

UNIVERSITE DE LILLE

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année de soutenance : 2023

N°:

THESE POUR LE

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le 09 janvier 2024

Par Martin LEFEBVRE

Né le 22 décembre 1996 à Lille, France

**L'ostéodensification, nouvelle approche concernant la réalisation
d'un sinus lift, revue de la littérature.**

JURY

Président : Monsieur le Professeur Philippe BOITELLE

Assesseurs : Monsieur le Docteur François BOSCHIN

Monsieur le Docteur Laurent NAWROCKI

Monsieur le Docteur Virgile MODAINE



| | | |
|--|---|-------------------|
| Président de l'Université | : | Pr. R. BORDET |
| Directrice Générale des Services de l'Université | : | A-V. CHIRIS-FABRE |
| Doyen UFR3S | : | Pr. D. LACROIX |
| Directrice des Services d'Appui UFR3S | : | G. PIERSON |
| Doyen de la faculté d'Odontologie – UFR3S | : | Pr. C. DELFOSSE |
| Responsable des Services | : | N. RICHARD |
| Responsable de la Sclolarité | : | G. DUPONT |

PERSONNEL ENSEIGNANT DE LA FACULTE.

PROFESSEURS DES UNIVERSITES :

| | |
|--------------------|---|
| K. AGOSSA | Parodontologie |
| P. BOITELLE | Prothèses |
| T. COLARD | Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux |
| C. DELFOSSE | Doyen de la faculté d'Odontologie – UFR3S Odontologie Pédiatrique |
| E. DEVEAUX | Responsable du Département de Dentisterie Restauratrice Endodontie |

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

| | |
|-------------------|---|
| T BECAVIN | Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux |
| M. BEDEZ. | Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale |
| A. BLAIZOT | Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale |
| F. BOSCHIN | Responsable du Département de Parodontologie |
| C. CATTEAU | Responsable du Département de Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale. |
| X, COUTEL | Biologie Orale |
| A. de BROUCKER | Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux |
| M. DEHURTEVENT | Prothèses |
| T. DELCAMBRE | Prothèses |
| F. DESCAMP | Prothèses |
| M. DUBAR | Parodontologie |
| A. GAMBIEZ | Dentisterie Restauratrice Endodontie |
| F. GRAUX | Prothèses |
| M. LINEZ | Dentisterie Restauratrice Endodontie |

| | |
|-------------------|---|
| T.MARQUILLIER | Odontologie Pédiatrique |
| G.MAYER | Prothèses |
| L.NAWROCKI | Responsable du Département de Chirurgie Orale Chef de service d'odontologie - CHU Lille |
| C.OLEJNIK | Responsable du Département de Biologie Orale |
| P.ROCHER | Fonction-Dysfonction, Imagerie , Biomatériaux |
| L.ROBBERECHT | Dentisterie Restauratrice Endodontie |
| M.SAVIGNAT | Responsable du Département des Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux |
| T,TRENTESAUX | Responsable du Département d' Odontologie Pédiatrique |
| J.VANDOMME | Prothèses |
| R. WAKAM KOUAM | Prothèses |

Réglementation de présentation du mémoire de Thèse

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

Remerciements

Aux membres du Jury,

Monsieur le Docteur Philippe BOITELLE

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD

Section Réhabilitation Orale
Département Prothèses

Docteur en Chirurgie Dentaire
Habilitation à Diriger des Recherches (Université de Lille)
Docteur de l'Université Paris 13, Sorbonne Paris Cité. Spécialité : Mécanique des matériaux.

Master 2 recherche Biologie et Santé, mention Biologie cellulaire et biologie quantitative – Université Lille2
Maîtrise de Sciences Biologiques et Médicales – Université Lille2
CES d'Odontologie Prothétique option Prothèse fixée – Université Paris Descartes

Prix 2006 Annual Scholarship Award for outstanding academic achievements in dentistry – Pierre Fauchard Academy Foundation – New-York – U.S.A

Responsable du Département de Prothèses
Responsable de l'Unité Fonctionnelle de Prothèse
Responsable du DU Biomimétique, Esthétique et Numérique (Lille)

Je suis très sensible à l'honneur que vous me faites en acceptant la présidence de ce jury. Veuillez trouver ici l'expression de mon profond respect pour votre rigueur, la généreuse transmission de votre savoir et la qualité de votre enseignement.

Monsieur le Docteur François BOSCHIN

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD

Section Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale

Département Parodontologie

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur en Odontologie de l'Université de Lille 2

Diplômes d'Études Approfondies en Génie Biologiques et Médicales

Certificat d'Études Supérieures de Technologie des Matériaux utilisés en Art Dentaire

Certificat d'Études Supérieures de Parodontologie

Responsable du Département de Parodontologie

Vous avez accepté, sans hésitation, et ce, avec un emploi du temps très chargé de diriger cette thèse. Après des débuts compliqués vous avez su me remettre dans le droit chemin tout en bienveillance. Vous avez su vous rendre disponible et ce fut un réel plaisir de travailler sous votre direction. Soyez assuré de ma reconnaissance et de mon profond respect.

Monsieur le Docteur Laurent NAWROCKI

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD

Section Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale
Département Chirurgie Orale

Docteur en Chirurgie Dentaire
Docteur en Odontologie de l'Université de Lille

Maîtrise en Biologie Humaine
Certificat d'Etudes Supérieures d'Odontologie Chirurgicale

Chef du Service d'Odontologie du CHU de LILLE
Coordonnateur du Diplôme d'Etudes Spécialisées de Chirurgie Orale (Odontologie)
Responsable du Département de Chirurgie Orale

Vous avez spontanément accepté de faire partie de ce jury de thèse et je vous en remercie. Merci également pour la qualité de votre implication en tant que chef du service d'Odontologie du CHU de Lille. Soyez assuré de ma sincère reconnaissance, et de mon profond respect.

Monsieur le Docteur Virgile MODAINE

Chef de Clinique des Universités – Assistant Hospitalier des CSERD

Section Réhabilitation Orale
Département Prothèses

Docteur en Chirurgie Dentaire

Je te remercie d'avoir accepté spontanément de faire partie de ce jury. Je garde de très bons souvenirs de nos débuts dans le monde médical et ce depuis la PACES. Sois assuré de ma sincère reconnaissance, je te souhaite une belle carrière professionnelle et personnelle.

À mes proches,

Table des matières

| | |
|--|-----------|
| Introduction | 14 |
| 1 Présentation de Versah et de l'ostéodensification..... | 16 |
| 1.1 Présentation des forets et de la séquence Densah | 17 |
| 1.2 L'effet spring-back..... | 20 |
| 1.3 Les healing chambers..... | 22 |
| 1.4 Protocole d'utilisation | 23 |
| 1.5 Présentation d'un cas clinique iconographié | 26 |
| 2 Revue critique de la littérature | 31 |
| 2.1 Étude du premier article publié au sujet de l'ostéocondensation..... | 33 |
| 2.2 Étude d'un article opposant la voie crestale par OD et par utilisation d'ostéotomes classiques..... | 36 |
| 2.3 Nouvelles indications, vers un changement de paradigme ? | 38 |
| 2.4 Étude de la préservation de l'intégrité de la membrane de Schneider | 41 |
| 2.5 Étude de la stabilité implantaire | 45 |
| 3 Discussion | 47 |
| 3.1 Puissance d'une étude | 47 |
| 3.2 Pertinence des études analysées | 49 |
| 3.3 Les valeurs analysées | 50 |
| 3.4 Réalisation de l'étude idéale | 54 |
| 3.5 Limites actuelles des études..... | 56 |
| Conclusion | 59 |
| Table des figures..... | 60 |
| Table des tableaux | 61 |
| Références bibliographiques..... | 61 |

Introduction

La réhabilitation du secteur édenté maxillaire postérieur utilisant l'implant ostéo intégré est souvent une pratique qui se révèle pleine de challenges, notamment du fait de la résorption de l'os alvéolaire, de la faible densité osseuse, ainsi que de la pneumatisation du sinus maxillaire [1].

Ainsi une procédure d'augmentation de la hauteur sous sinusienne, plus communément appelé sinus lift, est souvent indiquée dans cette zone.

Le sinus lift maxillaire est l'une des techniques chirurgicales les plus couramment utilisées pour augmenter le volume osseux disponible afin de placer des implants et de restaurer la fonction et l'esthétique.

Les pionniers de la technique de comblement osseux sous sinusien sont Philip Boyne et Hilt Tatum. À la fin des années 1960, Boyne cherche à trouver une solution au problème de la stabilité prothétique sur les maxillaires fortement résorbés chez les édentés complets, en greffant de l'os d'origine iliaque dans les sinus, avant de retravailler la surface osseuse par alvéoloplastie [2].

Mais c'est en 1974 que Tatum développe la technique de comblement sous sinusien à partir d'un abord latéral du sinus, en modifiant la technique de Caldwell-Luc [3]. Cette technique bien qu'ayant fait ses preuves au fil des années présente certains inconvénients [4] qui ont poussé les dentistes et chercheurs à trouver d'autres solutions.

Les inconvénients principaux sont un risque accru de complications per opératoires avec la perforation de la membrane de Schneider, et post-opératoires avec des infections, des œdèmes, des saignements ainsi que des douleurs. Ces difficultés sont pour partie liées à la réalisation de l'incision gingivale importante ainsi qu'à l'ostéotomie de la fenêtre latérale, pour permettre de refouler la membrane sinusienne.

Pour pallier à certaines de ses déconvenues, Summers en 1994 introduit une nouvelle technique de rehaussement sous sinusien qui utilise des ostéotomes pour fracturer, déformer, compacter le plancher sinusien et repousser la membrane de Schneider [5]. Ici la technique employée ne passe plus par une approche latérale mais bien par une voie dite crestale. Son principe consiste à soulever le plancher du sinus et sa membrane en regard de l'implant à poser. Pour ce faire, on a recourt à différents ostéotomes de diamètres croissants ; ce qui permettra également de réaliser une expansion transversale de la crête.

Les avantages notables en opposition à la technique dite classique par voie latérale sont, un délai et un coût de l'intervention réduit, ainsi qu'une absence de morbidité du site de réalisation de la fenêtre latérale.

Cependant comme toute technique, elle présente également certaines limites. En effet, d'après la classification de Chiapasco de 2003 [6], il était nécessaire d'avoir une hauteur osseuse résiduelle (HOR) de plus de 6mm et une absence de résorption verticale. En deçà de 6mm d'HOR il était vivement déconseillé de réaliser un sinus lift par voie crestale, la voie latérale était systématique.

L'autre inconvénient principal est l'inconfort du patient pendant l'intervention. Pour passer le plancher avec l'ostéotome le chirurgien doit venir donner des coups de maillet à l'extrémité de l'ostéotome. De plus cette pratique peu douce et avec peu de contrôle, engendrait un certain nombre de perforations de la muqueuse sous sinusienne, dans 20% des cas environ [7].

L'intégrité de cette muqueuse ne peut être contrôlée directement dans cette technique

Huwais en 2015 va introduire le concept d'ostéodensification (OD) pour faire face à ses différents inconvénients [8]. Le but de cette thèse est après une présentation du phénomène d'ostéodensification, de réaliser une étude critique de la littérature au sujet de l'ostéodensification afin de savoir si les données actuelles nous permettent d'assurer que cette méthode est fiable, efficace et reproductible.

1 Présentation de Versah et de l'ostéodensification.

La région maxillaire postérieure est considérée comme celle ayant la plus faible densité osseuse, avec 40% d'os de type D4 [9]. De plus, le phénomène de pneumatisation du sinus maxillaire en direction coronaire ainsi que la résorption de la crête osseuse en direction apicale après extraction ou perte de la dent vont réduire la hauteur d'os disponible pour le futur implant dentaire [10].

Ces hauteurs et densité osseuse limitées, impliquant une qualité et une quantité osseuses insuffisantes, ont un impact sur la stabilité primaire de l'implant, qui est essentielle à une ostéointégration réussie, rendant la pose de l'implant dans le maxillaire postérieur difficile.

Le défi est également de soulever la membrane sinusienne et d'élargir la crête pour augmenter la hauteur osseuse résiduelle (HOR) et la densité tout en gardant la membrane de Schneider intacte et exempte de perforation.

C'est en 2015 que Huwais introduit la technique d'ostéodensification. Elle utilise des forets de densification pour produire une déformation plastique faible [11]. Il s'agit d'une nouvelle technique biomécanique de préparation du site d'ostéotomie qui va préserver l'os à travers l'utilisation d'un processus de fraisage qui n'aura pour but d'excaver les débris osseux mais bien au contraire de les ostéo condenser dans le site de préparation apicalement et latéralement à l'aide de ses forets spéciaux [12].

L'ostéodensification repose sur un certain nombre de pilier que nous allons détailler.

1.1 Présentation des forets et de la séquence Densah

Historiquement, la pratique de l'implantologie implique l'emploi de forets chirurgicaux tranchants afin d'effectuer une ostéotomie adéquate permettant l'insertion du futur implant. Les différents forets sont caractérisés par leurs dimensions spécifiques, à savoir leur longueur et leur diamètre. Ils sont composés de plusieurs composants :

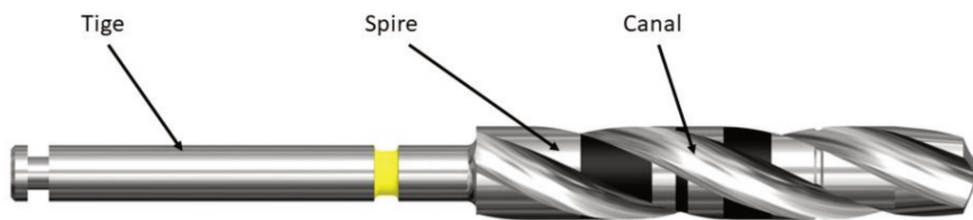


Figure 1: Schéma d'un foret implantaire conventionnel [13]

- La tige : première partie du foret qui va assurer la connexion avec le moteur de chirurgie.
- Les spires : ce sont les arêtes hélicoïdales à bords tranchants. Leur nombre va déterminer la stabilité du foret pendant son utilisation et l'angle de coupe de ses bords, son efficacité. De façon générale, les forets présentent 2 ou 3 spires avec un angle de coupe positif de 25 à 35 degrés.
- Les canaux : espaces entre les spires permettant le passage de la solution d'irrigation et l'évacuation des débris de forage.

Le protocole pour la pose d'un implant implique l'utilisation d'une série de forets. Cette technique comprend la réalisation d'une ostéotomie grâce à une succession de forages, chaque foret ayant un diamètre plus grand que le précédent, jusqu'à atteindre le diamètre souhaité pour l'implant. Ces forets peuvent être de deux types : droits ou coniques. Les forets coniques, qui ont à leur extrémité le diamètre du foret précédent, présentent l'avantage de fournir une orientation précise dans l'espace de l'ostéotomie, offrant ainsi une guidance au chirurgien. Selon la densité osseuse, il est parfois

nécessaire de réaliser un sous forage avec un diamètre inférieur à celui de l'implant afin d'assurer une stabilité primaire adéquate.

En parallèle, les forets Densah® développés par Huwais présentent :

- Une géométrie progressive, conique puis droite conçue pour élargir progressivement le site de forage et ainsi progresser avec une stabilité grâce au forage précédent.

- Un nombre de spires augmenté, quatre au minimum. Cela permet d'augmenter la surface de contact entre le foret et l'os.

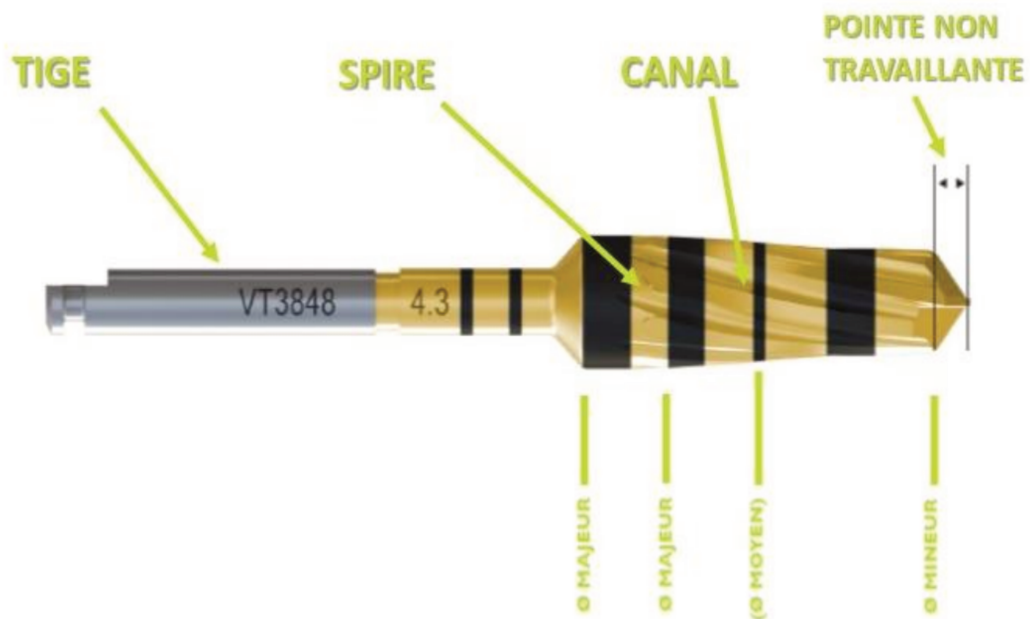


Figure 2 : schéma légendé d'un foret Densah, source : (brochure commerciale Versah)

Les forets sont marqués au laser de différentes inscriptions permettant de les identifier. Cela se présente sous cette forme sur le mandrin.

VT/VS xX Y , par exemple VT3848 4.3

VT ou VS :

x : diamètre mineur du foret à sa pointe

X : diamètre majeur du foret partir de la graduation de 10 mm

Y : diamètre moyen du foret à la graduation 8 mm

Concernant les concepts biomécaniques que confèrent ces forets, on a un angle de coupe des spires qui sera négatif ce qui va considérablement diminuer leur pouvoir coupant

La négativité de l'angle de coupe donne au foret, lorsqu'il tourne en sens antihoraire, une action de grattage par force de frottements, et non plus de coupe sur l'os en contact. Cette action a deux incidences sur l'os : le retrait d'une fine pellicule d'os sous forme de particules et leur compaction contre les parois latérales et apicales au contact du foret

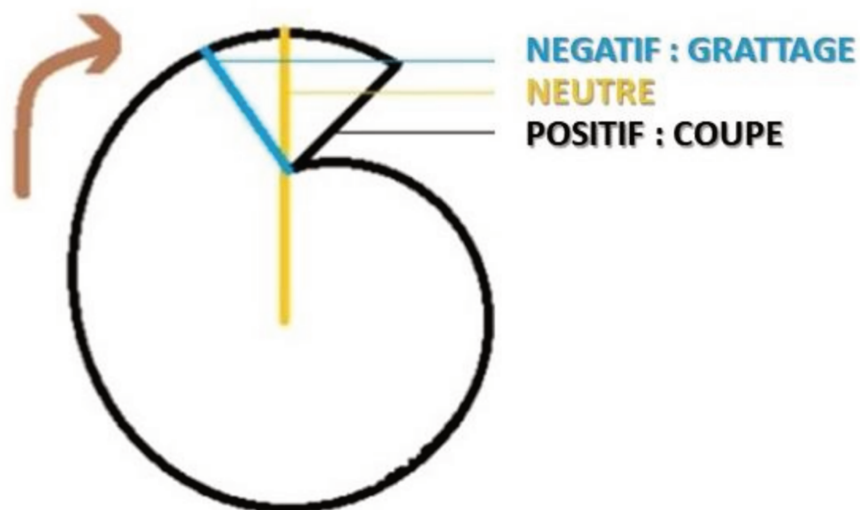


Figure 3 : Schéma d'angles de coupes [14]

Cette compaction va avoir plusieurs avantages :

- Une plus grande densité osseuse peut améliorer la stabilité primaire de l'implant, un facteur clé pour la réussite à long terme de l'implant.
- Une densité osseuse accrue peut également favoriser une meilleure ostéointégration, ce qui signifie que l'implant s'intègre mieux dans l'os environnant.
- Dans certains cas, une meilleure stabilité primaire peut permettre le chargement immédiat ou précoce de l'implant.

1.2 L'effet spring-back

La technique est également basée sur les propriétés élastiques et plastiques de l'os qui facilitent et permettent sa préservation et sa compaction, notamment grâce aux variations importantes du module de Young au sein de l'os trabéculaire qui lui confère physiologiquement une grande capacité de déformation et compaction [15]. Les ostéotomies faites par ostéodensification ont montré une réduction de 90 % de leur diamètre lorsqu'elles sont laissées vides [16]. Ceci est dû à la tension exercée par les forets et l'élasticité de l'os lui donnant un effet rebond.

Cet effet se constate également lors de la pose de l'implant, créant ainsi des forces de compression sur la surface de l'implant et ainsi augmentant la surface de contact implant-os (BIC) et la stabilité primaire. Ceci est démontré par Bergamo *et al.*, au sien d'une population de 56 patients, les deux techniques de forages vont être réalisés sur chacun et on mesurera l'ISQ (stabilité implantaire) et l'IT (le torque). Grâce à cet effet rebond post ostéodensification, les implants qui auront bénéficié de cette méthode de forage présenteront des valeurs d'ISQ et d'IT supérieures aux implants posés par une technique de forage standard [17].

Cependant, une tension excessive mènerait à une chute secondaire de la stabilité [18]. Ainsi, le procédé d'ostéocondensation ne doit pas être combiné à celui de sous-forage souvent utilisé pour augmenter la stabilité primaire, car il pourrait causer une chute de la stabilité de l'implant. Les recommandations stipulent de ne pas dépasser un sous dimensionnement de 0.5mm de diamètre.

Bien que les fraises Densah aient des diamètres plus grands (de 4,8 à 5,8 mm du sommet au haut pour la plus grande étape) que la fraise standard (de 4,2 à 5,2 mm), les diamètres des ostéotomies par ostéodensification étaient d'environ 0,5 mm plus petits que les ostéotomies par forage standard. Il y avait également de légères différences entre les diamètres des ostéotomies créées par le forage d'extraction et les techniques d'ostéodensification, bien que la même fraise ait été utilisée pour les deux procédures. Les diamètres d'ostéotomie plus petits de la technique d'ostéodensification montrent qu'une récupération de la déformation élastique se produit après cette technique de préparation d'ostéotomie lorsque la fraise est retirée de l'ostéotomie. Il y avait une croûte d'os compacté avec une densité minérale osseuse accrue autour de la périphérie des ostéotomies d'ostéodensification, mais une densité

minérale osseuse relativement constante autour des ostéotomies créées par forage (Fig 4).

Avant l'insertion de l'implant, la croûte de densité minérale osseuse accrue autour de la périphérie des ostéotomies d'ostéodensification était de 0,1 à 0,3 mm le long des bords et de 0,5 à 1,0 mm au fond.

Après l'insertion de l'implant, la densité minérale osseuse était augmentée autour de la périphérie des ostéotomies créées par toutes les techniques de préparation d'ostéotomie.

Après l'insertion de l'implant, l'épaisseur de la croûte des ostéotomies d'ostéodensification était augmentée à 0,4 à 0,9 mm le long des bords de l'implant, tandis que les ostéotomies par forage standard avaient une croûte de 0,2 à 0,6 mm.

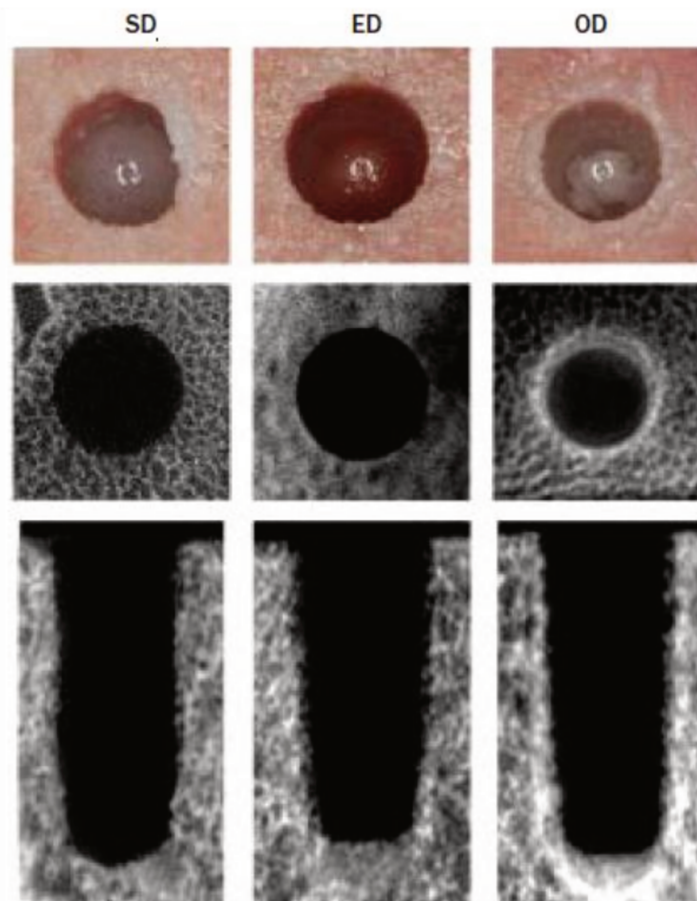


Figure 4 (a) Vue de surface des ostéotomies de forage standard (SD) de 5,8 mm, de forage d'extraction (ED) et d'ostéodensification osseuse (OD). (b) Coupe médiane en microtomographie informatisée et (c) coupe transversale. [11]

1.3 Les healing chambers

Il s'agit d'une technique d'instrumentation chirurgicale dans laquelle l'os est compacté dans les espaces médullaires ouverts pendant le forage, augmentant ainsi le couple d'insertion de l'implant grâce à la préservation et à la densification des parois du site d'ostéotomie. Étant donné que davantage de particules osseuses seront présentes à l'interface os-implant lors de la préparation du site implantaire, l'utilisation de l'OD maintient et conserve la densité osseuse, crée davantage de contact os-implant et accélère la cicatrisation osseuse, permettant ainsi une ostéointégration plus rapide

En raison du potentiel des surfaces biomimétiques, il est recommandé de créer un espace entre la surface de l'implant et le tissu osseux lors du forage du site implantaire car cela facilite le dépôt d'os nouveau à l'interface [19]. Cet espace, appelé chambre de cicatrisation [20], est réalisé à l'aide d'un foret final d'un diamètre supérieur au diamètre du noyau de l'implant, mais d'un diamètre inférieur à celui du filetage de l'implant. Par conséquent, en même temps que l'OD élimine la couche osseuse nécrotique créée par l'instrument chirurgical, l'espace créé permet au coagulum de s'accumuler à l'interface, recrutant des cellules osseuses pour une formation osseuse plus rapide

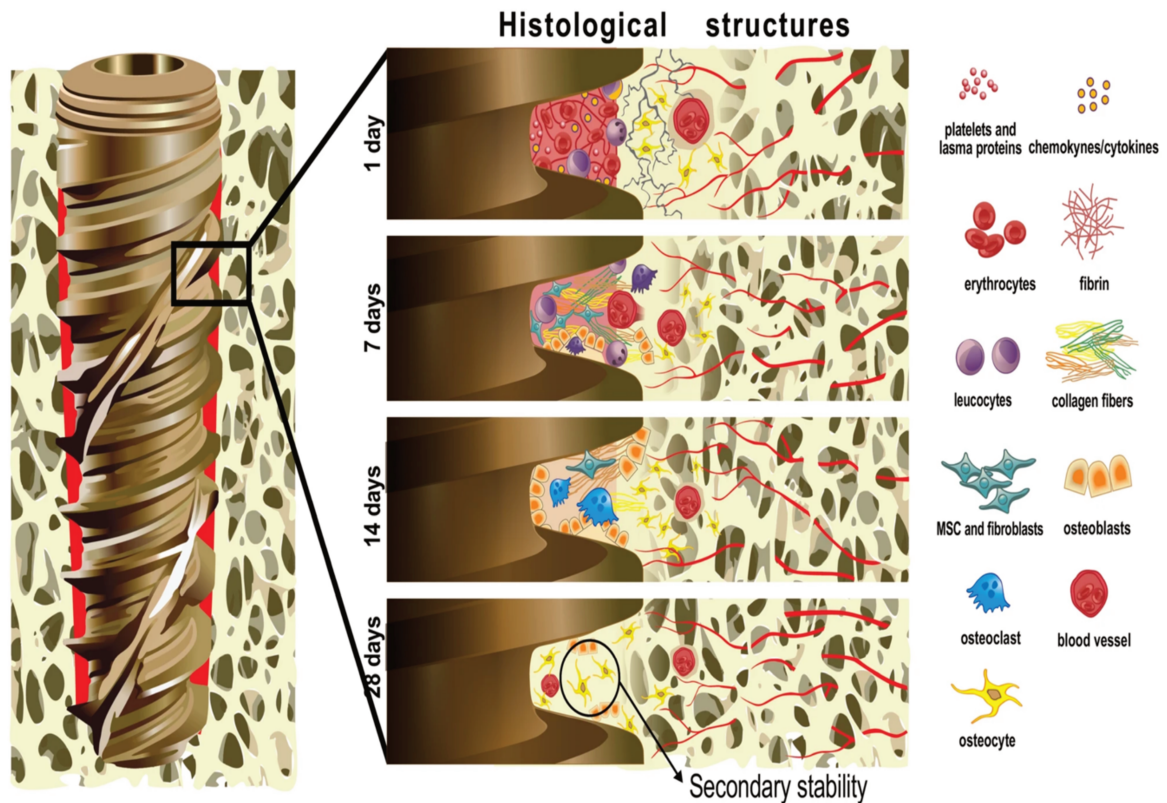


Figure 5 : Représentation graphique de la chronologie de l'osseointégration des implants dentaires concernant les événements cellulaires du jour 1 au jour 28 après l'implantation. Il est possible d'observer la présence d'une interface os-implant bien définie après 28 jours d'implantation. [20]

1.4 Protocole d'utilisation

Les forets Densah® peuvent être utilisés dans différentes situations afin d'obtenir une augmentation de la densité osseuse alvéolaire ou augmenter les dimensions verticales et transversales d'un site implantaire. Nous ne détaillerons ici que le protocole opératoire dans le cadre des élévations sinusiennes par voie crestale. Comme dans tout cas d'implantologie, l'analyse préopératoire est une nécessité. L'absence de pathologie sinusienne est un prérequis à l'intervention. Nous porterons une attention particulière à plusieurs critères qui sont la hauteur et largeur résiduelle de l'os sous sinusien ainsi que sa densité.

Le praticien devra suivre un protocole précis afin de réaliser une OD de qualité et une chirurgie reproductible.

1. Mesure de la HOR radiologique à l'aide d'un CBCT



Figure 6 : Radiographie pré-opératoire [21]

2. L'opération débute par une anesthésie locale du site à implanter avec une solution d'adrénaline (1 :100000), sauf contre-indication relative à l'adrénaline.
3. Il faut ensuite rabattre les tissus mous afin d'obtenir un accès visuel complet de la crête alvéolaire
4. Afin de préserver le volume osseux, il faut éviter d'utiliser un foret pilote. Selon le type d'implant, ainsi que le diamètre sélectionné pour le site, débiter avec le foret Densah® de 2,0 mm en sens antihoraire à une vitesse de 800 à 1500 tr/min avec irrigation abondante. Engager doucement le foret jusqu'à atteindre l'os dense du plancher du sinus. Confirmer l'emplacement du foret avec une radiographie.
5. L'autogreffe par ostéocondensation ne peut aller au-delà de 3mm du plancher sinusien. À l'aide du foret 3.0mm on va venir compacter en appliquant une pression modérée et un mouvement de pompage important afin de repousser la membrane sinusienne. Au passage de la corticale du plancher on peut ressentir une sensation de vide. À ce moment-là on pousse la membrane en réalisant des incréments de 1mm par 1 mm d'os autogène.

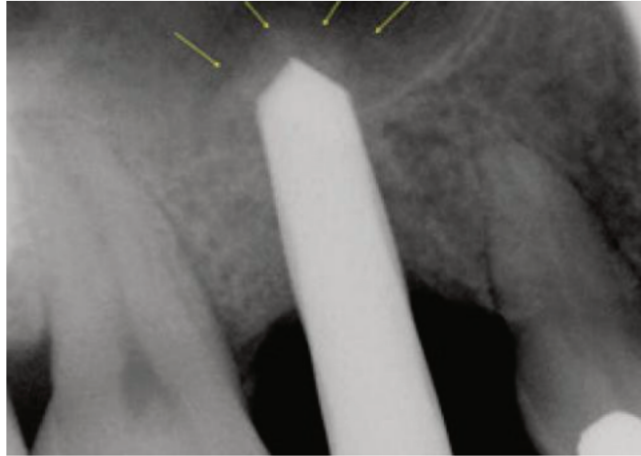


Figure 7 : Radiographie foret 3.0mm en place [21]

6. En fonction du diamètre d'implant choisi, utiliser les forets de diamètres supérieurs jusqu'à obtenir le diamètre voulu. Les forets ne doivent en aucun cas progresser à plus de 3 mm au-delà du plancher du sinus, peu importe le diamètre.
7. Propulser le biomatériau. Après avoir obtenu le diamètre d'ostéotomie final prévu, remplir l'ostéotomie d'un biomatériau. Utiliser le dernier foret utilisé à l'étape 4 en sens antihoraire à une vitesse de 150 à 200 tr/min sans irrigation pour propulser le biomatériau sous la membrane sinusienne. Le foret ne doit que faciliter la compaction du biomatériau afin de soulever davantage la membrane du sinus et non pas aller au-delà de 3 mm du plancher du sinus. Répéter l'étape de propulsion de greffe pour soulever encore plus la membrane au besoin, selon la longueur de l'implant.

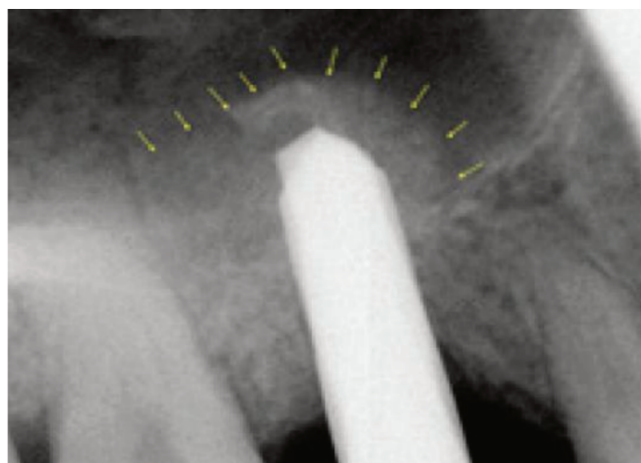


Figure 8 : Radiographie après condensation du biomatériau [21]

8. Positionner l'implant

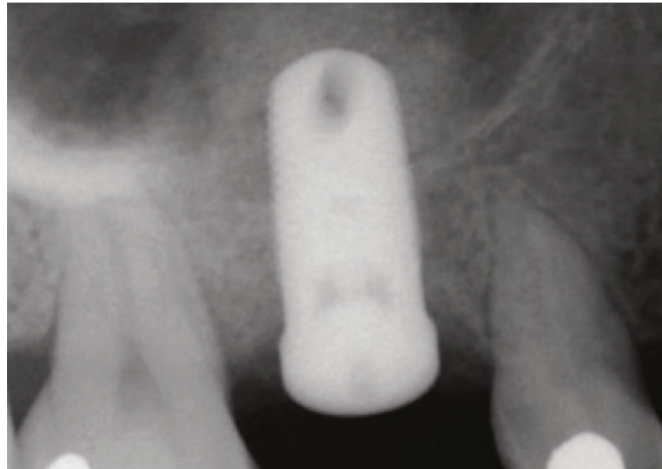


Figure 9 : Radiographie postopératoire [21]

Les notions clés à retenir pour réaliser avec succès l'OD sont, utilisation du foret en sens anti-horaire dans une vitesse de rotation entre 800 et 1500 rpm avec une irrigation importante et un mouvement de pompage lui aussi indispensable.

1.5 Présentation d'un cas clinique iconographié

Présentation d'un cas clinique réalisé par le Dr Laurent Bluche, Implantologue à Carcassonne et formateur pour le laboratoire Pred qui commercialise Versah.

Il s'agit de la pose d'un implant en position de deuxième molaire maxillaire gauche (27), dans un maxillaire présentant une atrophie modérée.

Il réalise dans un premier temps une radio panoramique puis un examen 3D afin d'évaluer la hauteur osseuse résiduelle, ici 3mm.



Figure 10 : Panoramique dentaire (Courtoisie du Dr Laurent Bluche)

Ensuite, on passe à la prévisualisation de l'implant sur le logiciel 3D afin de mesurer la hauteur sinusienne que l'on souhaite gagner afin de connaître approximativement le nombre d'incrémentations qu'il faudra réaliser, sachant qu'une incrémentation permet de soulever le sinus de 1mm environ. Il est décidé de sélectionner un implant 4/11 et donc le gain vertical devra être d'au moins 8mm.

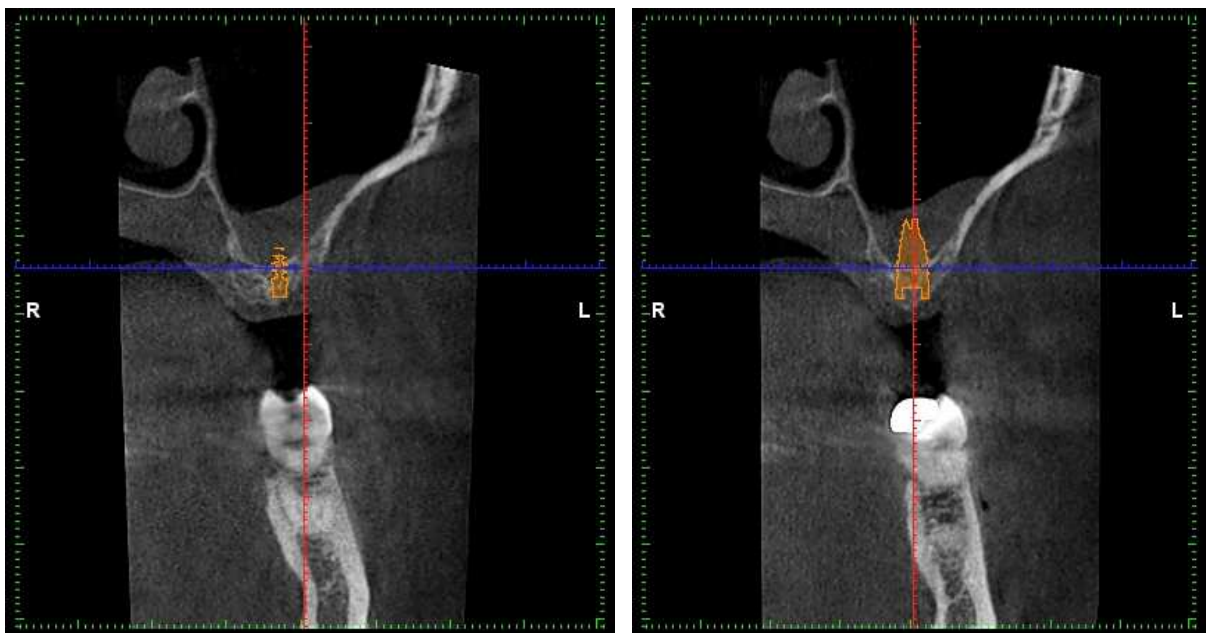


Figure 11 : Cone beam pour mesure de l'HOR et prévisualisation de l'implant (Courtoisie du Dr Laurent Bluche)

Concernant l'intervention, on réalise une incision crestale et un décollement afin d'apercevoir le sommet de la crête osseuse, ensuite, il y a le passage du foret pilote en sens horaire qui permet de contrôler radiologiquement l'axe de forage.



Figure 12 : réalisation de l'incision crestale (Courtoisie du Dr Laurent Bluche)

L'ostéocondensation commence, les forets VT8 2.3mm puis VT8 3.3mm sont passés, on règle le moteur sur 1200tour/min avec une irrigation importante, il faut réaliser un mouvement de pompage pour progresser doucement jusqu'à la membrane. L'intégrité de la membrane est contrôlée visuellement (présence de sang dans le site d'ostéotomie) et cliniquement en faisant réaliser une manœuvre de Vasalva au patient.

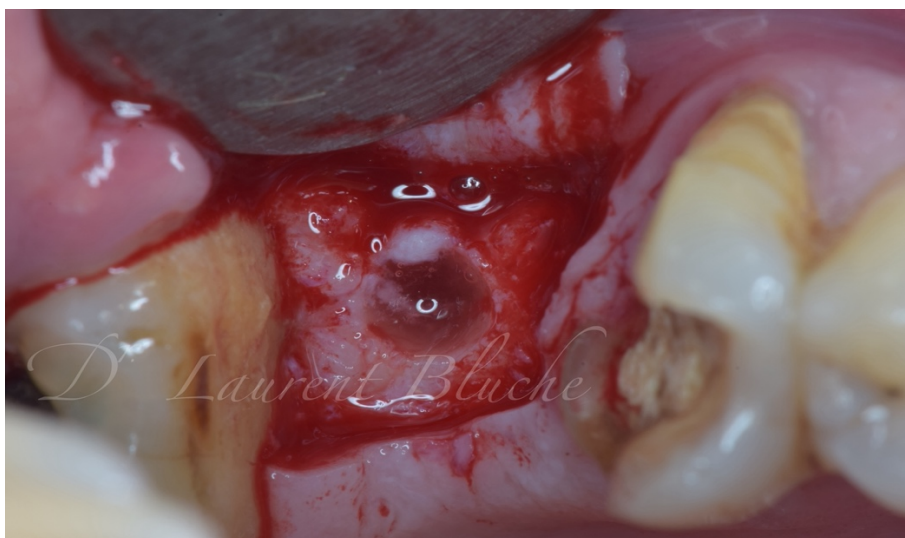


Figure 13 : Site de l'ostéotomie, contrôle perforation de la membrane (Courtoisie du Dr Laurent Bluche)

Une fois la sensation de vide ressenti par le praticien et le plancher sinusien perforé, on peut commencer à réaliser la reconstruction osseuse guidée en réalisant des incrémentations, le moteur passe à faible vitesse 100 tour/min et sans irrigation afin de projeter le biomatériau dans le site d'ostéotomie, ici il s'agit d'un putty de chez OsteoBiol, c'est une pâte osseuse d'origine porcine pré-hydratée avec un collagène cortico-spongieux.



Figure 14 : Réalisation de la greffe d'apposition (Courtoisie du Dr Laurent Bluche)

Quand la reconstruction est réalisée on passe au positionnement de l'implant.

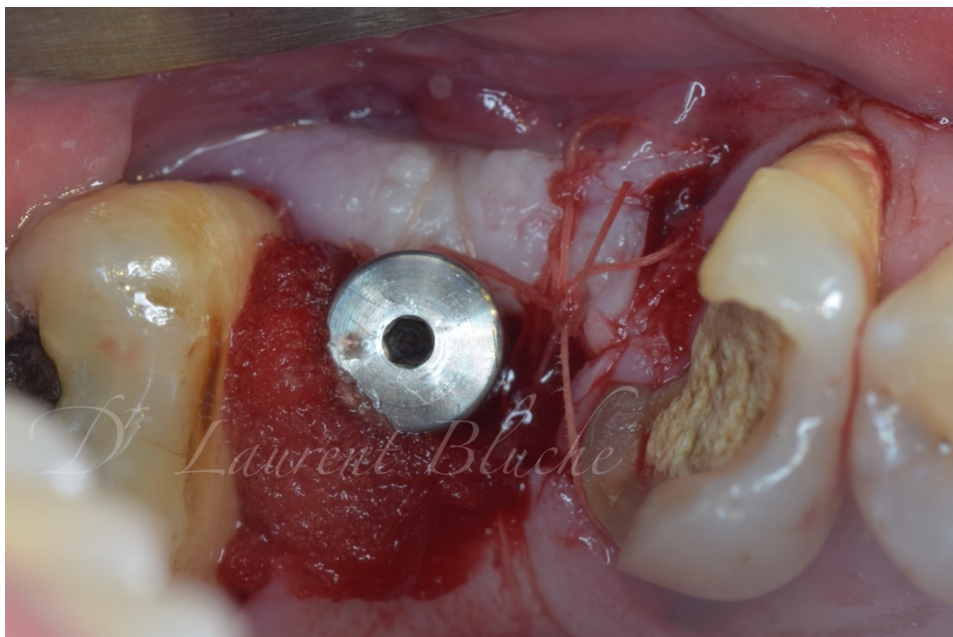


Figure 15 : Mise en place de la vis de cicatrisation et réalisation des sutures (Courtoisie du Dr Laurent Bluche)

Est ensuite réalisé un cone beam pour vérifier le positionnement 3D de l'implant et valider que le soulèvement de sinus s'est bien déroulé.

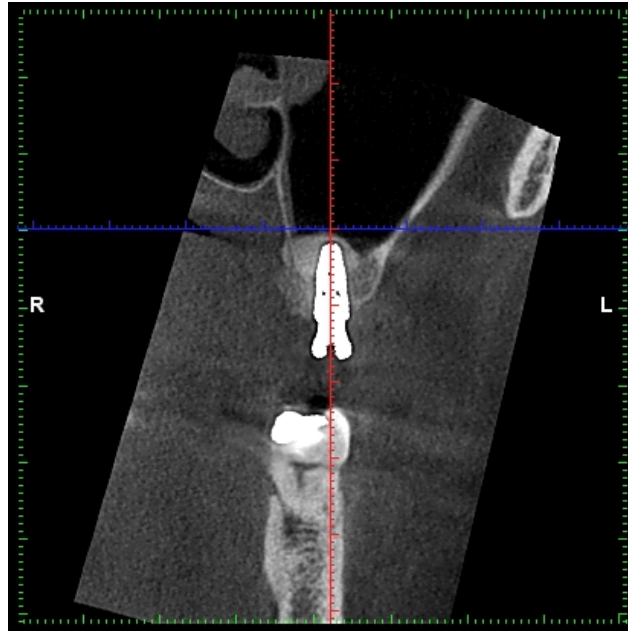


Figure 16 : Cone beam pour vérifier que le sinus est sain et que l'implant est bien positionné (Courtoisie du Dr Laurent Bluche)

2 Revue critique de la littérature

Cette partie aura pour but d'analyser les différents articles traitant de l'ostéodensification plus précisément au service du sinus lift disponible sur les différentes plateformes de recherche d'article scientifique afin de répondre à la question suivante : est-ce que les données scientifiques actuelles permettent d'affirmer que l'ostéodensification est une technique fiable, efficace, reproductible, prédictible et sans risque ?

La récupération des données s'est déroulée de la manière suivante, dans un premier temps une recherche bibliographique a été effectuée sur les différentes plateformes PubMed ainsi que Google Scholar, les mots clés étant : « OSSEODENSIFICATION » et « SINUS » (n=36), la sélection des articles s'est ensuite effectuée en excluant les doublons présents sur les deux plateformes (n=2). S'en est suivi une lecture des titres et résumés des différents articles permettant de réaliser la dernière étape d'exclusion notamment les études ex-vivo et in-vitro (n=23) pour finalement ne garder que 8 articles qui constitueront notre base de données et qui donc feront l'objet d'une lecture approfondie ainsi que d'un relevé des différentes informations.

Pour répondre à notre question, nous étudierons de façon exhaustive dans chaque article certaines données, l'ISQ (implant stability quotient) qui nous permettra d'affirmer l'apport en termes de stabilité primaire, le taux de perforation membranaire, le gain vertical obtenu, le confort du patient, et surtout nous nous attarderons sur la cohérence et la pertinence de ses articles.

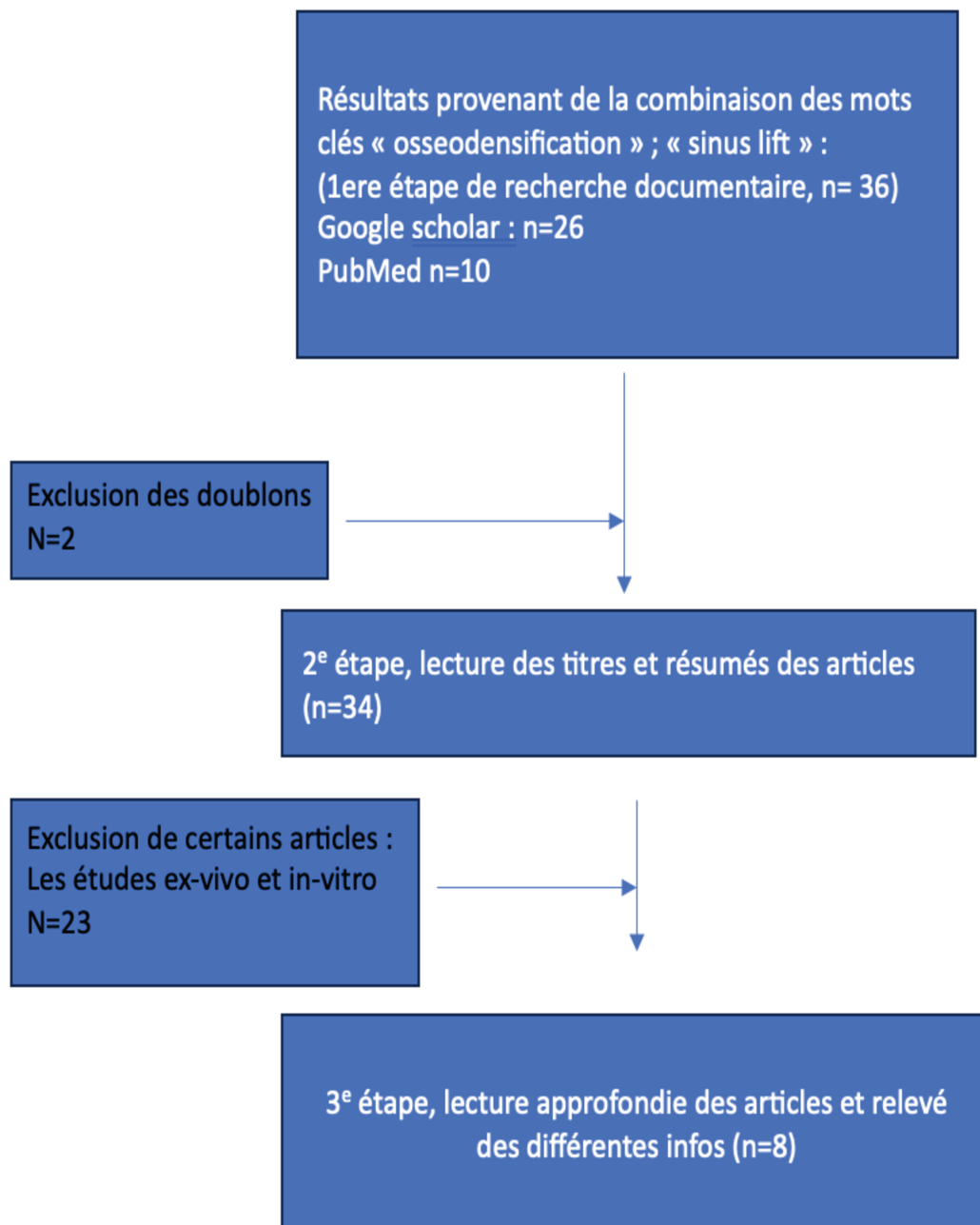


Figure 17 Diagramme de flux pour la sélection des articles à étudier (Réalisé par l'auteur)

2.1 Étude du premier article publié au sujet de l'ostéocondensation

Le premier article étudié est rédigé par Pr Huwais *et al.* en 2018, qui est à l'origine de la création de Versah, il s'agit d'une étude multicentrique rétrospective, réalisée au sein de trois cliniques, avec un recul allant jusqu'à cinq années post-opératoires sur des cas d'implantations utilisant la technique d'OD pour augmenter la hauteur sous sinusienne par voie transcrestale [22].

222 patients ont été retenus pour l'étude pour un total de 261 implants posés. Les critères d'inclusions sont d'avoir au minimum 2mm d'HOR et de ne pas avoir de pathologie sinusienne ou d'antécédent de pathologie sinusienne ni d'avoir eu de traitement biphosphate, et au moins 6 mois de suivi après le sinus lift.

Les praticiens ont suivi un protocole chirurgical standardisé bien précis faisant référence au guide d'utilisation des forets Densah (*cf. part II*)

Le but de cette étude est d'évaluer l'efficacité, la prédictibilité de la méthode d'OD et sa capacité à faciliter l'élévation sous sinusienne par voie crestale avec pose simultanée de l'implant.

Les résultats sont les suivants, 97% de taux de survie de l'implant, les 8 échecs chez 5 patients ont eu lieu avant le contrôle des 6 mois pendant l'ostéo intégration, parmi les 5 patients 3 étaient fumeurs. En comparaison à une autre technique de sinus lift par voie crestale, la technique de Summers, on a un taux de survie implantaire à court terme sensiblement identique (95,2 à 100%) [23]. Sur le long terme (12 ans de suivi), on obtient un taux de survie de 90,4% [24].

Ce qui diffère au niveau des résultats c'est la survie en fonction de la HOR, avec l'ostéocondensation l'HOR ne semble pas avoir d'incidence sur la survie implantaire, alors qu'avec la technique de Summers le taux de survie chute drastiquement lorsque la HOR est inférieure à 4mm (73,3% de taux de survie selon Toffler) [25].

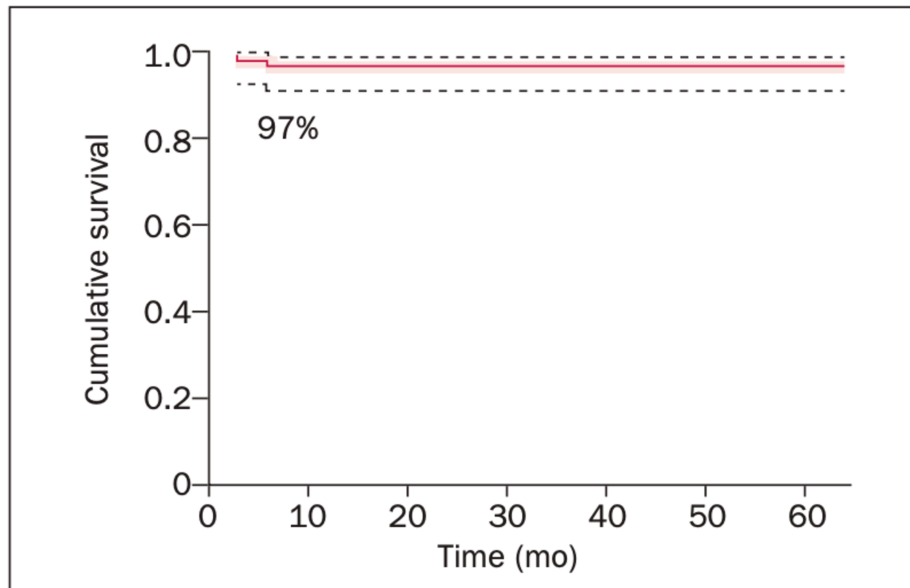


Figure 18 : Taux de survie implantaire pendant la période de suivie [22]

Historiquement, la littérature soutient largement l'élévation du sinus par voie transcrestale mais uniquement dans des sites présentant une hauteur osseuse résiduelle minimale de 6mm [23,24].

Cependant, cette étude démontre bien que la voie transcrestale peut être empruntée en utilisant la technique d'ostéodensification avec des HOR allant jusqu'à 2mm avec des épaisseurs de crêtes supérieures à 4mm.

Les résultats présentent des gains verticaux importants, semblables à ceux obtenus par voie latérale, même face aux cas d'atrophies majeures (HOR comprise entre 2 et 5mm), il faudra cependant utiliser un substitut osseux qui sera inséré dans le site d'ostéotomie afin de propulser la membrane de Schneider sans risque de perforation.

Huweis revient également sur l'augmentation de la densité osseuse autour du site d'ostéotomie ainsi que sur la production d'une compaction d'os autogène tout le long du site d'ostéotomie et plus particulièrement dans la portion apicale, ainsi que sur l'effet spring-back créé par la plasticité de l'os compacté contre le corps implantaire. Ces deux phénomènes vont augmenter significativement la stabilité primaire [11].

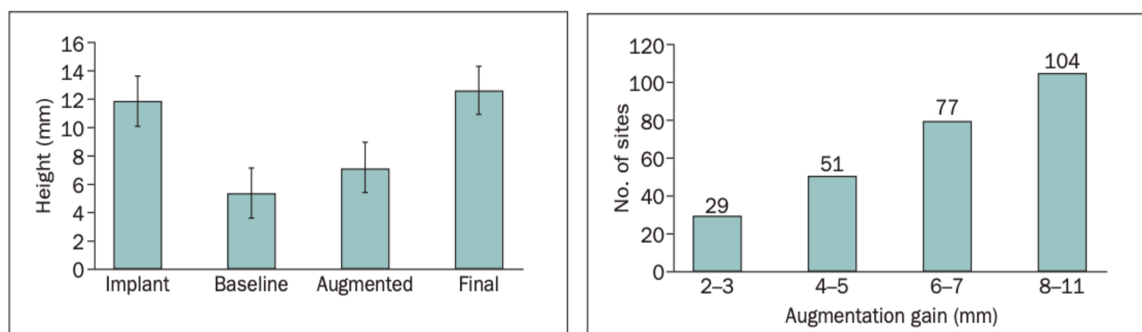


Figure 19 : Taille des implants + HOR et GV

Intervalle de GV en fonction du nombre d'implants posés [22]

La conclusion tirée par les auteurs est que l'ostéodensification présente trois avantages, le premier est qu'elle permet d'obtenir des résultats semblables à celle de la voie latérale en évitant les désavantages de celle-ci, morbidité du site, complication post-opératoire, coût pour le patient etc. Deuxièmement, l'os compacté va améliorer la stabilité primaire [11,26]. Dernièrement, sur la pose des 261 implants aucune perforation membranaire n'a été relevé ce qui est un véritable avantage en comparaison à la méthode de Summers qui elle compte 24% de taux de perforation [27], et de plus il est généralement observé que le temps de procédure chirurgical est réduit ainsi que les traumatismes et morbidité ce qui est un vrai confort pour le patient.

Pour ce qui est de notre analyse critique de l'article, on notera comme levier important de pertinence le fait que l'on ait un suivi sur 5 ans post-opératoire qui permet d'avoir un certain recul sur cette technique, de plus l'étude est multicentrique ce qui renforce également la puissance de l'étude, il faut cependant relativiser les résultats car l'auteur principal de cette étude est le Dr Huwais qui est le fondateur de Versah, on pourrait imaginer un léger biais des résultats à des fins commerciales. D'après les résultats obtenus, la méthode transcrestale par ostéodensification semble remplir le cahier des charges d'un rehaussement sous sinusien avec des résultats comparables à ceux d'un sinus lift par voie latérale tout en étant moins invasif, plus confortable pour le patient, moins onéreux.

2.2 Étude d'un article opposant la voie crestale par OD et par utilisation d'ostéotomes classiques.

Le deuxième article rédigé par Arafat et Elbaz [28] met quant à lui en opposition le sinus lift par voie crestale avec l'utilisation des ostéotomes, technique décrite par Summers en 1994, au sinus lift réalisé via OD. L'étude est réalisée à la faculté dentaire d'Égypte (Université MSA). 24 patients ont été sélectionnés et aléatoirement, on a réalisé l'une ou l'autre technique. 12 patients dans chaque groupe. Les critères d'inclusions étaient d'avoir un implant à placer en secteur atrophique maxillaire postérieur, d'avoir au moins 18 ans, que la hauteur osseuse résiduelle soit d'au moins 5mm.

Les critères évalués au cours de l'étude sont, le gain vertical obtenu, calculé en soustrayant la hauteur osseuse résiduelle initiale à la hauteur osseuse à M+6 le tout mesuré par cone beam CT, puis la stabilité primaire et secondaire mesuré à l'aide d'un Osstell, équipement permettant de mesurer la stabilité par analyse de la fréquence de résonance (RFA) entre l'os et l'implant, le jour de la pose de l'implant (ISQ) et 6 mois plus tard pour la stabilité secondaire.



Figure 20 : OssTell Beacon, mesure de l'ISQ via RFA

Concernant les résultats, tous les implants ont été correctement ostéo intégrés. Un taux de survie de 100% à 6 mois post pose est obtenu. Aucun patient ne s'est plaint de douleur. Aucun signe d'inflammation ou de perforation de la membrane de Schneider n'est observé.

Le gain vertical est plus important dans le groupe ayant eu le protocole d'ostéodensification, sachant que pour cette étude il n'y a pas eu recours à des greffes osseuses.

Tableau 1 : Tableau comparatif ostéotome vs OD avec mesure de la stabilité et du gain vertical [28]

| | | Osteotome | | Osseodensification | | p-value |
|---------------------------|------------|-----------|------|--------------------|------|----------|
| | | Mean | SD | Mean | SD | |
| Residual bone height (mm) | Immediate | 7.14 | 0.47 | 7.38 | 0.52 | 0.260 NS |
| | 6 Months | 9.93 | 0.57 | 10.71 | 0.43 | 0.001* |
| | p-value | ≤0.001* | | ≤0.001* | | |
| | Difference | 2.79 | 0.30 | 3.33 | 0.25 | ≤0.001* |
| Stability | Immediate | 52.83 | 6.29 | 65.17 | 4.39 | ≤0.001* |
| | 6 Months | 67.83 | 4.78 | 75.92 | 2.94 | ≤0.001* |
| | p-value | ≤0.001* | | ≤0.001* | | |
| | Difference | 15.00 | 3.28 | 10.75 | 4.25 | ≤0.001* |

Le succès de l'élévation sinusienne par voie crestale réside dans la valeur de la stabilité primaire de l'implant évalué par l'ISQ qui va représenter la qualité de l'ostéo intégration.

Dans l'étude actuelle, le groupe OD présente un ISQ significativement augmenté par rapport au groupe des ostéotomes que ce soit au jour de la pose de l'implant ou lors du rendez-vous de contrôle 6 mois plus tard (stabilité secondaire).

Ceci est expliqué par la technique de forage de l'OD qui produit une compaction de l'os sur les murs du site d'ostéotomie ainsi que par la présence de copeaux osseux autogreffés sur tout le périmètre du site.

De plus, en comparaison, selon les études de Frost [29] et Mori *et al.* [30], les dommages traumatiques osseux provoqués par l'élévation sinusienne par ostéotomes retardent l'obtention de la stabilité secondaire.

Notre conclusion est la suivante : une fois de plus l'OD semble être une technique avec peu de risque per et post-opératoire, les résultats obtenus en termes de stabilité sont en faveur de l'OD.

Il faut cependant noter que l'étude est réalisée sur un faible échantillon et que la durée de contrôle se limite à 6 mois.

2.3 Nouvelles indications, vers un changement de paradigme ?

Historiquement, la voie crestale était délaissée quand on faisait face à une HOR inférieure à 5mm [31]. On avait alors recours à un sinus lift par voie latérale en association à une greffe osseuse d'apposition et une pose de l'implant différée.

Nilesh Salgar, dans son étude datant de 2023 [32] commence par faire un rappel sur les indications du sinus lift par voie crestale avec ses anciennes techniques puis il liste les inconvénients du sinus lift par voie latéral : la réalisation d'un large lambeau, la perforation récurrente de la membrane de Schneider, la difficulté de conception et de préparation de la fenêtre osseuse, l'épaisseur de la paroi latérale osseuse et la lésion des vaisseaux sanguins présents dans la paroi osseuse latérale.

Son étude a pour objectif de démontrer que la voie crestale peut également être empruntée avec des HOR inférieur à 5mm et même dans ses cas avec une HOR inférieur à 1,5mm en combinant la technique de l'OD et la réalisation d'une greffe osseuse une fois le plancher sinusien atteint.

Concernant le protocole, dans un premier temps les sites d'ostéotomies sont marqués à l'aide de pointes de gutta pour identifier radiologiquement la zone de forage. Ensuite les forets Versah en mode anti-horaire à haute vitesse (1100 RPM) sont utilisés avec une irrigation abondante, on augmente progressivement de diamètre allant jusqu'à 5.3mm. Une fois le plancher perforé et l'intégrité de la membrane vérifiée, l'élévation de celle-ci peut commencer en utilisant le dernier foret à faible vitesse (150RPM) en sens horaire avec un mouvement de pompage important et sans irrigation pour propulser l'allogreffe (MTF symbios de chez Dentsply Sirona) avec des incréments de 1 mm par 1 mm. Le foret ne peut dépasser de plus de 3mm le plancher sinusien perforé.

L'opération sera répétée jusqu'à ce que l'on obtienne la hauteur nécessaire pour poser le futur implant.

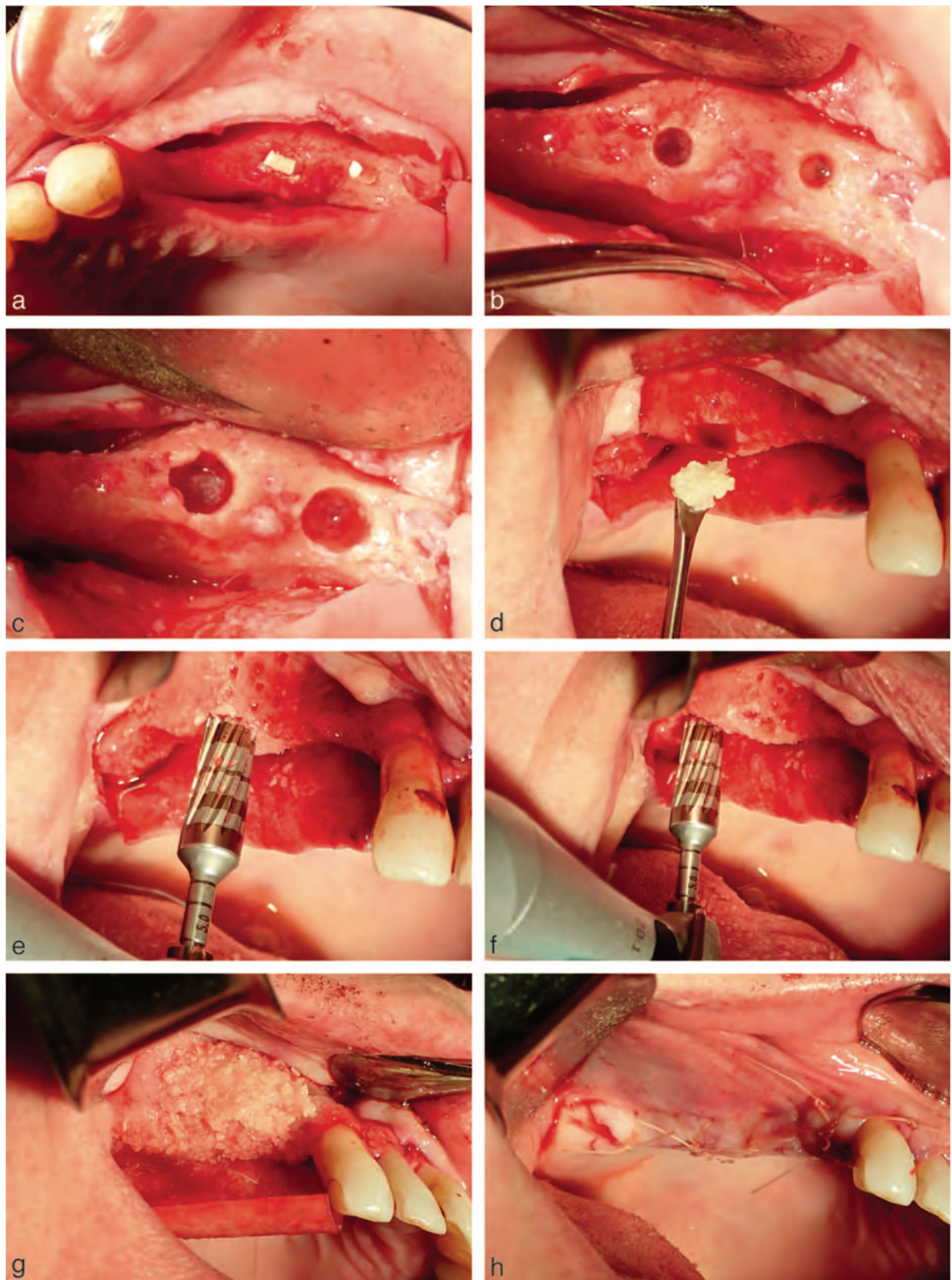


Figure 21 Présentation iconographiée du protocole pour la situation clinique 1 [32]

Les résultats obtenus pour les 3 cas en utilisant la technique de l'OD démontrent qu'il est possible d'obtenir des gains verticaux semblables à ceux obtenus en utilisant la voie latérale avec fenêtre d'accès, jusqu'à 13,1mm.

L'auteur souligne que la fiabilité et l'efficacité de cette technique en présence de faible HOR dépendra de la planification rigoureuse de l'acte, ainsi que du talent et entraînement du chirurgien. Un praticien peu expérimenté aura de plus grande chance de perforer la membrane sinusienne par exemple. C'est pour cela qu'il est vivement conseillé de se former et de s'entraîner sur des cas moins extrêmes.

Les limites de cette étude sont le faible nombre de cas et le suivi post-opératoire assez court (1 an).

Cependant, cette technique pourrait représenter une alternative viable pour la réalisation de sinus lift dans des zones d'atrophie osseuse majeure. La réalisation de futures études est requise pour valider statistiquement l'efficacité de cette technique.

Tableau 2 : présentation des trois situations cliniques [32]

| TABLE 1 | | | | | | |
|--|-----------|----------|-----------|----------|-------------|-------------|
| Detailed sinus measurements: Initial, elevated, and final elevated sinus membrane heights* | | | | | | |
| | Patient 1 | | Patient 2 | | Patient 3 | Mean and SD |
| Age (y) | 61 | | 46 | | 56 | 54.3 ± 6.2 |
| Sinus location | Posterior | Anterior | Posterior | Anterior | Mid-Crestal | |
| Pre-op RBH (mm) | 1.5 | 1.5 | 1.2 | 0.9 | 0.4 | 1.1 ± 0.4 |
| Post-op height (mm) | 12.2 | 15.1 | 13.0 | 11.2 | 13.5 | 13.0 ± 1.3 |
| Vertical gain (mm) | 10.7 | 13.6 | 11.8 | 10.3 | 13.1 | 11.9 ± 1.3 |

2.4 Étude de la préservation de l'intégrité de la membrane de Schneider

L'un des défis majeurs de l'implantation en secteur maxillaire postérieur en cas d'atrophie osseuse importante est la gestion de l'intégrité de la membrane de Schneider. Alhayati et Al-Anee [33] réalisent une étude chez 17 patients pour un total de 20 sinus lift réalisés avec une HOR comprise entre 2 et 6mm, avec comme objectif de démontrer si l'ostéodensification est une méthode fiable et que la voie crestale peut être utilisée même avec une HOR inférieure à 5mm en ayant des résultats tout aussi satisfaisants qu'avec les techniques traditionnelles.

Pour ce faire, l'étude est réalisée chez 17 patients en bonne santé globale, sans pathologie pouvant affecter la qualité osseuse. Sont exclus également les gros fumeurs (>20 par jour), les patients atteints d'addiction à la cocaïne ou l'alcool.

Suite au cone beam, les patients sont répartis dans 2 groupes par rapport à la HOR afin d'évaluer les différences en termes de stabilité en corrélant la HOR et l'ISQ.

Les autres critères évalués sont le taux de perforation de la membrane sinusienne, réalisé en propulsant une solution alcaline dans le site d'ostéotomie (Fig 22a) à l'aide d'un dispositif qui permet de récupérer la solution après injection et de vérifier la quantité récupérée (Fig 22b). Si la quantité est la même la membrane est intacte. On peut également pendant la procédure demander au patient s'il ne ressent pas d'écoulement nasal.

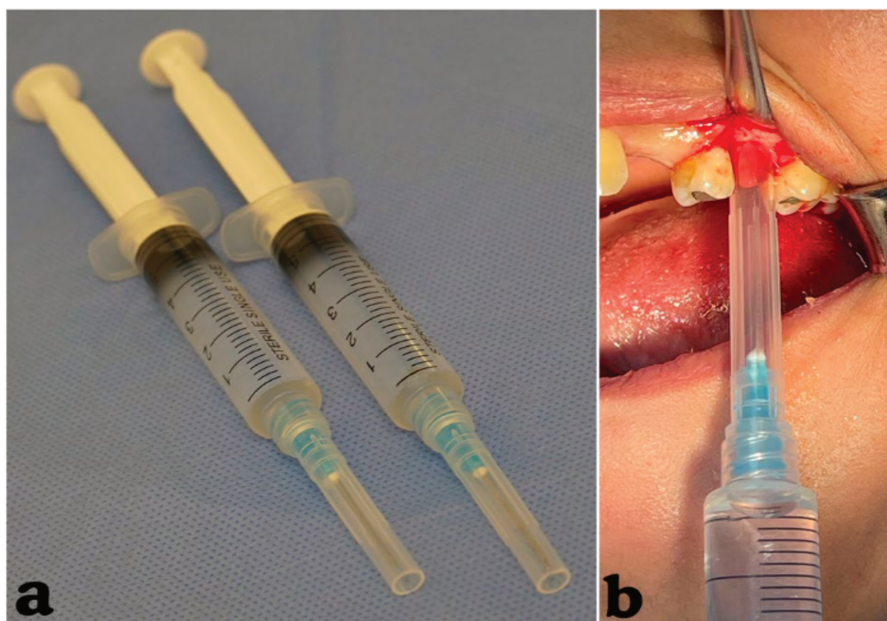


Figure 22 : Présentation du dispositif permettant de vérifier l'intégrité de la membrane sinusienne [33]

Une fois l'intégrité vérifiée, les incréments de 1mm peuvent être incorporés successivement afin d'élever la membrane à l'aide des forets Versah en mode condensation sans irrigation à faible vitesse. À la fin du positionnement de l'implant on mesure le temps chirurgical écoulé.

L'HOR au niveau du site receveur est essentielle pour déterminer le risque de perforation de la membrane sinusale. De plus, la principale limite du sinus lift par voie crestale (techniques de Summers et autres ostéotomes) est qu'en deçà de 5mm on fait face à un risque accru de perforation et une stabilité primaire faible [5].

Les précédentes études donnent les statistiques suivantes :

- Concernant l'HOR, Rosen *et al.* ont conclu que l'HOR est directement liée au taux de survie de l'implant, avec 96% quand on est > à 5 mm et 85% quand on est < à 4mm [34].
- La perforation de la membrane est l'une des complications les plus fréquentes lors d'un sinus lift avec une fourchette relativement large allant de 10 à 44% [35,36].
- selon Kasabah *et al.*, la perforation de la membrane sinusienne représente jusqu'à 56 % des complications du soulèvement sinusale [37].
- En cas d'élévation par voie crestale l'incidence de perforation fluctue de 0 à 21,4% [38].
- Ardekian *et al.* ont constaté que les membranes sinusiennes ayant une crête résiduelle de 3 mm avaient un taux de perforation de 85 %, tandis que les crêtes résiduelles de 6 mm avaient un taux de perforation de seulement 25 % [39].

Dans la présente étude, l'HOR est comprise entre 2 et 6mm, correspondant à une atrophie majeure, les ostéotomes classique n'étant pas employés pour traiter ces cas, ce paramètre permet donc de mettre en opposition les caractéristiques spécifiques des forets Versah et l'ostéocondensation, au sinus lift par voie latérale direct.

La rotation dans le sens anti-horaire et la conception de la fraise Versah facilite le compactage de l'os autogène le long de la paroi du site d'ostéotomie et apicalement vers le plancher des sinus. De plus, l'action de pompage de la fraise (mouvements

d'entrée et de sortie) et l'irrigation abondante pressent le greffon osseux visqueux, ce qui va créer une pression hydraulique pour libérer et soulever de manière atraumatique la membrane de Schneider.

De plus, le matériau de substitution osseux a été poussé efficacement dans le sinus, élevant davantage la membrane tout en démontrant un faible risque de perforation.

Il n'y a aucune preuve clinique de perforation dans la présente recherche, ce qui est confirmé par CBCT en postopératoire, même lorsque le RBH était de 2mm. La moyenne de la stabilité secondaire est significativement supérieure à la moyenne de la stabilité primaire, avec des valeurs de (74,22 contre 69,85), respectivement.

Tableau 3 : valeur de l'ISQ au sein de l'étude [33]

| | Primary stability | Secondary stability | P-value |
|---------------|-------------------|---------------------|--------------|
| Mean ISQ (SD) | 69.85 (9.74) | 74.22 (8.11) | 0.011 [S] |
| Minimum | 50.50 | 51.00 | |
| maximum | 83.00 | 85.00 | |

SD, Standard deviation; *P*, probability value; *S*, significant

Une telle stabilité d'implant primaire moyenne à élevée (en fonction de l'échelle ISQ) dans un échantillon d'étude avec une qualité et une quantité osseuse médiocres est associée au concept d'ostéodensification.

L'OD repose sur la préservation et la collecte de l'os autogène au sein du site implantaire via un forage non soustractif et le compactage de l'os spongieux, qui possède de fortes propriétés de déformation viscoélastique et plastique.

Contrairement aux ostéotomies traditionnelles, l'OD crée l'ostéotomie tout en préservant le tissu osseux vital et en augmentant la quantité et la densité de l'os péri-implantaire, ainsi qu'en augmentant le contact os-implant (BIC) et le pourcentage de

volume osseux (BV) autour, améliorant ainsi la stabilité de l'implant [11] sans altération de l'ostéointégration par rapport au forage régulier [26].

Hendi et Beda soutiennent l'utilisation de la technique OD pour améliorer la densité osseuse dans les zones à faible densité osseuse et démontrent un changement statistiquement significatif dans la densité osseuse moyenne mesurée à l'emplacement apical de l'implant [40].

Pai *et al.*, dans leur analyse histomorphologique, ont révélé la présence de fragments d'os autogènes dans les sites d'ostéotomie ostéodensifiés, en particulier dans les os à faible densité minérale par rapport aux forets classiques. Ces fragments ont agi comme des surfaces de nucléation, favorisant la régénération osseuse autour des implants et offrant une plus grande densité et stabilité osseuses [41].

Concernant la gestion de l'intégrité membranaire avec la technique de l'OD, 3 autres études ont été réalisées :

- EL-Ghobashy *et al.* [42] dans une étude de 2023 vont réaliser une étude prospective en opposant un groupe qui recevra la technique de l'OD (n=6) et un groupe avec la technique des ostéotomes (n=6), l'étude se penche sur le confort du patient. Le temps opératoire est réduit de manière significative dans le groupe OD alors que le score de douleur et d'œdème post-opératoire lui n'est pas significatif, et il n'observe aucune perforation membranaire.
- Toujours en 2023, Shalash *et al.* [43] sortent une étude de 16 cas examinant la conservation de l'intégrité membranaire en cas de soulèvement de sinus quand le plancher est oblique avec une atrophie osseuse modérée, HOR comprise entre 4 et 7mm, le contrôle est réalisé visuellement à l'aide de loupe (grossissement x6) (Fig 23)

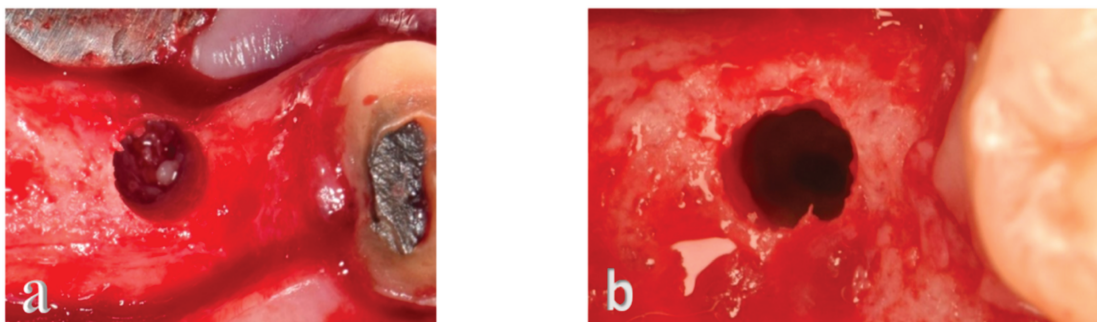


Figure 23 : Photo intrabuccale du contrôle visuel de l'intégrité membranaire avec aide optique (x6)[43]

Les résultats ont mis en évidence une seule perforation qui n'a eu aucun impact sur la suite du traitement, un an après tous les cas présentaient un succès clinique sans signe de pathologie ou de complication sinusienne.

- Kumar et Narayan [44] en 2017 publient également une étude sur la gestion de la membrane sinusienne chez 20 patients, il est rapporté que grâce au phénomène d'ostéodensification, au pompage important et au design des forêts Versah aucune perforation n'avait été enregistrée.

Cette étude reprend toutes les anciennes valeurs concernant les méthodes de sinus lift classiques, par voie crestale et de sinus lift direct par voie latérale. En opposant ces valeurs et celles obtenues au sein de cette étude, on pourrait affirmer que l'OD est une technique simplifiée, moins traumatique, avec un taux de morbidité de la membrane de Schneider diminué et un temps opératoire lui aussi réduit.

Cependant, le faible échantillon de sinus lift réalisé (n=20), le fait que les actes chirurgicaux soient réalisés par le même praticien, et que la période de suivi soit relativement courte (6mois) sont des facteurs limitant la puissance de l'étude.

2.5 Étude de la stabilité implantaire

Une revue de la littérature a été publiée récemment par Althobaiti *et al.* [45] afin d'évaluer de manière comparative la stabilité primaire de l'implant à l'aide du forage par ostéodensification aux méthodes de forage conventionnelles.

Une recherche électronique a été effectuée dans plusieurs bases de données pour des publications pertinentes en anglais de janvier 2013 à décembre 2022. Les essais cliniques randomisés (ECR) et les études non randomisées d'interventions (NRSI) ont été inclus. La qualité des études a été évaluée par deux enquêteurs indépendants à l'aide de l'outil Cochrane de risque de biais.

Un total de 8 articles a été retenu au sein desquelles les valeurs d'ISQ sont comparées entre les différentes techniques.

L'effet potentiellement positif de l'utilisation de l'ostéodensification pour la préparation de l'ostéotomie est la compaction autogreffe de l'os. Cette compaction offre une stabilité mécanique supplémentaire et peut également agir comme agent

nucléant pour une nouvelle croissance osseuse. Ces observations sont en accord avec d'autres revues systématiques qui se sont concentrées uniquement sur les études animales ou les études cliniques humaines.

Les études histologiques montrent que l'ostéodensification augmente le contact os-implant et la fraction de la zone osseuse. D'autres recherches ont également montré des résultats favorables en ce qui concerne l'ostéodensification

Il existe plusieurs méthodes pour déterminer la stabilité primaire de l'implant, à la fois invasives et non invasives. IT est une estimation de la friction rotative de l'implant et RFA se concentre sur la fréquence de résonance du complexe implant-os. La technique de forage joue un rôle crucial dans l'atteinte de cette stabilité

La technique de forage par ostéodensification est basée sur l'idée de forage non soustractif. Cela permet la préservation de l'os et la compaction autogreffe le long de la paroi de l'ostéotomie. D'autres techniques d'ostéodensification, comme celle développée par Rodda *et al.*, ont été conçues pour optimiser la préparation du site de l'implant.

Il a été suggéré que la technique d'ostéodensification augmente l'IT de 25 Ncm à 49 Ncm dans les os de faible densité. Néanmoins, la technique d'ostéodensification doit être utilisée avec prudence dans des os plus denses.

Les études examinées avaient des durées de suivi différentes, ce qui pourrait expliquer la variabilité des résultats. De futures études bien conçues sont nécessaires pour pleinement comprendre les effets biologiques et cliniques de l'ostéodensification.

La revue actuelle montre une meilleure stabilité des implants et une densité osseuse améliorée pour les implants installés avec la méthode de forage par ostéodensification par rapport aux protocoles de forage conventionnels. Ces résultats peuvent être attribués à un meilleur processus de guérison osseuse en raison de la préservation du tissu osseux et de la matrice osseuse autogreffée locale. Ces informations sont cruciales pour les chercheurs et les cliniciens afin d'évaluer l'efficacité et le succès à long terme de l'ostéodensification comme technique de préparation osseuse pour la pose d'implants dentaires.

3 Discussion

3.1 Puissance d'une étude

La pertinence d'une étude repose sur plusieurs critères étant :

- La centricité de l'étude : est-elle mono ou multicentrique, une étude peut être menée dans différents endroits, différents cabinets en même temps, dans ce cas les scientifiques sont généralement différents, les sujets participants à l'étude également avec des variations inter individuels parfois plus marquée. Une étude multicentrique sera évidemment plus fiable.
- Divulcation des conflits d'intérêts : Les chercheurs ont-ils mentionné des conflits d'intérêts éventuels ? Il est important de se référer aux déclarations formelles à ce sujet. Les éventuels conflits sont souvent précisés à la conclusion de chaque publication par les chercheurs eux-mêmes. Le simple fait qu'un chercheur divulgue un conflit d'intérêt ne garantit pas automatiquement la crédibilité de l'étude. En effet, une recherche financée par une entreprise ayant un intérêt direct dans les résultats peut, par nature, être sujette à des préjugés, même si les chercheurs s'efforcent d'être neutres. Cela ne signifie pas nécessairement une intention délibérée de tromper. Par conséquent, il convient d'aborder ces études avec une certaine prudence.
- Il y a-t-il présence d'un groupe contrôle, dans une étude médicale par exemple il fait référence au groupe qui recevra un produit placebo, pour évaluer les résultats du groupe expérimental. Le groupe contrôle doit idéalement avoir les mêmes caractéristiques que le groupe expérimental.
- La temporalité de l'étude, une étude prospective est une étude expérimentale actuelle, effectuée sur des participants dans le présent, elle aura beaucoup plus de force qu'une étude rétrospective qui fait uniquement état actuel des choses en exploitant des données antérieures.

- La randomisation : la répartition des participants entre groupe témoin et groupe contrôle doit être effectué de manière totalement aléatoire, dans ce cas il s'agit d'une étude randomisée, si on utilise au préalable des critères de classement puis que l'on réalise une randomisation il s'agit alors d'une étude semi-randomisée.
- Exclusion au cours de l'étude : si un des participants dérogent au protocole (bien établi au préalable) au cours de l'étude celui doit être automatiquement exclu
- La taille de la population étudiée sera également un indice important de pertinence, également plus l'échantillon est important plus l'étude sera fiable.

En fonction du respect ou non de ses piliers on pourra s'appuyer sur l'étude et sur sa pertinence pour affirmer une donnée scientifique.

3.2 Pertinence des études analysées

Tableau 4 : Critères rendant une étude puissante et application aux articles analysés, réalisé par l'auteur

| AUTEURS | CENTRICITÉ | POPULATION (N= Nombre d'implant) | | EXCLUSION | DECLARATION ABSENCE DE CONFLITS | |
|---------------------|----------------|--|---------------|-----------|---------------------------------------|--------------|
| | | | RANDOMISATION | | D'INTERET | TEMPORALITÉ |
| HUWAIS AND AL. | MULTICENTRIQUE | 261 | NC | NC | NC | RETROSPECTIV |
| ARAFAT ET ELBAZ | MONOCENTRIQUE | 12 | OUI | NC | NC | PROSPECTIVE |
| SALGAR | MONOCENTRIQUE | 3 | NC | NC | OUI | PROSPECTIVE |
| ALHYATI ET AL ANEE | MONOCENTRIQUE | 20 | NC | NC | OUI | PROSPECTIVE |
| EL GHOBASHY AND AL. | MONOCENTRIQUE | 6 | OUI | NC | OUI | PROSPECTIVE |
| SHALASH | MONOCENTRIQUE | 16 | NC | NC | OUI | PROSPECTIVE |
| KUMAR ET NARAYAN | MONOCENTRIQUE | 22 | NC | NC | OUI | PROSPECTIVE |

En reprenant les études analysées on observe qu'aucune d'elle ne semble cocher toutes les cases pour être utilisée comme une étude puissante de référence, prenons pour exemple l'étude multicentrique réalisée par Huwais, il s'agit d'une étude conséquente avec un échantillon important et un suivi post-opératoire sur 5ans, cependant à la fin de l'article nous ne retrouvons pas la déclaration d'absence de conflits d'intérêt car l'on sait que Huwais appartient à Versah, la société commercialisant les forets ce qui représente un fort risque de biais.

Le second risque de biais important se trouve dans les autres études au niveau de la centricité et de la faible taille des échantillons. Il s'agit pour la plupart d'études monocentriques réalisées par un unique chirurgien sur une population qui sera assez semblable.

Dans toutes les études il est nécessaire d'établir un protocole bien précis que le patient devra suivre rigoureusement, et au fil de l'étude il est important de s'assurer du respect de ses règles, si jamais le patient déroge à celles-ci il se verra exclu de l'étude, aucune de ses études ne semble avoir mis en place de protocole strict.

3.3 Les valeurs analysées

La problématique de base étant, *l'ostéodensification est-elle une technique fiable, reproductible, efficace et sans risque ?* Il a fallu sélectionner quelles données analyser dans chaque article. Pour répondre à cette question nous avons retenu celles-ci :

- La mesure de l'ISQ (implant stability quotient), il s'agit d'une échelle allant de 1 à 100 mesurant la stabilité d'un implant, grâce à plus de 1400 références scientifiques [46] certaines valeurs clés ont été retenus afin d'aiguiller le choix thérapeutique (mise en charge immédiate, 1-stage ou 2-stage...). L'ISQ mesurée à J0 représente la stabilité primaire, et celle mesurée à M6 la stabilité secondaire, une ISQ >60 sera signe de succès de l'ostéointégration de l'implant et donc d'efficacité de la technique utilisée.

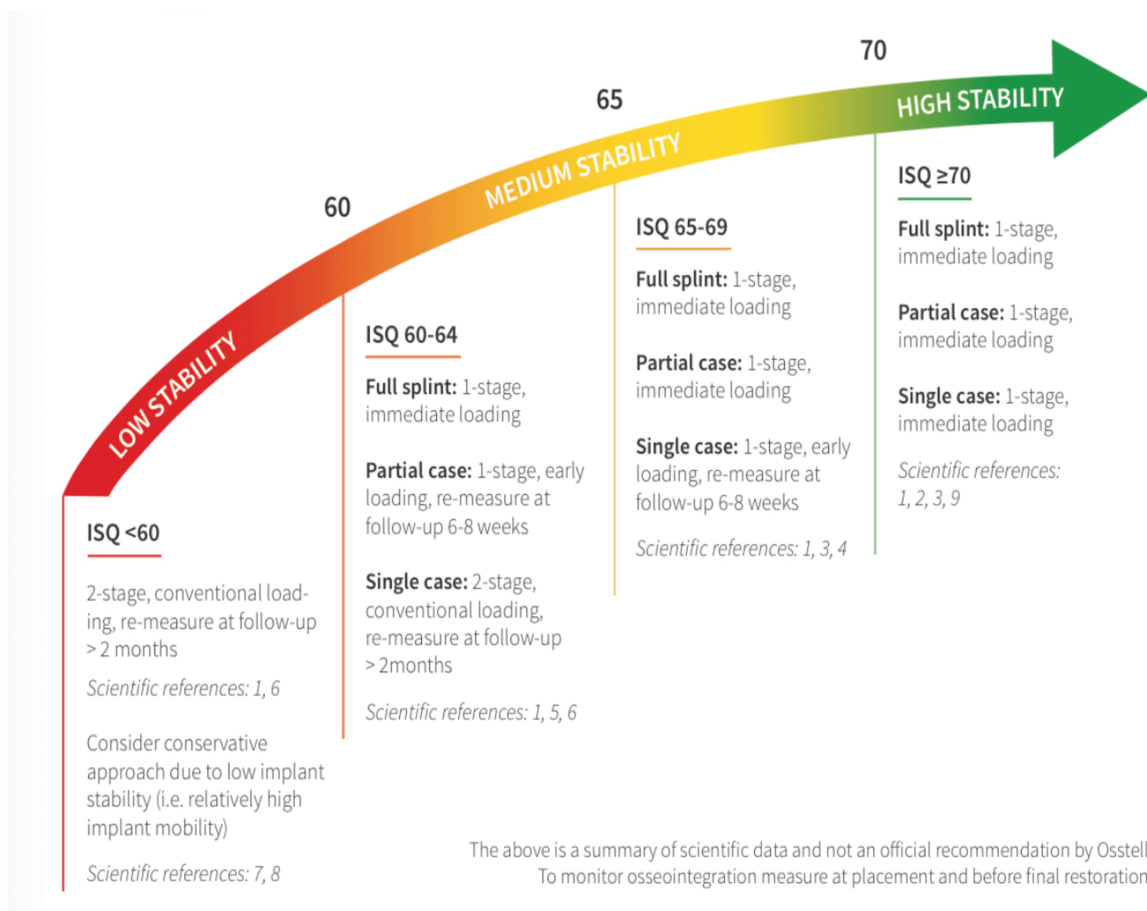


Figure 24 : échelle de l'ISQ et choix thérapeutique

- La mesure du gain vertical (GV) qui est la différence entre la HOR (hauteur osseuse résiduelle) et la hauteur osseuse finale, post-opératoire. Cette valeur permet de contrôler si la technique est aussi efficace que les anciennes et de savoir si elle est utilisable dans les mêmes cas cliniques, en effet plus l'HOR est faible, plus l'atrophie osseuse est importante est plus le cas clinique est complexe.
- Le contrôle de l'intégrité membranaire : La perforation de la membrane est considérée comme la complication survenant le plus fréquemment lors des sinus lift par voie crestale ainsi que ceux par voie indirecte latérale. Le taux de perforation est un indicateur quant à la gestion du niveau de risque de la méthode
- Concernant le confort du patient, la mesure du temps opératoire est facilement mesurable. Il est comparable aux autres techniques. Il pourrait également être envisageable de recueillir les témoignages des patients concernant les douleurs per et post-opératoires par exemple.

Tableau 5 : Lien entre les critères analysés et les différents articles, réalisé par l'auteur

| AUTEURS | ISQ | GV / HOR | PERFORATION MEMBRANAIRE | TEMPS OPERATOIRE |
|---------------------|-----|----------|-------------------------|------------------|
| HUWAIS AND AL. | NC | C | C | NC |
| ARAFAT ET ELBAZ | C | C | C | NC |
| SALGAR | NC | C | C | NC |
| ALHYATI ET AL ANEE | NC | NC | C | C |
| EL GHOBASHY AND AL. | C | NC | C | C |
| SHALASH | NC | C | C | NC |
| KUMAR ET NARAYAN | NC | C | C | NC |

Une fois de plus aucune des études analysées ne traite tous les critères qu'ils semblent pertinent d'observer.

Cependant en croisant les différents articles et leurs données certaines informations semblent se confirmer, même si comme démontré plus haut le niveau de preuve des études n'est pas maximal :

- **Le taux de perforation de la membrane sinusienne** : tous les auteurs s'accordent sur le fait qu'il est quasi nul, seul Shalash *et al.* en relèvent une qui ne posera pas de problème quant aux suites opératoire. Cette préservation de l'intégrité est justifiée par plusieurs phénomènes à savoir,
 - Réductions des forces traumatiques : Lors de l'utilisation d'outils d'ostéodensification, les forces appliquées à l'os sont distribuées de manière plus uniforme. Contrairement aux forets traditionnels qui retirent l'os, les outils d'ostéodensification le compactent. Cette action réduit le risque de perforation ou de dommages accidentels à la membrane sinusienne.
 - L'irrigation abondante ainsi que les mouvements de pompage importants vont venir refouler la membrane en appliquant une pression hydraulique sur celle-ci.
 - L'expansion contrôlée : la compaction de l'os permet une expansion contrôlée de la région traitée. Cela signifie que la membrane sinusienne est soulevée de manière plus prévisible et douce, réduisant ainsi le risque de déchirure.
 - L'amélioration de la qualité osseuse : l'ostéodensification améliore la densité de l'os alvéolaire, ce qui peut offrir un support plus solide pour les implants. Un os plus dense et de meilleure qualité réduit les contraintes sur la membrane sinusienne pendant et après la procédure.
 - La sensation tactile : les chirurgiens rapportent souvent une meilleure sensation tactile lors de l'utilisation d'outils d'ostéodensification, ce qui peut aider à détecter et à éviter la membrane sinusienne pendant la procédure.

- **Stabilité primaire et secondaire** : il en est de même au sujet de la stabilité, et de l'ostéointégration. Quand l'ISQ est mesuré, les valeurs obtenues sont significativement supérieures en comparaison aux techniques traditionnelles. Ces résultats sont obtenus grâce à différents facteurs :
- Stabilité mécanique : La compaction osseuse crée un environnement où l'implant peut être inséré avec un ajustement plus serré. Cet ajustement "press-fit" augmente la stabilité mécanique de l'implant immédiatement après la pose.
 - Préservation de la vascularisation : Contrairement aux techniques de forage traditionnelles qui peuvent perturber la vascularisation, l'ostéodensification maintient la vascularisation de l'os intacte. Une bonne vascularisation favorise la guérison et l'ostéo-intégration, ce qui peut améliorer la stabilité secondaire de l'implant.
 - L'ostéo-intégration, le processus par lequel l'os se lie directement à la surface de l'implant sans tissu fibreux interposé, est essentielle pour la stabilité à long terme de l'implant. En améliorant la qualité de l'os et en préservant sa vascularisation, l'ostéodensification peut favoriser une meilleure ostéo-intégration.
 - La technique d'ostéodensification peut réduire le risque de résorption osseuse post-opératoire. Une résorption réduite peut aider à maintenir la stabilité de l'implant au fil du temps.
 - Meilleur contact os-implant (BIC) : En compactant l'os, l'ostéodensification peut augmenter le contact direct entre l'os et l'implant. De plus l'effet spring-back dû à l'élasticité osseuse va également améliorer ce contact. Ce contact accru peut améliorer la transmission des forces masticatoires, ce qui est bénéfique pour la stabilité de l'implant.

- **Efficacité de la technique** : historiquement la voie crestale était indiquée quand la hauteur osseuse résiduelle était supérieure à 5mm [47]. L'ostéodensification à ses débuts était employée également pour traiter des cas cliniques avec une HOR semblable. Mais plus les années passent plus les praticiens expérimentent cette technique avec des HOR plus faible, notamment le Pr. Huwais dans son étude qui va inclure uniquement des HOR comprise entre 2 et 6mm [22].

Le Dr Salgar dans son étude présente trois cas dans lesquels l'HOR est inférieures à 1,5mm, les trois sont des succès [32].

L'ostéodensification présente les avantages de l'abord crestal, et peut être utilisé dans des cas cliniques complexes qui était avant réservé à l'augmentation sinusienne par voie latérale.

3.4 Réalisation de l'étude idéale

Réaliser une étude scientifique avec un niveau de preuve élevé nécessite une planification rigoureuse et une méthodologie robuste, cette étude devra remplir un certain cahier des charges à savoir :

- **Définition de la question de la recherche** : Évaluer l'efficacité et la sécurité de l'ostéodensification par rapport à une technique conventionnelle dans le domaine du sinus lift
- **Choix d'un design d'étude robuste** : le plus solide étant l'étude randomisée contrôlée (ERC), dans une telle étude les patients seront randomisés pour recevoir soit l'ostéodensification soit une méthode traditionnelle (le groupe témoin).
- **Définir les critères de sélection** :
 - Inclusion : patient nécessitant un sinus lift, sans contre-indications à la chirurgie et consentant à participer.

- Exclusion : Patients ayant des comorbidités majeures, une infection active ou ayant déjà subi une chirurgie similaire sur le site étudié et patient fumant plus de 20 cigarettes par jour.
- **Définition claire des objectifs de l'étude :**
 - Objectif principal : prouver la sécurité et l'efficacité de la technique, évaluer les différences en termes de stabilité entre l'OD et les techniques traditionnelles et la préservation de l'intégrité membranaire.
 - Objectifs secondaires : mesurer le temps opératoire, les suites post-opératoires (douleurs, taux de complications), la satisfaction du patient.
- **Suivi :** les patients seront suivis régulièrement avec des visites post-opératoires à des intervalles définis (1 semaine, 1 mois, 6 mois, 1 an, 2 ans, 5 ans), plus la période de suivi est longue plus l'étude est convaincante.
- **Analyse statistique :** utiliser des tests statistiques appropriés pour évaluer la significativité des résultats.
- **Calcul de la taille de l'échantillon :** effectuer une analyse préalable pour déterminer le nombre de patients nécessaires dans chaque groupe pour avoir une puissance statistique suffisante
- **Centricité de l'étude :** la multicentricité de l'étude est nécessaire afin d'avoir des praticiens différents et des sujets participants eux aussi différents.
- **Méthodologie de collecte des données :** S'assurer que les données soient recueillies de manière systématique en utilisant des outils standardisés pour les mesures (exemple : mesure de l'ISQ grâce à l'analyse de la fréquence de résonance (RFA))
- **Considérations éthiques :** obtenir l'approbation d'un comité éthique et s'assurer de recueillir le consentement éclairé de tous les patients.
- **Communiquer sur l'absence des biais potentiels et conflits d'intérêts.**

L'intitulé de l'étude pourrait être : « étude multicentrique prospective au sein de différentes facultés de chirurgie dentaire, étude randomisée en simple aveugle, le groupe témoin se verra recevoir un sinus lift par voie indirect latérale tandis que sera réalisé sur le groupe test un sinus lift par voie crestale, suivi jusqu'à 5ans post-opératoire »

3.5 Limites actuelles des études

- **L'apprentissage de la technique** : Dans son étude, Huwais ne décrit pas la justification de l'emploi du protocole Densah®, mais dit se référer aux données commerciales, dont il est lui-même l'éditeur.

La justification des étapes et arbres décisionnels de ce protocole reste sans réponse.

L'apprentissage se fait par deux voies, les deux étant commerciales :

- La brochure de vente disponible en ligne sur le site de Versah, détaille intégralement les protocoles d'élévation sinusienne, sauf les cas d'atrophie sévères.
- Les formations privées et payantes réalisées par certains praticiens référents, ces formations reprennent la théorie globale de l'ostéocondensation puis sont décrits chaque protocole s'appuyant sur l'expérience du praticien référant.

Ce processus de formation ainsi que la facilité de communication entre praticien à mener à de nombreux partages de cas sur les réseaux sociaux. Les cas qui y sont présentés n'utilisent pas toujours le protocole décrit par Huwais, mais certaines adaptations de celui-ci, variant sur les longueurs de travail, type de biomatériaux, ou encore les indications d'utilisation. Ainsi, le processus de développement semble être inversé, les utilisateurs faisant évoluer la technique plus rapidement que son créateur. Cependant, la multiplication de ces praticiens montrant des cas en dehors du protocole ou indications décrites pose une question d'éthique médicale, ces cas étant basés sur des données des réseaux sociaux et non scientifiques.

- **Type de biomatériaux** : La spécification concernant le biomatériau à choisir pour le soulèvement de la membrane n'est pas clairement indiquée. Suite aux retours des utilisateurs et pour des raisons pratiques, il est conseillé d'éviter un substitut osseux avec des grains larges qui pourraient se montrer coupants lors de leur mise en place contre la membrane. Un biomatériau à la consistance pâteuse de type xénogène semble approprié pour cette tâche. Il est simple à introduire dans la cavité d'ostéotomie et ne contient pas de particules coupantes.

- **La gestion des complications** : il s'agit d'un aspect de la technique qui n'est pas publié dans les différents textes.
 - **Concernant les perforations** : bien qu'elles semblent peu nombreuses avec la technique de l'OD, il s'agit de la complication la plus fréquente. Elle peut induire une fuite du biomatériau mis en place vers le sinus, induisant alors une sinusite qui peut devenir une source infectieuse chronique et ainsi une cause d'échec implantaire [48].
La gestion de la perforation est décrite pour la technique de Summers par Toffler [25] qui propose quatre types de prise en charge :
 1. Obturation locale par éponge collagénique et insertion de l'implant ;
 2. Mettre en place un implant plus court que prévu (4 à 8mm) pour éviter une intrusion de l'implant dans le sinus ;
 3. Ne pas mettre l'implant en place, déposer un substitut osseux dans l'ostéotomie faite et refermer le site ;
 4. Passer à un abord latéral du sinus pour réparer la perforation, mettre en place le biomatériau et éventuellement l'implant.
 - **Défaut de stabilité primaire** :
 - Lié à la qualité osseuse : l'utilisation des forets Densah® permet de diminuer cet aspect.

- Sur préparation du site : l'utilisation des forets Densah® qui sont standards et non spécifiques à l'anatomie de l'implant posé peut entrainer une sur préparation.
- À l'inverse, une sous préparation du site supérieur à 0,5mm de la taille de l'implant peut provoquer un échec de l'ostéo intégration de celui-ci, en effet la pression exercée sur celui-ci sera trop importante notamment à cause de l'effet spring-back de l'os.

Conclusion

La réhabilitation du maxillaire postérieur atrophié représente un défi pour le spécialiste en chirurgie dentaire. Un diagnostic minutieux est essentiel pour déterminer la nécessité d'une reconstruction du tissu osseux. Si une telle reconstruction est requise, il existe de multiples techniques à la disposition du chirurgien. Il est crucial de choisir la méthode de reconstruction la plus adaptée.

Dans les situations d'atrophie modérée, une approche transcrestale peut être utilisée pour augmenter le volume osseux sinusien.

La technique établie de Summers est bien reconnue, mais elle peut être traumatisante pour le patient. Les instruments d'ostéodensification conçus par Huwais semblent offrir une augmentation du volume osseux comparable à la technique de Summers, mais d'une manière moins invasive pour le patient.

Des études récentes indiquent une amélioration du volume osseux sous-sinusien similaire à celle obtenue par l'approche latérale [32], tout en étant moins invasive.

Comme expliqué dans les parties précédentes, il s'agit d'une technique récente, pour laquelle on manque encore de littérature qualitative pour tirer quelconques conclusions, cependant tous les auteurs s'accordent pour dire qu'il s'agit d'une technique plus efficace en termes de gain vertical que la voie crestale en utilisant des ostéotomes, elle paraît plus fiable avec un taux de perforation membranaire bien inférieure à celle présente dans la littérature pour les techniques traditionnelles, et les suites post-opératoires semblent également plus douces.

Il est nécessaire de réaliser d'autres études cliniques contrôlées pour corroborer tous ses arguments mais l'ostéodensification pourrait bien se présenter comme un changement de paradigme dans le domaine du sinus lift.

Table des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1: Schéma d'un foret implantaire conventionnel [13]..... | 17 |
| Figure 2 : schéma légendé d'un foret Densah, source : (brochure commerciale Versah)..... | 18 |
| Figure 3 : Schéma d'angles de coupes [14]..... | 19 |
| Figure 4 (a) Vue de surface des ostéotomies de forage standard (SD) de 5,8 mm, de forage d'extraction (ED) et d'ostéodensification osseuse (OD). (b) Coupe médiane en microtomographie informatisée et (c) coupe transversale. [11] | 21 |
| Figure 5 : Représentation graphique de la chronologie de l'osseointégration des implants dentaires concernant les événements cellulaires du jour 1 au jour 28 après l'implantation. Il est possible d'observer la présence d'une interface os-implant bien définie après 28 jours d'implantation. [20]..... | 23 |
| Figure 6 : Radiographie pré-opératoire [21]..... | 24 |
| Figure 7 : Radiographie foret 3.0mm en place [21]..... | 25 |
| Figure 8 : Radiographie après condensation du biomatériau [21] | 25 |
| Figure 9 : Radiographie postopératoire [21] | 26 |
| Figure 10 : Panoramique dentaire (Courtoisie du Dr Laurent Bluche)..... | 27 |
| Figure 11 : Cone beam pour mesure de l'HOR et prévisualisation de l'implant (Courtoisie du Dr Laurent Bluche) | 27 |
| Figure 12 : réalisation de l'incision crestale (Courtoisie du Dr Laurent Bluche)..... | 28 |
| Figure 13 : Site de l'ostéotomie, contrôle perforation de la membrane (Courtoisie du Dr Laurent Bluche)..... | 28 |
| Figure 14 : Réalisation de la greffe d'apposition (Courtoisie du Dr Laurent Bluche) . | 29 |
| Figure 15 : Mise en place de la vis de cicatrisation et réalisation des sutures (Courtoisie du Dr Laurent Bluche) | 30 |
| Figure 16 : Cone beam pour vérifier que le sinus est sain et que l'implant est bien positionné (Courtoisie du Dr Laurent Bluche)..... | 30 |
| Figure 17 Diagramme de flux pour la sélection des articles à étudier (Réalisé par l'auteur)..... | 32 |
| Figure 18 : Taux de survie implantaire pendant la période de suivi [22]..... | 34 |
| Figure 19 : Taille des implants + HOR et GV Intervalle de GV en fonction du nombre..... | 35 |
| Figure 20 : OssTell Beacon, mesure de l'ISQ via RFA | 36 |
| Figure 21 Présentation iconographiée du protocole pour la situation clinique 1 [32]. | 39 |
| Figure 22 : Présentation du dispositif permettant de vérifier l'intégrité de la membrane sinusienne [33]..... | 41 |
| Figure 23 : Photo intrabuccale du contrôle visuel de l'intégrité membranaire avec aide optique (x6)[43] | 44 |
| Figure 24 : échelle de l'ISQ et choix thérapeutique | 50 |

Table des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1 : Tableau comparatif ostéotome vs OD avec mesure de la stabilité et du gain vertical [27]..... | 37 |
| Tableau 2 : présentation des trois situations cliniques [31]..... | 40 |
| Tableau 3 : valeur de l'ISQ au sein de l'étude [32]..... | 43 |
| Tableau 4 : Critères rendant une étude puissante et application aux articles analysés, réalisé par l'auteur..... | 49 |
| Tableau 5 : Lien entre les critères analysés et les différents articles, réalisé par l'auteur | 51 |

Références bibliographiques

1. Sharan A, Madjar D. Maxillary sinus pneumatization following extractions: a radiographic study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2008;23(1):48-56.
2. Antoun H. Les greffes de sinus en implantologie. CdP. 2011.
3. Tatum H. Maxillary and sinus implant reconstructions. *Dent Clin North Am*. 1986;30(2):207-29.
4. Kim J, Jang H. A review of complications of maxillary sinus augmentation and available treatment methods. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg*. 2019;45(4):220-4.
5. Summers RB. A new concept in maxillary implant surgery: the osteotome technique. *Compend Newtown Pa*. 1994;15(2):152, 154-6, 158 passim; quiz 162.
6. Chiapasco M, Zaniboni M, Rimondini L. Dental implants placed in grafted maxillary sinuses: a retrospective analysis of clinical outcome according to the initial clinical situation and a proposal of defect classification. *Clin Oral Implants Res*. 2008;19(4):416-28.
7. Viña-Almunia J, Peñarrocha-Diago M, Peñarrocha-Diago M. Influence of perforation of the sinus membrane on the survival rate of implants placed after direct sinus lift. Literature update. *Med Oral Patol Oral Cirurgia Bucal*. 2009;14(3):E133-136.
8. Huwais S. Fluted osteotome and surgical method for use [Internet]. US20130004918A1, 2013 [consulté le 11 sept 2023]. Disponible sur: <https://patents.google.com/patent/US20130004918A1/en>
9. Misch CE. Maxillary sinus augmentation for endosteal implants: organized alternative treatment plans. *Int J Oral Implantol*. 1987;4(2):49-58.
10. Lim HC, Kim S, Kim DH, Herr Y, Chung JH, Shin SI. Factors affecting maxillary sinus pneumatization following posterior maxillary tooth extraction. *J Periodontal*

Implant Sci. 2021;51(4):285-95.

11. Huwais S, Meyer EG. A Novel Osseous Densification Approach in Implant Osteotomy Preparation to Increase Biomechanical Primary Stability, Bone Mineral Density, and Bone-to-Implant Contact. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2017;32(1):27-36.
12. Podaropoulos. Increasing the stability of dental implants: the concept of osseodensification. *Balkan Journal of Dental Medicine* 21(3):133–140. 2017;
13. Schéma d'un foret implantaire traditionnel [Internet]. [consulté le 20 déc 2023]. Disponible sur: <https://blueskybio.com.au/pages/drill-markings>
14. Endodontic instruments [Internet]. 2018 [consulté le 20 déc 2023]. Disponible sur: <https://www.slideshare.net/aaronsarwal/endodontic-instruments-119633139>
15. Wu D, Isaksson P, Ferguson SJ, Persson C. Young's modulus of trabecular bone at the tissue level: A review. *Acta Biomater*. 2018;78:1-12.
16. Kold S, Bechtold JE, Ding M, Chareancholvanich K, Rahbek O, Søballe K. Compacted cancellous bone has a spring-back effect. *Acta Orthop Scand*. 2003;74(5):591-5.
17. Bergamo ETP, Zahoui A, Barrera RB, Huwais S, Coelho PG, Karateew ED, et al. Osseodensification effect on implants primary and secondary stability: Multicenter controlled clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2021;23(3):317-28.
18. Trisi P, Berardini M, Falco A, Podaliri Vulpiani M. New Osseodensification Implant Site Preparation Method to Increase Bone Density in Low-Density Bone: In Vivo Evaluation in Sheep. *Implant Dent*. 2016;25(1):24-31.
19. Kim MH, Lee SY, Kim MJ, Kim SK, Heo SJ, Koak JY. Effect of biomimetic deposition on anodized titanium surfaces. *J Dent Res*. 2011;90(6):711-6.
20. Mello-Machado RC, Sartoretto SC, Granjeiro JM, Calasans-Maia J de A, de Uzeda MJPG, Mourão CF de AB, et al. Osseodensification enables bone healing chambers with improved low-density bone site primary stability: an in vivo study. *Sci Rep*. 2021;11(1):15436.
21. Protocole soulevé de sinus, Brochure commerciale Versah [Internet]. [consulté le 20 déc 2023]. Disponible sur: <https://versah.fr/wp-content/uploads/French-Protocol-Sinus-Lift-II-10706REV00.pdf>
22. Huwais S, Mazor Z, Ioannou AL, Gluckman H, Neiva R. A Multicenter Retrospective Clinical Study with Up-to-5-Year Follow-up Utilizing a Method that Enhances Bone Density and Allows for Transcrestal Sinus Augmentation Through Compaction Grafting. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2018;33(6):1305-11.
23. Romero-Millán J, Martorell-Calatayud L, Peñarrocha M, García-Mira B. Indirect osteotome maxillary sinus floor elevation: an update. *J Oral Implantol*. 2012;38(6):799-804.
24. Ferrigno N, Laureti M, Fanali S. Dental implants placement in conjunction with

- osteotome sinus floor elevation: a 12-year life-table analysis from a prospective study on 588 ITI implants. *Clin Oral Implants Res.* 2006;17(2):194-205.
25. Toffler M. Minimally invasive sinus floor elevation procedures for simultaneous and staged implant placement. *N Y State Dent J.* 2004;70(8):38-44.
 26. Lahens B, Neiva R, Tovar N, Alifarag AM, Jimbo R, Bonfante EA, et al. Biomechanical and histologic basis of osseodensification drilling for endosteal implant placement in low density bone. An experimental study in sheep. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2016;63:56-65.
 27. Reiser GM, Rabinovitz Z, Bruno J, Damoulis PD, Griffin TJ. Evaluation of maxillary sinus membrane response following elevation with the crestal osteotome technique in human cadavers. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2001;16(6):833-40.
 28. Arafat SW, A Elbaz M. Clinical and radiographic evaluation of osseodensification versus osteotome for sinus floor elevation in partially atrophic maxilla: A prospective long term study. *Egypt Dent J.* 2019;65(Issue 1-January (Oral Surgery)):189-95.
 29. Frost HM. A brief review for orthopedic surgeons: fatigue damage (microdamage) in bone (its determinants and clinical implications). *J Orthop Sci Off J Jpn Orthop Assoc.* 1998;3(5):272-81.
 30. Mori S, Harruff R, Burr DB. Microcracks in articular calcified cartilage of human femoral heads. *Arch Pathol Lab Med.* 1993;117(2):196-8.
 31. Fugazzotto PA. Augmentation of the posterior maxilla: a proposed hierarchy of treatment selection. *J Periodontol.* 2003;74(11):1682-91.
 32. Salgar N. Osseodensified Crestal Sinus Window Augmentation: An Alternative Procedure to the Lateral Window Technique. *J Oral Implantol.* 2021;47(1):45-55.
 33. Alhayati JZ, Al-Anee AM. Evaluation of crestal sinus floor elevations using versah burs with simultaneous implant placement, at residual bone height ≥ 2.0 _ < 6.0 mm. A prospective clinical study. *Oral Maxillofac Surg.* 2023;27(2):325-32.
 34. Rosen PS, Summers R, Mellado JR, Salkin LM, Shanaman RH, Marks MH, et al. The bone-added osteotome sinus floor elevation technique: multicenter retrospective report of consecutively treated patients. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1999;14(6):853-8.
 35. Sakkas A, Konstantinidis I, Winter K, Schramm A, Wilde F. Effect of Schneiderian membrane perforation on sinus lift graft outcome using two different donor sites: a retrospective study of 105 maxillary sinus elevation procedures. *GMS Interdiscip Plast Reconstr Surg DGPW.* 2016;5:11.
 36. Schwartz-Arad D, Herzberg R, Dolev E. The prevalence of surgical complications of the sinus graft procedure and their impact on implant survival. *J Periodontol.* 2004;75(4):511-6.
 37. Kasabah S, Krug J, Simunek A, Lecaro MC. Can we predict maxillary sinus mucosa perforation? *Acta Medica (Hradec Kralove).* 2003;46(1):19-23.

38. Tan WC, Lang NP, Zwahlen M, 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):241-54.
39. Ardekian L, Oved-Peleg E, Mactei EE, Peled M. The clinical significance of sinus membrane perforation during augmentation of the maxillary sinus. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2006;64(2):277-82.
40. Hindi AR, Bede SY. The effect of osseodensification on implant stability and bone density: A prospective observational study. *J Clin Exp Dent.* 2020;12(5):e474-8.
41. Pai UY, Rodrigues SJ, Talreja KS, Mundathaje M. Osseodensification - A novel approach in implant dentistry. *J Indian Prosthodont Soc.* 2018;18(3):196-200.
42. EL-Ghobashy MT, Shaaban AM, Melek LN. Osseodensification by densah burs versus osteotome for transcresal maxillary sinus lifting with simultaneous implant placement. *Alex Dent J.* 2023;48(1):51-8.
43. Shalash M, Mounir M, Elbanna T. Evaluation of crestal sinus floor elevation in cases exhibiting an oblique sinus floor with a residual bone height of 4.0-7.0 mm using Densah burs with simultaneous implant placement: a prospective clinical study. *Int J Implant Dent.* 2023;9(1):41.
44. Kumar, Narayan. Minimally invasive crestal approach sinus floor elevation using Densah burs, and Hydraulic lift utilising putty graft in cartridge delivery. *Clin Oral Implants Res.* 2017;28(S14):203-203.
45. Althobaiti AK, Ashour AW, Halteet FA, Alghamdi SI, AboShetaih MM, Al-Hayazi AM, et al. A Comparative Assessment of Primary Implant Stability Using Osseodensification vs. Conventional Drilling Methods: A Systematic Review. *Cureus.* 2023;
46. Kokovic V, Jung R, Feloutzis A, Todorovic VS, Jurisic M, Hämmerle CHF. Immediate vs. early loading of SLA implants in the posterior mandible: 5-year results of randomized controlled clinical trial. *Clin Oral Implants Res.* 2014;25(2):e114-119.
47. Emmerich D, Stappert C. Sinus floor elevation using osteotomes: a systematic review and meta-analysis. *J Periodontol.* 2005;76(8):1237-51.
48. Katranji A, Fotek P, Wang HL. Sinus augmentation complications: etiology and treatment. *Implant Dent.* 2008;17(3):339-49.

Thèse d'exercice : Chir. Dent. : Lille : Année 2023 –

L'ostéodensification, nouvelle approche concernant la réalisation d'un sinus lift, revue de la littérature / **Martin LEFEBVRE**. - p. (64) : ill. (29) ; réf. (48).

Domaines : Chirurgie – Implantologie

Mots clés Libres : Ostéodensification, sinus lift, implantologie, stabilité, hauteur osseuse résiduelle

Résumé de la thèse en français

L'édentement maxillaire postérieur est souvent associé à une quantité d'os disponible limitée, particulièrement en terme d'hauteur osseuse résiduelle (HOR). De plus cette zone est caractérisée par une faible densité osseuse ce qui représente un challenge supplémentaire à la réalisation correcte de la chirurgie implantaire. L'élévation du sinus maxillaire est une technique chirurgicale efficace pour augmenter verticalement la hauteur osseuse. Il existe deux approches différentes, la voie latérale et la voie crestale qui présentent toutes les deux un haut taux de survie implantaire. La voie latérale date de 1970 et est encore largement utilisée de nos jours, elle est considérée historiquement comme le *gold-standard* en cas d'hauteur osseuse résiduelle inférieure à 5mm. En 2017 Huwais va présenter une nouvelle technique, l'ostéodensification, empruntant la voie crestale qui aura pour objectif d'apporter une solution face aux inconvénients des techniques précédemment utilisées.

L'objectif de cette thèse sera de sélectionner et analyser les différents articles scientifiques disponibles sur les moteurs de recherche afin de répondre à la question suivante : est ce que les données scientifiques actuelles permettent d'affirmer que l'ostéodensification est une technique fiable, efficace, reproductible, prédictible et sans risque ?

Les articles disponibles semblent indiquer qu'il s'agit d'un vrai changement d'indication quant à l'emploi de la voie crestale lors de la réalisation d'un sinus lift. Cependant il est nécessaire de réaliser d'autres études cliniques contrôlées afin d'affirmer ce postulat.

JURY :

Président : **Monsieur le Professeur Philippe BOITELLE**

Assesseurs :

Monsieur le Docteur François BOSCHIN

Monsieur le Docteur Laurent NAWROCKI

Monsieur le Docteur Virgile MODAINE

