



**HAL**  
open science

# Ostéotomie chirurgicale per-implantaire des corticales osseuses

Ariel Koskas

► **To cite this version:**

Ariel Koskas. Ostéotomie chirurgicale per-implantaire des corticales osseuses. Sciences du Vivant [q-bio]. 2019. dumas-03338508

**HAL Id: dumas-03338508**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03338508>**

Submitted on 8 Sep 2021

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

**UNIVERSITE PARIS DIDEROT - PARIS 7**

**FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE**

5, Rue Garancière 75006 PARIS

Année 2019

Thèse N°:

N° attribué par la bibliothèque :

**THESE pour le DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR**

**en CHIRURGIE DENTAIRE**

présentée et soutenue publiquement le

par **KOSKAS Ariel**

**OSTEOTOMIE CHIRURGICALE PER-IMPLANTAIRE DES  
CORTICALES OSSEUSES**

Directeur de thèse : M. le Docteur Francis MORA

**J U R Y**

<b>M. le Professeur Philippe BOUCHARD</b>	Président
<b>M. le Professeur Olivier FROMENTIN</b>	Assesseur
<b>Mme la Docteure M.-Hélène COTTET</b>	Assesseur
<b>M. le Docteur Stéphane KERNER</b>	Assesseur
<b>Mme la Docteure Catherine MESGOUEZ</b>	Assesseur
<b>M. le Docteur Francis MORA</b>	Assesseur
<b>Mme la Docteure Hélène RANGÉ</b>	Assesseur

# UNIVERSITE PARIS DIDEROT – PARIS 7

Présidente de l'Université :	Mme la Professeure Christine CLERICI
Doyenne de l'U.F.R. d'Odontologie :	Mme la Professeure Ariane BERDAL
Directrice Générale des Services :	Madame Pascale SAINT-CYR

---

## JURY

<b>M. le Professeur Philippe BOUCHARD</b>	Président
<b>M. le Professeur Olivier FROMENTIN</b>	Assesseur
<b>Mme la Docteure M.-Hélène COTTET</b>	Assesseur
<b>M. le Docteur Stéphane KERNER</b>	Assesseur
<b>Mme la Docteure Catherine MESGOUEZ</b>	Assesseur
<b>M. le Docteur Francis MORA</b>	Assesseur
<b>Mme la Docteure Hélène RANGÉ</b>	Assesseur

**M. le Professeur Philippe BOUCHARD**

Docteur en Chirurgie Dentaire  
Diplôme de Doctorat  
Professeur des Universités - Praticien  
Hospitalier

*Pour l'honneur que vous me faites en acceptant la présidence du jury de cette thèse, je vous prie de trouver ici l'expression de ma sincère reconnaissance.*

**Mme la Docteure M.-Hélène COTTET**

Docteur en Chirurgie Dentaire  
Diplôme de Doctorat  
Maître de Conférences des Universités -  
Praticien Hospitalier

*Pour l'honneur que vous me faites de siéger dans ce jury, veuillez trouver ici l'expression de ma respectueuse considération.*

**M. le Professeur Olivier FROMENTIN**

Docteur en Chirurgie Dentaire  
Diplôme de Doctorat  
Professeur des Universités - Praticien  
Hospitalier

*Pour l'honneur que vous me faites d'être membre du jury de cette thèse, pour la qualité de votre enseignement je vous prie d'accepter ma gratitude et mes sincères remerciements.*

**M. le Docteur Stéphane KERNER**

Docteur en Chirurgie Dentaire  
Diplôme de Doctorat  
Maître de Conférences des Universités -  
Praticien Hospitalier

*Pour l'honneur que vous me faites de participer au jury de cette thèse. Veuillez recevoir mes sincères remerciements et ma grande reconnaissance.*

**Mme la Docteure Catherine MESGOUEZ**

Docteur en Chirurgie Dentaire  
Diplôme de Doctorat  
Maître de Conférences des Universités -  
Praticien Hospitalier

*Pour l'honneur que vous me faites d'être membre du jury de cette thèse, pour la qualité de votre enseignement je vous prie d'accepter ma gratitude et mes sincères remerciements.*

**M. le Docteur Francis MORA**

Docteur en Chirurgie Dentaire  
Diplôme de Doctorat  
Maître de Conférences des Universités -  
Praticien Hospitalier

*Je suis très sensible à l'honneur que vous m'avez fait d'avoir accepté de diriger cette thèse et d'y avoir apporté votre expertise, votre expérience et vos compétences. Je vous remercie du temps que vous m'avez consacré, de votre disponibilité, de votre patience et de vos encouragements tout au long de ce travail. Aussi, je vous prie de trouver ici toute ma gratitude, mon respect le plus profond et mes amitiés les plus sincères.*

**Mme la Docteure Hélène RANGÉ**

Docteur en Chirurgie Dentaire  
Maître de Conférences des Universités -  
Praticien Hospitalier

*Pour l'honneur que vous me faites de siéger dans ce jury, veuillez trouver ici l'expression de ma respectueuse considération.*

# Table des matières

Liste des abréviations .....	3
<b>1. Introduction .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Les conséquences anatomiques et biologiques de la perte des dents .....</b>	<b>7</b>
2.1. Altération des conditions anatomiques .....	7
2.2. Conséquences biologiques de la perte des dents .....	7
<b>3. Indications de l'augmentation alvéolaire horizontale par ostéotomie segmentaire ...</b>	<b>8</b>
3.1. Etat de santé générale du patient .....	8
3.2. Epaisseur osseuse crestale résiduelle.....	9
3.3. Quantité suffisante d'os spongieux entre les tables vestibulaire et palatine/linguale....	10
3.4. Densité osseuse du volet osseux.....	10
3.5. Hauteur osseuse suffisante pour l'insertion simultanée d'un implant.....	11
3.6. Profondeur de vestibule.....	11
3.7. Expérience de l'opérateur .....	12
3.8. Facteurs économiques (temps et de coût opératoires).....	12
<b>4. Contres indications, Limites &amp; Alternatives.....</b>	<b>13</b>
4.1. Angulation osseuse défavorable.....	13
4.2. Atrophie osseuse horizontale .....	13
4.3. Expansion de crête à la mandibule.....	13
4.4. Anatomie défavorable.....	14
<b>5. La technique chirurgicale, instrumentation &amp; produits.....</b>	<b>15</b>
5.1. Préparation du patient / L'anesthésie .....	15
5.2. Elévation des lambeaux .....	15
5.3. La Corticotomie et l'Ostéotomie.....	16
5.3.1. Le temps de la corticotomie .....	16
5.3.2. Le temps de l'ostéotomie .....	19
5.4. Comblement de l'espace inter-cortical.....	29
<b>6. Complications .....</b>	<b>30</b>
6.1. Fracture totale du versant osseux.....	30
6.2. Commotion labyrinthique .....	30
<b>7. Techniques alternatives à l'expansion osseuse latérale.....</b>	<b>32</b>
7.1. La régénération osseuse guidée (ROG).....	32
7.1.1. Principe .....	32
7.1.2. Matériaux .....	32
7.2. La greffe osseuse d'apposition .....	34

<b>8. Revue de littérature.....</b>	<b>36</b>
<b>8.1. Matériels et Méthodes.....</b>	<b>36</b>
8.1.1. Sources de données .....	36
8.1.2. Sélection des données .....	36
8.1.3. Stratégie de recherche .....	38
<b>8.2. Résultats.....</b>	<b>41</b>
8.2.1. Le type de lambeau .....	49
8.2.2. La corticotomie .....	51
8.2.3. L'ostéotomie .....	56
8.2.4. Comblement de l'espace inter-cortical .....	62
8.2.5. Complications (Shibuya et al. 2014).....	64
8.2.6. Evaluation à long terme & Taux de survie implantaire .....	65
8.2.7. Apport des revues systématiques .....	67
<b>8.3. Discussion .....</b>	<b>72</b>
8.3.1 Le type de lambeau .....	72
8.3.2 L'apport de la piezochirurgie.....	72
8.3.3 L'ostéotomie .....	73
8.3.4 Comblement de l'espace inter-cortical .....	73
8.3.5 Complications et survie au long terme.....	74
<b>9. Conclusions .....</b>	<b>75</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>76</b>
<b>Table des illustrations.....</b>	<b>82</b>

## Liste des abréviations

BMP : bone morphogenic protein  
CBCT: cone beam computed tomography  
daN/ $\mu$ s : déca-newton par microseconde  
ECC : essai clinique contrôlé  
ECR : essai clinique contrôle randomisé  
e-PTFE : polytetrafluoroéthylène expansé  
Gc : Groupe contrôle  
Gt : Groupe test  
HA : hydroxyapatite  
IC : intervalle de confiance  
ISQ : quotient de stabilité implantaire  
kHz : kilohertz  
L : linguale  
MD : mésio-distal  
mm : millimètre  
NAI : nerf alvéolaire inférieur  
NCBI : National Center for Biotechnology Information  
Ncm : Newton centimètre  
N/cm : Newton par centimètre  
ns : nanoseconde  
PRGF : plasma riche en facteur de croissance  
PRP : plasma riche en plaquette  
PubMed : Public Medline  
RHOD<sup>®</sup>: Rapid Horizontal Osteo-Distraktion  
ROG : régénération osseuse guidée  
RS : revue systématique  
RTG : régénération tissulaire guidée  
SCT : split crest technique  
TCP : phosphate tricalcique  
tr/min : tour/minute  
TS : taux de survie  
US : ultrasonore  
V : vestibulaire  
VPPB : vertige paroxystique positionnel bénin



# 1. Introduction

Le volume osseux alvéolaire insuffisant est un constat clinique et radiographique habituel chez le patient édenté partiel ou complet. Les raisons sont complexes, centrées sur les conséquences d'infection ou de traumatisme qui se traduisent par l'élimination des dents au pronostic thérapeutique compromis. La sévérité des défauts osseux alvéolaires augmente après un traumatisme maxillo-facial, une fracture radiculaire ou une maladie parodontale sévère (Waechter et al. 2017).

Par ailleurs, le remplacement de dents ou de secteurs édentés par des implants dentaires repose sur des exigences techniques, biologiques et mécaniques, notamment le volume de l'enveloppe osseuse (Chiapasco et al. 2001). En deçà d'une épaisseur d'os minimale autour d'un implant (1 à 1,5 mm), le risque important de déhiscence et/ou de fenestration complique grandement le succès implantaire (Simion et al. 1997, Crespi et al. 2016).

Afin de prévenir l'échec implantaire, de nombreuses techniques de reconstruction osseuse ont été proposées dans le cadre de restaurations implanto-portées. Des greffes osseuses autologues en onlay prélevées au niveau de la symphyse mentonnière, du ramus, sont un recours possible mais la morbidité post-opératoire, le risque de non-intégration du matériau greffé sur le site receveur, la résorption variable mais constante peuvent en limiter les indications (Chiapasco et Zaniboni, 2011). La régénération osseuse guidée, très populaire et bien documentée, constitue une alternative pour augmenter le volume osseux alvéolaire affaibli. Là aussi, des déhiscences tissulaires, une mauvaise passivation du lambeau de recouvrement peuvent hâter une résorption rapide de l'os régénéré (Machtei 2001).

Historiquement, afin de réduire la morbidité associée à ces différentes procédures, une technique d'ostéotomie segmentaire ou d'élargissement de la crête alvéolaire a été introduite par Tatum Jr. en 1986 dans le but d'augmenter la quantité d'os, notamment au maxillaire (Tatum et al., 1986). En 1992, Simion et al. adoptent l'utilisation d'instruments spécifiques, des ostéotomes, pour le déplacement latéral d'un volet osseux alvéolaire vestibulaire sans léser la zone pédiculée qui garantit l'apport vasculaire nourricier. Nentwig, en 1986, décrit une technique d'élargissement de crête permettant une augmentation du volume osseux horizontalement, rendant plus aisée et plus favorables la mise en place d'implant simultanément grâce à une enveloppe osseuse restaurée. Cette technique consiste en une fracture partielle de

crête par corticotomie clivant la crête osseuse. Une ouverture centrale est alors obtenue et permet l'insertion d'un implant. Le site peut, par la suite, être comblé par des matériaux de substitution osseux, et être recouvert par une membrane (non résorbable ou résorbable) (Scipioni et al., 1994 ; Anitua et al., 2011). Les avantages de cette ostéotomie segmentaire ou « split crest technique » (SCT), sont principalement sa rapidité, la morbidité diminuée par comparaison à d'autres techniques d'augmentation osseuse et l'éventuelle absence d'un second temps chirurgical. L'instrumentation a depuis évolué avec l'apparition de la piezochirurgie (Vercelloti, 2000) puis d'expansurs motorisés (Anitua et al. 2013).

Le but de ce travail est d'analyser les capacités des instrumentations disponibles lors de la SCT. Nous rappellerons dans un premier temps les défis thérapeutiques consécutifs à la perte des dents, puis les différents protocoles/instrumentations de la SCT, et enfin les principales techniques alternatives. Une revue de la littérature nous permettra de comparer et d'analyser les bénéfices des différents instruments disponibles associés à la SCT.

## **2. Les conséquences anatomiques et biologiques de la perte des dents**

### **2.1. Altération des conditions anatomiques**

Après extraction dentaire, le segment alvéolaire édenté poursuit un processus de résorption dans les plans vertical, transversal, et sagittal (Schropp et al. 2003). Cette réduction volumétrique se déroule durant l'année qui suit l'extraction, surtout dans une phase de trois mois après avulsion dentaire (Araújo et Lindhe, 2005). La perte osseuse est plus importante et plus significative en épaisseur qu'en hauteur. Cette réduction se poursuivra plusieurs années après la perte dentaire mais très faiblement (Reich et al. 2011). La résorption alvéolaire présente une cinétique variable selon l'arcade considérée. Elle est très significative sur les segments postérieurs des maxillaires par comparaison aux zones antérieures (Pietrokovski 1967), et concerne plus les faces alvéolaires vestibulaires que les zones palatines (résorption centripète). Au contraire de la mandibule, où les faces linguales sont plus touchées (résorption centrifuge). En conséquence, la mandibule présente une anatomie alvéolaire plus large que l'os basal, c'est le contraire au maxillaire. C'est la raison pour laquelle la résorption osseuse des procès alvéolaires provoque souvent des divergences transversale et sagittale entre les maxillaires.

### **2.2. Conséquences biologiques de la perte des dents**

La réduction volumétrique d'os alvéolaire peut rendre difficile voire impossible la mise en place d'implants en raison d'une enveloppe tissulaire insuffisante. Il est bien établi aujourd'hui que la pose d'implant doit s'affranchir des obligations de restauration prothétique et du volume osseux disponible (Bidra 2010). L'épaisseur osseuse permettant la pose de l'implant doit être au moins supérieure à 1,0 -1,5 mm, à la fois du côté vestibulaire, et du côté lingual/palatin. Si la largeur alvéolaire est inférieure à 6 mm, une augmentation osseuse transversale est généralement requise pour permettre la mise en place de l'implant (Demetriades 2011). Il est, par ailleurs acquis, que le taux de réussite implantaire est égal avec des implants ayant une surface faiblement rugueuse et 8 mm de longueur à la mandibule, 10 mm au maxillaire (Buser et al. 1997).

### 3. Indications de l'augmentation alvéolaire horizontale par ostéotomie segmentaire

#### 3.1. Etat de santé générale du patient

Comme pour toute chirurgie orale, il est impératif d'évaluer la santé générale du patient à traiter. Les contre-indications absolues et relatives d'un point de vue médical, sont identiques à une mise en place d'implants classique (Prouvost et al. 2016).

<b>Contre-indications absolues</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Patients à haut risque d'endocardite infectieuse</li><li>- ASA P5 et P6</li><li>- Chimiothérapie</li><li>- Radiothérapie localisée au niveau des VAS supérieur à 50 Gy</li><li>- Patients greffés</li><li>- Dialyse</li><li>- Biphosphonates intraveineux</li></ul>
<b>Contre-indications relatives</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- ASA P3 et P4</li><li>- Atteinte cardiaque n'impliquant pas une contre-indication absolue</li><li>- Diabète non équilibré</li><li>- Maladie rénale chronique</li><li>- Immunodépressions</li><li>- Patient à risque de cicatrisation médiocre (reflux gastro-œsophagien, lichen plan, corticothérapie...)</li></ul>

Tableau 1: Contres indications absolues et relatives à l'augmentation horizontale pré-implantaire par ostéotomies segmentaires (Prouvost et al. 2016)

Aussi, la présence d'une infection localisée au niveau du site d'augmentation est considérée comme un facteur de risque (Montero et al. 2012). L'arrêt du tabagisme, de la consommation de drogue, et/ou d'une forte prise d'alcool sont recommandés afin que la cicatrisation se déroule correctement. Une bonne hygiène bucco-dentaire est aussi exigée.

### 3.2.Épaisseur osseuse crestale résiduelle

Elle est déterminée par un examen radiologique tomodensitométrique (CBCT) lors de la consultation pré-implantaire. La décision d'augmenter horizontalement l'épaisseur de tissu osseux alvéolaire par ostéotomie segmentaire est guidée :

- par la nécessité d'un environnement osseux minimal de 2mm autour d'un implant (Spray et al. 2000),
- par la présence d'une épaisseur minimale de crête d'au moins 3-4 mm. En deçà, le risque de fracture du volet osseux est élevé (Demetriades et al. 2011 ; Bassetti et al. 2013 ; Khairnar et al. 2014).

Des études radiographiques ont montré que l'épaisseur de crête résiduelle décroît au maxillaire des dents antérieures vers les postérieures tandis que l'épaisseur de la corticale palatine reste stable dans les segments considérés (Araújo et Lindhe, 2005). Si, par ailleurs, la corticale osseuse vestibulaire est peu épaisse (<1mm), la résorption après extraction sera plus importante au maxillaire. Ce constat peut amener à reconsidérer l'ostéotomie segmentaire au profit d'autres techniques plus adaptées pour augmenter horizontalement la crête osseuse résiduelle.

Il faut aussi noter que l'âge est un facteur important dans l'évaluation de l'épaisseur de crête osseuse. Plus on avance dans les âges de la vie, plus l'épaisseur de crête décroît (Gakonyo et al. 2018).

D'autre part, l'épaisseur crestale vestibulaire au niveau de la canine maxillaire est toujours élevée (> 1 mm) (Gakonyo et al. 2018). Cependant, au niveau molaire, elle est dans la majorité des cas faible (<1 mm) à l'exception de la mandibule (Theye et al. 2018).

On peut également corrélérer l'impact du biotype gingival sur la stabilité des tissus péri-implantaires, notamment entre l'épaisseur de la muqueuse péri-implantaire et la stabilité de l'os

marginal (Hutton et al. 2018). Ainsi, un biotype fin (<1,5 mm) peut présenter une résorption accrue avec une incidence directe sur le succès implantaire (Hutton et al. 2018).

### 3.3. Quantité suffisante d'os spongieux entre les tables vestibulaire et palatine/linguale

Le tissu osseux est constitué de zones minéralisées et non minéralisées dans les régions corticales et trabéculaires des os longs et plats, contiennent les cellules osseuses, des éléments vasculaires et nerveux, et une matrice extracellulaire. L'os trabéculaire entoure la moelle osseuse. Ce dernier moins dense, présente une vascularisation plus importante que l'os cortical. Il en résulte un remodelage osseux plus lent.

C'est pourquoi la présence d'os spongieux est essentielle au bon déroulement d'une ostéotomie segmentaire (Choël et al. 2004). Sa souplesse permet une fracture en bois de vert dirigée et la préservation de la continuité de sa vascularisation pour obtenir une cicatrisation rapide. L'examen CBCT permet son observation lors de l'examen pré-implantaire (Fu et al. 2017).

La présence d'1 mm d'os spongieux est le minimum requis pour cette procédure chirurgicale. Le but est d'obtenir un minimum de 0,5 mm d'os trabéculaire pour chaque corticale après la séparation de crête (Khairnar et al. 2014). Il s'agit d'une condition anatomique incontournable qui détermine le choix d'utiliser la technique d'expansion latérale par ostéotomie segmentaire.

### 3.4. Densité osseuse du volet osseux

La technique d'augmentation osseuse (SCT), peu invasive mais délicate, est plus facilement obtenue au maxillaire. En effet dans la grande majorité des cas, le tissu osseux maxillaire présente des caractéristiques de densité qui vont favoriser son déplacement en direction centrifuge (type III et IV selon la classification de Lekholm & Zarb, 1985). C'est à dire, souple et autorisant cette méthode d'expansion. Plus riche dans sa vascularisation également. Elle est moins fréquente à la mandibule en raison de la qualité osseuse, de type I et II, en conséquence plus dense (Simion et al. 1992 ; Rahpeyma et al. 2013). Par ailleurs, les corticotomies et

ostéotomies sont des techniques qui nécessitent souvent une courbe d'apprentissage. Le risque de léser les tissus mous environnants ainsi que la fracture complète du volet osseux déplacé sont élevés (Blus et al. 2010). De plus, la présence de la ligne oblique externe dans la région postérieure mandibulaire (ainsi que dans le cas de fosse sub-mandibulaire profonde) complique la réalisation d'une SCT, évitant la fracture complète (Holtzclaw et al. 2010 ; Bassetti et al. 2013). Cette région est ainsi décrite par Scarano et al. (2015) comme la plus difficile à reconstituer en vue d'une implantation, particulièrement lors de résorptions alvéolaires sévères. Des protocoles chirurgicaux adaptés à la mandibule pour palier à ces limites sont proposés par plusieurs auteurs, alliant piezochirurgie et nouveaux expandeurs (Scarano et al. 2015 ; Bassetti et al. 2013).

### 3.5. Hauteur osseuse suffisante pour l'insertion simultanée d'un implant

La technique d'augmentation osseuse par ostéotomie segmentaire propose de retrouver une enveloppe osseuse satisfaisante (notamment par sa composante horizontale). La SCT, lorsqu'elle peut être appliquée, suppose que la hauteur osseuse verticale nécessaire pour l'insertion simultanée d'un implant soit acceptable ( $> 8$  mm). C'est une des fonctions de la tomographie volumétrique (CBCT ou cone beam computed tomography) combinée à des logiciels de traitement des images, de valider celle-ci, mais également d'identifier la proximité d'éléments nobles (sinus maxillaire, nerf alvéolo-dentaire inférieur) qui peuvent compliquer la mise en place de la SCT (Gonzales-Garcia et al. 2011).

### 3.6. Profondeur de vestibule

Elle est classiquement évaluée à l'examen clinique du patient. Son intérêt est double. Celui, 1) d'avoir des tissus muqueux, bien dimensionnés, capables de s'opposer aux forces de cisaillement, de tensions s'exerçant sur le lambeau vestibulaire, en particulier lors de la période de cicatrisation ; 2) en fin d'intervention, le recouvrement muqueux doit se faire sans tension afin de prévenir une contraction cicatricielle ou une déhiscence. La profondeur du vestibule, en relation directe avec la hauteur de tissu kératinisée, favorise techniquement la relaxation périostée ou fenestration périostée horizontale, qui libère le lambeau et permet une fermeture primaire passive de ce dernier.

### 3.7. Expérience de l'opérateur

Les bons résultats cliniques dépendent souvent de l'expérience de l'opérateur, de sa technicité. En effet, les gestes chirurgicaux doivent être précis et contrôlés afin d'éviter notamment une fracture complète du volet osseux luxé. Celle-ci constitue la complication primaire de la SCT. Ils nécessitent une courbe d'apprentissage substantielle importante (Khairnar et al. 2014). Cette opérateur-dépendance varie aussi en fonction de l'instrumentation utilisée pour l'ostéotomie (Jha et al. 2017). A titre d'exemple, l'utilisation d'ostéotomes nécessite une certaine maîtrise et un contrôle du geste. Une mauvaise application ou une force appliquée trop intense peuvent conduire à une fracture complète du volet osseux. Un mauvais contrôle gestuel peut également entraîner une lésion des tissus environnants. Les instruments motorisés permettent, *a contrario*, un contrôle de la force appliquée ainsi que sa direction. Aussi, les inserts ultrasonores, utilisés en piezo-chirurgie, grâce à leur dessin particulier, sont conçus pour prévenir toute lésion des tissus mous environnants (Jha et al. 2017).

### 3.8. Facteurs économiques (temps et de coût opératoires)

Un des avantages de l'ostéotomie segmentaire réside dans le cumul de deux temps chirurgicaux, au sein d'un même geste opératoire : ceux de l'expansion osseuse latérale et de l'insertion simultanée de l'implant. Par ailleurs, la SCT limite la morbidité en faisant l'économie de prélèvements osseux, ou l'utilisation de matériaux de substitution osseuse (Lalo et al. 2012). Aussi, l'instrumentation conventionnelle est simple et peu coûteuse (Jha et al. 2017). Le volet osseux déplacé ne nécessite pas de système de fixation, et en conséquence, d'une seconde intervention (Gonzales-Garcia et al. 2011). Ces facteurs s'accompagnent logiquement d'un coût opératoire plus faible (Bassetti et al. 2016 ; Gonzalez-Garcia et al. 2011, Demetriades et al. 2011 ; Lalo et al. 2012).

## 4. Contres indications, Limites & Alternatives

### 4.1. Angulation osseuse défavorable

Lors de la SCT, le volet osseux vestibulaire subit un déplacement centrifuge. Dans l'hypothèse d'une atrophie osseuse crestale importante, cette technique ne permet pas de modifier l'axe d'insertion implantaire dans le sens vestibulo-palatin ou lingual. Ainsi, le déplacement vestibulaire d'une crête dont l'angulation osseuse (vestibulaire) est trop prononcée, peut conduire à une aggravation de la situation sur le plan esthétique et prothétique (Ferrigno et Laureti 2005). L'axe implantaire se trouvera alors trop vestibulé, incompatible avec l'axe prothétique. L'étude pré-prothétique et radiographique préopératoire peuvent conduire à privilégier une autre technique d'augmentation osseuse.

### 4.2. Atrophie osseuse horizontale

Une atrophie osseuse horizontale caractérisée par une épaisseur de crête inférieure à 3 mm contre-indique la réalisation d'une SCT. En effet, le risque de fracture complète lors de la luxation de la table vestibulaire est alors augmenté (Demetriades et al. 2011).

Il en est de même lorsque l'on constate, à l'examen radiologique, une épaisseur < 1 mm d'os spongieux. Ce dernier est essentiel pour assurer une bonne vascularisation du site en vue d'une cicatrisation satisfaisante (Khairnar et al. 2014).

### 4.3. Expansion de crête à la mandibule

C'est un point de difficulté supplémentaire pour l'indication de la SCT. La forte densité osseuse à la mandibule peut être un frein à la réalisation d'une SCT (Chiapasco et al. 2006). Le volet osseux est la plupart du temps plus épais et moins « flexible ». Le risque de fracture complète est alors augmenté, lors de la préparation de celui-ci ou lors de son déplacement (Demetriades et al. 2011). Cette difficulté peut être atténuée par l'utilisation de la piezochirurgie ou de micro-scies (corticotomies), ainsi que par les nouveaux instruments pour l'ostéotomie (par exemple, Extension Crest<sup>®</sup>, expanseur travaillant par vissage...). Aussi la réalisation de deux corticotomies verticales en vestibulaire facilite l'expansion. Une corticotomie horizontale

connectant ces dernières à leurs extrémités basales est également envisageable, pour faciliter le déplacement osseux (Scarano et al. 2015). La moindre vascularisation du volet osseux, par comparaison au maxillaire, doit être prise en compte dans la décision thérapeutique (Holtzclaw et al. 2010).

Toutefois, lors d'une fracture à la mandibule, un enfouissement simultané et plus profond de l'implant (sous le trait de fracture) sans fixation du versant fracturé est possible, sans incidence sur le succès implantaire (Shibuya et al. 2014).

Cependant, certains auteurs proposent de pratiquer la SCT en 2 temps chirurgicaux à la mandibule (Demetriades et al. 2011 ; Scarano et al. 2011). Dans un premier temps, les corticotomies sont réalisées. L'expansion osseuse et l'implantation simultanée sont programmées 3 à 4 semaines plus tard. Les complications per et post-opératoire sont évitées, une meilleure vascularisation obtenue, avec des résultats similaires à la SCT en 1 temps (Demetriades et al. 2011 ; Scarano et al. 2011).

Récemment, des auteurs ont proposé une SCT en 3 temps chirurgicaux à la mandibule, afin de garantir une meilleure re-vascularisation du site, et limiter le risque de fracture osseuse. Le taux de survie implantaire obtenu est de 100% (Hu et al. 2018).

#### 4.4. Anatomie défavorable

L'anatomie mandibulaire postérieure particulière augmente la difficulté technique (accessibilité, risque de fracture...). La présence de la ligne oblique externe rend le déplacement de la corticale osseuse délicat, sans la fracturer totalement. Il en est de même avec une fosse submandibulaire profonde (Holtzclaw et al. 2010 ; Bassetti et al. 2013 ; Waechter et al. 2017). La courbure dans cette région confère aux corticales osseuses une plus grande résistance à la flexion. Des forces plus importantes doivent être appliquées, pour aboutir à l'expansion mandibulaire horizontale (Bassetti et al. 2013).

Egalement, la région antérieure maxillaire peut présenter un élargissement du foramen incisif (après extraction ou en fonction de l'âge). Une insuffisance osseuse palatine dans cette région peut trouver son origine à la suite d'un traumatisme, ou d'un traitement orthodontique (Raghoobar et al. 2010). La stabilité implantaire primaire sera moindre et le risque de lésion important peut contre-indiquer l'implantation simultanée. Un second temps chirurgical est alors nécessaire (Rahpeyma et al. 2013).

## **5. La technique chirurgicale, instrumentation & produits**

### **5.1. Préparation du patient / L'anesthésie**

Après désinfection des lèvres puis de la muqueuse orale, une anesthésie locale ou loco-régionale (région postérieure mandibulaire) est pratiquée. Sauf contre-indication, elle est associée à un vaso-constricteur (noradrénaline à 1 :100 000 ou 1 :200 000) dans le but de limiter le saignement, et d'allonger la durée d'anesthésie. L'injection s'effectuera toujours lentement et avec précision.

### **5.2. Elévation des lambeaux**

Un lambeau muco-périosté (pleine épaisseur) est élevé, et le site chirurgical exposé. Sa préparation associe une incision supra-crestale, poursuivie par une autre incision intra-suculaire de 5 à 10 mm en mésial et distal de la zone à traiter. Elle est prolongée, éventuellement, par deux incisions verticales vestibulaires de décharge. Le décollement du lambeau vestibulaire est ensuite envisagé dans l'objectif, verticalement, de se situer au-delà de la hauteur supposée de l'apex de l'implant, et latéralement aux racines dentaires adjacentes. La corticale palatine/linguale est quant à elle, exposée sur quelques millimètres (Lalo et al. 2008).

Toutefois, certains auteurs privilégient le lambeau d'épaisseur partielle avec ou sans décharges verticales (Jensen et al. 2009 ; Mounir et al. 2014). Le périoste reste donc attaché à la corticale osseuse, offrant une meilleure vascularisation pendant la phase de cicatrisation, à défaut d'une meilleure visibilité. Deux études humaines, une étude rétrospective et une étude prospective randomisée, comparant les deux types de lambeau possibles lors d'une SCT, confirment une diminution des résorptions post-opératoires (Jensen et al. 2009 ; Mounir et al. 2014). Elles seront analysées par la suite.

### 5.3. La Corticotomie et l'Ostéotomie

Deux temps bien distincts constituent le cœur de cette procédure chirurgicale (SCT)

#### 5.3.1. Le temps de la corticotomie

Après préparation du champ chirurgical, la zone de corticotomie exposée, l'axe osseux et l'épaisseur osseuse transversale sont appréciées. Des traits de corticotomies verticales sont pratiqués et limitent la zone à implanter, à environ 2 -3 mm des dents adjacentes.

La hauteur de ces traits correspond à la hauteur de la zone à augmenter. En profondeur, ces corticotomies se limiteront à l'os cortical, sans atteindre l'os spongieux. Ce temps permet d'apprécier la résistance et la plasticité osseuse. Puis, la corticotomie crestale horizontale est effectuée jusqu'à la profondeur correspondant à la hauteur de l'expansion souhaitée. Généralement, elle atteint 5 à 7 mm de profondeur, laissant 3 à 4 millimètres non intéressés par la séparation des corticales, mais essentiels à la stabilité implantaire primaire peropératoire (Simion et al. 1992).

Classiquement, ces corticotomies sont pratiquées au moyen de ciseaux à os (par percussion). Toutefois, l'utilisation d'instruments ultrasonores, d'une micro-scie à mouvements réciproques, ou d'un disque diamanté (0,5 mm de diamètre) sur contre-angle ou pièce à main sous irrigation, sont des alternatives particulièrement intéressantes en présence d'un tissu osseux de forte densité (type I et II).

Une fracture dirigée en bois vert est alors effectuée grâce à différents instruments de la SCT décrits plus loin. On obtient ainsi la luxation d'un volet osseux alvéolaire à charnière supérieure si la corticotomie s'effectue aux dépens d'un segment osseux maxillaire (Lalo et al. 2008).

##### 5.3.1.1. *La piezochirurgie*

La chirurgie piézoélectrique est une alternative intéressante aux techniques classiques de chirurgie osseuse. Horton et al. décrivent dès 1981, l'utilisation d'un bistouri ultrasonore qui fut adapté plus tard par Vercellotti (Vercellotti et al. 2000).

Le système est relié à une pompe de sérum physiologique assurant une irrigation stérile. La piezochirurgie est basée sur la capacité à développer une fréquence fonctionnelle de 25 à 29 kHz (kilo-hertz), modulée en fonction du type de chirurgie. La combinaison des fréquences utilisées permet d'avoir aux inserts une double oscillation : verticale et horizontale. L'effet de coupe est obtenu grâce à ces micro-oscillations actives, principalement sur les tissus minéralisés, avec une grande précision. Les tissus mous, quant à eux, y sont insensibles. Son utilisation offrant plus de sécurité per-opératoire représente un de ses atouts principaux.

De plus, la cavitation du jet d'eau permet d'obtenir un brouillard de petites bulles qui décapent les surfaces exposées du champ opératoire et limitent le saignement (Peivandi et al. 2007) (Figure 1), L'autre conséquence de l'effet de cavitation est la limitation de l'échauffement osseux, le rinçage et le drainage des débris, ce qui améliore nettement la visibilité au niveau du site opératoire.

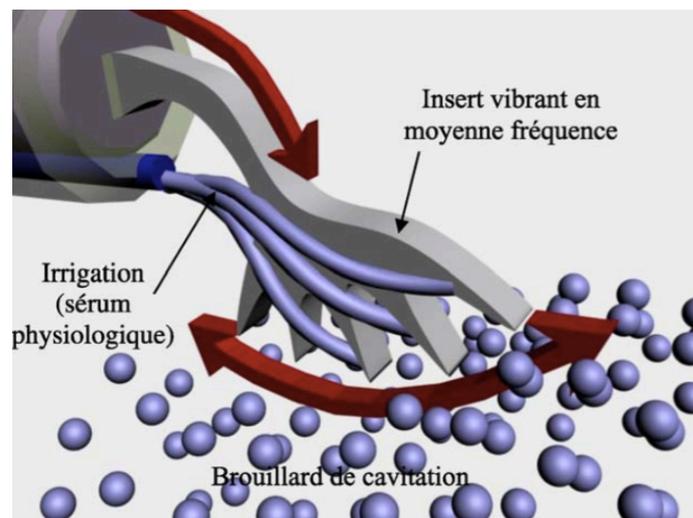


Figure 1: Double oscillation et brouillard de cavitation (d'après Peivandi et al. 2007)

En fonction de l'action recherchée, le bistouri/insert ultrasonore travaillera avec des inserts spécifiques et une fréquence (modulée ou non) spécifique.

Le réglage idéal est une fréquence de 29 kHz modulée en 50 kHz toutes les 10 nanosecondes. Les inserts utilisés sont des inserts coupants. De couleur doré, ils sont recouverts de nitrure de titane et présentent une dureté très importante, ce qui accroît leur efficacité de coupe (Figure 2). Ils disposent de plusieurs pics affûtés qui permettent une abrasion importante et rapide au cours de l'oscillation de moyenne fréquence (29 kHz modulée en 50 kHz tous les 10 ns). Des inserts diamantés peuvent aussi être utilisés (aussi abrasifs mais de forme moins agressive). La

piezochirurgie permet ainsi la création d'une tranchée osseuse crestale fine et profonde. Ce qui a pour conséquence de diminuer le risque de fracture d'un volet osseux.



*Figure 2: Inserts ultrasonores pour corticotomie (Mectron®)*

Après quelques années où seul le système Piezosurgery® de la société Mectron® (Figure 3) était commercialisé, d'autres systèmes ont été proposés tels que le Surgysonic® (Esacrom®), le Surgybone® (Icome®) et le Piezotome® (Satelec®). Longtemps, le défaut principal de la piezochirurgie était son manque de puissance. Le gain de précision et de netteté était alors, entaché d'une vitesse de coupe assez modeste. Cependant, l'arrivée de nouvelles versions a considérablement augmenté les puissances développées. Le second inconvénient concerne l'usure des inserts. Bien que recouverts de nitrure de titane et parfois diamantés, ils s'usent très rapidement. Il est même recommandé de ne pas excéder 10 utilisations en chirurgie osseuse. Malgré leur grande dureté, les inserts ne résistent pas longtemps à la violence des impacts micro-abrasifs, au risque de se briser, ou pire, d'abimer les tissus par échauffement incontrôlé (Leclerq et Dohan 2004). La courbe d'apprentissage de l'opérateur est également à prendre en compte.



*Figure 3: Dispositif de piezochirurgie (catalogue Mectron®)*

En effet, lors d'incision osseuse, il a été constaté histologiquement que le tissu préparé demeurait parfaitement vital : le couplage d'un insert efficace avec les justes fréquences permet de neutraliser l'effet thermique nécrosant (Aro et al. 1981 ; Vercelloti et al. 2001).

### 5.3.2. Le temps de l'ostéotomie

#### 5.3.2.1. *Les ostéotomes manuels*

Décrits par Simion et al. (1992), les ostéotomes manuels, travaillant en percussion par l'intermédiaire d'un maillet chirurgical, sont les instruments classiques adaptés à cette technique (Figure 4).



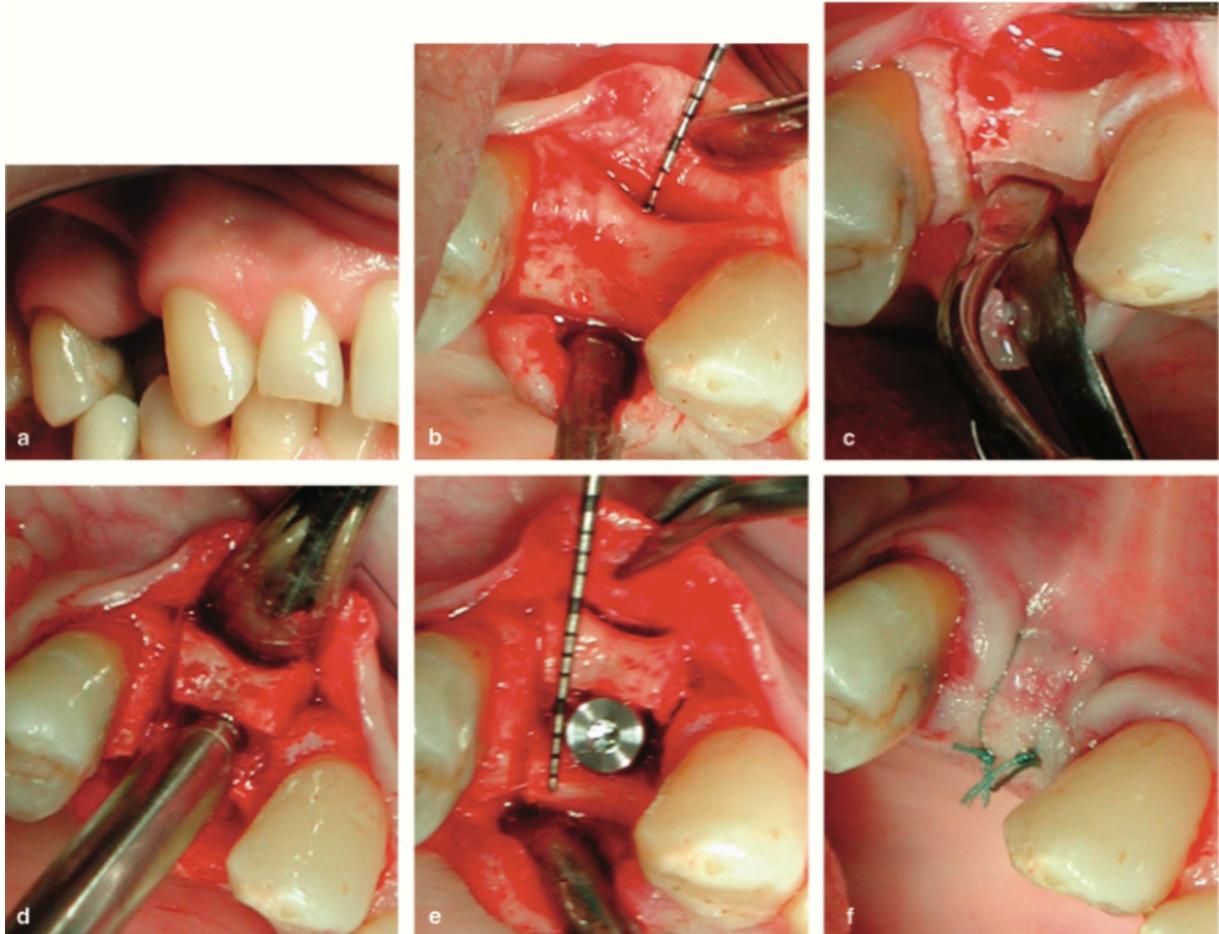
Figure 4: Ostéotomes et maillet manuel (DentsplySirona®)

Les ostéotomes sont appliqués de manière croissante à partir du diamètre le plus fin (2.3, 2.8, 3.4, et 4.1 mm). Cette utilisation progressive, a pour objectif d'obtenir un meilleur contrôle de la séparation ou ouverture des deux volets osseux, ainsi que de réduire le risque d'une fracture complète du segment osseux (Gonzales-Garcia et al. 2011). Leurs extrémités apicales sont plates pour une expansion latérale, et coniques pour progresser en profondeur. Un mouvement de pression et de rotation simultané est requis jusqu'à obtenir la longueur souhaitée (ou une résistance). Avant de passer à l'ostéotome suivant, il est recommandé d'attendre 1 à 2 minutes, ce qui va rendre possible la formation de micro-fracture et la compaction de l'os adjacent (Demarosi et al. 2009). Si une résistance au sommet de crête apparaît, les ciseaux à os (ou autres instruments ayant servi à la corticotomie crestale) seront appliqués en mésial et distal (Khairnar et al. 2014).

Une fois la profondeur et le volume obtenu, le site est prêt pour recevoir l'implant, qui sera inséré avec précaution afin d'éviter une fracture totale du volet osseux ou l'apparition d'une déhiscence.

Cette technique tire son avantage de l'élasticité de l'os maxillaire, en particulier, qui peut être compressé, manipulé et augmenter, *de facto*, sa densité et son volume (dans le sens vestibulo-lingual et corono-cervical). La rétention primaire de l'implant se retrouve ainsi grandement acquise. C'est une technique fiable et relativement non-invasive.

La figure ci-dessous présente un cas clinique (Blus et Szmukler-Moncler, 2006), dont l'insuffisance osseuse horizontal est traité par SCT. Elle est réalisée à l'aide de la piezochirurgie et d'ostéotomes.



*Figure 5: Cas clinique d'une SCT réalisée au maxillaire. a) situation clinique préopératoire, b) levée du lambeau mucopériosté, c) corticotomies à l'aide d'insert ultrasonore, d) ostéotomie à l'aide d'ostéotomes (maillet manuel), e) mise en place de l'implant, f) situation après fermeture du site (d'après Blus et Szmukler-Moncler, 2006)*

#### 5.3.2.2. *Expanseurs manuels ou travaillant par impaction*

Ces instruments travaillent également par impaction (Figure 6). L'avantage par rapport aux ostéotomes réside dans le fait qu'ils peuvent être maintenus pendant la mise en place de l'implant (placés de part et d'autre du site) : c'est un avantage particulièrement intéressant lors d'un édentement de grande étendue (Bassetti et al. 2013).

Le protocole est sensiblement similaire à celui décrit précédemment.

Bassetti et al (2013) ont mené une étude de cohorte comparant des implants posés avec et sans SCT. Les corticotomies sont réalisées par un instrument ultrasonore quand l'ostéotomie est

pratiquée par des expandeurs manuels. Les taux de survie implantaires sont identiques (100%) après 30 mois de suivi. Le gain moyen osseux horizontal est de 4,7 mm.

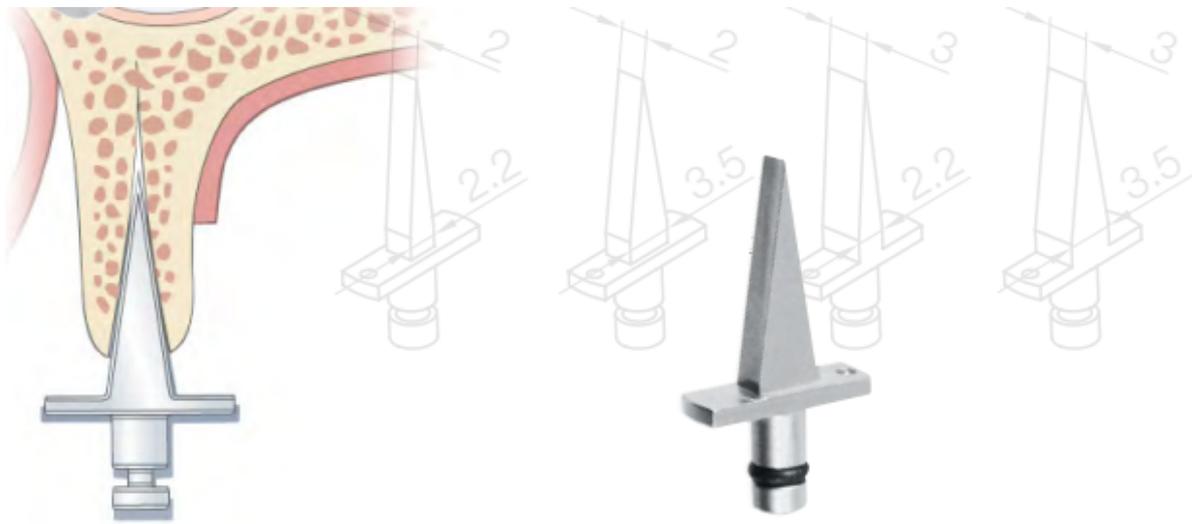


Figure 6: Expandeurs travaillant par impactions (Expandeurs Zepf®)

#### 5.3.2.3. Ostéotomie et maillet électrique

Ce système est identique au précédent, son originalité repose sur l'utilisation d'un maillet électrique. Ce dernier est un instrument magnéto-dynamique assemblé dans une pièce à main alimentée par un dispositif de contrôle de puissance, délivrant des forces par temps d'application. L'ostéotome est attaché à la pièce à main qui délivre une onde de choc à sa pointe (Figures 7 et 8).

La force appliquée à la pointe de l'ostéotome s'élève à 90 daN/ $\mu$ s (déca-newton par micro-seconde). Le maillet électrique fournit à l'ostéotome un mouvement longitudinal, le long du futur axe implantaire, provoquant un mécanisme d'entraînement de mouvements longitudinaux. Ce mécanisme engendre une condensation progressive des parois osseuses internes, pour aboutir à un tissu osseux de haute densité le long de l'axe (Crespi et al. 2014).

La technique est plus facilement reproductible, plus précise et surtout plus rapide. On observe moins d'effets indésirables pour le patient consécutifs aux impacts des ostéotomes.



*Figure 7: Maillet électrique Osteo Safe® (Anthogyr®)*



*Figure 8: Maillet électrique (Sweden&Martina®)*

Une comparaison entre le maillet manuel (groupe contrôle) et électrique (groupe test) a été menée par Crespi et al en 2014. Cette étude randomisée concerne 46 patients recevant 118 implants (en majorité au maxillaire, dans la région postérieure) repartis en 2 groupes. Cette étude observe les résultats cliniques sur une période d'observation de 2 ans. Le groupe test obtient un taux de survie de 100% supérieur au groupe contrôle (96,6%). Un événement indésirable a été relevé, marqué par l'apparition d'une commotion labyrinthique chez 1 patient.

Cependant, les auteurs n'ont pas noté de différence significative concernant l'augmentation osseuse moyenne (4,4 mm) ( $p < 0,05$ ).

Cette étude possède un risque de biais élevé dû à la méthode de randomisation et à la dissimulation de l'assignation aléatoire, non précisées par les auteurs (Mestas et al. 2016).

#### 5.3.2.4. *Expanseurs travaillant par vissage*

Les expanseurs vissés sont une alternative séduisante aux expanseurs travaillant par impaction. Ils ont l'avantage de faciliter un meilleur accès, une insertion douce, progressive et moins traumatisante pour le patient (Fickl et al. 2008). Ils peuvent être manuels ou motorisés. Ils fonctionnent sur contre-angle en rotation continue sans irrigation ou par vissage avec une clé dynamométrique. La rotation doit être de 15 à 30 tr/min (tour/minute) avec une force de 15 à 20 N/cm (newton/cm). Les séquences d'expanseurs avec des diamètres croissants ont aussi été proposées (Figures 9 et 10).



Figure 9: *Expanseurs vissés Biotechnology Institute® (Mazzocco et al. 2011)*



*Figure 10: Expandeurs vissés (Mectron®)*

Le lambeau dressé, l'identification du futur site implantaire est marquée à la fraise boule. Ce point va conditionner les contraintes exercées par les expandeurs sur l'os environnant. Un bon marquage est primordial car il sera difficile de pallier à un mauvais positionnement initial. Un forêt pilote de 2 mm est introduit à la longueur de l'implant, voire en deçà, et donnera l'orientation de l'axe du premier expandeur. Néanmoins, le premier expandeur pourra être directement introduit dans le cas d'os de faible densité.

Les expandeurs, de diamètre croissant, sont ainsi successivement introduits à la longueur souhaitée jusqu'à l'obtention du diamètre correspondant à celui de l'implant. Les expandeurs doivent être vissés lentement afin d'éviter un échauffement de l'os, et permettre au tissu osseux de se distendre grâce à son élasticité. Nkenke et al. (2002) recommandent de laisser l'expandeur en place quelques minutes avant de passer au suivant.

Une attention toute particulière est portée au choix du dernier expandeur qui sera fonction du diamètre et de la longueur de l'implant choisi. En effet, les expandeurs ont une configuration conique : plus ils sont enfouis et plus le diamètre préparé augmente. En conséquence, pour un diamètre identique, on utilisera toute la séquence pour un implant court, alors qu'on s'arrêtera au 2<sup>e</sup> ou 3<sup>e</sup> pour un implant long. Dans le cas de densité osseuse importante et d'un degré d'élasticité faible, on ne pourra préparer l'alvéole uniquement avec les expandeurs. Dans ces

cas, où le couple de serrage est trop important ou qu'un risque de fracture est soupçonné, on pourra réduire ces contraintes grâce au passage d'un forêt quitte à concéder une légère perte osseuse (Scipioni et al. 1994). En cas de pression excessive de l'expandeur, le risque est de fracturer l'une des corticales. Le taraud, si nécessaire, achève la séquence instrumentale en finalisant le calibrage du site implantaire et l'insertion de l'implant. En cas de fracture avérée, l'implant pourra malgré tout être placé si la stabilité primaire est suffisante. Dans le cas contraire, le site doit être comblé et l'implantation reportée après cicatrisation (Nkenke et al. 2002).

Cependant, l'expansion des corticales est difficile à maîtriser, celle-ci se faisant toujours aux dépens de la zone de moindre densité (Guillemant et al. 2012).

Anitua et al (2013) ont mené une étude rétrospective de cohorte sur l'ostéotomie segmentaire horizontale par expandeurs motorisés travaillant par vissage. L'étude porte sur 15 patients pour 37 implants posés. Le suivi moyen est de 17 mois. Le taux de survie obtenu est de 100% et le gain osseux horizontal moyen de 3,33 mm.

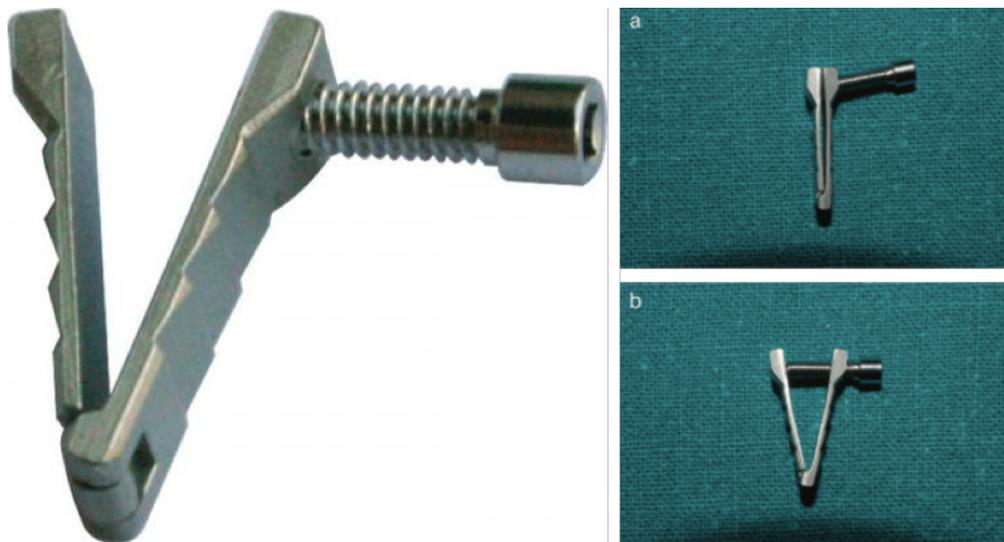
Montero et al (2012) ont étudié des expandeurs travaillant par vissage manuel (74 patients et 157 implants, suivi moyen de 2 ans). Un taux de survie implantaire de 91,9% est obtenu.

D'un point de vue biomécanique, l'étude de Jung et al. (2017) compare au niveau du site les instruments travaillant par impaction et ceux travaillant par vissage (sur 33 mandibules de porcins). L'augmentation alvéolaire ainsi que l'impulsion, le torque et la force horizontale (force g) y sont évalués. Aucune différence significative existe concernant l'augmentation horizontale. La force horizontale est significativement différente entre les deux instruments ( $p < 0,001$ ). Les auteurs relèvent un score de  $64,07 \pm 42,62$ g pour l'ostéotome et  $0,82 \pm 1,05$ g en faveur de l'expandeur vissé. L'échelle d'évaluation confirme plus de confort pour le patient lors de l'utilisation d'expandeurs vissés.

#### 5.3.2.5. *L'Extension Crest<sup>®</sup>*

L'Extension Crest<sup>®</sup> (Bio<sup>®</sup>) est un instrument récent et élaboré spécialement pour la SCT. Il se compose de deux bras en acier articulés apicalement et d'une vis transversale permettant une activation progressive du dispositif (Figure 11). Chaque tour de vis complet correspond à une activation de 0,5 mm. L'expansion maximale obtenue avec cet instrument est de 5 mm. Le taux

d'activation est corrélé aux besoins chirurgicaux ; le rythme, cependant, est lié à la densité osseuse. L'activation pour un os maxillaire présentant généralement une faible densité peut être obtenue en quelques minutes. Mais, la forte densité de l'os mandibulaire nécessite une activation plus lente, qui peut se prolonger sur plusieurs jours successifs (Chiapasco et al. 2006). Une fois activé à la longueur choisie, le site peut être préparé classiquement pour la mise en place de l'implant. Comparé aux techniques plus classiques citées plus haut, cet extenseur offre une augmentation plus graduelle. Face à un endentement de grande étendue, plusieurs dispositifs peuvent être mis en place simultanément, et permettent une distribution de forces homogènes le long de l'arcade. Un positionnement précis de plusieurs appareils permet de positionner les implants entre eux, favorisant ainsi la préparation du site implantaire.



*Figure 11: ExtensionCrest® (Chiapasco 2006)*

Chiapasco et al (2006) lors d'une étude prospective sur 45 patients (110 implants), obtiennent un taux de survie moyen de 97,3% et un gain moyen osseux de 3,25 mm (suivi moyen de 2 ans). Une étude rétrospective a également été menée sur l'utilisation de l'Extension Crest® (Bio®), chez 168 patients pour 226 implants (Tang et al. 2015). Un taux d'échec de 6,5% est relevé correspondant à 11 fractures sur 168 SCT (conversion en greffe d'apposition). Les implants insérés présentent un taux de survie de 100% après 33 mois, ainsi qu'une perte osseuse crestale moyenne de 0,56 mm.

Dans l'illustration clinique suivante, un instrument similaire à l'Extension-Crest® (Bio®) est utilisé : RHOD (Rapid Horizontal Osteo-Distraction, Resista®).

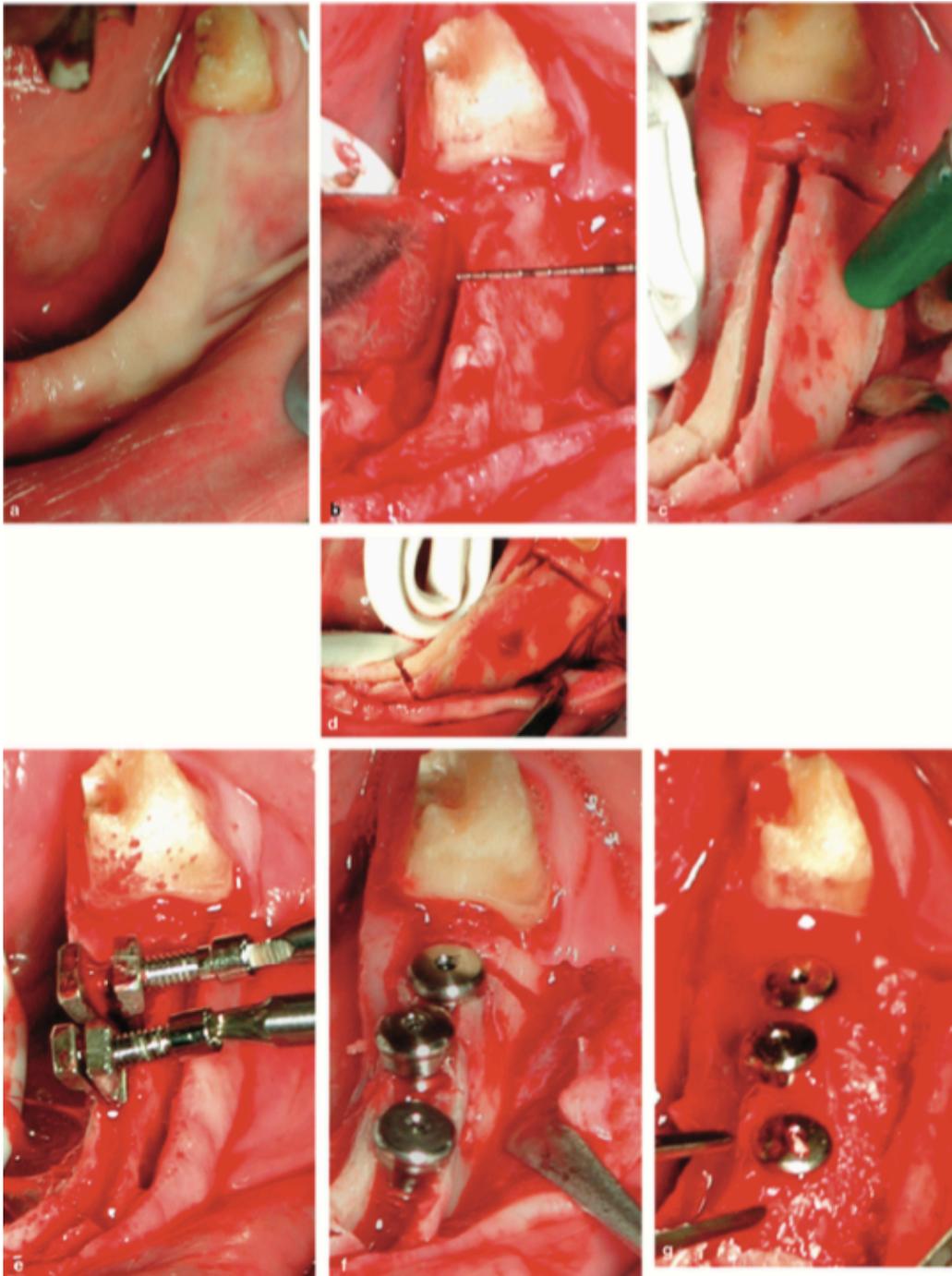


Figure 12 : Cas clinique d'une SCT réalisée à la mandibule avec RHOD : a) situation préopératoire, b) levé du lambeau mucopériosté, c) corticotomies à l'aide d'insert ultrasonore, d) corticotomie supplémentaire horizontale en vestibulaire, rejoignant les extrémités basales des corticotomies verticales, e) ostéotomie à l'aide du RHOD, f) implantation immédiate, g) comblement de l'espace inter-corticale avec un substitut osseux (d'après Blus et Szmukler-Moncler, 2006)

#### 5.4. Comblement de l'espace inter-cortical

A la suite de l'expansion du volet osseux vestibulaire, un espace inter-cortical est matérialisé. Certains auteurs ne trouvent pas nécessaire de combler cet espace, espérant que la fermeture sera assurée par un processus de cicatrisation naturel. Le site est assimilé à un site post-extractionnel dont la cicatrisation ne nécessite pas un comblement osseux / substitut osseux (Gonzalez-Garcia et al. 2011), sauf situation clinique particulière.

D'autres, préconisent le recours à un substitut osseux et/ou l'adjonction d'une membrane à la suite de la SCT, afin de soutenir la cicatrisation. La fracture en bois de vert du volet osseux pédiculé permet le maintien de la greffe sans moyen de fixation (Gonzalez-Garcia et al. 2011). Cependant, en les utilisant, le risque de complications (inhérent aux techniques de ROG et de greffes d'apposition) est augmenté (Cordaro et al. 2011).

Plusieurs études se sont interrogées sur l'utilité d'un comblement de cet espace inter-cortical, d'un point de vue biologique.

Lors d'une étude rétrospective, Tang et al (2015) comparent l'utilisation ou non d'un substitut osseux et d'une membrane lors d'une SCT (Bio-Oss<sup>®</sup> et Bio-Guide<sup>®</sup>, Geistlich<sup>®</sup>). Une différence significative est observée concernant les pertes osseuses post-opératoires la première année avec 0,69 et 0,43 mm pour le groupe contrôle et test respectivement (en faveur du groupe test).

Stricker et al (2016) ont apporté des informations, à travers une étude histométrique et histologique chez 12 porcs nains dans un protocole de greffe alloplastique (phosphate de calcium biphasique) et membrane de collagène après SCT (32 implants). Les prémolaires et molaires sont extraites et la SCT pratiquée après une cicatrisation de 3 mois. Huit sont sacrifiés à 8 semaines et 4 à 12 semaines post-opératoires. Une différence significative est notée pour les résorptions post-opératoires en faveur du groupe avec comblement. Cependant, 3 déhiscences tissulaires aboutissant à la perte de 6 implants ont eu lieu dans ce même groupe.

## 6. Complications

### 6.1. Fracture totale du versant osseux

La complication principale d'une augmentation horizontale par corticotomie segmentaire est la fracture totale du versant osseux (Chiapasco et al. 2006).

Une mauvaise indication de la technique peut en être l'origine. L'épaisseur initiale minime avec une absence d'os spongieux, des forces appliquées trop fortes, un mauvais contrôle au plan technique, voire une trop grande expansion peuvent conduire à une fracture totale (Waechter et al. 2017). Dès lors, la mise en place de l'implant est difficile et la stabilité primaire faible voire nulle. S'en suivront une plus grande résorption post-opératoire (Chiapasco et al. 2006), et secondairement des récessions (Jensen et al. 2009).

Face à une fracture totale d'une table osseuse, plusieurs options sont possibles :

- le site peut être refermé avec ou sans comblement et stabilisé avec ou sans fixation (par micro-vis) et le projet thérapeutique initial modifié en greffe osseuse. L'implantation se fera au minimum 3 mois après cicatrisation (Gonzalez-Garcia et al. 2011, Shibuya et al. 2014) ;
- une insertion profonde de l'implant sous le trait de fracture (assurant une stabilité primaire) est possible sans fixation du versant fracturé, et sans incidence sur le succès implantaire (Shibuya et al. 2014).

La cicatrisation post-opératoire se déroule généralement sans incident et permet d'obtenir une épaisseur horizontale en conformité avec une implantation correcte (Chiapasco et al. 2006 ; Shibuya et al. 2014).

### 6.2. Commotion labyrinthique

D'autres complications, moins fréquentes, sont à mettre en lien avec l'instrumentation utilisée pour l'ostéotomie segmentaire. L'utilisation d'instruments impactés comme l'ostéotome et le

maillet chirurgical n'est pas sans risque. Effectivement, les chocs successifs peuvent provoquer des vertiges paroxystiques positionnels bénins (VPPB) chez le patient (sans antécédents), ainsi qu'un certain stress compte tenu des percussions (Sammaritano et al. 2011). Les symptômes consistent en des épisodes de vertiges souvent décrits comme une sensation de rotation, accompagnés de nausées et parfois de vomissements. Ces effets sont de courte durée et les symptômes disparaissent en quelques jours spontanément (Crespi et al. 2014). Le maillet électrique (Crespi et al. 2014) ou des expanseurs motorisés (Jung et al. 2017) sont des alternatives sans risque.

## 7. Techniques alternatives à l'expansion osseuse latérale

Pour information, deux procédures chirurgicales alternatives à l'ostéotomie segmentaire sont mentionnées et sont développées ici, de manière succincte.

### 7.1. La régénération osseuse guidée (ROG)

#### 7.1.1. Principe

Les principes de la ROG s'inspirent de ceux de la régénération tissulaire guidée (RTG). Le principe biologique de la ROG consiste en la protection et l'isolation d'un défaut osseux par l'intermédiaire d'une membrane, afin d'exclure les cellules non osseuses. L'espace ménagé pour le défaut se remplit d'un caillot sanguin, et est colonisé par des cellules ostéogéniques qui seront à l'origine d'un tissu néoformé (Retzepi et Donos 2010). Ce principe a été proposé également pour la reconstruction osseuse per-implantaire de spires d'implants exposées (Buser et al. 1990), ou en amont de l'implantation (Jensen 1994). Des membranes non résorbables en e-PTFE ont été développées pour reconstruire des défauts osseux de plus ou moins grande étendue (Jensen, 1994). Disponibles en plusieurs formes, selon la configuration du défaut à traiter, elles sont ou non rigidifiées par une armature en titane pour optimiser l'espace de régénération, et éviter l'effondrement sous la pression des tissus muqueux les recouvrant.

La ROG peut également être associée à un matériau de comblement qui soutient la membrane (« effet de tente »), si bien qu'il est possible d'utiliser une membrane non résorbable rigide sans risque d'effondrement. Aussi, l'utilisation de substitut osseux potentialise la régénération osseuse (propriétés ostéoconductrices et/ou ostéoinductrices). Les membranes résorbables donnent désormais des résultats équivalents (Merli et al. 2014 ; Arbab et al. 2016).

#### 7.1.2. Matériaux

##### 7.1.2.1. *Les membranes*

Le rôle d'une membrane consiste en l'isolation et la protection du défaut osseux en empêchant une invasion cellulaire (c'est à dire conjonctive, épithéliale), susceptible d'interférer avec la néoformation osseuse. La membrane peut également empêcher une résorption osseuse en privant le site des cellules progénitrices des ostéoclastes (les ostéoclastes ne sont nécessaires que pour la phase tardive du remodelage osseux) selon Gruber et al. (2017).

Les membranes utilisées lors d'une ROG peuvent être de 2 types :

- non résorbable : en e-PTFE, renforcée ou non par une armature de titane ; elles doivent être maintenues en place pendant toute la phase de cicatrisation osseuse. Outre la nécessité d'un 2<sup>e</sup> temps chirurgical pour le retrait de la membrane, celle-ci soumise à des tensions peut exprimer des souffrances à travers des expositions dans la période de cicatrisation (Rasmusson et al.1997, Van der Zee et al. 2004) ;
- résorbable avec une cinétique variable : de type collagénique, principalement, (d'origine bovine ou porcine) ou conçue à base de polymères synthétiques, elles ont comme avantage, une biodégradation par activité enzymatique ou une bio-absorption par hydrolyse. La résorption peut varier de 4 semaines à 6 mois. Toutefois, la régénération osseuse peut être limitée par une résorption trop rapide. Ces membranes peuvent être constituées ou enrichies par des éléments clés de la régénération osseuse tel que la fibrine, des facteurs de croissance (BMPs, bone morphogenetic proteins, facteur d'induction osseuse) d'après Gruber et al. (2017).

#### 7.1.2.2. *Les substituts osseux*

Un substitut osseux peut être associé aux membranes lors d'une ROG. Ils permettent à la fois un support de la membrane, ainsi qu'une meilleure régénération grâce à leur capacité ostéo-conductrices (préostéoblastes, ostéoblastes, facteurs de croissance et facteurs d'induction osseuse), voire pour certains ostéo-inductrices.

Les différents substituts osseux, ainsi que leurs caractéristiques principales sont proposés dans le tableau suivant :

Type de greffe	Origine	Caractéristiques	Exemples
Autogreffe	Patient	Entièrement biocompatible Ostéo-induction et ostéo-conduction	Intra oral (symphyse, ramus). Extra oral (os iliaque, calvaria).
Allogreffe	Individu de la même espèce	Risque de transmission d'agents pathogènes ne peut être écarté avec certitude  Ostéo-induction et Ostéo-conduction	Os d'origine humaine lyophilisé.  Os d'origine humaine lyophilisé et déméralisé.
Xéno greffe	Individu d'une autre espèce	Ostéo-conducteur  Offre une résorption lente qui peut nuire à la qualité de l'os néoformé	Bovine  Porcine
Greffe Alloplastique	Matériaux synthétique	Facile d'utilisation  Aucun risque de contamination  Agit comme substrat /vecteur pour la croissance osseuse	Phosphate tricalcique. Hydroxyapatite. Polymère. Verres bioactifs.

*Tableau 2: les différentes origines et caractéristiques selon le type de greffe*

## 7.2. La greffe osseuse d'apposition

Les greffes osseuses d'apposition sont principalement indiquées dans les défauts osseux importants concernant à la fois les sens vertical et/ou horizontal (Wang et al. 2002).

Elles consistent en la mise en place d'un greffon osseux en bloc au niveau de la zone à

reconstituer. L'origine du greffon peut être soit autogène ou autologue (greffon prélevé chez le receveur) soit allogénique (greffon prélevé chez un donneur de la même espèce que le receveur). Ce dernier s'affranchit d'un site donneur (second site chirurgical) et présente une faible morbidité. Le greffon est fixé par des vis d'ostéosynthèse (titane).

Classiquement, la greffe d'apposition va permettre d'obtenir un volume osseux compatible avec la pose d'un implant, qui sera mis en place lors d'une seconde intervention (von Arx et Buser, 2006). Elle a également été décrite en couverture des spires implantaire exposées lors de la pose des implants (Cordaro et al. 2011). C'est une option qui s'avère plus favorable au maxillaire qu'à la mandibule dans les secteurs postérieurs.

La régénération osseuse exige 5 à 6 mois. Cependant, les blocs greffés peuvent à ce stade se décoller si un couple important est exercé lors de la mise en place des implants (>30 Ncm). Cette technique se limite aux sites donneurs qui détermine la qualité et la quantité du volume osseux à prélever. De plus, la résorption du greffon reste l'un des aléas liés à ce traitement. Aussi, une perte osseuse à court, moyen ou long terme peut se produire autour des implants placés dans des blocs osseux (Antoun et Sojod, 2016).

## 8. Revue de littérature

### 8.1. Matériels et Méthodes

Afin de préciser la recherche numérique, la méthode PICO a été appliquée pour l'enquête documentaire spécifique :

- P : Patients, en bon état de santé générale présentant des secteurs édentés encastrés mais des conditions de volume osseux insuffisant en épaisseur pour recevoir des implants dentaires
- I : Intervention d'expansion osseuse latérale (split crest osteotomy, SCT) applicable car épaisseur osseuse du site implantable comprise entre 1,5 et 5 mm, et hauteur résiduelle supérieure à 8-10 mm
- C : Comparer l'efficacité de l'instrumentation disponible capable d'appliquer le déplacement d'un volet osseux vestibulaire latéralement dans la procédure SCT
- O : Juger les bénéfices de la procédure SCT pour chaque instrumentation testée en termes de taux de survie implantaire comme donnée principale, et le gain osseux créal obtenu horizontalement.

#### 8.1.1. Sources de données

Toutes les publications scientifiques nécessaires à la réalisation de cette revue de littérature sont issues d'une recherche numérique via la base de données Pubmed (Public Medline) du NCBI (National Center for Biotechnology Information), sur une période comprise entre janvier 2000 et janvier 2019.

#### 8.1.2. Sélection des données

##### *8.1.2.1. Critères d'inclusion*

Afin d'être inclus dans cette revue, les articles doivent répondre aux critères d'inclusion

suyvants :

- publication dans des journaux scientifiques à comité de lecture
- méta analyses / revues systématiques si disponibles
- toute série de cas cliniques (prospective, rétrospective), essai clinique contrôlé (ECC) et/ ou randomisé contrôlé (ECR) incluant cinq patients ou plus
- texte intégral en anglais ,éventuellement en français
- études dans lesquelles l'indication d'expansion osseuse segmentaire est clairement définie (dimensions crestaies du secteur à implanter précisées / largeur de crête inférieure au diamètre implantaire standard 3,75 -5mm / largeur table osseuse comprise entre 1,5 et 5 mm
- études cliniques comparant / évaluant différentes instrumentations utilisées pour la SCT
- études cliniques positionnant le taux de survie implantaire comme variable principale puis le gain osseux horizontal, la perte osseuse marginale / résorption osseuse, le type de lambeau, les complications post-opératoires (fracture du volet osseux ,perte d'implant) comme variables associées
- les complications biologiques (fracture du volet osseux ) et /ou esthétiques auront été traitées en appliquant une méthode chirurgicale alternative d'augmentation / correction des tissus pour préserver la survie des implants positionnés
- une période d'observation après traitement chirurgical et/ou mise en place de la restauration implanto-portée, pour apprécier les bénéfices éventuels d'au moins 6 mois.

#### 8.1.2.2. Critères d'exclusion

Les articles répondant aux critères suivants n'ont pas été inclus dans cette revue de la littérature :

- études in vitro
- études animales
- les études dans lesquelles des données concernant les effets de l'instrumentation ne pourraient pas être extraites
- études portant sur moins de 4 patients

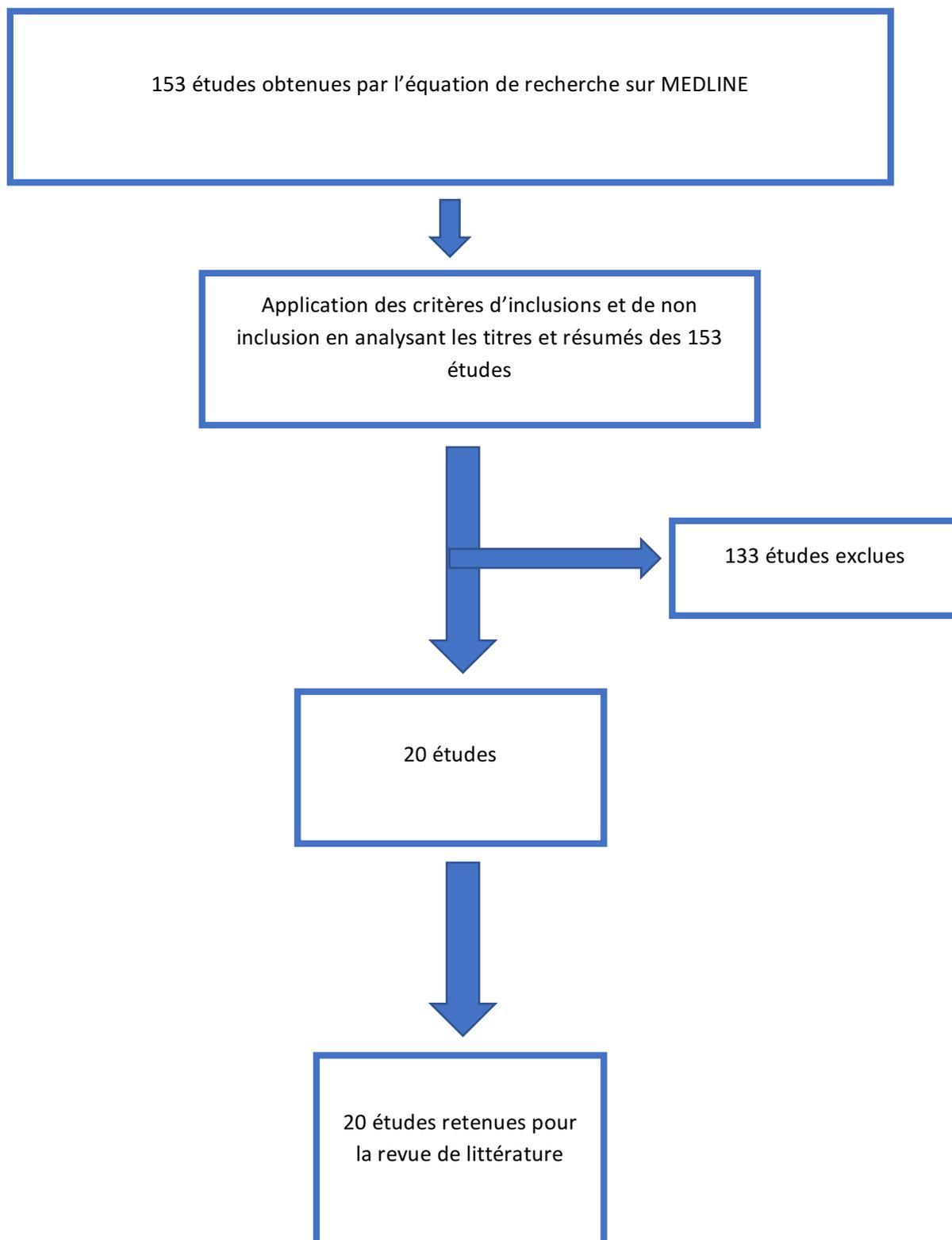
- absence de comparaison entre une instrumentation spécifique à la SCT et /ou une procédure alternative
- matériels & méthode non identifiables
- pas d'identification des variables principale (le taux de survie implantaire) et secondaires (le gain osseux horizontal et/ou le remodelage osseux marginal et les complications non précisées)
- types d'instrumentation testée non précisés
- durée de l'étude inférieure à 6 mois.

### 8.1.3. Stratégie de recherche

Afin de sélectionner les études, l'équation suivante contenant des Mesh Terms et mots clés a été utilisée :

((((((((((alveolar ridge augmentation[MeSH Terms]) OR alveolar ridge augmentations[MeSH Terms]) OR augmentation, alveolar ridge[MeSH Terms]) OR augmentations, alveolar ridge[MeSH Terms]) OR Alveolar Ridge Augmentation/methods[MeSH Terms]))) AND (((((((((((split crest[Title/Abstract]) OR split-crest[Title/Abstract]) OR split osteotomy[Title/Abstract]) OR ridge splitting[Title/Abstract]) OR alveolar ridge splitting[Title/Abstract]) OR ridge expansion[Title/Abstract]) OR ridge expansions[Title/Abstract]) OR ridge expanders[Title/Abstract]) OR split expansion[Title/Abstract]) OR split expansions[Title/Abstract]) OR split crest technique[Title/Abstract]) OR split-crest technique[Title/Abstract]) OR bone expansion[Title/Abstract]) OR ridge split[Title/Abstract]))

Un total de 153 études est obtenu. Après lecture des résumés, des références bibliographiques et l'application des critères d'inclusion et de non inclusion ou exclusion ; 20 articles ont été retenus en vue d'une lecture du texte intégral et d'une analyse complète.



*Schéma 1 : Flow chart représentant la stratégie de recherche*

La nature de chaque étude est détaillée dans le tableau ci-dessous :

<b>Auteur</b>	<b>Année de publication</b>	<b>Type d'étude</b>	<b>Durée d'observation</b>	<b>Nombre de patients/implants</b>
Sethi et Kaus	2000	Série de cas prospective	27 mois	150 / 449
Chiapasco et al.	2006	Série de cas rétrospective	20	45 / 110
Blus et Szmukler-Moncler	2006	Série de cas prospective	42 mois	57 / 230
Jensen et al.	2009	ECC	12 mois	40 / 81
Blus et al.	2010	Série de cas prospective	36 mois	43 / 180
Demetriades et al.	2011	Série de cas prospective	24 mois	15 / 34
Gonzales-Garcia et al.	2011	Série de cas rétrospective	28 mois	8 / 33
Bassetti et al.	2013	ECC	30 mois	7 / 17
Anitua et al.	2013	Série de cas rétrospective	17 mois	15 / 37
Crespi et al.	2014	ECR	24 mois	46 / 118
Shibuya et al.	2014	Série de cas rétrospective	28 mois	6 / 14
Mounir et al.	2014	ECR	12 mois	22 / 43
Ella et al.	2014	ECC	36 mois	32 / 64
Garcez-Filho et al.	2015	Série de cas rétrospective	120 mois	21 / 41
Tang et al.	2015	ECC	33,6 mois	168 / 226
Mestas et al.	2016	RS	-	1178 / 3033

Bassetti et al.	2016	RS	-	-
Nguyen et al.	2016	ECC	6 mois	10 / 22
Jha et al.	2017	RS	-	-
Waechter et al.	2017	RS	31 mois	1732 / 4115

*Tableau 3: Etudes retenues pour la revue de littérature. Abreviations: RS: revue systématique; ECC : essai clinique contrôlé ; ECR : étude de cas randomisée et contrôlé.*

## 8.2. Résultats

Afin de permettre une vision plus large des résultats obtenus à travers les différentes études, le tableau ci-dessous regroupe les principaux résultats.

Ici, les études extraites pour cette revue sont détaillées dans un ordre respectant la logique du protocole technique de la SCT.

<b>Auteurs</b>	<b>Epaisseur du Lambeau</b>	<b>Instruments</b>	<b>Membrane/ Comblement osseux</b>	<b>Epaisseur initiale (mm)</b>	<b>Epaisseur finale (mm)</b>	<b>Perte osseuse marginale (mm)</b>	<b>Taux de survie</b>	<b>Observations</b>
Sethi et Kaus 2000	partielle	Ciseaux à os ou fraise diamantée + Ostéotomes	Hydroxyapatite + Os autogène	2 - 4	-	-	97%	12 échecs au total
Chiapasco et al. 2006	partielle	Scie chirurgicale + Extension-Crest <sup>®</sup>	-	-	-	4 (2,5 – 5)	97,3%	24/110 implants posés à 7 jours post SCT  1 paresthésie de la région de NAI pendant 2 mois  1 douleur prolongée pendant 1 mois
Blus et Szmukler-Moncler 2006	pleine	Piezochirurgie Ostéotome (maxillaire) Expansur vissé ou RHOD <sup>®</sup> (mandibule)	PRP membrane + Bio-Oss <sup>®</sup> (66,2%)	1,5 – 5 (3,2)	4 – 9 (6)	-	96,5%	2 fractures (maxillaire)  8 échecs à 6 mois

Tableau 4: Principaux résultats en fonction des études sélectionnées. Abréviations : NAI : nerf alvéolaire inférieur.

<b>Auteurs</b>	<b>Epaisseur du Lambeau</b>	<b>Instruments</b>	<b>Membrane/ Comblement osseux</b>	<b>Epaisseur initiale (mm)</b>	<b>Epaisseur finale (mm)</b>	<b>Perte osseuse marginale (mm)</b>	<b>Taux de survie</b>	<b>Observations</b>
Jensen et al. 2009	<u>Groupe 1</u> : pleine <u>Groupe 2</u> : partielle <u>Groupe 3</u> : partielle sans décharges	Ostéotomes	-	-	-	Supérieure à 2,0 mm :  G1 : 10/12 (83%) G2 : 2/45 (5%) G3 : 1/20 (5%)	G1 : 94,4% G2 : 93,3% G3 : 92,5%	
Blus et al. 2010	pleine	Piezochirurgie Ostéotome (maxillaire) Expansur vissé ou RHOD® (mandibule)	PRP membrane +  Bio-Oss®	3,3 ± 0,7	6,0 ± 0,4	-	97,2%	5 échecs à 6 mois (maxillaire)
Demetriades et al. 2011	pleine	Fraise Ostéotomes	Xéno greffe + membrane résorbable	3 - 4	-	-	97%	25 implants/34 placés immédiatement  1 échec à 4 mois
Gonzales-Garcia et al. 2011	pleine	Scie ou disque diamanté Ostéotomes	Xéno greffe + membrane résorbable	-	-	0,54 à 5 mois	100%	ISQ à 5 mois : 69,48

Tableau 5: Principaux résultats en fonction des études sélectionnées. Abréviations : ISQ : quotient de stabilité implantaire

Auteurs	Epaisseur du Lambeau	Instruments	Membrane/ Comblement osseux	Epaisseur initiale (mm)	Epaisseur finale (mm)	Perte osseuse marginale (mm)	Taux de survie	Observations
Anitua et al. 2013	pleine	Piezochirurgie Expansur vissé motorisé	Autogreffe + Xéno greffe	4,3 (1,8- 6,2)	7,63 (4,8- 11,4)	-	100%	Implant imbibé dans du PRGF liquide avant mise en place
Bassetti et al. 2013	pleine	Gt : Piezochirurgie + Expansur manuel travaillant par impaction	Bio-Oss <sup>®</sup> + Bio-Guide <sup>®</sup>	Gt : 2,9±0,4	Gt : 7,6±0,8	A 6 mois : Gt : 1,19±1,01 Gc : 0,94±0,78  A 2,5 ans : Gt : 1,68±0,9 Gc : 1,04±0,78	100%	<u>Groupe test</u> : SCT et implantation immédiate <u>Groupe contrôle</u> : implantation en condition classique
Crespi et al. 2014	partielle	Ciseaux à os + Ostéotome & Maillet électrique ou manuel	Membrane Collagène	2,0 – 3,5 2,8±0,7	5 – 8 7,2±1,7 (pas de différence entre Gc et Gt)	-	Gt : 100% Gc : 96,61%	<u>Groupe test</u> : maillet électrique <u>Groupe contrôle</u> : maillet manuel  BPPV chez 1 patient dans le Gc Temps opératoire plus court dans le Gt

Tableau 6: Principaux résultats en fonction des études sélectionnées. Abréviations : Gt : groupe test ; Gc : groupe contrôle ; BPPV : vertige paroxystique positionnel bénin ; PRGF : plasma riche en facteur de croissance.

<b>Auteurs</b>	<b>Epaisseur du Lambeau</b>	<b>Instruments</b>	<b>Membrane/ Comblement osseux</b>	<b>Epaisseur initiale (mm)</b>	<b>Epaisseur finale (mm)</b>	<b>Perte osseuse marginale (mm)</b>	<b>Taux de survie</b>	<b>Observations</b>
Shibuya et al. 2014	pleine	Microscie ou piezochirurgie + Ostéotomes	Substitut osseux + os autogène	A : 3,4 (1,6-6,4) B : 9,8 (6,6-13)	A : 8,3 (6,4-11,9) B : 12 (9,5-17,4)	-	100%	Point A : à 1 mm du sommet de crête Point B : à 10 mm du sommet de crête
Mounir et al. 2014	pleine partielle	Disque en carbure de tungstène + Ostéotome & maillet manuel	Grefte alloplastique	3 – 5	-	Gc : En V : -2,29 En L : 2,48 En MD : 1,83  Gt : En V : 0,71 En L : 1,14 En MD : 1,15	100%	<u>Groupe test</u> : SCT avec lambeau plein  <u>Groupe contrôle</u> : SCT avec lambeau partielle
Ella et al. 2014	partielle	Micro scie Crest-Control Bone splitting®	Grefte alloplastique (53% des cas) Bio-Guide®	3 - 4	-	Avec comblement : - 0 (94%) - 1 (6%) Sans comblement : - 0 (10%) - 1 à 2 (90%)	100%	Comparaison également entre les crêtes de 3 et 4 mm d'épaisseur

Tableau 7: Principaux résultats en fonction des études sélectionnées. Abréviations : Gt : groupe test ; Gc : groupe contrôle ; V : vestibulaire ; L : linguale ; MD : mésio-distale

Auteurs	Epaisseur du Lambeau	Instruments	Membrane/Comblement osseux	Epaisseur initiale (mm)	Epaisseur finale (mm)	Perte osseuse marginale (mm)	Taux de survie	Observations
Tang et al. 2015	Pleine ou partielle	Ciseaux à os + Extension Crest®	G2: Bio-Oss® + Bio-Guide®	≥ 2,0	-	A 6 mois : G1 : 1,67 G2 : 1,63 A 1 an post-chargement : G1:0,69±0,49 G2:0,43±0,51 Années suivantes : G1 : 0,07/0,06/0,006 G2 :0,06/0,08/0,06	G1: 100% G2: 100%	G1 : partielle (crête>4mm) G2 : pleine + Comblement et membrane (crête <4 mm) Fracture sur 11 patient/168 >2 temps chirurgical >taux d'échec de <b>6,5%</b>
Garcez-Filho et al. 2015	pleine	Fraise diamantée + Ostéotomes	Bio-Oss®	3 - 5	-	T1 : 0,47±0,91 T2 : 1,97±0,93	T1 : 97,5% T2 : 97%	T1 : à 6 mois post-chargement T2 : à 10 de la pose implantaire 1 échec à 2 mois et 1 plus tardif

Tableau 8: Principaux résultats en fonction des études sélectionnées. Abréviations : G1 : groupe 1 ; G2 : groupe 2.

<b>Auteurs</b>	<b>Epaisseur du Lambeau</b>	<b>Instruments</b>	<b>Membrane/ Comblement osseux</b>	<b>Epaisseur initiale (mm)</b>	<b>Epaisseur finale (mm)</b>	<b>Perte osseuse marginale (mm)</b>	<b>Taux de survie</b>	<b>Observations</b>
Nguyen et al. 2016	pleine	Piezo Expanseur vissé motorisé	-	A 2 mm : Gt : 4,1±0,2 Gc :5,5±0,5  A 5 mm : Gt:5,3±0,8 Gc:6,5±0,8	A 2 mm : Gt :5,4±0,4 Gc :5,4±0,4  A 5 mm : Gt:6,3±0,6 Gc:6,5±0,8	A 6 mois : Gt : 1,66 Gc : 1,28	100%	<u>Groupe test</u> : SCT et implantation immédiate <u>Groupe contrôle</u> : implantation en condition classique
Mestas et al. 2016	Pleine partielle	-	Substitut osseux +/- membrane dans 66,7% des études	3,3	6,9	-	96,8%	110 échecs
Bassetti et al. 2016	-	-	-	-	-	-	-	

Tableau 9: Principaux résultats en fonction des études sélectionnées. Abréviations : Gt : groupe test ; Gc : groupe contrôle.

<b>Auteurs</b>	<b>Epaisseur du Lambeau</b>	<b>Instruments</b>	<b>Membrane/ Comblement osseux</b>	<b>Epaisseur initiale (mm)</b>	<b>Gain osseux (mm)</b>	<b>Perte osseuse marginale (mm)</b>	<b>Taux de survie</b>	<b>Observations</b>
Jha et al. 2017	-	-	-	-	Avec ostéotomes : ±3  Avec piezochirurgie et expandeurs vissés :±3,44		-	-
Waechter et al. 2017	-	-	-	-	Avec instruments conventionnels : 3,61  Avec piezochirurgie : 3,69	1,44	97%	-

*Tableau 10: Principaux résultats en fonction des études sélectionnées.*

### 8.2.1. Le type de lambeau

- Lambeau muco-périosté ou lambeau d'épaisseur partielle avec ou sans incisions de décharge ?

#### 8.2.1.1. *Jensen et al. (2009)*

Cette étude clinique a pour but d'évaluer l'incidence du type de lambeau sur la résorption osseuse post-opératoire possible, après augmentation osseuse horizontale par SCT et implantation immédiate. Elle porte sur 40 patients avec un protocole chirurgical standard (Lalo et al. 2008). Trois types de lambeaux sont évalués : muco-périosté (Groupe 1, G1), épaisseur partielle avec décharges verticales (Groupe 2, G2) ou sans décharges verticales (Groupe 3, G3). Le niveau osseux autour de l'implant est mesuré par sondage sur la face vestibulaire de l'implant ou par sondage forcé trans-gingival après une période d'observation d'1 an.

Au total, 65 SCT sont testées (12 avec un lambeau mucopériosté, 42 avec un lambeau d'épaisseur partielle et 11 avec lambeau d'épaisseur partielle sans décharges) pour un total de 81 implants. Quatre échecs d'ostéointégration sont à noter, répartis dans les 3 groupes : 1 pour le G1, 2 pour le G2 et 1 pour le G3. Les taux de survies implantaires rapportés sont de :

- 94,4% pour le groupe G1
- 93,3% pour le groupe G2
- 92,5% pour le groupe G3.

Les pertes osseuses vestibulaires post-opératoires et récessions gingivales sont supérieures à 2 mm dans 14,7% des cas. Elles se trouvent majoritairement dans le groupe 1 (10 cas sur 12) et rarement dans les groupes 2 (2 cas sur 42) et 3 (1 cas sur 11).

Enfin, les auteurs rapportent que le groupe 1 et 2 sont les plus stables à 1 an post-SCT.

Conclusion : Selon les auteurs, le lambeau d'épaisseur partielle, avec ou sans décharges verticales, doit être privilégié lors de la réalisation d'une SCT. Celui-ci contribuerait à une meilleure stabilité crestale osseuse post-opératoire.

#### 8.2.1.2. Mounir et al. (2014)

Cette étude prospective randomisée a pour but d'évaluer les conséquences du maintien du périoste, après levée du lambeau dans la SCT sur les pertes osseuses crestales marginales. Un total de 22 patients présentant un édentement au niveau du maxillaire dans la région antérieure ont été inclus dans cette étude.

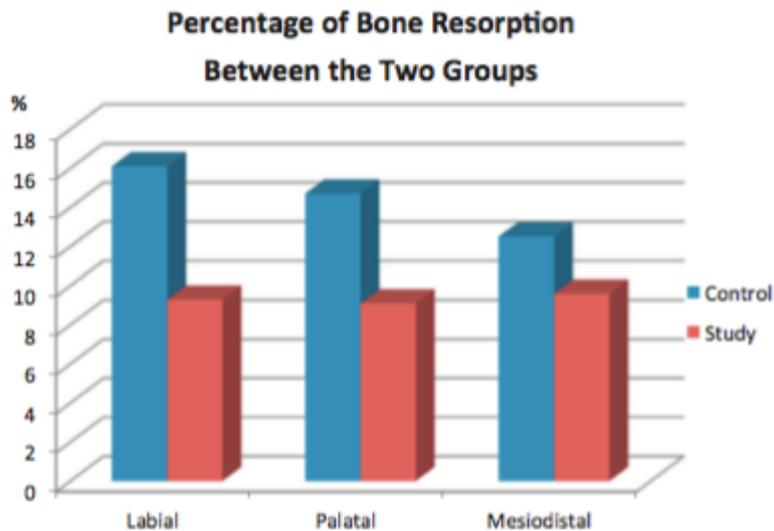
Un lambeau muco-périosté est dressé dans le groupe contrôle (Gc) alors qu'une incision en demi-épaisseur est proposée pour le groupe test (Gt). Les corticotomies sont réalisées avec un disque en carbure de tungstène de 1,5 mm, et l'ostéotomie par une séquence d'ostéotomes (avec maillet manuel). L'espace inter-cortical créé est comblé par une greffe alloplastique combinant un mélange d'hydroxyapatite (Si-HA) et de phosphate tri-calcique ( $\beta$ -TCP) dans un ratio : Si-HA (60%) +  $\beta$ -TCP (40%).

Le calcul de la perte osseuse marginale est mesuré sur CBCT après l'intervention puis au moins 6 mois plus tard.

Quarante-trois implants ont été insérés au total sur une période de 18 mois. Des complications per et post-opératoire n'ont pas été relevées. Un taux de survie de 100% est comptabilisé. La résorption osseuse est nette et différente ( $p < 0,05$ ) entre les deux groupes (Figure 13). En effet, les pertes osseuses marginales moyennes sont de :

- 2,29 mm en vestibulaire pour le Gc versus 0,71 mm pour le Gt
- 2,48 mm en palatin pour le Gc versus 1,14 mm pour le Gt
- 1,83 en mésio-distal pour le Gc versus 1,15 mm pour le Gt.

En pourcentage, le groupe test présente une perte osseuse moyenne inférieure à 9,5% pour le volet vestibulaire, 7,9% pour le volet palatin et enfin 3,5% au niveau mésio-distal.



*Figure 13: Représentation graphique des résorptions osseuses post-opératoires dans le groupe contrôle et le groupe test (d'après Mounir et al. 2014)*

Conclusion : Les résultats obtenus sont proches et confirment ceux de Jensen et al (2009). Il semble donc préférable, dans la prévention d'une résorption osseuse post-opératoire, de privilégier un lambeau d'épaisseur partielle lors de la réalisation d'une SCT.

### 8.2.2. La corticotomie

- Apport de la piezo-chirurgie à la SCT

#### 8.2.2.1. *Blus et Szmukler-Moncler (2006)*

Sur une période de trois ans et demi, 57 patients, en bon état de santé général, ont été traités par une augmentation osseuse horizontale en vue d'une implantation par ostéotomie segmentaire (piezo-chirurgie).

Au maxillaire, l'ostéotomie est pratiquée par des ostéotomes manuels. Du fait de la haute densité osseuse à la mandibule, l'ostéotomie est réalisée à l'aide d'expanseurs travaillant, par vissage ou à l'aide d'un instrument similaire à l'Extension-Crest<sup>®</sup> (RHOD, Rapid-Horizontal-Osteo-Distraktion, Resista<sup>®</sup>). Chez les patients présentant une épaisseur osseuse inférieure à 3,5 mm, un substitut osseux (Bio-Oss<sup>®</sup>, Geistlich<sup>®</sup>) est inséré dans l'espace inter-cortical et une

membrane PRP (plasma riche en plaquette) est appliquée (66,2%). Enfin, la période de cicatrisation est de 5 à 6 mois.

Le nombre d'ostéotomies segmentaires pratiquées est de 79 pour un total de 230 implants insérés (152 au maxillaire et 78 à la mandibule). L'épaisseur initiale est en moyenne de 3,3 mm et 6,0 mm au terme de la période de cicatrisation ( $p < 0,05$ ). Le comblement osseux et la membrane ont été utilisés dans 66,2% des cas. La répartition des types osseux en fonction des sites est de :

- 11,4% de type I
- 26,3% de type II
- 36% de type III
- 26,3% de type IV.

Deux implants (0,9%) n'ont pu être posés en raison d'une fracture du versant vestibulaire lors de la SCT (en position de 12 et 22). Parmi les 228 implants restants, 8 échecs ont été observés pendant la phase de cicatrisation (tous au maxillaire), amenant le taux de survie à 96,5%. Le taux de succès est de 95,6%. La résorption post-opératoire n'a pas été documentée.

Conclusion : La piezochirurgie permet la réalisation d'ostéotomies segmentaires, notamment avec un tissu osseux de forte densité. Le taux de survie implantaire très favorable valide l'utilisation de cette instrumentation.

#### 8.2.2.2. *Blus et al. (2010)*

La corticotomie par piezochirurgie lors de la réalisation d'ostéotomies segmentaires est étudiée par Blus et al. L'étude comprend 43 patients avec un suivi de 3 ans. Deux types d'implants sont utilisés :

- Osseotite Implant (3i<sup>®</sup>) avec une connexion hexagone externe (12,8%)
- Leader Implant (Leader<sup>®</sup>) avec une connexion hexagone interne (87,2%).

Le protocole chirurgical est identique à celui décrit précédemment pour l'étude de Blus et Szmukler-Moncler (2006) avec une période de cicatrisation de 5 à 6 mois.

Au total, 180 implants sont posés. L'épaisseur initiale est, en moyenne, de 3,3 mm avant traitement et s'élève à 6,0 mm à l'évaluation finale. Cinq échecs implantaires sont à noter

pendant la phase de cicatrisation. Tous sont situés au maxillaire (hexagones externes) avec une épaisseur initiale de 3,0 mm (4 implants) et 3,5 mm (1 implant). Le taux de survie obtenu est ainsi de 97,2%. Les auteurs ne rapportent pas les données concernant les pertes crestaies osseuses post-opératoires.

Conclusion : Les résultats de cette étude valident celles de l'étude précédente.

#### 8.2.2.3. *Bassetti et al. (2013)*

A travers cette étude de cohorte réalisée sur une durée de 30 mois, les auteurs ont voulu apprécier l'apport de la piezochirurgie, quand une augmentation osseuse horizontale par SCT est planifiée, sur la stabilité osseuse péri-implantaire. Ils ont comparé une implantation immédiate à une SCT en ayant recours à la piezochirurgie (groupe test, Gt), et une implantation conventionnelle sans SCT (groupe contrôle, Gc). Au sein de chaque groupe, 7 patients sont inclus. Les implants mis en place possèdent des caractéristiques communes (type, diamètre, position...). Les niveaux osseux sont mesurés à l'aide de CBCT ainsi que par sondage.

Dans le groupe test, la SCT est réalisée après élévation d'un lambeau muco-périosté avec des corticotomies pratiquées au moyen d'inserts ultrasonores, mais aussi une ostéotomie par expandeurs manuels travaillant par impaction. L'espace inter-cortical est comblé avec du Bio-Oss<sup>®</sup> (Geistlich<sup>®</sup>) protégé par une membrane collagénique Bio-Guide<sup>®</sup> (Geistlich<sup>®</sup>); avant de suturer le site opératoire. La prothèse implantaire est positionnée entre 4 et 8 mois dans le Gt, entre 2 et 6 mois dans le Gc.

Deux ans après la mise en fonction, le taux de survie de 100% est commun aux deux groupes. Le gain horizontal moyen du groupe test est de 4,7 mm. La différence des niveaux crestaux osseux à 2 ans est significativement supérieure dans le groupe test avec  $-1,68 \pm 0,90$  mm versus  $1,04 \pm 0,78$  mm pour le groupe contrôle. La perte osseuse a lieu majoritairement durant la période de cicatrisation (T0-T1), et est similaire dans les 2 groupes. Elle se poursuit dans l'année qui suit (T1-T2) dans le Gt, contrairement au Gc plus stable. Enfin, lors de la 2<sup>e</sup> année, les niveaux osseux sont relativement stables dans les deux groupes avec  $-0,11 \pm 1,20$  mm pour le Gt et  $-0,05 \pm 0,16$  mm pour le Gc (Figure 14).

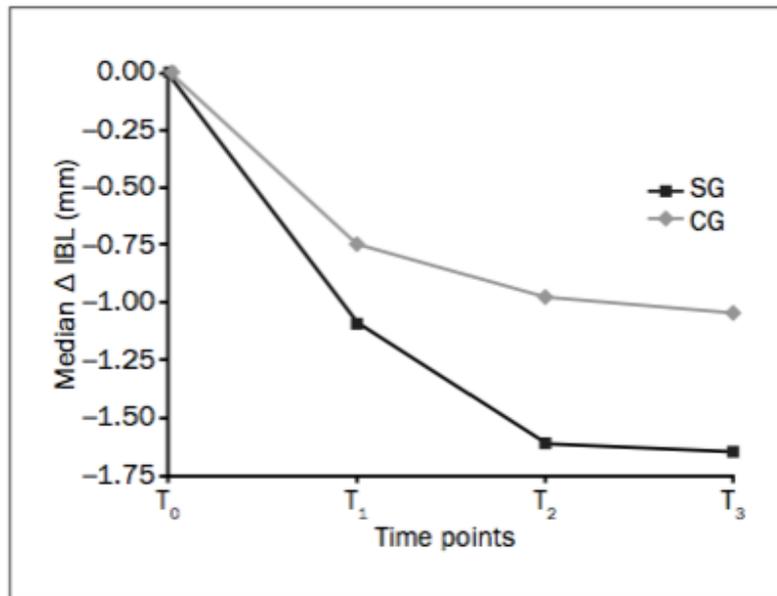


Figure 14: : Représentation graphique des résorptions osseuses post-opératoire en fonction du temps dans le groupe contrôle et le groupe test (d'après Bassetti et al. 2013)

Conclusion : Les taux de survie implantaire après une SCT sont similaires à ceux obtenus lors d'une implantation classique. Toutefois, la résorption osseuse post-opératoire est plus importante après cicatrisation.

#### 8.2.2.4. Anitua et al. (2013)

Les auteurs s'intéressent à l'apport de la piezochirurgie lors d'une SCT. Cette étude de cohorte rétrospective porte sur 15 patients avec un suivi minimal de 6 mois. Un CBCT permet aux auteurs d'évaluer les niveaux osseux horizontal et vertical.

Le protocole chirurgical reproduit un processus déjà décrit : lambeau muco-périosté puis corticotomies (réalisées avec des inserts ultrasonores) et ostéotomie grâce à des expandeurs vissés motorisés (Nkenke et al. 2002). Après la mise en place de l'implant (imbibé au préalable dans du PRGF liquide), un comblement par greffe autogène et xéno greffe (d'origine bovine additionnée de plasma riche en facteur de croissance, PRGF) est glissé à l'intérieur de l'espace inter-cortical.

Trente-sept implants (BTI<sup>®</sup> implant) seront posés entre septembre 2007 et novembre 2008. Ils sont majoritairement situés au maxillaire (28 et 9 à la mandibule). Les critères de succès (Alberktsson, 1986) sont reproduits pour tous les implants et un taux de 100% est obtenu.

L'épaisseur de crête horizontale initiale est de 4,29 mm en moyenne pour une épaisseur finale de 7,63 mm. Le gain moyen horizontal est de 3,35 mm. La différence est significative ( $p < 0,05$ ).

Conclusion : L'ostéotomie segmentaire par la piezochirurgie est une technique efficace et plus sécurisante pour les tissus environnants.

#### 8.2.2.5. *Nguyen et al. (2016)*

Nguyen et al. proposent une étude prospective opposant une implantation classique (Gc) à une implantation immédiate consécutive à une augmentation par SCT utilisant des inserts ultrasonores (Gt).

L'ostéotomie est réalisée à l'aide d'expansurs vissés motorisés de 2,5 mm de diamètre à 15 rpm (rotations par minute). Dans le groupe test, des implants NobelActive<sup>®</sup> de 3,5 mm de diamètre (10 ou 13 mm de longueur) sont utilisés tandis que des NobelActive<sup>®</sup> de 3,5 mm ou 4,3 mm sont insérés dans le groupe contrôle. Après 3 mois de cicatrisation, les vis de cicatrisation sont appliquées ; la prothèse implanto-portée est mise en place à 6 mois. Deux mois après la pose des prothèses, les implants sont évalués pour obtenir le taux de succès (selon les critères d'Alberktsson, 1989). Les niveaux osseux sont mesurés (radiographiquement) à T0 (pré-opératoire), T1 (post-opératoire) et à T6 (après 6 mois de cicatrisation) à 2 mm et 5 mm (L1 et L2) du col implantaire.

Dix patients recevant 22 implants sont répartis pour les deux groupes. Aucune complication n'est à noter pendant la phase de cicatrisation (taux de survie de 100%). Les mesures révèlent que l'épaisseur initiale moyenne du Gt est de  $4,1 \pm 0,2$  mm à L1 et de  $5,3 \pm 0,8$  mm à L2. Les gains osseux moyens sont de  $1,2 \pm 0,6$  mm à L1 et  $1,0 \pm 0,6$  mm à L2. La dimension horizontale au sein du groupe Gc reste stable tout au long du suivi. Concernant la perte osseuse verticale moyenne à T6, dans le sens mésio-distal, les auteurs n'observent pas de différence notable entre le Gc (1,28 mm) et le Gt (1,66 mm) ( $p = 0,13$ ) (Figure 15). Enfin, la stabilité implantaire et le degré d'ostéointégration à T3, analysés par fréquence de résonance, (ISQ) est de 67 pour le

Gc et 62 pour le Gt s'avère différente ( $p < 0,05$ ) entre les deux groupes (contrôle et test). A T6 cependant, ils sont sensiblement similaires (ISQ de 70 pour le Gc et 72 pour le Gt) ( $p=0,24$ ).

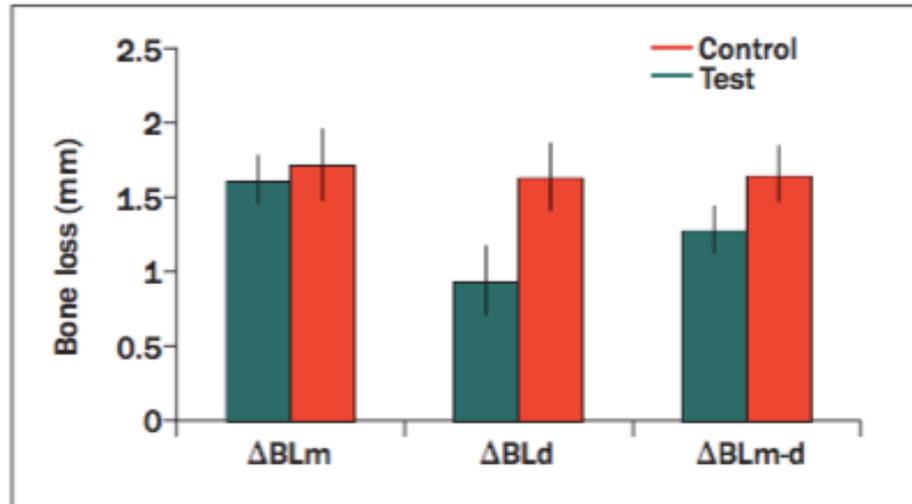


Figure 15: Représentation graphique des résorptions osseuses post-opératoire mésial et distal dans le groupe contrôle et le groupe test (Nguyen et al. 2016)

Conclusion : Les niveaux osseux post-opératoires similaires entre les deux groupes attestent de l'efficacité d'une SCT au moyen d'instruments ultrasonores (malgré un gain osseux horizontal modeste). De plus, les valeurs de ISQ suggèrent une période de cicatrisation de 3 mois minimum lorsque la SCT est pratiquée avec la piezochirurgie.

### 8.2.3. L'ostéotomie

#### 8.2.3.1. Ostéotomes

##### 8.2.3.1.1. Demetriades et al. (2011)

Cette étude porte sur 15 patients présentant un déficit osseux horizontal contre-indiquant la mise en place d'implant standard (diamètre compris entre 4,0 & 4,5 mm). L'épaisseur initiale

de crête est située entre 3 et 5 mm. Une augmentation par SCT est programmée chez ces patients.

Chez 12 patients, l'implantation est immédiate après la SCT. Le lambeau est de pleine épaisseur et une corticotomie supra-crestale est réalisée à la fraise. L'ostéotomie est pratiquée par une séquence d'ostéotomes de diamètre croissant. Chez 3 patients présentant une forte densité osseuse avec une épaisseur initiale de 3 mm, la SCT est décomposée en 2 temps :

- le 1<sup>er</sup> temps : levé d'un lambeau muco-periosté, réalisation des corticotomies (supra-crestale et verticales) et suture du site
- le 2<sup>e</sup> temps à 3-4 semaines : Levée d'un lambeau muco-periosté (sans décharges verticales), ostéotomies par ostéotomes et mise en place de l'implant. Un comblement (Bio-Oss<sup>®</sup>, Geistlich<sup>®</sup>) ferme l'espace inter-proximal.

Une période de 4-5 mois de cicatrisation est respectée avant la mise en place des prothèses supra-implantaires.

Au total, 34 implants sont posés dont 25 lors d'une SCT en 1 temps. La période de suivi moyenne est de 24 mois. Le taux de succès (selon les critères de Buser) est de 97% tout comme le taux de survie. Les auteurs ne relèvent pas de différence sur le taux de succès en rapport avec la décomposition du SCT en 2 temps. Un échec d'ostéointégration est remarqué chez un patient par une forte résorption et une mobilité à 4 mois. La décision a été prise de retirer l'implant pour procéder à une greffe d'apposition en vue d'une implantation plus tardive.

Conclusion : L'utilisation d'ostéotomes lors d'une SCT offre un haut taux de succès. Ce dernier reste inchangé lorsque la SCT est appliquée en 2 temps.

#### 8.2.3.1.2. *Gonzales-Garcia et al. (2011)*

Cette série de cas comporte huit patients, avec un édentement maxillaire et une épaisseur initiale comprise entre 3 et 4 mm, traités par SCT.

Le lambeau est de pleine épaisseur et les corticotomies sont pratiquées à la scie ou par disque diamanté. Une dernière corticotomie horizontale vestibulaire, reliant celles verticales à leurs extrémités apicales, est réalisée à l'aide d'inserts de piezochirurgie. Les ostéotomes sont utilisés

lors de l'ostéotomie. L'implant est placé simultanément tandis que l'espace inter-proximal est comblé par une xéno greffe recouverte d'une membrane résorbable.

Chez 8 patients, 33 implants sont insérés (22 en situation antérieure et 11 dans les segments postérieurs) avec un suivi moyen de 28 mois. Aucune complication n'est relevée par les auteurs aboutissant à un taux de survie de 100%. La fréquence de résonance moyenne informant sur la stabilité primaire de l'implant est élevée (ISQ moyen de 69,48). La perte osseuse moyenne à 5 mois post-opératoire est de 0,54 mm (22 patients présentent une résorption comprise entre 0,1 et 2,8 mm alors que 11 patients présentent une augmentation osseuse comprise entre 0,1 et 1,1 mm).

Conclusions : L'utilisation d'ostéotomes lors d'une SCT offre un haut taux de succès associé à une faible résorption osseuse post-opératoire.

#### 8.2.3.1.3. *Bassetti et al. (2013)*

Cette étude est détaillée plus haut. L'ostéotomie y est pratiquée au moyen d'expanseurs manuels travaillant par impaction.

Conclusion : A travers cette série de cas, ce type d'instrument offre une efficacité certaine sans complications per-opératoires.

#### 8.2.3.2. *Maillets électrique et manuel (Crespi et al., 2014)*

L'étude a pour but d'opposer l'utilisation d'un maillet électrique au manuel lors de la réalisation d'une augmentation horizontale par ostéotomie segmentaire. Entre septembre 2007 et décembre 2009, 46 patients sont inclus dans cette étude prospective randomisée répartis en deux groupes. Le groupe contrôle utilise les ostéotomes à l'aide d'un maillet manuel (Gc) quand le groupe test utilise le maillet électrique (Gt).

Le lambeau élevé préserve le périoste et les corticotomies sont pratiquées au ciseau à os. Une membrane de collagène est appliquée avant de suturer le site. Une prothèse provisoire supra-implantaire est placée à 3 mois et la prothèse d'usage 3 mois plus tard.

A partir de 118 implants, il faut comptabiliser 2 pertes implantaïres dans le Gc au maxillaire (épaisseur osseuse crestale initiale comprise entre 2,5 et 3,0 mm pour des dimensions implantaïres de 4,2x10 mm et 3,5x10mm). Le taux de survie implantaire global est de 98,31%. Plus précisément, le groupe test obtient un taux de survie de 100% et le groupe contrôle de 96,61%. L'épaisseur osseuse crestale moyenne est initialement de  $2,8\pm 0,7$  mm et  $7,2\pm 1,7$  mm au terme du traitement ( $p < 0,05$ ). Concernant le gain osseux horizontal, les auteurs n'ont pas noté de différence significative. Cependant, un patient du groupe contrôle a présenté un VPPB (vertige paroxystique positionnel bénin) accompagné de détresse, nausées et vomissements. Les symptômes ont disparu spontanément après 1 jour. Outre le fait que les auteurs n'ont pas fait état d'un tel cas dans le groupe test, ils ajoutent que l'intervention était plus rapide et d'une plus grande précision.

Conclusion : Le maillet électrique apporte plus de confort au patient et une meilleure précision pour le praticien. Cependant, la survie implantaire et le gain osseux final ne semblent pas être impactés par ce changement.

#### 8.2.3.3. *Expanseurs travaillant par vissage*

##### 8.2.3.3.1. *Anitua et al. (2013)*

Cette étude est détaillée plus haut. L'ostéotomie y est pratiquée par des expanseurs travaillant par vissage.

Conclusion : Suite à leur utilisation, aucune complication per et post-opératoire est à noter et le gain osseux final est conséquent. Ainsi, les expanseurs travaillant par vissage allient efficacité et sécurité.

##### 8.2.3.3.2. *Nguyen et al. (2016)*

Cette étude est détaillée plus haut. L'ostéotomie y est pratiquée par des expanseurs travaillant par vissage.

Conclusion : L'utilisation d'expanseurs travaillant par vissage permet de limiter les résorptions post-opératoires. Elles sont comparables à celles obtenues avec un implant posé en conditions optimales. Le gain osseux horizontal reste toutefois limité.

#### 8.2.3.4. *Extension-Crest*<sup>®</sup>

##### 8.2.3.4.1. *Chiapasco et al. (2006)*

Cette étude prospective porte sur une série de cas présentant un déficit osseux horizontal traité par une SCT. Le but est d'évaluer le succès d'une SCT lorsque l'ostéotomie est pratiquée grâce à l'Extension-Crest<sup>®</sup> (Bio<sup>®</sup>). Le lambeau est de semi-épaisseur et les corticotomies réalisées à la scie chirurgicale.

Sur 45 patients, 32 ont pu bénéficier d'une implantation immédiate (86 implants). Pour les 13 autres patients, la mise en place des implants est différé de 7 jours par rapport à l'expansion (24 implants). Ceci s'explique par la nécessité d'une activation plus longue de l'Extension-Crest<sup>®</sup> (Bio<sup>®</sup>) lors de forte densité osseuse. La prothèse supra-implantaire est placée après une période de cicatrisation de 3-4 mois. Le suivi moyen est de 20 mois.

Lors de cette dernière, 3 échecs d'ostéointégration implantaire sont à noter imposant le retrait des implants. Un patient a présenté une paresthésie de la région du nerf alvéolaire inférieur à la suite de la SCT avec disparition spontanée des symptômes à 2 mois. Aussi, un patient s'est plaint de douleurs prolongées au niveau du site opératoire, pendant 1 mois à la suite de la SCT. Une complication per-opératoire est à noter avec une fracture complète du versant vestibulaire. Toutefois, la stabilité implantaire étant satisfaisante, l'implant a été maintenu et une ROG a été réalisée (greffe autogène en mixant le segment osseux fracturé, recouvert par une membrane collagène, Bio-Guide<sup>®</sup>, Geistlich<sup>®</sup>). Ce dernier est tout de même considéré comme un échec par les auteurs. Enfin, 2 implants présentent à 4 mois une résorption osseuse supérieure aux critères de succès (Alberktsson, 1986).

Les auteurs obtiennent un taux de survie de 97,3% et un taux de succès de 95,4%. Le gain moyen osseux est de 4 mm (2,5-5 mm).

Conclusions : L'utilisation de l'Extension-Crest<sup>®</sup> (Bio<sup>®</sup>) pour l'ostéotomie offre un haut taux de survie et de succès, et un gain osseux horizontal importants. De plus, il permet une séparation des volets osseux progressive en cas de densité osseuse importante. Le risque de fracture ne peut toutefois être complètement écarté.

#### 8.2.3.4.2. *Blus et Szmukler-Moncler (2006)*

Cette étude est détaillée plus haut. A la mandibule, lors de densité osseuse élevée, un instrument similaire à l'Extension-Crest<sup>®</sup> (Bio<sup>®</sup>) est utilisé (RHOD).

Conclusion : Ce type d'instrument est privilégiée à la mandibule sur des tissus osseux de forte densité. Il permet une expansion douce tout en diminuant le risque de fracture. En témoigne le taux de survie de 100% obtenue à la mandibule.

#### 8.2.3.4.3. *Blus et al. (2010)*

Cette étude est détaillée plus haut. A la mandibule, lors de densité osseuse élevée, un instrument similaire à l'Extension-Crest<sup>®</sup> (Bio<sup>®</sup>) est utilisé (RHOD).

Conclusion : Les résultats apportent des valeurs identiques à celles de l'étude précédente.

#### 8.2.3.4.4. *Ella et al. (2014)*

Cette étude détaillée plus bas utilise également l'Extension-Crest<sup>®</sup> (Bio<sup>®</sup>) comme moyen d'ostéotomie lors d'une SCT.

Conclusion : L'absence de complications per-opératoires, et le taux de survie de 100% obtenue à la mandibule confortent l'utilisation de ce type d'instruments lors de densité osseuse élevée.

#### 8.2.3.4.5. *Tang et al. (2015)*

Cette étude détaillée plus bas utilise également l'Extension-Crest<sup>®</sup> (Bio<sup>®</sup>) comme moyen d'ostéotomie lors d'une SCT.

Conclusion : Malgré l'utilisation d'un tel instrument, le risque de fracture complète per-opératoire n'est pas écarté. Cette complication est faible (6,5%) et, en conséquence, le taux de succès élevé (93,5%).

## 8.2.4. Comblement de l'espace inter-cortical

### 8.2.4.1. *Ella et al. (2014)*

Ella et al. ont pour but, à travers cette étude prospective de déterminer la nécessité de fermer ou non, par comblement, l'espace inter-cortical après une SCT. Durant 3 ans, 32 patients nécessitant une augmentation osseuse horizontale sont traités par SCT avec implantation immédiate. Dans le groupe test (17 patients), un comblement de l'espace inter-corticale à l'aide d'une greffe alloplastique (hydroxyapatite à 60% et beta-calcium tri phasique phosphate à 40%) est réalisée en fin de SCT.

Le lambeau est d'épaisseur partielle et les corticotomies sont pratiquées avec une micro-scie. L'ostéotomie est réalisée à l'aide de Crest-Bone Splitting System<sup>®</sup> (Meisinger, similaire à l'Extension-Crest<sup>®</sup>, Bio<sup>®</sup>). Les implants utilisés ont un diamètre de 3,3 mm (53%) et 4 mm (47%). Tous les sites sont couverts par une membrane de collagène (Bio-Guide<sup>®</sup>, Geistlich<sup>®</sup>). Après une période de cicatrisation de 6 mois, les prothèses supra-implantaires sont mises en place.

L'épaisseur de crête initiale se situe entre 3 et 4 mm. Les implants posés, 32 au total, sont tous situés à la mandibule (56% dans la région postérieure) avec un taux de survie de 100%. Les auteurs relèvent une différence significative entre les deux groupes concernant les résorptions post-opératoires ( $p=0,02$ ). En effet, seul 6% du groupe test présentent une perte osseuse de 1 à 2 mm. A l'opposé, seulement 10% du groupe contrôle ne présentent pas de perte osseuse supérieure à 1 mm. Il est à noter que les crêtes de 3 mm d'épaisseur présentent un taux de résorption plus élevé que les crêtes de 4 mm d'épaisseur (Figure 16).

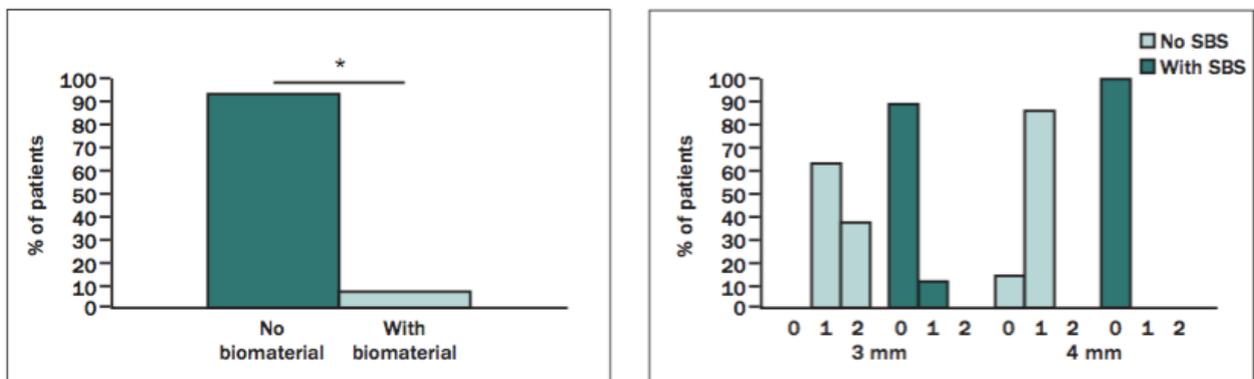


Figure 16 : Représentations graphiques des résorptions osseuses post-opératoire dans le groupe contrôle et le groupe test (Ella et al. 2014)

Conclusions : L'utilisation de substituts osseux permet de réduire significativement les résorptions osseuses post-opératoires. Notamment sur des crêtes de faible épaisseur, présentant potentiellement de plus grandes résorptions osseuses.

#### 8.2.4.2. *Tang et al. (2015)*

L'objectif de cette étude rétrospective est d'évaluer l'incidence /ou non du comblement de l'espace inter-cortical après une SCT. De décembre 2004 à décembre 2009, 168 patients ont été traités par SCT. Tous les patients seront suivis jusqu'août 2013.

Les corticotomies sont exécutées avec des ciseaux à os et l'ostéotomie par Extension-Crest<sup>®</sup> (Bio<sup>®</sup>). Pour les patients présentant une crête osseuse avec une épaisseur supérieure à 4 mm (Groupe 1), un lambeau d'épaisseur partielle est élevé et un substitut osseux n'est pas mis en place en fin d'intervention. Par contre, lorsque l'épaisseur de la crête osseuse est inférieure à 4 mm (Groupe 2), un lambeau de pleine épaisseur est levé et un comblement de l'espace inter-cortical est pratiqué en fin de SCT (Bio-Oss<sup>®</sup> et Bio-Guide<sup>®</sup>, Geistlich<sup>®</sup>). Une cicatrisation de 4 à 6 mois est requise. Les niveaux osseux sont mesurés par CBCT lors des visites de contrôle.

Parmi les 168 patients, des implants n'ont pu être posés chez 11 patients à cause de la fracture du versant vestibulaire lors de la SCT, reconditionné en ROG. Le taux d'échec obtenu est de 6,4%. Les 157 patients restants ont reçu 226 implants au total. Un taux d'abandon (perdus de vue) de 14,6% réduit le nombre d'implant suivis à long terme ( $2,8 \pm 1,9$  ans) à 133 (83,6% au maxillaire et 16,4% à la mandibule). Six implants dans le groupe 1 et 4 dans le groupe 2 présentent une perte osseuse péri-implantaire supérieure aux critères de succès (Alberktsson, 86), même s'ils sont fonctionnels et intégrés. Ainsi, les taux de succès et de survie sont respectivement de 93,2% et 100% pour le groupe 1 et de 95,6% et 100% pour le groupe 2. Après 6 mois de cicatrisation en moyenne, la résorption osseuse verticale mesurée est de 1,67 mm dans le groupe 1 et de 1,63 mm dans le groupe 2. Elle se poursuit après chargement, notamment la première année avec :

- Pour le groupe 1 :  $0,69 \pm 0,49$  mm la 1ere année puis 0,07 mm ; 0,06 mm ; 0,06 mm ; 0,06 mm et 0,09 mm les années suivantes
- Pour le groupe 2 :  $0,43 \pm 0,51$  la 1ere année puis 0,06 mm ; 0,08 mm ; 0,06 mm ; 0,08 mm et 0,09 mm les années suivantes.

De fait lors des derniers suivis, des résorptions moyennes de  $2,60 \pm 0,75$  mm et  $2,37 \pm 1,72$  mm sont obtenues respectivement dans les groupes 1 et 2. Ces résultats ne montrent pas une différence significative entre les deux groupes ( $p < 0,05$ ). Les valeurs du gain horizontal osseux moyen en fonction des groupes n'ont pas été fournis par les auteurs.

Conclusions : La SCT, avec ou sans comblement, est une technique d'augmentation osseuse horizontale fiable avec un haut taux de succès implantaire associé. Cette étude rétrospective ne permet pas cependant, d'apporter un avantage sur l'utilisation des comblements osseux per-opératoires.

#### 8.2.5. Complications

L'étude de (Shibuya et al. (2014) porte sur le traitement des fractures complètes lors de la réalisation d'une SCT. Six patients sont inclus dans cette étude avec un suivi moyen de 28 mois. Le lambeau est muco-périosté, les corticotomies réalisées à l'aide d'une micro scie chirurgicale ou d'inserts ultrasonores et l'ostéotomie pratiquée par des ostéotomes. Face à une fracture complète du versant osseux, deux options thérapeutiques sont envisagées :

- mise en place de l'implant sous le trait de fracture avec une stabilité primaire satisfaisante,
- suture du site (sans fixations quelconques) et une implantation reprogrammée 3-4 mois plus tard, dans les cas où l'implant ne peut être situé suffisamment sous le trait de fracture pour obtenir une bonne stabilité primaire.

Dans tous les cas, l'espace inter-cortical est comblé d'os autogène et/ou de substitut osseux.

L'évaluation du gain est obtenue par CBCT à 2 points distincts :

- point A : à 1 mm du sommet de crête,
- point B : à 10 mm du sommet de crête.

Au total, 14 implants sont placés (diamètre de 3,3 mm et 3,75 mm) dont 11 simultanément à la SCT. Trois poses d'implants ont été différés de 3 à 11 mois. Aucun échec n'est relevé et le taux de survie de 100%. Les épaisseurs initiales et finales moyennes au point A et B sont respectivement :

- 3,4 mm (1,6 - 6,4 mm) et 8,3 mm (6,4 – 11,9 mm) pour un gain moyen est de 5 mm,
- 9,8 mm (6,6 – 13 mm) et 12 mm (9,5 – 17,4 mm) pour un gain moyen de 2,2 mm.

Conclusions : Un taux de survie totale et un gain osseux horizontal élevé sont obtenus malgré la fracture complète. Surtout, dans la majorité des cas, l'implantation a pu être immédiate et, sans conséquence sur la survie implantaire et le gain osseux.

#### 8.2.6. Evaluation à long terme & Taux de survie implantaire

##### 8.2.6.1. *Sethi et Kaus (2000)*

Sethi et al., proposent à travers cette étude, une évaluation à 5 ans d'implants placés directement à la suite d'une SCT au maxillaire. Cent cinquante patients, avec une épaisseur de crête comprise entre 2 et 4 mm, sont inclus dans cette étude prospective.

Le lambeau est de demi-épaisseur. La corticotomie (supra-crestale uniquement) est pratiquée au ciseau à os ou à la fraise, si le tissu osseux est de forte densité. Des ostéotomes avec maillet manuel sont utilisés pour l'ostéotomie. L'espace inter-proximal est comblé par un mélange d'hydroxyapatite et d'os autogène récolté lors de la SCT. Sur un nombre limité de patients, ce dernier provenait du filtre à os. L'augmentation des infections a entraîné l'arrêt de son utilisation. Une période de 6 mois de cicatrisation est respectée.

Au total, 449 implants sont posés avec un suivi moyen de 27 mois (0 – 93 mois). Les diamètres implantaires sont majoritairement de 3,75 mm (66%). Les implants de petit diamètre (2,75 mm et 3 mm) représentent 27% de l'échantillon. Les structures supra-implantaires ont une angulation comprise entre 5° à 35° dans 90,6% des cas.

A 5 ans (60 mois), le taux de survie implantaire est de 97% (intervalle de confiance, IC : 95%). Au total, 12 échecs sont à noter : 4 échecs d'ostéointégration (la 1<sup>ère</sup> année) et 8 dans les 3 premiers mois à cause d'infections.

Conclusions : L'ostéotomie segmentaire est une technique fiable et prédictible. Les taux de survie obtenus sont comparables aux implants positionnés en conditions optimales. Toutefois, l'examen pré-implantaire et notamment l'étude esthétique sont primordiales, confirmées par la présence quasi-totale d'infrastructures supra-implantaires angulées.

#### 8.2.6.2. Garcez-Filho et al. (2015)

Cette étude propose une évaluation de 26 SCT (région maxillaire postérieure) chez 21 patients pendant 10 ans. Les implants placés simultanément sont de faible diamètre (3,3 mm) et 8 ou 10 mm (longueur).

L'épaisseur de crête initiale est comprise entre 3 et 5 mm. Un lambeau muco-périosté est élevé sur les 5 premiers millimètres puis se limite à une épaisseur partielle. Une fraise diamantée est utilisée pour la réalisation des corticotomies. L'ostéotomie est pratiquée par des ostéotomes. A la suite de l'implantation immédiate, un substitut osseux (Bio-Oss<sup>®</sup>, Geistlich<sup>®</sup>) est inséré dans l'espace inter-cortical. Après 6 à 8 semaines, les vis de cicatrisations sont placées et puis les prothèses supra-implantaires mises en place.

Deux temps sont pris comme référence par les auteurs pour les différentes évaluations :

- T1 : à 6 mois après mise en fonction,
- T2 : à 10 ans après la mise en place de l'implant.

41 implants endo-osseux sont insérés, sans complications per-opératoires. Toutefois, un échec d'ostéointégration est noté à 2 mois. Un autre échec, plus tardif, est noté à 3 ans après mise en fonction. Un taux de survie de 97,5% et 97% sont obtenus à T1 et T2 respectivement. Le taux de succès (selon les critères de Buser et al. 1990) est, de 97,5% et 95% à T1 et T2. Une perte osseuse marginale de 0,47 mm ( $\pm 0,91$ ) est observée à T1, pour 1,97 mm ( $\pm 0,93$ ) à T2. Ainsi, les auteurs observent une différence significative ( $p < 0,01$ ) entre les deux groupes, avec une résorption osseuse majoritairement à T1.

Une évaluation prothétique est également fournie dans cette étude avec :

- un taux de survie prothétique de 100% à T1 et de 97% à T2,
- un taux de succès prothétique de 100% à T1 et de 79% à T2.

Conclusions : L'utilisation d'implants de faible diamètre lors d'une SCT offrent sur le long terme, des résultats similaires à ceux attendus lors d'une implantation en conditions optimales.

## 8.2.7. Apport des revues systématiques

### 8.2.7.1. *Mestas et al. (2016)*

Cette revue systématique a pour but d'étudier les taux de survie implantaire à long terme, mis en place per ou post-SCT.

Après recherche, les auteurs aboutissent à une sélection de 9 études. Deux études portent sur une SCT au maxillaire seulement. L'ensemble des études incluent 1178 patients et 3033 implants posés. Sur ces derniers, 33 implants n'ont pas été mis en place immédiatement. Au total, 110 échecs sont observés (91 au maxillaire, 13 à la mandibule). Neuf études rapportent 78 échecs pendant la 1<sup>ère</sup> année alors que 32 échecs tardifs sont observés dans 4 études.

Le lambeau est de type muco-périosté dans 4 études et d'épaisseur partielle dans 4 études. Six études, soit 66,7% utilisent un substitut osseux pour combler l'espace inter-cortical (avec ou sans membrane). Le diamètre implantaire moyen est de 4,12 mm, et la longueur de 12,08 mm.

L'épaisseur initiale est rapportée dans 8 études, avec une moyenne de 3,3 mm, tandis que dans seulement 4 études l'épaisseur finale est appréciée, avec une moyenne de 6,9 mm. Les taux de survie implantaire et de succès moyen sont respectivement de 96,8% et de 96,6% pour un suivi de 58,3 mois (24 -120 mois).

Cependant, les instruments utilisés ainsi que les critères présentent une grande hétérogénéité.

	Résultats
Taux de survie moyen	96,8%
Taux de succès moyen	96,6%
Epaisseur initiale	3,3 mm
Epaisseur finale	6,9 mm

Tableau 11: Résultats soumis dans la méta-analyse de Mestas et al. 2016.

Conclusions : Sur le long terme, les taux de survie et de succès implantaires, sensiblement élevés, valident la proposition de la SCT comme une alternative fiable et prédictible aux techniques d'augmentation osseuse horizontale.

#### 8.2.7.2. *Bassetti et al. (2016)*

L'objectif de cette revue systématique, menée par Bassetti et al., est d'évaluer les résultats d'une ostéotomie segmentaire avec ou sans comblement. Après une recherche basée sur Medline et Embase (jusqu'au 31 mai 2014), incluant les études humaines et animales ayant recours à la SCT avec implantation immédiate, 24 études sont retenues. Les études humaines sont au nombre de 18 avec une période de suivi compris entre 1 et 10 ans ; alors que les études animales, au nombre de 6, ont un suivi de 8 semaines à 7 mois. Aucune étude à haut niveau de preuve (ECR) n'y figure. Les résorptions osseuses verticales post-opératoires sont évaluées dans 6 études humaines (dont 2 comparant une SCT avec ou sans comblement).

Parmi les études humaines, un taux de survie de 91,7% à 100% est obtenu (similaire à ceux placés sans augmentation). Le taux de survie (9 études ayant prédéfini des critères de succès) est compris entre 88,2% et 100%. La résorption osseuse verticale a lieu majoritairement pendant la phase de cicatrisation et se poursuit encore la 1ère année post-chargement pour ensuite se stabiliser. L'application d'un comblement osseux permet une diminution significative des résorptions osseuses ( $p < 0,05$ ).

Le taux de survie des études animales est de 60% à 100%. Les études montrent une perte osseuse verticale plus importante lors d'une SCT comparé à une implantation classique ( $p < 0,05$ ). Les auteurs d'une étude comparant l'apport des comblements osseux et d'une membrane lors d'une SCT observent une meilleure préservation des gains osseux horizontal et vertical avec ces derniers.

Conclusions : La SCT est une alternative fiable et prédictible aux techniques d'augmentation osseuse horizontale conventionnelles, tout en permettant de réduire le temps opératoire. Cependant, une perte osseuse post-opératoire est attendue majoritairement la première année. Toutefois, l'utilisation d'un comblement osseux permet de la réduire significativement.

### 8.2.7.3. *Waechter et al. (2017)*

Le gain osseux espéré après une ostéotomie segmentaire et l'incidence des instruments sur cette dernière sont les deux objectifs de cette revue systématique. Vingt-sept études sont retenues en vue d'une méta-analyse.

Au total, la revue propose l'évaluation de 4115 implants posés chez 1732 patients. La période de suivi est assez hétérogène, allant de 3 mois à 10 ans, avec une moyenne de 31 mois. Le taux de survie implantaire total est de 97% (IC : 95%). Les instruments conventionnels sont rapportés dans 17 études avec un gain osseux horizontal moyen de 3,61 mm (IC : 95% ; 2,84-4,37 mm). Il est de 3,69 mm (CI : 95% ; 3,32-4,05 mm) pour les études utilisant des instruments ultrasonores (9 études). Le plus grand gain osseux est obtenu au maxillaire (instruments ultrasonores) et le plus bas à la mandibule. Selon les auteurs, la résorption osseuse après une SCT semble similaire à celle obtenue après la mise en place d'un implant dans des conditions idéales.

Le tableau ci-après reprend l'ensemble des résultats soumis dans cette méta-analyse :

	Résultats	Intervalle de confiance (IC)
TS total	97%	95%
TS instruments conventionnel	98%	95%
TS instruments US	99%	95%
Gain osseux instruments conventionnel	3,61 mm	95%
Gain osseux instruments US	3,69 mm	95%
Perte osseuse	1,44 mm	95%

Tableau 12: Résultats de la méta-analyse de *Waechter et al. 2017*. Abréviations : TS : taux de survie; US: ultrasonores

Conclusions : L'ostéotomie segmentaire apporte un taux de survie implantaire élevé. Le gain osseux final ne semble pas être impacté par l'utilisation de la piezochirurgie. La résorption post-opératoire est similaire, à celles constatée lors d'une implantation en conditions normales.

#### 8.2.7.4. *Jha et al. (2017)*

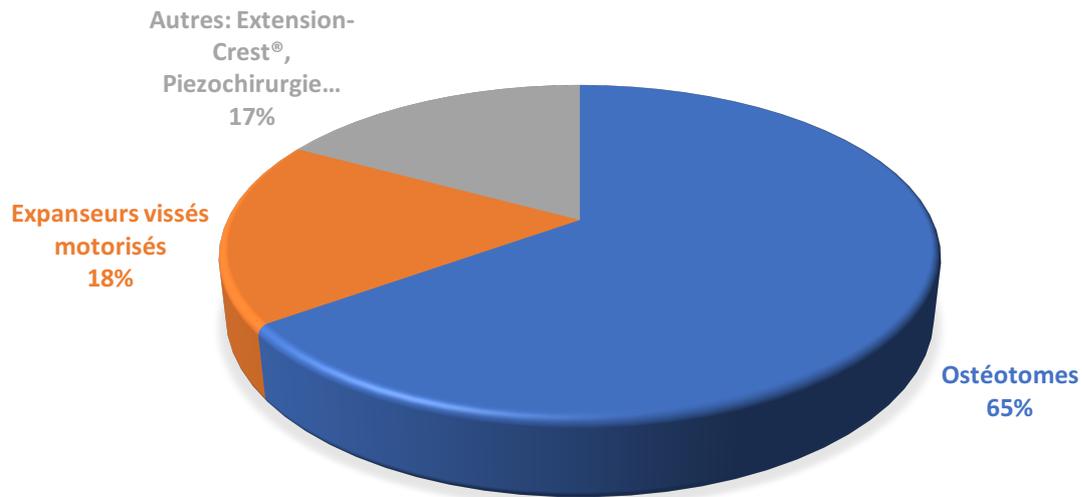
Ce travail a pour objectif d'évaluer l'incidence du choix de l'instrumentation lors de la réalisation d'une SCT sur les résultats obtenus, et préciser si une séquence instrumentale prédomine. Elle porte sur 28 études dont 4 à haut niveau de preuve (Etude Contrôlée Randomisée / ECR).

Les ostéotomes sont les instruments les plus utilisés (65%), suivie des expandeurs vissés motorisés (18%) (Figure 17). Toutes les études utilisant les expandeurs vissés motorisés ont obtenus un taux de survie de 100%. Seules les études utilisant des ostéotomes rapportent le taux de succès avec une moyenne de 97%. Excepté un cas (ostéotome avec maillet manuel), aucun patient n'a exprimé un inconfort durant l'intervention.

Le gain osseux moyen obtenu avec les ostéotomes est de  $\pm 3$  mm. L'utilisation d'instruments ultrasonores et d'expandeurs vissés motorisés permettent d'obtenir un gain moyen de  $\pm 3,44$  mm. Selon les auteurs, l'utilisation des expandeurs vissés motorisés est particulièrement intéressante pour les crêtes osseuses de faible épaisseur puisqu'elle génère un minimum de dommages tissulaires, une plus grande précision et rapidité ainsi qu'une meilleure accessibilité.

Les auteurs observent une accélération de la cicatrisation lors de l'interposition d'un substitut osseux ainsi qu'une diminution des résorptions post-opératoires. Aussi, il a été observé que les études avec ostéotomes peuvent présenter des fractures du versant vestibulaire, contrairement aux expandeurs vissés motorisés.

## INSTRUMENTS UTILISÉS



*Figure 17: Répartitions des instruments utilisés lors d'une SCT sur l'ensemble des études sélectionnées (Jha et al. 2017)*

Conclusions : L'instrumentation classique utilisée pendant une SCT offre un taux de survie et gain osseux satisfaisants. Cependant, le choix d'une instrumentation plus actuelle (piezochirurgie et expanseurs vissés) permet d'obtenir un gain osseux plus important avec un meilleur contrôle (moins de fractures complètes) ainsi qu'une plus grande précision et rapidité. L'utilisation d'un substitut osseux est privilégiée afin d'accélérer la cicatrisation et de réduire les résorptions post-opératoires.

## 8.3. Discussion

### 8.3.1 Le type de lambeau

Le choix entre un lambeau de pleine épaisseur ou d'épaisseur partielle ne semble pas influencer la survie ou le succès implantaire. En effet, le taux de survie rapporté par Mounir et al. (2014) de 100% est identique quel que soit le type de lambeau pratiqué. Les taux de succès obtenus par Jensen et al. (2009) sont également sensiblement proches. Cependant, ces études ont montré que l'utilisation d'un lambeau d'épaisseur partielle permettait de diminuer les résorptions osseuses post-opératoire. Une diminution allant jusqu'à même 9,5% pour la face vestibulaire (Mounir et al. 2014). Les auteurs l'expliquent par le maintien du périoste sur la corticale osseuse permettant un apport vascularisation (nourricier) supplémentaire du site pendant la phase de cicatrisation. De plus, il permet en cas de fracture complète le maintien du volet osseux fracturé (Mounir et al. 2014). Toutefois, la présence des décharges verticales ne semble pas influencer sur les résultats finaux (Jensen et al. 2009).

### 8.3.2 L'apport de la piezochirurgie

La majorité des études rapportant l'utilisation d'instruments ultrasonores pour la réalisation des corticotomies ont un taux de survie implantaire de 100%. Seul 2 études rapportent 5 et 8 échecs au maxillaire (Blus et al. 2010 ; Blus et Szmukler-Moncler 2006). Deux études nous informent du taux de succès, compris entre 95,6% et 100% (Blus et Szmukler-Moncler 2006 ; Anitua et al. 2013). Ces valeurs restent cependant proche de celles obtenues avec l'instrumentation conventionnelle (Waechter et al. 2017). La stabilité implantaire à 6 mois est comparable à un implant posé en conditions idéales (Nguyen et al. 2016). Outre le fait qu'ils travaillent sans pression, ils offrent une grande précision et plus de sécurité (tissus mous) ; ils sont efficaces face aux corticales osseuses de grande densité. En effet, toutes les études obtiennent un taux de survie de 100% à la mandibule sans complications per et post-opératoires. Le gain osseux moyen ne semble pas être affecté positivement par leur utilisation. Il est similaire à celui obtenu par d'autres instruments (Waechter et al. 2017).

Toutefois, aucune étude ne compare directement, l'utilisation de la piezochirurgie avec les autres instruments utilisés pour les corticotomies (micro-scie, ciseaux à os, disque diamanté...).

### 8.3.3 L'ostéotomie

Quel que soit l'instrumentation choisie pour la réalisation de la SCT, le taux de survie implantaire est élevé. Il est globalement compris entre 96% et 100%. La stabilité implantaire à 6 mois est comparable à celle d'un implant placé en conditions idéales (Gonzales-Garcia et al. 2011 ; Nguyen et al. 2016).

L'instrumentation privilégiée pour l'ostéotomie reste majoritairement l'ostéotome et le maillet (65%). Ils sont suivis par les expandeurs travaillant par vissage (18%) selon Jha et al. (2017).

La préférence est le maillet manuel. Des maillets électriques ont été proposés récemment. Crespi et al. (2014) montrent que ces derniers offrent plus de confort pour le patient par notamment, l'absence de complications secondaires (vertiges), à la différence d'un maillet manuel. L'action est aussi plus précise et rapide. Cependant, le gain osseux final ne semble pas être affecté par ce changement. Les taux de survie, bien que différents, restent assez proches et élevés.

Mais Jha et al. (2017) valorisent les expandeurs vissés motorisés aux ostéotomes. Bien que le gain osseux moyen n'est que légèrement supérieur, ils présentent un risque de fracture plus faible grâce à un meilleur contrôle. Le risque de dommage/traumatisme des tissus environnants est également moindre. Enfin, ils offrent une meilleure accessibilité et une plus grande rapidité.

Enfin, d'autres instruments tel que l'Extension-Crest<sup>®</sup> (Bio<sup>®</sup>) permettent une expansion plus aisée à la mandibule. Cependant, le risque de fracture n'est pas totalement écarté (Chiapasco et al. 2006 ; Tang et al. 2015).

### 8.3.4 Comblement de l'espace inter-cortical

L'espace inter-cortical peut, après mise en place d'implants, être comblé par un substitut osseux et protégé d'une membrane. Ella et al. (2014) observent, lors du recours à ce protocole, une diminution significative des résorptions osseuses post-opératoires. Ces observations sont en accord avec celles de Bassetti et al. (2016) et Jha et al. (2017) dans leurs revues systématiques. De plus, Ella et al. (2014) ont montré que les résorptions osseuses post-opératoires sont plus

importantes sur des crêtes de faible épaisseur. Par conséquent, leurs utilisations sont particulièrement intéressantes avec des crêtes osseuses de faible épaisseur (3 mm). On peut supposer que cette raison peut être avancée et expliquer l'absence d'une différence notable entre les groupes dans l'étude de Tang et al. (2015).

#### 8.3.5 Complications et survie au long terme

La principale complication de l'ostéotomie segmentaire est la fracture complète du versant osseux pédiculé. Malgré tout, l'implantation immédiate reste le plus souvent possible, en insérant l'implant suffisamment sous le trait de fracture. Le gain osseux horizontal reste important et le taux de survie implantaire élevé (Shibuya et al. 2014).

Enfin, cette technique d'augmentation osseuse horizontale, offre une grande survie implantaire au long terme. Des taux de survie de 97% sont obtenues à 5 ans et 10 ans (Garcez-Filho et al. 2015 ; Sethi et Kaus 2000) et un taux de succès de 95% à 10 ans (Garcez-Filho et al. 2015). Ces résultats sont en accord avec ceux de Mestas et al. (2016) dans leur revue systématique. Aussi, la quasi-majorité des piliers implantaire avec angulation, rappellent que cette technique ne permet pas de corriger l'axe antéro-postérieur de l'implant (Sethi et Kaus, 2000).

## 9. Conclusions

L'augmentation osseuse horizontale per-implantaire par ostéotomie segmentaire est une réelle alternative aux greffes d'apposition et ROG. Les taux de survie et de succès implantaire sont élevés et même similaires à ceux obtenus à une implantation en conditions optimales.

Lors de sa réalisation, un lambeau d'épaisseur partielle sera préféré au lambeau muco-périosté assurant une meilleure vascularisation par la suite. La préférence des cliniciens s'adresse surtout à la piezochirurgie et aux expandeurs vissés motorisés, puis l'instrumentation conventionnelle (ostéotomes), permettant d'obtenir des résultats très satisfaisants (gain osseux, taux de survie implantaire). Le choix de l'instrumentation sera orienté notamment par la recherche du confort du patient, la situation clinique et de l'expérience du praticien.

Une interposition d'un substitut osseux ainsi que le recouvrement du site par une membrane permettent de réduire les résorptions osseuses post-opératoires. Ils seront recommandés lors d'une demande esthétique ou bien lorsque l'épaisseur de crête est assez faible (3mm).

Il faut néanmoins espérer, dans l'avenir, plus d'études cliniques humaines contrôlées et randomisées disponibles dans la littérature scientifique pour élargir le choix de l'instrumentation la plus appropriée au patient et à la situation clinique à traiter. L'impact des complications potentielles et de leur suivi restent aussi à déterminer.

## BIBLIOGRAPHIE

- Anitua E, Begoña L, Orive G. Two-stage split-crest technique with ultrasonic bone surgery for controlled ridge expansion: a novel modified technique. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011;112(6):708-10.
- Anitua E, Begoña L, Orive G. Clinical evaluation of split-crest technique with ultrasonic bone surgery for narrow ridge expansion: status of soft and hard tissues and implant success. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2013;15(2):176-87.
- Antoun H et Bouchra S. Greffes osseuses en bloc. In :Bouchard P, éditeur. *Parodontologie et dentisterie implantaire.* Vol.2 Paris : Lavoisier Médecine Sciences ; 2016. p. 386-399.
- Araújo MG, Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol.* 2005;32(2):212-8.
- Arbab H, Greenwell H, Hill M, Morton D, Vidal R, Shumway B, et al. Ridge Preservation Comparing a Nonresorbable PTFE Membrane to a Resorbable Collagen Membrane: A Clinical and Histologic Study in Humans. *Implant Dent.* 2016;25(1):128-34.
- Aro H, Kallioniemi H, Aho AJ, Kellokumpu-Lehtinen P. Ultrasonic device in bone cutting. A histological and scanning electron microscopical study. *Acta Orthop Scand.* 1981;52(1):5-10.
- Bassetti MA, Bassetti RG, Bosshardt DD. The alveolar ridge splitting/expansion technique: a systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2016;27(3):310-24.
- Bassetti R, Bassetti M, Mericske-Stern R, Enkling N. Piezoelectric alveolar ridge-splitting technique with simultaneous implant placement: a cohort study with 2-year radiographic results. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2013;28(6):1570-80.
- Bidra AS. Surgical and prosthodontic consequences of inadequate treatment planning for fixed implant-supported prosthesis in the edentulous mandible. *J Oral Maxillofac Surg.* 2010;68(10):2528-36.
- Blus C, Szmukler-Moncler S. Split-crest and immediate implant placement with ultra-sonic bone surgery: a 3-year life-table analysis with 230 treated sites. *Clin Oral Implants Res.* 2006;17(6):700-7.
- Blus C, Szmukler-Moncler S, Vozza I, Rispoli L, Polastri C. Split-crest and immediate implant placement with ultrasonic bone surgery (piezosurgery): 3-year follow-up of 180 treated implant sites. *Quintessence Int.* 2010;41(6):463-9.
- Buser D, Brägger U, Lang NP, Nyman S. Regeneration and enlargement of jaw bone using guided tissue regeneration. *Clin Oral Implants Res.* 1990;1(1):22-32.
- Buser D, Mericske-Stern R, Bernard JP, Behneke A, Behneke N, Hirt HP, et al. Long-term evaluation of non-submerged ITI implants. Part 1: 8-year life table analysis of a prospective multi-center study with 2359 implants. *Clin Oral Implants Res.* 1997;8(3):161-72.

Chiapasco M, Romeo E, Vogel G. Vertical distraction osteogenesis of edentulous ridges for improvement of oral implant positioning: a clinical report of preliminary results. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2001;16(1):43-51.

Chiapasco M, Ferrini F, Casentini P, Accardi S, Zaniboni M. Dental implants placed in expanded narrow edentulous ridges with the Extension Crest® device. *Clin Oral Implants Res*. 2006;17(3):265-72.

Chiapasco M, Zaniboni M. Failures in jaw reconstructive surgery with autogenous onlay bone grafts for pre-implant purposes: incidence, prevention and management of complications. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. 2011;23(1):1-15.

Choël L, Last D, Duboeuf F, Seurin MJ, Lissac M, Briguet A, et al. Trabecular alveolar bone microarchitecture in the human mandible using high resolution magnetic resonance imaging. *Dentomaxillofac Radiol*. 2004;33(3):177-82.

Cordaro L, Torsello F, Morcavallo S, di Torresanto VM. Effect of bovine bone and collagen membranes on healing of mandibular bone blocks: a prospective randomized controlled study. *Clin Oral Implants Res*. 2011;22(10):1145-50.

Crespi R, Capparé P, Gastaldi G, Gherlone E. Reactive Soft Tissue Preservation in Large Bone Defects After Tooth Extractions: A Cone Beam Study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2016;31(1):179-85.

Crespi R, Capparé P, Gherlone EF. Electrical mallet provides essential advantages in split-crest and immediate implant placement. *Oral Maxillofac Surg*. 2014;18(1):59-64.

Demarosi F, Leghissa GC, Sardella A, Lodi G, Carrassi A. Localised maxillary ridge expansion with simultaneous implant placement: a case series. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2009;47(7):535-40.

Demetriades N, Park JI, Laskarides C. Alternative bone expansion technique for implant placement in atrophic edentulous maxilla and mandible. *J Oral Implantol*. 2011;37(4):463-71.

Ella B, Laurentjoye M, Sedarat C, Coutant J-C, Masson E, Rouas A. Mandibular ridge expansion using a horizontal bone-splitting technique and synthetic bone substitute: an alternative to bone block grafting? *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2014;29(1):135-40.

Ferrigno N, Laureti M. Surgical advantages with ITI TE implants placement in conjunction with split crest technique. 18-month results of an ongoing prospective study. *Clin Oral Implants Res*. 2005;16(2):147-55.

Fickl S, Zuhr O, Wachtel H, Bolz W, Huerzeler MB. Hard tissue alterations after socket preservation: an experimental study in the beagle dog. *Clin Oral Implants Res*. 2008;19(11):1111-8.

Fu M-W, Shen E-C, Fu E, Lin F-G, Wang T-Y, Chiu H-C. Assessing Bone Type of Implant Recipient Sites by Stereomicroscopic Observation of Bone Core Specimens: A Comparison With the Assessment Using Dental Radiography. *J Periodontol*. 2017;88(6):593-601.

Gakonyo J, Mohamedali AJ, Mungure EK. Cone Beam Computed Tomography Assessment of the Buccal Bone Thickness in Anterior Maxillary Teeth: Relevance to Immediate Implant Placement. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2018;33(4):880-7.

Garcez-Filho J, Tolentino L, Sukekava F, Seabra M, Cesar-Neto JB, Araújo MG. Long-term outcomes from implants installed by using split-crest technique in posterior maxillae: 10 years of follow-up. *Clin Oral Implants Res*. 2015;26(3):326-31.

González-García R, Monje F, Moreno C. Alveolar split osteotomy for the treatment of the severe narrow ridge maxillary atrophy: a modified technique. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2011;40(1):57-64.

Gruber R, Stadlinger B, Terheyden H. Cell-to-cell communication in guided bone regeneration: molecular and cellular mechanisms. *Clin Oral Implants Res*. 2017;28(9):1139-46.

Guillemant H, Mouigha A, Vienne A, Libersa J-C, Ferri J. Intérêts et limites des expandeurs vissés de MIS® aux maxillaires : illustration à partir de cas cliniques et comparaison du volume osseux à partir de clichés radiographiques tridimensionnels. *Revue de Stomatologie et de Chirurgie Maxillo-faciale*. 2012;113(6):448-54.

Holtzclaw DJ, Toscano NJ, Rosen PS. Reconstruction of posterior mandibular alveolar ridge deficiencies with the piezoelectric hinge-assisted ridge split technique: a retrospective observational report. *J Periodontol*. 2010;81(11):1580-6.

Horton JE, Tarpley TM, Jacoway JR. Clinical applications of ultrasonic instrumentation in the surgical removal of bone. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1981;51(3):236-42.

Hu G-H, Froum SJ, Alodadi A, Nose F, Yu Y-CP, Suzuki T, et al. A Three-Stage Split-Crest Technique: Case Series of Horizontal Ridge Augmentation in the Atrophic Posterior Mandible. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2018;38(4):565–73.

Hutton CG, Johnson GK, Barwacz CA, Allareddy V, Avila-Ortiz G. Comparison of two different surgical approaches to increase peri-implant mucosal thickness: A randomized controlled clinical trial. *J Periodontol*. 2018;89(7):807-14.

Jensen OT. When is it really osseointegration? *J Oral Maxillofac Surg*. 1994;52(10):1098.

Jensen OT, Cullum DR, Baer D. Marginal bone stability using 3 different flap approaches for alveolar split expansion for dental implants: a 1-year clinical study. *J Oral Maxillofac Surg*. 2009;67(9):1921-30.

Jha N, Choi EH, Kaushik NK, Ryu JJ. Types of devices used in ridge split procedure for alveolar bone expansion: A systematic review. *PLoS ONE*. 2017;12(7):e0180342.

Jung G-U, Kim JH, Lim NH, Yoon GH, Han J-Y. Biomechanical comparison of a novel engine-driven ridge spreader and conventional ridge splitting techniques. *Clin Oral Implants Res*. 2017;28(6):689-96.

Khairnar MS, Khairnar D, Bakshi K. Modified ridge splitting and bone expansion osteotomy for placement of dental implant in esthetic zone. *Contemp Clin Dent*. 2014;5(1):110-4.

Lalo J, Chassignolle V, Beleh M, Djemil M. L'expansion osseuse transversale pré-implantaire de la crête maxillaire par corticotomie alvéolaire. *Revue de Stomatologie et de Chirurgie Maxillo-faciale*. 2008;109(5):316-22.

Lalo J, Véronis A-S, Lezy J-P. Les ostéotomies corticales d'augmentation alvéolaire en chirurgie implantaire. *Revue de Stomatologie et de Chirurgie Maxillo-faciale*. 2012;113(4):276-90.

Leclercq P, Dohan D. De l'intérêt du bistouri ultrasonore en implantologie : technologies, applications cliniques: 1re partie : technologies. *Implantodontie*. 2004;13(3):151-7.

Machtei EE. The effect of membrane exposure on the outcome of regenerative procedures in humans: a meta-analysis. *J Periodontol*. 2001;72(4):512-6.

Merli M, Moscatelli M, Mariotti G, Rotundo R, Bernardelli F, Nieri M. Bone level variation after vertical ridge augmentation: resorbable barriers versus titanium-reinforced barriers. A 6-year double-blind randomized clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2014;29(4):905-13.

Mestas G, Alarcón M, Chambrone L. Long-Term Survival Rates of Titanium Implants Placed in Expanded Alveolar Ridges Using Split Crest Procedures: A Systematic Review. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2016;31(3):591-9.

Montero J, López-Valverde A, de Diego RG. A retrospective study of the risk factors for ridge expansion with self-tapping osteotomes in dental implant surgery. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2012;27(1):203-10.

Mounir M, Beheiri G, El-Beialy W. Assessment of marginal bone loss using full thickness versus partial thickness flaps for alveolar ridge splitting and immediate implant placement in the anterior maxilla. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2014;43(11):1373-80.

Nentwig GH. [Technic of bone splitting for alveolar recession in anterior maxillary region]. *Quintessenz*. 1986;37(11):1825-34.

Nguyen VG, von Krockow N, Weigl P, Depprich R. Lateral Alveolar Ridge Expansion in the Anterior Maxilla Using Piezoelectric Surgery for Immediate Implant Placement. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2016;31(3):687-99.

Nkenke E, Kloss F, Wiltfang J, Schultze-Mosgau S, Radespiel-Tröger M, Loos K, et al. Histomorphometric and fluorescence microscopic analysis of bone remodelling after installation of implants using an osteotome technique. *Clin Oral Implants Res*. 2002;13(6):595-602.

Peivandi A, Bugnet R, Debize E, Gleizal A, Dohan DM. L'ostéotomie piézoélectrique: applications en chirurgie parodontale et implantaire. *Rev Stomatol Chir Maxillofac*. 2007;108(5):431-40.

Pietrokovski J. Healing of the socket following tooth extraction. *Alpha Omegan*. 1967;60(2):126-9.

Prouvost B, Dakic A, Frémont M. L'examen pré-implantaire. In : Bouchard P, éditeur. *Parodontologie et dentisterie implantaire*. Vol.2 Paris : Lavoisier Médecine Sciences ; 2016. p. 303-313.

Raghoobar GM, den Hartog L, Vissink A. Augmentation in Proximity to the Incisive Foramen to Allow Placement of Endosseous Implants: A Case Series. *J Oral Maxillofac Surg*. 2010;68(9):2267-71.

Rahpeyma A, Khajehahmadi S, Hosseini VR. Lateral ridge split and immediate implant placement in moderately resorbed alveolar ridges: How much is the added width? *Dent Res J (Isfahan)*. 2013;10(5):602-8.

Rasmusson L, Sennerby L, Lundgren D, Nyman S. Morphological and dimensional changes after barrier removal in bone formed beyond the skeletal borders at titanium implants. A kinetic study in the rabbit tibia. *Clin Oral Implants Res*. 1997;8(2):103-16.

Reich KM, Huber CD, Lippnig WR, Ulm C, Watzek G, Tangl S. Atrophy of the residual alveolar ridge following tooth loss in an historical population. *Oral Dis*. 2011;17(1):33-44.

Retzepi M, Donos N. Guided Bone Regeneration: biological principle and therapeutic applications. *Clin Oral Implants Res*. 2010;21(6):567-76.

Sammartino G, Mariniello M, Scaravilli MS. Benign paroxysmal positional vertigo following closed sinus floor elevation procedure: mallet osteotomes vs. screwable osteotomes. A triple blind randomized controlled trial. *Clin Oral Implants Res*. 2011;22(6):669-72.

Scarano A, Murmura G, Sinjiari B, Assenza B, Sollazzo V, Spinelli G, et al. Expansion of the alveolar bone crest with ultrasonic surgery device: clinical study in mandible. *Int J Immunopathol Pharmacol*. 2011;24(2 Suppl):71-5.

Scarano A, Piattelli A, Murmura G, Iezzi G, Assenza B, Mancino C. Delayed Expansion of the Atrophic Mandible by Ultrasonic Surgery: A Clinical and Histologic Case Series. *Inter J Oral Maxillofac Implants*. 2015;30(1):144-9.

Schropp L, Wenzel A, Kostopoulos L, Karring T. Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: a clinical and radiographic 12-month prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2003;23(4):313-23.

Scipioni A, Bruschi GB, Calesini G. The edentulous ridge expansion technique: a five-year study. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 1994;14(5):451-9.

Sethi A, Kaus T. Maxillary ridge expansion with simultaneous implant placement: 5-year results of an ongoing clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2000;15(4):491-9.

Shibuya Y, Yabase A, Ishida S, Kobayashi M, Komori T. Outcomes and treatments of mal fractures caused by the split-crest technique in the mandible. *Kobe J Med Sci*. 2014;60(2):e37-42.

Simion M, Baldoni M, Zaffe D. Jawbone enlargement using immediate implant placement associated with a split-crest technique and guided tissue regeneration. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 1992;12(6):462-73.

Simion M, Misitano U, Gionso L, Salvato A. Treatment of dehiscences and fenestrations around dental implants using resorbable and nonresorbable membranes associated with bone autografts: a comparative clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1997;12(2):159-67.

Spray JR, Black CG, Morris HF, Ochi S. The influence of bone thickness on facial marginal bone response: stage 1 placement through stage 2 uncovering. *Ann Periodontol.* 2000;5(1):119-28.

Stricker A, Fleiner J, Stübinger S, Fleiner H, Buser D, Bosshardt DD. Ridge preservation after ridge expansion with simultaneous guided bone regeneration: a preclinical study. *Clin Oral Implants Res.* 2016;27(11):e116-24.

Tang Y-L, Yuan J, Song Y-L, Ma W, Chao X, Li D-H. Ridge expansion alone or in combination with guided bone regeneration to facilitate implant placement in narrow alveolar ridges: a retrospective study. *Clin Oral Implants Res.* 2015;26(2):204-11.

Tatum H. Maxillary and sinus implant reconstructions. *Dent Clin North Am.* 1986;30(2):207-29.

Theye CEG, Hattingh A, Cracknell TJ, Oetlé AC, Steyn M, Vandeweghe S. Dento-alveolar measurements and histomorphometric parameters of maxillary and mandibular first molars, using micro-CT. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2018;20(4):550-61.

Van der Zee E, Oosterveld P, Van Waas MAJ. Effect of GBR and fixture installation on gingiva and bone levels at adjacent teeth. *Clin Oral Implants Res.* 2004;15(1):62-5.

Vercellotti T. Piezoelectric surgery in implantology: a case report--a new piezoelectric ridge expansion technique. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2000;20(4):358-65.

Vercellotti T, De Paoli S, Nevins M. The piezoelectric bony window osteotomy and sinus membrane elevation: introduction of a new technique for simplification of the sinus augmentation procedure. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2001;21(6):561-7.

von Arx T, Buser D. Horizontal ridge augmentation using autogenous block grafts and the guided bone regeneration technique with collagen membranes: a clinical study with 42 patients. *Clin Oral Implants Res.* 2006;17(4):359-66.

Waechter J, Leite FR, Nascimento GG, Carmo Filho LC, Faot F. The split crest technique and dental implants: a systematic review and meta-analysis. *Inter J Oral Maxillofac Surg.* 2017;46(1):116-28.

Wang H-L, Al-Shammari K. HVC ridge deficiency classification: a therapeutically oriented classification. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2002;22(4):335-43.

## Table des illustrations

Figure 1: Double oscillation et brouillard de cavitation (d'après Peivandi et al. 2007) .....	17
Figure 2: Inserts ultrasonores pour corticotomie (Mectron®).....	18
Figure 3: Dispositif de piezochirurgie (catalogue Mectron®).....	19
Figure 4: Ostéotomes et maillet manuel (DentsplySirona®).....	20
Figure 5: Cas clinique d'une SCT réalisée au maxillaire. a) situation clinique préopératoire, b) levée du lambeau mucopériosté, c) corticotomies à l'aide d'insert ultrasonore, d) ostéotomie à l'aide d'ostéotomes (maillet manuel), e) mise en place de l'implant, f) situation après fermeture du site (d'après Blus et Szmukler-Moncler, 2006) .....	21
Figure 6: Expanseurs travaillant par impactions (Expanseurs Zepf®).....	22
Figure 7: Maillet électrique Osteo Safe® (Anthogyr®).....	23
Figure 8: Maillet électrique (Sweden&Martina®) .....	23
Figure 9: Expanseurs vissés Biotechnology Institute® (Mazzocco et al. 2011).....	24
Figure 10: Expanseurs vissés (Mectron®) .....	25
Figure 11: ExtensionCrest® (Chiapacasco 2006) .....	27
Figure 12 : Cas clinique d'une SCT réalisée à la mandibule avec RHOD : a) situation préopératoire, b) levé du lambeau mucopériosté, c) corticotomies à l'aide d'insert ultrasonore, d) corticotomie supplémentaire horizontale en vestibulaire, rejoignant les extrémités basales des corticotomies verticales, e) ostéotomie à l'aide du RHOD, f) implantation immédiate, g) comblement de l'espace inter-corticale avec un substitut osseux (d'après Blus et Szmukler-Moncler, 2006).....	28
Figure 13: Représentation graphique des résorptions osseuses post-opératoires dans le groupe contrôle et le groupe test (d'après Mounir et al. 2014).....	51
Figure 14: : Représentation graphique des résorptions osseuses post-opératoire en fonction du temps dans le groupe contrôle et le groupe test (d'après Bassetti et al. 2013).....	54
Figure 15: représentation graphique des résorptions osseuses post-opératoire mésial et distal dans le groupe contrôle et le groupe test (Nguyen et al. 2016).....	56
Figure 16 : représentations graphiques des résorptions osseuses post-opératoire dans le groupe contrôle et le groupe test (Ella et al. 2014).....	62
Figure 17: Répartitions des instruments utilisés lors d'une SCT sur l'ensemble des études sélectionnées (Jha et al. 2017).....	71
Tableau 1: Contres indications absolues et relatives à l'augmentation horizontale pré-implantaire par ostéotomies segmentaires (Prouvost, Dakic et Frémont, 2016).....	8
Tableau 2: les différentes origines et caractéristiques selon le type de greffe .....	34
Tableau 3: Etudes retenues pour la revue de littérature. Abreviations: RS: revue systématique; ECC : essai clinique contrôlé ; ECR : étude de cas randomisée et contrôlé.....	41
Tableau 4: Principaux résultats en fonction des études sélectionnées.....	42
Tableau 5: Principaux résultats en fonction des études sélectionnées.....	43
Tableau 6: Principaux résultats en fonction des études sélectionnées.....	44
Tableau 7: Principaux résultats en fonction des études sélectionnées.....	45
Tableau 8: Principaux résultats en fonction des études sélectionnées.....	46
Tableau 9:Principaux résultats en fonction des études sélectionnées.....	47
Tableau 10:Principaux résultats en fonction des études sélectionnées.....	48
Tableau 11: Résultats soumis dans la méta-analyse de Mestas et al. 2016. ....	67
Tableau 12: Résultats de la méta-analyse de Waechter et al. 2017 .....	69

**RESUME en anglais:**

Split crest (or split osteotomy) is an horizontal alveolar ridge augmentation technique that promotes immediate implantation when the alveolar bone crest has insufficient volume. It is an alternative to bone grafting and guided bone regeneration. The reduction of morbidity is one of its advantages. It is defined in two stages: corticotomy and osteotomy. The instrumentation of these two times has evolved in recent years (piezosurgery, electric mallet, expander working by screwing ...). The conventional surgical protocol also requires the filling of the inter-cortical space with a bone substitute and / or addition of a membrane (resorbable or not). The main complication is the complete fracture of the vestibular plate preventing sufficient primary implant stability. The objective of this literature review is to evaluate the impact of instrumentation in the surgical protocol on postoperative outcomes.

**Les opinions émises dans les dissertations présentées doivent être  
Considérées comme propres à leurs auteurs, sans aucune approbation ni  
Improbation de la Faculté de Chirurgie Dentaire.**

**KOSKAS Ariel. Ostéotomie chirurgicale per-implantaire des corticales osseuses. 2019. 83 p. : ill., graph., tabl. Réf. Biblio. : 76-81**

**Sous la direction du M. le Docteur Francis MORA**

**Th : Chir Dent. : Paris 7 : année : 2019**

---

**RESUME :**

L'ostéotomie segmentaire est une technique d'augmentation osseuse horizontale qui favorise l'implantation immédiate lorsque la crête osseuse alvéolaire présente un volume insuffisant. C'est une alternative aux greffes osseuses d'apposition et à la régénération osseuse guidée. La diminution de la morbidité est un de ses avantages. Elle se définit en deux temps : la corticotomie et l'ostéotomie. L'instrumentation de ces deux temps a évolué ces dernières années (piezochirurgie, maillet électrique, expanseurs travaillant par vissage...). Le protocole chirurgical conventionnel nécessite par ailleurs le comblement de l'espace inter-cortical par un substitut osseux et/ou adjonction d'une membrane (résorbable ou non). La complication principale est la fracture complète du versant vestibulaire empêchant une stabilité implantaire primaire suffisante. L'objectif de cette revue de littérature est d'évaluer l'incidence de l'instrumentation dans le protocole chirurgical sur les résultats post-opératoires.

---

**TITRE en anglais :**

**Alveolar split crest osteotomy with immediate implant placement.**

---

**DISCIPLINE :** Implantologie

---

**MOTS-CLES Français :** Reconstruction de crête alvéolaire (FMeSH), Humains (FMeSH), Instruments chirurgicaux (FMeSH), Implants Dentaires (FMeSH), ostéotomes, expanseurs, expansion osseuse.

---

**MOTS-CLES Anglais :** alveolar ridge augmentation (MeSH), Humans (MeSH), Surgical Instruments (MeSH), Dental Implants (MeSH), ridge splitting, split crest, ridge expansion, ridge expanders, bone expansion.

---