diamètre croissant et calibrés. Ceux-ci permettent d'éviter les lésions de l'artère palatine descendante située dans cette zone anatomique (Fig.39). Privé de contrôle visuel, la préhension guide le praticien dans son acte. [167]

L'utilisation alternée avec les ostéotomes de forets peut trouver son intérêt : [131]

- pour donner l'axe avec un foret pilote de faible diamètre
- pour élargir la préparation étant donné la densité osseuse

Par ailleurs, une fenêtre latérale du sinus est décrite par Ridell afin de visualiser et d'exploiter au maximum le mur postérieur du sinus. [143]

Le col implantaire émerge au niveau des premières ou deuxièmes molaires, soit en avant de la tubérosité maxillaire. [20]

Certains auteurs recommandent l'utilisation de guides chirurgicaux, cette situation clinique étant une parfaite indication. Cependant selon Balshi (2006), l'utilisation de guides chirurgicaux standards n'est pas possible étant donné leur hauteur, l'accessibilité étant réduite. [14]

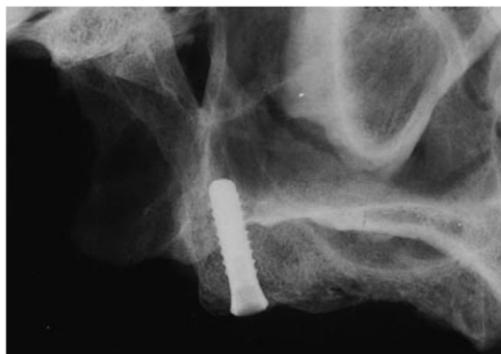


Fig. 38. Radiographie montrant le placement implantaire au niveau du pilier osseux de la région tubérositaire [92]

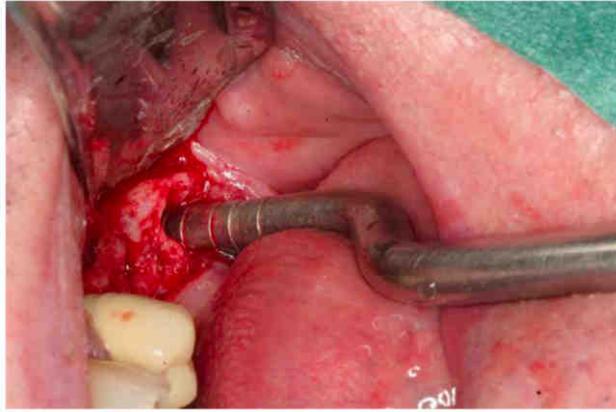


Fig. 39. Préparation du site implantaire ptérygoïdien à l'aide d'ostéotomes. [33]

5.6. Indications et avantages

Les implants ptérygoïdiens permettent de répondre à des exigences prothétiques :

- esthétiques : dans le cas de patient avec un sourire large, extension distale de la prothèse
- biomécaniques : alternative aux cantilevers, un ancrage au sein d'os dense.

Leur indication peut être posée dans le cas d'édentements partiels ou totaux [20]. Le succès des implants ptérygoïdes est de 80% à 99% selon Pennarocha (2009). [131]

5.7. Inconvénients et complications

La pose de ce type de dispositif implantaire requiert une maîtrise chirurgicale. Ainsi, elle est réservée aux chirurgiens expérimentés, et doit tenir compte d'une courbe d'apprentissage (Fig.42).

L'accès au site et la réalisation à l'aveugle représentent les principales difficultés.

D'autre part il ne faut pas négliger les structures vitales à proximité et donc avoir une bonne connaissance anatomique du site (Fig. 40 et 41).

Le suivi clinique est difficile. En effet, l'évaluation du niveau osseux marginal par les examens radiologiques classiques ne se révèle pas fiable (Fig.38). [20]

La maintenance au quotidien pour les patients, s'avère compliquée étant donné la difficulté de l'accès rapportée par certains patients. [131]

Il existe un risque de saignement et de limitation de l'ouverture buccale temporaire lors du dépassement dans la région rétro-ptérygoïde, décrit par Valeron. [167]

La revue de littérature de Bidra rapporte un risque de mauvais positionnement de l'implant et un cas de douleur prolongée. [20]

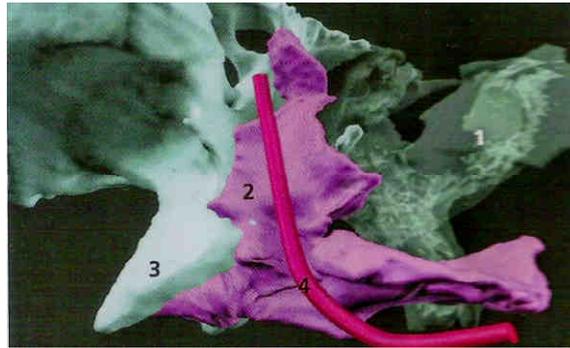


Fig. 40. Modélisation 3D des rapports vasculaires de la région ptérygo-palato-tubérositaire (vue médiale) : (1) os maxillaire, (2) os palatin, (3) processus ptérygoïde, (4) artère palatine descendante. [47]



Fig. 41. Vue inférieure anatomique. Dissection du pédicule grand palatin au niveau du foramen grand palatin. Relation entre un implant (1) et le foramen grand palatin. [47]

IMPLANT PTÉRYGOÏDE	IMPLANT TUBÉROSITAIRE
Défini comme un implant positionné à travers la tubérosité maxillaire et dans le processus ptérygoïde. Insertion initiale dans la région tubérositaire puis progresse en arrière et en haut à travers le processus pyramidal puis dans le processus ptérygoïde	Implant intégrant la position la plus distale des procès alvéolaires maxillaires, pouvant parfois s'engager au niveau du processus pyramidal de l'os palatin
L'os environnant est un os cortical dense au niveau du processus ptérygoïde et processus pyramidal.	Qualité de l'os : os spongieux de la tubérosité maxillaire (type 3 ou 4)
Angulation de 45 à 50 degrés par rapport au plan maxillaire	Angulation principalement verticale ou fonction de la planification prothétique
Structures anatomiques adjacentes : artère maxillaire interne, artère grande palatine, nerf alvéolaire postéro-supérieur, muscles ptérygoïdes, fosse infratemporelle, fosse ptérygopalatine, nasopharynx, sinus sphénoïde	Structures anatomiques adjacentes : sinus maxillaire, artère grande palatine.
Technique sensible et risque potentiellement plus élevé d'interférence avec les structures vitales.	Technique moins sensible et risque plus faible d'interférence avec les structures vitales
Visualisation du site chirurgical entier difficilement réalisable. Chirurgie en partie à l'aveugle	Visualisation de l'ensemble du site chirurgical
Evaluation radiologique de la perte osseuse marginale est difficile étant donné le site	Evaluation radiologique de la perte osseuse est facile
Implants longs entre 15 et 20 mm	Longueur des implants variable

Fig. 42. Comparatif implant ptérygoïde/ implant tubérositaire [20]

VI. Soulevé de sinus sans greffe osseuse

6.1. Définition, principe

Le sinus lift sans greffe osseuse repose sur le principe de formation osseuse par régénération osseuse guidée. La membrane sinusienne soulevée est maintenue par les apex implantaires. Ainsi, l'espace créé et délimité par la membrane sinusienne en haut et le plancher du sinus en bas va être comblé par le caillot sanguin lors de la phase de cicatrisation. [97]

La finalité étant qu'il se minéralise afin d'augmenter le niveau osseux assurant la stabilité implantaire. Le nouveau plancher sinusien se forme alors après ossification et résorption inévitable du caillot. [166]

Hong a suggéré l'implication du titane dans l'ostéogénèse. Ainsi une surface implantaire en titane favoriserait la néoformation osseuse par ses propriétés thrombogéniques prononcées. [81]

Selon Jung et al (2006), le dépassement implantaire sinusien n'empêcherait pas l'ostéo-intégration des implants. [84]

Cependant on distingue deux catégories de dépassement :

- inférieurs à 4 mm, l'implant sera recouvert d'une membrane néoformée (Fig.43).
- Entre 4 et 8 mm, il reste à nu dans la cavité sinusienne

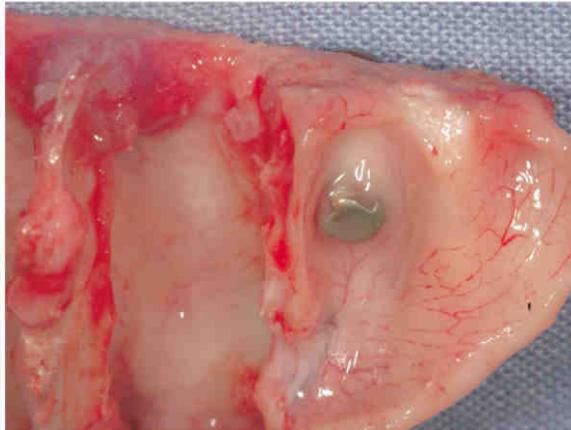


Fig. 43. Photographie du sinus maxillaire montrant la muqueuse sinusienne recouvrant l'implant s'engageant de 5 mm. [158]

6.2. Evolution de la technique

De nombreuses approches chirurgicales sinusiennes ont été décrites :

- pour pénétrer dans le sinus
- élever la membrane sinusienne de Schneider
- placer la greffe osseuse

Après le premier protocole par voie crestale de Tatum puis la technique modifiée de Summers, le sinus lift sans greffe osseuse (technique «*graftless*») a été introduit en 2004 par Lundgren. Il s'est inspiré de la découverte fortuite de la néoformation d'os dans le sinus maxillaire après l'exérèse d'un kyste. [99]

Une classification a été proposée par Nedir (2006), et par la conférence de Jensen 1996, afin de déterminer la technique d'augmentation du sinus en fonction de la hauteur d'os résiduelle. [123]

(Residual bone height : RBH ou niveau osseux résiduel)

Classe A : RBH ≥ 10 mm, procédure classique de pose

Classe B : RBH de 7 à 9 mm, augmentation à l'aide d'ostéotomes et pose immédiate

Classe C : RBH de 4 à 6 mm, greffe osseuse par voie latérale et pose immédiate ou différée

Classe D : RBH de 1 à 3 mm, greffe osseuse par voie latérale et pose différée

6.2.1. Voie d'abord latérale

L'indication de cette approche varie en fonction des auteurs :

- Lundgren 2004, l'indique pour une hauteur résiduelle d'os ≤ 7 mm [97]
- Chen et Thor l'utilisent avec une hauteur minimale de 5 mm. En dessous de laquelle ils posent l'indication d'une greffe osseuse. [38,166]

Les critères de réussite de cette approche reposent, selon Lundgren (2008), sur:

- Situation et le repositionnement de la fenêtre latérale
- Hauteur d'os résiduel : gain osseux le plus important quand la hauteur résiduelle est comprise entre 2 et 5,5 mm
- Stabilité primaire de l'implant
- Influence du design implantaire : longueur, état de surface
- Conseils post-opératoires semblables à ceux d'une communication bucco-sinusienne [100]

En résumé, l'approche latérale pour le sinus lift sans biomatériau pourrait être indiquée avec une hauteur d'os résiduelle comprise entre 2 et 7 mm, et en présence d'une bonne stabilité primaire de l'implant. Ces études ne présentent cependant pas un niveau de preuve suffisant pour l'affirmer.

6.2.2. Voie d'abord crestale

Le principe repose sur l'utilisation d'ostéotomes sans greffe osseuse après une approche crestale du sinus.

L'indication de cette approche semble être prédictible avec une hauteur d'os résiduel entre 5 et 7 mm et un minimum de 3mm. Moins il y aurait d'os au départ et plus le gain serait important. Ainsi, plus l'implant dépasse et plus le gain est important. [125]

Gabbert préconise un accès manuel pour préserver la membrane au maximum. De même dans le cas d'os peu dense (type III, IV) l'utilisation d'ostéotome expanseur est préférée au foret (Fig.46). L'objectif est alors d'obtenir une condensation osseuse. Le plancher est repoussé sur environ 3 mm dans la cavité sinusienne pour élever la membrane sinusienne. La limite d'élasticité de la membrane serait de 5mm (Fig.47). [76]

Pjetursson 2009, évalue à 10,4% des cas la présence d'une perforation de la membrane. [135]

Le dépassement intra-sinusal varie de 3 à 6 mm [76]. Plus l'implant dépasse dans le sinus plus il y a un gain osseux (Fig. 44). Cependant en retour, le risque de perforation de la membrane serait inévitablement majoré.

Selon Boyne, une formation d'os spontanée a lieu si l'implant dépasse de 2 à 3mm (Fig.48). Cependant ce gain n'est que de 50% si l'implant émerge de 5mm.

Enfin les longueurs implantaire reportées sont variables avec cette technique selon les auteurs :

- 10 mm [126]
- 6 à 8 mm dans le cas d'une perforation de la membrane [126]
- 6 à 12 mm [134]

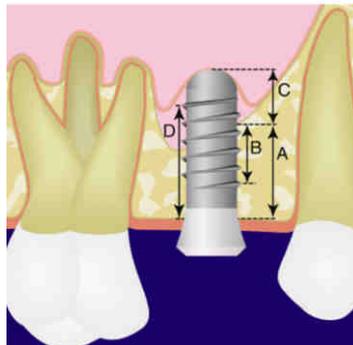


Fig. 44. Schématisation des différentes mesures effectuées sur les clichés radiologiques : (A) hauteur d'os résiduel sous le sinus, (B) distance entre la première spire cervicale et le contact os-implant le plus apical, (C) longueur de la protrusion de l'implant dans le sinus, (D) distance entre le contact os-implant le plus coronaire et la spire la plus apicale. Une diminution de la distance D correspond à une perte osseuse crestale. [126]

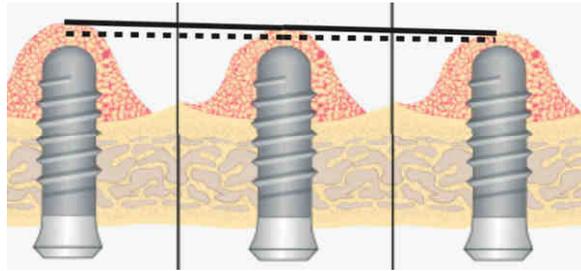


Fig. 45. Schématisation du remodelage apical du volume greffé, montrant une structure radio-opaque après l'insertion de l'implant, à un an, à trois ans. La ligne en pointillés montre les implants posés sans greffe et la ligne continue avec greffe de matériaux. [134]



Fig. 46. Kit d'ostéotomes : gamme d'ostéotomes droits et coniques [135]

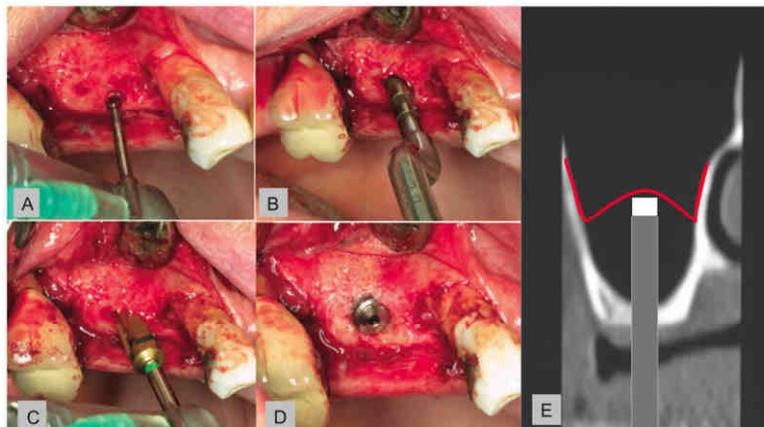


Fig. 47. Procédure chirurgicale. (A) préparation du site implantaire avec le foret pilote à travers l'os cortical sur 3mm, (B) le plancher du sinus et la membrane sinusienne sont soulevés avec l'ostéotome de 3,2 mm, (C) l'os marginal est préparé avec un foret conique de 4,5 mm. (D) Un implant Astra Tech de 4,5 mm est installé. (E) Schématisation de la procédure chirurgicale figurant le plancher du sinus et la membrane sinusienne élevée avec un ostéotome. [66]

Nous noterons sur cette schématisation la pénétration exagérée de l'ostéotome dans la cavité sinusienne, étant donné le risque de perforation de la membrane sinusienne.

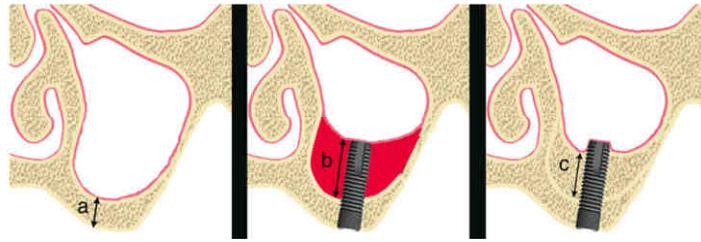


Fig. 48. Schématisation de la séquence d'élévation sinusienne et des paramètres cliniques. (a) hauteur d'os résiduelle, (b) hauteur de soulèvement de la membrane après pose de l'implant, (c) régénération osseuse après 1 an de mise en charge. [11]

6.3. Mécanisme histologique

La composition histologique de la membrane de Schneider décrit trois couches :

- cellules épithéliales
- couche très vascularisée : lamina propria
- couche profonde, constituant l'interface avec l'os maxillaire : structure semblable au périoste

Quand Lundgren introduit sa technique en 2004 le mécanisme n'est pas encore connu et nécessite l'interprétation d'études histologiques [97]. Le gold standard reste alors la greffe autogène dans le choix du greffon, avec cependant une particularité pour les cas de comblement de sinus. En effet, Wallace a pu démontrer des résultats comparables avec l'utilisation de xéno greffe et allogreffe dans sa revue systématique de littérature. [172]

La physiologie du sinus dépend de l'intégrité de son ostium et de la membrane. Pour l'ostium, étant situé à distance du site implantaire, le problème ne se pose pas pour cette technique. En revanche, la membrane jouant un rôle de barrière peut être perturbée au cours de cette procédure.

L'objectif et la singularité du sinus lift résident dans la formation d'os au sein d'une cavité du squelette. [100]

Nous savons que la formation osseuse nécessite le recrutement, la migration puis la différenciation de cellules ostéogéniques en ostéoblastes. Le processus débute par la synthèse d'une matrice extracellulaire de collagène qui se minéralisera. [154]

Ainsi, au niveau sinusien, les cellules vont migrer depuis l'os alvéolaire sous-jacent et être enrichies par les fragments déplacés lors de la chirurgie. De plus selon des hypothèses le décollement du périoste entraînerait une résorption osseuse avec exposition de cellules souches dans la cavité qui seraient recrutées pour la formation du caillot. [100]

Les études histologiques animales ont montré que la membrane sinusienne semblait intacte dans la plupart des cas. Cependant leur niveau de preuve ne permet pas de conclure. [158]

L'étude de Gruber montre que la muqueuse sinusienne constitue un réservoir supplémentaire de cellules progénitrices mésenchymateuses et de cellules de la lignée ostéogéniques. Ainsi, elle aurait un potentiel ostéoconducteur. [78]

L'étude de Sul et al. a prouvé que le dépassement de l'implant dans la cavité sinusienne n'entraînait pas de perturbation de la muqueuse sinusienne (Fig.49). Elle conserve son intégrité sans modification au niveau des cellules (basales, en goblet, ciliées). Les résultats avancés n'étant vérifiés qu'en l'absence de perforation de la membrane. [158]

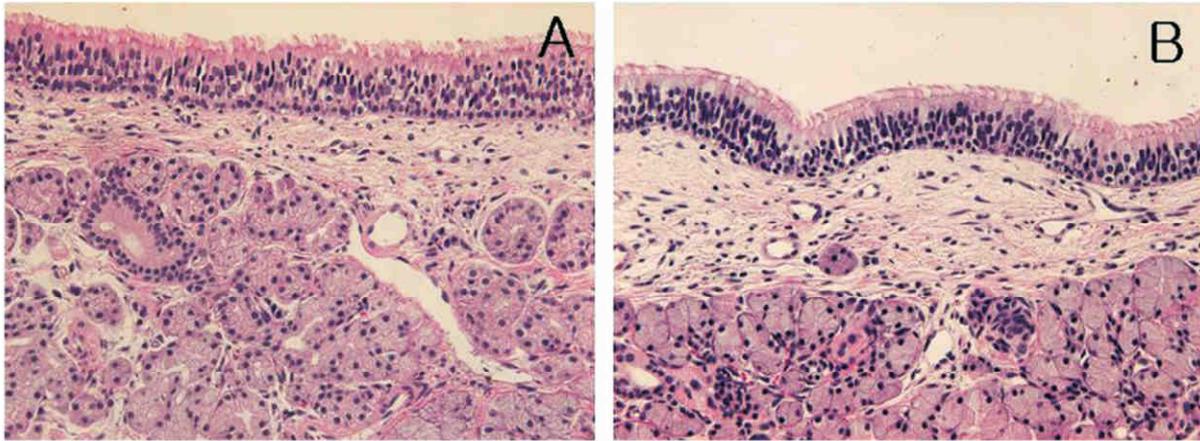


Fig. 49. Microscopie photononique de coupes de membrane sinusienne. A) Sinus non traité, B) Sinus avec protrusion d'un implant sur 5 mm dans le sinus [158]

Les observations cliniques de Srouji (2010) sur le potentiel ostéogénique de la membrane ont pu facilement démontrer la formation d'os dans les procédures d'élévation de la membrane sinusienne sans interposition de greffon (Fig. 50) [154]. Cependant la nature biologique et les preuves histologiques sont plus difficiles à mettre en évidence. Il n'y pas de consensus actuellement sur le potentiel ostéogénique de la membrane sinusienne ou son rôle sur la régénération osseuse.

Les premières preuves histologiques de la formation d'os ont été rapportées par Palma. [128]. Il suggère que la membrane de Schneider aurait un potentiel ostéo-inducteur. Cependant là encore il s'agit d'études animales ainsi les résultats doivent être interprétés avec prudence.

Les résultats enregistrés révèlent un gain osseux plus important dans le cas de l'association membrane et fibrine, sachant que la fibrine seule n'entraîne pas la formation d'os.

Ainsi, Srouji (2010) a pu émettre l'hypothèse que la fibrine potentialisait l'activité ostéogénique de la membrane. Elle joue le rôle d'un squelette naturel maintenant l'espace pour l'ossification. [154]

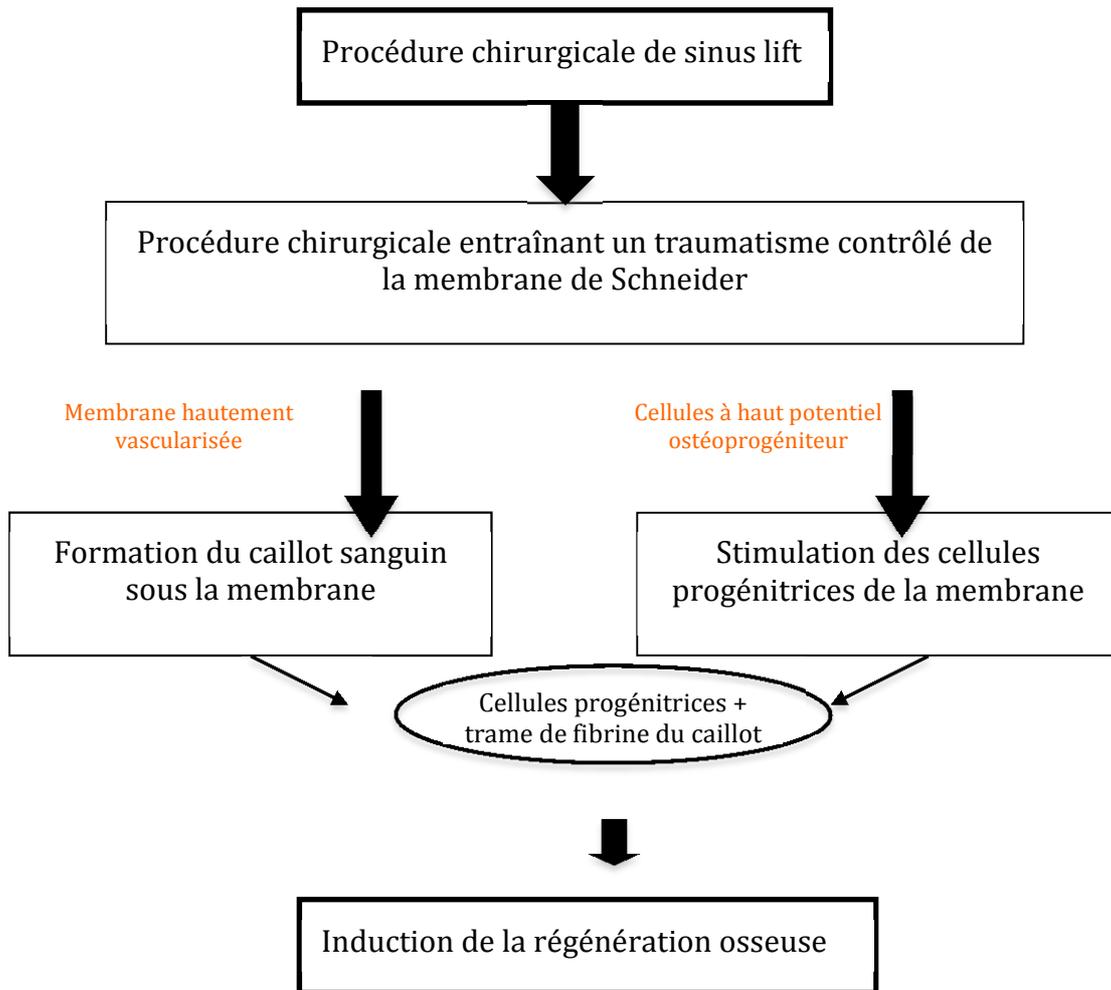


Fig. 50. Séquence proposée de la régénération osseuse à partir d'un sinus lift sans greffe osseuse [154]

6.4. Influence du design implantaire

Selon Thor, plus l'implant est long et plus le gain osseux mesuré en millimètres sur les clichés rétroalvéolaires et orthopantomogramme est important. [166] Cependant proportionnellement à la longueur implantaire totale le gain osseux ne sera pas supérieur avec un implant long par rapport à un implant court. Ainsi, il a démontré qu'il fallait simplement optimiser la longueur implantaire afin d'obtenir environ 9mm d'os (après ostéointégration) pour stabiliser un implant court (8mm). Il n'y a donc aucun intérêt à utiliser des implants plus longs, une longueur de 8 mm ayant montré son efficacité.

Le premier à étudier le processus histologique et l'impact de l'état de surface sur le potentiel d'ostéointégration est Palma et al. [128]. Les surfaces rugueuses donneraient de meilleurs résultats que les surfaces usinées, selon cette étude animale après 6 mois d'ostéointégration. Les animaux étant sacrifiés six mois après la procédure d'élévation de sinus, il n'y a pas d'évaluation après mise en charge.

Le design rugueux permettrait d'augmenter la surface et donc le potentiel de contact os/implant. Ainsi, Lundgren confirme avec un recul de 12 mois de mise en charge, une meilleure réponse osseuse que pour les implants usinés (Fig.51). [100]

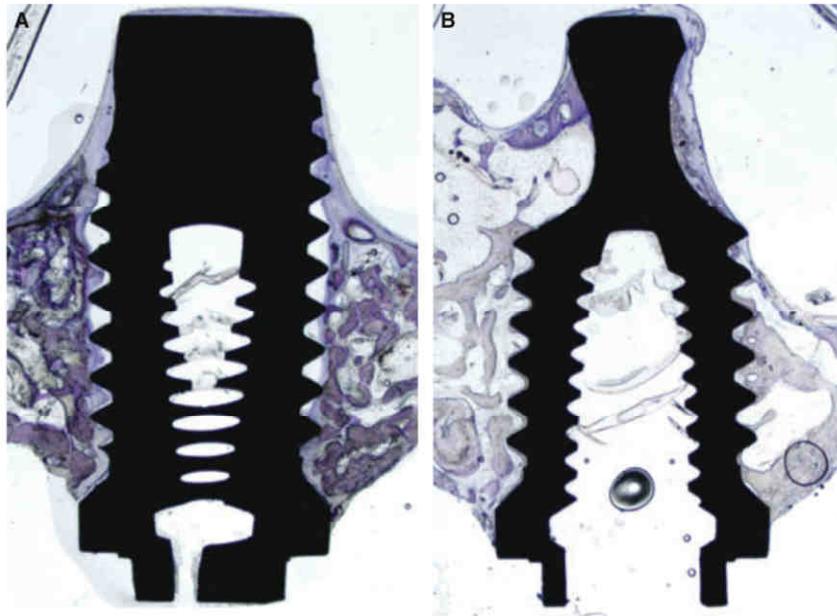


Fig. 51. Coupe histologique en microscopie photonique d'implants insérés simultanément après l'élévation de la membrane sinusienne. A) implant usiné B) implant rugueux, montrant la formation osseuse directement au contact de sa surface [100]

6.5. Suites opératoires

Les suites opératoires du sinus lift sans biomatériau peuvent être de deux types :

- un épaissement de la membrane (61% des cas selon Jung, 2006) [84]
- complications sinusiennes, principalement lorsqu'il existe des facteurs prédisposants (sinusite, drainage sinusien perturbé)

6.6. Prédicibilité de la technique

La prédicibilité à long terme de la technique n'est pas encore connue. La volonté des auteurs est de prouver que le sinus lift sans greffe osseuse avec insertion simultanée d'implants en Titane est une technique validée (Fig.52).

Les conclusions de Xu (2004) concernant ce sujet doivent être interprétées avec retenue s'agissant d'études animales [174]. De plus il est important de souligner que les implants étudiés ne sont pas mis en charge. Selon son étude histologique et histomorphométrique menée sur des lapins, la hauteur d'os néoformé était significativement plus importante dans le groupe expérimental (comblement avec particules osseuses déprotéinées) que dans le groupe contrôle (caillot sanguin seul) à chaque étape de son examen (2,4,6,8 et 10 semaines). D'autre part à 8 et 10 semaines la majorité de l'os néoformé dans le groupe contrôle était résorbé par repneumatismation du sinus.

Il conclurait ainsi que les particules osseuses déprotéinées par leur résorption lente et le maintien de l'espace, permettraient de stabiliser l'os néoformé en inhibant sa résorption.

Sohn (2010,2011) a également mené des études animales comparatives immunochimiques et histomorphométriques étudiant l'os néoformé avec et sans greffe osseuse. [151,153]

Par la mise en évidence d'ostéocalcine, de collagène de type I et de marqueurs d'antigènes il a pu supposer que l'élévation de la membrane sinusienne seule (avec pose implantaire simultanée) pouvait permettre la formation d'os. D'autre part la néoformation osseuse serait plus importante et plus rapide dans la situation sans greffe osseuse mais avec repositionnement de la fenêtre latérale, par rapport à la situation avec greffe et pose de membrane de collagène.

Lundgren (2004) a publié une série de 12 soulevés de sinus sans matériau de comblement avec pose simultanée de 19 implants. L'analyse des scanners réalisés à six mois montre une formation osseuse spontanée. Les implants sont restés stables cliniquement pendant toute la durée de l'étude. [97]

Chen en 2007 rapporte les résultats d'une étude rétrospective sur 47 implants placés dans le même temps opératoire que les soulevés de sinus sans aucun matériau de comblement. Tous les implants sont restés fonctionnels après deux ans de mise en charge. [38]

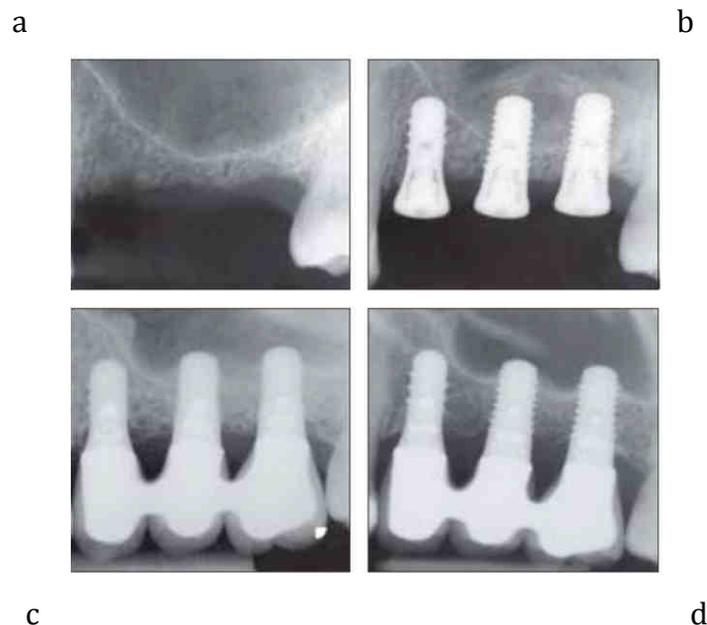


Fig. 52. a) Radiographie pré-opératoire, b) Radiographie post-opératoire : noter l'élévation du plancher du sinus, avec fragments osseux fracturés, c) Radiographie à 1 an. Noter le radio-opacité autour des implants, soulignant le gain osseux, d) Radiographie à 3,5 ans. Noter la stabilité du niveau. [114]

**TROISIEME PARTIE :
LE POINT SUR LA
LITTERATURE EN
2012**

I. Implants courts

1.1. Evaluation des implants courts

Les études de 1990 à 2005 sur les longueurs implantaire telles que celle de Friberg et al (1991), montrent des taux d'échecs supérieurs pour les implants courts. [74]

Malgré leurs conclusions elles indiquent toujours des taux de survie acceptables.

Historiquement les implants courts étaient associés à de faibles taux de succès, avec des scores de 17 à 25 % d'échecs (selon Wyatt dans Vandeweghe) [168]. Cependant depuis quelques années, des études ont pu prouver que les implants courts avaient un succès clinique comparable aux implants longs. [75]

Ainsi, les chiffres de Renouard (2005), rapportent un taux de survie cumulé de 94,6%, comparable aux résultats obtenus avec des implants longs. [142]

Les publications regroupées dans cet article sont d'un faible niveau de preuve. Les auteurs ont déterminés quatre groupes d'études :

- 1) les implants courts ont un taux d'échec plus élevé que les implants longs. Renouard l'expliquerait par l'utilisation d'un protocole standard sans tenir compte de la qualité de l'os [142]
- 2) les taux d'échecs augmentent avec les implants courts mais restent avec des taux de survie acceptables
- 3) la longueur de l'implant n'influence pas le taux de survie
- 4) taux de survie identiques aux implants longs, résultats de 88 à 100%.

Renouard conclut que les taux d'échecs élevés des premières études étaient dus à des procédures chirurgicales standardisées et non adaptées à la qualité osseuse, avec des surfaces implantaire usinées, sur des sites anatomiques de faible densité osseuse. [142]

En 2011 la littérature semble présenter un niveau de preuve supérieur concernant les implants courts, par rapport à ces premières études (Tabl.1).

Ainsi, nous ne nous intéresserons dans le détail qu'aux études ayant un niveau de preuve scientifique suffisant.

Nous avons notamment recensé une revue systématique de la littérature [4] et trois méta-analyses [87, 113, 139].

Ces quatre auteurs semblent s'accorder pour dire que leur utilisation offre une alternative fiable à la greffe de sinus, à court et à moyen terme.

Tout d'abord, Pommer semble malgré tout nuancer ses propos et penche pour une littérature encore controversée quant aux indications des implants courts en 2011. [139]

Cette méta-analyse présente un faible suivi clinique et ne constitue pas une méta-analyse de RCT (étude contrôlée randomisée). Donc le niveau de preuve de cette étude laisse supposer une faiblesse.

Bien que la méta-analyse de RCT soit le gold standard pour tirer des conclusions, il ne serait pas éthique de poser des implants courts dans des régions de large volume osseux afin d'effectuer une étude comparative. Ainsi, Pommer a choisi d'analyser des études prospectives.

Il conclut qu'il n'y a pas d'influence de la longueur des implants sur le taux d'échec au cours de la première année de mise en charge (pour les implants courts, 7 mm minimum et longs, supérieurs à 10 mm à surface rugueuse au maxillaire postérieur) il n'existe pas de différence significative, avec un Odd Ratio égal à 1,1. A contrario, il existe une différence significative pour les implants courts à surface usinée au maxillaire et les implants courts en secteur antérieur au maxillaire supérieur (échec significativement plus élevé pour les implants courts entre le secteur antérieur et le secteur postérieur, Odd Ratio de 1,8).

Annibali et Menchero confirment ces résultats avec des taux de survie supérieurs pour les surfaces rugueuses. [4,113]

Pommer conclut en suggérant l'utilisation d'implants courts dans les sites avec une hauteur d'os alvéolaire faible, pour réduire le besoin de procédures invasives d'augmentation.

Annibali s'appuie notamment sur deux RCTs (Cannizzaro 2009, Felice 2010) [4]. Malgré un suivi clinique supérieur à l'étude de Pommer il ne peut conclure qu'à moyen terme [139]. Le CSR (taux de survie cumulé) est de 99,1% pour les implants courts (92,2 % à 1 an à 100% à 5 ans). Ceci lui permet de conclure que l'option thérapeutique des implants courts (<10mm : 5 à 9 mm, moyenne 8 mm) est un traitement fiable à court terme.

Cette revue est limitée par le nombre d'implants référencés ayant une longueur de 5 ou 6 mm. Leur nombre faible ne permet aucune conclusion pour ces longueurs. En effet la majorité des implants ont une longueur de 8, 8.5 et 9 mm. De plus elle s'éloigne de notre sujet avec l'étude de Felice 2010 qui traite d'implants positionnés à la mandibule. [63]

Menchero ne précise pas si les échecs sont rencontrés au maxillaire ou à la mandibule, dans les zones d'os peu dense ou non, chez les fumeurs ou non fumeurs. [113]

Ainsi aucune étude citée dans cette analyse ne compare les taux de succès et d'échec avec la qualité osseuse ou le site implantaire (maxillaire ou mandibule).

Le mélange de paramètres au sein de ces études rend les résultats difficiles à analyser avec beaucoup de biais.

Kotsovilis a étudié séparément les édentements partiels/totaux. [87]

Les taux de survie recensés sont :

- pour un édentement total : 95,68% pour les implants < 8mm ; 93,02% pour les implants <10mm et 94 ,86% pour les implants >10 mm (8 études)
- pour un édentement partiel : 97,06% ; 97,15% ; 98,33% (12 et 13 études).

Seul le paramètre survie implantaire a été étudié. L'auteur suggère qu'il serait intéressant d'appliquer cette méta-analyse à tous les paramètres implantaires.

Enfin elle ne tient pas compte de l'ancienneté des implants (durée du suivi) mais simplement de la présence des implants au temps t.

Afin de prouver l'efficacité des implants courts il a fallu élucider une autre interrogation : l'influence du ratio couronne/implant.

Blanes en 2007 a testé l'hypothèse nulle qu'un plus grand ratio couronne/implant conduit à une résorption osseuse marginale supérieure. [23]

L'étude regroupe 83 patients, ayant reçu 192 implants. Trois groupes sont définis après mesure du ratio C/I.

Groupe 1 : C/I (0 à 0,99)

Groupe 2 : C/I (1 à 1,99)

Groupe 3 : C/I ≥ 2

Les résultats concernant le taux de survie et la perte du niveau osseux en fonction du ratio sont les suivants :

	NOMBRE D'IMPLANTS	PERTE DU NIVEAU OSSEUX (EN mm)
Groupe 1	8	0,34 +/- 0,27
Groupe 2	133	0,03 +/- 0,15
Groupe 3	51	0,02+/-0,26

Il conclut qu'il n'y a pas d'influence du ratio C/I sur la survie implantaire.

Un C/I > 2 donne moins de perte osseuse marginale que le groupe contrôle.

Ces résultats sont confirmés par d'autres études cliniques et revue systématique (Tawil 2006). [161]

Enfin Blanes contrarie les données précédentes en montrant que plus la longueur de l'implant augmente, plus le taux de survie augmente. [22]

1.2. Evaluation des implants courts versus greffe osseuse et implants longs

Les analyses présentées précédemment évaluaient de manière générale l'efficacité des implants courts dans un site osseux atrophié par rapport à des implants dits conventionnels avec une hauteur d'os suffisante (soit supérieurs à 10 mm). Ainsi, plusieurs auteurs ont soulevé la nécessité de réaliser des études comparant la pose d'implants courts dans un os atrophié par rapport à la pose d'un implant long dans un site greffé. En effet, cela correspond réellement aux deux alternatives face auxquelles se retrouve le praticien.

Nous disposons à nouveau de niveaux de preuve intéressants avec notamment :

- des études randomisées contrôlées : Felice 2010, Esposito 2011
- des méta-analyses : Esposito 2007, Coulthard 2003
- des revues de littérature : Sun 2011, Telleman 2011, Raviv 2010, Romeo 2010, Deporter 2009, Renouard et Nisand 2006, Das Neves 2006, Misch 2005, Davarpanah 2001

Les résultats d'Esposito en 2011 ne montrent pas de différence significative entre les deux techniques. [59]

Il n'est pas prouvé que les implants courts de 5mm soient plus à risque que les implants de 10 mm dans de l'os greffé.

De plus, il est important de noter qu'il existe une différence significative dans l'évolution du niveau d'os marginal. En effet il a été mesuré une perte osseuse de 1 mm avec les implants courts contre 1,2 mm avec les implants longs.

Il ressort qu'il serait préférable d'utiliser des implants courts dans le cas de 4 à 6 mm d'os résiduel (simplicité, rapidité, coût) ou au minimum un mini sinus lift par voie crestale [34]. Cependant, il est nécessaire d'étudier sur de plus grands échantillons. Afin de pallier au problème posé du peu de patients avec des largeurs de crête suffisante (souvent inférieure à 8mm) l'auteur propose de reproduire l'étude avec des implants de 4 à 5mm de diamètre au lieu de 6 mm.

D'autre part les limites rencontrées dans cette étude :

- les patients reçoivent les implants en même temps des deux côtés, donc ils ne peuvent percevoir l'avantage/bénéfice temps (durée de traitement).
- l'influence du diamètre implantaire.

Esposito arrive aux mêmes conclusions dans d'autres études

- Dans le cas d'un maxillaire édenté en présence d'un os résiduel de 5 à 9 mm, résultats à cinq mois :

Les implants courts (6 à 8,5 mm) ont des résultats similaires aux implants longs placés au niveau de sites augmentés par greffe d'os de la crête iliaque [65]

- Dans la région postérieure du maxillaire en présence d'un os résiduel de 3 à 7 mm, résultats à un an [59]

Les implants courts (5 à 8 mm) ont des résultats similaires aux implants plus longs placés dans des sinus augmentés mais avec un traitement moins long, moins de morbidité et moins onéreux.

De même, les résultats préliminaires de l'étude randomisée contrôlée de Cannizzaro ont pu démontrer que les implants courts de 7 à 8 mm pouvaient être une meilleure alternative. [34]

Felice en 2011, souligne que les échecs implantaires que ce soit pour les implants courts ou pour les implants longs ont généralement lieu avant la mise en charge, au cours de la première année. [65]

D'autre part le nombre d'implants courts par arcade est généralement plus faible (5,7 vs 7,1) par rapport aux longs. Ceci serait lié à un niveau osseux plus faible et par conséquent une crête osseuse plus étroite.

Etude	type	Nombre de patients	Nombre d'implants	implants	Hauteur résiduelle d'os	Protocole	suivi	Taux de survie implantaire	Taux de succès prothétique	Analyse statistique	Remarque
ANNIBALI 2012	Méta-analyse (2 RCT, 2 prospectives, 12 rétrospectives) NIVEAU 1/2	3848	6193 (dont 1871 au maxillaire postérieur)	Courts < 10 mm (5 à 9 mm) : principalement 8/8,5 et 9 mm Diam. 2,5 à 6 mm Différents design et états de surface	6 études abordent le niveau osseux marginal	Différentes variables à considérer : caractéristiques du patient, type d'implant, technique chirurgicale, réhabilitation prothétique Perdus de vue exclus Deux temps chirurgicaux (1983)/ un temps (3510)/ 685 technique chirurgicale spéciale (immédiate, sinus lift, expansion, régénération)	3,2 ans+/- 1,7 (moyen terme)	Taux de survie cumulé 99,1%(implants courts) 1,7% d'implants perdus	7 études : prothèse uniquement supportée par implants courts	Cohen's k	Différence significative du succès des implants courts entre usinée et rugueuse Les implants courts montrent des taux de succès importants comparables aux implants plus longs Faible incidence de complications biomécaniques et biologiques
DAS NEVES 2006	Revue systématique d'études longitudinales NIVEAU 1/2	NR	16344 (dans 33 études)	7 ; 8,5 ; 10mm 3,75 ; 4 ; 5 mm de diam.	NR	Importance du protocole de préparation du site chirurgical en fonction de l'implant	0,4 ans à 16,5 ans	95,2% (786 échecs)	NR	NR	Des implants courts et une faible qualité osseuse augmentent les échecs Intérêt d'utiliser des implants de 4 mm dans ce cas Pas de distinction des implants maxillaire/mandibule

Etude	type	Nombre de patients	Nombre d'implants	implants	Hauteur résiduelle d'os	Protocole	suivi	Taux de survie implantaire	Taux de succès prothétique	Analyse statistique	Remarque
ESPOSITO 2011	RCT sur 5 ans NIVEAU 1/2	30 (15 maxillaire/ 15 mandibule) 3 groupes fonction consommation tabagique	38 longs/ 34 courts (maxillaire)	5 mm vs ≥ 10 mm	4 à 6 mm hauteur ≥ 8 mm en largeur	Sites greffés maxillaires : Bio-oss® Etude randomisée : un côté greffé et un côté non greffé 1 à 3 implants par secteur ; pose 4 mois après greffe pour les deux groupes. Mise en charge 4 mois après greffe avec provisoire, définitive à 4 mois	1 an après mise en charge	Echec d'un implant court et d'un implant long Pas de différence significative des taux d'échecs (P=0,83) et des complications	Pas de différence significative des survies prothétiques	Test du Khi Carré McNemar test Test t pair	Différence significative de perte osseuse marginale (1 mm courts/ 1,2 mm longs) Implants courts donnent des résultats équivalents ou supérieurs à un an Traitement plus rapide, moins coûteux, morbidité diminuée Pronostic à long terme inconnu

Etude	type	Nombre de patients	Nombre d'implants	implants	Hauteur résiduelle d'os	Protocole	suivi	Taux de survie implantaire	Taux de succès prothétique	Analyse statistique	Remarque
ESPOSITO 2012	RCT, résultats préliminaires NIVEAU 1/2	20 (maxillaire) 20 (mandibule)	1 à 3 implants par patient	6mm de long 4 mm de diam. (courts) 10 mm long (groupe greffé)	5 à 7 mm	1 à 3 implants de 6 mm long et 4 mm de diam. Sinus comblé avec particules d'os bovin	5 mois après mise en charge	100%	100%	NR dans le résumé (pas accès au texte intégral)	Les implants courts semblent préférables à la procédure de greffe avec implants longs (moins de complications, traitement plus court, morbidité faible, coût) Pas de différence significative entre les deux techniques dans les résultats à court terme Nécessite des études avec un suivi de 5 à 10 ans..
FELICE 2011	Etude pilote Randomisée NIVEAU 1/2	28 édentés totaux	Randomisation en deux groupes 92 implants longs groupe greffé, 86 implants courts	Implants courts 5 à 8,5mm Implants longs 7 à 13 mm	5 à 9 mm hauteur, 5 mm en épaisseur	Groupe greffé : greffe autogène prélèvement iliaque, fenêtre repositionnée, et membrane résorbable A 4 mois : implants A 8 mois : provisoire A 12 mois : définitive	Suivi à 5 mois	Echecs avant mise en charge 1 implant long 2 implants courts pas de différence significative P=1 Fisher)	100%	Test du khi carré, le test de Fisher, de Mann Withney U	Significativement plus de complications dans le groupe greffé (test de Fisher : P=0,013) Résultats en faveur des implants courts même si les deux techniques ont des résultats comparables

Etude	type	Nombre de patients	Nombre d'implants	implants	Hauteur résiduelle d'os	Protocole	suivi	Taux de survie implantaire	Taux de succès prothétique	Analyse statistique	Remarque
HAGI 2004	Revue systématique NIVEAU 1/2	NR 12 études retenues	4107 total 764 ≤7mm	6 ou 7mm (courts) >7mm (longs) 3,75 ; 4 ; 5mm de diam. surfaces implantaire différentes (usinées/rugueuses)	NR	Edentement partiel Au maxillaire ou à la mandibule	>2 ans après mise en charge	81,8% à 100% au maxillaire pour implants 7mm	NR	Test de comparaison de Bonferroni	Taux échec supérieur pour les implants usinés/ rugueux Taux échec supérieur au maxillaire/mandibule (implants rugueux) Etat de surface des implants courts influence taux d'échec (résultats non clairement définis pour les différentes surfaces) Pas de différence significative entre les implants courts et les implants conv. à surface rugueuse dans le cas d'édentements partiels ou totaux
KOTSOVILIS 2009	Revue systématique et Méta-analyse d'études prospectives de 1990 à 2007 (37 articles, 22 cohortes de patients) NIVEAU 1/2	NR Les cohortes divergent de la population générale du fait des critères d'exclusion	NR	Implants à surface rugueuse inférieurs à 10mm Courts ≤ 8 ou < 10 mm Conventionnels ≥ 10 mm	NR	Comparaison implants courts/ conventionnels Et edentement partiel/ total	≥ 12 mois	Taux de survie : seul paramètre étudié. Intérêt d'étudier d'autres paramètres : saignement, attache clinique...	NR	Score de Kappa (accord des reviewers) tests de corrélation de Begg et Mazumdar (risque ratio) le test de régression de Egger test Q	Taux de survie similaire aux implants longs Les premières analyses qui rapportent des taux de survie inférieurs pour les implants courts étudient des implants à surface usinée
MENCHERO 2011	Méta-analyse d'études longitudinales (16 études) 2000 à 2010 et 5 études comme éléments de comparaison à des implants longs NIVEAU 1/2	NR	7392 (dont : 2807 courts usinés/ 4455 courts rugueux 129 NR 1929 au maxillaire	Implants inférieurs à 10 mm	Les implants courts dans un os atrophié devraient être comparés aux implants longs dans un os greffé	Les analyses ne prennent pas en compte la qualité osseuse / site maxillaire ou mandibulaire	Au moins 1 an Maximum 6 ans	CSR usinés de 92,5%, 98,4% rugueux	Intérêt de positionner un plus grand nombre d'implants quand le rapport couronne/implant est défavorable	NR	

Etude	type	Nombre de patients	Nombre d'implants	implants	Hauteur résiduelle d'os	Protocole	suivi	Taux de survie implantaire	Taux de succès prothétique	Analyse statistique	Remarque
-------	------	--------------------	-------------------	----------	-------------------------	-----------	-------	----------------------------	----------------------------	---------------------	----------

MISCH 2006	Etude multicentrique rétrospective sur 6 ans NIVEAU 1/2	273 édentés partiels	745 (répartition maxillaire/mandibule NR)	7 à 9 mm longueur 3,5 à 6 mm de diamètre	NR	505 implants: deux temps chirurgicaux 240 implants: un temps chirurgical (22 maxillaires, 218 mandibulaires)	1 à 5 ans après la mise en charge	1 ^{ère} phase : 98,3% (taux de réussite) implants courts, 2 ^{ème} phase : 99,6% implants courts de la phase I à la phase prothétique : taux de survie 98,9%	338 prothèses	NR	Activité de 4 cabinets privés But : corrélér l'utilisation d'implants courts avec la diminution du stress lié aux caractéristique s implantaires Intérêt de diminuer les forces occlusales en latéralité, les cantilevers et d'augmenter le nombre d'implants
---------------	--	-------------------------	---	--	----	---	--	--	---------------	----	--

Etude	type	Nombre de patients	Nombre d'implants	implants	Hauteur résiduelle d'os	Protocole	suivi	Taux de survie implantaire	Taux de succès prothétique	Analyse statistique	Remarque
-------	------	--------------------------	----------------------	----------	----------------------------	-----------	-------	----------------------------------	-------------------------------	------------------------	----------

PIERI 2012	RCT, résultats à 3 ans NIVEAU 1/2	68 (34 dans chaque groupe) 2 exclus (rendez vous contrôle manqués) 66 analysés	71 implants groupe test (6mm) 73 implants groupe contrôle (11mm et greffé simultanément)	Groupe test : 6mm Groupe contrôle : >11mm	6 à 7mm (hauteur) >6mm (épaisseur)	2 à 3 implants par patient enfouis 4 mois groupe contrôle (sinus lift simultané par voie latérale avec Bio-oss®) Groupe test : forage contrôlé à 6 mm	3 ans après mise en charge	Test : 1 implant (1 patient) Echec tardif (98,6%) Contrôle : 3 implants (2 patients) Echecs précoces (96%)	3 complications pour chaque groupe (groupe contrôle un patient non réhabilité car perte des implants)	Test de Fisher pour les taux d'échecs	à 3 ans pas de différence significative des taux d'échecs implantaires, complications prothétiques, perte osseuse marginale, quotient de stabilité implantaire mais pour implants courts durée de traitement plus faible et moins invasif. Interrogation : au delà de trois ans, échecs supérieurs pour les implants courts lié à une perte osseuse progressive ? à confirmer par des études plus longues
---------------	--	---	--	---	---------------------------------------	---	----------------------------------	--	---	---	--

Tabl.1 : Littérature des implants courts

Etude	type	Nombre de patients	Nombre d'implants	implants	Hauteur résiduelle d'os	Protocole	suivi	Taux de survie implantaire	Taux de succès prothétique	Analyse statistique	Remarque
POMMER 2011	Méta-analyse (54 articles inclus) d'études prospectives 40 études comparaison court/long NIVEAU 1/2	NR	19083 implants 480 non analysés (perdus de vue) tirés de 54 études	40,1% des implants sont au maxillaire Courts > 7 mm (2581) Longs > ou = 10 mm (16 502) Diam. Le plus fréquent 4 mm 8686 usinés et 10397 rugueux	NR	Beaucoup de variables différentes entre les articles (site implantaire, diamètre, état de surface, protocole de mise en charge) Aucune étude randomisée dans le pool d'étude	1 an après mise en charge	Taux d'échec supérieur avec implants courts (OR 1,8) / implants longs avec une différence significative entre secteur antérieur et postérieur maxillaire Echec inférieur des implants rugueux/ usinés (OR 3,6)	NR	Mantel-Haenszel test pour les odds ratio globaux, Fischer-exact-test pour les odd ratios de chaque étude, et test de Woolf.	Méta analyse d'études prospectives car non éthique de poser des implants courts sur site osseux large pour une RCT Les implants à surface rugueuse > à 7 mm ne présentent pas de risque en secteur postérieur

II. Implants angulés

2.1. Edentement partiel

Nous ne détaillerons par l'utilisation d'implants angulés dans le cas d'édentement partiel au maxillaire, à défaut de références bibliographiques. Nous en concluons que cette thérapeutique reste principalement indiquée aux réhabilitations totales du maxillaire.

Seule l'étude d'Aparicio de 2001 rapporte des cas d'édentements partiels. Les résultats rapportés montrent des taux de succès supérieurs à 95% et des taux de survie de 100% pour les implants angulés. [8]

2.2. Edentement total

2.2.1. All on four

Avant de l'étudier au maxillaire, Malo (2003) a pu mettre en avant l'efficacité du concept all-on-four à la mandibule [105]. Les preuves cliniques au maxillaire ont été plus tardives avec son étude clinique rétrospective menée entre 2001 et 2003 [110].

Cette dernière présente des limites telles que le faible échantillonnage, le suivi à court terme et l'absence de précisions concernant la nature de l'analyse statistique. Celles-ci ajoutées au modèle rétrospectif de l'étude nous permettent de souligner la faiblesse du niveau de preuve de cette étude.

Malo suggère que la réhabilitation du maxillaire par une prothèse immédiate complète transvissée sur 4 implants est prédictible à court terme, avec un taux de survie cumulé à un an de 97,6%. [110]

L'étude prospective d'Agliardi 2010 regroupe le plus grand nombre de patients. Prévue sur cinq années, elle permettra de conclure sur l'efficacité de ce traitement à moyen terme. En attendant, les résultats préliminaires à court terme (un an) sont en accord avec ceux de Malo précédemment cités. [2]

Le taux de survie à un an calculé est de 98,36% selon cet auteur. De plus contrairement à la plupart des études qui ne le renseignent pas, le taux de succès prothétique égalant 100% est notifié bien qu'il soit spécifié un taux de fracture de 15,6%.

Il semblerait qu'il n'y ait pas de différence significative dans la perte osseuse entre les implants axiaux et non axiaux. [2]

Par ailleurs les contraintes supportées ne seraient pas corrélées au nombre d'implants intermédiaires.

2.2.2. All on six

Le tableau récapitulatif (Tabl.2) reflète les conclusions de la revue de littérature d'Att (2009) [10]. Cette étude souligne qu'il n'existe des preuves scientifiques à long terme que pour les cas de restauration totale transvissée sur implants axiaux en mise en

charge différée. Pour la mise en charge immédiate, quelque soit le protocole (implants axiaux ou angulés), les études ne présentent pas de preuve suffisante à ce jour.

Les suivis cliniques à court et moyen terme, soit de un à trois ans, mettent en évidence des taux de survie implantaire entre 93% et 100%.

Les différents auteurs s'accordent pour dire qu'il est possible d'obtenir de bons résultats à court terme avec le concept de all-on-six.

Les études présentent de nombreuses hétérogénéités entre elles, d'où l'impossibilité pour Att de réaliser une étude statistique. [10]

Les conclusions que nous pouvons tirer à court terme peuvent s'appuyer sur l'étude de Testori 2008. [164]

Cette étude prospective multicentrique sur 5 ans présente un groupe test d'implants angulés et un groupe contrôle d'implants axiaux.

Dans ce cas la distinction entre les implants axiaux et angulés est soulignée. Le taux de survie cumulé à 3 ans est de 97,9% pour les implants axiaux et de 97,1% pour les implants angulés, sans différence significative.

La conclusion suggère que les implants angulés et les implants axiaux mis en charge immédiatement dans le cadre de réhabilitation du maxillaire édenté présentent la même efficacité à 3 ans.

La distinction des taux de survie entre ces deux concepts (standard/angulé), n'est pas toujours spécifiée.

Capelli rapporte un taux de survie à 40 mois de 97,6% pour tous les implants confondus. Il indique simplement que les résultats sont semblables avec quatre ou six implants. [35]

Pomares (2009) choisi systématiquement le concept all on six pour les cas de réhabilitation avec dents en céramique, et faible qualité osseuse type III ou IV. [137]

Dans le suivi à long terme deux études sont mentionnées dans la littérature : Jemt 2006 et Rosen. [83, 145]

Dans les deux cas les auteurs font face à un nombre important de perdus de vue (56,6% des patients dans Jemt et coll. 2006, soit 247 implants, correspondant inévitablement à un biais de poids au niveau des résultats. [83]

Rosen [145] décrit une technique différente du all-on-six : quatre implants postérieurs angulés et deux implants antérieurs verticaux, à l'inverse de Testori et coll 2008. [164]

La force de cette étude est le suivi clinique de 8 à 12 ans, avec un taux de succès à 8 ans de 97%. Cependant elle soulève un problème, avec un taux de mucosité élevé de 47%. Les auteurs n'ont pu établir de corrélation avec les spires exposées en palatin. A ce sujet nous pouvons cependant noter que ces chiffres élevés restent en accord avec les résultats de Lindhe suite au rapport de consensus de 2008. [95]

L'étude prospective de Jemt à 15 ans donne un taux de survie implantaire de 90,9% et un taux de succès prothétique de 90,6%, pour l'ensemble des implants, sans distinction du concept utilisé (all-on-four, all-on-six). [83]

Calandriello évalue la mise en charge immédiate ou précoce de 4 à 6 implants pour un maxillaire édenté et résorbé.

Cette analyse prospective rapporte un taux de survie cumulé à un an de 96,7% (96,3% pour les implants angulés) et le taux de survie prothétique de 100%. [31]

De plus selon cet auteur il existerait une différence significative entre les niveaux de résorption osseuse, ceux-ci étant supérieurs pour les implants angulés.

Dans ce sens, Fisher 2008, à l'aide d'une RCT sur cinq années montre qu'il existe une différence des niveaux osseux marginaux entre les groupes tests (mise en charge immédiate) et contrôle (mise en charge différée). Ainsi, une perte osseuse de 0,8mm pour le groupe test et 0,3mm le groupe contrôle ont été mesurées. L'explication donnée serait que les implants mis en charge immédiatement sont davantage enfouis au départ d'où une perte osseuse supérieure. [69]

En revanche, les taux de survie implantaire : 94,7% (groupe test), et 95,7% (groupe contrôle), ne présentent pas différence statistiquement significative.

Les limites de cette étude sont, qu'il n'y a pas encore de suivi à long terme et que les modèles d'étude sont à faible niveau de preuve scientifique. Certaines études ne différenciant pas les taux de survie angulés et axiaux.

Enfin d'un point de vue prothétique, entre 1981 et 2008, sur 42 études retenues, seulement 20 font part de leurs résultats prothétiques. [69]

Il recommande plutôt d'utiliser des prothèses provisoires renforcées avec barre métal. [69]

En conclusion, selon Pomares les concepts all-on-four et all-on-six donneraient des résultats prédictibles à condition que le volume osseux antérieur soit suffisant. Elle souligne également qu'il s'agit d'actes opérateurs-dépendants. Enfin le système all-on-four n'est pas utilisé au maxillaire quand la qualité osseuse est jugée trop faible. [138]

Etude	Type	Nombre de patients	Nombre d'implants	Protocole et angulation	RBH	Implants	Prothèse	Suivi	Taux de survie implantaire	Taux de succès prothétique	Analyse statistique	Remarque
-------	------	--------------------	-------------------	-------------------------	-----	----------	----------	-------	----------------------------	----------------------------	---------------------	----------

AGLIARDI 2009	Résultats préliminaires d'étude prospective de cohorte sur 5 ans Avril 2005 à Avril 2007 NIVEAU 2	20	120 dont 80 angulés	-30 à 45 degrés sur le mur postérieur et sur le mur antérieur du sinus - forage mise en charge immédiate -6 implants par patient : all-on-six	Réhabilitation totale Suffisante pour des implants de 10 mm en hauteur et 4 mm de large	11,5mm à 15 mm 4 mm de diamètre	4 angulés postérieurs (mur postérieur et antérieur du sinus) et 2 axiaux antérieurs cantilever de 2,1 mm à 11,2 mm	18 à 42 mois	Taux de survie à 1 an : 100% 99,2% angulés (97,5% axiaux) Perte osseuse de 0,8mm (axiaux) et 0,9 mm (angulés)	100% à 1 an	NR	Technique prédictible pour réhabilitation immédiate du maxillaire Hypothèse validée : absence différence entre implants axiaux et angulés (taux de survie et niveau os marginal considérés)
AGLIARDI 2010	Prospective sur 5 ans (résultats préliminaires à un an : 2004 à 2009) NIVEAU 2	173 (large cohorte)	288 implants maxillaires/ 692 maxillaire et mandibule	30 à 45 degrés pour implants distaux - Mise en charge immédiate - all-on-four : 2 distaux angulés	NR	10 à 18 mm	Prothèse fixe complète 72 livrées, 61 (244 implants) mis en charge immédiatement	5 ans (au moins 1 an) 4 à 59 mois	98,36% à 1 an au maxillaire (angulés et axiaux) niveau osseux marginal à 1 an : 0,9 mm +/- 0,7 mm	100% (fracture dans 15,6% des cas : contradiction)	Kaplan Meier test Student test Pearson test	Considéré come un échantillon large Pouvant être un traitement prédictible pour la réhabilitation du maxillaire Etude prospective la plus large Niveau osseux marginal axiaux et angulés : pas de différence significative Seuls les implants ayant un recul de 1 an après mise en charge sont considérés dans le Taux de survie

Etude	Type	Nombre de patients	Nombre d'implants	Protocole et angulation	RBH	Implants	Prothèse	Suivi	Taux de survie implantaire	Taux de succès prothétique	Analyse statistique	Remarque
AGLIARDI 2010	Prospective de cohorte NIVEAU 2	61 maxillaire avec un recul de 1 an après pose / 72 maxillaire au total	142 angulés 142 axiaux (288 total) 244 analysés à 1 an	Forage Mise en charge immédiate 30 à 45°	NR	10 à 18 mm	Prothèse fixe arcade complète All on four	12 à 59 mois (31,3 mois)	Taux de survie à 1 an au maxillaire : 98,36% Perte os marginal axiaux : 0,9 mm+/-0,7 os marginal angulés: 0,8+/-0,4 mm	Fracture de la prothèse provisoire dans 16,4% des cas	Kaplan Meier test Student test Test du khi carré de Pearson	Pas de différence significative de perte osseuse entre implants axiaux et angulés
APARICIO 2001	Rétrospective NIVEAU 4	25 patients 29 prothèses	42 angulés 59 axiaux	Forage Mise en charge différée Supérieur à 15°	Edentement partiel classe I, II, III Appelgate-Kennedy < 8 mm sous sinus	13 à 20 mm 3,75 à 4 mm	2 à 5 implants par prothèse	21 à 87 mois (moyenne 37 mois)	95,2% succès et 100% survie (angulés) 91,3% succès et 96,5% survie (axiaux)	100% survie 28 incidents pour 16 prothèses (55,2% des prothèses)	Test du Khi-Carré	Perte osseuse marginale à 5 ans 1,21 mm angulés et 0,92 mm axiaux Conclusion : les implants angulés sont une alternative efficace et sécurisée pour réhabiliter en solution fixe partielle
ATA-ALI 2012	Méta analyse (7 études rétrospectives, 6 études prospectives) NIVEAU 1/2	NR	NR	>30 degrés	NR	NR	NR	>12 mois après mise en charge	OR total : 1,137 avec IC 95% (taux succès axiaux et angulés : pas de différence significative)	NR	Odd ratio (taux de succès)	Pas de différence dans les taux de succès entre les implants angulés et les implants axiaux dans ces études Pas de différence concernant la perte osseuse marginale 3 méta-analyses (taux de succès, prospective ou rétrospective /perte osseuse marginale,) : chacune n'inclut pas toutes les études

Etude	Type	Nombre de patients	Nombre d'implants	Protocole et angulation	RBH	Implants	Prothèse	Suivi	Taux de survie implantaire	Taux de succès prothétique	Analyse statistique	Remarque
CALAN-DRIELLO 2005	Prospective (2001 à 2003) NIVEAU 3/4	18	60 (27 angulés et 33 axiaux)	- mise en charge immédiate et précoce - angulés postérieurs sauf 4 antérieurs (fosses nasales) flapless (5 patients) 17 à 45 degrés forage	Edentement partiel ou total Possibilité de placer des implants d'au moins 10 mm	10 à 15 mm	Moyenne de 2,2 implants pour édentement partiel Et 5 pour total	17 à 48 mois	Taux de survie cumulé à 1 an 96,3% angulés (97% axiaux) résorption osseuse marginale à 1 an (0,82 mm axiaux/ 0,34 mm angulés)	100%	Test de Spearman : test de corrélation T-Test	Taux de survie non différencié en fonction de la réhabilitation prothétique Suivi à court terme Résultats encourageant l'utilisation d'implants angulés, en mise en charge immédiate ou précoce
CAPELLI 2007	Prospective de cohorte, multicentrique NIVEAU 2	41 maxillaire	246	30/35 degrés (implants) Un temps chirurgical Mise en charge immédiate	Edentement total	NR	Prothèse sur 4 ou 6 implants	3 ans	97,59% à 40 mois (confondus)	100%	Test de Student Test de Kaplan-Meier	Recrutement dans 4 cliniques Résultats prédictibles des implants angulés et axiaux dans la réhabilitation prothétique fixe totale du maxillaire Pas de différence significative pour la perte osseuse marginale
DEL FABBRO 2010	Revue systématique (7 prospective, 3 rétrospectives à faible niveau de preuve) NIVEAU 1/2	462	1992 (1026 axiaux, 966 angulés) Au maxillaire et à la mandibule (détail NR pour toutes les études)	30 à 45 degrés (une étude 45 à 75 degrés)	NR	NR	470 prothèses mises en charge immédiatement (257 maxillaires et 213 mandibules)	12 à 82 mois	24 échecs au maxillaire 98,7% taux de survie au maxillaire	100%	Risque ratio Test du Khiparré de Pearson	Pas de différence significative concernant les taux d'échecs entre implants axiaux/angulés, entre maxillaire/mandibule Bon pronostic à court et moyen terme des implants angulés dans la réhabilitation prothétique fixe Nécessité d'études randomisées pour tirer des conclusions Les implants maxillaires angulés avec mise en charge immédiate ne sont pas plus à risque que les implants axiaux

Etude	Type	Nombre de patients	Nombre d'implants	Protocole et angulation	RBH	Implants	Prothèse	Suivi	Taux de survie implantaire	Taux de succès prothétique	Analyse statistique	Remarque
FISCHER 2008	RCT 5 ans NIVEAU 1/2	24 (16 : groupe test précocce / 8 : groupe contrôle différé)	142 95 : groupe test (précocce) 47 : contrôle (différé) 139 mis en charge	Groupe test, précocce : 9 à 18 jours Groupe contrôle : 2,5 à 5,1 mois	Edentement total	8 à 12 mm	5 ou 6 implants par patient cantilever distal de 2 à 16 mm	5 ans	Survie à 5 ans 94,7%(test) 95,7% (contrôle)	NR Complications plus fréquentes dans le groupe contrôle	Student, test Mann-Whitney, Komogorov-Smimov	Perte osseuse supérieure au niveau du groupe test (0,8 mm vs 0,3mm) Pas de différence significative entre les deux protocoles avec l'utilisation d'implants (Sandblasted Large-grit-Acid-etched SLA)
JEMT 2006	Prospective NIVEAU 3/4	76 (dont 43 perdus de vue : 56,6%)	450 implants (247 implants perdus de l'étude)	deux temps chirurgicaux	Classification de Lekholm et Zarb (qualité classe 3, résorption classe 3 majoritaires)	7 à 18 mm	61 cas de all on six 3 cas de all on four	15 ans	90,9% survie à 15 ans (confondus all on six et all on four) perte osseuse marginale de 0,5 mm à 5 ans	90,6% succès prothétique	Khi-carré	Nombre important de patients perdus sur 15 ans
KREKMA-NOV 2000	Rétrospective NIVEAU 4	22 patients maxillaire	40 angulés au maxillaire	Angulation de 30 à 45 degrés sur le mur antérieur du sinus forage mise en charge différée (1 à 3 semaines après) fenêtre latérale	Edentement complet Résorption NR	NR	Nombre d'implants par patient non renseigné	35 à 60 mois	A 4 ans taux de succès cumulé de 95,7% (angulés) et 92,5 % (axiaux)	100%	NR	Résultats satisfaisants à moyen terme gain prothétique distal de 9,3 mm pas de différence significative de force de serrage entre implants angulés et axiaux pas de désavantage biologique avec les implants angulés

Etude	Type	Nombre de patients	Nombre d'implants	Protocole et angulation	RBH	Implants	Prothèse	Suivi	Taux de survie implantaire	Taux de succès prothétique	Analyse statistique	Remarque
MALO 2005	Rétrospective (2001 à 2003) NIVEAU 4	32	128 (angulés et conv.) 51 implants « rescue » (non considérés dans étude)	mise en charge immédiate all-on-four : 2 implants distaux angulés mur antérieur sinus (PM2, M1) guide chirurgical	Type C (Lekholm et Zarb) Edentement total maxillaire	10 à 15 mm diamètre: 3,3/3,75/4 mm	Prothèse fixe complète Transvissée sur 4 implants (deux distaux angulés)	6 à 12 mois	97,6% (csr à 1 an) : angulés et axiaux confondus (échecs correspondent aux axiaux : soit 95,3%) niveau osseux marginal à 1 an : 0,9 mm	Ni fracture ni perte de pilier ou vis Fracture de 4 prothèses (bruxisme)	NR	la mise en charge immédiate d'une prothèse provisoire en résine acrylique sur 4 implants semble prédictible pour une arcade complète challenge plus important qu'à la mandibule -les « rescue » implants ne sont mis en charge qu'après perte d'un implant en phase provisoire ou pour la prothèse finale
MALO 2011	Etude rétrospective NIVEAU 4	221 (18 exclus des résultats)	995 (total) (279 axiaux/300 PM2, 368 PM1, 48 C angulés)	Mise en charge immédiate Fenêtre sinusienne latérale	Au moins 10 mm et 5 mm de large pour un all on four dans la région C à C 4 groupes en fonction du RBH	10 à 18 mm 3,3 à 4 mm de diamètre	All on four Prothèse complète fixe acrylique Supérieurs à 4 implants dans le groupe 1 (279 implants axiaux)	5 ans	95,8 % (total) 92,4% (Conv.) 97,2% (all-on-four)	98,6% (cas all-on-four et conventionnels confondus)	Kaplan Meier	tabac et bruxisme identifiés comme facteurs de risque, groupe PM2 a un rôle protecteur/ réhabilitation immédiate d'un maxillaire quelque soit le degré de résorption et le nombre d'implants (minimum 4)
PENNARO-CHA 2010	Rétrospective NIVEAU 4	13 (1 perdu de vue)	52 implants (48 analysés)	Forage et ostéotomes Mise en charge différée 30 à 35 °	Classe V selon Cawood et Howell Edentement total	13 mm à 14,5 mm 3,6 à 4,2 mm diam.	Overdenture implantostabilisée par des barres sur 4 implants	12 mois	97,9% taux de survie global pour les 48 analysés perte osseuse moyenne à 1 an 0,78 mm+ /- 0,5mm	100%	NR	Angulation palatine des implants sur le mur antérieur du sinus et angulation mésiale le long des fosses nasales L'angulation n'affecte pas la résorption de l'os marginal

Etude	Type	Nombre de patients	Nombre d'implants	Protocole et angulation	RBH	Implants	Prothèse	Suivi	Taux de survie implantaire	Taux de succès prothétique	Analyse statistique	Remarque
POMARES 2010	Rétrospective NIVEAU 4	30 dont 25 au maxillaire	128 maxillaire/ 195 total	- Mise en charge immédiate en fonction de la densité osseuse -4 implants (11 patients) ou 6 (14 patients) protocole de chirurgie guidée sans lambeau	Hauteur suffisante pour des implants de 3,3 mm diamètre et 10 mm de long Edentement total	3,3 – 4,0 mm diam. 10-18 mm	Bridge implanto-porté sur 4 ou 6 implants All on six dans le cas d'une réhabilitation céramique ou bruxisme (2 implants angulés distaux et 4 antérieurs axiaux)	1 an après mise en charge	98,5% (maxillaire)	100%	NR	nécessite étude prospective, faible évaluation du niveau osseux radiologique. Technique du all on four et all on six, guidée par informatique est une technique prédictible, nécessite cependant une expérience du chirurgien
POMMARES 2009	Rétrospective (2004 à 2006) NIVEAU 4	20 Dont 19 au maxillaire	91 au maxillaire 127(total) 4, ou 6 par maxillaire	Mise en charge immédiate pour 116/127 à une semaine maximum (sauf 11 implants maxillaire et mandibule non distingués) 17 degrés antérieurs, 30 degrés postérieurs (piliers) Chirurgie avec guide	NR	longueur > 13 mm	All-on-6: réhabilitation céramique avec os peu dense (2 distaux angulés/ 4 antérieurs) All on 4 : autres cas	2 ans	96,7% (taux de survie cumulé au maxillaire : pas de distinction all-on-four/ all-on-six)	100% (8 fractures de provisoires)	NR	limites de cette étude : taille de l'échantillon, rétrospective, évaluation radiographique approximative; all on four et all on six donnerait des résultats prédictibles à condition que le volume osseux antérieur soit suffisant, dépend de l'opérateur. Le all on four n'est pas utilisé au maxillaire quand os peu dense

Etude	Type	Nombre de patients	Nombre d'implants	Protocole et angulation	RBH	Implants	Prothèse	Suivi	Taux de survie implantaire	Taux de succès prothétique	Analyse statistique	Remarque
ROSEN 2007	Rétrospective NIVEAU 4	33 à 19 (14 patients exclus pendant les 5 ères années)	103 (total) : 4 à 6 implants par patient	Forage Mise en charge différée fenêtre latérale pour visualiser le volume osseux disponible; 4 à 6 implants par patient Supérieure à 30 degrés	Classe de résorption V et VI : sévère	NR	All-on-six : 4 angulés en postérieurs/2 axiaux en antérieur	8 à 12 ans (long terme)	Succès à 8 ans 97% (axiaux et angulés) perte osseuse de 1,2 mm (51% des implants) NB : les bridges sont déposés donc on considère un taux de succès Taux survie cumulé à 3 ans	NR	méthode de Kalbfleish	nombre important de patients exclus de l'étude (14 dont 9 décès) considérée à long terme 2 à 5 spires exposées en palatin pour les implants angulés (47% de mucosite) exploitation de l'os cortical des fosses nasales
TESTORI 2008	Prospective multicentrique (décembre 2002 à juillet 2006) NIVEAU 2	41	82 angulés, 164 axiaux	Mise en charge immédiate all-on-six Bridge transvissé 2 angulés distaux/4 axiaux 30/35 degrés forage	Edentement total > 4 mm hauteur et > 6 mm largeur en PM1	NR	Bridge implanto-porté transvissé	sur 5 ans	97,9% (axiaux) 97,1% (angulés) à 12 mois niveau osseux crestal : 0,9mm +/- 0,4 mm (axiaux) et 0,8mm +/- 0,5mm (angulés)	100% complication : perte de vis (17,5% à 12 mois)	Test de Student Test de Fisher Test de Kaplan-Meier	Pas de différence significative de perte osseuse entre les implants axiaux et angulés Nécessite une bonne stabilité primaire (supérieure à 30N) pour la mise en charge immédiate

Tabl.2 : Littérature des implants angulés

III. Implants zygomatiques

La littérature scientifique en 2011 montre un niveau de preuve peu élevé concernant les implants zygomatiques (Tabl.3).

Seule l'analyse bibliographique de la Cochrane d'Esposito en 2008 peut servir de référence avec un niveau 1 dans la classification d'Evidence base ou de grade A selon l'ANAES (preuve scientifique établie). [61]

Cependant malgré les exigences des analyses de la Cochrane les études sélectionnées dans cette revue systématique ne répondent pas aux critères d'inclusion initiaux.

En effet, aucune RCT (étude contrôlée randomisée) ni étude clinique contrôlée n'existe.

De plus il n'y a pas d'étude comparative entre les implants zygomatiques et les techniques de greffes conventionnelles.

Les auteurs soulèvent donc la nécessité de réaliser des RCTs afin de pouvoir évaluer si les implants zygomatiques présentent un avantage par rapport aux procédures conventionnelles avec greffe.

L'objectif fixé par Esposito (2008) dans cette analyse de la littérature est d'évaluer si il existe une différence d'efficacité entre les implants zygomatiques utilisés avec ou sans greffe et les implants conventionnels utilisés avec greffe. [61]

Les critères de sélection des études retenues sont :

- Un suivi clinique minimum de un an
- De préférence des études cliniques randomisées de :
 - patients avec maxillaire sévèrement résorbé
 - patients traités avec des implants zygomatiques avec et sans greffe, versus les patients traités avec des implants conventionnels avec greffe

Les critères évalués sont :

- Les échecs prothétiques et implantaire
- Les effets indésirables
- La satisfaction du patient
- Le coût du traitement

Cette analyse de la Cochrane s'appuie sur de nombreuses études rétrospectives (de niveau 4 selon l'HAS), [61]

- Branemark 2004
- Bedrossian 2002
- Landes 2005
- Malevez 2003
- Nakai 2003
- Schmidt 2004
- Stevenson 2000

et une étude prospective de cas de Hirsch en 2004. [82]

Enfin une revue de la littérature de 2004 à 2010 a été réalisée par Candel et al. [32]

L'étude semblant la plus descriptive et informative parmi les études à faible niveau de preuve est l'étude de Bränemark 2004. La force de celle-ci réside principalement dans la durée de son suivi clinique. [28]

Ainsi, 28 patients dont 17 pour lesquels une greffe est nécessaire, ont reçu 52 implants zygomatiques et 106 implants conventionnels.

Le suivi clinique minimum de ces patients est de 5 ans, jusqu'à 10 ans pour 9 patients.

Les résultats montrent un taux d'échec implantaire à 5 ans de 6% pour les implants zygomatiques. Le taux de survie des implants conventionnels étant de 73%.

L'étude prospective multicentrique de Hirsch inclut 76 patients, traités avec 145 implants zygomatiques, dans 16 centres cliniques différents. [82]

Le suivi s'effectue avec un recul d'un an. Ainsi, 66 patients et 124 implants ont pu être évalués, sans connaître les motifs d'exclusion des autres patients, constituant un biais évident.

Trois échecs implantaires ont été diagnostiqués à la connexion des piliers implantaires.

L'étude de Candel inclut 16 études avec 941 implants posés chez 486 patients pour un suivi entre 12 et 120 mois. Les taux de succès sont compris entre 89% et 100% dans les cas de mise en charge différée et entre 96,37 et 100% pour les cas de mise en charge immédiate. Cependant l'exclusion d'articles sélectionnés au départ (18 articles sélectionnés mais seulement 15 inclus), n'est pas justifiée. Ces résultats ne peuvent donc servir de référence. [32]

Le déficit en résultats sur le long terme peut s'expliquer par la nouveauté de la procédure, et l'utilisation peu fréquente de celle-ci (d'où des échantillons de petite taille).

De plus, les complications étant fréquentes et pouvant augmenter avec le temps il est nécessaire d'instaurer des études avec un suivi supérieur à 5 ans.

La pose d'implants zygomatiques requière une grande expérience des chirurgiens. De plus elle n'est pas sans risque pour les structures anatomiques environnantes (orbite) et ne suffisent pas forcément à éviter les procédures de greffe. Par ailleurs nous pouvons nous interroger sur les répercussions sur le massif facial par fragilisation de l'os zygomatique.

La principale complication est la sinusite qui peut se déclarer plusieurs années après la pose. D'où l'intérêt là encore d'effectuer des études sur plus de cinq ans. [28]

Dans le cas de complications, il est difficile de déposer ce type d'implants du fait de leur longueur et de l'accessibilité.

En conclusion, les implants zygomatiques devraient être réservés à des situations de résorption extrême du maxillaire (résection d'origine tumorale, traumatisme, défauts congénitaux). Ils peuvent alors être associés à des implants conventionnels pour l'ancrage d'épithèses, d'obturateurs ou de prothèses fixes. [101]

AUTEUR	NOMBRE D'IMPLANTS	NOMBRE DE PATIENTS	HAUTEUR RESIDUELLE D'OS	PROTOCOLE	LONGUEUR IMPLANTAIRE	SUIVI	TAUX DE SUCCES IMPLANTAIRE	TAUX DE SURVIE IMPLANTAIRE	TAUX DE SURVIE PROTHETIQUE	TYPE D'ETUDE	CONCLUSION /REMARQUE
APARICIO, 2006	131 zyg. 304 conv.	69	Atrophie sévère/ édentement partiel < 4 mm	Fenêtre latérale 2 temps chirurgicaux	30 à 52,5 mm	6 mois à 5 ans	NR	100% zyg. TSC 99% (2 échecs conv.)	NR	Prospective NIVEAU 3/4	Emergence proche de la crête Réhabilitation d'atrophie sévère par bridge implantoporté en une seule pièce nécessaire avec zygomatiques
APARICIO, 2008	47 zyg. 129 conv.	25	< 4 mm	Extra-sinusien, fenêtre latérale Mise en charge immédiate ou précoce (< 5 jours)	35 à 52,5 mm	2 à 5 ans	100%	TSC 100% zyg.	NR (fracture de vis évoquée, fracture de prothèse à 3 ans)	Etude clinique NIVEAU 3/4	Décalé en médial de 10 à 15 mm par rapport à la crête Nécessite une seule intervention
APARICIO, 2010	36 (104 conventionnels)	20	< 4 mm	Extra-sinusien	35 à 52,5 mm	36 à 48 mois	100%	100%	NR	Résultats préliminaires à 3 ans d'une étude clinique NIVEAU 3/4	Positionnement des implants zygomatiques en extrasinusien permet d'obtenir un émergence implantaire plus proche du sommet de la crête (3,8mm/ 11,2mm) Pas de possibilité de contrôle niveau osseux des implants zygomatiques taux de survie des implants zygomatiques en implantation immédiate est supérieur aux implants placés dans un os greffé
BALSHI, 2009	110 (391 conventionnels)	56	NR	Fenêtre latérale Mise en charge immédiate	30 à 52,5 mm	9 mois à 5 ans	96%	96,37% zygomatiques 97,2 % conventionnels	100%	Rétrospective NIVEAU 4	
BECKTOR 2005	31 zyg. 74 conv.	16	< 5 mm classe V ou VI. (Cawood)	Fenêtre latérale sinusienne	30 à 50 mm	9 à 69 mois	90,30% zyg.	NR	100%	Rétrospective NIVEAU 4	Sinusites récurrentes Infections intra-buccales (29%)
BEDROSSIAN 2010	74 zyg. 98 conv.	36	≤ 2 mm	mise en charge immédiate	30 à 52,5 mm	7 ans	97,2%	100%	NR	Prospective Sur 7 ans NIVEAU 3/4	- 2 échecs implantaires à la découverte remplacés avec succès et mis en charge immédiatement avec la prothèse provisoire - peuvent être mis en charge immédiatement à « long terme » (7 ans)

AUTEUR	NOMBRE D'IMPLANTS	NOMBRE DE PATIENTS	HAUTEUR RESIDUELLE D'OS	PROTOCOLE	LONGUEUR IMPLANTAIRE	SUIVI	TAUX DE SUCCES IMPLANTAIRE	TAUX DE SURVIE IMPLANTAIRE	TAUX DE SURVIE PROTHETIQUE	TYPE D'ETUDE	CONCLUSION /REMARQUE
BEDROSSIAN 2002	44 zyg. 80 conv.	22	NR	Greffe nécessaire pour 4 patients 2 temps chirurgicaux	40 à 50 mm zyg. 10 et 13 mm conv.	34 mois	NR	100%zyg. 91% conv.	100%	Rétrospective NIVEAU 4	pas de critère de succès établis, complications et suivi précis reportés implants ne nécessitant pas de greffe
BOYES-VARLEY 2007	40 zyg.	20	Défaut après résection (contexte oncologie)	Fenêtre latérale	NR	7 ans	100%	NR	NR 44 complications post prothétiques	Clinical report NIVEAU 3/4	Résultats encourageants Importance du contrôle visuel de l'émergence de l'implant pour diminuer les complications
BRANEMARK 2004	52 zyg. 106 conv.	28	Classe D ou E (Lekholm et Zarb)	- Greffe en onlay antérieure nécessaire pour 17 patients - Fenêtre latérale	30 à 50 mm 28 avec angulation de la tête	5 à 10 ans	NR	94% zyg. à 5 ans 73% conv.	96%	Rétrospective NIVEAU 4	Sinusites fréquentes (28 patients) Résultats semblables avec greffes 13 patients avec échec de traitement antérieur pose intra-sinusienne avec élévation de la membrane (prévention sinusites)
CHOW 2010	37 zyg. 53 conv.	16	NR Edentés (9) Extractions nécessaires (7)	Immédiate (2) ou précoce (1 à 8 jours) - groupe chirurgie guidée (4) - groupe conventionnel	NR	6 à 24 mois	100%	100%	NR	Prospective Court terme NIVEAU 3/4	Permettrait la formation d'os spontanée dans le sinus autour de l'implant. Suivi radiologique CBCT (cône beam)
CHRCANOVIC 2012	2402 zyg. 2879 conv.	1145 (certaines études recouperaient les mêmes groupes de patients)	critères d'inclusion : édentement partiel ou total Pas de réhabilitation conventionnelle possible Atrophie sévère Contexte tumoral	12 études mise en charge immédiate 3 contexte tumoral	NR	1 à 144 mois	NR	taux de survie cumulé 96,7% à 12 ans (zyg.) NR (conv.)	NR	revue systématique (42 études) NIVEAU 1	interpréter avec précautions les résultats, nécessité d'études randomisées Pas de méta-analyse réalisée car pas d'études contrôlées la majorité de échecs : à la mise en charge Sous-estimation des complications nécessite étude avec échantillon plus important et suivi durable
DAVO 2007	36 zyg. 68 conv.	18	NR	Mise en charge à 48 heures Fenêtre latérale	40 à 52,5 mm	6 à 29 mois	NR	100% zyg. 95,6% conv.	NR	Rétrospective NIVEAU 4	implants zyg. indiqués avec 2 à 5 implants antérieurs pour transvissée résine

AUTEUR	NOMBRE D'IMPLANTS	NOMBRE DE PATIENTS	HAUTEUR RESIDUELLE D'OS	PROTOCOLE	LONGUEUR IMPLANTAIRE	SUIVI	TAUX DE SUCCES IMPLANTAIRE	TAUX DE SURVIE IMPLANTAIRE	TAUX DE SURVIE PROTHETIQUE	TYPE D'ETUDE	CONCLUSION /REMARQUE
DAVO 2009	45 109 conventionnels	24	NR Réhabilitation partielle ou totale avec impossibilité d'implantation conventionnelle	- protocole en deux temps chirurgicaux - amovible pendant 6 mois, mise en charge à 6 mois -1 cas avec greffe antérieure	40 à 50 mm	5 ans	NR	97,4% zygomatiques 89,9% conventionnels	95,8% à 5 ans (21 patients à 5 ans)	Rétrospective NIVEAU 4	Bons résultats à 5 ans pour les deux temps chirurgicaux Points négatifs : échantillon et suivi
DAVO 2010	68 zyg.	17	< 4 mm C-VI et D-V ou D-VI (Cawood et Howell)	24 à 48 h après la chirurgie 1 temps chirurgical fenêtre latérale	35 à 52,5 mm	1 an	NR	100% mais 1 implant non utilisé car mal positionné	NR	Prospective NIVEAU 3/4	nécessite une étude avec un échantillon plus grand et un suivi plus long; émet l'hypothèse que 4 implants zygomatiques mis en charge immédiatement peuvent donner des résultats efficaces
ESPOSITO, 2008	NR	NR	Ne permet pas la pose d'implants conventionnels	implants zygomatiques avec ou sans greffe vs implants conventionnels avec greffe	NR	>12 mois	NR	70 à 100%	NR	revue de littérature de la Cochrane NIVEAU 1 (7 rétrospectives, 1 prospective)	- aucune RCT disponible - aucune conclusion possible, par le faible niveau de preuve des articles
FERRARA 2004	25 zyg.	16	NR	1 temps chirurgical	NR	NR	96% zyg. 100% conv.	NR	NR	Durée NR NIVEAU 3/4	Sous sédation consciente
HIRSCH 2004	145 zyg	76	NR	Fenêtre latérale Protocole Bränemark	NR	12 mois		98% à 1 an biaisé (124 zyg. étudiés simplement)	97%	Prospective sur 3 ans (multi-centrique 16 centres) NIVEAU 3/4	10 patients exclus à 1 an (seulement 66 patients et 124 implants évalués)
KAHNBERG 2007	145 zyg.	76	NR	Fenêtre latérale 2 temps chirurgicaux	NR	36 mois	96,30%	NR	60 prothèses suivies	Prospective sur 3 ans (multi-centrique 16 centres) NIVEAU 3/4	60 patients/ 76 à 3 ans (12 ont quitté étude : 15%)
LANDES 2009	36 zyg. 24 conv.	15	NR Résorption sévère, contexte oncologique	Fenêtre latérale	30 à 50 mm	13 à 102 mois	NR	TSC 89% à 8 ans zyg. TSC 100% conv.	73%	Etude sur 9 ans NIVEAU 3/4	Concept de prothèse télescopique sur implants zygomatiques Durées de suivi variables

AUTEUR	NOMBRE D'IMPLANTS	NOMBRE DE PATIENTS	HAUTEUR RESIDUELLE D'OS	PROTOCOLE	LONGUEUR IMPLANTAIRE	SUIVI	TAUX DE SUCCES IMPLANTAIRE	TAUX DE SURVIE IMPLANTAIRE	TAUX DE SURVIE PROTHETIQUE	TYPE D'ETUDE	CONCLUSION /REMARQUE
MALEVEZ 2004	103 zyg. 194 conv. antérieurs	55	< 5mm	Greffe nécessaire pour 7 patients	30 à 52,5 mm	6 à 48 mois	91% conventionnels Taux succès non appréciable pour zygomatiques	100% zygomatiques	NR 3 prothèses fixes remplacées par des prothèses amovibles suite à perte des implants antérieurs	Rétrospective NIVEAU 4	appréciation clinique seule des implants zygomatiques nécessité de critères cliniques et radiologiques pour l'évaluation Points négatifs : Echantillon Suivi 1 seule clinique 1 seul opérateur satisfaction patient comparable aux implants conventionnels
MALO 2008	67 zyg. 97 conv.	29	C-VI et D-V ou D-VI (Cawood et Howell)	Extra-sinusiens concept all on four, ancrage dans os zygomatique seulement	30 à 50 mm	18 mois	98,5% à 1 an	100% pour conv.	100% à 1 an	Etude prospective pilote NIVEAU 3/4	
MIGLIORANÇA 2012	40 zyg. 74 conv.	25 sélectionnés 21 analysés (3 perdus de vue, 1 décès)	1 à 3 mm (secteur prémolo-molaire)	Extra-sinusiens mise en charge immédiate	35 à 52,5 mm (zyg) 10 à 15 mm (conv)	8 ans	97,5% (zyg) 95,9% (conv)	NR	95,2% (succès)	étude prospective Suivi à 8 ans NIVEAU 3/4	A court et moyen termes la mise en charge immédiate d'implants zygomatiques serait prédictible
SCHMIDT 2004	28 zyg. 10 conv.	9	après maxillectomie	pose le jour de la résection, ou jusqu'à 3,2 ans après	NR	jusqu'à 3 ans	NR	79% 70% pour conventionnels	5 patients ont eu une prothèse posée	Rétrospective NIVEAU 4	patients encore en phase d'ostéointégration donc prothèse ne peut être évaluée pour tous les patients
STIEVENART 2010	80 zyg. (4 par patient)	20	Inférieure à 5 mm Classe D ou E Lekholm	10 patients : protocole en deux temps (2,3,4,5 mois) 10 patients en immédiat (jour de la chirurgie, dont 1 avec chirurgie guidée)	30 à 52,5 mm	6 à 40 mois	NR car manque d'information radiologique	TSC 96,3% (à 3 ans)	NR	Etude de cohorte rétrospective NIVEAU 4	nécessité d'études pour évaluer les charges supportées par ces implants et les possibilités de chirurgie flap-less avec suivi à long terme contrôle radiologique difficile avec les superpositions

Tabl. 3 : Littérature des implants zygomatiques

IV. La littérature en 2012 et les implants ptérygoïdiens

Les recherches dans la littérature en 2012 ne montrent aucune étude permettant de comparer l'efficacité des implants ptérygoïdiens par rapport aux implants conventionnels avec greffe de sinus (Tabl.4).

Une revue systématique de la littérature a été réalisée par Bidra entre 1974 et 2010 sur l'utilisation des implants dans la région ptérygoïde. [20]

Dans ce domaine de la littérature dentaire, les études prospectives randomisées sont encore peu nombreuses. Ainsi, les revues de littérature s'appliquent aux études prospectives de cohortes ou études rétrospectives qui se trouvent à un niveau inférieur dans la pyramide des niveaux de preuves.

Neuf études ont été retenues, dont six rétrospectives (risque de biais, surestimation) et trois prospectives. Ces dernières regroupent un faible nombre d'implants d'où la nécessité d'études supplémentaires pour appuyer les résultats avancés. Seulement trois de ces études indiquent le nombre de patients ayant reçu des implants ptérygoïdes.

Le suivi entre les études n'est pas référencé de la même façon à chaque fois : soit le jour de la pose est considéré comme point de départ, soit la mise en charge.

La sélection des articles ne semble pas appropriée au sujet avec notamment l'article d'Aparicio 2010 traitant des implants zygomatiques dans une revue de littérature sur les implants ptérygoïdiens [7]. D'autre part les cases cliniques (Case reports) et séries de cas, ayant un niveau de preuve faible n'ont pas été exclus d'emblée.

Les résultats statistiques révèlent un taux de survie cumulé sur 10 ans de 91%, et l'intervalle du taux de survie à 1 an de 92%. (ISR interval survival rate). Le taux de survie à un an n'étant pas connu car certaines études ont un suivi clinique inférieur. Par ailleurs les résultats sont liés principalement au poids statistique d'une étude.

Tout ceci laisse suggérer une précaution vis à vis des conclusions tirées. Ainsi, il n'y a pas de preuve scientifique à long terme de l'efficacité des implants ptérygoïdiens, à partir de cette revue de littérature [20].

Par ailleurs, différents biais ont pu être soulignés dans les études incluses dans cette revue de littérature. Il est ainsi difficile de pouvoir les comparer.

Alors que certains articles évoquent des taux de survie [167], d'autres auteurs parlent de taux de succès [20] qui ne peuvent donc être confrontés.

Dans le cas de placement des implants au niveau de la jonction ptérygo-maxillaire et pyramidale, il serait possible d'obtenir un taux de survie absolu équivalent aux techniques avec greffe, soit 94,7% sur un suivi moyen de 89,7 mois [167]. Ces résultats sont supérieurs à ceux de Balshi de 1999 [12].

D'autre part ces résultats sont comparés à une étude de Del Fabbro [53], avec greffe de sinus. Il montre que les taux de succès peuvent être variables en fonction du matériau utilisé.

L'étude de Balshi (1999) compare ses taux de succès à des études traitant d'implants conventionnels sans greffe et souvent positionnés en avant du sinus. [12]

L'évolution des taux de succès entre 1999 (88,2%) et 2005 (96,3%) à 5 mois serait attribuée à l'état de surface implantaire. [13]

La revue de littérature de Candel de 1992 à 2009 inclut 13 articles. Un taux de succès de 90,7% a été évalué après la pose de 1053 implants ptérygoïdes chez 676 patients. La perte osseuse évaluée à 4,5mm, s'avère être sans différence significative par rapport aux implants conventionnels. [3]

Nous pouvons noter une déviation de l'étude de son sujet incluant l'étude de Ridell (2009) traitant des implants tubérositaires. [143]

De la même façon l'étude rétrospective de Pennarocha 2009 ne fait pas de distinction entre les implants ptérygoïdes et ceux de la région ptérygomaxillaire. [131]

Enfin il serait préférable d'utiliser une technique avec ostéotomes, permettant de préserver l'os et de le densifier. Ainsi, Valeron (2007) et Pennarocha (2009) obtiennent des taux de survie supérieurs. [167,131]

En conclusion il est difficile de distinguer clairement les études entre implants ptérygoïdes, tubérositaires et ptérygomaxillaires. Or il existe différents paramètres entre ces implants qui vont différer : longueur, angulation en fonction des sites notamment qui pourront influencer les résultats statistiques.

Auteurs	Nombre de patients	Nombre d'implants ptérygoïdiens/implants totaux	Protocole	Longueur implantaire	Suivi clinique	Mesure perte osseuse	Taux de succès	Taux de survie	Remarque	Test statistique	Type d'étude
---------	--------------------	---	-----------	----------------------	----------------	----------------------	----------------	----------------	----------	------------------	--------------

- surfaces implantaires (rugueuses)											
Auteurs	Nombre de patients	Nombre d'implants ptérygoïdiens/ implants totaux	Protocole	Longueur implantaire	Suivi clinique	Mesure perte osseuse	Taux de succès	Taux de survie	Remarque	Test statistique	Type d'étude
BALSHI, 1999	189	356/1817	différée Mise en charge entre 5 et 6 mois Positionnement dans la région ptérygomaxillaire Os type IV	8,5 à 20 mm (15 mm et 3,75 de diamètre le plus souvent)	4,68 ans (0,06 à 9,2 ans)	NR	88,2% taux de succès cumulé à 54 mois	(prothétique) 88,2% (88,5% au deuxième temps chirurgical et 99,7% après le deuxième temps chirurgical)	- rôle de la surface implantaire en oxyde de titane dans le remodelage osseux - insertion dans la région ptérygomaxillaire, engageant apophyse ptérygoïde, os dense cortical ; positionnement des implants qui généralement sont en avant du sinus - 2 temps chirurgicaux - résultats semblables aux implants conventionnels - 16 types d'implants différents, autotaraudant, diamètre large, standard	NR	rétrospective NIVEAU 4
BIDRA 2011	NR	897	Sites d'implantation différents	Fabricants différents Surfaces implantaires différentes	0,1 à 169 mois Certaines études à partir de la pose, d'autres de la mise en charge Inférieur à 1 an le plus souvent	NR	NR	Taux de survie cumulé de 91% A 10 ans Prothétique : NR	- implants ptérygoïdes - application de la définition du GOMI pour les implants ptérygoïdes revue de 9 articles (6 rétrospectives et 3 prospectives), aucune des études prospectives ne donne le nombre de patients, échantillons faibles sur ces trois études - poids d'une étude dans les chiffres	Coefficient Kappa de Cohen Taux de survie cumulé et par intervalles	Revue systématique de la littérature Niveau 1/2

CANDEL 2011 676 1053 (ptérygoïdes) - Implants ptérygoïdes : 35 à 55 degrés/plus courts/forets et ostéotomes
 - Implants ptérygomaxillaires : 10 à 20 degrés/plus longs/ forets + /- ostéotomes
 7 à 20mm
 3,75 à 4 mm de diam.
 6 à 123 mois 0 à 4,5mm 90,7% NR
 - implants ptérygoïdes ont un taux de succès élevé
 - distinguer : implants ptérygoïdes et ptérygomaxillaires NR
 Revue de littérature **Niveau 1/2**

Auteurs	Nombre de patients	Nombre d'implants ptérygoïdiens/ implants totaux	Protocole	Longueur implantaire	Suivi clinique	Mesure perte osseuse	Taux de succès	Taux de survie	Remarque	Test statistique	Type d'étude
PENNAROCHA 2009	46	68/268	- Forage et ostéotomes - Mise en charge à 3 mois - Positionnement dans la région ptérygomaxillaire	16 mm (4 mm diam.)	12 à 57 mois	sur OPT: 0,71 mm	97,1%	97,05% à 1 an	- implants de fabricants différents - mesure peu fiable du niveau osseux sur OPT - un perdu de vue	NR	rétrospective NIVEAU 4
RIDELL 2009	21	22 (région tubérositaire) et 64 conventionnels	Os de classe 3 et 4 (Lekholm et Zarb) Forage Mise en charge 6 à 8 mois	13 à 20 mm (3,75 à 4 mm)	1 à 12 ans (moyenne 8 ans)	Manque de données radiologiques	NR	100%	- édentés complets et édentés partiels - pas de différence significative - implants dans la région tubérositaire - nécessite des études comparatives prospectives; technique peut être utilisée en deux temps chirurgicaux - opérateurs différents (spécialistes/omnipraticiens)	NR	rétrospective NIVEAU 4

VALERON 2007	102 (10 exclus)	162 (10 exclus)	Ostéotomes Mise en charge différée	NR	89,7 mois (5 à 10 ans)	NR	NR	<ul style="list-style-type: none"> - utilisation foret au minimum, ostéotome principalement - placement au niveau de la jonction ptérygomaxillaire et pyramidale - taux de survie équivalent aux techniques avec greffe - Les échecs après mise en charge ne représentent que 1,3% des implants donc ne sont probablement pas liés à l'axe des charges -« certains cas » : <i>technique plus agressive</i> pour exploiter le volume antérieur de la jonction ptérygomaxillaire et pyramidale 	test de Kaplan-Meier, modèle de variables multiples de Cox, table d'analyse de Cutler et Edeler	NR NIVEAU 3/4
-------------------------	--------------------	-----------------	---------------------------------------	----	---------------------------	----	----	---	---	-------------------------

Tabl.4 : Littérature des implants ptérygoïdiens

V. Soulevé de sinus sans greffe osseuse

Tout d'abord il est important d'évoquer l'efficacité des procédures de sinus lift classiquement connues avec greffe osseuse. Nous pouvons nous référer à deux revues systématiques de littérature : Pjetursson (2008) pour le volet latéral et Tan (2008) pour la voie d'accès crestal. Ainsi, ces deux études permettent de conclure à court terme sur l'efficacité et la prédictibilité de ces techniques, offrant des taux de survie implantaire comparables aux sites sans augmentation osseuse préalable. [136, 160]

Par ailleurs, une revue systématique de littérature à partir d'une sélection d'études contrôlées randomisées a été réalisée par Esposito en 2010. Elle démontre qu'il est difficile de déterminer clairement les situations pour lesquelles un comblement de sinus est nécessaire. [57]

Nous retiendrons que pour une hauteur résiduelle d'os comprise entre 3 et 6 mm, une approche crestale pour soulever la membrane sinusienne peut suffire à placer des implants de 8 mm.

Tout d'abord nous avons relevé dès 1993 une étude animale de Boyne. Il évoquait déjà l'hypothèse que la protrusion des implants jusqu'à 5 mm dans le sinus, ne nécessitait pas forcément de greffe osseuse pour la mise en charge de ceux-ci par des prothèses fixes. Par ailleurs, il soulignait la compatibilité de l'interface os/ implant en titane et son rôle important dans ces résultats. [27]

Puis nous remontons à 2004 avec Lundgren, ses études étant fréquemment référencées dans ce domaine [97]. Entre 2004 et 2011 aucune étude n'a été réalisée avec un niveau de preuve élevé, notamment expliqué par le manque de recul à ce jour (Tabl.5).

Cependant de nombreuses études récentes Lundgren 2004, Thor 2007, Fermergard 2009 et 2012, Cricchio 2011, Volpe 2011 ont démontré que l'élévation de la membrane sinusienne avec mise en place simultanée implants résultait en la néoformation d'os.

Dans sa revue systématique de littérature de 2010, Esposito aborde cette notion de sinus lift sans greffe osseuse. Les conclusions montrent que les études sont peu nombreuses, de faible puissance sur l'échelle d'evidence based médecine (suivi à court terme et nombreux biais). Il faut donc être prudent quant aux conclusions avancées.

Il suggère ainsi que l'élévation de la membrane du sinus en présence de 1 à 5 mm d'os résiduel sous-sinusien sans addition de greffe osseuse peut être suffisante pour régénérer de l'os et permettre une réhabilitation prothétique implanto-portée.

Une formation osseuse interviendrait mais ces résultats doivent être interprétés avec précaution car à ce jour la procédure n'a pu être comparée à des procédures de contrôle appropriées. De plus aucune étude histologique humaine n'a pu le démontrer.

Dans ce sens, Nedir 2010, suggère que les greffes osseuses ne sont pas indispensables pour un gain osseux de 3 mm. [126]

A défaut d'un recul clinique important, il a identifié la formation d'os pour tous les implants, avec un gain osseux moyen de 3,2 mm. Il semblerait que le gain osseux péri-apical soit principalement gagné la première année. Enfin il se stabiliserait entre 3 et 5 ans.

L'étude pilote de Felice (2009) [64], jugée à faible risque de biais par Esposito (2010) [56], suggère que le fait de maintenir un espace avec une membrane rigide suffirait pour obtenir de bons résultats et ceci en présence d'une hauteur résiduelle de 1 à 5 mm.

Cependant l'opérateur de l'étude juge plus simple d'utiliser un substitut osseux plutôt qu'une membrane.

Ces données sont confirmées par Esposito (2010) qui utilise du Bio-Oss® comme matériau de comblement dans une RCT de 2010. [60]

Les autres études répertoriées montrent des résultats prometteurs et encourageant mais avec un recul encore insuffisant.

Des conclusions contradictoires ont été tirées dans l'étude de Pjetursson. Il montre qu'il n'existe aucune étude clinique contrôlée et randomisée comparant les techniques d'élévation sinusienne par voie crestale avec et sans matériau de greffe. Ainsi, il soulève la controverse quant à la nécessité de combler ou non après décollement de la membrane sinusienne. [134]

La taille de l'échantillon et le modèle de son étude clinique (étude prospective de cohorte de 181 patients, 252 implants entre 2000 et 2005) autorisent avec prudence à dresser quelques conclusions.

Les résultats montrent un gain osseux radiologiquement et significativement plus important dans les situations avec greffe osseuse. Une distance doit être prise par rapport à ces données, aucune standardisation des radios n'ayant été effectuée.

D'autre part nous noterons dans cette étude que le choix de l'utilisation de matériau de greffe ou non reste à l'appréciation de l'opérateur, d'où l'absence de randomisation de cette étude. Dans le cas d'une perforation de la membrane (10,4% des cas) l'opérateur n'effectue aucun comblement osseux.

En conclusion selon Pjetursson, il semblerait plus prédictible de réaliser un sinus lift avec greffe d'os. En effet selon lui, sans comblement le résultat serait plus incertain et le gain osseux inférieur. [134]

Plusieurs auteurs évoquent la corrélation entre l'importance du gain osseux et l'importance du dépassement de l'implant dans le sinus. Celui ci dépend de la longueur relative de l'implant et de la hauteur d'os résiduelle.

Pjetursson associe un troisième facteur, lié au gain osseux et au dépassement de l'implant dans le sinus. Ainsi, selon lui la hauteur résiduelle d'os est corrélée à la technique opératoire. En effet elle est significativement plus importante avec la technique sans greffe. [135]

De même Thor qui utilise une fenêtre latérale pour le décollement de la membrane écrit que le gain osseux est plus important en millimètres lorsque le niveau osseux est minimal à l'installation (Inférieur à 5 mm). [166]

Ainsi, plus l'implant sera long et plus le gain osseux sera important. Ses résultats radiologiques montrent un gain osseux plus important dans le cas d'une hauteur résiduelle d'os de 2 à 5,5 mm.

ETUDE	TYPE	NOMBRE DE PATIENTS	NOMBRE D'IMPLANTS	TECHNIQUE	RBH	GAIN OSSEUX	SUIVI	TAUX DE SURVIE IMPLANTAIRE	LONGUEUR DES IMPLANTS	ANALYSE STATISTIQUES	REMARQUES CONCLUSIONS
CHEN 2007	Rétrospective NIVEAU 4	47 (33 suivis jusqu'à 2 ans)	75 (47 suivis jusqu'à 2 ans)	fenêtre sinusienne latérale, implants en piquet de tente, deuxième temps chirurgical à 6 mois; 1 ou 2 temps chirurgicaux	7,5 mm+/- 2,1mm ; au moins 5 mm	3 à 9mm	2 ans après mise en charge	100% à 2 ans	12 à 15 mm	NR	au minimum 5 mm d'os résiduel
ESPOSITO	RCT	10 (faible),	48 au total (24 de chaque)	Randomisation d'un côté Bio-oss®/gold	1 à 5 mm et 5 mm de	14 mm pour	1 an	100% des deux	11 et 12 mm	Mc Nemar,	- Préférence de l'opérateur pour la technique avec Bio-oss® - Etude histomorphométrique, - plus d'os néoformé au niveau du site avec
ETUDE	TYPE	NOMBRE DE PATIENTS	NOMBRE D'IMPLANTS	TECHNIQUE	RBH	GAIN OSSEUX	SUIVI	TAUX DE SURVIE IMPLANTAIRE	LONGUEUR DES IMPLANTS	ANALYSE STATISTIQUES	REMARQUES CONCLUSIONS
FERMERGARD 2009	Rétrospective à 1 an NIVEAU 4	36	53	membrane avec ostéotomes Implants enfouis Découverte après 3 ou 4 mois, mise en charge 1 mois après	6,3mm+/- 0,3mm	NR	3 ans	93,4% (taux de réussite) à 3 ans	9 à 13 mm 4,5mm de diam.	NR	significative entre 1 et 3 ans, bons résultats avec niveau osseux faible et sans utilisation de matériau de comblement. Différence de survie entre édenté unitaire et plural peut être lié à l'utilisation d'une prothèse adjointe partielle
GABBERT 2009	Prospective NIVEAU 3	36(test : sinus lift interne sans comblement) 44 (contrôle : pose classique)	92 implants (test) 77 implants (contrôle)	Groupe test : sinus lift crestal sans comblement/ groupe contrôle : protocole standard avec hauteur d'os supérieure à 8 mm	3 à 7,9 mm (test)/ 8 à 14 mm (contrôle)	30% des cas du groupe test présentent un gain d'os	1,2 ans moyenne	95,6%(test)/ 97,4%(contrôle)	8 à 12 mm (test) 8 à 14mm (contrôle) Diam.: 3,5 à 5mm (test) 4,1 à 4,8mm (contrôle)	Kaplan Meier Cox régression	gain osseux pour 29 implants sur 92; pas d'effet sur la survie implantaire; évaluation radio 2D mais 3D ne serait pas éthique; évaluation à court terme prometteuse

LAI HC 2010	NR NIVEAU 3/4	125 sans greffe (202 avec greffe)	191 implants sans greffe (280 avec greffe)	Mise en charge : 6 à 8 mois avec greffe 3 à 4 mois sans greffe	5,6mm+/- 2,5 (non greffé) 4,7+/-2,1 (greffé)	2,66 mm à 9 mois	5 ans	97,01% à 5 ans	6 à 12 mm	Khi-carré Coefficient de corrélation	- osfe sans greffe est une alternative même lorsque le rbh est < 4mm -le gain osseux n'est pas corrélé au RBH (>< Nedir) mais tests statistiques différents. - longueur implantaire et RBH n'ont pas d'influence sur le taux de survie
LUNDGREN 2004	NIVEAU 3/4	10 12 sinus	19	Protrusion minimum de 5 mm de l'implant dans sinus Elévation sinusienne, insertion simultanée	4 < RBH < 7 mm	Identifié, non quantifié	12 mois	100% à 12 mois	10 à 15 mm	NR	Formation d'un nouveau plancher sinusien, ossification du caillot, mécanisme non connu, importance de la stabilité primaire
MOON 2011	Prospective NIVEAU 3/4	14 (17 sinus)	31	Membrane maintenue avec les apex implantaires et comblement espace avec sang périphérique, repositionnement de la fenêtre latérale Découverte à 6 mois	1 à 11,5mm	non quantifié	2 ans après prothèse	93,5%	13 mm/ 4,1 mm	NR	prélèvement d'une carotte d'os lors de la découverte pour 5 patients; étude histomorphométrique des prélèvements
NEDIR 2009	Prospective 2004 à 2006 NIVEAU 3/4	32	54	Mise en charge après 4,2 mois +/- 1,6 mois	1 à 6 mm	T 2,3 mm+/- 1,8mm	1 an	94,40% succès 100% survie	8 mm/ 4,8 mm 10 mm/6,5 mm	NR	élévation de la membrane sinusienne sans comblement, permettrait la formation d'os au delà de la limite initiale du sinus. Influence de la forme de l'implant conique
NEDIR 2010	Pilote Prospective (avril à décembre 2003) NIVEAU 2	17	25 implants	Mise en charge 3,1 mois Forage et ostéotomes	5,4mm+/- 2,3mm	2,5mm+/- 1,2mm gain pour tous les implants	5 ans	100%	10mm 6 à 8 mm (si perforation)	rank test Pearson linear corrélation Wilcoxon matched pairs signed	peu d'études confirment la formation d'os péri-implantaire après sinus lift sans biomatériau. Les biomatériaux ne seraient plus un pré-requis

ETUDE	TYPE	NOMBRE DE PATIENTS	NOMBRE D'IMPLANTS	TECHNIQUE	RBH	GAIN OSSEUX	SUIVI	TAUX DE SURVIE IMPLANTAIRE	LONGUEUR DES IMPLANTS	ANALYSE STATISTIQUES	REMARQUES CONCLUSIONS
PJETURSSON 2009	2000 à 2005 prospective de cohorte NIVEAU 2	181	252 dont 164 sans greffe	Forage et ostéotomes : osfe avec et sans greffe Dépassement des implants en moyenne de 3,1 mm	6,4mm greffé 8,1mm non greffé	1,7mm non greffé 4,1mm greffé	3 ans	97,4% à 3 ans (global)	NR	Kaplan Meier Et Kappa	Différence significative du niveau osseux initial entre les deux groupes le gain osseux au niveau du sinus est supérieur lorsqu'il y a une greffe par rapport à l'élévation de la membrane seule (probabilité de gagner au moins deux millimètres est supérieure)
SCHMIDLIN 2008	Rétrospective NIVEAU 4	24	24	un groupe avec membrane non résorbable pour maintenir membrane sinusienne et un groupe avec la fenêtre osseuse	5,0mm+/- 1,5mm	3,6mm+/- 1,4mm (élévation sinus) gain mésial 2,2 +/-1,7 gain distal 2,5mm+/- 1,5mm	17,6 +/-8,4 mois	100%	8,6 mm +/- 1,3mm (6, 8,10 mm)	Analyse linéaire de régression Wilcoxon test Intervalle de confiance à 95% (comparaison des résultats des opérateurs)	formation d'os en mésial et en distal
SOHN 2010	Prospective NIVEAU 3/4	7	18	fenêtre latérale sinusienne, mise en place d'une membrane de gélatine résorbable (soutenir la membrane)	1,5 à 7 mm	Nr, évaluation radiologique	6 mois	89 % avant découverte 100% prothétique	13mm/ 4,1 mm (diam.)	NR	Echecs au niveau de sites d'extractions
SOHN 2008	Prospective NIVEAU 3	10 (5 pour chaque groupe)	21	un groupe (5) avec membrane non résorbable pour maintenir membrane sinusienne et un groupe avec la fenêtre osseuse (5)	1 à 9 mm (moyenne 5mm)	NR	6 mois	100% à 6 mois	10 à 15 mm	NR	formation d'os confirmée histologiquement (biopsie) et radiologiquement avec formation d'un nouveau plancher sinusien
THOR 2007	Prospective NIVEAU 3/4	20 27 sinus	44	Fenêtre sinusienne latérale 6 mois de mise en nourrice	2 à 9mm	6,51mm à 1 an	14 à 45 mois	97,7%	13 à 15 mm	Analyse linéaire de régression	perforation de la membrane sinusienne dans 41% cas

Tabl. 5 : Littérature des soulevés de sinus

CONCLUSION

La résorption osseuse physiologique et post-extractionnelle est susceptible d'engendrer des défauts osseux quantitatifs et qualitatifs majeurs au niveau du maxillaire postérieur et plus particulièrement en regard du sinus.

Ainsi, la réhabilitation implanto-prothétique fixe s'avère être un véritable challenge pour le praticien dans ce contexte.

Au regard de la littérature le recours à des greffes osseuses pré-implantaires semble avoir largement démontré son efficacité [57]. Cependant de telles interventions sont parfois contraignantes pour nos patients : multiplication des sites chirurgicaux, augmentation du temps opératoire et de traitement, morbidité, coût...).

Ainsi, il s'est développé un intérêt grandissant pour les alternatives implantaires au comblement de sinus. Le principe d'une telle réhabilitation, « graftless », est basé sur l'exploitation et l'optimisation du volume osseux résiduel.

D'une part, nous avons vu qu'il était possible d'utiliser des implants courts ou angulés longeant les parois sinusiennes. Leur positionnement et leur nombre seraient alors déterminés afin de répondre au mieux aux exigences fonctionnelles primordiales dans les secteurs postérieurs.

D'autre part le recours à une technique de sinus lift sans utilisation de substitut osseux semble être une technique fiable et prédictible à court terme. Cependant il est nécessaire d'effectuer des études complémentaires histologiques afin d'élucider la nature réelle ainsi que l'architecture de l'os néoformé.

De leur côté les procédures de greffe sinusienne montrent une preuve croissante de leur efficacité, avec un plus grand succès, moins de complications et plus de confort pour le patient avec le développement des biomatériaux. Ils permettent notamment de s'affranchir d'un deuxième site chirurgical. [57]

Ainsi, la faiblesse des niveaux de preuve face aux différentes alternatives exposées ne nous permet pas à ce jour de conclure avec certitude. Il ressort simplement que les implants courts seraient à ce jour la technique la mieux documentée d'un point de vue scientifique.

D'où la nécessité de nouvelles études, et surtout de RCT avant de recommander ces alternatives comme procédures de routine.

Enfin le développement de ces nouvelles perspectives de traitement semble s'appuyer sur les progrès dans les domaines de l'imagerie et de la chirurgie assistée par ordinateur.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. AGLIARDI E, FRANCETTI L, ROMEO D et DEL FABBRO M.

Immediate rehabilitation of the edentulous maxilla: preliminary results of a single-cohort prospective study.

Int J Oral Maxillofac implants 2009;**24**(5):887-895.

2. AGLIARDI E, PANIGATTI S, CLERICO M et coll.

Immediate rehabilitation of the edentulous jaws with full fixed prostheses supported by four implants: interim results of a single cohort prospective study. Clin Oral Implant Res 2010;**21**(5):459-465.

3. ANITUA et ORIVE G.

Short implants in maxillae and mandibles: a retrospective study with 1 to 8 years of follow-up.

J Periodontol 2010;**81**(6):819-826.

4. ANNIBALI S, CRISTALLI MP, DELL AQUILA D et coll.

Short dental implants: a systematic review.

J Dent Res 2012;**91**(1):25-32.

5. APARICIO C, OUZZANI W, APARICIO A et coll.

Extrasinus zygomatic implants: three year experience from a new surgical approach for patients with pronounced buccal concavities in the edentulous maxilla.

Clin Implant Dent Relat Res 2010;**12**(1):55-61.

6. APARICIO C, OUZZANI W, GARCIA R et coll.

A prospective clinical study on titanium implants in the zygomatic arch for prosthetic rehabilitation of the atrophic edentulous maxilla with a follow-up of 6 months to 5 years.

Clin Implant Dent Relat Res 2006;**8**(3):114-122.

7. APARICIO C, OUZZANI W et HATANO N.

The use of zygomatic implants for prosthetic rehabilitation of the severely resorbed maxilla.

Periodontol 2000 2008;**47**:162-171.

8. APARICIO C, PERALES P et RANGERT B.

Titled implants as an alternative sinus grafting: a clinical, radiologic, and periotest study.

Clin Implant Dent Relat Res 2001;**3**(1):39-49.

9. ATA-ALI J, PENARROCHA-OLTRA D, CANDEL-MARTIME et PENARROCHA - DIAGO MA.

Oral rehabilitation with titled dental implants: a metaanalysis.
Med Oral Patol Oral Cir Bucal 2012;**17**(4):e582-587.

10. ATT W, BERNHART J et STRUB JR.

Fixed rehabilitation of the edentulous maxilla : possibilities and clinical outcome. J Oral Maxillofac Surg 2009;**67**(Suppl.3):60-73.

11. BALLERI V, VELTRI M, NUTI N et FERRARI M.

Implant placement in combination with sinus membrane elevation without biomaterials: a 1-year study on 15 patients.
Clin Implant Dent Relat Res 2010 Dec 22. (Epub ahead of print).

12. BALSCHI TJ, WOLFINGER GJ et BALSCHI SF.

Analysis of 356 pterygomaxillary implants in edentulous arches for fixed prosthesis Anchorage.
J Oral Maxillofac Implants 1999;**14**(3):398-406.

13. BALSCHI SF, WOLFINGER GJ et BALSCHI TJ.

Analysis of 164 titanium oxide-surface implants in completely edentulous arches for fixed prosthesis anchorage using the pterygomaxillary region.
Int J Oral Maxillofac Implants 2005;**20**(6):946-952.

14. BALSCHI SF, WOLFINGER GJ et BALSCHI TJ.

Surgical planning and prosthesis construction using computer technology and medical imaging for immediate loading of implants in the pterygomaxillary region.
Int J Periodont Rest Dent 2006;**26**(3):239-247.

15. BALSCHI SF, WOLFINGER GJ et BALSCHI TJ.

A retrospective analysis of 110 zygomatic implants in a single-stage immediate loading protocol.
J Oral Maxillofac Implants 2009;**24**(2):335-341.

16. BECKTOR JP, ISAKSSON S, ABRAHAMSSON P et SENNERBY L.

Evaluation of 31 zygomatic implants and 74 regular dental implants used in 16 patients for prosthetic reconstruction of the atrophic maxilla with cross-arch fixed bridges.
Clin Implant Dent Relat Res 2005;**7**(3):159-165.

17. BEDROSSIAN E.

Rehabilitation of the edentulous Maxilla with the zygomaxilla concept: a 7-year prospective study.
Int J Oral Maxillofac Implants 2010;**25**(6):1213-1221.

18. BEDROSSIAN E, STUMPEL L III, BECKELY ML et INDERSANO T.

The zygomatic implant: preliminary data on treatment of severely resorbed maxillae. A clinical report.
Int J Oral Maxillofac Implants 2002;**17**(6):861-865.

19. BEDROSSIAN E, SULLIVAN RM et MALO P.

Fixed-Prosthetic Implant Restoration of the edentulous Maxilla: A systematic pretreatment evaluation method.

J Oral Maxillofac Surg. 2008;**66**(1):112-122.

20. BIDRA AS et HUYNH-BA G.

Implants in the pterygoid region : a systematic review of the literature.

Int J Oral Maxillofac Surg 2011;**40**(8):773-781.

21. BIRDI H, SCHULTE J, KOVACS A et coll.

Crown-to-implant ratios of short-length implants.

J Oral Implantol 2010;**36**(6):425-433.

22. BLANES RJ.

To what extent does the crown-implant ratio affect the survival and complications of implant-supported reconstructions ? A systematic review.

Clin Oral Implant Res 2009;**20**(4):67-72.

23. BLANES RJ, BERNARD JP, BLANES ZM et BELSER UC.

A 10-year prospective study of ITI dental implants placed in the posterior region. I :Clinical and radiographic results.

Clin Oral Implant Res 2007;**18**(6):699-706.

24. BLOCK MS, HAGGERTY CJ et FISHER GR.

Non grafting implant options for restoration of the edentulous maxilla.

J Oral Maxillofac Surg 2009;**67**(4):872-881.

25. BOYES-VARLEY JG, HOWES DG, DAVIDGE-PITTS KD et McALPINE JA.

A protocole for maxillary reconstruction following oncology resection using zygomatic implants.

Int J Prosthodont 2007;**20**(5):521-531.

26. BOYNE PJ.

Analysis of performance of root-form endosseous implants placed in the maxillary sinus.

J Long Term Eff Med Implants 1993;**3**(2):143-159.

27. BOYNE PJ et JAMES RA.

Grafting of the maxillary sinus floor with autogenous marrow and bone.

J Oral Surg 1980;**38**(8):613-616.

28. BRANEMARK PI, GRÖNDAHL K, OHRNELL LO et coll.

Zygoma fixture in the management of Advanced atrophy of the maxilla : technique and long-term results.

Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg 2004;**38**(2):70-85.

29. BRANEMARK PI, SVENSSON B et VAN STEENBERGHE D.

Ten-year survival rates of fixed prostheses on four or six implants ad modum Bränemark in full edentulism.

Clin Oral Implants Res 1995;**6**(4):227-231.

30. BRUNSKI JB.

Biomechanical aspects of oral/maxillofacial implants.

Int J Prosthodont 2003;**16**(Suppl):30-32.

31. CALANDRIELLO R et MASSIMILIANO T.

Simplified Treatment of the atrophic posterior maxilla via immediate/early function and tilted implants: a prospective 1-year clinical study.

Clin Implant Dent Relat Res 2005;**7**(Suppl.1):S1-S12.

32. CANDEL ME, CARILLO GC, PENNAROCHA D et PENNAROCHA M.

Rehabilitation of the atrophic posterior maxilla with zygomatic implants : review. J Oral Implantol 2011 Feb 18. (Epub ahead of print).

33. CANDEL ME, PENNAROCHA D et PENNAROCHA M.

Rehabilitation of the atrophic posterior maxilla with pterygoid implants: review.

J Oral Implantol 2011 May 13.(Epub ahead of print).

34. CANNIZZARO G, FELICE P, LEONE M et coll.

Early loading of implants in the atrophic posterior maxilla : lateral sinus lift with autogenous bone and Bio-Oss versus crestal mini sinus lift and 8-mm hydroxyapatite-coated implants. A randomised controlled clinical trial.

Eur J Oral Implantol 2009;**2**(1):25-38.

35. CAPELLI M, ZUFFETTI F, DEL FABBRO M et coll.

Immediate rehabilitation of the completely edentulous jaw with fixed prostheses supported by either upright or tilted implants: a multicenter clinical study.

Int J Oral Maxillofac Implants 2007;**22**(4):639-644.

36. CAWOOD JI et HOWELL RA.

A classification of the edentulous jaws.

Int J Oral Maxillofac Surg 1988;**17**(4):232-236.

37. CHANG SH, LIN CL, HSUE SS et coll.

Biomechanical analysis of the effects of implant diameter and bone quality in short implants placed in the atrophic posterior maxilla.

Med Eng Phys 2011.(Epub ahead of print).

38. CHEN TW, CHANG HS, LEUNG KW et coll.

Implant placement immediately after the lateral approach of the trap door window procedure to create a maxillary sinus lift without bone grafting : a Year- retrospective evaluation of 47 implants in 33 patients.

J Oral Maxillofac Surg 2007;**65**(11):2324-2328.

39. CHOW J, WAT P, HUI E et coll.

A new method to eliminate the risk of maxillary sinusitis with zygomatic implants.
Int J Oral Implants 2010;**25**(6):1233-1240.

40. CHRCANOVIC BR et ABREU MH.

Survival and complications of zygomatic implants :a systematic review.
Oral Maxillofac Surg 2012 May 6.(Epub ahead of print).

41. CORVELLO PC, MONTAGNER A, BATISTA FC et coll.

Length of the drilling holes of zygomatic implants inserted with the standard technique or a revised method : a comparative study in dry skulls.
J Craniofac Surg 2011;**39**:119-123.

42. COULTHARD P, ESPOSITO M, JOKSTAD A et WORTHINGTON HV. Interventions for replacing missing teeth : surgical techniques for placing dental implants.
Cochrane Database Syst Rev 2003;(1):CD003606.

43. CRICCHIO G, PALMA VC, FARIA PE et coll.

Histological outcomes on the development of new space-making devices for maxillary sinus floor augmentation.
Clin Implant Dent Relat Res 2011;**13**(3):244-240.

44. CRICCHIO G, SENNERBY L et LUNDGREN S.

Sinus bone formation and implant survival after sinus membrane elevation and implant placement : a 1 to 6 year follow-up study.
Clin Oral Implants Res 2011;**22**(10):1200-1212.

45. DAS NEVES FD, FONES D, BERNADES SR et coll.

Short implants –an analysis of longitudinal studies.
Int J Oral maxillofac Implants 2006;**21**(1):86-93.

46. DAVARPANAH M, MARTINEZ H, KEBIR M et coll.

Wide-diameter implants: new concepts.
Int J Periodont Rest Dent 2001;**21**(2):149-159.

47. DAVARPANAH M, MARTINEZ H, TECUCIANU JF et coll.

Les implants de large diamètre. Résultats chirurgicaux à 2 ans.
Implant 1995;1:289-300.

48. DAVARPANAH M et SZMUKLER-MONCLER S.

Manuel d'implantologie clinique-Concepts, protocoles et innovations récentes. 2eme éd.
Rueil-Malmaison : Cdp,1999.

49. DAVO R.

Zygomatic implants placed with a two-stage procedure : a 5-year retrospective study.
Eur J Oral Implantol 2009;**2**(2):115-124.

50. DAVO R, MALEVEZ C et ROJAS J.

Immediate function in the atrophic maxilla using zygoma implants : a preliminary study.

J Prosthet Dent 2007;**97**(6 Suppl):S44-S51.

51. DAVO R, PONS O, ROJAS J et CARPIO E.

Immediate function of four zygomatic implants: a 1-year report of a prospective study.

Eur J Oral Implantol 2010;**3**(4):323-334.

52. DEPORTER D.

Dental implant design and optimal treatment outcomes.

Int J Periodont Rest Dent 2009;**29**(6):625-633.

53. DEL FABBRO M, BELLINI CM, ROMEO D et FRANCETTI L.

Titled implants for the réhabilitation of edentulous jaws : a systematic review. Clin Implant Dent Relat Res 2010 May 13.(Epub ahead of print).

54. ELOY P, NOLLEVAUX MC et BERTRAND B.

Physiologie des sinus paranasaux.

Encyl Med Chir (Paris), Oto-rhino-laryngologie,20-416-A-10,2005,**12**.

55. ESPOSITO M, CANNIZZARO G, SOARDI E et coll.

Posterior atrophic jaws rehabilitated with prostheses supported by 6 mm-long, 4 mm-wide implants or by longer implants in augmented bone. Preliminary results from a pilot randomised controlled trial.

Eur J Oral Implantol 2012 ;**5**(1) :19-33.

56. ESPOSITO M, GRUSOVIN MG, REES J et coll.

Intervention for replacing missing teeth : augmentation procedures of the maxillary sinus.

Cochrane Database Syst Rev 2010a;**3**:CD008397.

57. ESPOSITO M, GRUSOVIN MG, REES J et coll.

Effectiveness of sinus lift procedures for dental implant rehabilitation : a Cochrane Syst Rev.

Eur J Oral Implantol 2010b;**3**(1):7-26.

58. ESPOSITO M, MURRAY-CURTIS L, GRUSOVIN MG et coll.

Interventions for replacing missing teeth :different types of dental implants. Cochrane Database Syst Rev 2007;**17**(4):CD003815.

59. ESPOSITO M, PELLEGRINO G, PISTILLI R et FELICE P.

Rehabilitation of posterior atrophic edentulous jaws : prostheses supported by 5 mm short implants or by longer implants in augmented bone ? One-year results from a pilot randomised clinical trial.

Eur J Oral Implantol 2011;**4**(1):21-30.

60. ESPOSITO M, PIATELLI M, PISTILLI R et coll.

Sinus lift with guided bone regeneration or anorganic bovine bone : 1-year post-loading results of a pilot randomised clinical trial.

Eur J Oral Implantol 2010;**3**(4):297-305.

61. ESPOSITO M, WORTHINGTON H et COULHARD P.

Interventions for replacing missing teeth : dental implants in zygomatic bone for the rehabilitation of the severely deficient edentulous maxilla (Review)

Cochrane Database Syst Rev 2008;4:CD00415.

62. FELICE P, CHECCHI V, PISTILLI R et coll.

Bone augmentation versus 5-mm dental implants in posterior atrophic jaws. Four-month post-loading results from a randomised controlled clinical trial.

Eur J Oral Implantol 2009;**2**(4):267-281.

63. FELICE P, PELLEGRINO G, CHECCI L et coll.

Vertical augmentation with interpositional blocks of anorganic bovine bone vs. 7-mm-long implants in posterior mandibles : 1-year results of a randomized clinical trial.

Clin Oral Implants Res 2010;**21**(12):1394-1403.

64. FELICE P, SCARANO A, PISTILLI R et coll.

A comparison of two techniques to augment maxillary sinuses using the lateral window approach : rigid synthetic resorbable barriers versus anorganic bovine bone. Five-month post-loading clinical and histological results of a pilot randomized controlled clinical trial.

Eur J Oral Implantol 2009;**2**(4)293-306.

65. FELICE P, SOARDI E, PELLEGRINO G et coll.

Treatment of the atrophic edentulous maxilla: short implants versus bone augmentation for placing longer implants. Five-month post-loading results of a pilot randomised controlled trial.

Eur J Oral Implantol 2011;**4**(3):191-202.

66. FERMERGÄRD R et ASTRAND P.

Osteotome sinus floor elevation and simultaneous placement of implants_ a 1-year retrospective study with Astra Tech implants.

Clin Implant Dent Relat Res 2008;**10**(1) :62-69.

67. FERMERGÄRD R et ASTRAND P.

Osteotome sinus floor elevation without bone grafts : a 3-year retrospective study with ASTRA tech implants.

Clin Implant Dent Relat Res 2012;**14**(2):198-205.

68. FERRARA ED et STELLA JP.

Restoration of the edentulous maxilla : the case for the zygomaticimplants.

J Oral Maxillofac Surg 2004;**62**(11):1418-1422.

69. FISCHER K, STENBERG T, HEDIN M et SENNERBY L.

Five-year results from a randomised, controlled trial on early and delayed loading of implants supporting full-arch prosthesis in the edentulous maxilla. Clin Oral Impl Res 2008;**19**(5):433-441.

70. FISCHER K et STENBERG T.

Early loading of ITI implants supporting a maxillary full-arch prosthesis : a 1-year data of a prospective, randomised study. Int J Oral Maxillofac Implants 2004;**19**(3):374-381.

71. FISCHER K et STENBERG T.

Three-year data from a randomised, controlled study of early loading of single-stage dental implants supporting maxillary full-arch prostheses.

Int J Oral Maxillofac Implants 2006;**21**(2):245-252.

72. FORTIN T, ISIDORI M et BOUCHET H.

Placement of posterior maxillary implants in partially edentulous patients with severe bone deficiency using CAD/CAM guidance to avoid sinus grafting : a clinical report of procedure.

Int J Oral Maxillofac Implants 2009;**24**(1):96-102.

73. FRIBERG B.

The posterior maxilla: clinical considerations and current concepts using Branemark System® implants.

Periodontol 2000 2008;**47**:67-78.

74. FRIBERG B, JEMT T et LEKHOLM U.

Early failures in 4641 consecutively placed Bränemark dental implants : a study from stage 1 surgery to the connection of completed prostheses.

Int J Oral Maxillofac Implants 1991;**6**(2):142-146.

75. FUGAZZOTTO PA.

Shorter implants in clinical practice: rationale and treatment results.

Int J Oral Maxillofac Implants 2008;**23**(3):487-496.

76. GABBERT O, KOOB A, SCHMITTER M et RAMMELSBERG P.

Implants placed in combinaison with an internal sinus lift without graft material: an analysis of short-term failure.

J Clin Periodontol 2009;**36**(2):177-183.

77. GAUDY JF.

Atlas d'anatomie implantaire.

Paris: Masson, 2006.

78. GRUBER R, KANDLER B, FUERST G et coll.

Porcine sinus mucosa holds cells that respond to bone morphogenetic protein BMP-6 and BMP-7 with increased osteogenic differentiation in vitro.

Clin Oral Implants Res 2004;**15**(5):575-580.

79. GUALINI F et SENNERBY L. Bone reformation with sinus membrane elevation: a new surgical technique for maxillary sinus floor augmentation.
Clin Implant Dent Relat Res 2004;**6**(3):165-173.

80. HAGI D, DEPOTER DA, PILLIAR RM et ARENOVICH T.
A targeted review of stud outcomes with short (< or = 7 mm) endosseous dental implants placed in partially edentulous patients.
J Periodontol 2004;**75**(6):798-804.

81. HONG J, ANDERSSON J, EKDAHL KN et coll.
Titanium is a highly thrombogenic biomaterial : possible implications for osteogenesis.
Thromb Haemost 1999 ;**82**(1) :58-64.

82. HIRSCH JM, OHRNELL LO, HENRY PJ et coll.
A clinical evaluation of the Zygoma fixture: one year of follow-up at 16 clinics.
J Oral Maxillofac Surg 2004;**62**(9 Suppl 2):22-29.

83. JEMT T et JOHANSSON J.
Implant treatment in the edentulous maxillae: a 15-year follow-up study on 76 consecutive patients provided with fixed prostheses.
Clin Implant Dent Relat Res. 2006;**8**(2):61-69.

84. JUNG JH, CHOI BH et ZHU SJ.
The effects of exposing dental implants to the maxillary sinus cavity on sinus complications.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2006;**102**(5):602-605.

85. KAHNBERG KE, HENRY PJ, HIRSCH JM et coll.
Clinical evaluation of the zygoma implant: 3-year follow-up at 16 clinics.
J Oral Maxillofac Surg 2007;**65**(10):2033-2038.

86. KAMINA P.
Précis d'anatomie Clinique. 2ème éd.
Paris: Maloine, 2004.

87. KOTSOVILIS S, FOURMOUSIS I, KAROUSSIS IK et BALMA C.
A systematic review and meta-analysis on the effect of implant length on the survival of rough-surface dental implants.
J Periodontol 2009;**80**(11):1700-1718.

88. KREKMANOV L.
Placement of posterior mandibular and maxillary implants in patients with severe bone deficiency : A clinical report of procedure.
Int J Oral Maxillofac Implants 2000;**15**(5):722-730.

89. LAI HC, ZHUANG LF, LV XF et coll.
Osteotome sinus floor elevation with or without grafting :a preliminary clinical trial.
Clin Oral Implant Res 2010;**21**(5):520-526.

90. LANDES CA.

Zygoma implant-supported midfacial prosthetic rehabilitation: a 4-year follow-up study including assessment of quality of life.

Clin Oral Implants Res 2005;**16**(3):313–325.

91. LANDES CA, PAFFRATH C, KOEHLER C et coll.

Zygoma implants for midfacial prosthetic rehabilitation using telescopes: 9-year follow-up.

Int J Prosthodont. 2009;**22**(1):20-32.

92. LEE SP, PAIK KS et KIM MK.

Anatomical study of the pyramidal process of the palatine bone in relation to implant placement in the posterior maxilla.

J Oral Rehabil 2001;**28**(2):125-132.

93. LEKHOLM U et ZARB G.

Patient selection and preparation.

In: Bränemark PI, Zarb GA, Albrektsson T, eds. Tissue integrated prosthesis: osteointegration in clinical dentistry.

Chicago: Quintessence Publishing, 1985:199-209.

94. LIBERSA M, LAUDE M et LIBERSA JC.

La pneumatization des cavités annexes des fosses nasales.

Anatomia Clinica 1980;**2**:265-273.

95. LINDHE J et MEYLE J.

Peri-implant diseases: consensus report of the sixth European workshop on periodontology.

J Clin Periodontol 2008;**35**(8 suppl):282-285.

96. LUM LB et OSIER JF.

Load transfer from endosteal implants to supporting bone: an analysis using statics. Part one: horizontal loading.

J Oral Implantol 1992;**18**(4):349-353.

97. LUNDGREN S, ANDERSSON S, GUALINI F et SENNERBY L.

Bone reformation with sinus membrane elevation: a new surgical technique for maxillary sinus floor augmentation.

Clin Implant Dent Relat Res 2004;**6**(3):165-173.

98. LUNDGREN S, ANDERSSON S, LEKHOLM U et ZARB G.

Patient selection and preparation.

In: Bränemark PI, Zarb GA, Albrektsson T, eds. Tissue integrated prosthesis: osseointegration in clinical dentistry.

Chicago: Quintessence Publishing, 1985:199-209.

99. LUNDGREN S, ANDERSSON S et SENNERBY L.

Spontaneous bone formation in the maxillary sinus after removal of a cyst: coincidence or consequence?

Clin Implant Dent Relat Res 2003;**5**(2):78-81.

100. LUNDGREN S, CRICCHIO G, PALMA VC et coll.

Sinus membrane elevation and simultaneous insertion of dental implants: a new surgical technique in maxillary sinus floor augmentation.

Periodontol 2000 2008;**47**:193-205.

101. MALEVEZ C, ABARCA M, DURDU F et DAELEMANS P.

Clinical outcome of 103 consecutive zygomatic implants: a 6-48 months follow-up study.

Clin Oral Implants Res 2004;**15**(1):18-22.

102. MALEVEZ C, DAELEMANS P, ADRIAENSSENS P et DURDU F.

Use of zygomatic implants to deal with resorbed posterior maxillae.

Periodontol 2000 2003;**33**:82-89.

103. MALO P et NOBRE M.

A new approach for maxilla reconstruction.

Eur J Oral Implantol 2009;**2**(2):101-114.

104. MALO P, NOBRE M et LOPES A.

Short implants in posterior jaws. A prospective 1-year study.

Eur J Oral Implantol 2011a;**4**(1):47-53.

105. MALO P, NOBRE M et LOPES A.

The rehabilitation of completely edentulous maxillae with different degrees of resorption with four or more immediately loaded implants: a 5-year retrospective study and a new classification.

Eur J Oral Implantol 2011b;**4**(3):227-243.

106. MALO P, NOBRE M, LOPES A et coll.

A longitudinal study of the survival of all-on-4 implants in the mandible with up to 10 years of follow-up.

J Am Dent Assoc 2011;**142**(3):310-320.

107. MALO P, NOBRE M et LOPES I.

A new approach to rehabilitate the severely atrophic maxilla using extramaxillary anchored implants in immediate function: a pilot study.

J Prosthet Dent 2008;**100**(5):354-366.

108. MALO P, NOBRE M et RANGERT B.

Short implants placed one-stage in maxillae and mandibles: a retrospective clinical study with 1 to 9 years follow-up.

Clin Implant Dent Relat Res 2007;**9**(1):15-21.

109. MALO P, RANGERT B et NOBRE M.

“All-on-four” immediate-function concept with Bränemark System Implants for completely edentulous mandibles: a retrospective clinical study.
Clin Implant Dent Relat Res 2003;5(1):2-9.

110. MALO P, RANGERT B et NOBRE M.

All-on-4 immediate-function concept with Branemark system® implants for completely edentulous maxillae: a 1-year retrospective clinical study.
Clin Implant Dent Relat Res 2005;7(1):S88-S94.

111. MARTINEZ H, DAVARPANAH M, MISSIKA P et coll.

Optimal implant stabilization in low density bone.
Clin Oral Implants Res 2001;12(5):423-432.

112. MATTSSON T, KÖNDELL PA, GYNTHNER GW et BOLIN A.

Implant treatment without bone grafting in severely resorbed edentulous maxillae. J Oral Maxillofac Surg 1999;57(3):281-287.

113. MENCHERO-CANTALEJO E, BARONA-DORADO C, CANTERO-ALVAREZ M et coll.

Meta-analysis on the survival of short implants.
Med Oral Patol Oral Cir Bucal 2011;16(4):e546-551.

114. MIGLIORANÇA RM, SOTTO-MAIOR BS, SENNA PM et coll.

Immediate occlusal loading of extrasinus zygomatic implants: a prospective cohort study with a follow-up period of 8 years.
Int J Oral Maxillofac Surg 2012 Jul 9. (Epub ahead of print)

115. MISCH CE.

Maxillary partial and complete edentulous implant treatment plans: Fixed and overdenture prostheses.
In: Misch CE, ed. Dental Implant Prosthetics.
Philadelphia: Elsevier, 2004:281-308.

116. MISCH CE.

Short dental implants: a literature review and rationale for use.
Dent Today 2005;24(8):64-68.

117. MISCH CE et DEGIDI M.

Divisions of available bone in implant dentistry.
Int J Oral Implantol 1990;7(1):9-17.

118. MISCH CE et DEGIDI M.

Five-year prospective study of immediate/early loading of fixed prostheses in completely edentulous jaws with a bone quality-based implant system.
Clin Implant Dent Relat Res 2003;5(1):17-28.

119. MISCH CE, STEIGENGA J, BARBOZA E et coll.

Short dental implants in posterior partial edentulism: a multicenter retrospective 6-Year Case Series Study.

J Periodontol 2006;**77**(8):1340-1347.

120. MOON JW, SOHN DS, HEO JU et coll.

New bone formation in the maxillary sinus using peripheral venous blood alone.

J Oral Maxillofac Surg 2011;**69**(9):2357-2367.

121. MORAND M et IRINAKIS T.

The challenge of implant therapy in the posterior maxilla: providing a rationale for the use of short implants.

J Oral Implant 2007;**33**(5):257-265.

122. NAKAI H, OKAZAKI Y et UEDA M.

Clinical application of zygomatic implants for rehabilitation of the severely resorbed maxilla: a clinical report.

Int J Oral Maxillofac Implants 2003;**18**(4):566-570.

123. NEDIR R, BISCHOF M, VAZQUEZ L et coll.

Osteotome sinus floor elevation without grafting material: a 1-year prospective pilot study with ITI implants.

Clin Oral Implant Res 2006;**17**(6):679-686.

124. NEDIR R, NURDIN N, SZMUKLER-MONDER S et BISCHOF M.

Osteotome sinus floor elevation technique without placement in atrophic posterior maxilla: report of 2 cases.

J Oral Maxillofac Surg 2009a;**67**(5):1098-1103.

125. NEDIR R, NURDIN N, SZMUKLER-MONDER S et BISCHOF M.

Placement of tapered implants using an osteotomes sinus floor elevation technique without bone grafting: 1-year results.

Int J Oral Maxillofac Implants 2009b;**24**(4):727-733.

126. NEDIR R, NURDIN N, SZMUKLER-MONDER S et coll.

Osteotome sinus floor elevation technique without grafting: a 5-year prospective study.

J Clin Periodontol 2010;**37**(11):1023-1028.

127. NORTON MR et GAMBLE C.

Bone classification: an objective scale of bone density using the computerized tomography scan.

Clin Oral Implants Res 2001;**12**(1):79-84.

128. PALMA VC, MAGRO-FILHO O, DE OLIVEIRA JA et coll.

Bone reformation and implant integration following maxillary sinus membrane elevation: an experimental study in primates.

Clin Implant Dent Relat Res 2006;**8**(1):11-24.

129. PARK YJ et CHO SA.

Retrospective chart analysis on survival rate of fixtures installed at the tuberosity bone for cases with missing unilateral upper molars: a study of 7 cases.
J Oral Maxillofac Surg 2010;**68**(6):1338-1344.

130. PENARROCHA M, CARRILLO C, BORONAT A et PENNARROCHA M.

Maximum use of the anterior maxillary buttress in severe maxillary atrophy with tilted, palatally positioned implants: a preliminary study.
Int J Oral Maxillofac Implants 2010;**25**(4):813-820.

131. PENARROCHA M, CARRILLO C, BORONAT A et PENNARROCHA M.

Retrospective study of 68 implants placed in the pterygomaxillary region using drills and osteotomes.
Int J Oral maxillofac Implants 2009;**24**(4):720-726.

132. PIERI F, ALDINI NN, FINI M et coll.

Rehabilitation of the atrophic posterior maxilla using short implants or sinus augmentation with simultaneous standard-length implant placement: a 3-year randomized clinical trial.
Clin Implant Dent Relat Res 2012 Mar 15. (Epub ahead of print).

133. PIERRISNARD L, RENOUEARD F, RENAULT P et BARQUINS M.

Influence of implant length and bicortical anchorage on implants stress distribution.
Clin Implant Dent Relat Res 2003;**5**(4):254-262.

134. PJETURSSON BE, IGNJATOVIC G, MATULIENE G et coll.

Maxillary sinus floor elevation using the (transalveolar) osteotomes technique with or without grafting material. Part II: radiographic tissue remodeling.
Clin Oral Implant Res 2009;**20**(7):677-683.

135. PJETURSSON BE, RAST C, BRÄGGER U et coll.

Maxillary sinus floor elevation using the (transalveolar) osteotomes technique with or without grafting material. Part I: implant survival and patient's perception.
Clin Oral Implant Res 2009;**20**(7):667-676.

136. PJETURSSON BE, TAN WC, ZWAHLEN M et LANG NP.

A systematic review of the success of sinus floor elevation and survival of implants inserted in combination with sinus floor elevation. Part I: Lateral approach.
J Clin Periodontol 2008;**35**(8 suppl):216-240.

137. POMARES C.

A retrospective clinical study of edentulous patients rehabilitated according to the 'all on four' or the 'all on six' immediate function concept.
Eur J Oral Implantol 2009;**2**(1)55-60.

138. POMARES C.

A retrospective study of edentulous patients rehabilitated according to the 'all-on-four' or the 'all-on-six' immediate function concept using flapless computer-guided implant surgery.

Eur J Oral Implantol 2010;**3**(2):155-163.

139. POMMER B, FRANTAL S, WILLER J et coll.

Impact of dental implant length on early failure rates: a meta-analysis of observational studies.

J Clin Periodontol 2011;**38**(9):856-863.

140. RAVIV E, TURCOTTE A et HAREL-RAVIV M.

Short dental implants in reduced alveolar bone height.

Quintessence Int 2010;**41**(7):575-579.

141. RENOARD F et NISAND D.

Short implants in the severely resorbed maxilla: a 2-year retrospective clinical study.

Clin Implant Dent Relat Res 2005;**7**(1):S104-S110.

142. RENOARD F et NISAND D.

Impact of implant length and diameter on survival rates.

Clin Oral Implant Res 2006;**17**(2):35-51.

143. RIDELL A, GRÖNDAHL K et SENNERBY L.

Placement of Bränemark implants in the maxillary tuber region: anatomical considerations, surgical technique and long-term results.

Clin Oral Implant Res 2009;**20**(1):94-98.

144. ROMEO E, BIVIO A, MOSCA D et coll.

The use of short dental implants in clinical practice: literature review.

Minerva Stomatol 2010;**59**(1/2):23-31.

145. ROSÉN A et GYNTHNER G.

Implant treatment without bone grafting in edentulous severely resorbed maxillas: a long-term follow-up study.

J Oral Maxillofac Surg 2007;**65**(5):1010-1016.

146. SALVI GE et BRAGGER U.

Mechanical and technical risks in implant therapy.

Int J Oral Implants 2009;**24**(suppl):69-85.

147. SCHMIDLIN PR, MULLER J, BINDL A et IMFELD T.

Sinus floor elevation using an osteotomes technique without grafting materials or membranes.

Int J Periodont Rest Dent 2008;**28**(4):401-409.

148. SCHMIDT BL, POGREL MA, YOUNG CW et SHARMA A.

Reconstruction of extensive maxillary defects using zygomaticus implants.

J Oral Maxillofac Surg 2004;**62**(9):82-89.

149. SHARAN A et MADJAR D.

Maxillary sinus pneumatization following extractions: a radiographic study.
Int J Oral Maxillofac Implants 2008;**23**(1):48-56.

150. SILVA GC, MENDONÇA JA, LOPES LR et LANDRE JR J.

Stress Patterns on implants in prostheses supported by four or six implants: a three-dimensional finite element analysis.
Int J Oral Maxillofac Implants 2010;**25**(2):239-246.

151. SOHN DS, KIM WS, AN KM et coll.

Comparative histomorphometric analysis of maxillary sinus augmentation with and without bone grafting in rabbit.
Implant Dent 2010;**19**(3):259-270.

152. SOHN DS, LEE JS, AHN MR, SHIN HI.

New bone formation in the maxillary sinus without bone grafts.
Implant Dent 2008;**17**(3):321-331.

153. SOHN DS, MOON JW, LEE WH et coll.

Comparison of new bone formation in the maxillary sinus with and without bone grafts: immunochemical rabbit study.
Int J Oral Maxillofac Implants 2011;**26**(5):1033-1042.

154. SROUJI S, BEN-DAVID D, LOTAN R et coll.

The innate osteogenic potential of the maxillary sinus (Schneiderian) membrane: an ectopic tissue transplant model simulating sinus lifting.
Int J Oral Maxillofac Surg 2010;**39**(8):793-801.

155. SROUJI S, KIZHNER T, BEN-DAVID D et coll.

The Schneiderian membrane contains osteoprogenitor cells: in vivo and in vitro study.
Calcif Tissue Int 2009;**84**(2):138-145.

156. STEVENSON AR et AUSTIN BW.

Zygomatic fixtures - the Sydney experience.
Annales the Royal Australasian College of Dental Surgeons 2000;**15**:337-339.

157. STIEVENART M et MALEVEZ C.

Rehabilitation of totally atrophied maxilla by means of four zygomatic implants and fixed prosthesis: a 6-40 month follow-up.
J Oral Maxillofac Surg 2010;**39**(4):358-363.

158. SUL SH, CHOI BH, LI J, JEONG SM et XUAN F.

Histologic changes in the maxillary sinus membrane after sinus membrane elevation and the simultaneous insertion of dental implants without the use of grafting materials.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2008;**105**(4):e1-e5.

159. SUN HL, HUANG C, WU YR et SHI B.

Failure rates (≤ 10 mm) dental implants and factors influencing their failure: a systematic review.

Int J Oral Maxillofac Implants 2011;**26**(4):816-825.

160. TAN WC, LANG NP, ZWAHLEN M et PJETURSSON BE.

A systematic review of the success of sinus floor elevation and survival of implants inserted in combination with sinus floor elevation. Part II: transalveolar technique.

J Clin Periodontol 2008;**35**(8 Suppl):241-245.

161. TAWIL G, ABOUJAOUDE N et YOUNAN R.

Influence of prosthetic parameters on the survival and complication rates of short implants.

Int J Oral maxillofac Implants 2006;**21**(2):275-282.

162. TAWIL G et YOUNAN R.

Clinical evaluation of short, machined-surface implants followed for 12 to 92 months.

Int J Oral Maxillofac Implants 2003;**18**(6):894-901.

163. TELLEMAN G, RAGHOEBAR GM, VISSINK A et coll.

A systematic review of the prognosis of short (<10 mm) dental implants placed in the partially edentulous patient.

J Clin Periodontol 2011;**38**(7):667-676.

164. TESTORI T, DEL FABBRO M, CAPELLI M et coll.

Immediate occlusal loading and tilted implants for the rehabilitation of the atrophic edentulous maxilla: 1-year interim results of a multicenter prospective study.

Clin Oral Implants Res 2008;**19**(3):227-32.

165. TESTORI T, DEL FABBRO M, FELDMAN S et coll.

A multicenter prospective evaluation of 2-months loaded Osseotite implants placed in the posterior jaws: a 3-year follow-up results.

Clin Oral Implants Res 2002;**13**(2):154-161.

166. THOR A, SENNERBY L, HIRSCH JM et RASMUSSEN L.

Bone formation at the maxillary sinus floor following simultaneous elevation of the mucosal lining and implant installation without graft material: an evaluation of 20 patients treated with 44 Astra Tech implants.

J Oral Maxillofac Surg 2007;**65**(7 Suppl 1):64-72.

167. VALERON JF et VALERON PF.

Long-term results in placement of screw-type implants in the pterygomaxillary-pyramidal region.

Int J Oral Maxillofac Implants 2007;**22**(2):195-200.

168. VANDEWEGHE S, DE FERRERRE R, TSCHAKALOFF A et DE BRUYN H.

A wide-body implant as an alternative for sinus lift or bone grafting. J Oral Maxillofac Surg 2011;**69**(6):e67-e74.

169. VAN STEENBERGHE D, GLAUSER R et BLOMBACK U.

A computed tomographic scan-derived customized surgical Template and fixed prosthesis for flapless surgery and immediate loading of implants in fully edentulous maxillae : a prospective multicenter study.

Clin Implant Dent Relat Res 2005;7(Suppl.1):S111-S120.

170. VAN STEENBERGHE D, LEKHOLM U, BOLENDER C et coll.

Applicability of osseointegrated oral implants in the rehabilitation of partial edentulism: a prospective multicenter study on 558 fixtures.

Int J Oral Maxillofac Implants 1990;5(3):272-281.

171. VOLPE S, LANZA M, VERROCCHI D et SENNERBY L.

Clinical outcomes of an osteotome technique and simultaneous placement of Neoss implants in the posterior Maxilla.

Clin Implant Dent Relat Res 2011 Aug 4. (Epub ahead of print).

172. WALLACE SS et FROUM SJ.

Effect of maxillary sinus augmentation on the survival of endosseous dental implants. A systematic review.

Ann Periodontol 2003;8(1):328-343.

173. WU SW, LEE CC, FU PY et LIN SC.

The effects of flute shape and thread profile on the insertion torque and primary stability of dental implants.

Med Eng Phys 2011 Oct 29. (Epub ahead of print).

174. XU H, SHIMIZU Y, ASAI S et OOYA K.

Grafting of deproteinized bone particles inhibits bone resorption after maxillary sinus floor elevation.

Clin Oral Implants Res 2004;15(1):126-133.

175. ZAMPELIS A, RANGERT B et HEIJ L.

Titling of splinted implants for improved prosthodontic support: a two-dimensional finite element analysis.

J Prosthet Dent 2007;97(6 Suppl):S35-S43.

TABLES DES ILLUSTRATIONS

Fig.1. Eclaté du massif facial supérieur. [77].....	4
Fig.2. Vue postéro-inférieure de la région osseuse ptérygo-palato-tubérositaire. [77].....	6
Fig.3. Pilier osseux composé de la tubérosité maxillaire (a), du processus pyramidal de l'os palatin (flèche), et du processus ptérygoïde de l'os sphénoïde (c). [92].....	6
Fig.4. Modélisation 3D. (1) processus pyramidal de l'os palatin, fermant la fissure entre les lames médiale et latérale du processus ptérygoïde, zone la plus résistante de cet assemblage osseux. [77].....	7
Fig.5. Représentation schématique de la membrane de Schneider. [155].....	8
Fig.6. Classification de la résorption des arcades édentées au maxillaire postérieur. [36].....	9
Fig.7. Classification de la densité osseuse selon Lekholm et Zarb (1985). [93].....	10
Fig.8. Huit implants « flute », profil spiralé conique et cylindrique. [172].....	14
Fig.9. Mesure du rapport couronne/racine. [21].....	15
Fig.10. Différents types de ration couronne/implant: a) clinique, b) anatomique. [22].....	16
Fig.11. Schématisation des contraintes osseuses transmises par un implant court (A) ou un implant long (B). [80].....	16
Fig.12. Plan de coupe du modèle d'étude. Une force occlusale de 100N est appliquée avec un angle de 30° dans le sens bucco-lingual. [133].....	18
Fig.13. Représentation des contraintes osseuses avec un implant court et un implant long. Les valeurs positives correspondent aux forces de traction, les valeurs négatives aux forces de compression. [133].....	18
Fig.14. Diagramme schématisant le déplacement osseux des implants (6mm, 12mm monocortical, 12 mm bicortical). La représentation noire correspond à l'implant au repos. [133].....	18
Fig.15. Répartition des aires de contrainte sur un implant de 6 mm et de 12 mm. Le maximum de contrainte s'applique au niveau cervical. [133].....	19

Fig.16. Histogramme représentant l'intensité des contraintes en fonction de la longueur des implants. [133].....	19
Fig.17. Distribution des contraintes osseuses maximales et du stress implantaire : (a) sur l'os, et sur l'implant (b). [37].....	20
Fig.18. Positionnement d'implants dans la région du maxillaire. Noter la proximité de l'implant antérieur avec l'apex des prémolaires, et le positionnement d'un implant (P) au niveau de la courbure palatine. [88].....	24
Fig.19. Implants placés dans le secteur antérieur du maxillaire, en position angulée. [131].....	24
Fig.20. Vue occlusale de la position palatine des implants. [131].....	24
Fig.21. Implants angulés versus conventionnels Krekmanov. [88].....	24
Fig.22. Schéma d'ancrage bicortical d'implant placé au niveau de la courbure palatine. [88].....	25
Fig.23. Restauration d'une arcade complète par 4 implants. [31].....	28
Fig.24. Image 2D d'un maxillaire édenté avec le concept virtuel du all on four. [138]...	28
Fig.25. Orthopantomogramme d'un maxillaire édenté réhabilité par six implants verticaux. [69].....	29
Fig.26. Orthopantomogramme réalisé après la pose de six implants maxillaires. [1]....	29
Fig.27. Schématisation de l'angulation (25 à 30 degrés) d'implants le long de la paroi sinusienne et des fosses nasales. [88].....	29
Fig.28. Schématisation de la restauration complète du maxillaire par six implants : quatre antérieurs verticaux, deux postérieurs angulés. [31].....	30
Fig.29. Schématisation de la restauration complète du maxillaire par six implants : deux antérieurs angulés, deux intermédiaires verticaux et deux postérieurs angulés. [31]...	30
Fig.30. Modèle 3D all-on-four (a) et prothèse supportée par six implants (b) utilisés dans une étude d'éléments finis. [150].....	31
Fig.31. Vues frontales (a,c) et postérieures (b,d) des modèles implantaires soumis à un stress défini dans le cas d'all-on-four et all-on-six. [150].....	32
Fig.32. Implants zygomatiques avec angulation de 25 et de 45 degrés. [107].....	34

Fig.33. Représentation de la position des implants dans le cas d'un All on Four extra-maxillaire. Deux implants extra-longs à ancrage zygomatique sont placés bilatéralement. Un minimum de 5 mm est nécessaire entre les implants. Noter la distance entre le foramen infra-orbitaire et l'implant antérieur. [107].....	35
Fig.34. Positionnement des implants dans le cas d'un all-on-four Hybrid. Un implant maxillaire conventionnel et un implant extramaxillaire positionnés bilatéralement. [107].....	35
Fig.35. Schéma des techniques chirurgicales testées : (A) Branemark technique, (B) technique externe. La ligne verte souligne la concavité de l'os zygomatique afin de sélectionner la technique chirurgicale la plus appropriée. [41].....	36
Fig.36. Représentation de la technique externe au sinus (A) et de la technique de Branemark (B). [41].....	36
Fig.37. Schématisation des différentes densités osseuses rencontrées dans la région ptérygomaxillaire. [12].....	37
Fig.38. Radiographie montrant le placement implantaire au niveau du pilier osseux de la région tubérositaire. [92].....	38
Fig.39. Préparation du site implantaire ptérygoïdien à l'aide d'ostéotomes. [32].....	39
Fig.40. Modélisation 3D des rapports vasculaires de la région ptérygo-palato-tubérositaire (vue médiale) : (1) os maxillaire, (2) os palatin, (3) processus ptérygoïde, (4) artère palatine descendante. [47].....	40
Fig.41. Vue inférieure anatomique. Dissection du pédicule grand palatin au niveau du foramen grand palatin. Relation entre un implant (1) et le foramen grand palatin. [47].....	40
Fig.42. Comparatif implant ptérygoïde/ implant tubérositaire. [20].....	40
Fig.43. Photographie du sinus maxillaire montrant la muqueuse sinusienne recouvrant l'implant s'engageant de 5 mm. [158].....	41
Fig.44. Schématisation des différentes mesures effectuées sur les clichés radiologiques : (A) hauteur d'os résiduel sous le sinus, (B) distance entre la première spire cervicale et le contact os-implant le plus apical, (C) longueur de la protrusion de l'implant dans le sinus, (D) distance entre le contact os-implant le plus coronaire et la spire la plus apicale. Une diminution de la distance D correspond à une perte osseuse crestale. [126].....	43
Fig.45. Schématisation du remodelage apical du volume greffé, montrant une structure radio-opaque après l'insertion de l'implant initial, un an, trois ans. La ligne en pointillés montre les implants posés sans greffe et la ligne continue avec greffe de matériaux. [134].....	44

Fig.46. Kit d'ostéotomes Straumann® : gamme d'ostéotomes droits et coniques. [135]	44
Fig.47. Procédure chirurgicale. (A) préparation du site implantaire avec le foret pilote à travers l'os cortical sur 3mm, (B) le plancher du sinus et la membrane sinusienne sont soulevés avec l'ostéotome de 3,2 mm, (C) l'os marginal est préparé avec un foret conique de 4,5 mm. (D) Un implant Astra Tech de 4,5 mm est installé. (E) Schématisation de la procédure chirurgicale figurant le plancher du sinus et la membrane sinusienne élevée avec un ostéotome. [66].....	44
Fig.48. Schématisation de la séquence d'élévation sinusienne et des paramètres cliniques. (a) hauteur d'os résiduelle, (b) hauteur de soulèvement de la membrane après pose de l'implant, (c) régénération osseuse après 1 an de mise en charge. [11].....	45
Fig.49. Microscopie photonique de coupes de membrane sinusienne. A) Sinus non traité, B) Sinus avec protrusion d'un implant sur 5 mm dans le sinus [158].....	46
Fig.50. Séquence proposée de la régénération osseuse à partir d'un sinus lift sans greffe osseuse. [154].....	47
Fig.51. Coupe histologique en microscopie photonique d'implants insérés simultanément après l'élévation de la membrane sinusienne. A) implant usiné B) implant rugueux, montrant la formation osseuse directement au contact de sa surface [100].....	48
Fig.52. a) Radiographie pré-opératoire, b) Radiographie post-opératoire : noter l'élévation du plancher du sinus, avec fragments osseux fracturés, c) Radiographie à 1 an. Noter le radio-opacité autour des implants, soulignant le gain osseux, d) Radiographie à 3,5 ans. Noter la stabilité du niveau. [114].....	49
Tabl. 1 : Littérature des implants courts	55
Tabl. 2 : Littérature des implants angulés.....	65
Tabl. 3 : Littérature des implants zygomatiques.....	74
Tabl. 4 : Littérature des implants ptérygoïdiens.....	80
Tabl.5 : Littérature des soulevés de sinus.....	85

ANNEXES

NIVEAU DE PREUVE SCIENTIFIQUE FOURNI PAR LA LITTERATURE	GRADE DES RECOMMANDATIONS
Niveau 1 - Essais comparatifs randomisés de forte puissance - Méta-analyse d'essais comparatifs randomisés - Analyse de décision basée sur des études bien menées	A Preuve scientifique établie
Niveau 2 - Essais comparatifs randomisés de faible puissance - Études comparatives non randomisées bien menées - Études de cohorte	B Présomption scientifique
Niveau 3 - Études cas-témoin	C
Niveau 4 - Études comparatives comportant des biais importants - Études rétrospectives - Séries de cas - Études épidémiologiques descriptives (transversale, longitudinale)	Faible niveau de preuve scientifique

Ce tableau publié par l'ANAES a servi de base pour la classification des différents niveaux de preuve.

Les études classées dans les tableaux précédents en niveau 3/4 sont généralement justifiées par des suivis faibles, ou taille d'échantillon faible, remettant en cause leur niveau de preuve.

Les niveaux 1/ 2 regroupent les méta-analyses, revues systématiques, études randomisées.

TABLE DES ABREVIATIONS

3D : tridimensionnel
> : supérieur
< : inférieur
Bic. : bicortical
C : Canine
C/I : couronne/ implant
Conv : conventionnel
CSR : *cumulate survival rate*, taux de survie cumulé
Diam. : diamètre
FEM : *finite element analysis*, étude en éléments finis
GOMI : *glossary of oral and maxillary implants*, glossaire des implants oraux et maxillaires
Fig. : figure
ISR : interval survival rate, taux de survie par intervalle
M : molaire
Mm : millimètres
N : Newton
NR : non renseigné
OPT : orthopantomogramme
OSFE : osteotome sinus floor elevation (soulevé de sinus par ostéotomes)
PM : prémolaire
RBH : residual bone height, hauteur d'os résiduelle
RCT : *randomised control trial*, étude randomisée contrôlée
TSC : taux de survie cumulé
Vs. : versus
Zyg. : zygomatique

BOËDEC (Anne) – Alternatives implantaires au comblement de sinus dans la réhabilitation implanto-prothétique de la région postérieure du maxillaire – 113 f. ; ill. ; tabl ; 175 ref. ; 30 cm. (Thèse : Chir.Dent. ; Nantes 2012)

RESUME

Le traitement implantaire de la région postérieure du maxillaire est souvent compliqué par une faible hauteur d'os résiduel lié à la pneumatisation du sinus et une résorption osseuse alvéolaire importante.

Si l'augmentation du volume osseux semble nécessaire dans de nombreux cas, dans un souci de simplification des traitements, le praticien cherche de plus en plus à s'affranchir de tout comblement osseux.

Pour cela différentes alternatives, dites graftless, ont pour objectif d'optimiser le volume osseux disponible : les implants courts, les implants angulés (le long des parois sinusiennes, zygomatiques, ptérygoïdiens), l'élévation de la membrane de Schneider sans substitut osseux.

Les études effectuées à court terme ont pu conclure sur la fiabilité et la prédictibilité de certaines de ces alternatives. Cependant la littérature scientifique en 2012 ne présente pas d'étude à long terme éprouvée concernant ces différentes techniques.

RUBRIQUE DE CLASSEMENT : Implantologie

MOTS CLES MESH

Sinus Maxillaire – Maxillary sinus

Résorption alvéolaire – Alveolar bone loss

Implants dentaires – Dental implants

Implants courts – Short implants

Implants angulés – Titled implants

Rehaussement du plancher du sinus – Sinus floor augmentation

Prothèse dentaire implanto-portée – Dental prosthesis implant supported

JURY

Président : Monsieur le Professeur P. Lesclous

Directeur : Monsieur le Docteur A. Hoornaert

Co-Directeur : Monsieur le Docteur N. Strube

Assesseur : Monsieur le Docteur A. Saffarzadeh-Kermani

Assesseur : Monsieur le Docteur G. Campard