



**HAL**  
open science

# Planification implantaire sur le logiciel NobelClinician® : incidence de la densité osseuse sur l'orientation des implants lors des traitements implantaires au maxillaire chez l'édenté total

Maëva Vankelst

## ► To cite this version:

Maëva Vankelst. Planification implantaire sur le logiciel NobelClinician® : incidence de la densité osseuse sur l'orientation des implants lors des traitements implantaires au maxillaire chez l'édenté total . Médecine humaine et pathologie. 2016. dumas-01468978

**HAL Id: dumas-01468978**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01468978>**

Submitted on 16 Feb 2017

**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

# Planification implantaire sur le logiciel NobelClinician<sup>®</sup> : Incidence de la densité osseuse sur l'orientation des implants lors des traitements implantaires au maxillaire chez l'édenté total

## THESE

Présentée et publiquement soutenue devant la

Faculté d'Odontologie de Marseille  
(Doyen : Monsieur le Professeur Jacques DEJOU)

Aix Marseille Université  
(Président : Monsieur le Professeur Yvon BERLAND)

Le 27 octobre 2016

par

**VANKELST Maëva**

née le 16 octobre 1990  
à SCHOELCHER

**Pour obtenir le Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire**

**EXAMINATEURS DE LA THESE :**

Président	: Monsieur le Professeur	M. RUQUET
Assesseurs	: <u>Monsieur le Professeur</u>	<u>O. HUE</u>
	Monsieur le Docteur	P. TAVITIAN
	Monsieur le Docteur	G. STEPHAN

# FACULTÉ D'ODONTOLOGIE

## UNIVERSITÉ D'AIX-MARSEILLE

DOYENS HONORAIRES	Professeur Professeur Professeur	A. SALVADORI R. SANGIUOLO <sup>†</sup> H. ZATTARA
DOYEN	Professeur	J. DEJOU
VICE – DOYEN CHARGÉ DES ENSEIGNEMENTS DIRECTEUR DU DÉPARTEMENT DE FORMATION INITIALE	Professeur	J.D. ORTHLIEB
VICE – DOYEN CHARGÉ DE LA RECHERCHE DIRECTEUR DU DÉPARTEMENT DE LA RECHERCHE	Professeur	C. TARDIEU
DIRECTEUR DU DÉPARTEMENT DE FORMATION CONTINUE	Professeur	V. MONNET-CORTI
CHARGÉS DE MISSION	Professeur Docteur Docteur	A. RASKIN P. SANTONI F. BUKIET
RESPONSABLE DES SERVICES ADMINISTRATIFS	Madame	C. BONNARD
PROFESSEURS ÉMÉRITES	Professeur Professeur Professeur	J. J. BONFIL F. LOUISE O. HUE

### DOCTEURS HONORIS CAUSA DE L'UNIVERSITÉ D'AIX-MARSEILLE

PRÉSIDENT DE LA SECTION DE LA MÉDECINE DENTAIRE UNIVERSITÉ DE GENÈVE – SUISSE	J.N. NALLY	1972
DOYEN DE LA FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE UNIVERSITÉ DE PITTSBURGH – PENNSYLVANIE - USA	E. FOREST <sup>†</sup>	1973
DOYEN DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE UNIVERSITÉ DE GENÈVE – SUISSE	L.J. BAUME	1977
DOYEN HONORAIRE DE LA FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE UNIVERSITÉ DE BOSTON - MASSACHUSETTS – USA	H.GOLDMAN <sup>†</sup>	1984
UNIVERSITÉ DE GÖTEBORG – SUÈDE	P.I. BRÅNEMARK	1997

56 <sup>ème</sup> SECTION : DEVELOPPEMENT CROISSANCE ET PREVENTION
---

56 I ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE

Professeur	C. TARDIEU *	Assistant	A. CAMOIN
Maître de Conférences	D. BANDON	Assistant	C. CAPORGNO
Maître de Conférences	A. CHAFAIE	Assistant	I. BLANCHET
		Assistant	C. KHOURY

56.2 ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE

Maître de Conférences	J. BOHAR	Assistant	L. LEVY-DAHAN
Maître de Conférences	D. DEROZE	Assistant	S. MARION des ROBERT
Maître de Conférences	E. ERARD	Assistant	C. MITLER
Maître de Conférences	J. GAUBERT	Assistant	J. SCHRAMM
Maître de Conférences	M. LE GALL *	Assistant	A. PATRIS-CHARRUET
Maître de Conférences	C. PHILIP-ALLIEZ		

56.3 PRÉVENTION - ÉPIDÉMIOLOGIE - ÉCONOMIE DE LA SANTÉ - ODONTOLOGIE LÉGALE

Professeur	B. FOTI *	Assistant	R. LAN
Maître de Conférences	D. TARDIVO		

\*Responsable de la sous-section

**57<sup>ème</sup> SECTION :**  
**SCIENCES BIOLOGIQUES, MÉDECINE ET CHIRURGIE BUCCALE**

**57.1 PARODONTOLOGIE**

Professeur	V. MONNET-CORTI *	Assistant	A. MOREAU
		Assistant	N. HENNER
		Assistant	M. PIGNOLY
		Assistant	V. MOLL

**57.2 CHIRURGIE BUCCALE – PATHOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE - ANESTHÉSIOLOGIE – RÉANIMATION**

Maître de Conférences	D. BELLONI	Assistant	U. ORDIONI
Maître de Conférences	J. H. CATHERINE *	Assistant	E. MASSEREAU
Maître de Conférences	P. ROCHE-POGGI	Assistant	A. BOUSSOUAK

**57.3 SCIENCES BIOLOGIQUES BIOCHIMIE, IMMUNOLOGIE, HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE, GÉNÉTIQUE, ANATOMO-PATHOLOGIE, BACTÉRIOLOGIE, PHARMACOLOGIE**

Maître de Conférences	P. LAURENT	Assistant	P. RUFAS
Maître de Conférences	C. ROMBOUTS		

**65<sup>ème</sup> SECTION : BIOLOGIE CELLULAIRE**

Professeur	I. ABOUT* (Responsable de la sous-section 57.3)
------------	---

\*Responsable de la sous-section

58 <sup>ème</sup> SECTION :
SCIENCES PHYSIQUES ET PHYSIOLOGIQUES, ENDODONTIQUES ET PROTHETIQUES

58.1 ODONTOLOGIE CONSERVATRICE, ENDODONTIE

Professeur	H. TASSERY	Assistant	A. BESSON
Maître de Conférences	G. ABOUDHARAM	Assistant	L. ROLLET
Maître de Conférences	F. BUKIET	Assistant	M. GLIRPO
Maître de Conférences	S. KOUBI	Assistant	S. MANSOUR
Maître de Conférences	C. PIGNOLY	Assistant	H. DE BELENET
Maître de Conférences	L. POMMEL *	Assistant	A. FONTES
Maître de Conférences	G. SUSINI		
Maître de Conférences	E. TERRER		
Maître de Conférences	M. GUIVARC'H		

58.2 PROTHÈSE PROTHÈSE CONJOINTE, PROTHÈSE ADJOINTE PARTIELLE, PROTHÈSE TOTALE, PROTHÈSE MAXILLO-FACIALE

Professeur	M. RUQUET		
Maître de Conférences	P. SANTONI *	Assistant	A. FERDANI
Maître de Conférences	G. LABORDE	Assistant	M. ESTOESTA
Maître de Conférences	M. LAURENT	Assistant	A. SETTE
Maître de Conférences	P. MARGOSSIAN	Assistant	C. NIBOYET
Maître de Conférences	B.E. PRECKEL	Assistant	C. MENSE
Maître de Conférences	M. RUQUET	Assistant	A. VUILLEMIN
Maître de Conférences	G. STEPHAN		
Maître de Conférences	P. TAVITIAN		
Maître de Conférences	A. TOSELLO		

58.3 SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES OCCLUSODONTOLOGIE, BIOMATÉRIAUX, BIOPHYSIQUE, RADIOLOGIE

Professeur	J. DEJOU	Assistant	T. GIRAUD
Professeur	J. D. ORTHLIEB *	Assistant	M. JEANY
Professeur	A. RASKIN		
Maître de Conférences	A. GIRAUDEAU		
Maître de Conférences	J. P. RE		
Maître de Conférences	B. JACQUOT		

\*Responsable de la sous-section

**A Monsieur le Professeur RUQUET,**

Vous nous faites l'honneur de présider notre thèse.

Tout au long de nos études, vous avez toujours su faire partager votre savoir-faire avec simplicité, rigueur et un enthousiasme remarquable.

Vos qualités humaines et votre grande disponibilité envers les patients et les étudiants restent pour nous un modèle.

Veillez trouver dans ce travail l'expression de notre sincère reconnaissance et profonde gratitude.

**A Monsieur le Professeur HUE,**

Vous nous avez inspiré ce sujet de recherche et vous nous avez dirigé avec la compétence, l'énergie et la volonté qui vous caractérisent, et ce malgré la distance.

Votre soutien, votre pédagogie, votre savoir-faire, votre bonne humeur, votre simplicité ainsi que votre disponibilité ont une valeur inestimable.

Votre expérience est une véritable source d'estime et de respect.

Que ce travail soit pour vous la preuve de la reconnaissance et de tout le respect que j'ai pour vous

**A Monsieur le Docteur TAVITIAN,**

Nous vous remercions d'avoir co-diriger cette thèse.

Merci pour votre investissement, votre sympathie, votre bonne humeur et pour toute l'attention portée à mon travail.

Nous avons pu apprécier tout au long de notre enseignement vos compétences et votre générosité à les partager.

Veillez trouver ici le témoignage de mon plus profond respect et de mes remerciements les plus chaleureux.

**A Monsieur le Docteur STEPHAN,**

Nous vous remercions d'avoir accepté de siéger au sein du jury de notre thèse.  
Vos connaissances et votre rigueur sont un modèle pour tous les étudiants.

Vous nous avez donné l'opportunité de travailler à vos côtés et de pouvoir ainsi profiter de votre expérience.

Veillez trouver dans cet ouvrage le témoignage de notre profond respect et remerciements.

## SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
1LE MAXILLAIRE .....	3
1.1L'os maxillaire.....	3
1.1.1Anatomie du maxillaire .....	3
1.1.2Vascularisation du maxillaire .....	4
1.1.3Innervation du maxillaire .....	5
1.2Le sinus maxillaire .....	6
1.2.1Anatomie du sinus maxillaire.....	6
1.2.2Vascularisation du sinus maxillaire .....	7
1.2.3Innervation du sinus maxillaire .....	7
1.3Les fosses nasales.....	8
1.3.1Anatomie des fosses nasales .....	8
1.1.1Vascularisation des fosses nasales.....	9
1.3.2Innervation des fosses nasales.....	10
2LE TISSU OSSEUX .....	13
2.1L'os alvéolaire .....	13
2.2Architecture osseuse.....	14
2.2.1Cellules osseuses .....	16
2.3Remodelage osseux .....	17
2.4Classification selon la densité osseuse .....	19
2.4.1Classification de Lekholm et Zarb (1985).....	19
2.4.2Classification de Misch (1990) .....	20
2.4.3Classification de Trisi et Rao .....	21
2.5Classification des crêtes osseuses .....	22
2.5.1La classification de Cawood et Howell.....	22
2.5.2La classification de Seibert .....	23
2.6Résorption osseuse .....	24
2.7Analyse radiologique de la densité osseuse .....	26
3L'OSTEOINTEGRATION .....	29
3.1Concepts de l'ostéointégration .....	29
3.2Facteurs permettant le succès de l'ostéointégration .....	30
3.3Stabilité primaire et stabilité secondaire .....	31
3.3.1Stabilité primaire .....	31
3.3.2Stabilité secondaire .....	31

4	TRAITEMENTS AU MAXILLAIRE ET DONNEES STATISTIQUES .....	34
5	MATERIELS ET METHODE.....	38
5.1	Matériels.....	38
5.2	Méthode.....	39
5.2.1	Etape 1 : Préparation à la planification .....	39
5.2.2	Etape 2 : Planifications.....	40
5.2.3	Etape 3 : Prises des mesures.....	43
6	RESULTATS ET DISCUSSION .....	46
6.1	Resultats .....	46
6.2	Discussion .....	50
	CONCLUSION .....	52

## **INTRODUCTION**

L'édentement total au maxillaire est invalidant pour de nombreux patients. L'implantologie a permis une révolution dans la vie de ces patients, notamment au niveau du confort.

Cette thérapeutique nécessite des règles strictes de mise en place pour assurer la pérennité des implants posés, leur ostéointégration, ainsi que la préservation des structures adjacentes.

Différentes solutions thérapeutiques s'offrent aux praticiens pour traiter les édentés totaux :

- La prothèse amovible complète conventionnelle
- La prothèse amovible complète stabilisée sur implants : PACSI
- La prothèse totale fixe implantoportée.

La prothèse fixée implantoportée est aujourd'hui notre « gold standard ». C'est cette dernière partie qui va nous intéresser plus particulièrement.

L'objectif de ce travail est de planifier la pose des implants avec le logiciel NobelClinician® sur des scanners d'une quinzaine de patients édentés totaux au maxillaire (9 femmes et 6 hommes), selon la technique conventionnelle de Branemark dans un premier temps, puis, dans un second temps, selon la technique de Paolo Malo et d'analyser la densité osseuse autour des implants pour pouvoir comparer ces deux protocoles.

PARTIE 1 :

LE MAXILLAIRE

# **1 LE MAXILLAIRE**

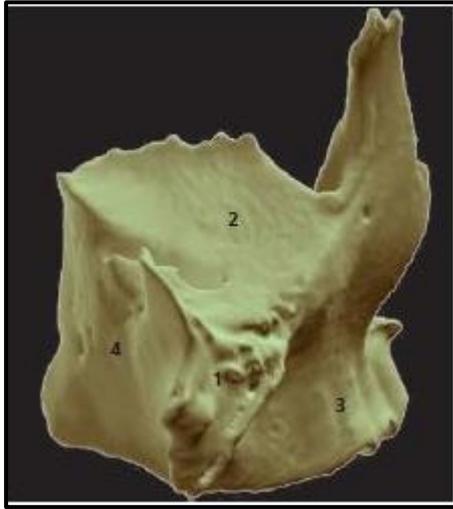
## **1.1 L'os maxillaire (1)**

### **1.1.1 Anatomie du maxillaire**

Le maxillaire supérieur est un os pair, c'est l'élément central du massif facial supérieur. Il participe, en s'articulant avec les os nasaux, les zygomatiques et l'os frontal à la formation des cavités nasales et orbitaires.

Le maxillaire a une forme de pyramide triangulaire qui présente :

- Un sommet tronqué, orienté en dehors, s'articulant avec l'os zygomatique
- Une base répondant à la paroi latérale de cavité nasale correspondante
- Trois faces :
  - Supérieure ou orbitaire : qui forme la majeure partie de la paroi inférieure de la cavité orbitaire. Elle se poursuit par le conduit infra-orbitaire où naissent les nerfs alvéolaires supéro-antérieur et moyen.
  - Antéro-latérale ou jugale : orientée en avant et en dehors, cette face est légèrement concave. Elle est marquée par le foramen infra-orbitaire, lui-même encadré au-dessus par l'insertion du muscle releveur de l'angle oral. La paroi osseuse est réduite à une mince pellicule osseuse au sein de laquelle chemine le pédicule alvéolaire supéro-antérieur.
  - Postéro-latérale ou infra temporale : cette paroi se subdivise en deux portions : l'une antérieure et latérale, légèrement concave qui forme avec l'os zygomatique la fosse maxillo-zygomatique et répond à la partie antérieure du corps adipeux de la joue. L'autre, postérieure, correspond à la tubérosité maxillaire qui sépare le sinus maxillaire de la fosse infra-temporale, en arrière et en dehors, et de la fosse ptérygo-palatine en arrière.



1 : sommet

2 : face orbitaire

3 : face jugale

4 : face infra temporale

Figure 1 : Anatomie des maxillaires (1)

### 1.1.2 Vascularisation du maxillaire

La face est vascularisée par l'artère maxillaire, qui donne (2)

- L'artère alvéolaire postéro-supérieure, soit deux ou trois branches qui se divisent en deux contingents : un interne pour vasculariser la muqueuse du sinus maxillaire et les molaires, l'autre externe pour le vestibule et la gencive de la région molaire.
- L'artère infra-orbitaire qui se distribue à toute la région infra-orbitaire.
- L'artère grande palatine qui vascularise toute la muqueuse palatine.
- L'artère sphéno-palatine (branche terminale de l'artère maxillaire) qui pénètre dans le foramen incisif.

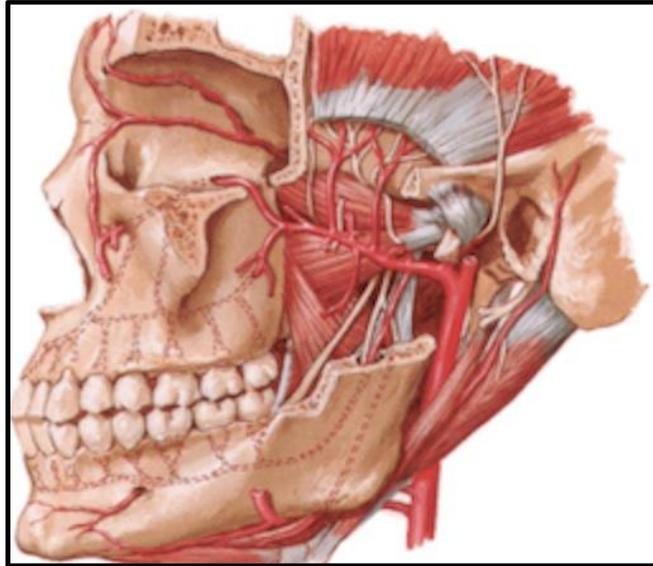


Figure 2 : Vascularisation du maxillaire (3)

### 1.1.3 Innervation du maxillaire

L'innervation est assurée par le système trigémino-sympathique, le V2 ou nerf maxillaire. Ce dernier est issu d'une des branches de la Vème paire des nerfs crâniens (le nerf trijumeau).

(2)

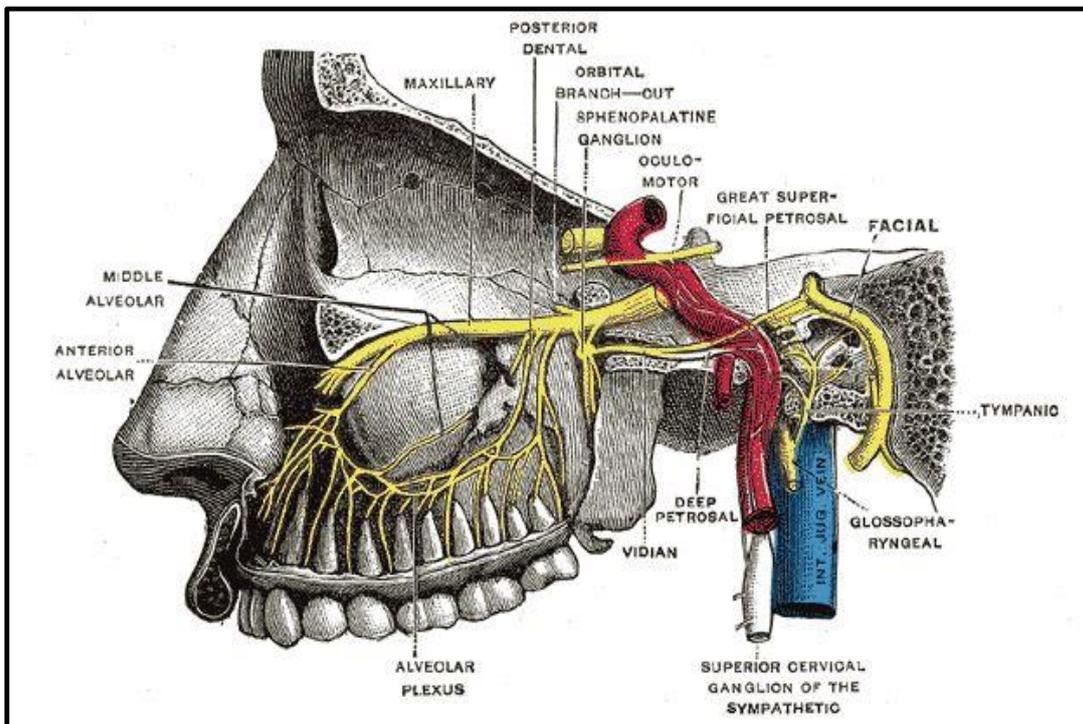


Figure 3 : Branches du nerf maxillaire (4)

## 1.2 Le sinus maxillaire (5)

### 1.2.1 Anatomie du sinus maxillaire

Le sinus maxillaire est une cavité aérique développée dans le maxillaire à partir d'une évagination de la muqueuse nasale.

Il a une forme de pyramide tronquée à base interne ; il présente trois faces :

- Antéro-latérale : en rapport avec les plans superficiels de la face
- Postéro-latérale : en rapport avec le muscle buccinateur et le corps adipeux de la joue
- Supérieure : correspond à la paroi inférieure de l'orbite où passe le pédicule vasculo-nerveux infra-orbitaire.

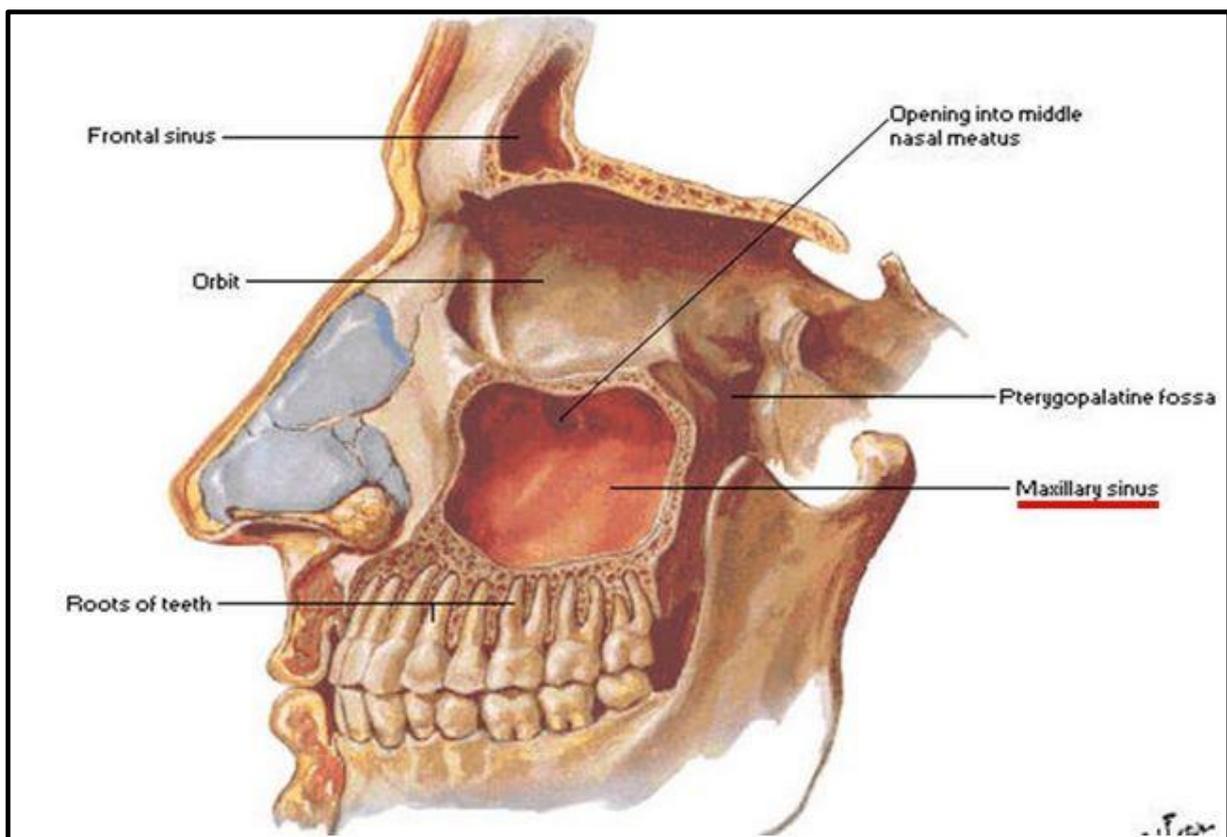


Figure 4 : sinus maxillaire (3)

### **1.2.2 Vascularisation du sinus maxillaire**

La vascularisation du sinus maxillaire provient des branches de l'artère maxillaire :

- La paroi latérale du sinus est vascularisée par l'artère infra-orbitaire, l'artère alvéolaire postérieure et supérieure.
- Le bord inférieur du sinus est vascularisé par l'artère grande palatine.
- La paroi supérieure du sinus est vascularisée par l'artère infra-orbitaire.
- La face nasale du sinus est quant à elle vascularisée par l'artère sphéno-palatine.

### **1.2.3 Innervation du sinus maxillaire**

L'innervation sensitive est assurée par :

- Le nerf infra-orbitaire, branche du nerf maxillaire, innerve la partie antérieure de la face latérale.
- Le nerf alvéolaire postérieur et supérieur, branche du nerf mandibulaire, innerve la partie postérieure de la face latérale.
- Le nerf grand palatin innerve la face inférieure.
- Le nerf ptérygo-palatin innerve la paroi médiale.

## 1.3 Les fosses nasales

### 1.3.1 Anatomie des fosses nasales (6)

Les cavités nasales sont des cavités siégeant de part et d'autre du septum nasal. Chaque cavité présente quatre parois :

- Une paroi médiale représentée par le septum nasal qui est formé d'un squelette ostéo-cartilagineux comprenant : en avant, le septum nasal, en haut, la lame perpendiculaire de l'ethmoïde et en bas, le vomer.
- Une paroi latérale, complexe, formée de sept os : le frontal, le maxillaire, l'ethmoïde, le sphénoïdal, le palatin, le lacrymal et le cornet nasal inférieur. Cette paroi a des rapports intimes avec les sinus paranasaux.
- Une paroi inférieure, représentant le plancher qui sépare la cavité nasale du plancher buccal, formée par le processus palatin du maxillaire et la lame horizontale du palatin.
- Une paroi supérieure, matérialisant le toit qui comprend trois parties d'avant en arrière : l'os nasal et l'os frontal, la lame criblée et le corps du sphénoïde.

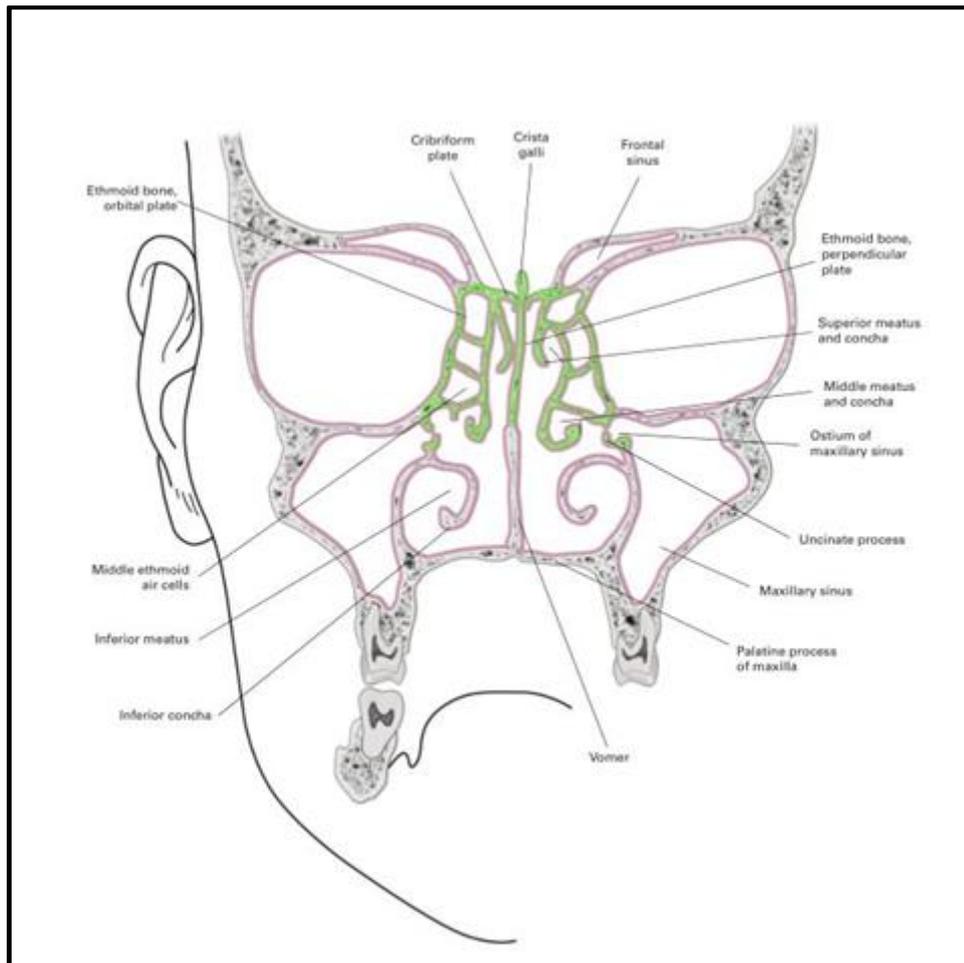


Figure 5 : les cavités nasales (7)

### 1.1.1 Vascolarisation des fosses nasales (7)

Les fosses nasales sont vascularisées par :

- L'artère sphéno-palatine qui est une branche de l'artère interne maxillaire, elle-même issue de la carotide externe. Elle assure 80% de la vascularisation des cavités nasales. L'artère sphéno-palatine pénètre dans la cavité nasale par la fosse ptérygomaxillaire et par le foramen sphéno-palatin,
- La partie inférieure est innervée par l'artère palatine issue également de l'artère maxillaire, elle pénètre dans la cavité nasale par le foramen incisif,
- La partie supérieure est vascularisée par les artères ethmoïdes antérieure et postérieure.

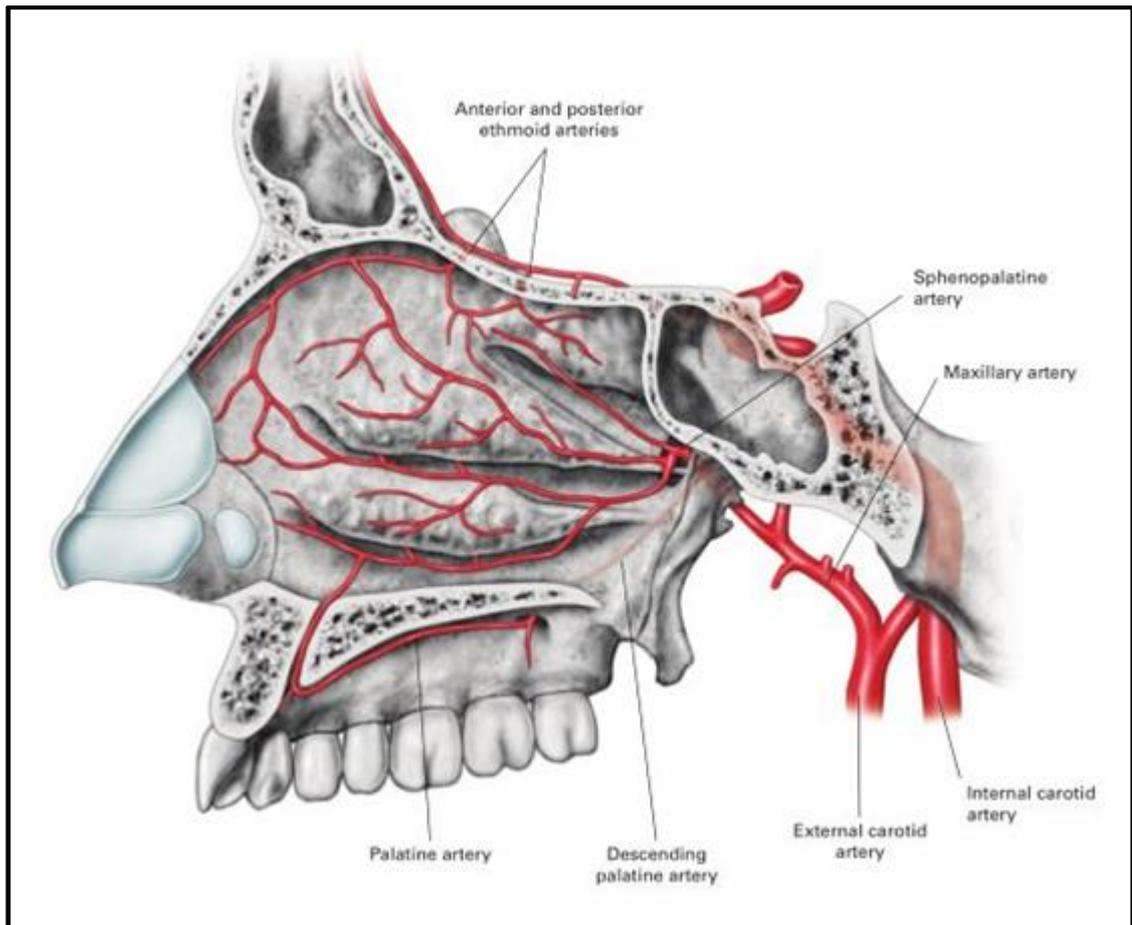


Figure 6 : vascularisation des fosses nasales (7)

### 1.3.2 Innervation des fosses nasales (7)

Les fosses nasales sont innervées par :

- Le nerf naso-palatin issu du rameau sphéno-palatin lui-même issu du nerf maxillaire supérieur (V2) qui innerve l'essentiel de la cavité nasale,
- Les nerfs ethmoïdaux antérieur et postérieur innervent la partie supérieure de la cavité nasale.

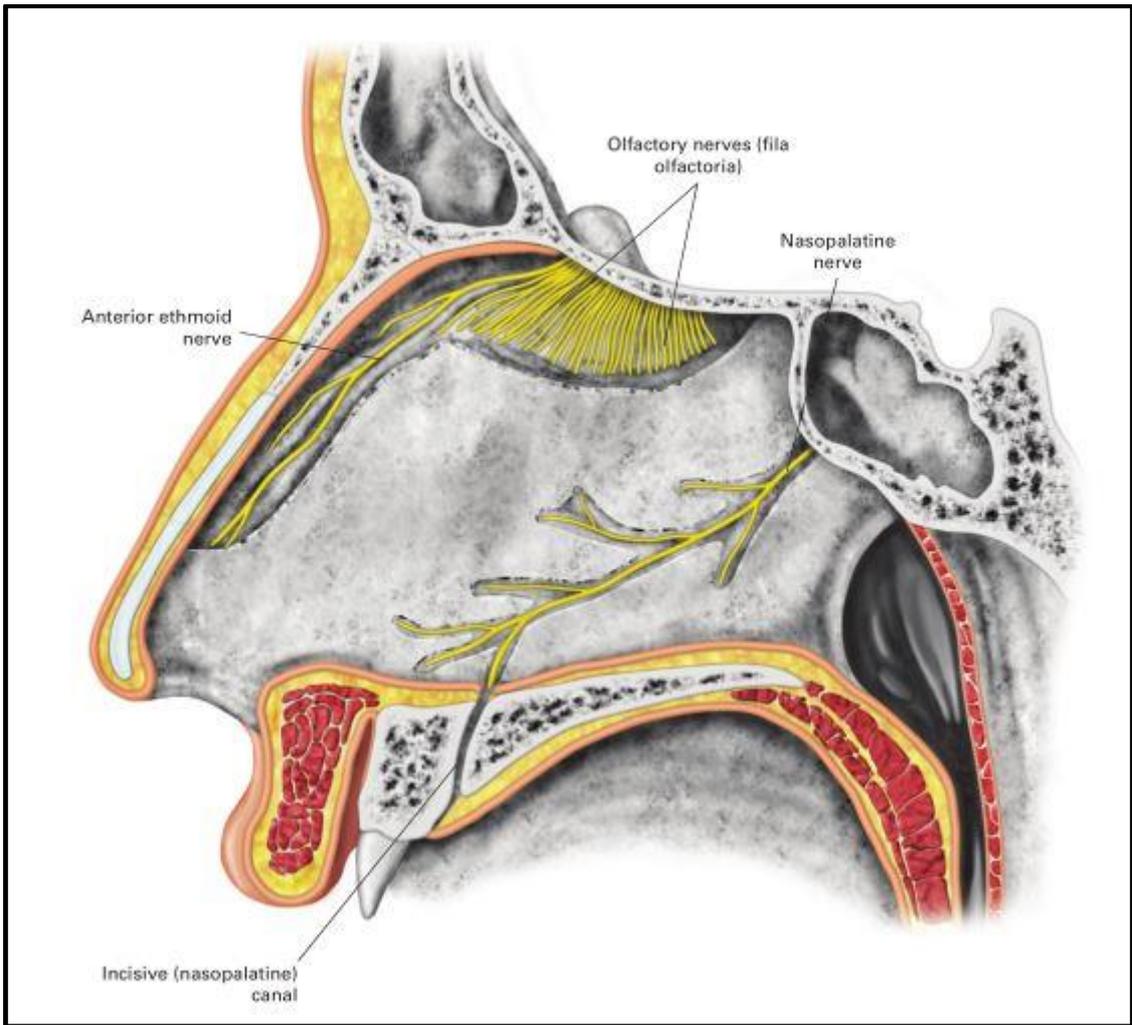


Figure 7 : innervation des cavités nasales (7)

**PARTIE 2 :**  
**LE TISSU OSSEUX**

## 2 LE TISSU OSSEUX (8)

### 2.1 L'os alvéolaire

L'arcade maxillaire est formée de 2 structures osseuses : l'os alvéolaire et l'os basal. L'os alvéolaire a pour rôle principal le support dentaire.

L'apparition, la croissance et l'évolution de l'organe dentaire sont étroitement liées avec celle de l'os alvéolaire.

C'est un tissu vivant, fragile, sensible aux modifications de son environnement.

Sa paroi interne est formée d'os compact, mince : c'est la lame cribliforme, encore appelée lamina dura ou corticale interne. Elle inclut dans sa structure le système d'attache desmodontal : les fibres de Sharpey.

Sa paroi externe vestibulaire, linguale ou palatine est une corticale osseuse dense qui poursuit celle de l'os basal.

Entre ces deux parois, il existe un os alvéolaire de soutien, formé de travées d'os spongieux, appelé également table osseuse interne du côté palatin et table osseuse externe du côté vestibulaire.

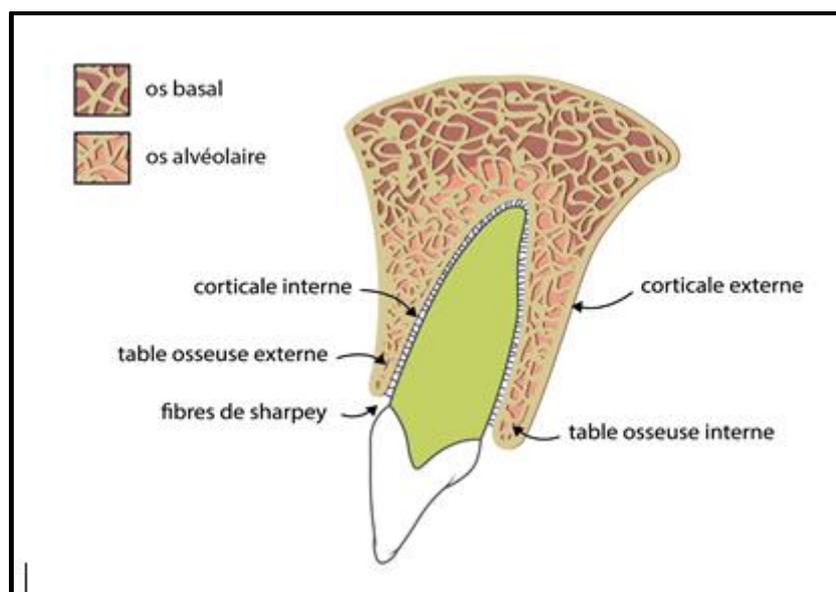


Figure 8 : Coupe au maxillaire de l'os alvéolaire et basal

## 2.2 Architecture osseuse (8)

Elle s'organise en plusieurs compartiments, de l'extérieur vers l'intérieur on retrouve :

Le périoste (enveloppe externe) : Il est formé de deux couches cellulaires : la couche externe fibreuse qui joue le rôle d'encapsulation sans intervention dans l'ostéogenèse et la couche interne ou couche ostéogène d'Ollier qui est formée par plusieurs types cellulaires comprenant des cellules endothéliales vasculaires, des pré-ostéoblastes (capacité de prolifération ostéoblastique) et des ostéoblastes responsables de la prolifération osseuse.

L'os cortical : Il est formé par la juxtaposition d'ostéons, dans lesquels les lamelles osseuses sont disposées de façon concentrique autour d'un canal appelé « canal de Havers », où circulent les vaisseaux. Les canaux de Havers sont reliés entre eux par des canaux transversaux, les canaux de Volkmann.

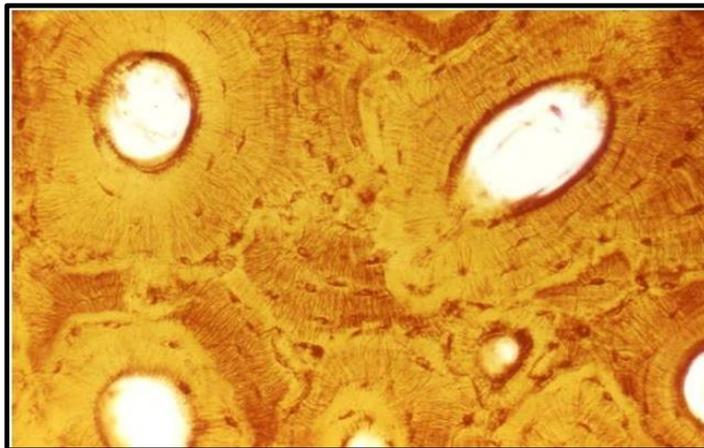


Figure 9 : coupe histologique d'os compact (9)

L'os spongieux ou os trabéculaire : Il est constitué d'un réseau tridimensionnel de travées osseuses. Ce dernier est prédominant au niveau de l'arcade maxillaire.

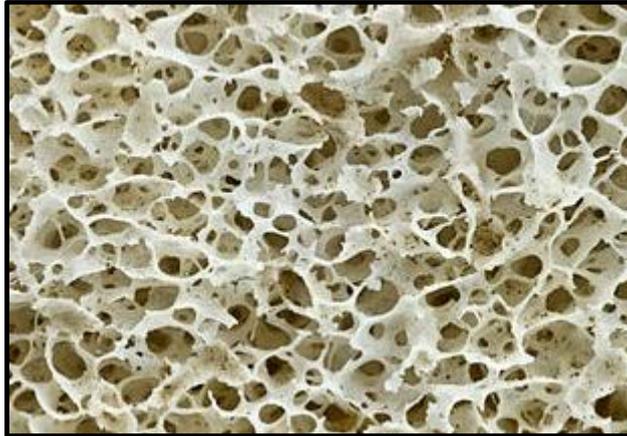


Figure 10 : coupe histologique d'os spongieux

Selon une étude de Fanusco et Chang en 2004, l'os maxillaire possède plus de trabéculations que l'os mandibulaire. Par ailleurs, elles sont plus nombreuses au niveau antérieur qu'au niveau postérieur. (10)

Trisi et Rao ont fait une étude histomorphométrique en 1999. Lors des chirurgies implantaires, ils ont procédé à des petites biopsies osseuses et notaient le score osseux durant le forage basé sur la perception manuelle de la résistance au forage. Les résultats de l'analyse histomorphométrique ont été exprimés en pourcentage de trabéculations par rapport à la zone de biopsie totale.

Les échantillons D1 ont montré une densité histomorphométrique moyenne de  $76,5\% \pm 16,2$ . Les échantillons D2 ont montré une densité histomorphométrique moyenne de  $66,8\% \pm 15,8$ . Les échantillons D3 ont montré une densité histomorphométrique moyenne de  $59,6\% \pm 19,6$  et les échantillons D4 ont montré une densité histomorphométrique moyenne  $28,3\% \pm 12$ . L'analyse de corrélation interclasse de la variance a montré que les classes D1 et D4 étaient significativement différentes mais pas D2 et D3. (11)

Rozé et al., en 2009 ont analysé la microarchitecture de l'os maxillaire et mandibulaire chez trois sujets. Le volume des trabéculations était en moyenne de 51% au maxillaire (de 28 à 80%) contre 31% à la mandibule (de 19 à 48%). De plus, le nombre de trabéculations était en moyenne 0,99 à la mandibule contre 1,32 au maxillaire. Concernant l'épaisseur de la corticale, on est en moyenne à 1,2mm (de 0,97 à 1,63mm) à la mandibule contre 0,4mm en moyenne au maxillaire (0,31 à 0,59mm). (8)

## 2.2.1 Cellules osseuses (8)

### ➤ Les Ostéoclastes

L'ostéoclaste est une cellule multinucléée volumineuse et très spécialisée dont la fonction principale est de contrôler l'homéostasie du calcium en résorbant le tissu osseux. Les ostéoclastes sont localisés sur les surfaces osseuses de l'endoste, dans les systèmes de Havers et occasionnellement sur les surfaces du périoste.

On les retrouve au niveau des sites actifs de remaniement osseux. Ce sont des cellules plurinucléées (30 à 50 noyaux), de la famille des macrophages.

### ➤ Les Ostéoblastes

Les ostéoblastes sont responsables de la production de la matrice osseuse et synthétisent également un grand nombre de facteurs paracrines et autocrines qui affectent aussi bien la formation que la résorption osseuse.

Les ostéoblastes matures incluent trois sous populations : les ostéoblastes qui synthétisent la matrice osseuse, les cellules bordantes impliquées dans l'ostéogénèse ainsi que les ostéocytes qui sont des ostéoblastes inclus dans la matrice lors du remodelage osseux.

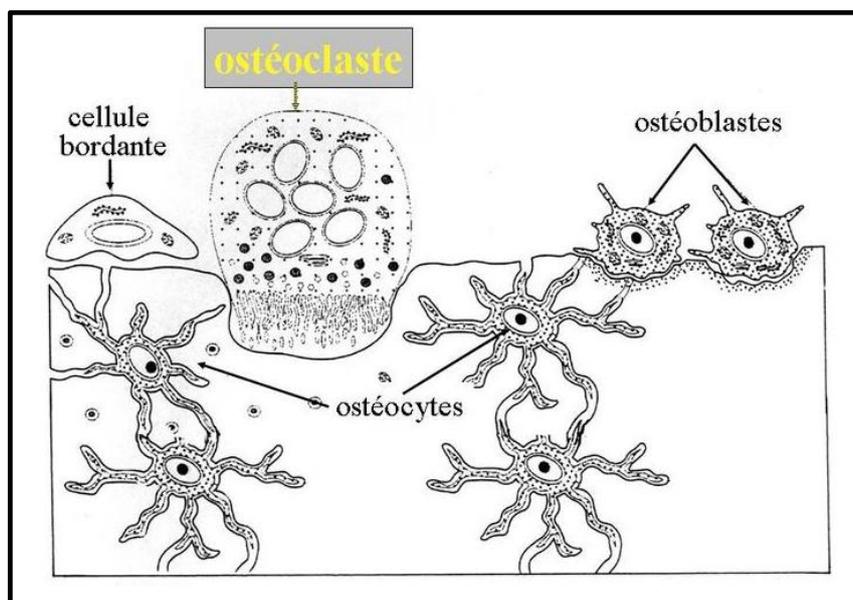


Figure 11 : les cellules osseuses (9)

## **2.3 Remodelage osseux (13)**

Le tissu osseux est en constant renouvellement.

L'observation du tissu osseux a amené à la conception d'unité fonctionnelle de remodelage constituée de deux équipes de cellules comprenant un sous-groupe ostéoclastique et un sous-groupe ostéoblastique dont les activités métaboliques sont étroitement couplées dans l'espace et dans le temps.

### Phase d'activation :

Le long de la surface osseuse inactive d'une travée, recouverte de cellules bordantes, surviennent les précurseurs mononuclés des ostéoclastes ou pré-ostéoclastes.

### Phase de résorption :

Les cellules ostéoclastiques, maintenant différenciées, résorbent l'os ancien et forment la lacune. Cette phase débute par l'adhésion de l'ostéoclaste à la surface osseuse au niveau de la zone claire qui délimite ainsi l'espace de résorption où le pH est bas. Cette acidité du milieu du compartiment sous ostéoclastique est entretenue par des pompes à protons spécifiques de l'ostéoclaste qui expulsent les ions  $H^+$ . Cette acidité ainsi obtenue favorise la dissolution des cristaux d'hydroxyapatite libérant des minéraux (calcium et phosphore) et permettant la mise à nu de la matrice organique et l'activation des enzymes protéolytiques. L'ostéoclaste déverse, par le biais de la fusion des lysosomes avec la membrane plissée, des enzymes protéolytiques. Cela conduit à la destruction de la matrice organique libérant des produits de dégradation du collagène qui passeront dans la circulation sanguine et dont le dosage dans les urines est un marqueur d'activité ostéoclastique. Quand les ostéoclastes ont achevé une lacune, ils meurent par apoptose.

### Phase d'inversion ou de réversion :

Elle correspond au remplacement des ostéoclastes par des cellules mononuclées de type macrophagiques qui vont lisser le fond de la lacune.

### Phase de formation :

Elle est caractérisée par le recrutement des ostéoblastes au fond de la lacune. Ce fond est appelé ligne cémentante. Les ostéoblastes comblent la lacune en apposant une nouvelle matrice collagénique. Cette matrice non minéralisée, ou ostéoïde, sera secondairement minéralisée, ce qui lui confèrera sa solidité. La minéralisation se fait au niveau du front de minéralisation, c'est-à-dire à la jonction entre tissu ostéoïde et tissu. La phosphatase alcaline est l'enzyme synthétisée par les ostéoblastes. Enfin, les ostéoblastes synthétisent des facteurs de croissance régulant leur propre métabolisme et des facteurs paracrines qui vont influencer le métabolisme des cellules voisines (Interleukine-1, facteurs stimulant la formation ou l'activité des ostéoclastes). Certains de ces facteurs sont inclus dans la matrice ostéoïde et seront ultérieurement libérés quand l'os sera résorbé.

Une unité fonctionnelle de remodelage est mobile et progresse dans le tissu osseux, les ostéoclastes étant à l'avant et les ostéoblastes à l'arrière.

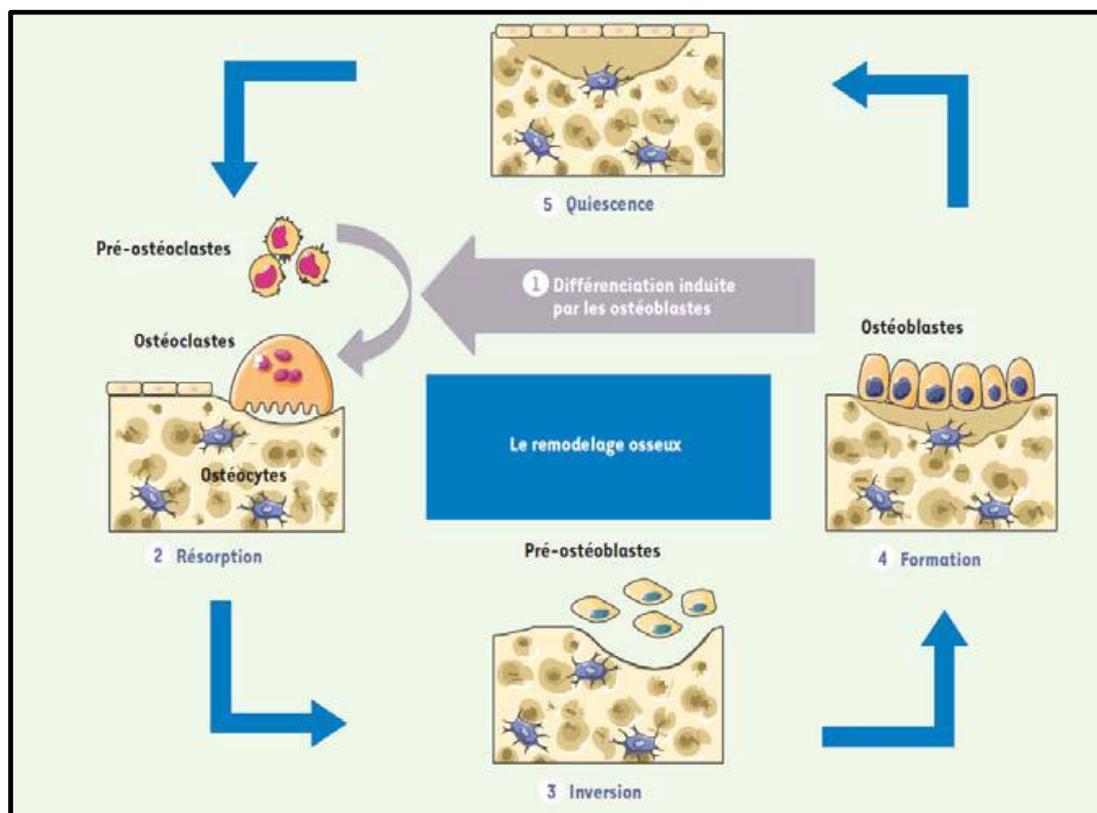


Figure 12 : le remodelage osseux (14)

## 2.4 Classification selon la densité osseuse

Le succès des traitements implantaires dépend de la quantité et de la qualité de l'os maxillaire. (15–17).

Plusieurs types d'os et plusieurs classifications selon leurs densités et leurs compositions ont été reconnus et permettent d'en déterminer la qualité et la quantité.

### 2.4.1 Classification de Lekholm et Zarb (1985) (18)

Lekholm et Zarb, en 1985, établirent une classification selon la qualité de l'os restant :

- **Groupe 1** : Un tissu homogène et compact compose essentiellement l'os.
- **Groupe 2** : Un noyau d'os spongieux dense entouré d'une épaisse couche d'os compact.
- **Groupe 3** : Un noyau d'os spongieux dense entouré d'une fine couche d'os cortical.
- **Groupe 4** : Un noyau d'os spongieux de faible densité entouré d'une très fine couche d'os cortical

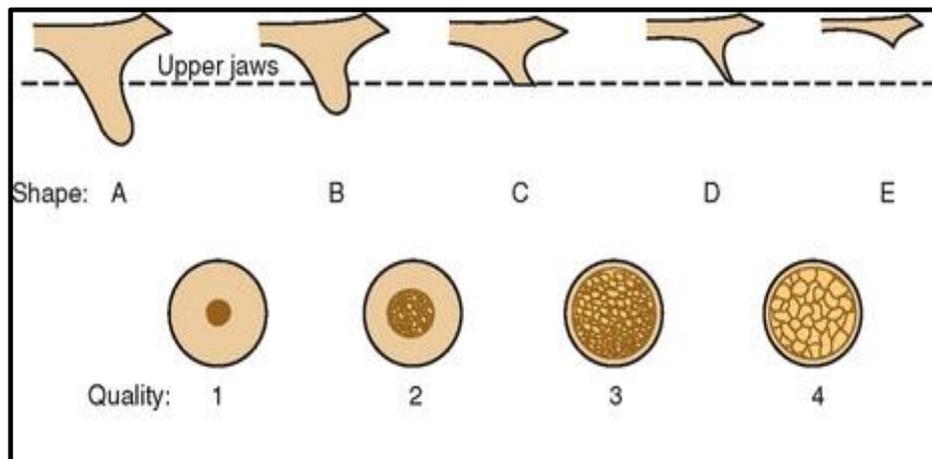


Figure 13 : classification de Lekholm et Zarb (19)

## 2.4.2 Classification de Misch (1990) (20)

Misch (1990) décrit 4 densités osseuses en fonction de leurs localisations, ils présentent certains avantages ou inconvénients pour la chirurgie implantaire :

- **Type D1** : C'est un os composé en quasi-totalité d'os cortical dense. Il est situé principalement dans la région antérieure mandibulaire. Il présente une faible vascularisation.
- **Type D2** : C'est l'association d'une corticale dense et d'un os spongieux intermédiaire à l'intérieur. Il est localisé à la mandibule ou dans la zone antérieure maxillaire. Il ne présente aucun inconvénient dans notre domaine.
- **Type D3** : Il s'agit d'un os constitué d'une corticale poreuse et d'un os spongieux de faible densité. La corticale vestibulaire au maxillaire est plus fine qu'ailleurs. Il est localisé dans les zones postérieures maxillaire et mandibulaire et dans la zone antérieure maxillaire. Il présente un excellent apport sanguin. Il est difficile d'obtenir une bonne stabilité primaire : la cicatrisation doit être plus longue.
- **Type D4** : Cet os est caractérisé par une qualité tissulaire de très faible densité et une très fine couche corticale. Il se situe quasi systématiquement dans les zones postérieures maxillaires, principalement chez les patients édentés de longue date. Une étude de Jaffin & Berman en 1991 a montré que le taux d'échec le plus élevé de 35% a lieu dans un os de type d4

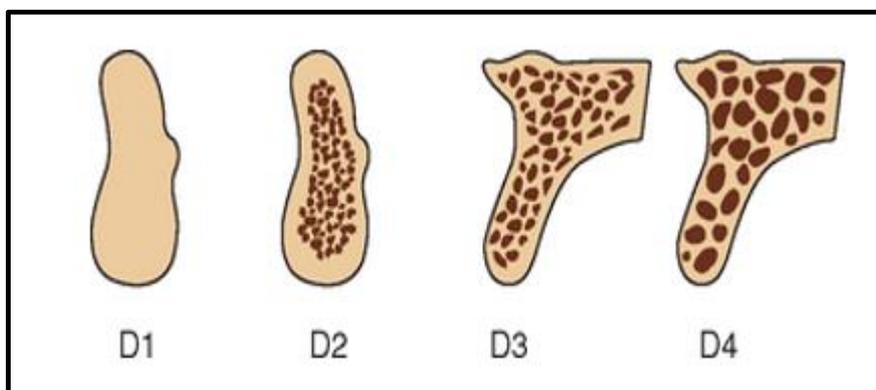


Figure 14 : classification de Misch

En 1999 il y ajoute la **densité D5**, c'est un os très mou avec une minéralisation incomplète. Elle est caractérisée par un tissu immature, tel que le tissu post-extractionnel immature.

### **2.4.3 Classification de Trisi et Rao (11)**

Toujours en 1999 Trisi et Rao présentent une classification clinique basée sur les sensations tactiles lors du forage, selon eux il est difficile de différencier un os D2 d'un os D3 lors du forage chirurgical.

Ils constatent 3 types de densités osseuses lors de la préparation chirurgicale

- Os dense, le praticien ne sent pas la délimitation sensible entre la partie corticale et la partie spongieuse,
- Os normal ou intermédiaire, le praticien sent nettement le passage de la corticale à un os moins résistant,
- Os de faible densité, la corticale et la partie spongieuse offrent peu de résistance, elles sont facilement traversées.

## 2.5 Classification des crêtes osseuses

Les crêtes évoluent au cours du temps, deux classifications sont utilisées pour classés leur résorption :

### 2.5.1 La classification de Cawood et Howell (21)

Faite en 1988, c'est une référence, elle reprend les principes de la classification d'Atwood en 1971, elle définit 6 classes :

- **Classe I** : stade de la crête dentée pré-extractionnelle. Les corticales sont épaisses et fondues avec la lamina dura.
- **Classe II** : Stade de la crête post-extractionnelle. La dent est extraite et les bords osseux sont saillants, l'alvéole se comble peu à peu d'os trabéculaire.
- **Classe III** : La crête osseuse résiduelle s'arrondit présentant une bonne hauteur et une bonne largeur.
- **Classe IV** : La crête osseuse prend un aspect en lame de couteau du fait de la diminution de son diamètre vestibulo-lingual. Diminution de la largeur mais bonne hauteur.
- **Classe V** : crête plate présentant une hauteur et une largeur insuffisante
- **Classe VI** : stade extrême de la résorption osseuse. La crête est concave avec perte de substance au niveau de l'os basal.

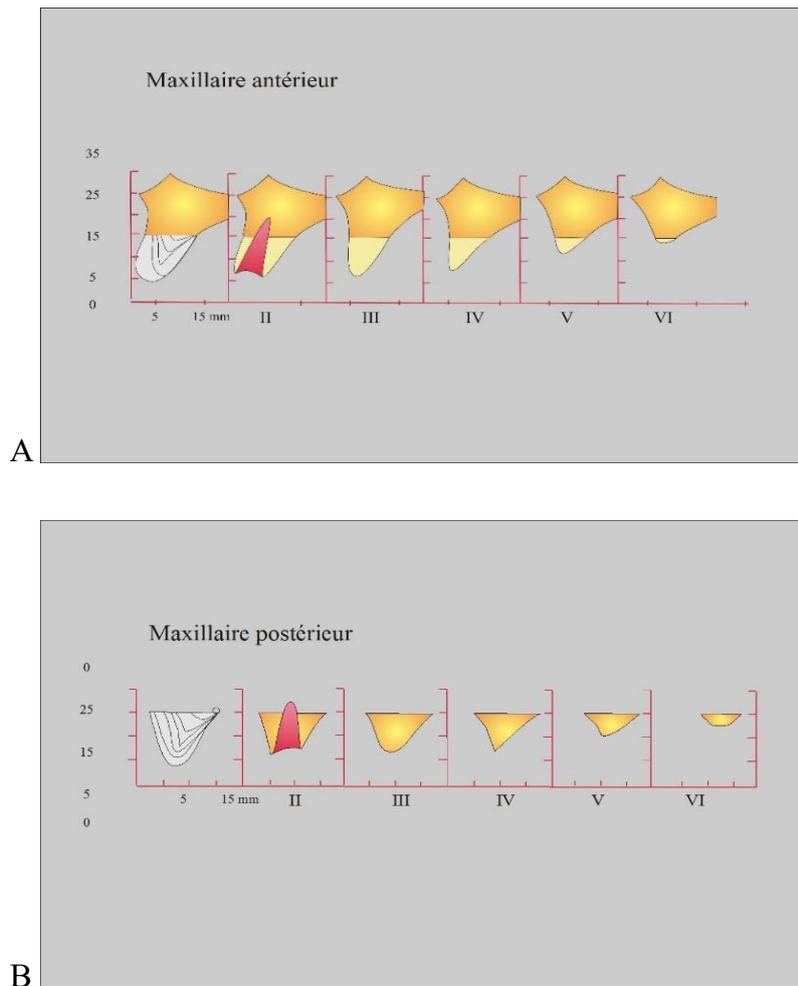


Figure 15 : Classification de Cawood A) niveau antérieur – B) au niveau postérieur (25)

### 2.5.2 La classification de Seibert

Elle notifie les défauts osseux suite à l'alvéolyse post-extractionnelle (22)  
Ils sont de trois types :

- **Défaut de classe I** : Perte tissulaire vestibulo-lingual ou palatine – perte horizontale et hauteur de crête normale
- **Défaut de classe II** : Perte tissulaire dans le sens apico-cronaire – perte vertical et épaisseur de crête normale
- **Défaut de classe III** : Perte tissulaire dans les deux dimensions : horizontale et verticale.

## 2.6 Résorption osseuse

Après la perte des dents on observe une atrophie des processus alvéolaires dans le plan vertical et horizontal.

Le terme atrophie est défini dans le dictionnaire comme « un dépérissement, une diminution de la taille d'une cellule, tissu ou partie ». (23)

Ce processus commence et continue tout au long de la vie en l'absence de stimuli. (24)

La résorption osseuse est plus importante au cours de la première année de port d'une prothèse amovible. (24)

Les niveaux de densité osseuse sont directement liés au stress : plus il y a du stress physiologique, plus l'os est dense. Or, quand une dent est perdue, l'os alvéolaire diminue car les contraintes diminuent. (Carlsson & Persson 1967)

On observe un décalage des bases osseuses avec la perte des dents : (25)

- Au niveau antéro-postérieur : les arcades sont plus courtes
- Au niveau transversal : le maxillaire devient plus étroit et la mandibule plus large
- Au niveau vertical : on a une diminution de l'étage inférieur

Au niveau du maxillaire on observe une résorption centripète, tandis qu'à la mandibule on observe une résorption centrifuge. Les relations maxillo-mandibulaires peuvent s'en retrouver inversées, et on peut se retrouver face à un patient en classe III squelettique.

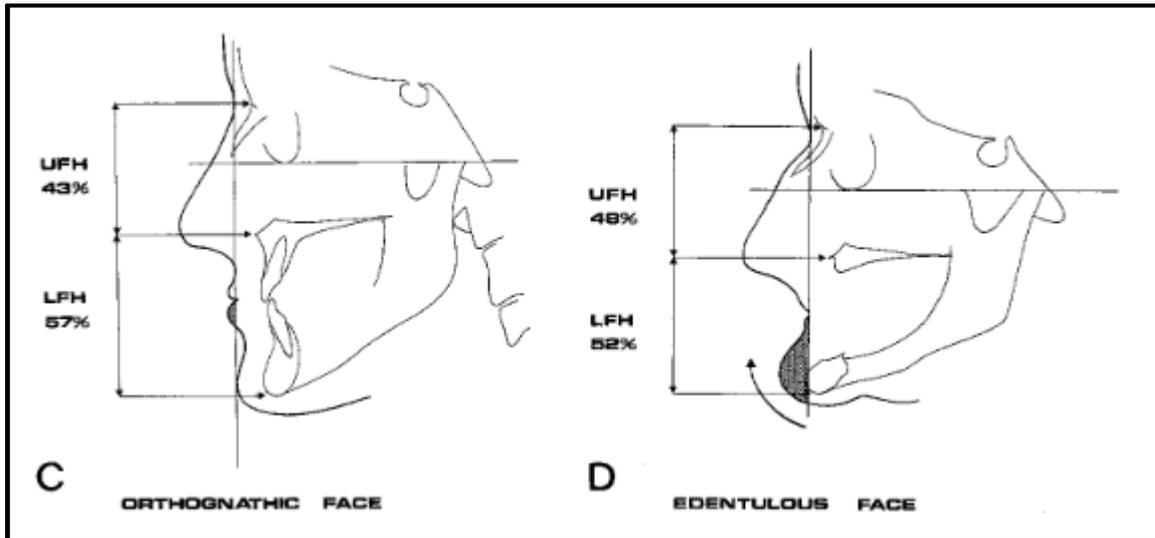


Figure 16 : comparaison d'un visage denté et édenté (25)

Au niveau du sinus maxillaire, la résorption osseuse verticale s'associe à une pneumatisation du sinus. Parfois il ne reste qu'une fine lame osseuse sous le sinus.

Les insertions musculaires deviennent plus superficielles.

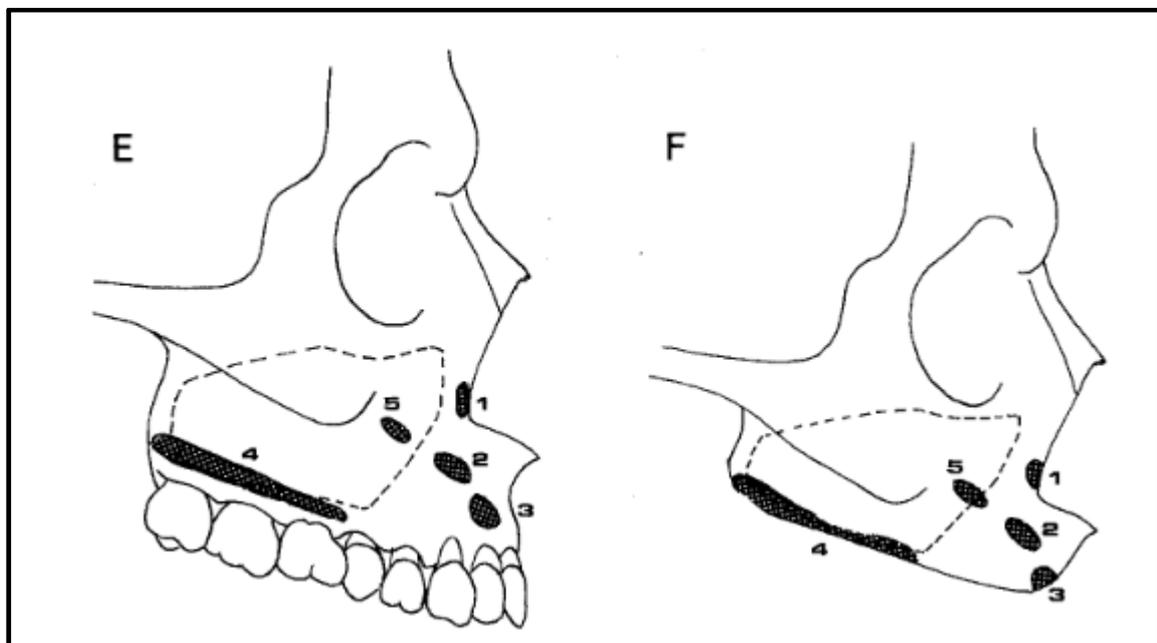


Figure 17 : insertions musculaires au maxillaire (25)

## 2.7 Analyse radiologique de la densité osseuse (26)

C'est Godfrey N. Hounsfield, ingénieur anglais qui a développé le premier scanner. Le scanner est une chaîne radiologique avec un tube à rayons X et un ensemble de détecteurs disposés en couronne. Il a obtenu le prix Nobel de médecine en 1979.

L'échelle Hounsfield est utilisée pour définir la densité des organes corporels en mesurant l'atténuation du rayonnement lors de la tomographie par scanner à rayons X.

Les extrêmes de cette échelle définis en unités Hounsfield (UH) va de -1000 pour l'air à +1000 pour l'os. La valeur 0 correspond à l'eau.

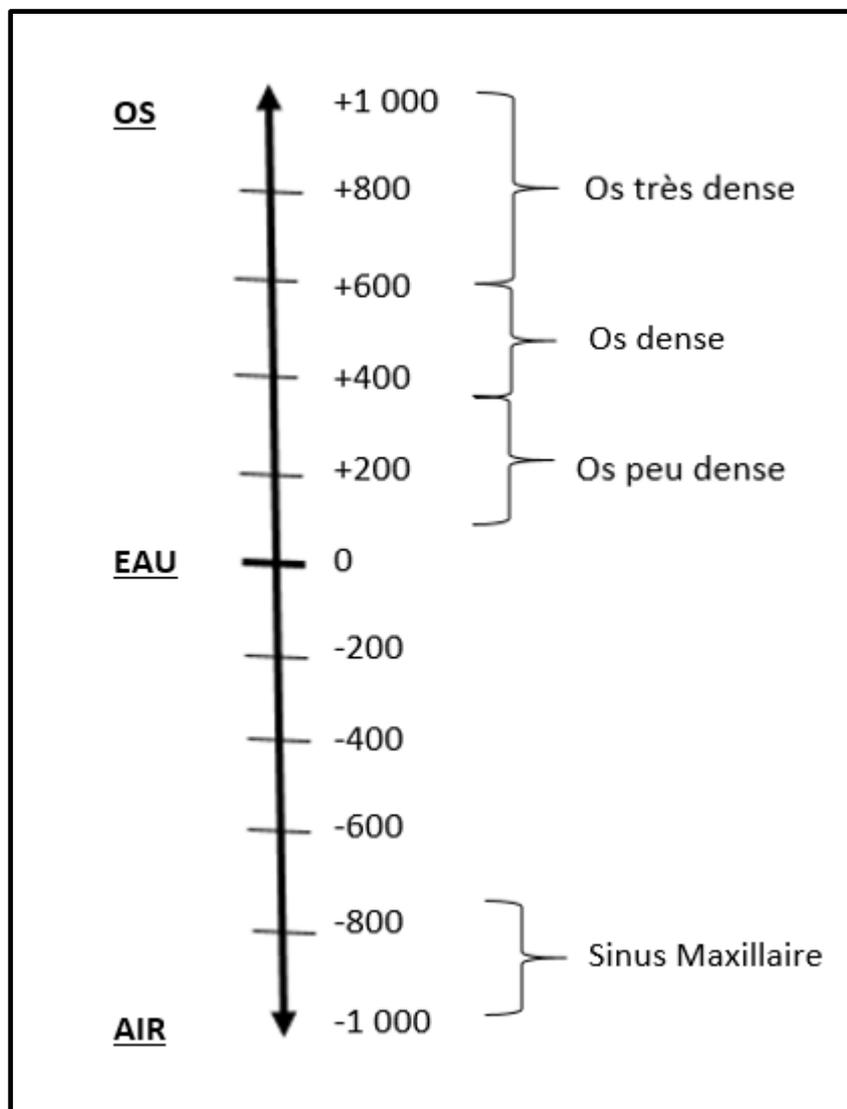


Figure 18 : Echelle Hounsfield

Les études réalisées par Pattijn et Al. en 2001, confirment que l'échelle Hounsfield, par rapport à d'autres techniques pour mesurer la densité osseuse est une méthode fiable, reproductible et non invasive. (27)

L'étude menée en 2005 par Pattijn et al. en 2006 montre une bonne corrélation entre la valeur HU et la densité minérale osseuse (28)

L'os cortical très dense se situe à plus de 600HU, l'os cortical dense et os spongieux dense se situe entre 400 et 600HU, l'os cortical et spongieux peu dense se situe à moins de 200HU.

Shapurian et al. ont réalisé une étude en 2006, ils séparent le maxillaire et la mandibule en deux parties, la zone 1, située en antérieur et zone 2, située en postérieur. La zone 1 mandibulaire est la plus dense (559HU), suivie par la zone 1 maxillaire (517HU), puis zone 2 maxillaire (333HU) et la zone la moins dense est la zone 2 mandibulaire (321HU). (29)

Norton et Gamble en 2000, ont analysé la densité osseuse sur des scanners à l'aide du logiciel Simplant<sup>®</sup>, la densité la plus importante était retrouvée au niveau de la partie antérieure de la mandibule (970HU), suivie par la partie antérieure du maxillaire (696,1HU), suivie par la partie postérieure de la mandibule (669,6HU) puis par la partie postérieure du maxillaire (417,3HU). (30)

**PARTIE 3 :**  
**L'OSTEOINTEGRATION**

### **3 L'OSTEOINTEGRATION**

#### **3.1 Concepts de l'ostéointégration**

En 1970, différents auteurs tels que Babbush, James ou Doms ont cherché à obtenir une interface fibreuse entre l'os et l'implant. En effet, ils pensaient que ce pseudo-ligament péri-implantaire aurait le même effet sur l'implant que le ligament alvéolo-dentaire sur la dent.

En 1977, l'«ostéo-intégration» a été définie par Brånemark comme étant une apposition osseuse directe sur la surface implantaire (Brånemark et coll., 1977), puis elle a pris la dénomination d'«ankylose fonctionnelle» (Schroeder et coll., 1976).

L'ostéointégration est caractérisée par une coaptation directe structurale et fonctionnelle entre l'os vivant et la surface implantaire (Listgarten et coll., 1991). Elle est le résultat d'une régénération osseuse primaire directe sur l'implant.

La définition actuelle de l'ostéointégration est « une jonction anatomique et fonctionnelle directe entre l'os vivant remanié et la surface de l'implant mis en charge » (Brånemark et coll., 1985).

### **3.2 Facteurs permettant le succès de l'ostéointégration**

Le concept de l'ostéointégration dépend de six facteurs proposés par Albrektsson en 2001 : (31)

- Le matériau de l'implant : seul le titane permet d'obtenir un ancrage à long terme, car il se couvre d'une couche d'oxyde de titane qui lui procure ses propriétés biologiques
- La forme de l'implant : seule la forme de la vis montre un maintien quasi-intégral de l'ostéointégration.
- L'état de surface de l'implant : on privilégiera des surfaces mordancées à l'acide, sablée avec différents procédés ou sablées/mordancée.
- Préparation du site receveur : la température lors du forage ne doit pas excéder 47° pendant 1 minute.
- La technique chirurgicale et notamment le respect de l'aseptie.
- Les conditions de mise en charge : aspect qui a évolué depuis les mesures de Branemark qui demandait la mise en nourrice de l'implant avec une mise en charge différée.

Albrektsson, Zarb, Worthington et Eriksson ont défini en 1986 les critères de succès d'un implant :

- L'implant doit rester immobile quand il est testé cliniquement.
- L'absence de zones radio-claires autour de l'implant doit être évidente sur un cliché rétro-alvéolaire de bonne qualité, présentant une définition suffisante.
- La perte osseuse survenant au cours de la première année de mise en fonction de l'implant, doit être au plus égale à 1,5 mm, et doit être inférieure à 0,2 mm entre deux examens espacés d'un an.
- De nombreux signes cliniques subjectifs et objectifs persistants et/ou irréversibles doivent être absents : douleur, infection, nécrose tissulaire, paresthésie ou anesthésie de la zone implantée, communication bucco-sinusienne ou bucco-nasale, effraction du canal dentaire inférieur.

- Le taux de réussite à 5 ans doit être de 85% et de 80% à 10 ans pour parler de technique à succès, en fonction des critères précédemment définis. Les auteurs insistent sur la nécessité du maintien des résultats sur le long terme.

### **3.3 Stabilité primaire et stabilité secondaire**

#### **3.3.1 Stabilité primaire**

La stabilité primaire est une phase d'ancrage mécanique de l'implant dans le site préparé. Plusieurs facteurs, tels que la qualité et la quantité d'os local, la forme de l'implant (32) et la qualité du forage influencent la stabilité primaire de l'implant. Or celle-ci est l'un des principaux facteurs qui influent le taux de survie des implants (33–35)

#### **3.3.2 Stabilité secondaire**

La stabilité mécanique initiale diminue progressivement pour être remplacée par une stabilité biologique, qui correspond à l'ostéointégration proprement dite.

De la stabilité primaire (os ancien) à la stabilité secondaire (os nouveau) plusieurs étapes vont se succéder : (36)

- Dans les 4 à 6 premières semaines se forme un tissu ostéoïde entre la surface de l'implant et l'os résiduel,
- Après le deuxième mois, le tissu ostéoïde se transforme en os lamellaire
- Après le troisième mois : la stabilité mécanique débute quand la prothèse implanto-portée est soumise à des contraintes occlusales et se poursuit pendant la première année de charge fonctionnelle. Elle permet l'adaptation fonctionnelle de la structure osseuse à la charge en changeant la dimension et l'orientation des tissus.

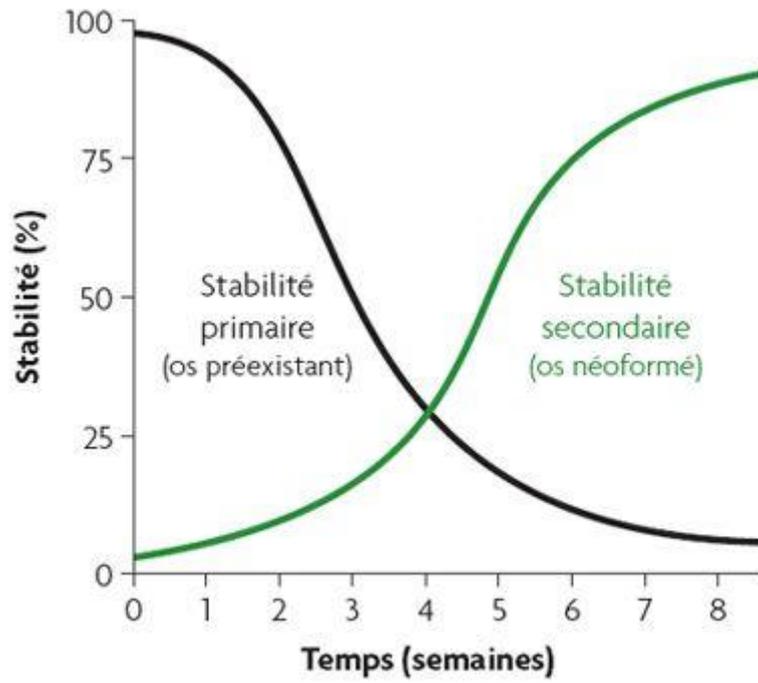


Figure 19 : stabilité primaire et secondaire au cours du temps (37)

PARTIE 4 :  
TRAITEMENT AU  
MAXILLAIRE ET DONNEES  
STATISTIQUES

## **4 TRAITEMENTS AU MAXILLAIRE ET DONNEES STATISTIQUES**

Lorsque le patient édenté total se présente au cabinet pour une réhabilitation prothétique implantaire, il est nécessaire d'effectuer un bilan pré-implantaire

- Bilan sur l'état de santé du patient
- Examen exobuccal : repos et dynamique
- Examen endobuccal : rapport inter-arcade, examen des muqueuses, du parodonte, évaluation de la crête résiduelle et détermination de la classe squelettique
- Création d'un modèle d'étude et simulation du projet prothétique
- Examen radiologique : Panoramique - Scanner
- Planification implantaire.

Mc Garry en 1999, propose une classification pour les édentés complets basée sur la hauteur de l'os résiduel à la mandibule, sur la morphologie de l'arcade résiduelle maxillaire, sur l'insertion des muscles à la mandibule, sur la relation entre maxillaire et mandibule (classe I, II ou III squelettique) ainsi que sur l'anatomie de la langue notamment et les classe en 4 catégories : de la classe I, la plus favorable, à la classe IV, la plus atrophiée. (38)

Nous allons abordés deux grands protocoles de traitement implantaire chez l'édenté total :

- Technique de Paolo Malo : All-on-6

Il s'agit de poser 4 implants perpendiculairement au plan d'occlusion, puis deux implants dans la région postérieure angulés à 30°, le long de la paroi antérieure du sinus. Cette technique s'affranchit d'une possible greffe sinusienne lorsqu'on a des défauts osseux.

- Technique conventionnelle de Brånemark

Dans cette technique, 6 implants sont posés perpendiculairement au plan d'occlusion.

Il a été choisi de poser 6 implants car le taux de survie est plus important à partir de 6 implants au maxillaire. (39)

Par ailleurs, selon la méta-analyse de Monje et al., il n'existe aucune preuve que les implants angulés aient une perte osseuse plus importante que les droits, en effet la perte osseuse marginale n'est pas statistiquement plus élevée pour les implants inclinés à court ou moyen terme. (40)

Malo et al. ont fait une étude à 3 et 5 ans après la pose d'all on 4 mis en charge immédiatement. Le taux de survie à 5ans est de 93% et 98% au niveau du patient et de l'implant. (41)

Bevilacqua et al. ont analysé et comparé les contraintes transmises aux implants angulés et droits par l'intermédiaire d'une analyse par éléments finis en 3D. Ils placent 4 implants rigidement solidarisés dans le prémaxillaire par la prothèse supra-implantaire. Les implants postérieurs subissent une angulation de 0°, 15°, 30° et 45° et une force de 150N est appliquée sur la portion distale des cantilevers postérieurs. L'analyse montre que plus on incline les implants, plus le cantilever prothétique diminue ainsi que les contraintes autour des implants. La réduction maximale des contraintes au niveau des implants distaux dans l'os compact simulé était de -12,9% pour une angulation de 15° par rapport à 0°, de -47,5% pour une angulation de 30°, de -73,5% pour une angulation de 45°. Au niveau de l'os spongieux, les contraintes ont diminué de -17,2% pour une angulation de 15° par rapport à 0°, de -54,8% pour une angulation de 30° et de -77,4% pour une angulation de 45°. (42)

Par ailleurs, d'après cette étude, plus un implant est incliné, plus il est aisé de poser un implant long. Or les implants courts ont un taux d'échecs plus importants. (43)

Zampelis et al. ont tiré des conclusions similaires dans une étude à deux dimensions : les contraintes implant/os au niveau point plus coronaire diminue proportionnellement au cantilever distal. (44)

Rubo et al. ont démontré que l'augmentation de la contrainte sur les implants était proportionnelle à la longueur du porte-à-faux. (45)

Dans la littérature, il y a beaucoup de recommandations quant au cantilever distal. Les prothèses ayant un cantilever inférieur ou égal à 15 mm survivent mieux que s'ils sont supérieurs à 15 mm. (46)

L'inclinaison postérieure de l'implant distal a trois avantages (47)

- Diminution du cantilever distal
- Possibilité de mettre des implants plus longs
- Meilleure stabilité primaire du fait d'être dans l'os adjacent à la paroi du sinus (41,48)

La planification implantaire assistée par ordinateur permet aisément de positionner les implants dans la position idéale. Ensuite, le guide chirurgical aide à retrouver cette position cliniquement.

L'inclinaison axiale de l'implant sera compensée grâce à l'utilisation de piliers angulés. Il est également possible de faire une mise en charge immédiate ou retardée (49,50)

La mise en place d'implants inclinés permet dans certains cas d'éviter les procédures d'élévation de sinus avec les complications possibles qui y sont liées : perforations de la membrane de Schneider, sinusite, infection de la plaie. Le taux de perforation est de 11% à 56%. (51)

PARTIE 5 :

MATERIELS ET METHODE

## **5 MATERIELS ET METHODE**

### **5.1 Matériels**

Notre étude est réalisée sur un échantillon de 15 patients dont 9 femmes et 6 hommes.

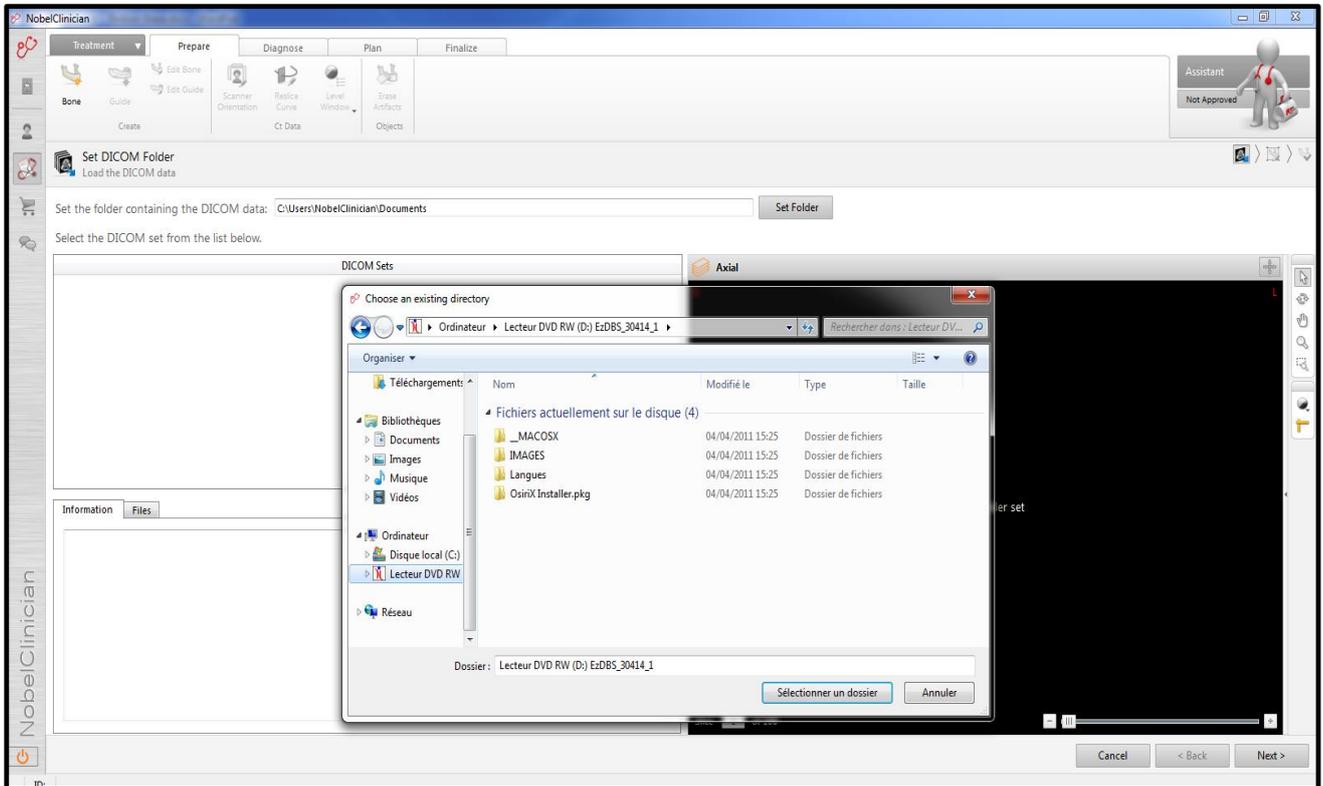
Pour cette dernière, nous avons utilisé :

- Des Scanners maxillaires d'édentés totaux : les scanners ont été récupérés au pavillon d'odontologie de la Timone, chez le Dr. FERRIGNO ainsi que chez le Dr. TAVITIAN. Pour assurer l'anonymat des patients, les praticiens ont fourni les données DICOM en prenant soin d'effacer le nom et les données personnelles des patients en les renommant patient 1, 2, 3, etc. Nous ne connaissons ni la date des dernières extractions, ni l'origine de la perte des dents.
- Le logiciel de planification NOBEL CLINICIAN® : pour réaliser les planifications et prendre les différentes mesures.
- Le logiciel Excel, XLSTAT® et SPSS® : pour répertorier et analyser les données obtenues.

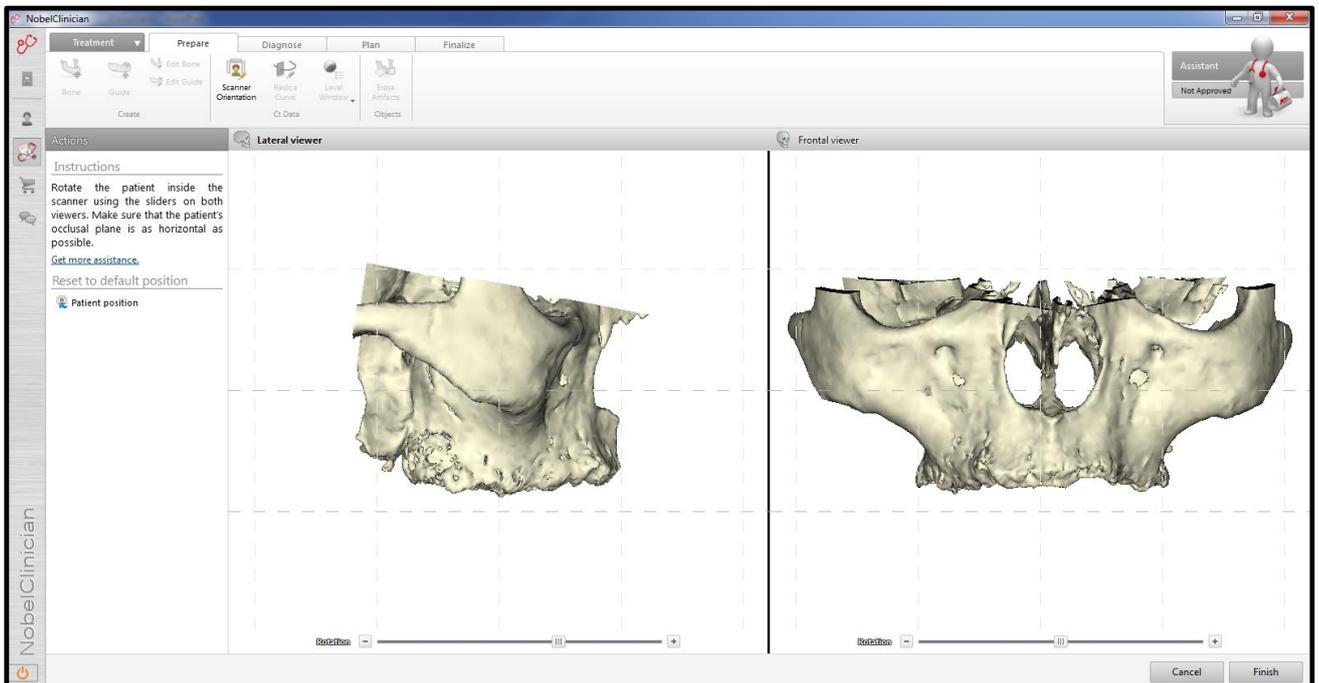
## 5.2 Méthode

### 5.2.1 Etape 1 : Préparation à la planification

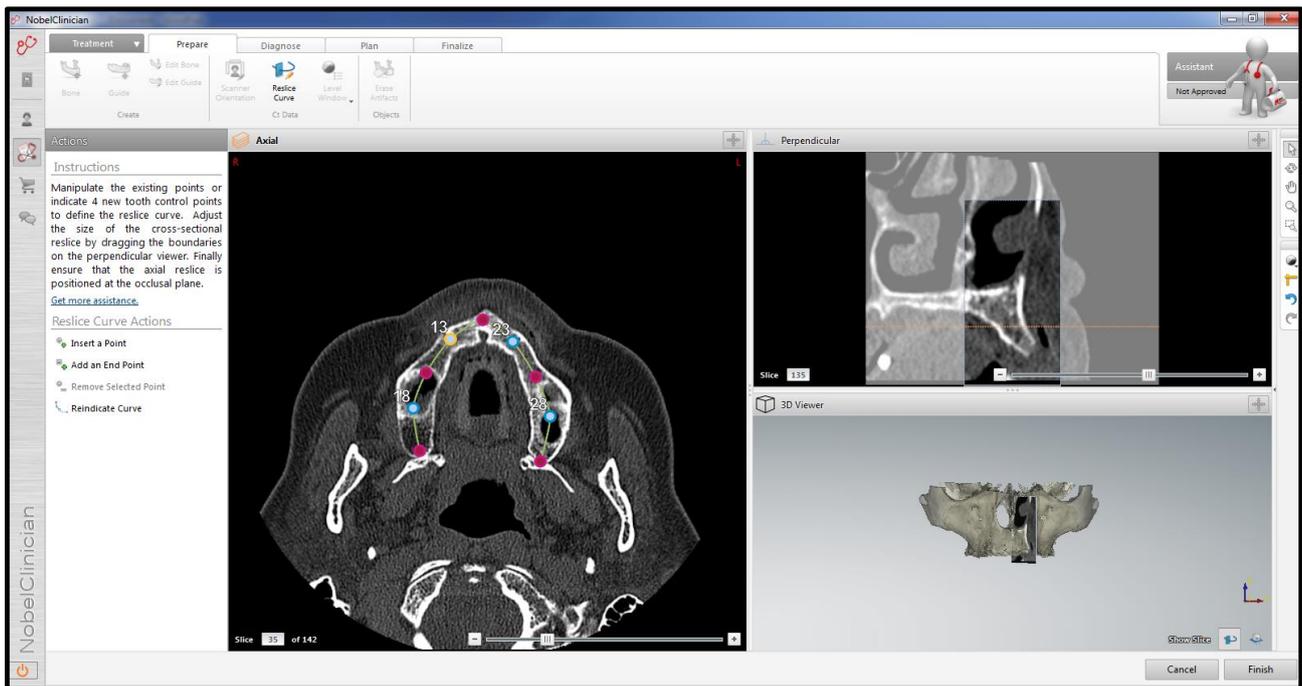
- On rentre sur le logiciel les données DICOM de chaque patient,



- Il faut orienter le maxillaire par rapport au plan d'occlusion,



- Puis on détermine le trajet de la courbe panoramique suivant la crête,



- Pour finir, on réduit la fenêtre pour une meilleure netteté et visibilité.

## 5.2.2 Etape 2 : Planifications

Le projet prothétique consiste en la réalisation d'une prothèse fixée type Branemark. Deux planifications sont réalisées et dans chacune d'elle, six implants posés et nommés arbitrairement A, B, C, D, E, F.

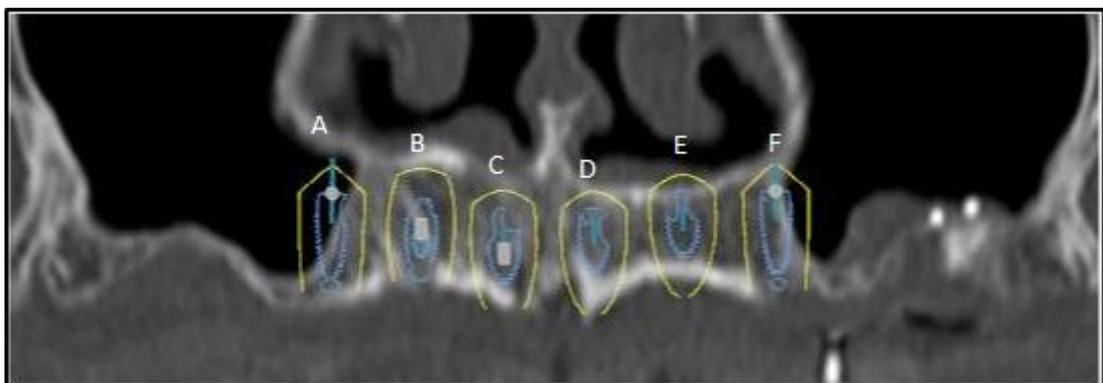


Figure 20 : Planification 1 : implants droits

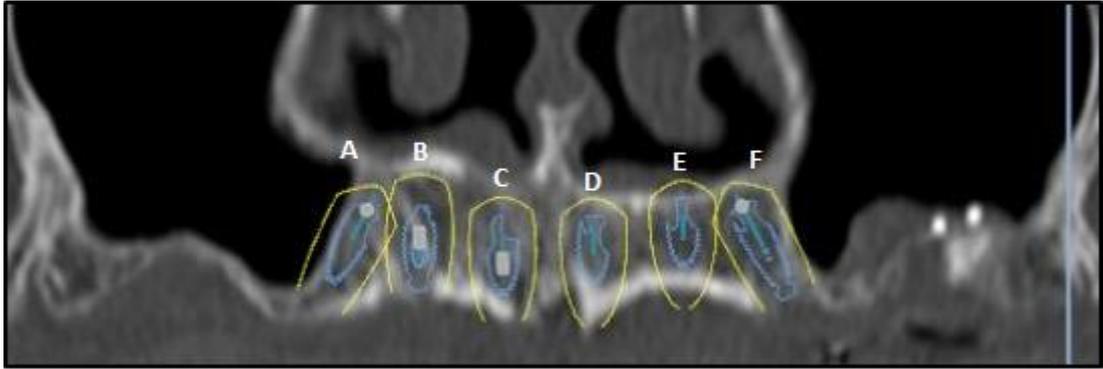


Figure 21 : Planification 2 : implants angulés

Les quatre implants antérieurs sont posés perpendiculairement et identiquement sur les deux planifications, seuls les deux implants postérieurs diffèrent. En effet, lors de la première planification les implants postérieurs sont posés perpendiculairement au plan d'occlusion. Au contraire, au cours de la deuxième planification, les implants postérieurs sont posés selon la technique de Paolo Malo à 30° par rapport au plan d'occlusion.

Normalement la pose des implants est simulée après un montage prothétique et un double scan.

A partir du projet prothétique, on place les implants comme suit :

- Les implants centraux en place des incisives centrales,
- Les implants latéraux en place des canines,
- Les implants postérieurs en place des deuxièmes prémolaires.

Cependant, dans notre échantillon, seul un patient présentait un double scan.

Les implants ont donc été posés en prenant deux repères :

- Repères anatomiques :
  - Implants centraux : de part et d'autres du foramen naso-palatin
  - Implants latéraux : au niveau de la bosse canine
  - Implants postérieurs : au niveau de la paroi antérieure du sinus.

- Repères métriques :

En fonction du projet prothétique, les implants doivent occuper une place bien précise (place de 1, 3 et 5), liée à la largeur mésio-distale « standard » des dents en sachant qu'une incisive centrale mesure en moyenne 8mm, une incisive latérale 6mm une canine 8mm et une prémolaire 7mm.

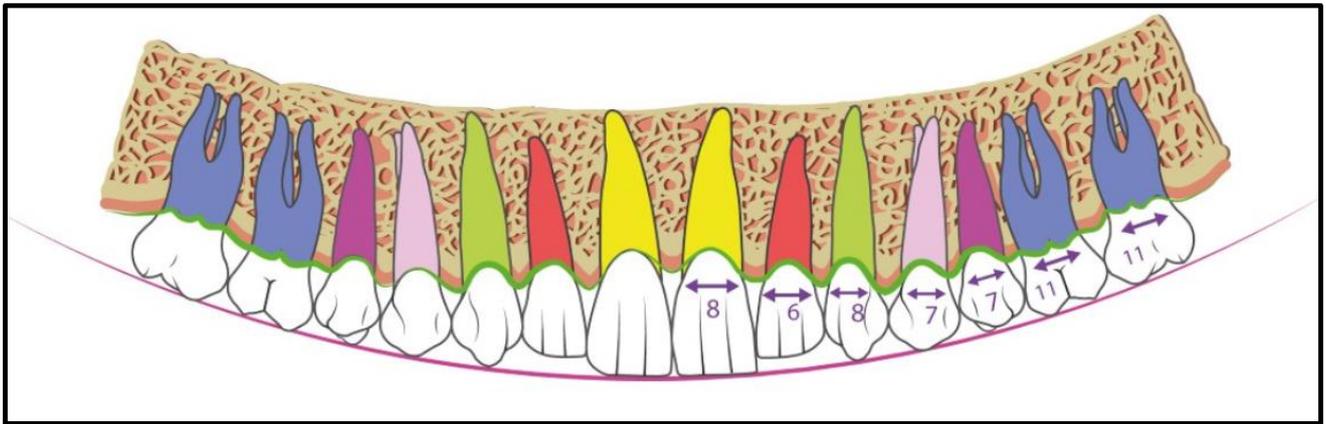


Figure 22 : diamètre mésio-distal des dents maxillaires

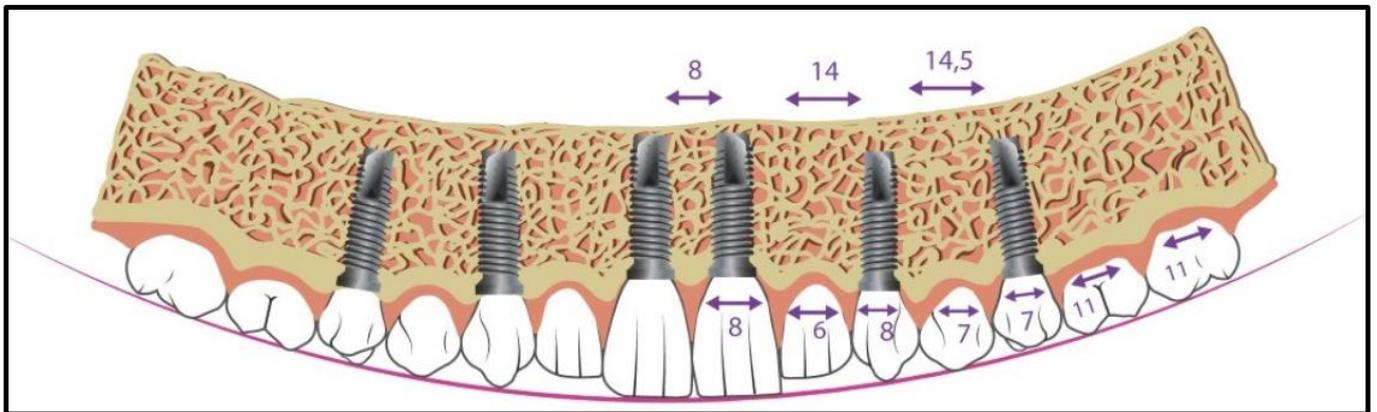


Figure 23 : position idéale des implants

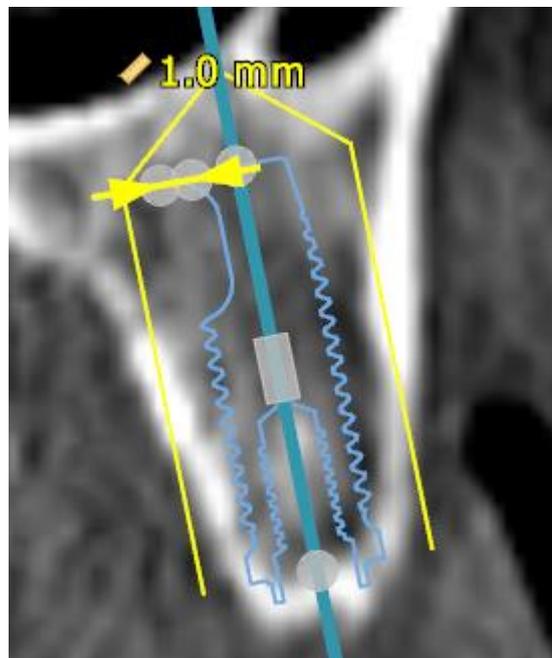
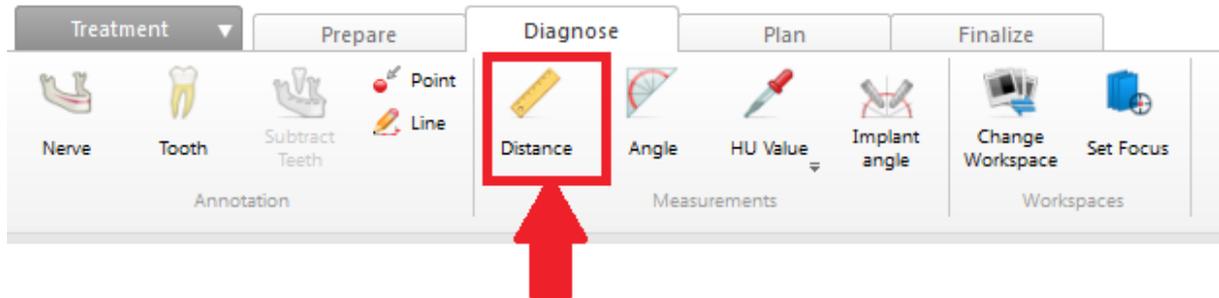
Lors de la planification implantaire, nous avons donc fait un compromis entre les repères anatomique, les repères métriques ainsi que le volume osseux disponible en respectant les distances de sécurité.

Les implants ont été nommés respectivement A, B, C, D, E et F pour les implants posés de gauche à droite.

Pour différencier la planification d'implants standards et angulés, on a rajouté respectivement « ang » (pour angulé) et « droit » aux implants A et F.

### 5.2.3 Etape 3 : Prises des mesures

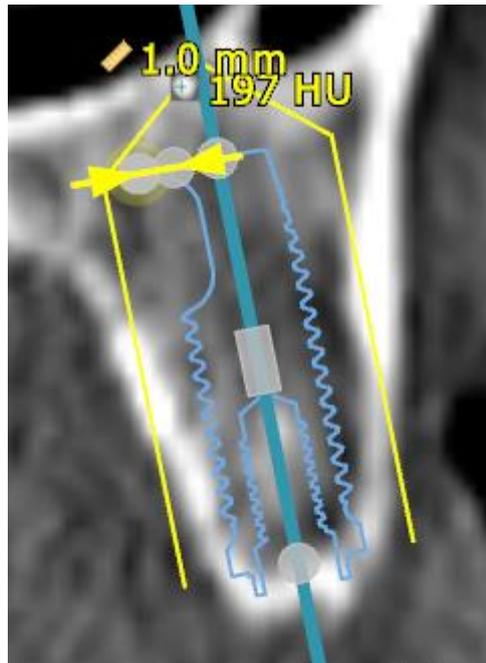
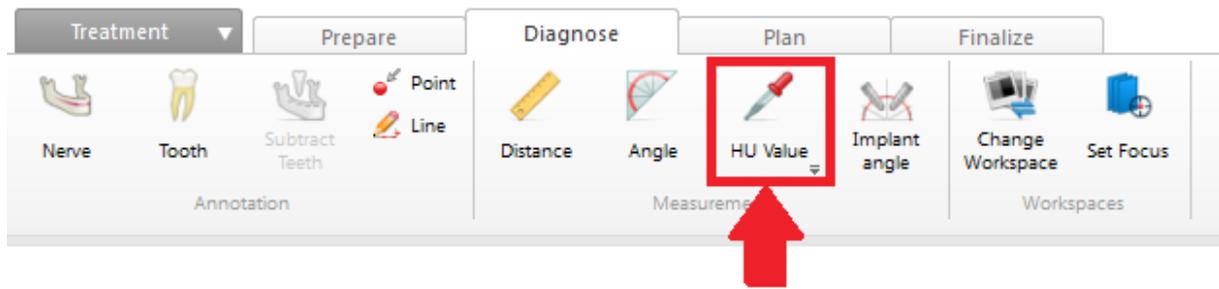
Grace au logiciel NobelClinician®, nous pouvons prendre des mesures, ce qui nous permet de nous positionner à 1 mm de l'implant.



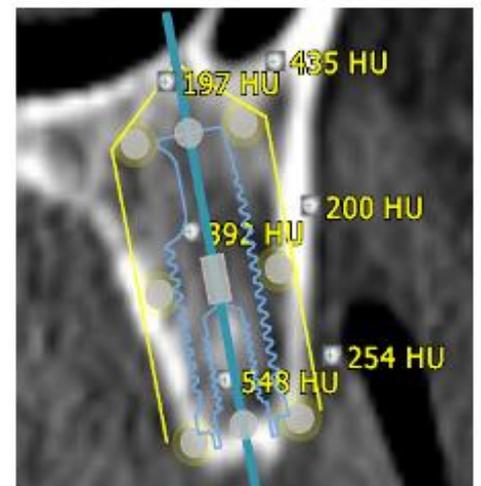
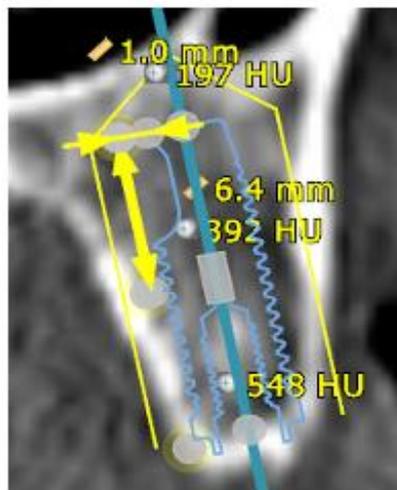
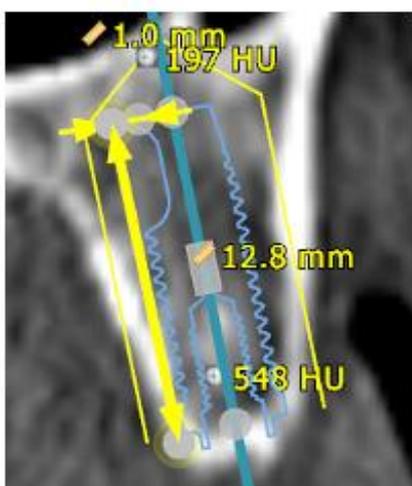
Ainsi, six mesures sont prises pour chaque implant :

- Deux mesures en coronaire : à 1 mm de l'implant en vestibulaire et en lingual
- Deux mesures à l'apex : à 1 mm de l'implant en vestibulaire et en lingual
- Deux mesures à équidistance des points coronaire et apicaux : à 1 mm de l'implant en vestibulaire et en lingual.

Puis, nous prenons l'astuce HU qui permet de mesurer la densité osseuse en un point, puis nous cliquons sur le point que nous venons de positionner.



Nous faisons pareil pour les 6 mesures :



Nous obtenons donc 1080 mesures que nous rentrons dans un tableur Excel (dont 360 mesures qui seront en doublons pour les implants B, C, D et E communs aux deux planifications)

PARTIE 6 :  
RESULTATS ET  
DISCUSSION

## 6 RESULTATS ET DISCUSSION

### 6.1 Résultats

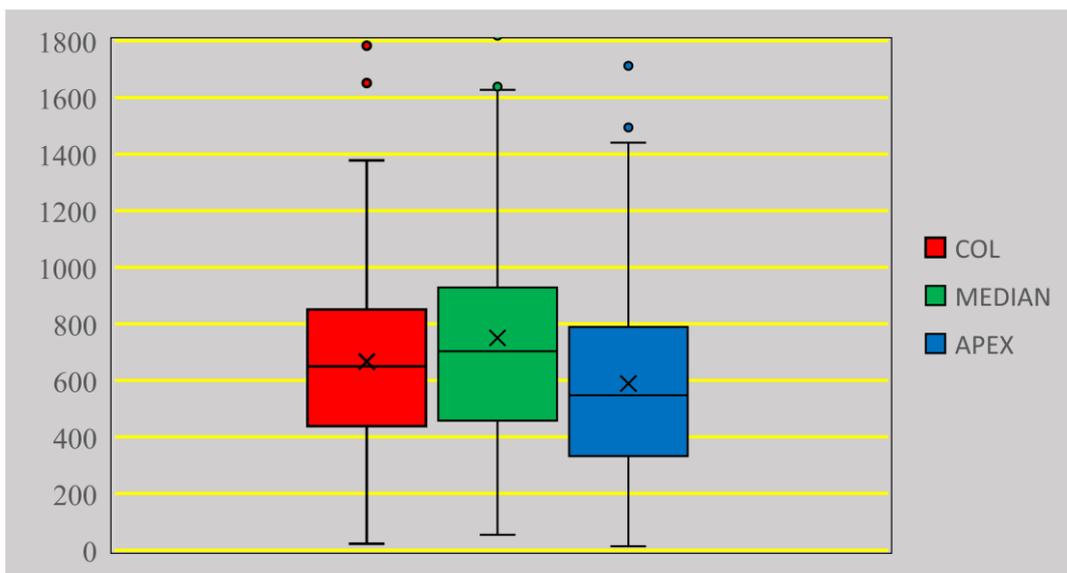
L'ensemble de données a été recueilli sur un tableau Excel et analysé à l'aide du logiciel XLSTAT® et SPSS®. Les données ont été réparties en deux groupes : implants antérieurs et les implants postérieurs.

#### 6.1.1 Région antérieure

Dans la région antérieure, la densité osseuse a été analysée au niveau du col, de la partie médiane et à l'apex. Les valeurs s'établissent comme suit :

##### Moyennes des densités des implants antérieurs.

U.H.	Col	Médian	Apex
Moyenne	636,6555	787,554	588,655
Ecart Type	299,325	356,491	336,111



Histogramme 1 : Moyenne des densités des implants antérieurs

La comparaison des moyennes des densités aux trois niveaux de mesure selon des tests des échantillons appariés met en évidence que la densité médiane est significativement plus importante que celle du collet ou de l'apex ( $p < 0.001$ )

Par contre, aucune différence statistique n'est montrée entre le collet et l'apex

		t	ddl	Sig. (bilatérale)
Paire 1	Densite_au_col Densité_médiane	-3,301	118	,001
Paire 2	Densité_médiane Densite_à_l_apex	4,643	118	,000
Paire 3	Densite_au_col Densite_à_l_apex	1,094	118	,276

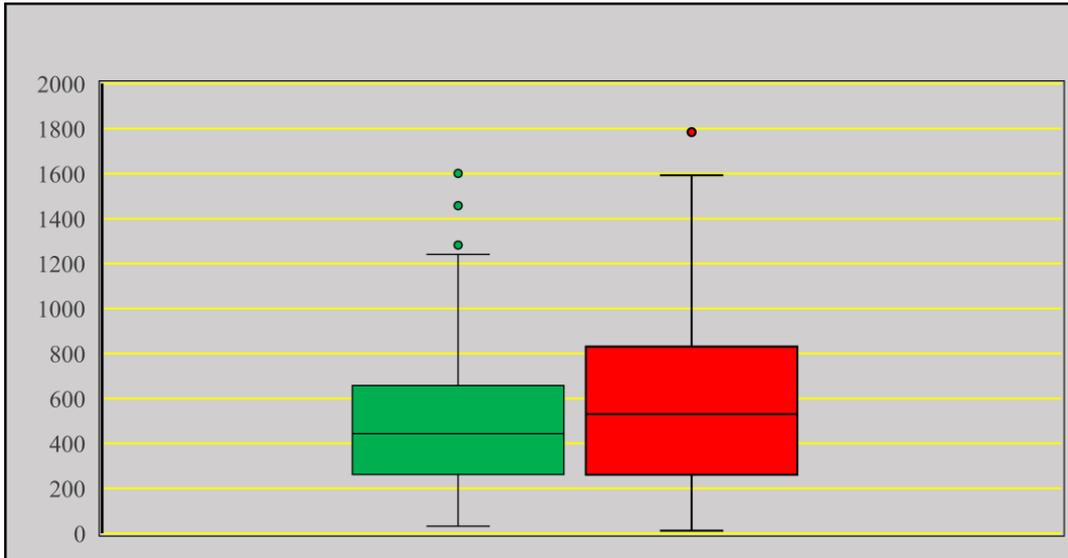
### 6.1.2 Région postérieure

Dans la région postérieure, les densités moyennes ont été évaluées de manière globale et spécifique au niveau du col, et de la partie médiane et de l'apex.

➤ Densité globale :

Elle correspond à la moyenne des densités vestibulaires et linguales aux trois zones de mesure. Pour les implants droits elle s'élève à 518,711 U.H. alors que pour les implants angulés elle est de 579,691 U.H.

U.H.	Droits	Angulés
Moyenne	518,711	579,691
Ecart Type	262,603	305,712

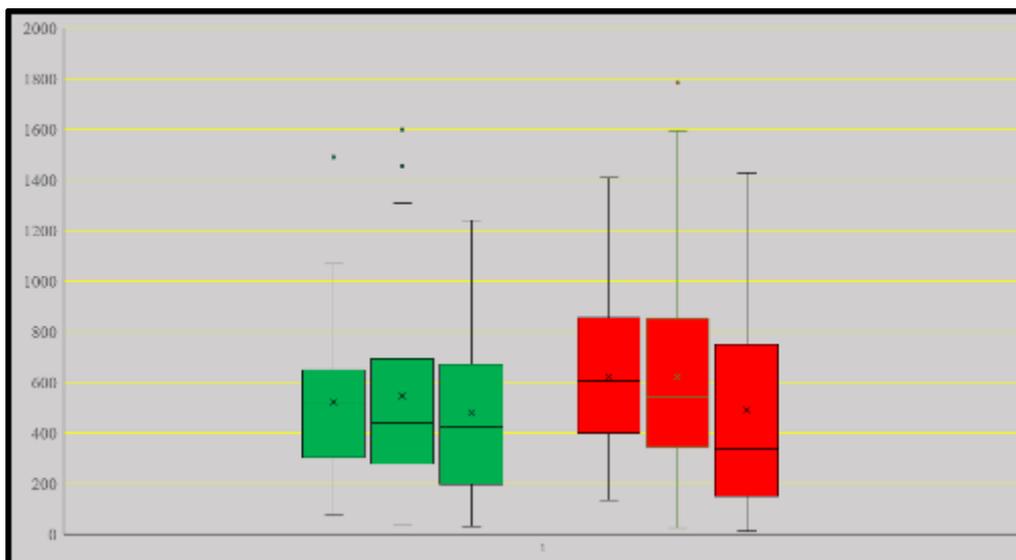


Histogramme 2 : Moyenne des densités des implants postérieurs droits et angulés

➤ Densités spécifiques :

Au niveau des implants droits et angulés les densités se répartissent comme suit :

	Implants droits			Implants angulés		
U.H.	Col	Médiane	Apex	Col	Médian	Apex
Moyenne	521,383	491,766	481,911	621,833	610,6	491,071
Ecart type	284,562	389,55	353,559	317,942	385,438	416,616



Histogramme 3 : moyenne des densités au niveau col-médian-apex des implants droits et angulés

La comparaison des différences des moyennes est assez significative

- La densité au collet est plus importante au niveau du collet angulé par rapport au col droit ( $p < 0.05$ ),
- La densité au niveau médian est plus (+++) importante au niveau de l'implant angulé droit que par rapport à l'angulé ( $p < 0.001$ ),
- La densité au niveau apex est plus (++) importante au niveau du droit par rapport à l'angulé ( $p < 0.001$ ) .

		t	ddl	Sig. (bilatérale)
Paire 1	colletdr - colleatng	2,897	10	,016
Paire 2	mediandr - mediang	-11,631	10	,000
Paire 3	apexdr - apexang	-14,243	10	,000

## 6.2 Discussion

Au niveau des quatre implants antérieurs, la densité osseuse au niveau des cols implantaire s'élève à 788,883 U.H. La stabilisation primaire implantaire est directement liée à cette densité. Ces valeurs sont en accord avec celles obtenues par (Kyou Hiasa). Cependant leur échantillon est plus important et met en évidence une différence significative entre les hommes et les femmes.

Genre	Nb Implants	Age	Intérieur	Extérieur	Moyenne
Hommes	37	55,8 (12,8)	700,2 (185,2)	751,1 (236,4)	727,7 (174,7)
Femmes	67	57,1 (10,7)	474,2 (230,4)	619,6 (208,8)	546,9 (209,7)

Densité osseuse	Maxillaire antérieur			Maxillaire postérieur		
	n	UH	E T	n	UH	ET
Hiasa	11	641	173	20	486	199
Norton	42	696	244	27	417	227
Turkyilmaz	31	751	181	28	467	124
Shapurian	45	517	177	54	333	199
Turkyilmaz	24	716	190	21	455	122
de Oliviera	6	670	177	29	256	184
Fuh	47	516	132	37	332	136

Ces valeurs sont comparables avec celles conduites par Norton, Shapurian, De Oliviera, et s (tableau ci-dessus). (29-31, 52-54). De même elles s'accordent avec les classifications de Zarb, Misch, Trisi et Rao, selon lesquelles la partie antérieure du maxillaire est essentiellement du type Q2-Q3 (Zarb- Lekholm), D2-D3 (Misch) alors qu'au niveau postérieur les densités sont essentiellement du type Q4 et D4.

Par contre il convient de souligner les valeurs de densités osseuses des implants angulés (apex=2334,318) (médian = 1810,727). L'apex et la partie médiane se situent dans un os de type Q1 et D1.

Une question doit se poser la stabilisation primaire serait-elle due à l'extrémité de l'implant et non au collet ? Dans la littérature, P. Malo émet l'hypothèse de l'aspect bi-cortical des implants ce qui confirmerait l'importance de la densité osseuse évaluée dans notre étude. (P Malo).

### L'utilisation des données du CBCT

Récemment Renaudi proposa une classification de la densité osseuse en trois groupes :

- Dense / H >100 HU : qui correspond à Q1 et D1,
- Normal / N 400-100 HU : qui correspond à Q2/D2,
- Soft / S < 400 HU classification Q4/D4.

Les tissus H et S sont associés à un risque d'échec implantaire alors que la classification intermédiaire est plus favorable.

Dans cette étude, l'ensemble des implants antérieurs rentrent dans cette catégorie, par contre au niveau des implants postérieurs angulés la densité osseuse élevée doit interpeller les praticiens. Par ailleurs, la solidarisation des implants (barre - armature) assure une stabilisation primaire, favorable à la première phase de l'ostéointégration.

## **CONCLUSION**

La planification implantaire est un incontournable aujourd'hui, elle permet de positionner idéalement les implants, d'éviter les obstacles anatomiques, d'exploiter au maximum le volume et la densité osseuse. Elle permet également de se positionner idéalement par rapport à la future prothèse grâce au double scan, car il ne faut pas l'oublier, l'implant est au service de la prothèse.

Sur une même imagerie, plusieurs planifications peuvent être simulées et enregistrées, permettant de les comparer pour choisir la meilleure solution qui s'offre au patient.

L'utilisation d'un guide chirurgical permet d'augmenter la précision, de limiter les écarts entre le virtuel et le réel, et permet dans certains cas de réaliser une mise en charge immédiate avec une prothèse transitoire fonctionnelle

Par ailleurs, certains logiciels permettent même de planifier des greffes sinusiennes ou de simuler l'avulsion des dents.

Pour finir, les progrès permanents de l'imagerie numérique, le développement continu des logiciels de planification implantaire, ainsi que l'évolution du matériel implantaire font de l'implantologie une thérapeutique d'avenir.

## BIBLIOGRAPHIE

1. J.F Gaudy, B. Cannas, L. Gillot, T. Gorce. Atlas d'anatomie implantaire. 2eme Edition. Elsevier Masson; 2011. 256 p.
2. Davarpanah M, Szmukler-Moncler S, Rajzbaum P. Les implants en odontologie: l'essentiel de la pratique. Cahiers de prothèses éditions; 2015. 169 p.
3. Franck H, Netter MD. Atlas d'anatomie humaine. 6eme éd. Elsevier Masson; 2015. 624 p.
4. Carter Vandyke Henri H. Alveolar branches of superior maxillary nerve and sphenopalatine ganglion. 1918.
5. Vacher C. Bases anatomiques de l'abord du sinus maxillaire pour l'implantologie Bases anatomiques de l'abord du sinus maxillaire pour l'implantologie. AOS 265. oct 2013;19-23.
6. C. Oberlin, C. Vacher, J-L. Berthelot. Précis d'anatomie: Anatomie Tome 1: Membres - Crâne - Tronc - Tête et cou. Grégoire & Oberlin. LAVOISIER; 2004. 858 p.
7. L. AL-Faraje. Surgical and radiologic anatomy for oral implantology. Quintessence Publishing Co Inc.,U.S.; 2013. 250 p.
8. J.B Vivot. L'augmentation osseuse pré-implantaire: analyse comparative des techniques et résultats. Henri Poincaré Nancy I; 2011.
9. Enseignement d'Histologie, PCEM1 et PCEM2, Dr Serge Nataf - Le Tissu Osseux (2009) [Internet]. [cité 2 oct 2016]. Disponible sur: <http://histoblog.viabloga.com/texts/le-tissu-osseux--2009->
10. Fanuscu MI, Chang T-L. Three-dimensional morphometric analysis of human cadaver bone: microstructural data from maxilla and mandible. Clin Oral Implants Res. avr 2004;15(2):213-8.
11. Trisi P, Rao W. Bone classification: clinical-histomorphometric comparison. Clin Oral Implants Res. févr 1999;10(1):1-7.
12. Rozé J, Babu S, Saffarzadeh A, Gayet-Delacroix M, Hoornaert A, Layrolle P. Correlating implant stability to bone structure. Clin Oral Implants Res. oct 2009;20(10):1140-5.
13. 4 Le remodelage osseux [Internet]. [cité 15 mars 2016]. Disponible sur: <http://dossier.univ-st-etienne.fr/lbto/www/tissu-osseux/chapitres/4remod.html>
14. LE TISSU OSSEUX [Internet]. [cité 13 Juillet 2016]. Disponible sur: <http://tetudiant.blogspot.fr/2012/10/le-tissu-osseux.html>
15. Clinical and Radiological Classification of the Jawbone Anatomy in Endosseous Dental Implant Treatment [Internet]. [cité 18 sept 2016]. Disponible sur:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3886111/#B9>

16. Engquist B, Bergendal T, Kallus T, Linden U. A retrospective multicenter evaluation of osseointegrated implants supporting overdentures. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1988;3(2):129-34.
17. Jaffin RA, Berman CL. The excessive loss of Branemark fixtures in type IV bone: a 5-year analysis. *J Periodontol.* janv 1991;62(1):2-4.
18. Lekholm U., Zarb GA., Albrektsson T. Patient selection and préparation. Tissue integrated prostheses. Quintessence Publishing Co Inc. 1985;199-209.
19. 10: Available Bone and Dental Implant Treatment Plans | Pocket Dentistry [Internet]. [cité 15 mars 2016]. Disponible sur: <http://pocketdentistry.com/10-available-bone-and-dental-implant-treatment-plans/>
20. Misch CE, Judy KW. Classification of partially edentulous arches for implant dentistry. *Int J Oral Implantol.* 1987;4(2):7-13.
21. Cawood JI, Howell RA. A classification of the edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Surg.* août 1988;17(4):232-6.
22. Evian CI, Rosenberg ES, Coslet JG, Corn H. The osteogenic activity of bone removed from healing extraction sockets in humans. *J Periodontol.* févr 1982;53(2):81-5.
23. The glossary of prosthodontic terms. *J Prosthet Dent.* juill 2005;94(1):10-92.
24. Tallgren A. The continuing reduction of the residual alveolar ridges in complete denture wearers: a mixed-longitudinal study covering 25 years. *J Prosthet Dent.* févr 1972;27(2):120-32.
25. Cawood JI, Howell RA. Reconstructive preprosthetic surgery. I. Anatomical considerations. *Int J Oral Maxillofac Surg.* avr 1991;20(2):75-82.
26. Tout sur les Unités de mesure [Internet]. [cité 2 Juin 2016]. Disponible sur: <http://www.utc.fr/~tthomass/Themes/Unites/index.html>
27. Pattijn V, Van Cleynenbreugel T, Vander Sloten J, Van Audekercke R, Van der Perre G, Wevers M. Structural and radiological parameters for the nondestructive characterization of trabecular bone. *Ann Biomed Eng.* déc 2001;29(12):1064-73.
28. Stoppie N, Pattijn V, Van Cleynenbreugel T, Wevers M, Vander Sloten J, Ignace N. Structural and radiological parameters for the characterization of jawbone. *Clin Oral Implants Res.* avr 2006;17(2):124-33.
29. Shapurian T, Damoulis PD, Reiser GM, Griffin TJ, Rand WM. Quantitative evaluation of bone density using the Hounsfield index. *Int J Oral Maxillofac Implants.* avr 2006;21(2):290-7.
30. Norton MR, Gamble C. Bone classification: an objective scale of bone density using the computerized tomography scan. *Clin Oral Implants Res.* févr 2001;12(1):79-84.

31. Albrektsson T, Johansson C. Osteoinduction, osteoconduction and osseointegration. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc.* oct 2001;10 Suppl 2:S96-101.
32. Wilmes B, Rademacher C, Olthoff G, Drescher D. Parameters affecting primary stability of orthodontic mini-implants. *J Orofac Orthop Fortschritte Kieferorthopädie Organ Official J Dtsch Ges Für Kieferorthopädie.* mai 2006;67(3):162-74.
33. Sakoh J, Wahlmann U, Stender E, Nat R, Al-Nawas B, Wagner W. Primary stability of a conical implant and a hybrid, cylindric screw-type implant in vitro. *Int J Oral Maxillofac Implants.* août 2006;21(4):560-6.
34. Meredith N. Assessment of implant stability as a prognostic determinant. *Int J Prosthodont.* oct 1998;11(5):491-501.
35. Martinez H, Davarpanah M, Missika P, Celletti R, Lazzara R. Optimal implant stabilization in low density bone. *Clin Oral Implants Res.* oct 2001;12(5):423-32.
36. Schenk RK, Buser D. Osseointegration: a reality. *Periodontol 2000.* juin 1998;17:22-35.
37. Paramètres participant à la stabilité primaire de l'implant [Internet]. [cité 2 juin 2016]. Disponible sur: <http://www.les-implants-dentaires.com/implant/stabilite-primaire.htm>
38. McGarry TJ, Nimmo A, Skiba JF, Ahlstrom RH, Smith CR, Koumjian JH. Classification System for Complete Edentulism. *J Prosthodont.* 1 mars 1999;8(1):27-39.
39. Mericske-Stern R, Worni A. Optimal number of oral implants for fixed reconstructions: a review of the literature. *Eur J Oral Implantol.* 2014;7 Suppl 2:S133-153.
40. Monje A, Chan H-L, Suarez F, Galindo-Moreno P, Wang H-L. Marginal bone loss around tilted implants in comparison to straight implants: a meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants.* déc 2012;27(6):1576-83.
41. Maló P, de Araújo Nobre M, Lopes A, Francischone C, Rigolizzo M. « All-on-4 » immediate-function concept for completely edentulous maxillae: a clinical report on the medium (3 years) and long-term (5 years) outcomes. *Clin Implant Dent Relat Res.* mai 2012;14 Suppl 1:e139-150.
42. Bevilacqua M, Tealdo T, Menini M, Pera F, Mossolov A, Drago C, et al. The influence of cantilever length and implant inclination on stress distribution in maxillary implant-supported fixed dentures. *J Prosthet Dent.* janv 2011;105(1):5-13.
43. Friberg B, Jemt T, Lekholm U. Early failures in 4,641 consecutively placed Brånemark dental implants: a study from stage 1 surgery to the connection of completed prostheses. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1991;6(2):142-6.
44. Zampelis A, Rangert B, Heijl L. Tilting of splinted implants for improved prosthodontic support: a two-dimensional finite element analysis. *J Prosthet Dent.* juin 2007;97(6 Suppl):S35-43.
45. Rubo JH, Capello Souza EA. Finite-element analysis of stress on dental implant prosthesis. *Clin Implant Dent Relat Res.* 1 juin 2010;12(2):105-13.

46. Shackleton JL, Carr L, Slabbert JC, Becker PJ. Survival of fixed implant-supported prostheses related to cantilever lengths. *J Prosthet Dent.* janv 1994;71(1):23-6.
47. Att W, Bernhart J, Strub JR. Fixed rehabilitation of the edentulous maxilla: possibilities and clinical outcome. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* nov 2009;67(11 Suppl):60-73.
48. Fortin Y, Sullivan RM, Rangert BR. The Marius implant bridge: surgical and prosthetic rehabilitation for the completely edentulous upper jaw with moderate to severe resorption: a 5-year retrospective clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2002;4(2):69-77.
49. Van Steenberghe D, Glauser R, Blombäck U, Andersson M, Schutyser F, Pettersson A, et al. A computed tomographic scan-derived customized surgical template and fixed prosthesis for flapless surgery and immediate loading of implants in fully edentulous maxillae: a prospective multicenter study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2005;7 Suppl 1:S111-120.
50. Malo P, de Araujo Nobre M, Lopes A. The use of computer-guided flapless implant surgery and four implants placed in immediate function to support a fixed denture: preliminary results after a mean follow-up period of thirteen months. *J Prosthet Dent.* juin 2007;97(6 Suppl):S26-34.
51. Testori T, Del Fabbro M, Capelli M, Zuffetti F, Francetti L, Weinstein RL. Immediate occlusal loading and tilted implants for the rehabilitation of the atrophic edentulous maxilla: 1-year interim results of a multicenter prospective study. *Clin Oral Implants Res.* mars 2008;19(3):227-32.
52. Hiasa K, Abe Y, Okazaki Y, Nogami K, Mizumachi W, Akagawa Y. Preoperative computed tomography-derived bone densities in hounsfield units at implant sites acquired primary stability. *ISRN Dent.* 2011;2011:678729.
53. Turkyilmaz I, Ozan O, Yilmaz B, Ersoy AE. Determination of bone quality of 372 implant recipient sites using Hounsfield unit from computerized tomography: a clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res.* déc 2008;10(4):238-44.
54. Fuh L-J, Huang H-L, Chen C-S, Fu K-L, Shen Y-W, Tu M-G, et al. Variations in bone density at dental implant sites in different regions of the jawbone. *J Oral Rehabil.* 1 mai 2010;37(5):346-51.

VANKELST Maëva – Planification implantaire sur le logiciel NobelClinician : incidence de la densité osseuse sur l'orientation des implants chez l'édenté total au maxillaire.

Th. : Chir. dent. : Marseille : Aix –Marseille Université : 2016

Rubrique de classement : Implantologie

Résumé :

L'objectif de cette étude est de comparer la densité osseuse au niveau des implants droits et angulés à l'aide du logiciel NobelClinician chez quinze édentés totaux maxillaires.

Pour chaque patient, deux planifications sont créées sur NobelClinician, une première planification de 6 implants posés axialement, et une seconde où le dernier implant de chaque secteur est angulé à 30° par rapport au plan d'occlusion. La pose des quatre premiers implants étant commune aux deux planifications. L'étude a été réalisée sur les fichiers DICOM issus des CBCT de 15 patients (9 hommes-6 femmes).

Au niveau de chaque implant la densité osseuse est mesurée au niveau du col, à mi- hauteur et à l'apex, du côté vestibulaire et lingual. Les densités osseuses des 1080 mesures ont été comparées.

La moyenne densité osseuse la plus importante est retrouvée au niveau de la planification d'implants angulés avec 633,192HU contre 598,061HU pour la planification d'implants droits.

Si on prend en compte uniquement le dernier implant de chaque secteur, la moyenne de la densité osseuse est de 563,589HU et 458,194HU respectivement pour les implants angulés et droits.

S'ils sont solidarisés, la mise en place d'implants angulés permet d'avoir dans la majorité des cas un meilleur ancrage, de pouvoir utiliser des implants plus longs, de diminuer l'extension des armatures prothétiques et d'éviter les greffes sinusiennes ou d'apposition et leurs éventuelles complications.

Mots clés :

Maxillaire édenté

Implants droits

Implants angulés

Densité osseuse

Maeva VANKELST - Implant planning on NobelClinician software: incidence of bone density on the implants orientation for completely edentulous maxillae.

Abstract :

The Purpose of this study was to compare bone density in straight and tilted implants using the software NobelClinician on fifteen maxillary edentulous.

For each patient, two schedules were created on NobelClinician: a first plan of 6 implants placed axially and a second plan where the last implant of each sector was tilted of 30 ° from the occlusal plane. The laying of the first four implants being common to both plans. The study was performed on DICOM files coming from the CBCT's of 15 patients (9 men and 6 women). The bone density around of each implant was measured at level of the neck, mid height and the apex on the buccal and lingual sides. The bone densities of 1080 measurements were compared.

The largest average bone density was found at the level of planned tilted implants 633,192HU against 598,061HU for straight implant planning.

If we consider only the last implant of each sector, the average bone density was 563,589HU and 458,194HU respectively, for the straight and tilted implants.

If they are rigidly splinted, the establishment of tilted implants allows a better bone anchorage in majority of cases, and so to use longer implants, reduce the expansion of prosthetic fittings and avoid sinus lift or bone grafting.

MeSH :

Edentulous maxillae

Tilted implant

Straight implant

Bone density

Adresse de l'auteur :

12 rue du Logis

04800 SAINT MARTIN DE BROMES