



**HAL**  
open science

# Étude non invasive sur moulages de la morphologie des crêtes terminales mandibulaires

Julia Beoletto

► **To cite this version:**

Julia Beoletto. Étude non invasive sur moulages de la morphologie des crêtes terminales mandibulaires. Chirurgie. 2016. dumas-01426683

**HAL Id: dumas-01426683**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01426683>**

Submitted on 4 Jan 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

# Etude non invasive sur moulages de la morphologie des crêtes terminales mandibulaires

## 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 18 Novembre 2016

par

**BEOLETTO Julia**

née le 05 Octobre 1991  
à Marseille

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

**EXAMINATEURS DE LA THESE :**

Président	: Monsieur le Professeur	M. RUQUET
Assesseurs	: Monsieur le Professeur	B. FOTI
	Monsieur le Professeur	I. ABOUT
	<u>Monsieur le Docteur</u>	<u>P. SANTONI</u>
	Monsieur le Docteur	<u>S. BEZZINA</u>

FACULTÉ D'ODONTOLOGIE  
UNIVERSITÉ D'AIX-MARSEILLE

DOYENS HONORAIRES

Professeur A. SALVADORI  
Professeur R. SANGIUOLO†  
Professeur 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 A. RASKIN  
Docteur P. SANTONI  
Docteur F. BUKIET

RESPONSABLE DES SERVICES ADMINISTRATIFS

Madame C. BONNARD

PROFESSEURS ÉMÉRITES

Professeur J. J. BONFIL  
Professeur F. LOUISE  
Professeur O. HUE

DOCTEURS HONORIS CAUSA DE L'UNIVERSITE 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 †	1973
DOYEN DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE UNIVERSITE DE GENÈVE – SUISSE	L.J. BAUME	1977
DOYEN HONORAIRE DE LA FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE UNIVERSITÉ DE BOSTON - MASSACHUSSETTS – USA	H.GOLDMAN †	1984
UNIVERSITÉ DE GÖTEBORG – SUÈDE	P.I. BRÅNEMARK	1997

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

56.1 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

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

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	

65ème 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 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 Michel RUQUET

*Je vous remercie de l'honneur que vous me faites en acceptant de présider ce jury de thèse.*

*Je vous remercie pour votre disponibilité, votre gentillesse et la qualité de l'enseignement que nous avons reçu sous votre direction.*

*Je vous prie de croire à ma sincère reconnaissance et à mon profond respect.*

A Monsieur le Professeur Bruno FOTI

*J'apprécie l'honneur que vous me faites en acceptant de faire partie du jury de ma thèse.*

*Je vous remercie pour votre sympathie et votre bonne humeur.*

*Soyez assuré de ma sincère gratitude et de ma profonde considération.*

A Monsieur le Professeur Imad ABOUT

*Je vous remercie de l'honneur que vous me faites en siégeant dans mon jury de thèse.*

*Je vous remercie pour votre soutien, la qualité de votre écoute, et vos conseils avisés qui m'ont permise de mener à bien mon cursus universitaire.*

*J'apprécie également votre bienveillance, votre modestie et votre sympathie.*

*Veillez trouver ici l'expression de ma sincère considération et de la profonde estime que je porte à votre égard.*

A Monsieur le Docteur Pierre SANTONI

*J'apprécie l'honneur que vous me faites en acceptant de faire partie du jury de cette thèse après avoir accepté de la diriger.*

*Je vous remercie pour votre disponibilité, votre savoir et pour l'attention dont vous avez fait preuve afin de mener à bien ce travail.*

*Je vous remercie également pour l'implication constante dans la pédagogie et la qualité de votre encadrement lors des vacances cliniques.*

*Veillez trouver dans ce travail l'expression de ma gratitude et de mon plus profond respect.*

A Monsieur le Docteur Serge BEZZINA

*Je vous remercie d'avoir si spontanément accepté d'être membre de mon jury de thèse.*

*Je vous remercie pour l'accueil au sein de votre cabinet, nos divers échanges sur la dentisterie et votre gentillesse au quotidien.*

*Que ce travail témoigne de la considération, de la reconnaissance et du profond respect que je porte pour vous.*

## A ma famille

*A mes parents, pour l'amour, l'éducation et le soutien que vous m'apportez au quotidien. Vous avez toujours été présents quel que soit les moments et je vous en remercie. Je suis désormais là pour vous. Je vous aime fort.*

*A mon petit frère, je suis si fière de l'homme que tu es devenu. Merci pour ta gentillesse, ta franchise et ton amour. Tu pourras toujours compter sur moi. Je t'aime fort.*

*A ma grand-mère, pour toutes tes attentions à notre égard, pour ton excellente cuisine arménienne et pour ton amour !!! Merci d'être près de nous.*

*A mes grands-parents, merci pour l'attention et l'amour que vous portez pour Flô et moi.*

*A ma marraine, mon tonton et mon cousin, un jour vous m'avez dit « nous avons perdu une bataille mais pas la guerre » et c'est bien vrai. Merci pour votre soutien.*

*A ma grande-marraine ou « marrat » pour les intimes, merci pour ta douceur.*

*A ma cousine et mes petits cousins, merci pour votre présence et votre empathie. Je vous souhaite beaucoup de bonheur au sein de votre « petite famille ».*

*Parrain Luc et Agnès, même si vous êtes loin, vous avez toujours su « raccourcir » la distance et m'accompagner à chaque étape clef de ma vie. Je vous en remercie.*

*A mon chéri, Adisone, merci pour toutes ces années où tu m'as accompagnée, soutenue, rassurée et surtout comblée de bonheur et de ton amour. Ton « optimisme légendaire » et tes surprises me surprendront toujours. Le futur s'ouvre bientôt à nous, profitons-en !! Je t'aime fort.*

*Khempheth, Bouasavanh et Vilavanh, je vous remercie de l'accueil chaleureux que vous avez porté à mon égard au sein de votre famille.*

*Corinne, Patrick et Alexia, merci pour votre solide amitié envers notre famille. Tous les moments que nous partageons avec vous sont riches en émotions et en fous rires !!! Qu'il y en ait encore beaucoup et pour longtemps, avec un bon verre de vin of course !!*

*Lionel, du jour où tu te déguisais en « papa Noël » jusqu'à aujourd'hui, tu as toujours su faire partager ta bonne humeur et ta gentillesse. Merci d'être là.*

*Daniel, j'ai eu l'honneur durant quelques années de bénéficier des conseils d'un excellent prof de judo, merci pour votre savoir et votre sympathie.*

## A mes amis

*Daphné, tu es une très bonne prof de guitare mais avant tout une excellente amie. Merci pour ta spontanéité qui nous permet de compléter très rapidement le livre des plus belles « perles » d'ADLC. Que nous puissions réaliser très vite notre défi sportif de faire un GR, accompagnées d'un thermos de thé et d'une tablette de chocolat !!*

*Marion, j'ai énormément apprécié ta sympathie, ta gentillesse et surtout ton amitié au fil du temps. Que cela dure encore sur de nombreuses années mais j'en suis personnellement convaincue. Seul bémol... il faudra sans doute s'équiper d'un sonotone !!*

*Audrey, notre gransoise de cœur et d'esprit. Merci pour ton humour et ta « lenteur légendaire » qui m'ont permis de passer de merveilleuses années à tes côtés. Je vous souhaite de passer encore pleins de WE à Grans à coup de partie de Pictionary, de boules et de nounes !!*

*Hala, que de bêtises !!! De la fraise plantée dans la cuisse en TP de Pf, du fil planté dans le doigt en TP de PPA, à la soirée gospel avec Ryan en passant par la crotte de chat à Lyon ... nous ne sommes pas prêtes de prendre notre retraite car nous sommes « diaboliquement diaboliques » !!!*

*Côme, tout a commencé en TP alors que nous étions si jeunes !!! Puis cela à continuer en cours de Master... la torture !! Pour se solder par une belle amitié. Merci pour tes réponses cultes pleines d'ironie et pour ta « raie » qui nous aura fait bien rire. Je te souhaite le meilleur pour ton internat.*

*Estelle, colocataire de casier à temps plein, guide touristique italien à temps partiel. Merci de nous avoir fait découvrir tes origines et le beau temps qui les caractérise !!*

*Angéline et sa tapenade !!! Merci pour ce fou rire qui nous fait encore bien rire !!! Je te souhaite le meilleur pour la fin de ton internat.*

*Léa, tout a débuté en cours de Master où c'était l'horreur !!! Mais tout s'est bien fini car tu es devenue une véritable amie !!! J'espère te garder pour longtemps à mes côtés. Je me souviendrai sans doute de ces mardis matin remplis de réflexions étranges (^ ^) et ces mardis midi pleins de commérages !!*

*A mes « bébés binômes », Doriane et Anne, je vous remercie pour votre bonne humeur et votre sympathie qui ont fait de nous le « trio sportivement infernal ». Grâce à vous j'ai gagné deux supers copines ; « Tarzanne la grande blonde » et « la cross-fiteuse rousse ».*

*Chloé, Elodie, Clélia, Cippora, merci pour votre gentillesse !!*

*Maxime et Benoît, deux binômes de choc et surtout deux amis. Merci pour ces années passées où vous avez été d'excellents « tuteurs ». Maxime, je te remercie pour tes talents de narrateur aux histoires rocambolesques !! Benoît, j'attends avec impatience cette revanche au squash !!*

*Arnaud et Débora, vous avez été là dès le début, dès la P1 et pour tout ce qui a suivi. Je vous souhaite de devenir d'excellents médecins et je suis persuadée que vous le serez !!*

*Romain, un bon dentiste n'est rien sans un bon prothésiste et surtout sans un bon « ami-prothésiste ». Merci d'être là.*

*Jonathan, hâte d'aller taper la balle avec toi. Merci pour ton écoute et ton amitié au quotidien.*

*Mélanie et Yoann, je passe toujours d'excellents moments avec vous et je ne doute pas qu'il y en ait beaucoup d'autres !! Surprise et humour sont la clé du succès !! Je vous souhaite d'être heureux mais il n'y a aucun doute sur ça ; une marmotte et un instrumentiste ça met facilement le chocolat dans le papier alu !!*

*Préscillia, tu as toujours été là et ce depuis nos débuts à la crèche. Pourtant c'était mal parti ; l'amitié entre une coccinelle et un chat n'est pas chose aisée !!*

### Aux praticiens et assistantes dentaires

*Au cabinet de Saint-Julien, merci de m'avoir accueillie comme vous avez su si bien le faire et de votre confiance à mon égard. J'ai passé trois superbes années à vos côtés qui seront toujours au fond de moi le « gold standard ». Laurence, je ne te le dirai jamais assez mais merci pour tout. Nathalie, merci pour ta gentillesse et ta bonne humeur. Sylvie, à cette fameuse opération siphonage qui nous a sauvées la vie !!! Serge, vous avez déjà eu votre dédicace plus haut !!*

*Jean et Patricia, merci pour votre accueil au sein de votre cabinet et l'ambiance chaleureuse qui y règne. Sandra pour ta gentillesse et ta douceur.*

*A toutes les personnes que j'ai oubliées et qui ont contribué de loin ou de près à l'élaboration de cette thèse notamment les prothésistes du pavillon dentaire et Jean-Pierre...*

# SOMMAIRE

INTRODUCTION .....	1
I. MATERIEL ET METHODE.....	2
1) Population .....	2
a. Type d'étude .....	2
b. Critères de sélection.....	2
c. Taille de l'échantillon .....	3
2) Méthodologie .....	4
a. La préparation des modèles .....	4
✓ Préparation du moulage et section des crêtes : .....	4
✓ Tracés sur le moulage : .....	9
b. L'utilisation de la photographie.....	12
✓ Position du moulage en plâtre :.....	12
✓ Position de l'appareil photo numérique : .....	12
c. Le logiciel de mesure.....	14
II. RESULTATS .....	18
1) Résultats de l'étude .....	18
2) Analyse statistique .....	21
a. La hauteur de la crête.....	22
b. La largeur de la demi-crête linguale .....	23
c. La distance inter-crête.....	24
d. L'angle lingual entre la tangente et l'axe des X .....	25
e. La surface de la demi-crête linguale .....	26
f. L'âge .....	27
III. DISCUSSION .....	28
1) Limites de l'étude.....	28
2) Comparaison des différents protocoles expérimentaux .....	30
a. Définition.....	30
b. Classifications de la résorption osseuse.....	31
✓ Classification d'Atwood .....	31
✓ Classification de Lekholm et Zarb .....	32
✓ Classification de Cawood et Howell.....	33
✓ Classification de Misch et Judy .....	34
c. Les différentes méthodes d'évaluation de la résorption osseuse (revue de littérature) ...	36

✓ La méthode photogrammétrique .....	36
✓ La méthode cartographique.....	37
✓ L'imagerie en 2 dimensions .....	38
✓ L'imagerie en 3 dimensions .....	42
✓ Procédé de projection laser .....	45
✓ L'évaluation des spécimens secs et des moulages au service de l'étude de la résorption.....	45
3) Interprétation des résultats .....	50
a. La hauteur de la crête.....	50
b. La largeur de la demi-crête linguale .....	51
c. La distance inter-crête.....	51
d. L'angle lingual entre la tangente et l'axe des X .....	52
e. La surface de la demi-crête linguale .....	53
f. L'âge.....	53
g. La morphologie des crêtes .....	54
CONCLUSION.....	55
BIBLIOGRAPHIE	

# INTRODUCTION

La perte des dents entraîne une variation tridimensionnelle de l'os alvéolaire qui en modifie considérablement sa forme.

Il est communément admis que « *l'os alvéolaire naît, vit et meurt avec la dent* » c'est pourquoi quelle que soit la cause de la perte de l'organe dentaire (carie, infections, maladie parodontale, traumatisme), la résorption osseuse est un phénomène inexorable.

La résorption des crêtes alvéolaires suscite un intérêt considérable pour la recherche qui essaie d'en déterminer les étiologies mais surtout d'y remédier ou du moins de ralentir ce processus.

*Atwood* (1) a suggéré que la réduction de la crête résiduelle pourrait même être considérée comme une « *maladie orale majeure* » et doit être étudiée à l'aide de méthodes épidémiologiques rassemblant de grandes populations.

Ces changements morphologiques du volume osseux sont à prendre en considération durant l'ensemble des actes de réhabilitation prothétique et appelle à la vigilance lors des traitements par prothèse partielle amovible.

L'objet de notre travail est l'analyse de la diversité morphologique des crêtes alvéolaires mandibulaires au moyen d'une étude observationnelle non invasive. Les mesures seront effectuées à l'aide d'un logiciel sur des photographies de moulages en plâtre issus d'empreintes en vue de traitement par prothèses partielles amovibles.

Le but de l'étude est d'établir une observation des différentes morphologies de crête induites par la résorption osseuse. L'objectif visé est la répartition statistique de la diversité des crêtes en essayant de les regrouper selon leur morphologie.

Afin de répondre à cela, notre démarche débutera par la description du protocole expérimental puis, dans un second temps, par l'exposition des résultats obtenus. Nous finirons par une partie discussion sur l'étude et ses résultats en les comparant à ceux de la littérature scientifique de référence.

# I. MATERIEL ET METHODE

## 1) Population

### a. Type d'étude

Cette étude a pour but l'analyse de la diversité morphologique des crêtes alvéolaires dentaires mandibulaires en fonction de la résorption au niveau de la première molaire. Il s'agit d'une étude observationnelle.

Les mesures sont effectuées à l'aide d'un logiciel de mesure (Aide au tracé<sup>®</sup>) sur des photographies de moulages en plâtre issus d'empreintes destinées à des traitements par prothèses amovibles (châssis, prothèse amovible en résine) ou moulages d'étude.

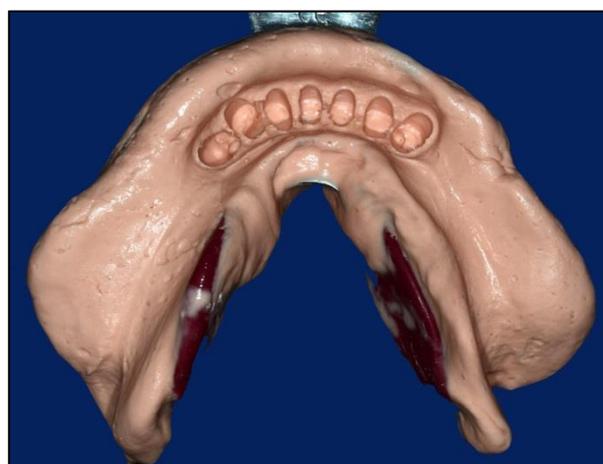
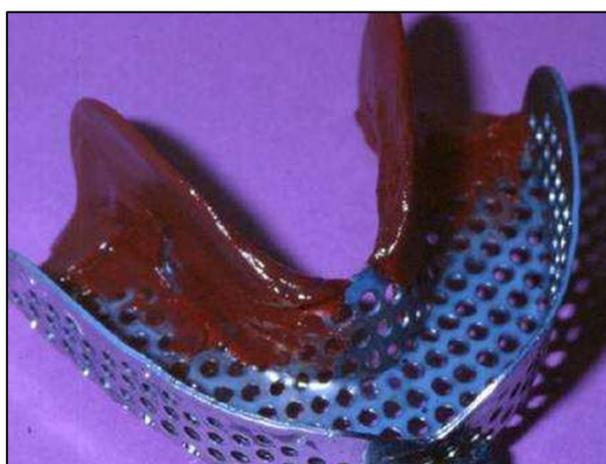
### b. Critères de sélection

La population étudiée est composée de moulages mandibulaires d'édentement terminal bilatéral. (*Kennedy* Classe I).

Ces modèles sont issus d'empreintes anatomiques à l'alginat ou anatomo-fonctionnelles qui ont servi à la réalisation de prothèses amovibles mandibulaires.

Les empreintes sont réalisées par les étudiants du pavillon dentaire de la Timone (Marseille), validées et coulées par un praticien expérimenté.

Le porte empreinte est aménagé avec une pâte thermoplastique (Stent's<sup>®</sup>) afin d'enregistrer le plus précisément possible les régions génio et mylo-hyoïdiennes.



**Figure 1** : A gauche : Porte empreinte mandibulaire aménagé avec du Stent's<sup>®</sup>.

A droite : Empreinte anatomique à l'alginat d'un édentement terminal bilatéral. (Source : P. Santoni)

Les **critères d'inclusion** et de **non inclusion** sont énoncés dans le *tableau* ci-dessous.

<b>Critères d'inclusion</b>	<b>Critères de non inclusion</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Moulages mandibulaires</li><li>- Edentement bilatéral (<i>Kennedy</i> Classe I avec ou sans modification)</li><li>- Modèles issus d'empreintes anatomiques à l'alginate</li><li>- Modèles issus d'empreintes anatomo-fonctionnelles au thiocol (Permlastic®) de type moulage corrigé</li><li>- Moulage d'étude en vue de la réalisation d'une prothèse amovible</li><li>- Modèles coulés sous notre direction</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Moulages maxillaires</li><li>- Edentement unilatéral, intercalaire, antérieur (<i>Kennedy</i> Classe II, III, IV)</li><li>- Modèles issus d'empreintes anatomo-fonctionnelles avec sur-empreinte</li><li>- Modèles issus d'empreintes pour éléments de prothèse fixée</li><li>- Modèles issus d'empreintes pour prothèse totale amovible (avec ou sans moyen de rétention complémentaire)</li></ul>

La mauvaise visualisation de la ligne mylo-hyoïdienne sur le moulage constitue le principal **critère d'exclusion** du modèle. En effet, nous nous sommes aperçus par la suite, que certains échantillons, malgré la qualité des empreintes, engendraient une difficulté de lecture.

Les moulages sont identifiés avec les informations suivantes : l'âge et le sexe du patient. Afin que l'étude soit réalisée en simple aveugle, un numéro est donné au moulage et les informations sont archivées avec le numéro correspondant au moulage.

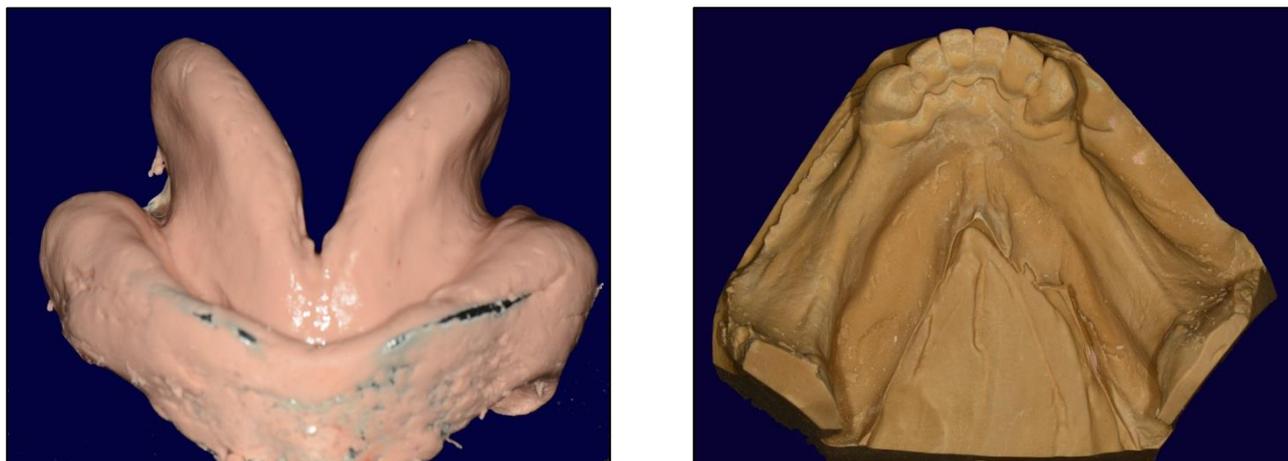
### c. Taille de l'échantillon

Nous avons souhaité atteindre une population fixée arbitrairement à 70 moulages, mais les différents critères de non inclusion et d'exclusion ne nous ont permis d'en retenir que 32 dans la période de plus d'un an.

## 2) Méthodologie

### a. La préparation des modèles

Les empreintes à l'alginate sont coulées en plâtre de classe IV Top Die® (Dentsply) s'il s'agit d'empreinte anatomique. Par contre lors de moulages corrigés, les crêtes sont coulées en plâtre dur compensateur Resistone® (Dentsply).



**Figure 2** : A gauche : Empreinte anatomique à l'alginate.

A droite : Modèle en plâtre issu de l'empreinte en vue de la réalisation d'un châssis. (Source : P. Santoni)

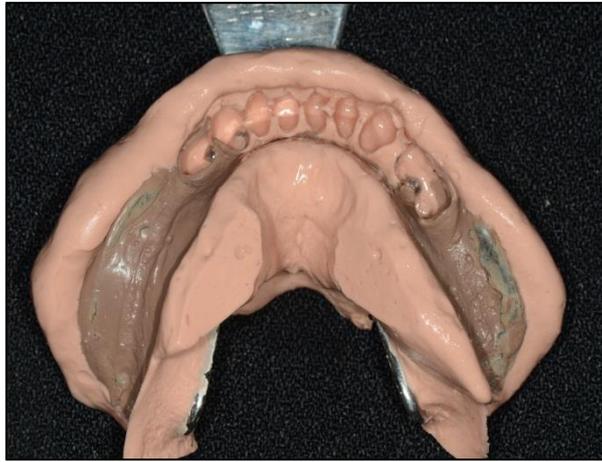
#### ✓ Préparation du moulage et section des crêtes :

##### ➤ **Réalisation du moulage**

Plusieurs situations sont possibles :

- S'il s'agit d'une empreinte destinée à un **moulage d'étude** ou à la réalisation d'une **prothèse amovible en résine**, le moulage est récupéré dans son intégralité.
- S'il s'agit d'une empreinte pour la réalisation d'une **prothèse amovible à base métal**, il est admis que pour les édentements bilatéraux mandibulaires, une empreinte anatomo-fonctionnelle réalisée à l'aide du châssis est indiquée (2). Ce type d'empreinte permet de prendre en compte le comportement dynamique des différents tissus de soutien (tissus durs et tissus ostéo-muqueux) dont la dépressibilité varie sur une échelle de un à dix. Ces protocoles d'empreintes anatomo-fonctionnelles peuvent être réalisées, selon l'indication, soit par la technique de la « sur-empreinte » soit par la technique du « moulage corrigé » (3,4).

Nos critères de non-inclusion font que nous ne retenons pas les techniques par « **sur-empreinte** » car elles ne permettent pas d'avoir une bonne précision des dents résiduelles présentes et, a posteriori, une bonne lecture de la ligne mylo-hyoïdienne. Dans cette éventualité nous retiendrons le moulage issu de l'empreinte anatomique primaire.



**Figure 3** : Exemple d’empreinte anatomo-fonctionnelle avec sur-empreinte. (Source : P. Santoni)

Lorsqu’une technique par « *moulage corrigé* » est indiquée, c’est le modèle obtenu qui sera utilisé.



**Figure 4** : A gauche : Préparation et coffrage du moulage corrigé.  
A droite : Moulage corrigé proprement dit. (Source : P. Santoni)

### ➤ Section des crêtes

Nous avons délibérément choisi de faire nos mesures à la verticale du milieu de la première molaire mandibulaire. En effet, les efforts masticatoires les plus importants se situent d’après *Ackermann* (5) au niveau de ces dents. Par ailleurs, une particularité anatomique bien connue montre que la base de la pyramide malaire, véritable travée de force se situe aussi à l’aplomb de ces dents. Nous avons donc pensé que c’est dans ces régions des crêtes que nous devons obtenir le plus de sustentation pour les prothèses partielles amovibles appareillant des édentements terminaux, d’autant plus que statistiquement les premières molaires sont celles perdues le plus précocement.

La difficulté qui se présente est de savoir où situer ces dents alors qu’elles sont absentes sur nos moulages. Il faut déterminer la distance moyenne entre les premières molaires et les dents résiduelles de l’arcade (incisives, canines, première ou seconde prémolaires). Pour cela, nous avons retenu les travaux de *Wheeler* (6) et *Lavergne* (7).

En les comparant, nous avons remarqué des résultats très voisins donnant une estimation précise (à 1.85% près). C'est à l'aide des abaques donnés par ces deux études que nous établirons à quel endroit se situait la première molaire et donc la position de la section de coupe.

*Wheeler* (6) a établi des tables de diamètres des dents:

TABLE 12-1 Mandibular First Molar								
	First evidence of calcification				At birth			
	Enamel completed				2½-3 yr			
	Eruption				6-7 yr			
	Root completed				9-10 yr			
MEASUREMENT TABLE								
	CERVICO- OCCLUSAL LENGTH OF CROWN	LENGTH OF ROOT	MESIODISTAL DIAMETER OF CROWN	MESIODISTAL DIAMETER OF CROWN AT CERVIX	LABIO- OR BUCCOLINGUAL DIAMETER OF CROWN	LABIO- OR BUCCOLINGUAL DIAMETER OF CROWN AT CERVIX	CURVATURE OF CERVICAL LINE—MESIAL	CURVATURE OF CERVICAL LINE—DISTAL
Dimensions* suggested for carving technique	7.5	14.0	11.0	9.0	10.5	9.0	1.0	0.0
*In millimeters.								

TABLE 12-2 Mandibular Second Molar								
	First evidence of calcification				2½-3 yr			
	Enamel completed				7-8 yr			
	Eruption				11-13 yr			
	Root completed				14-15 yr			
MEASUREMENT TABLE								
	CERVICO- OCCLUSAL LENGTH OF CROWN	LENGTH OF ROOT	MESIODISTAL DIAMETER OF CROWN	MESIODISTAL DIAMETER OF CROWN AT CERVIX	LABIO- OR BUCCOLINGUAL DIAMETER OF CROWN	LABIO- OR BUCCOLINGUAL DIAMETER OF CROWN AT CERVIX	CURVATURE OF CERVICAL LINE—MESIAL	CURVATURE OF CERVICAL LINE—DISTAL
Dimensions* suggested for carving technique	7.0	13.0	10.5	8.0	10.0	9.0	1.0	0.0
*In millimeters.								

**Tableau 1** : Diamètres des premières et deuxièmes molaires mandibulaires. (6)

**TABLE 10-1 Mandibular First Premolar**

	First evidence of calcification	1¼–2 yr						
	Enamel completed	5–6 yr						
	Eruption	10–12 yr						
	Root completed	12–13 yr						
<b>MEASUREMENT TABLE</b>								
	CERVICO- OCCLUSAL LENGTH OF CROWN	LENGTH OF ROOT	MESIODISTAL DIAMETER OF CROWN	MESIODISTAL DIAMETER OF CROWN AT CERVIX	LABIO- OR BUCCOLINGUAL DIAMETER OF CROWN	LABIO- OR BUCCOLINGUAL DIAMETER OF CROWN AT CERVIX	CURVATURE OF CERVICAL LINE—MESIAL	CURVATURE OF CERVICAL LINE—DISTAL
Dimensions* suggested for carving technique	8.5	14.0	7.0	5.0	7.5	6.5	1.0	0.0
*In millimeters.								

**TABLE 10-2 Mandibular Second Premolar**

	First evidence of calcification	2¼–2½ yr						
	Enamel completed	6–7 yr						
	Eruption	11–12 yr						
	Root completed	13–14 yr						
<b>MEASUREMENT TABLE</b>								
	CERVICO- OCCLUSAL LENGTH OF CROWN	LENGTH OF ROOT	MESIODISTAL DIAMETER OF CROWN	MESIODISTAL DIAMETER OF CROWN AT CERVIX	LABIO- OR BUCCOLINGUAL DIAMETER OF CROWN	LABIO- OR BUCCOLINGUAL DIAMETER OF CROWN AT CERVIX	CURVATURE OF CERVICAL LINE—MESIAL	CURVATURE OF CERVICAL LINE—DISTAL
Dimensions* suggested for carving technique	8.0	14.5	7.0	5.0	8.0	7.0	1.0	0.0
*In millimeters.								

**Tableau 2** : Diamètres des premières et deuxièmes prémolaires mandibulaires. (6)

**TABLE 8-2 Mandibular Canine**

	First evidence of calcification	4–5 mo						
	Enamel completed	6–7 yr						
	Eruption	9–10 yr						
	Root completed	12–14 yr						
<b>MEASUREMENT TABLE</b>								
	CERVICOINCISAL LENGTH OF CROWN	LENGTH OF ROOT	MESIODISTAL DIAMETER OF CROWN	MESIODISTAL DIAMETER OF CROWN AT CERVIX	LABIO- OR BUCCOLINGUAL DIAMETER OF CROWN	LABIO- OR BUCCOLINGUAL DIAMETER OF CROWN AT CERVIX	CURVATURE OF CERVICAL LINE—MESIAL	CURVATURE OF CERVICAL LINE—DISTAL
Dimensions* suggested for carving technique	11.0	16.0	7.0	5.5	7.5	7.0	2.5	1.0
*In millimeters.								

**Tableau 3** : Diamètres des canines mandibulaires. (6)

Lavergne (7) a également établi des mensurations des dents sur 100 sujets et en a tiré une moyenne comme le détaille le *tableau* ci-dessous.

Dents mandibulaires	Diamètre mésio-distal (1/10 <sup>e</sup> mm)
Canine	67.83
Première prémolaire	71.04
Deuxième prémolaire	72.45
Première molaire	110.20
Deuxième molaire	106.19

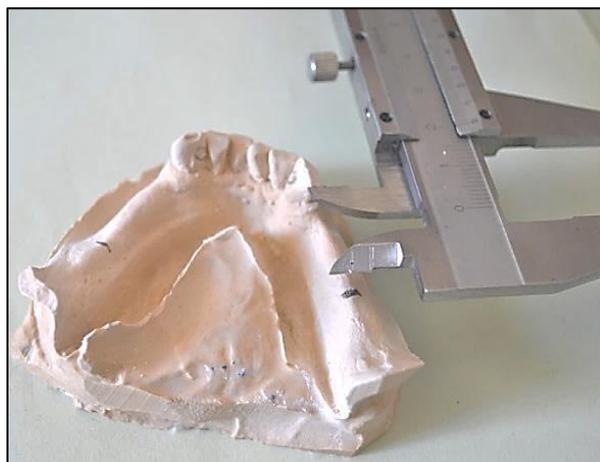
Nous nous sommes appuyés sur les diamètres mésio-distaux coronaires déterminés par Wheeler (6), ce qui donne les mesures suivantes en fonction de la dernière dent bordant l'édentement :

Dent bordant l'édentement	Calcul	Valeur (1/10 <sup>e</sup> mm)
32 ou 42 Incisive latérale	Diamètre canine + Diamètre 1 <sup>ière</sup> prémolaire + Diamètre 2 <sup>nde</sup> prémolaire + ½ Diamètre 1 <sup>ière</sup> Molaire	265
33 ou 43 Canine	Diamètre 1 <sup>ière</sup> prémolaire + Diamètre 2 <sup>nde</sup> prémolaire + ½ Diamètre 1 <sup>ière</sup> Molaire	195
34 ou 44 1 <sup>ière</sup> prémolaire	Diamètre 2 <sup>nde</sup> prémolaire + ½ Diamètre 1 <sup>ière</sup> Molaire	125
35 ou 45 2 <sup>nde</sup> prémolaire	½ Diamètre 1 <sup>ière</sup> Molaire	55

Les mesures sont effectuées avec un pied à coulisse à partir du « point de contact » (lorsqu'il existait) de la dernière dent, selon l'hypothétique positionnement des dents absentes grâce à leurs diamètres moyens mésio-distaux (*tableau* ci-dessus).

Une marque est réalisée au crayon gris, elle correspond à la position prospective du milieu des premières molaires mandibulaires.

Les limites de ces mesures sont atteintes lorsque les dents présentent des migrations parasites (versions, égressions, diastèmes...) qui modifient le positionnement de leur « point de contact » et donc la précision des mesures effectuées.



**Figure 5** : Mesure à l'aide du pied à coulisse, le trait de crayon correspond à la position prospective du milieu de la 46. (Source : document personnel)

Les crêtes sont sectionnées à l'aide d'une scie à plâtre pour commencer puis avec un taille plâtre au niveau du trait de crayon.

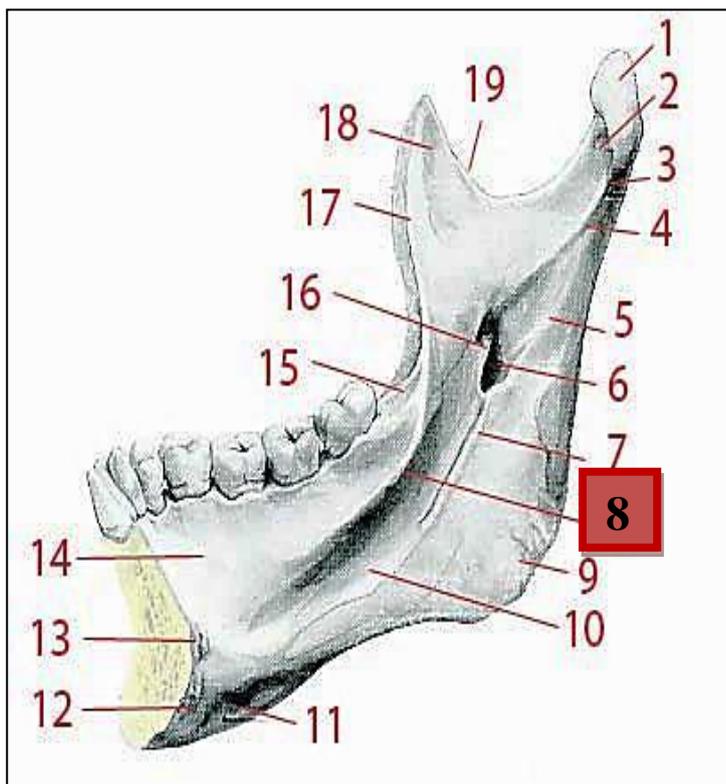
Enfin, le plan correspondant à la crête (plan frontal) et le socle du moulage (plan horizontal) doivent être le plus perpendiculaires possibles. Vérification avec une équerre.

✓ Tracés sur le moulage :

Les lignes mylo-hyoïdiennes au niveau de chaque crête sont tracées par deux expérimentateurs. Au niveau des moulages corrigés il s'agit de la limite de la selle aménagée pour l'empreinte.

Encore appelée ligne oblique interne, la **ligne mylo-hyoïdienne** est une ligne saillante sur la face postérieure du corps de la mandibule de la partie médiane au bord antérieur du ramus, elle est le lieu d'insertion du muscle du même nom. (8)

Dans la plupart des cas cette ligne ne doit pas être dépassée par les selles des prothèses partielles amovibles car la contre dépouille qu'elle occasionne provoque souvent des traumatismes au niveau de la muqueuse. Plus cette ligne est basse, plus elle augmente la hauteur exploitable de la crête, ce qui constituera un indice positif selon *Housset* (2).



1. Condyle
2. Fossette d'insertion du ptérygoidien externe
3. Col
4. Pilier interne du condyle
5. Ligne ptérygoïdienne
6. Orifice du canal dentaire
7. Sillon mylo-hyoïdien
- 8. Ligne mylo-hyoïdienne**
9. Crête d'insertion du ptérygoidien interne
10. Fossette sous-maxillaire
11. Fossette digastrique
12. Apophyse génienne inférieur
13. Apophyse génienne supérieur
14. Fossette sublinguale
15. Crête buccinatrice
16. Epine de Spix (lingula mandibulaire)
17. Crête temporale
18. Apophyse coronoïde
19. Échancrure sigmoïde.

**Figure 6** : Vue interne du maxillaire inférieur. (9)

L'anatomie de la ligne mylo-hyoïdienne et des structures environnantes est à prendre en compte pour la planification du traitement prothétique. La résorption osseuse aboutit à une diminution de la crête qui se rapproche de la ligne mylo-hyoïdienne.

La base de la prothèse amovible devra profiter de cette région pour fournir une surface d'appui maximale sur la crête mandibulaire terminale.

Sur le moulage, la ligne mylo-hyoïdienne se distingue car il s'agit du point le plus saillant de la table interne. Elle peut-être aussi définie, si on trace une courbe sur notre trait de coupe côté lingual, comme le point d'inflexion de cette courbe (l'endroit où la courbe change de direction).



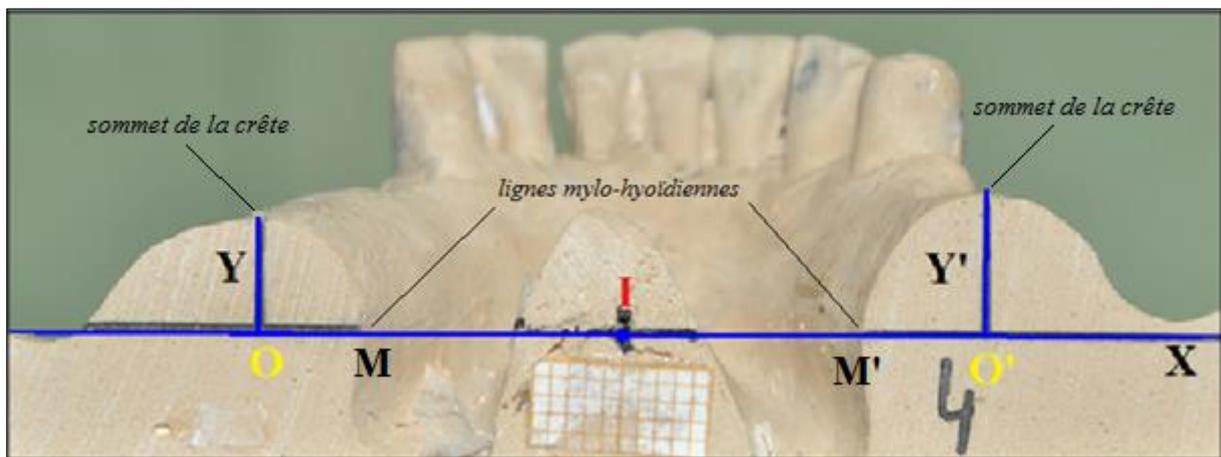
**Figure 7 :** Exemple de moulage sur lequel la ligne mylo-hyoïdienne s'apparente au point le plus saillant de la courbe côté lingual (*ici en bleu*). (Source : document personnel)



**Figure 8 :** Exemple de moulage sur lequel la ligne mylo-hyoïdienne est représentée par le point d'inflexion de la courbe côté lingual (*ici en bleu*). (Source : document personnel)

Sur le moulage il a également été tracé (*figure ci-dessous*) :

- L'axe des **X** : droite passant par les deux points correspondant à la ligne mylo-hyoïdienne (M secteur 3 et M' secteur 4). Il a été nécessaire de choisir ces deux points car il n'existe pas de repère anatomique fiable au niveau vestibulaire.
- L'axe des **Y** et **Y'** : perpendiculaire à l'axe des X passant par le sommet de la courbe que dessine la coupe de la crête (ligne faitière). (Y pour la crête secteur 3 et Y' pour la crête secteur 4).
- Les points **O** et **O'** : point d'intersection de Y sur X (O pour le secteur 3) et point d'intersection de Y' sur X (O' pour le secteur 4).
- Le point **I** : milieu du segment OO' donc équidistant du point O et O'.



**Figure 9** : Tracé réalisé manuellement sur le moulage en vue de l'étape photographique (*ici le tracé a été réalisé informatiquement pour une meilleure compréhension*). (Source : document personnel)

A l'aide du taille plâtre le socle du moulage (plan horizontal) est taillé de manière à être le plus parallèle possible à l'axe des X. Pour cela, la distance entre le socle et l'axe des X est mesurée en 2 points à l'aide du pied à coulisse, une droite est ainsi tracée et sert de repère lors de la taille. Pour finir, un petit bout de papier millimétré doit être positionné au centre du moulage pour être dans l'axe optique de l'objectif de l'appareil photo numérique (APN) et servir d'élément de calibrage pour l'analyse par logiciel informatique.

## **b. L'utilisation de la photographie**

Cette étape consiste à photographier les crêtes avec un appareil photo numérique réflexe (Nikon® Digital Camera D3000), une optique (AF-S NIKKOR® 18-55mm 1:3.5-5.6G), et un pied photo (Kenlock® 2000 GL) avec une exposition en lumière naturelle complétée par une lumière indirecte.

L'intérêt de la méthode photographique réside dans la possibilité de digitaliser les photographies et de les agrandir sur ordinateur, ce qui permettra à l'aide d'un logiciel dédié de réaliser des mesures précises au 1/100<sup>ième</sup> de millimètre.

### ✓ **Position du moulage en plâtre :**

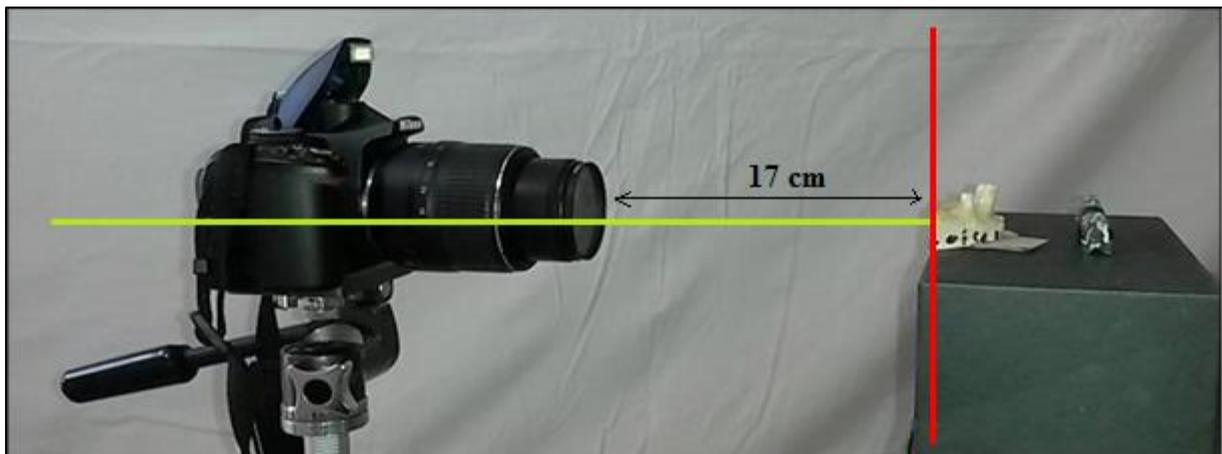
Le moulage est placé sur un support rigide devant un arrière-fond vert. Le support doit être de niveau (vérification avec un niveau à bulle).

Le moulage est positionné grâce à une équerre, l'opérateur vérifie que la coupe de la crête (plan frontal) soit bien perpendiculaire au plan horizontal représenté par le support. Si ce n'est pas le cas, l'orthogonalité doit être recherchée en ajoutant sous le modèle des lames jauges. Une fois celui-ci correctement ajusté, il ne doit plus être modifié.

Ces précautions permettent de s'affranchir des aberrations sphériques que l'on pourrait avoir sur le côté de l'image. (10)

### ✓ **Position de l'appareil photo numérique :**

L'axe optique de l'APN doit être orthogonal au plan de coupe du moulage.



**Figure 10** : Position de l'APN et du moulage : *en vert* l'axe optique de l'APN et *en rouge* le plan de coupe du moulage. (Source : document personnel)

L'optique de l'appareil photo est installée à une distance de 17cm du moulage. Le pied photo est réglé de tel sorte que l'APN soit horizontal (vérification à l'aide d'un niveau à bulle).



**Figure 11** : « L'atelier photo ». (Source : document personnel)

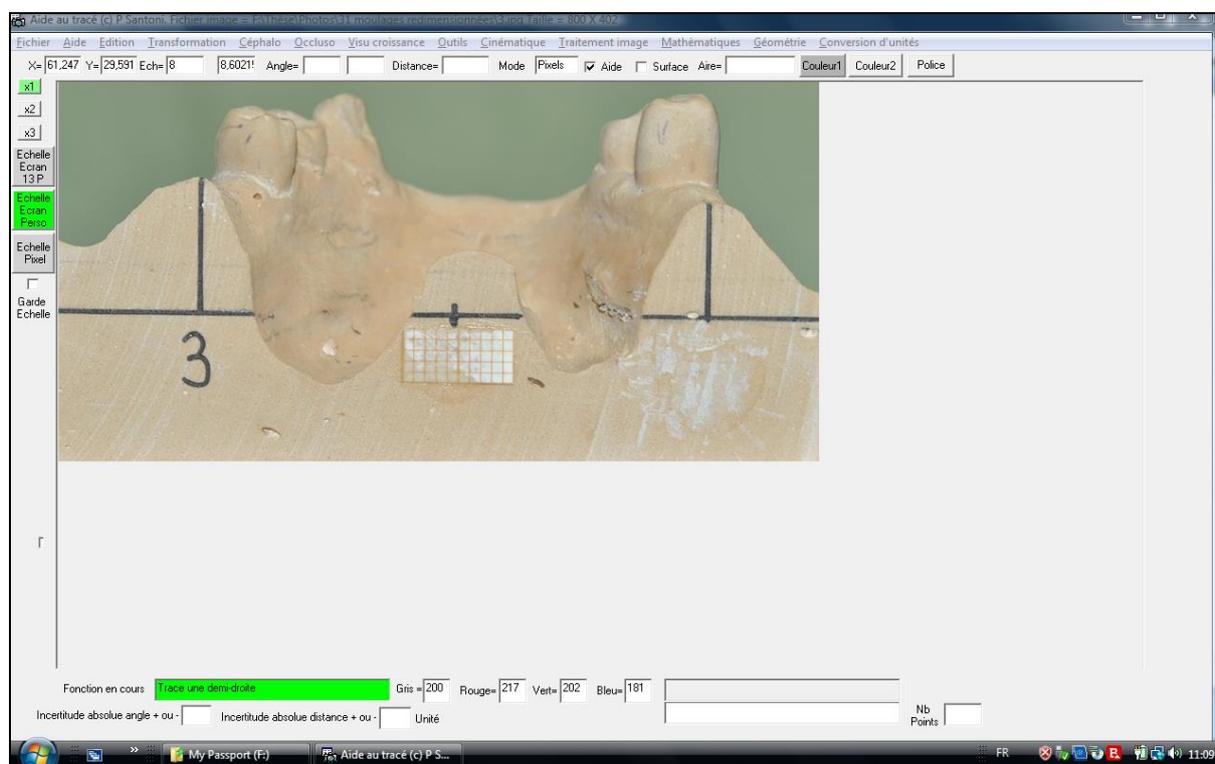
La zone de mise au point de l'appareil photo devra correspondre avec le point I de tel sorte que sur la même photo, les crêtes secteurs 3 et 4 soient présentes et que la photo soit centrée.

Le réglage des paramètres propres à l'APN sont les suivants :

<b>Mode</b>	Manuel
<b>Diaphragme</b>	f10
<b>Vitesse d'obturation</b>	1/5s
<b>Avec ou sans flash</b>	Flash
<b>Focale</b>	55mm

### c. Le logiciel de mesure

Les photos sont rognées et redimensionnées (800 pixels) sur Microsoft Office® Picture Manager 2010 avant d'être traitées via un logiciel d'Aide au tracé® créé par P. Santoni.



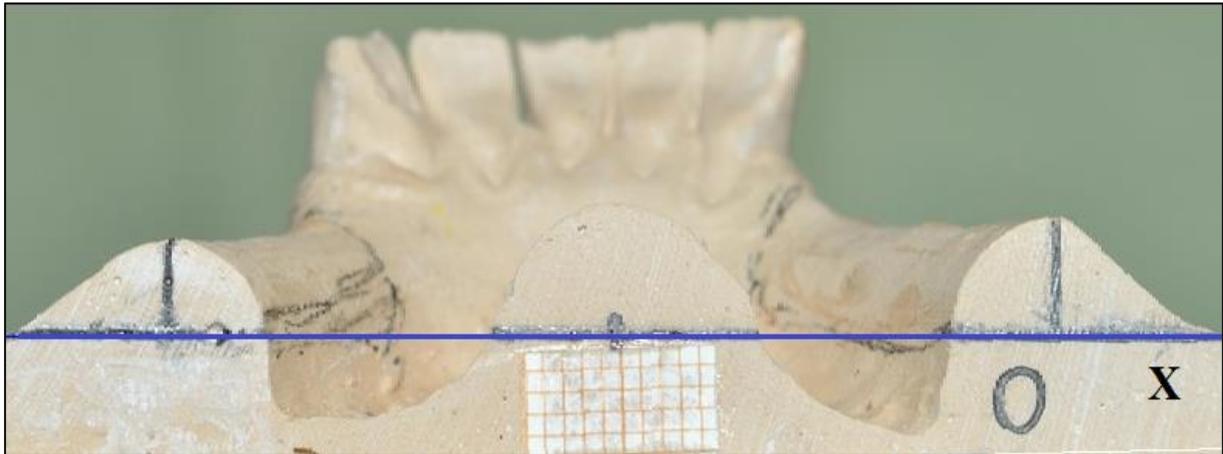
**Figure 12** : Le logiciel d'Aide au tracé®. (Source : document personnel)

L'analyse du tracé aura pour objectif d'évaluer la morphologie des crêtes édentées et la largeur inter-crête de l'arcade mandibulaire (distance OO') par l'intermédiaire de différentes mesures détaillées dans le *tableau* ci-dessous.

	Secteur 3	Secteur 4
<b>Hauteur</b>	Y	Y'
<b>Largeur ½ crête linguale</b>	OM	O'M'
<b>Surface ½ crête linguale</b>	S <sub>o</sub>	S <sub>o</sub> '
<b>Angle</b>	Tan <sub>M</sub> et X	Tan <sub>M'</sub> et X
<b>Largeur inter-crête OO'</b>		

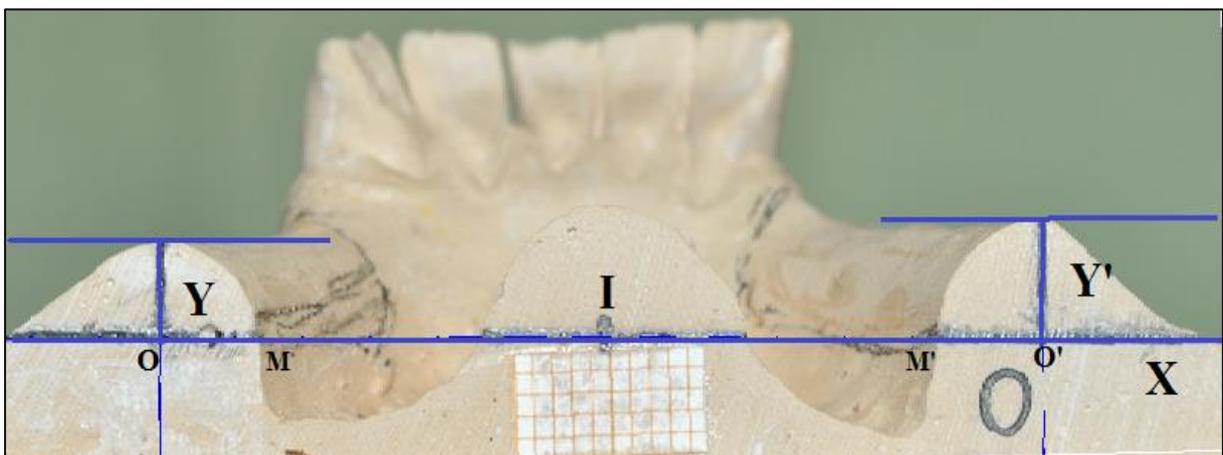
La chronologie des manipulations effectuées sur le logiciel informatique ont été les suivantes :

1. Mettre la photo à l'échelle grâce au papier millimétré  
Géométrie → Met à l'échelle → Ech → Mesure sur le papier millimétré
2. Tracé de l'axe des X : de M à M'  
Géométrie → Trace une demi-droite  
Transformation → Translation du segment



**Figure 13** : Tracé de l'axe des X (en bleu). (Source : document personnel)

3. Tracé de la parallèle à l'axe des X passant par le sommet de chaque crête  
Géométrie → Trace une droite parallèle
4. Tracé des axes Y et Y' : perpendiculaire à l'axe des X passant par le sommet de chaque crête  
Géométrie → Abaisse une perpendiculaire
5. Hauteur : Y (secteur 3) et Y' (secteur 4)  
Géométrie → Mesure distance
6. Distance centre à centre des deux crêtes : OO'  
Géométrie → Mesure distance
7. Largeur de la ½ crête linguale : OM (secteur 3) et O'M' (secteur 4)  
Géométrie → Mesure distance

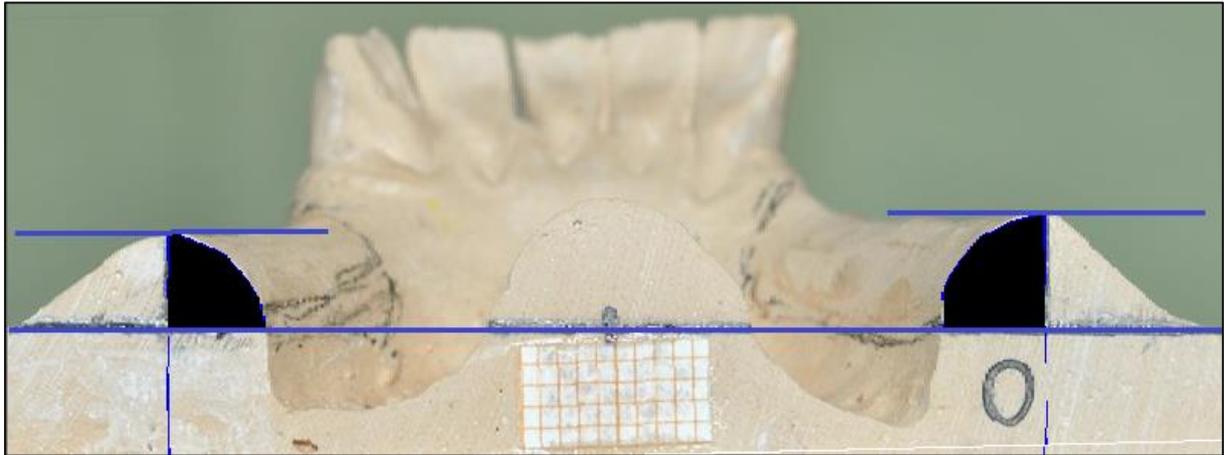


**Figure 14** : Tracé de la parallèle à l'axe des X passant par le sommet de la crête et tracé de l'axe Y et Y'. L'intersection de l'axe Y sur l'axe X est le point O (secteur 3). L'intersection de l'axe Y' sur l'axe X est le point O' (secteur 4). (Source : document personnel)

8. Surface de la ½ crête linguale pour chaque crête

Géométrie → Trace un segment (tout le long de la crête linguale)

Géométrie → Calcul surface et remplit figure fermée



**Figure 15** : Surface de la demi-crête linguale (*en noir*). (Source : document personnel)

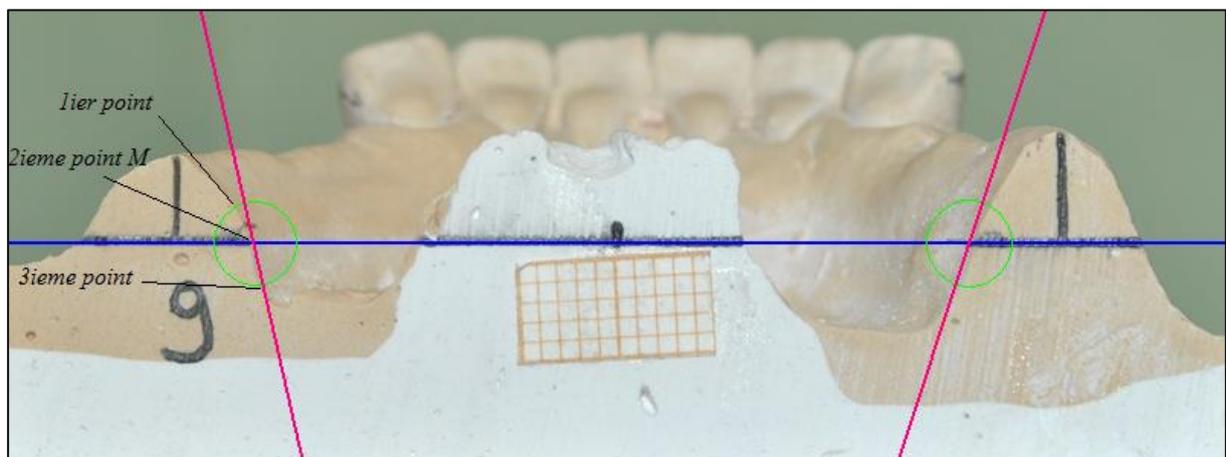
9. Tangente aux points M et M'

Géométrie → Cercle → Trace cercle à partir centre et un point

Mathématiques → Trace et calcul de tangente

10. Angle aigu entre la tangente et l'axe des X pour chaque crête

Géométrie → Angle → Mesure angle



**Figure 16** : Tangente aux points M et M' (*en rouge*) tracée grâce aux cercles (*en vert*).  
L'angle est mesuré entre la tangente et l'axe des X pour chacun des deux secteurs.  
(Source : document personnel)

La principale difficulté pour déterminer la tangente est dû à la reproductibilité du tracé qui doit être le même sur chaque moulage. Pour s'affranchir de ce problème, il faut définir trois points sur la courbe linguale de notre section de crête qui seront identiques sur chacun des moulages.

Ces points sont obtenus par le tracé d'un cercle de 4mm de diamètre ayant pour centre le point M (ou M'). Le premier et le troisième point sont l'intersection du cercle avec la courbe linguale et le deuxième point est le centre du cercle (M ou M').

Toutefois, lorsqu'il s'agit de moulage corrigé, il est quelque fois impossible d'obtenir le troisième point car la préparation de ce moulage impose que la limite linguale de la crête se termine au niveau de la ligne mylo-hyoïdienne.

## II. RESULTATS

### 1) Résultats de l'étude

Les résultats « bruts » ont été répertoriés dans différents tableaux.

Le *tableau* ci-dessous détaille pour chaque moulage quels sont l'âge et le sexe du patient.

Numéro du moulage	Age (années)	Sexe (F ou M)
0	<i>Inconnu</i>	<i>Inconnu</i>
1	<i>Inconnu</i>	<i>Inconnu</i>
2	63	F
3	<i>Inconnu</i>	<i>Inconnu</i>
4	60	M
5	69	F
6	45	M
7	79	M
8	65	F
9	55	F
10	65	F
11	70	F
12	59	F
13	70	M
14	<i>Inconnu</i>	<i>Inconnu</i>
15	77	M
16	55	M
17	61	M
18	62	F
19	<i>Inconnu</i>	<i>Inconnu</i>
20	52	F
21	67	F
22	46	M
23	<i>Inconnu</i>	<i>Inconnu</i>
24	<i>Inconnu</i>	<i>Inconnu</i>
25	<i>Inconnu</i>	<i>Inconnu</i>
26	61	M
27	<i>Inconnu</i>	<i>Inconnu</i>
28	<i>Inconnu</i>	<i>Inconnu</i>
29	53	M
30	74	F
31	39	M

Le *tableau* ci-dessous rassemble les différentes mesures obtenues après interprétation des photographies via le logiciel de mesure. Toutes les valeurs sont accompagnées de leurs incertitudes absolues. Pour chaque crête, il a été relevé : la hauteur, la largeur de la demi-crête linguale, la surface de la demi-crête linguale, l'angle qu'il existe entre la tangente à la coupe côté lingual et l'axe des X et la distance inter-crête.

Numéro du moulage	Hauteur (mm)		Largeur ½ crête linguale (mm)		Surface ½ crête linguale (mm <sup>2</sup> )		Angle entre la tangente au point M (M') et l'axe X (degré)		Distance centre à centre des crêtes (mm) OO'
	Y secteur 3	Y' secteur 4	OM secteur 3	O'M' secteur 4	secteur 3	secteur 4	secteur 3	secteur 4	
0	4.58 ±0.16	5.60 ±0.16	5.13 ±0.16	5.37 ±0.16	21.37 ±0.16	27.58 ±0.16	84.9 ±0.2	81.2 ±0	45.23 ±0.16
1	7.17 ±0.16	6.69 ±0.16	7.66 ±0.16	5.64 ±0.16	49.79 ±0.16	33.74 ±0.16	75.9 ±0.8	79.1 ±0.8	45.46 ±0.16
2	6.22 ±0.18	4.34 ±0.18	5.09 ±0.18	2.92 ±0.19	32.03 ±0.18	23.69 ±0.18	85.7 ±0.1	70.8 ±0.9	46.01 ±0.19
3	12.59 ±0.17	10.55 ±0.17	4.85 ±0.17	6.13 ±0.17	56.32 ±0.17	55.99 ±0.17	81 ±0.4	79.8 ±0.3	45.44 ±0.17
4	6.12 ±0.17	7.98 ±0.17	6.03 ±0.16	7.13 ±0.17	40.44 ±0.17	52.47 ±0.17	102.6 ±0.8	93.4 ±0	40.77 ±0.17
5	6.09 ±0.18	4.44 ±0.18	3.13 ±0.17	5.22 ±0.17	24.31 ±0.18	25.77 ±0.18	69 ±0	67.1 ±0.3	44.45 ±0.17
6	7.70 ±0.19	8.92 ±0.19	3.19 ±0.18	4.98 ±0.19	33.46 ±0.19	46.08 ±0.19	61.8 ±0.4	69.9 ±0.7	49.67 ±0.19
7	12.38 ±0.18	6.82 ±0.18	9.33 ±0.18	5.65 ±0.18	74.13 ±0.18	39.45 ±0.18	33.4 ±0.5	91.8 ±0	49.06 ±0.18
8	6.86 ±0.17	6.04 ±0.17	4.73 ±0.17	4.73 ±0.17	33.21 ±0.16	32.53 ±0.16	71.6 ±0.9	74.3 ±0.6	42.53 ±0.16
9	4.70 ±0.15	6.11 ±0.15	3.68 ±0.15	4.78 ±0.16	20.84 ±0.15	27.36 ±0.15	77 ±0.9	71.8 ±0.7	45.36 ±0.16
10	5.28 ±0.17	6.64 ±0.17	5.11 ±0.17	4.94 ±0.17	29.84 ±0.17	32.32 ±0.17	76.9 ±0.9	82.7 ±0.8	45.18 ±0.17
11	5.98 ±0.15	6.84 ±0.16	6.99 ±0.16	6.99 ±0.15	35.15 ±0.15	35.33 ±0.15	39.9 ±0.7	32.6 ±0.6	47.31 ±0.15
12	6.68 ±0.17	6.59 ±0.17	4.57 ±0.17	5.45 ±0.18	29.93 ±0.17	27.86 ±0.17	62.6 ±0.8	44.4 ±0.3	42.88 ±0.18
13	7.66 ±0.17	8.34 ±0.17	4.82 ±0.17	4.99 ±0.18	36.29 ±0.17	41.26 ±0.17	61.1 ±0.9	79.6 ±0.5	47.65 ±0.17
14	4.74 ±0.19	2.70 ±0.19	5.40 ±0.19	5.58 ±0.19	30.85 ±0.19	22.36 ±0.19	54.7 ±0.7	43.3 ±0.3	47.45 ±0.19
15	5.63 ±0.17	8.91 ±0.17	9.08 ±0.17	6.64 ±0.17	53.56 ±0.17	51.46 ±0.17	93.4 ±0.8	86 ±0.7	49.92 ±0.17
16	7.07 ±0.16	6.74 ±0.16	6.00 ±0.17	6.58 ±0.17	39.70 ±0.17	37.15 ±0.17	80.4 ±0.9	90.8 ±0.9	44.06 ±0.17
17	6.92 ±0.15	8.08 ±0.16	4.62 ±0.15	5.54 ±0.15	26.87 ±0.15	36.25 ±0.15	62.6 ±0.9	62.5 ±0.6	44.31 ±0.15
18	5.80 ±0.17	4.65 ±0.17	2.12 ±0.16	2.86 ±0.17	20.06 ±0.16	20.27 ±0.16	80.2 ±0.8	67.7 ±0.6	43.59 ±0.16
19	12.10 ±0.2	14.14 ±0.2	6.15 ±0.19	6.93 ±0.2	63.35 ±0.19	86.02 ±0.19	84.2 ±0.9	83.7 ±0.8	51.41 ±0.19
20	6.29 ±0.14	6.50 ±0.14	5.13 ±0.13	4.65 ±0.14	26.59 ±0.13	22.53 ±0.13	55.5 ±1	pas de tangente	40.69 ±0.13
21	5.93 ±0.14	6.43 ±0.14	2.86 ±0.14	4.93 ±0.15	19.39 ±0.15	28.59 ±0.15	65.9 ±0.8	58.7 ±0.4	35.21 ±0.14
22	10.69 ±0.15	9.62 ±0.15	4.54 ±0.16	8.15 ±0.16	41.69 ±0.15	59.88 ±0.15	87 ±0.8	70.1 ±0.5	44.70 ±0.16

<b>23</b>	7.02 ±0.17	7.43 ±0.17	6.61 ±0.16	6.20 ±0.17	39.19 ±0.16	37.06 ±0.16	85.8 ±0.7	65.4 ±0.4	47.51 ±0.16
<b>24</b>	6.74 ±0.17	8.16 ±0.17	3.33 ±0.17	2.83 ±0.17	25.30 ±0.17	28.44 ±0.17	62.3 ±0.7	85.6 ±0.5	41.80 ±0.17
<b>25</b>	6.13 ±0.15	7.38 ±0.16	5.59 ±0.16	7.69 ±0.16	34.82 ±0.16	49.42 ±0.16	91.1 ±0.7	84.9 ±0.5	43.40 ±0.16
<b>26</b>	5.08 ±0.16	3.06 ±0.16	5.23 ±0.15	6.57 ±0.15	23.48 ±0.15	20.82 ±0.15	46.1 ±0.9	24.8 ±0.1	48.19 ±0.14
<b>27</b>	8.00 ±0.16	7.67 ±0.16	6.45 ±0.16	6.61 ±0.16	41.91 ±0.16	48.90 ±0.16	44.3 ±0.9	75.1 ±0.5	49.55 ±0.16
<b>28</b>	7.24 ±0.16	7.70 ±0.16	10.13 ±0.15	8.53 ±0.15	45.02 ±0.15	51.58 ±0.15	26.9 ±1	49 ±0.4	49.07 ±0.15
<b>29</b>	5.89 ±0.17	7.91 ±0.17	7.24 ±0.17	7.16 ±0.17	39.21 ±0.17	45.73 ±0.17	73.9 ±0.7	89.9 ±0.7	47.23 ±0.17
<b>30</b>	9.98 ±0.15	8.15 ±0.15	6.4 ±0.15	6.25 ±0.16	52.53 ±0.16	36.43 ±0.16	62.7 ±0.4	48.9 ±0.7	41.07 ±0.15
<b>31</b>	9.24 ±0.17	9.59 ±0.17	7.74 ±0.19	7.65 ±0.19	59.09 ±0.19	60.70 ±0.19	90.3 ±0.1	68.7 ±0.8	47.33 ±0.18

## 2) Analyse statistique

L'objectif de cette partie est de rassembler et de présenter clairement l'ensemble des observations sous forme de statistique descriptive.

Les données recueillies sont de type quantitatif, ainsi, pour chacun des résultats obtenus, l'analyse statistique a consisté à calculer<sup>1</sup> :

- la **moyenne** : il s'agit du rapport de la somme des mesures au nombre de mesures effectuées mais celle-ci ne suffit pas pour caractériser un ensemble de données.
- l'**écart type** : il s'agit de la racine carrée de la variance, c'est l'un des paramètres le plus efficace pour rendre compte de la dispersion d'une série de mesures. Plus il est faible et plus les valeurs sont regroupées autour de la moyenne (homogène).
- le **coefficient de corrélation de Pearson**: nombre sans dimension compris entre -1 et 1, il reflète la dispersion lors de données quantitatives à deux dimensions (exemple : l'âge et la hauteur des crêtes). Ce coefficient permet de conclure à une corrélation s'il est égal à 1, inversement, plus il est petit moins il y a de corrélation entre les deux variables.
- Le **pourcentage de l'écart-type par rapport à la moyenne** : encore appelé écart moyen relatif, ce paramètre de dispersion exprime de combien les valeurs « s'écartent » de la valeur centrale, en valeur relative. Plus il est élevé plus les valeurs sont dispersées sur une courbe Normale, inversement, les valeurs sont groupées et centrées s'il est faible.

Les résultats de l'étude ont été schématisés au moyen d'histogrammes dans lesquels les moulages ont été répartis en 6 classes ( $\sqrt{N} = \sqrt{32} = 5.6$ ). Il a également été réalisé une analyse à l'échelle de l'arcade et non plus de l'hémi-arcade, rassemblant les crêtes des secteurs droit et gauche, permettant d'augmenter notre échantillonnage. (11)

Dans un souci de clarté, les résultats sont colorés de la façon suivante :

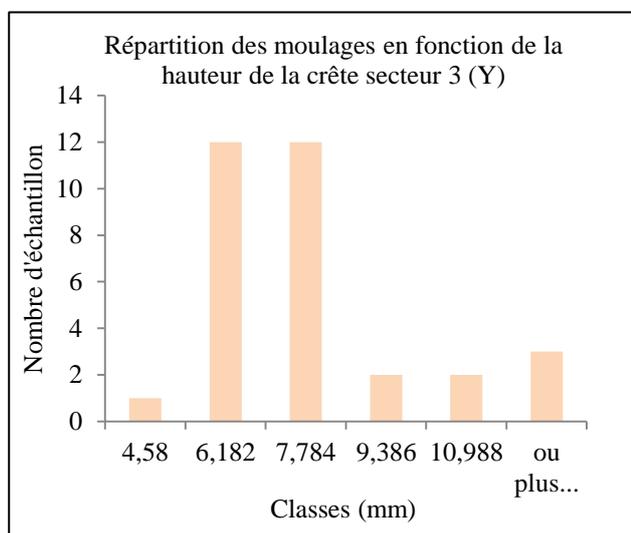
-  Secteur gauche (secteur 3).
-  Secteur droit (secteur 4).
-  Les deux secteurs confondus (secteur 3 + 4).

---

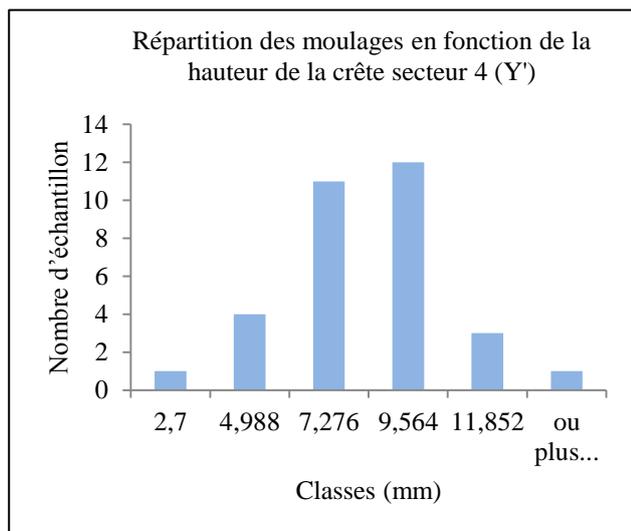
<sup>1</sup> Les valeurs de moyenne, écart-type, coefficient de corrélation et écart moyen relatif ont été arrondies au 1/100<sup>ième</sup>.

### a. La hauteur de la crête

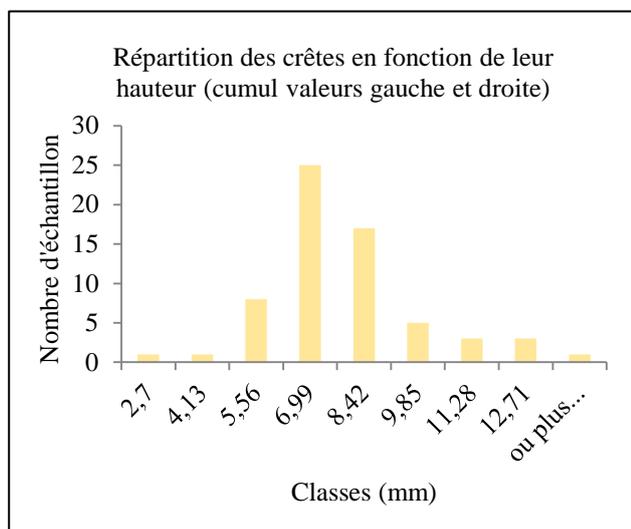
	Y	Y'	Y + Y'
<b>Moyenne (mm)</b>	7.20	7.21	7.21
<b>Ecart-type (mm)</b>	2.18	2.20	2.17
<b>Ecart moyen relatif (%)</b>	30.30	30.48	30.15



Classes	Nb d'échantillon
4,58	1
6,182	12
7,784	12
9,386	2
10,988	2
Plus	3



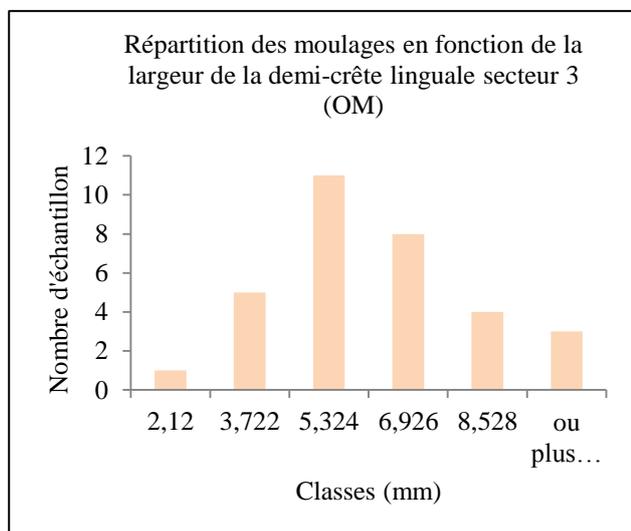
Classes	Nb d'échantillon
2,7	1
4,988	4
7,276	11
9,564	12
11,852	3
Plus	1



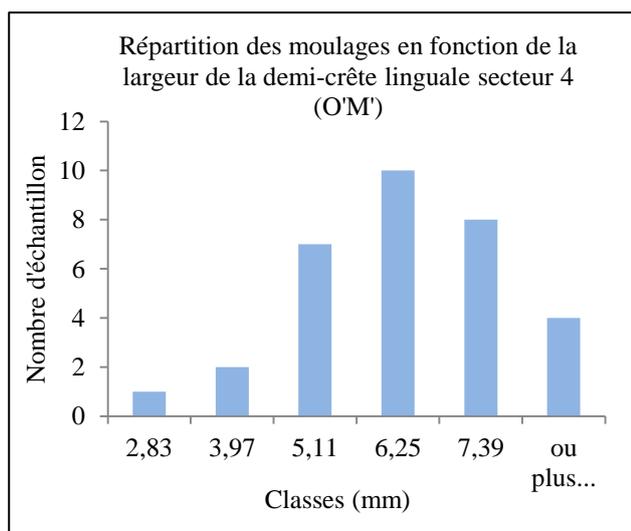
Classes	Nb d'échantillon
2,7	1
4,13	1
5,56	8
6,99	25
8,42	17
9,85	5
11,28	3
12,71	3
Plus	1

## b. La largeur de la demi-crête linguale

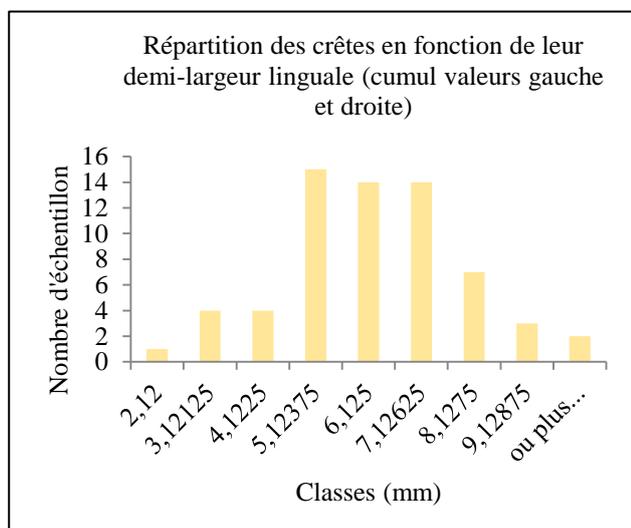
	OM	O'M'	OM + O'M'
Moyenne (mm)	5.59	5.82	5.71
Ecart-type (mm)	1.88	1.42	1.66
Ecart moyen relatif (%)	33.62	24.33	29.01



Classes	Nb d'échantillon
2,12	1
3,722	5
5,324	11
6,926	8
8,528	4
Plus	3



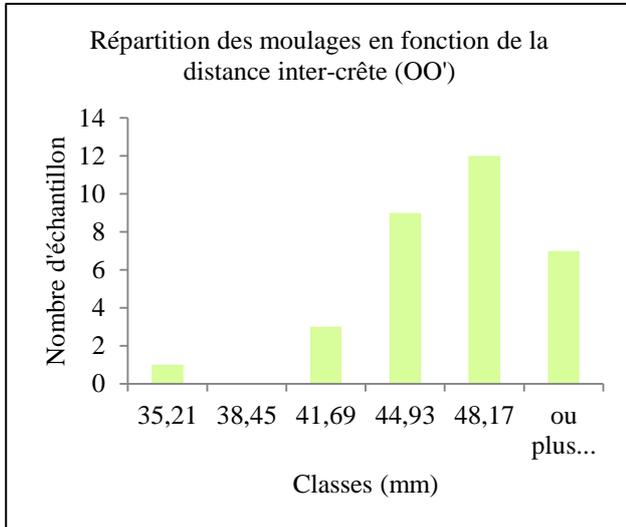
Classes	Nb d'échantillon
2,83	1
3,97	2
5,11	7
6,25	10
7,39	8
Plus	4



Classes	Nb d'échantillon
2,12	1
3,12125	4
4,1225	4
5,12375	15
6,125	14
7,12625	14
8,1275	7
9,12875	3
Plus	2

c. La distance inter-crête

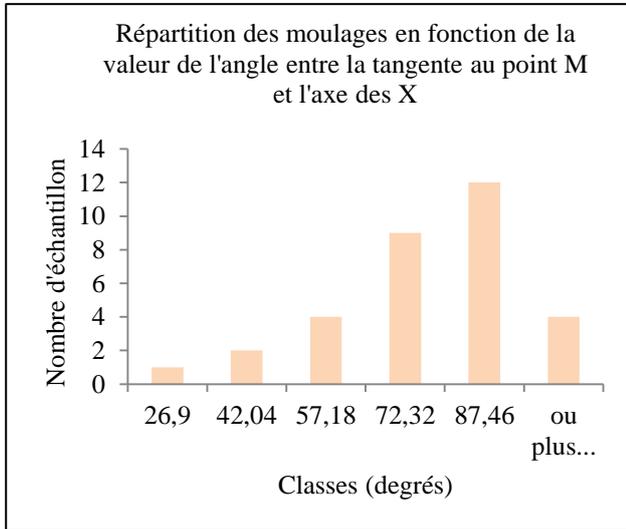
	OO'	Y/OO'	Y'/OO'
<b>Moyenne</b>	45.42 mm	0.16	0.16
<b>Ecart-type</b>	3.39	0.05	0.05
<b>Ecart moyen relatif (%)</b>	7.47		



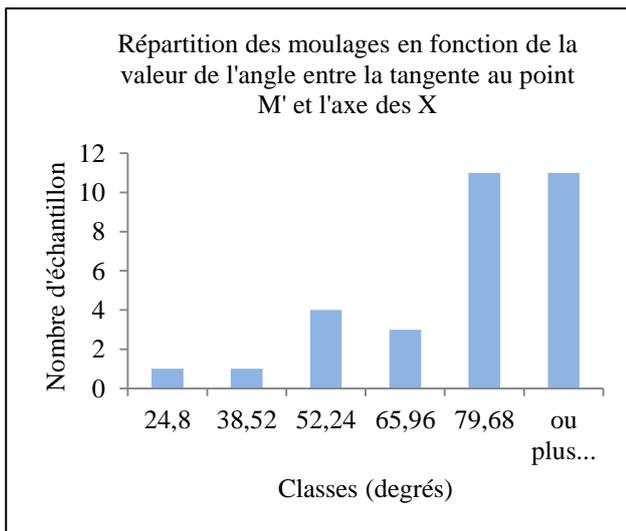
Classes	Nb d'échantillon
35,21	1
38,45	0
41,69	3
44,93	9
48,17	12
Plus	7

**d. L'angle lingual entre la tangente et l'axe des X**

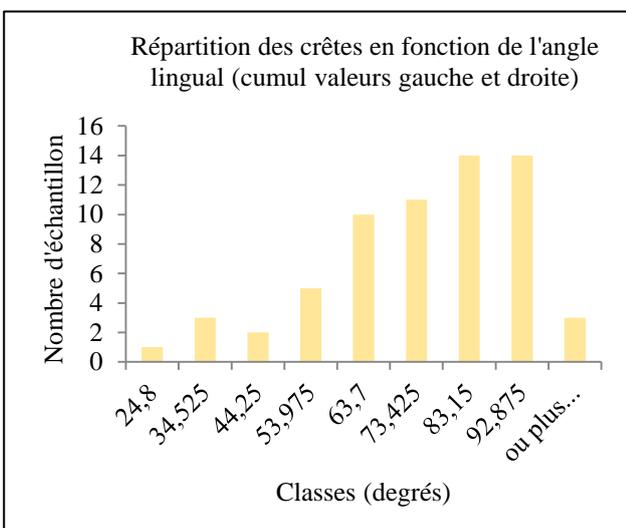
	Angle tan(M)X	Angle tan(M')X	Angle M + Angle M'
<b>Moyenne (degré)</b>	69.71	70.12	69.91
<b>Ecart-type (degré)</b>	18.25	17.59	17.78
<b>Ecart moyen relatif (%)</b>	26.18	25.09	25.44



Classes	Nb d'échantillon
26,9	1
42,04	2
57,18	4
72,32	9
87,46	12
Plus	4



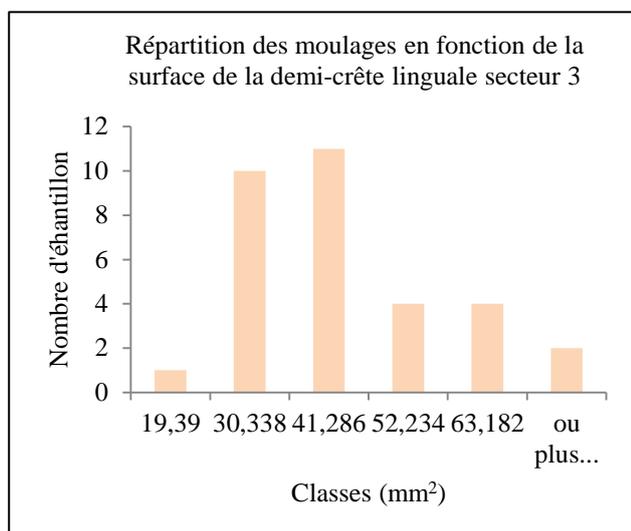
Classes	Nb d'échantillon
24,8	1
38,52	1
52,24	4
65,96	3
79,68	11
Plus	11



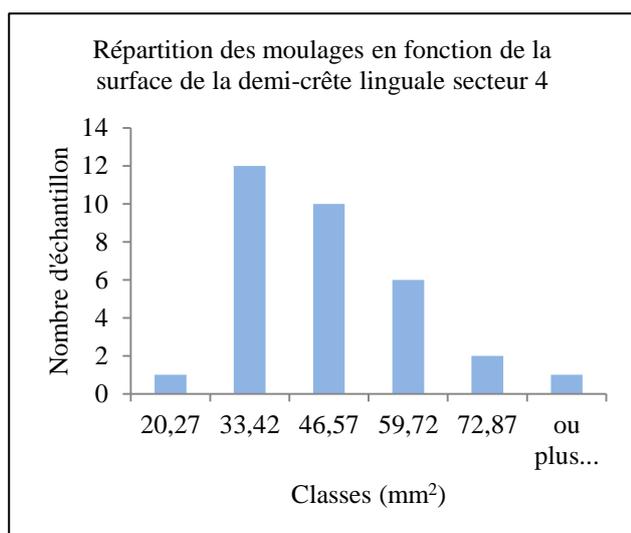
Classes	Nb d'échantillon
24,8	1
34,525	3
44,25	2
53,975	5
63,7	10
73,425	11
83,15	14
92,875	14
Plus	3

e. La surface de la demi-crête linguale

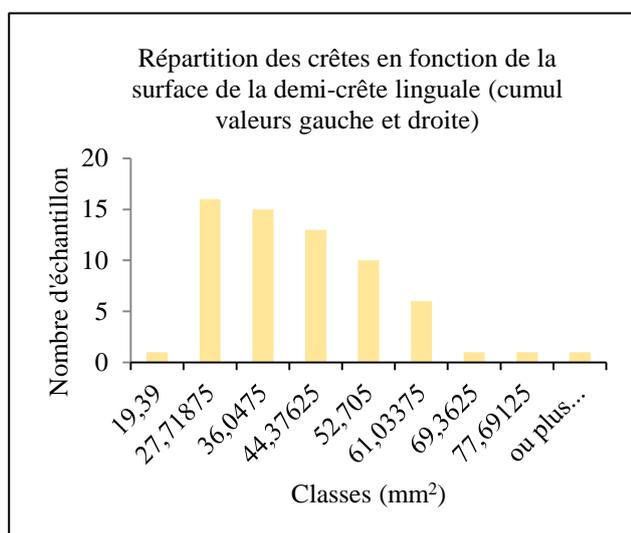
	Surface ½ crête linguale secteur 3	Surface ½ crête linguale secteur 4	Surface secteur 3 + surface secteur 4
Moyenne (mm <sup>2</sup> )	37.49	38.91	38.20
Ecart-type (mm <sup>2</sup> )	13.61	14.60	14.02
Ecart moyen relatif (%)	36.29	37.52	36.69



Classes	Nb d'échantillon
19,39	1
30,338	10
41,286	11
52,234	4
63,182	4
Plus	2



Classes	Nb d'échantillon
20,27	1
33,42	12
46,57	10
59,72	6
72,87	2
Plus	1



Classes	Nb d'échantillon
19,39	1
27,71875	16
36,0475	15
44,37625	13
52,705	10
61,03375	6
69,3625	1
77,69125	1
Plus	1

## f. L'âge

Les données relatives à l'âge ont été recueillies sur 22 moulages. Nous avons choisi d'analyser statistiquement l'âge et les différentes mesures effectués sur les modèles mandibulaires. Le coefficient de corrélation de Pearson a été calculé pour la hauteur de crête, la distance inter-crête, la largeur de la demi-crête linguale, l'angle entre la tangente aux lignes mylo-hyoïdiennes et l'axe des X et la surface de la demi-crête linguale.

	Y	Y'	OM	O'M'	OO'	Angle tan(M)X	Angle tan(M')X	Surface ½ crête linguale secteur 3	Surface ½ crête linguale secteur 4
Coefficient corrélation	0.002	-0.28	0.25	-0.23	-0.02	-0.34	-0.03	0.17	-0.31

L'ensemble de ces résultats vont être interprétés dans la partie « Interprétation des résultats » présentée dans le chapitre « Discussion ».

### **III. DISCUSSION**

#### **1) Limites de l'étude**

Dans chaque protocole expérimental, il existe des limites et des biais qu'il est nécessaire d'analyser et de prendre en compte lors de l'interprétation des résultats.

Tout d'abord, il existe des **biais de sélection** étant donné que l'échantillon étudié est issu d'une population venant exclusivement d'un centre hospitalo-universitaire. Le nombre de moulages est également peu important.

Ces deux points auraient pu être résolus en utilisant des modèles provenant de chirurgiens-dentistes libéraux des BdR. Cependant le principal inconvénient est que nous ne pouvons pas contrôler la qualité de l'empreinte et l'aménagement du porte empreinte qui doit être impérativement effectué avec une pâte thermoplastique (Stent's<sup>®</sup>) pour une visualisation correcte de la ligne mylo-hyoïdienne.

Au niveau du protocole a proprement parlé, les difficultés ont été :

- Sur le moulage en plâtre, la **ligne mylo-hyoïdienne** peut avoir 2 aspects : d'une part une ligne saillante facile à repérer, d'autre part une forme légèrement sinusoïdale beaucoup plus difficile à interpréter. Dans ce dernier cas nous choisirons le point de changement de courbure (en mathématiques : point d'inflexion de la courbe représentée par la table osseuse interne). Cette détermination a été effectuée par deux observateurs après s'être mis en accord sur la localisation de ce point.
- Il est nécessaire de déterminer un **plan de coupe** dans le sens frontal qui soit au voisinage (dans le sens antéro-postérieur) de la position du milieu des premières molaires quand elles étaient présentes. Nous avons décidé arbitrairement d'utiliser la distance moyenne entre ces dents et le « point de contact » distal, quand il existait, de la dent bordant l'édentement. Par exemple, dans l'éventualité où les premières prémolaires sont les dents mésiales bordant l'édentement, on utilisera leur « point de contact » distal, si elles sont absentes nous nous appuyerons sur le « point de contact » distal de la canine et ainsi de suite. Les valeurs moyennes calculées par *Wheeler* (6) peuvent être quelque peu différentes d'un patient à un autre, mais une variation de quelques millimètres n'aura que peu d'incidence sur nos mesures. De plus, des migrations parasites des dents résiduelles (versions, diastèmes, égressions...) peuvent encore altérer nos résultats.

Un autre biais est dû à la non prise en compte de l'épaisseur de la **fibromuqueuse**, ce qui peut donner une idée trompeuse de l'étendue de la résorption purement osseuse. Certains auteurs se sont affranchis de ce biais et ont étudié uniquement la perte osseuse. Leur échantillon se composait non pas de moulage en plâtre de patients, mais de spécimens secs empruntés à des collections anthropologiques. Dans notre étude, une solution aurait été de mesurer cette épaisseur de fibromuqueuse directement en bouche à l'aide d'un compas d'épaisseur ou d'une sonde parodontale et de la prendre en compte dans nos mesures. Cette éventualité a été rejetée car, étant invasive, elle aurait nécessité un protocole d'essai clinique.

De plus, la mesure de la résorption de crête dans sa globalité présente un intérêt clinique non négligeable. Il s'agit de la structure étroitement en contact et supportant les selles des prothèses amovibles dentaires, ce qui est plus proche de la réalité que la mesure de la résorption purement osseuse.

## 2) Comparaison des différents protocoles expérimentaux

### a. Définition

Le terme **morphologie** est défini par le *Larousse médical* (12) comme « l'étude de la forme et de la structure externe des êtres vivants dans les différentes sciences biologiques ».

Dans le cas du tissu osseux, tissu conjonctif spécialisé qui est constamment remodelé sous l'effet des pressions mécaniques, le changement de morphologie est inhérent à ses caractéristiques cellulaires.

Comme tous les autres os, l'os alvéolaire est remanié mais présente une particularité ; il est présent tout au long de « la vie » de l'organe dentaire, ainsi quand la dent vient à disparaître, celui-ci va progressivement se résorber et former la **crête alvéolaire**.

La **résorption osseuse** (13) est décrite comme « une disparition partielle ou totale d'un organe dont les éléments sont repris par la circulation sanguine ou lymphatique » intégrant ainsi une dimension biologique et cellulaire au phénomène de remodelage.

La perte osseuse progressive est la caractéristique clinique du vieillissement de l'individu. Le rapport moyen de la hauteur de l'os alvéolaire tend à diminuer avec l'âge, toutefois une covariance entre l'âge et la période d'édentement (temps après l'extraction) est à prendre en considération.

L'importance du tissu osseux réside dans le fait qu'il constitue la structure de base des mâchoires édentées et qu'il devra être exploité au mieux par la future prothèse afin de la soutenir et de la stabiliser. Le contour du tissu osseux modèle l'intrados de la prothèse amovible tandis que les fibres musculaires fixées aux surfaces extérieures en déterminent les bords. De même, les implants ostéo-intégrés sont placés dans un volume osseux comportant une morphologie externe et interne qu'il est important de connaître et de comprendre.

C'est pourquoi la morphologie des crêtes alvéolaires dentaires, résultat de la résorption osseuse, fut l'objet de diverses études et classifications.

Il subsiste une information insuffisante concernant la forme des mâchoires édentées, le type d'os résiduel et leur configuration au niveau des régions incisives, prémolaires et molaires.

Quelles sont les différentes classifications qui peuvent répondre à ce défaut d'information ?

## b. Classifications de la résorption osseuse

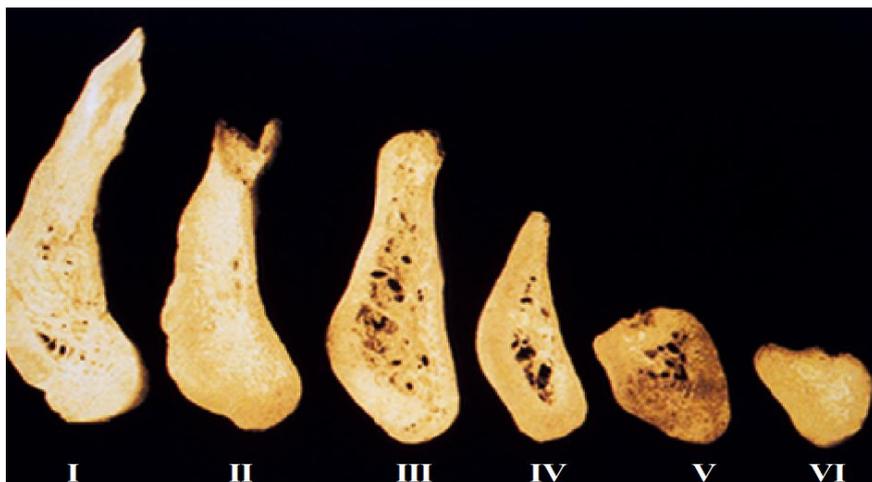
De nombreux auteurs ont établi des classifications du phénomène de résorption, inducteur de la diversité morphologique des crêtes alvéolaires.

Nous détaillerons quatre classifications, celles de : *Atwood, Lekholm et Zarb, Cawood et Howell*, et *Misch et Judy*.

### ✓ Classification d'Atwood

La *figure 17*, décrit les différents stades de résorption osseuse mandibulaire après édentation selon *Atwood* (1971) (1,14) qui l'a qualifiée de chronique, progressive, irréversible, cumulative et multifactorielle.

- **Stade I : Crêtes pré-extractionnelles.** Les corticales sont épaisses.
- **Stade II : Crêtes post-extractionnelles.** Les bords sont aigus et hauts.
- **Stade III : Crêtes résiduelles.** Les bords sont hauts et arrondis. L'alvéole est comblée par un tissu osseux néoformé qui réunit les tables osseuses externe et interne.
- **Stade IV : Crêtes en « lame de couteau ».** La crête est haute et étroite avec une diminution du diamètre vestibulo-lingual.
- **Stade V : Résorption de la « lame de couteau ».** La crête est ronde mais avec un niveau inférieur au stade III, elle est basse et arrondie, les procès alvéolaires ont disparu.
- **Stade VI : Résorption terminale.** Il en résulte une crête concave qui s'est déprimée en surface, le fond de cette dépression étant plus bas que les lignes obliques internes et externes. Lors de la déglutition, le plancher de la bouche par contraction des muscles mylo-hyoïdien et génio-glosse remonte plus haut que le sommet de la crête.

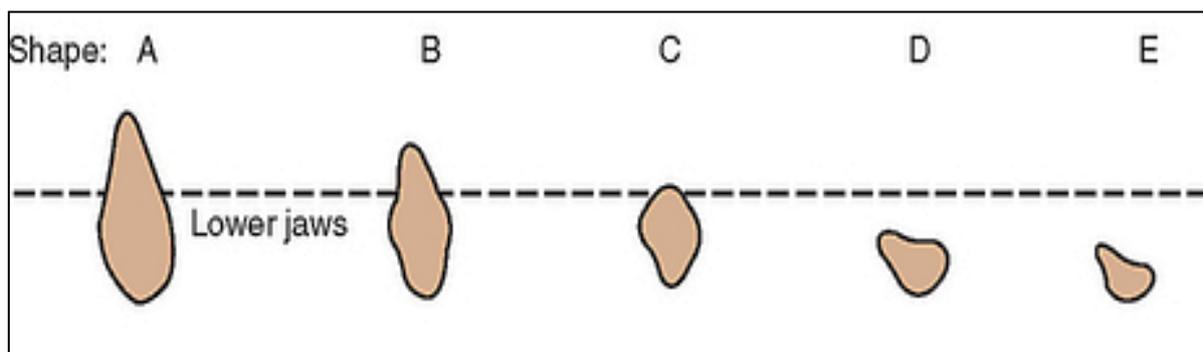


**Figure 17** : Les différents stades de résorption osseuse mandibulaire selon *Atwood* sur spécimens secs. (15)

✓ Classification de Lekholm et Zarb

La figure 18 illustre les différentes divisions de la classification de *Lekholm et Zarb* (1985) (16):

- **Division A** : L'os est abondant dans toutes ses dimensions.
- **Division B** : Résorption mineure de la crête alvéolaire. L'atrophie osseuse est principalement dans le sens vestibulo-lingual, la résorption osseuse se réalisant de manière privilégiée dans le sens de la largeur. La diminution peut atteindre 40% de la largeur de la crête pendant les trois premières années consécutives à la perte de l'organe dentaire, pour ensuite se stabiliser.
- **Division C** : Résorption avancée de la crête alvéolaire à l'os basal. Dans cette division, on considère que l'atrophie est modérée. La résorption osseuse s'effectue dans le sens de la hauteur et de la largeur.
- **Division D** : Résorption initial de l'os basal. L'état d'atrophie est important, la crête osseuse est résorbée dans les deux dimensions.
- **Division E** : Résorption extrême de l'os basal. C'est l'état d'atrophie le plus important. On constate une résorption très importante de l'os alvéolaire.



**Figure 18** : Les différentes divisions selon *Lekholm et Zarb*. (16)

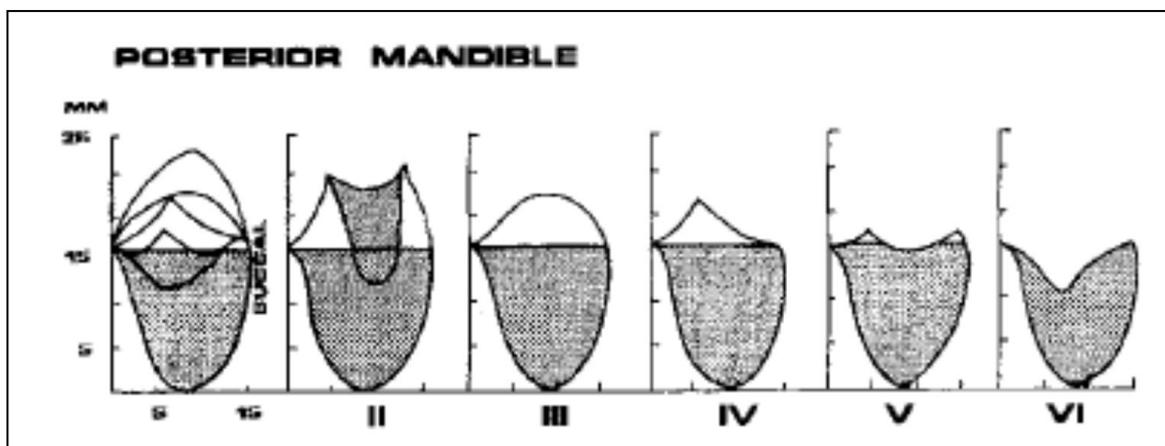
✓ Classification de Cawood et Howell

La *figure 19* apprécie le relief de la crête des six classes selon *Cawood et Howell* (1988) (17,18) qui est actuellement utilisée comme le standard international. La crête résiduelle est formée après l'extraction de la dent et est remaniée principalement par résorption.

Dans leurs études menées en 1988, ils ont montré que la forme de l'os basal reste relativement stable tandis que la forme du procès alvéolaire est remodelée selon l'axe horizontal et vertical et suit un schéma prédictible après la perte de la dent.

Leur classification est basée sur une collection aléatoire de 300 maxillaires et mandibules dentés et édentés. Ils clament que « *la détermination du stade de résorption est accomplie simplement et rapidement par une inspection seulement manuelle et visuelle* ». (17)

- **Classe I** : Crête pré-extraction.
- **Classe II** : Crête post-extraction.
- **Classe III** : Crête large et arrondie avec une largeur et une hauteur suffisantes.
- **Classe IV** : Crête en « lame de couteau » avec une hauteur suffisante et une largeur insuffisante.
- **Classe V** : Crête plate avec une hauteur et une largeur insuffisantes.
- **Classe VI** : Crête déprimée, négative en surface.

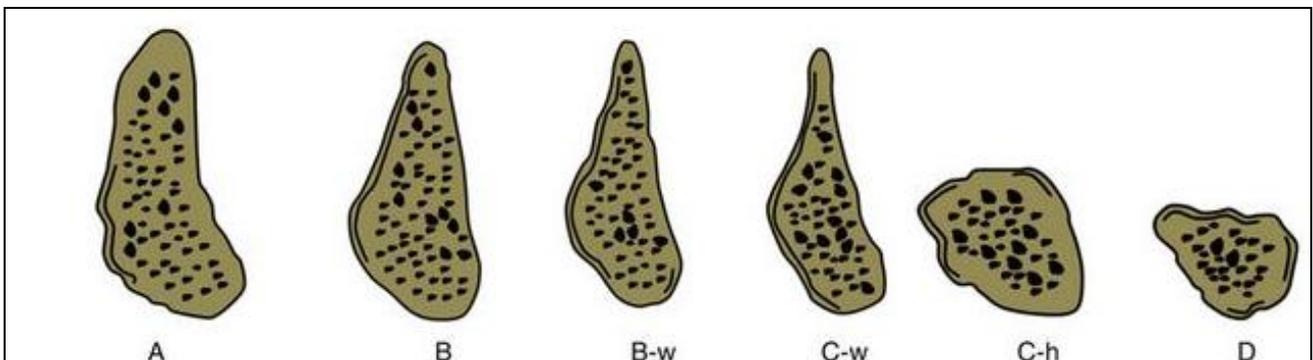


*Figure 19* : Les six classes selon *Cawood et Howell*. (17)

✓ Classification de Misch et Judy

En 1987, *Misch et Judy* (19) ont présenté une classification de l'os disponible en vue de la pose d'un implant dentaire. Pour chaque catégorie ont été proposées des techniques de remodelage osseux, de greffe, des propositions prothétiques appropriées (*non détaillés ici*). Ils ont évalué les paramètres suivants : la largeur, la hauteur (du sommet de la crête aux repères anatomiques, à la mandibule le nerf alvéolaire inférieur), la longueur mésio-distale, l'angulation de l'os et le ratio couronne/corps de l'implant.

- **Division A** : Os abondant dans les trois dimensions.
  - 5 mm ou plus en largeur
  - 10-13 mm ou plus en hauteur
  - 7 mm ou plus en longueur
  - moins de 30° d'angulation
  - moins de 15mm en hauteur coronaire
  - ratio < 1
- **Division B** : Os suffisant, atrophie légère à modérée.
  - **B + w** : 4 à 5 mm de largeur
  - **B - w** : 2,5 à 4mm de largeur
  - 10-13 mm ou plus en hauteur
  - 12 mm ou plus en longueur
  - moins de 20° d'angulation
  - moins de 15mm en hauteur coronaire
  - ratio < 1
- **Division C** : Os compromis, atrophie modérée à avancée dans une ou plusieurs dimensions.
  - **C - w** : 2,5 ou moins en largeur
  - **C - h** : 10 mm ou moins en hauteur
  - **C - a** : plus de 30° d'angulation
  - ratio > 1
- **Division D** : Os insuffisant, atrophie sévère.



**Figure 20** : Les divisions et sous-divisions selon *Misch et Judy*. (20)

Après cet aperçu des différentes classifications utilisées pour répertorier les stades de la résorption osseuse, nous nous sommes interrogés sur les moyens et techniques employés par les divers auteurs afin d'examiner l'effet de l'atrophie sur la morphologie des crêtes alvéolaires.

Les résultats (en termes de mesure) seront peu détaillés car ils ne pourront pas constituer un élément de comparaison fiable étant donné que les références prises pour effectuer les mesures diffèrent du protocole que nous avons mis en place et d'une étude à l'autre.

c. Les différentes méthodes d'évaluation de la résorption osseuse (revue de littérature)

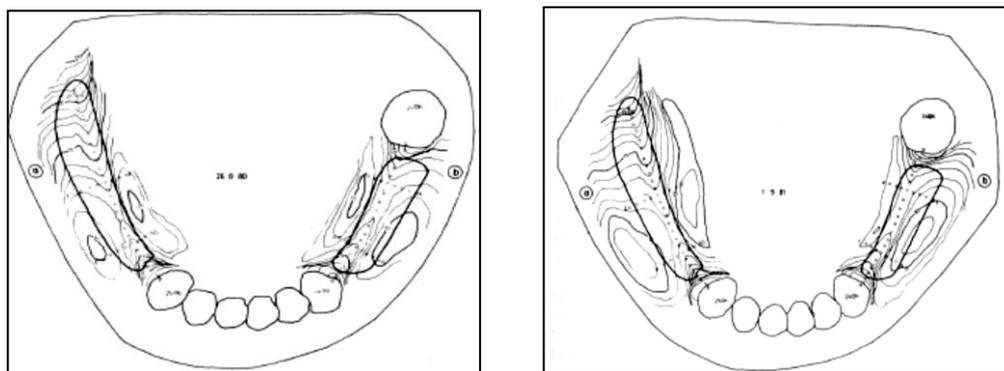
✓ La méthode photogrammétrique

La **photogrammétrie** est une technique permettant de déterminer la forme, les dimensions et le volume d'un objet à partir de « perspectives de cet objet enregistrées photographiquement ». (21,22)

En effet la simple photographie ne fournit pas une information métrique fiable car il s'agit de la projection d'une image en trois dimensions sur un film en deux dimensions.

*Adams et Wilding* (23) en 1985 et *Panduric et al* (24) en 1999 ont utilisé cette méthode d'enregistrement dans les trois dimensions afin d'étudier les caractéristiques morphologiques de crêtes alvéolaires résiduelles sur des moulages en plâtre.

A l'aide de photographies d'un moulage, prises avec des points de vue différents, il est possible de créer un modèle 3D du moulage à partir duquel il sera possible d'effectuer un certains nombres de mesures et une cartographie 3D.



**Figure 21** : Tracé photogrammétrique des moulages dentaires. (23)

Une des difficultés de cette méthode est la bonne réorientation de l'objet, c'est pourquoi il est nécessaire de définir des points de référence. *Adams et Wilding* (23) se sont affranchis de cette difficulté en étudiant des édentements unilatéraux avec modification (Classe II mod 1 de *Kennedy*) qui fournissent une zone de crête alvéolaire et trois points de référence ; les dents bordant l'édentement en mésial et la dernière molaire sur lesquelles ont été réalisées des logettes permettant d'accueillir les taquets d'occlusion de la prothèse amovible à base métallique.

Les études d'*Adams et Wilding* (23) et de *Panduric et al* (24) ont permis de valider la technique photogrammétrique comme méthode d'enregistrement de la forme des crêtes alvéolaires ; les valeurs obtenues se trouvent être en accord avec les données de la littérature de référence.

✓ La méthode cartographique

La **cartographie** de la crête est une procédure qui permet de déterminer l'épaisseur et la largeur de l'os alvéolaire avant un lambeau muco-périosté.

Elle implique une série de mesure avec un compas d'épaisseur dont les extrémités pénètrent dans la muqueuse anesthésiée jusqu'à ce que la surface de l'os soit atteinte. L'estimation de l'épaisseur de l'os est difficile car le contour de la muqueuse peut masquer la dimension réelle de la crête résiduelle. (25,26)



**Figure 22:** Compas de chez 3M<sup>®</sup> pour la cartographie des crêtes. (27)

En 1992, *Traxler et al* (25) ont comparé la largeur de la crête résiduelle par mesure cartographique et échographique. La mesure échographique a produit les mêmes données en tous points que la mesure cartographique mais l'avantage de l'échographie est qu'elle fournit des informations sur l'emplacement de structures telles que le foramen mentonnier et le sinus maxillaire. De plus elle ne nécessite pas d'anesthésie locale de la muqueuse ; elle est non-invasive.

Ces deux techniques sont simples et efficaces pour le diagnostic avant chirurgie implantaire de l'épaisseur. Néanmoins l'essor de l'imagerie tend peu à peu à faire oublier ces méthodes qui semblent archaïques et démodées.

## ✓ L'imagerie en 2 dimensions

La résorption des crêtes alvéolaires résiduelles a depuis toujours suscité un intérêt de la part des différents auteurs les poussant à mesurer et à quantifier celles-ci en utilisant des techniques de radiographies variées.

Ces examens radiologiques font appel à des radiations ionisantes dont l'usage ne peut être autorisé qu'en cas de recherche diagnostique dans l'intérêt du patient et en aucun cas pour une recherche clinique. Ils sont représentés par la céphalométrie, la radiologie panoramique et les clichés endobuccaux.

Selon les *recommandations de 2007 de l'HAS* (28), chez le patient édenté, l'examen radiologique est recommandé lorsque :

<b>L'examen clinique met en évidence :</b>	<b>Type d'imagerie indiquée :</b>
Anomalie limitée	Cliché rétroalvéolaire du site suspect
Anomalie diffuse	Examen panoramique éventuellement complété de clichés endobuccaux
Planification d'un traitement implantaire	Cliché panoramique peut-être réalisé et est souvent complété par la réalisation d'une imagerie sectionnelle

### ➤ La céphalométrie

La **céphalométrie** est une mesure scientifique des dimensions de la tête.

Certaines combinaisons des mesures obtenues à partir d'images de film de radiographie de la tête en orientation latérale et frontale sont employées pour évaluer la croissance et le développement cranio-facial et pour déterminer la nature du traitement orthodontique à réaliser. (29)

*Tallgren* (30) en 1967 et *Atwood et Coy* (31) en 1971, ont utilisé la céphalométrie latérale pour fournir un profil de la crête alvéolaire.

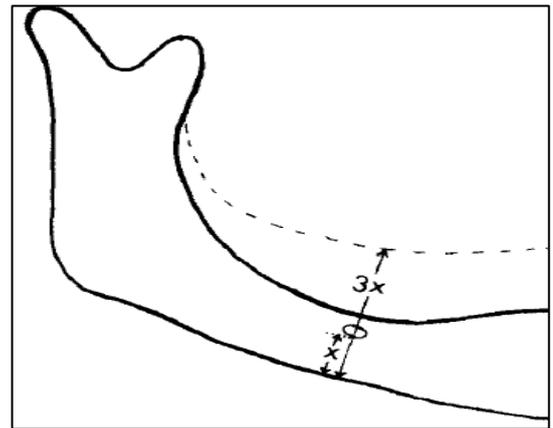
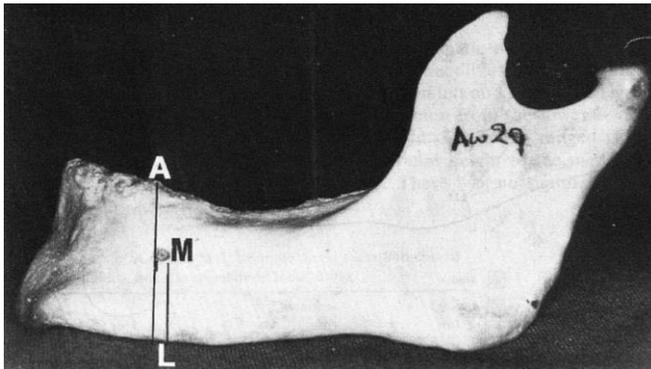
### ➤ La radiographie panoramique

La **panoramique dentaire**, encore appelé orthopantomogramme est une radiographie permettant de visualiser sur un seul cliché les arcades dentaires, les maxillaires, les parties inférieures des fosses nasales et les sinus maxillaires. Il s'agit d'un examen de routine et de débrouillage fréquemment employé.

Cependant, il existe des imperfections liées à l'étalement de la structure ogivale des maxillaires sur la surface plane du film, qui provoque des déformations importantes. Elle est souvent affinée, dans un second temps, par la prise de clichés plus localisés et donc plus précis. (32)

Dès 1987, *Wilding et al* (33) ont tenu à s'assurer de la précision des mesures effectuées sur l'os mandibulaire à partir de radiographies panoramiques. Pour cela, ils ont comparé ces mesures à celles réalisées directement sur des mandibules sèches. Le but de leur étude était de tester la fiabilité de la méthode de mesure décrite par *Wical et Swoope* (34).

Quelques années plus tard, *Bairam et Miller* (35) se sont intéressés à la résorption osseuse mandibulaire à partir de radiographies panoramiques, eux aussi ont utilisé la technique décrite par *Wical et Swoope* (34). Cette méthode permet d'estimer la sévérité de la résorption osseuse mandibulaire en s'appuyant sur des points de référence présents radiologiquement tels que le bord inférieur de la mandibule et le foramen mentonnier. Ils ont constaté que le bord inférieur du foramen mentonnier est toujours à proximité d'une ligne divisant la mandibule en tiers, ainsi en utilisant un rapport de 3 pour 1, la hauteur d'origine de la mandibule avant résorption peut-être estimée. La mesure est effectuée en un seul point de manière linéaire.



**Figure 23 :** *A gauche :* Mesures linéaires sur mandibules sèches effectuées par *Wilding et al* (33) avec A (sommet de la crête alvéolaire), M (bord inférieur du foramen mentonnier), L (bord inférieur de la mandibule).  
*A droite :* Représentation de la mesure effectuée par *Wical et Swoope* (34) pour objectiver la résorption osseuse sur panoramique dentaire.

Un index de résorption  $IC/IM^2$  peut être calculé sur la radiographie panoramique permettant de classer la résorption des crêtes alvéolaires mandibulaires selon des valeurs issues de l'examen radiologique.

Avec leur étude, *Bairam et Miller* (35) ont confirmé la reproductibilité de la méthode mise au point par *Wical et Swoope* (34) chez les individus dentés et édentés. Cependant, selon *Wilding et al* (33), ce rapport linéaire enregistré par *Wical et Swoope* (34) limite la représentation de l'os alvéolaire ; ce qui pousse les auteurs à préférer l'utilisation d'un indice de surface.

<sup>2</sup> IC : distance entre le bord inférieur de la mandibule et la crête alvéolaire.

IM : distance entre le bord inférieur de la mandibule et le bord inférieur du foramen mentonnier.

Au vue des différentes études (33,34,35) sur l'utilisation de la radiographie panoramique pour surveiller et mesurer la résorption osseuse nous pouvons en conclure :

AVANTAGES	DIFFICULTES
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aspect routinier de cet examen. N'expose pas plus le patient et n'entraîne pas de coût supplémentaire.</li> <li>- Résultats obtenus avec la technique de <i>Wical et Swoope</i> (34) comparables à ceux utilisant des méthodes plus sophistiquées et ne nécessitent pas une exposition supplémentaire au rayonnement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réduction de la définition (distorsion géométrique et grossissement).</li> <li>- Méthode de <i>Wical et Swoope</i> (34) difficile si l'image du foramen mentonnier n'est pas claire ou si les images sont déformées. Technique limitée aux patients chez lesquels le foramen mentonnier est facilement reconnaissable<sup>3</sup>.</li> <li>- Cette technique peut seulement être appliquée à la mesure de la réduction des crêtes alvéolaires mandibulaires.</li> </ul>

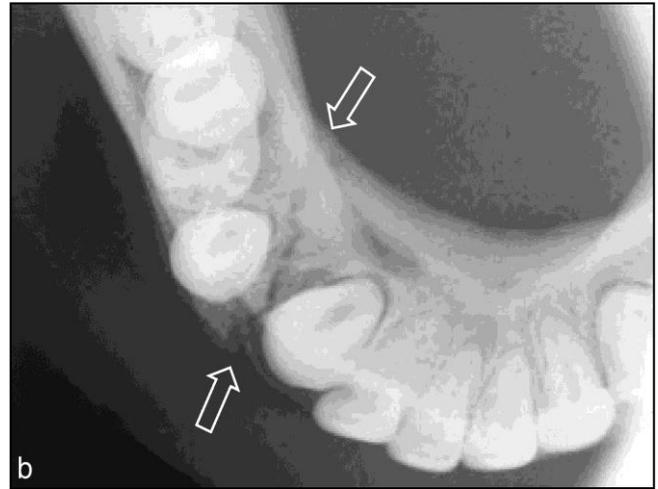
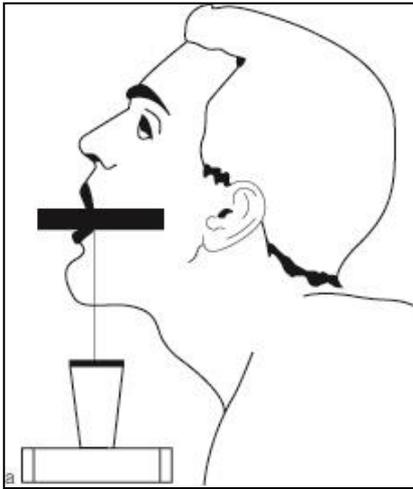
Il est donc peu probable que l'utilisation de la radiographie panoramique se substitue à des examens plus précis tels que la téléradiographie et l'imagerie sectionnelle tomodensitométrie.

➤ Les radiographies intra-orales péri-apicales avec projection occlusale

Le diagnostic clinique passe par un examen clinique minutieux puis par la réalisation de clichés radiologiques. Les radiographies péri-apicales et l'orthopantomogramme sont fréquemment prescrits. Dans certains cas, le praticien peut aussi faire des **clichés occlusaux** pour déterminer la présence de fracture, la position de dent impactée, kyste ou tumeur, lithiase salivaire de la glande submandibulaire et le diagnostic de pathologies lorsque le patient a un trismus.

Le film est placé horizontalement entre les dents serrées sans pression pour ne pas déformer le cliché. Le cône du générateur est placé verticalement au sommet du crâne pour le maxillaire et sous la mandibule pour le bas.

<sup>3</sup> Il existe des variations dans les mesures effectuées sur la radiographie panoramique et sur les mandibules sèches entre le bord inférieur de la mandibule et le bord inférieur du foramen mentonnier. Cette hauteur est moins grande sur les radiographies que sur les mandibules. Cette différence confirme les résultats d'études antérieures sur le foramen mentonnier effectués par *Serman* (36). Tout d'abord, il est seulement perceptible sur 47% des radiographies panoramiques et est soumis à une erreur de parallaxe verticale et horizontale en raison de sa position. De plus, il existe des erreurs inhérentes dues à la distorsion de l'image. Pour ces raisons il faut utiliser le point le plus inférieur du foramen.



**Figure 24** : *A gauche* : Schéma de la position du film radiologique et du générateur lors d'un mordu occlusal. (37)  
*A droite* : Radiographie occlusale mettant en évidence une fracture. (37)

*Desai et al* (38) ont cherché à déterminer la largeur de l'os mandibulaire dans le but d'établir un diagnostic préprothétique pour le positionnement d'un implant sans élévation de lambeau muco-périosté.

L'avantage de leur étude repose sur le fait que la technique radiologique de mordu occlusal permet d'évaluer la largeur vestibulo-linguale de la crête ce qui n'est pas le cas des radiographies rétroalvéolaires et panoramique qui fournissent des informations sur la longueur de l'os et les structures nerveuses. De plus, il s'agit d'une méthode au fauteuil rapide, de routine, peu irradiante et peu expansive.

La limite relevée par les auteurs est l'aspect limitatif car seule la mandibule peut-être étudiée, le maxillaire présente des structures anatomiques complexes qui ne permettent pas une bonne évaluation de la radiographie. Nous rajouterons à cela le problème de l'angulation de la radiographie.

Actuellement ces techniques 2D, outre le fait qu'elles font appel à des radiations ionisantes, sont largement dépassées au profit de l'imagerie 3D.

## ✓ L'imagerie en 3 dimensions

### ➤ Cone Beam Computed Tomography (CBCT)

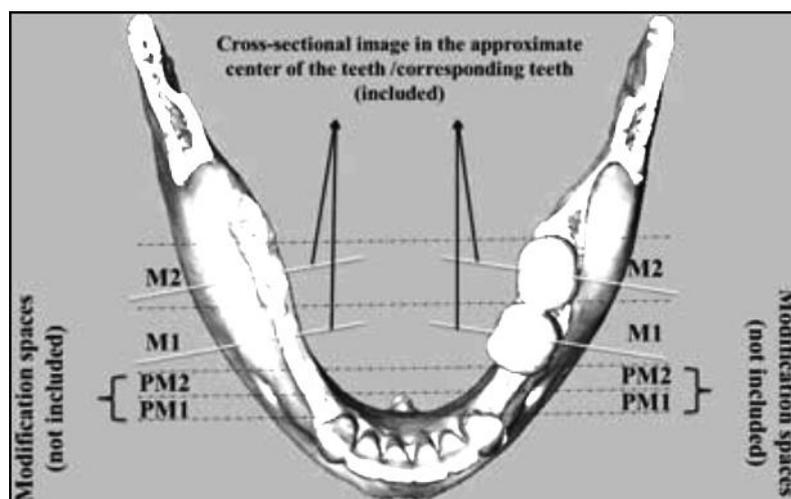
« La **tomographie volumique à faisceau conique (TVFC)** (39) ou *cone beam computed tomography (CBCT)* sont des modalités d'imagerie en coupe qui permettent d'explorer l'ensemble du massif facial et tout particulièrement les structures maxillo-mandibulaires et dento-alvéolaires. Les appareils se distinguent du scanner médical qui, dans son principe, réalise plusieurs coupes 2D axiales, après collimation (limitation de l'épaisseur du faisceau de rayons X) ; la succession d'acquisitions axiales détermine un volume 3D final. La TVFC, quant à elle, travaille, non pas avec un mince faisceau de rayons X, mais avec un faisceau ouvert, conique, qui permettra, en une seule révolution, d'acquérir l'ensemble du volume.

Cette technique performante, capable d'analyser en trois dimensions les tissus durs : dentaires et osseux, peu irradiante, peu encombrante, trouve naturellement sa place en odontostomatologie. Avec des doses de rayonnement inférieures à celles de la CT traditionnelle et la possibilité d'avoir plusieurs coupes ; le CBCT doit être préféré à la CT pour évaluer la morphologie des maxillaires, visualiser les structures anatomiques telles que la ligne mylo-hyoïdienne, la fosse submandibulaire, le sinus maxillaire et les besoins prothétiques des patients ».

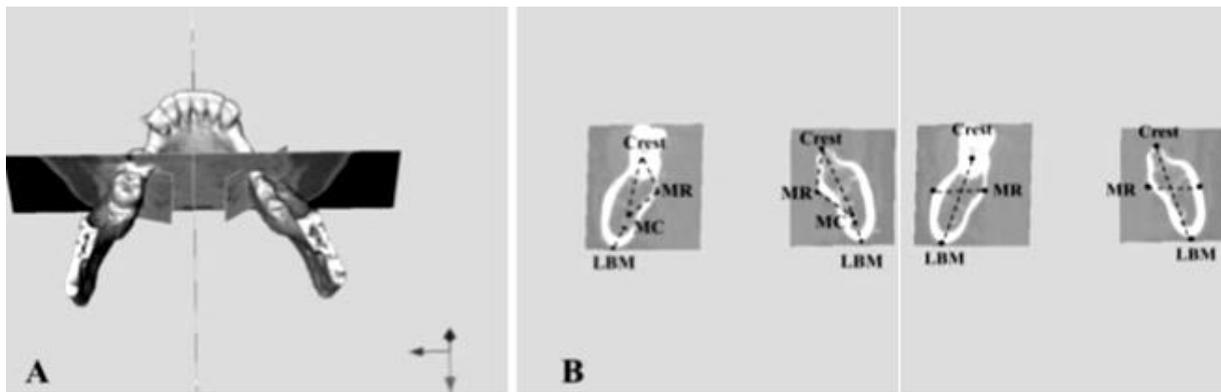
De nombreux auteurs ont eu recours à cette imagerie afin d'étudier, sur des examens préexistants, l'évolution de la morphologie de la mandibule.

*Ozan et al* (40) ont comparé la résorption verticale et horizontale de l'os alvéolaire mandibulaire en mesurant la variation morphologique osseuse chez les porteurs et les non porteurs de prothèse amovible à l'aide de la tomodensitométrie à faisceau conique.

Les images CBCT évaluées rétrospectivement ont été réalisées en vue d'établir un diagnostic pré-implantaire (*Recommandations de l'HAS* (28)) pour évaluer la hauteur alvéolaire mandibulaire et la largeur au niveau de quatre régions (première prémolaire, deuxième prémolaire, première molaire et seconde molaire).



**Figure 25** : Régions prémolo-molaire où seront effectuées les mesures. (40)



**Figure 26 :** A gauche: Plan frontal.  
 A droite : Exemple des mesures effectuées par Ozan et al sur des reconstitutions coronales. (40)

En déterminant le pourcentage de perte de l'os alvéolaire pour chaque site, les auteurs ont conclu que :

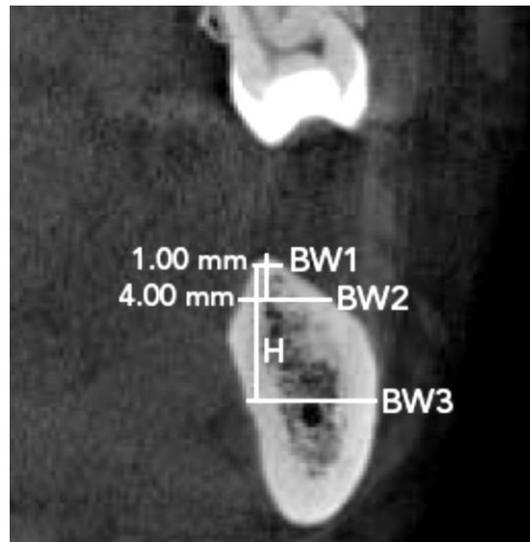
La hauteur entre le canal mandibulaire et le bord inférieur de la mandibule semble être peu affectée par le phénomène de résorption contrairement à l'os présent au-dessus du canal mandibulaire.

La hauteur et la largeur sont moins importantes sur les sites édentés que dentés et que la résorption verticale et horizontale est plus élevée chez les porteurs de prothèse amovible que les non porteurs. Cette dernière conclusion est à relativiser car la résorption dépend de facteurs fonctionnels (forces appliquées). Les pressions d'une intensité moyenne permettent une bonne conservation du tissu osseux tandis que des pressions trop intenses ou trop faibles engendrent une alvéolyse (loi de *Bose*). De même, la fréquence des pressions est à prendre en considération ; elles doivent être intermittentes avec des périodes de repos suffisantes (loi de *Jores*). (41)

La ligne mylo-hyoïdienne est plus importante dans la région molaire que prémolaire.

*Braut et al* (42) ont également utilisé le CBCT afin d'analyser la dimension de l'os sur des sites édentés mandibulaires postérieurs. L'évaluation de la qualité de l'os, du volume osseux et de la morphologie des crêtes, fait du CBCT un outil à l'heure actuelle indispensable pour une chirurgie en vue de la pose d'un implant. Grâce au CBCT ils ont déterminé la dimension verticale des crêtes (la hauteur), la largeur vestibulo-linguale et les contre-dépouilles.

La *figure* ci-dessous montre quels ont été les points de référence des mesures prises par *Braut* (42) et son équipe.



**Figure 27** : Mesure de la largeur de l'os alvéolaire au niveau de 3 localisations (BW1 : 1mm en dessous du point le plus cranial, BW2 : 4mm en dessous du point le plus cranial et BW3 : bord supérieur du foramen mandibulaire). Mesure de la hauteur H (distance entre BW1 et BW3). (42)

Les résultats ont été les suivants :

La largeur BW2 augmente de la région prémolaire à la région molaire alors qu'il n'y a pas de différence significative au niveau des largeurs BW1 et BW3. Ce qui est observé aussi par *Katranji et al* (43) sur des mâchoires de spécimens secs.

La hauteur H diminue de la région prémolaire à la région molaire. Cette conclusion a également été rapportée par *Watanabe et al* (44) qui ont mesuré la distance entre le bord supérieur de la crête alvéolaire et le bord inférieur de la mandibule et par *Bolin et al* (45) qui l'ont analysée sur des radiographies panoramiques.

➤ Scanner conventionnel CT-scan

Comme vu précédemment, avec les avantages offerts par le CBCT, le **CT-scan** est de moins en moins utilisé en odontologie.

*Kasemsarn et al* (46) ont déterminé les données morphométriques de mandibules édentées en utilisant la 3D rétro-ingénierie, c'est-à-dire qu'ils ont scanné des mandibules de spécimens secs et ont reconstruit des modèles 3D qui peuvent être manipulés avec un logiciel d'imagerie médicale. La forme des arcades, les dimensions (hauteur et largeur) et la concavité du corps de la mandibule ont été étudiées à des fins anthropométriques afin de déterminer si le dessin des implants basé sur la forme et la taille de la population caucasienne était adapté à la population asiatique.

### ✓ Procédé de projection laser

*Murakami et al* (47), ont développé une méthode en trois dimensions pour analyser la forme des crêtes édentées sur modèles en plâtre d'édentés totaux grâce au **procédé de projection laser**. Le dispositif utilise une fente lumineuse qui prend la mesure du modèle et du wax up des dents mandibulaires, d'un ordinateur pour contrôler les mesures et analyser les données et d'un logiciel personnalisé pour analyser les formes. L'opérateur peut également analyser la position la plus adaptée pour le montage des dents artificielles par rapport à la zone de contrainte de la crête édentée.

La détermination de la position vestibulo-linguale des dents prothétiques, garante de la stabilité en prothèse totale, est déterminée par la forme de la crête qui est une zone de contrainte et d'appui supportant les forces occlusales. Il existe une surface relativement plate de la crête que les auteurs ont nommé CFA (Comparatively Flat Area) et qui peut être suffisante pour atteindre l'équilibre dans la zone de contrainte. La répartition des formes de crête observée par *Murakami et al* (47) est la suivante : 30% de crête effilée, 40% de crête plate et 30% de crête avec une inclinaison linguale.

### ✓ L'évaluation des spécimens secs et des moulages au service de l'étude de la résorption

Le procédé le plus simple afin d'étudier la résorption osseuse est sans doute d'examiner directement, de manière macroscopique les mandibules de **spécimens secs** et d'effectuer des mesures. Lorsqu'il s'agit de collection anthropologique, des empreintes des mandibules sont prises en amont pour travailler sur un **modèle en plâtre** afin de ne pas abîmer la collection.

*Brehm et al* (48) ont évalué sur des modèles la réponse des patients aux variations de technique en prothèse totale. Les moulages ont été comparés de manière subjective, en aveugle concernant le changement de morphologie des crêtes. La largeur de l'arcade au niveau molaire a été mesurée à l'aide d'un compas, et le contour de la crête alvéolaire avec un « SAM contourator model B ».

Il en est ressorti que :

Le maxillaire antérieur montre une plus grande résorption de crête que la mandibule.

Dans les régions postérieures il s'agit de l'inverse, la résorption est plus importante à la mandibule.

Pour la plupart, ces études s'appuient sur les classifications vues précédemment dans le but de répartir les différents échantillons et de les analyser :

- *Eufinger et al* (49) ont réalisé une étude pour soutenir ou contester la classification de *Cawood et Howell* (18).
- *Blahout et al* (50) ont regroupé leurs spécimens mandibulaires en fonction de la classification de *Cawood et Howell* (18) et aussi selon celle de *Lekholm et Zarb* (16).

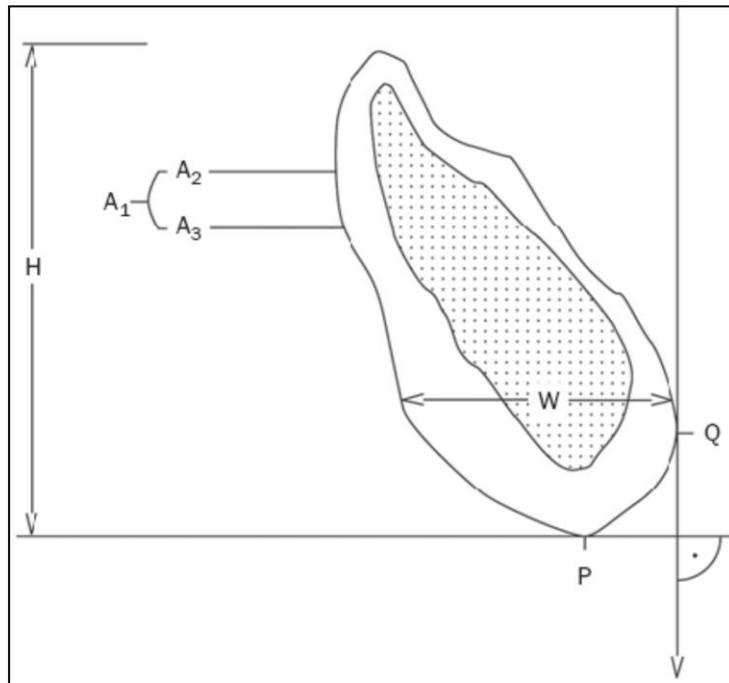
Il semble intéressant de comparer quels ont été les divers points de références et quelle a été la méthodologie mise en place par les auteurs en les confrontant à notre protocole expérimental.

Les recherches de *Blahout et al* (50) portent sur la quantification de la résorption osseuse mandibulaire dans la région interforaminale en examinant les effets de l'atrophie sur la quantité et la qualité osseuse.

Le protocole est très proche de celui que nous avons mis en place pour notre étude hormis quelques points.

Le *tableau* ci-dessous détaille les points communs et les différences.

	<i>Blahout et al</i> (50)	Notre protocole
<b>Similitudes</b>	Trois sections réalisées à l'aide d'une scie diamantée de précision. Le plan de coupe forme un angle droit avec la tangente basale et l'axe horizontal de la section.	Une section réalisée au taille plâtre. Le plan de coupe doit être le plus perpendiculaire à la base du modèle.
	Sections photographiées avec une règle et photographies traitées sur ordinateur.	Section photographiée avec un papier millimétré et photographies traitées sur ordinateur.
	Mesures effectuées avec un logiciel programme morphométrique ( <i>Artma-Biomed</i> , Vienne, Autriche) afin de déterminer la hauteur et la largeur.	Mesures effectuées via un logiciel <i>Aide au tracé</i> <sup>®</sup> afin de déterminer la hauteur, la largeur ½ crête linguale, la surface, des angles et la distance inter-crête.
<b>Différences</b>	Etude de spécimens secs ce qui permet de s'affranchir de l'épaisseur de la fibromuqueuse.	Moulages en plâtre issus d'empreinte en vue de prothèse partielle amovible.
	Région interforaminale car site de choix pour une implantation.	Crêtes au niveau des premières molaires mandibulaires car une des premières dents sur arcade (donc souvent « la plus cariée, la plus couronnée et la plus extraite »).
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La hauteur : point crânial au point caudal.</li> <li>- La largeur : point vestibulaire au point lingual.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La hauteur Y et Y' (sommet de la crête au point O et O').</li> <li>- La largeur ½ crête linguale OM et O'M' (O ou O' à la ligne mylo-hyoïdienne).</li> <li>- Surface de la ½ crête linguale.</li> <li>- L'inclinaison de la crête (angle entre la tangente côté lingual et l'axe des X).</li> <li>- Distance inter-crête (distance OO').</li> </ul>



**Figure 28** : Mesures d'une section de mandibule par *Blahout et al* (50) : H (hauteur), W (largeur maximale parallèle au plan horizontal), A1 (aire totale), A2 (aire de l'os compact), A3 (aire de l'os spongieux), P (point le plus caudal) et Q (point le plus latéral).

Les conclusions de l'étude de *Blahout et al* (50) sont les suivantes :

En ce qui concerne la hauteur : les mandibules observées montraient une réduction frappante de la hauteur de 46% à 60% avec une grande perte verticale survenant entre la classe III et IV de *Cawood et Howell* (18) et une atteinte équitable de l'os compact et spongieux par la résorption. Un tiers de la hauteur est perdue à un stade précoce de la résorption et 1/5 durant la suite des stades. L'atrophie entre les classes III et IV se situe entre 6 et 24 mois après la perte des dents. Le degré de résorption ne dépend pas de l'âge du patient mais de la période post-extractionnelle<sup>4</sup>.

Au sujet de la largeur : il y a seulement 2 mm de différence entre une classe III et VI de *Cawood et Howell* (18).

L'aire totale : la réduction du corps de la mandibule est donc seulement due à la perte en hauteur.

<sup>4</sup> Si une solution implantaire est envisagée, elle doit avoir lieu le plus tôt possible après la perte des dents afin d'éviter une résorption excessive.

*Eufinger et al* (49) ont effectué leurs mesures par rapport au foramen mentonnier sur des modèles en plâtre issus d’empreinte de mandibules de collections anthropologiques.

Le plan horizontal de référence est tracé sur la partie basale, parallèle au bord inférieur de la mandibule en passant par le foramen mentonnier. Quatre sections frontales parallèles entre elles et perpendiculaires au plan de référence ainsi qu’un plan sagittal médian ont été tracé afin que les modèles soient coupés.

Tout comme *Blahout et al* (50), chaque section a été classée par des investigateurs selon la classification de *Cawood et Howell* (18). La hauteur a été mesurée du point le plus crânial de la crête au plan horizontal.

La principale difficulté dans cette étude réside dans la différence entre la classe III et V ce qui implique que l’application de la classification de *Cawood et Howell* (18) seulement par « l’inspection clinique et la palpation » comme le suggère les auteurs entraîne un risque de fausse interprétation.

La plus profonde dépression est observée au niveau de la section situé en regard de la première molaire. En effet il s’agit du centre des forces masticatoires.



**Figure 29** : Modèle en plâtre où sont tracés les différentes sections et le plan horizontal. (49)

Contrairement aux deux auteurs précédents, *Pietrokovski et al* (51) ne se sont pas appuyés sur la classification de *Cawood et Howell* (18) mais ont classé les crêtes résiduelles mandibulaires en deux catégories selon la largeur au sommet de la crête :

	Lame de couteau ( $\geq 2\text{mm}$ )	Plate et arrondie ( $< 2\text{mm}$ )
Incisive	75%	25%
Prémolaire	38%	62%
Molaire	15%	<b>85%</b>

Le grand pourcentage de « lame de couteau » montre la nécessité de diagnostiquer et d'éliminer les arêtes tranchantes avant d'effectuer des réhabilitations prothétiques ou de positionner des implants. Le but étant d'empêcher les points de pression douloureux de la prothèse qui pourrait compromettre le succès du traitement. Néanmoins, au niveau de la région molaire, 85% des crêtes sont plates et arrondies, c'est ce qu'il faudra garder à l'esprit et observer lors de notre étude.

Après la perte des dents, la migration de la crête résiduelle mandibulaire est centrifuge et apical vers un édenté plus large et plus court.

Après ce tour d'horizon des différentes méthodes d'étude de la résorption des crêtes par les auteurs de la littérature scientifique et un aperçu de leurs conclusions, quelles sont les interprétations possibles des résultats obtenus durant notre protocole expérimental ? C'est ceux vers quoi nous tenterons de répondre dans la partie suivante.

### 3) Interprétation des résultats

Au vue de nos mesures, nous allons rechercher s'il existe une constante significative et une éventuelle corrélation entre certaines mesures et l'âge.

A l'aide de la loi Normale, des intervalles centrés autour de la moyenne ont été calculés :

68.2% des valeurs se situent entre [Moyenne - Ecart-type ; Moyenne + Ecart-type]

95.5 % des valeurs se situent entre [Moyenne - 2xEcart-type ; Moyenne + 2xEcart-type]

Dans un deuxième temps, nous confronterons ces conclusions à la réalité clinique et en particulier au processus de résorption.

#### a. La hauteur de la crête

Il est important d'avoir une hauteur de crête suffisante afin d'assurer la stabilisation et la sustentation via les selles de nos prothèses partielles amovibles. Une crête haute et large constitue un indice ostéo-muqueux positif selon *Housset* (2) qui estime qu'une crête doit avoir plus de 5mm de hauteur pour être considérée comme un élément positif.

Les moyennes de mesure de hauteur des crêtes sont très voisines : secteur 3 (**7.20mm**) et secteur 4 (**7.21mm**). On remarque également que 75% des moulages ont une hauteur de crête secteur 3 comprise entre [6.18 - 7.78] et 71.9% ont une hauteur secteur 4 comprise entre [7.28 - 9.56].

Secteur 3 : 68.2% des valeurs se situent entre [5.02 - 9.38].

95.5% des valeurs se situent entre [2.84 - 11.56].

Les valeurs s'écartent en général de 30.3% de la valeur de la hauteur moyenne.

Secteur 4 : 68.2% des valeurs se situent entre [5.01 - 9.41].

95.5% des valeurs se situent entre [2.81 - 11.61].

Les valeurs s'écartent en général de 30.43% de la valeur de la hauteur moyenne.

Secteur 3 + 4 : 68.2% des valeurs se situent entre [5.04 - 9.38].

95.5% des valeurs se situent entre [2.87 - 11.55].

Les valeurs s'écartent en général de 30.15% de la valeur de la hauteur moyenne.

Conclusion : A notre grande surprise, il semblerait qu'il existe une symétrie dans le processus de résorption entre le secteur droit et le gauche, la résorption est donc bilatérale dans le sens vertical. Alors que nous n'avons aucune information sur l'ancienneté des édentements ainsi que sur la simultanéité (droite/gauche) éventuelle des édentations, il paraîtrait donc que la résorption est relativement indépendante de ce facteur. Ceci demanderait à être vérifié dans une étude ultérieure où l'on prendrait en compte l'ancienneté de ces édentations.

De plus, nous avons observé que **96.9%** des crêtes au niveau des premières molaires mandibulaires mesurent plus de 5mm. Cliniquement ce résultat est satisfaisant car il permet d'envisager des traitements pérennes par prothèse partielle amovible au niveau de la mandibule.

### **b. La largeur de la demi-crête linguale**

Les moyennes des largeurs des demi-crêtes linguales sont de **5.59mm** pour le secteur gauche et de **5.82** pour le secteur droit. Les valeurs étant dispersées (écart-type élevé), il est difficile de tirer des conclusions.

Secteur 3 : 68.2% des valeurs se situent entre [3.71 - 7.47].  
95.5% des valeurs se situent entre [1.83 - 9.35].  
Les valeurs s'écartent en général de 33.62% de la valeur de la largeur moyenne.

Secteur 4 : 68.2% des valeurs se situent entre [4.4 - 7.24].  
95.5% des valeurs se situent entre [2.98 - 8.66].  
Les valeurs s'écartent en général de 24.33% de la valeur de la largeur moyenne.

Secteur 3 + 4 : 68.2% des valeurs se situent entre [4.05 - 7.37].  
95.5% des valeurs se situent entre [2.39 - 9.03].  
Les valeurs s'écartent en général de 29.01% de la valeur de la largeur moyenne.

Conclusion : On note que la largeur de la demi-crête linguale est symétrique ce qui conforte les propos détaillés au paragraphe précédent.

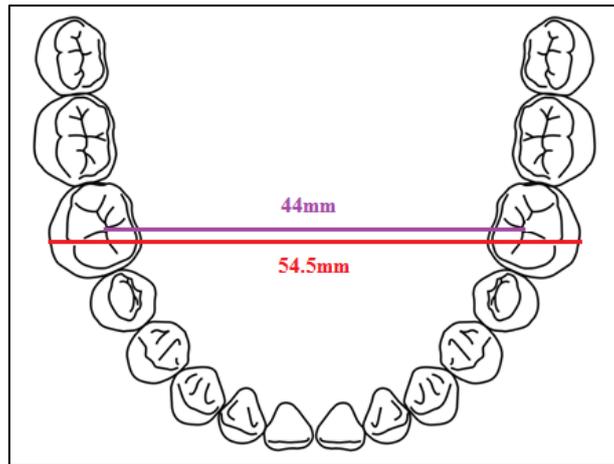
Nous avons constaté que la mesure de la largeur de la crête aboutissait à des valeurs relativement élevées, peu compatible avec des crêtes type « lame de couteau » dans la région molaire mandibulaire.

### **c. La distance inter-crête**

En moyenne, la distance inter-crête est de **45.42mm** avec un écart-type relativement faible ce qui signifie que les valeurs sont groupées autour de la moyenne et la série est assez homogène. 87.5% des moulages ont une largeur d'arcade comprise entre [44.93 - 51.41].

Dans une étude s'intéressant à la forme et la taille des arcades mandibulaires chez l'adulte, *Harris* (52) obtient une moyenne de 54.5mm en mesurant la largeur de l'arcade de la face vestibulaire des premières molaires mandibulaires chez des sujets âgés en moyenne de 55ans.

Afin d'avoir les mêmes points de référence que notre étude et établir une comparaison des largeurs d'arcade avec et sans dent, nous devons en présence des dents, chercher à déterminer la distance inter-sillon (et non la distance entre face vestibulaire). Cette distance pourra être comparée à la distance inter-crête de notre étude car le sillon inter-dentaire se situe à la verticale de l'axe de la crête. La largeur de la première molaire mandibulaire étant de 10.5mm selon *Wheeler* (6), par extrapolation, la distance entre le sillon central et la face vestibulaire est d'environ 5.25mm. Ainsi, la distance inter-sillon au niveau des premières molaires mandibulaires est d'environ **44mm** chez les sujets âgés de 55ans.



**Figure 30** : Arcade mandibulaire montrant la distance mesurée par *Harris* (51) en rouge et la distance inter-sillon en violet obtenue en soustrayant deux fois la demi-largeur de la première molaire mandibulaire ( $2 \times 5.25$ ). (53)

68.2% des valeurs se situent entre [42.03 - 48.81].

95.5% des valeurs se situent entre [38.64 - 52.2] avec un intervalle de confiance à 95% de 1,22.

Les valeurs s'écartent en général de 7.47% de la largeur inter-crête moyenne. Ce pourcentage étant faible, les valeurs sont donc centrées sur une valeur moyenne relativement stable.

**Conclusion** : Selon *Harris* (52), la largeur de l'arcade chez le patient denté augmente au cours du temps (de 20 à 50 ans) d'autant plus lorsqu'il s'agit des régions distales de l'arcade. Néanmoins, notre étude montre que malgré la perte des dents, cette largeur semble à peu près constante dans le temps et n'augmente que très peu (conformément aux conclusions de *Brehm et al* (48)<sup>5</sup>). La distance inter-crête s'avère être peu dépendante de la perte des dents et donc peu dépendante de la résorption osseuse. La faible différence entre la largeur de l'arcade du patient denté et la largeur de l'arcade du patient partiellement édenté montre à l'évidence qu'il n'existe quasiment pas de résorption dite « centrifuge », contrairement à ce qu'il est habituel de lire dans la littérature scientifique. Cette conclusion demande à être plus étayée par d'autres mesures.

<sup>5</sup> Ils ont démontré en comparant sur moulage la largeur de l'arcade au niveau de la première molaire mandibulaire chez les patients édentés totaux au moment de la réalisation de leur prothèse totale et 10ans après leur port. Sur 36 patients, 24 n'ont montré aucun changement, 9 une différence de 1mm et 3 un changement de 2mm.

#### **d. L'angle lingual entre la tangente et l'axe des X**

L'angle lingual entre la tangente à la ligne mylo-hyoïdienne et l'axe des X est très voisin lorsque l'on compare les deux secteurs avec une moyenne de **69.71°** pour le côté gauche et **70.12°** pour le droit. De plus, 75% des moulages ont un angle gauche compris entre [72.32 - 93.4] et 68.6% ont un angle droit compris entre [79.68 - 93.4]. La moyenne de la différence entre chaque côté est de 0.05°.

Secteur 3 : 68.2% des valeurs se situent entre [51.46 - 87.96].  
95.5% des valeurs se situent entre [33.21 - 106.21].  
Les valeurs s'écartent en général de 26.18% de l'angle moyen.

Secteur 4 : 68.2% des valeurs se situent entre [52.53 - 87.71].  
95.5% des valeurs se situent entre [34.94 - 105.3].  
Les valeurs s'écartent en général de 25.09% de l'angle moyen.

Secteur 3 + 4 : 68.2% des valeurs se situent entre [52.13 - 87.69].  
95.5% des valeurs se situent entre [34.35 - 105.47].  
Les valeurs s'écartent en général de 25.44% de la valeur de l'angle moyen.

Conclusion : La résorption est ici encore symétrique mais non constante.

L'inclinaison linguale de la crête est un facteur qui influence l'insertion des prothèses partielles amovibles. **22%** des moulages présentent de manière unilatérale une crête ayant un angle supérieur à 90° ce qui est défavorable. Face à cet axe d'inclinaison lingual, le praticien devra anticiper cette situation en amont de la réalisation du châssis soit en aménageant le moulage soit chirurgicalement, afin de s'affranchir du problème de l'insertion et d'éventuelles blessures et douleurs.

#### **e. La surface de la demi-crête linguale**

La surface de la demi-crête linguale est en moyenne de **37.49mm<sup>2</sup>** pour le côté gauche et **38.91mm<sup>2</sup>** pour le droit. 65.6% des moulages ont une surface comprise entre [30.34 - 41.29] secteur 3 et 68.8% entre [33.42 - 46.57] pour le secteur 4.

Secteur 3 : 68.2% des valeurs se situent entre [23.88 – 51.1].  
95.5% des valeurs se situent entre [10.27 – 64.71].  
Les valeurs s'écartent en général de 36.29% de la valeur de la surface moyenne.

Secteur 4 : 68.2% des valeurs se situent entre [24.31 – 53.51].  
95.5% des valeurs se situent entre [9.71 – 68.11].  
Les valeurs s'écartent en général de 37.52% de la valeur de la surface moyenne.

Secteur 3 + 4 : 68.2% des valeurs se situent entre [24.18 – 52.22].

95.5% des valeurs se situent entre [10.16 – 66.24].

Les valeurs s'écartent en général de 36.69% de la valeur de la surface moyenne.

Conclusion : Nous pouvons encore observer une symétrie entre les deux secteurs.

#### f. L'âge

Le facteur « âge de l'individu » a été exploré sur 22 moulages avec une moyenne d'âge de 61 ans. Qu'il s'agisse de la hauteur des crêtes, de la distance inter-crête, de la largeur de la demi-crête linguale, de l'angle entre la tangente aux lignes mylo-hyoïdiennes et à l'axe des X et de la surface de la demi-crête linguale, il en résulte un coefficient de corrélation de Pearson faible (-0.34 à 0.25) avec le facteur âge.

Conclusion : Il n'y a aucune corrélation significative entre l'âge et la perte osseuse. Le processus de résorption est indépendant de l'âge. Ceci a été confirmé par les études de *Zmyslowska et al* (54) qui démontre que c'est le temps après extraction qui augmente la perte osseuse et non pas l'âge de l'individu.

La largeur d'arcade est indépendante de l'âge ce qui contredit en partie les études de *Harris* (52).

#### g. La morphologie des crêtes

Après observations des photographies des 32 moulages, nous nous sommes aperçus que la grande majorité des crêtes au niveau des premières molaires mandibulaires sont **arrondies** et cela de manière bilatérale comme le démontre les études de *Pietrokovski et al* (51). Cette forme de section en U est favorable à la réalisation d'un traitement par prothèse partielle amovible.

Seuls trois moulages ont montré une forme en « lame de couteau », le plus souvent unilatéralement.

Il aurait été intéressant d'étudier les zones de contre-dépouilles linguales au-dessous de l'axe des X (c'est-à-dire des lignes mylo-hyoïdienne) mais cette situation n'a pu être réalisée car un nombre important de nos moulages sont de type moulages corrigées dont l'enregistrement côté lingual ne dépasse pas la ligne mylo-hyoïdienne. De plus, les selles des prothèses partielles amovibles sont réalisées de telle sorte qu'elles affleurent la ligne mylo-hyoïdienne sans la dépasser. Il nous a donc semblé plus pertinent d'observer la morphologie des versants vestibulaires et linguaux des crêtes au-dessus de l'axe des X. Il en ressort qu'un seul moulage présente une contre-dépouille linguale unilatérale et aucun avec une contre-dépouille vestibulaire.

Conclusion : La morphologie des crêtes au niveau des premières molaires mandibulaires est favorable (~91%) car elle est arrondie, en U et présente peu de contre-dépouilles linguales au-dessus de la ligne mylo-hyoïdienne. Ces formes évitent les douleurs et blessures de la prothèse partielle amovible le plus souvent dues à des zones de compression au niveau des contre-dépouilles.

## CONCLUSION

La résorption continue des crêtes mandibulaires édentées engendre un défi clinique constant qu'il s'agisse de traitements par prothèse amovible ou par implant dentaire.

Les traitements par prothèse partielle amovible font appel à une sustentation mixte dentaire et muqueuse ; cette dernière est en rapport avec le volume des crêtes. Les modifications de volume vont donc avoir un impact direct sur le comportement dynamique des prothèses dans le temps.

Différentes techniques ont été imaginées afin de mesurer et classer la résorption des crêtes mandibulaires. Pourtant, les classifications qui en résultent ne sont généralement pas basées sur des repères anatomiques cliniquement intéressants et fiables ou alors, nécessitent des examens visuels fastidieux et des protocoles invasifs pour le patient. C'est pour cela que nous avons envisagé une tout autre approche, consistant à examiner des moulages issus d'empreintes.

Nous avons par la suite confronté nos résultats à ceux issus de la littérature scientifique et tiré les conclusions suivantes :

En ce qui concerne la **morphologie** des crêtes au niveau des premières molaires mandibulaires, elle est arrondie et montre très peu de zone de contre-dépouilles vestibulaires et linguales. Les formes en « lame de couteau » sont relativement rares permettant de s'affranchir d'ulcération et de phénomène algique au niveau des crêtes.

Pour ce qui est de leur **hauteur**, elle s'avère en général favorable à la conception d'une prothèse partielle amovible autant pour ce qui est de la stabilisation que de la sustentation.

La résorption « façonne » la morphologie des crêtes, comme le potier « façonnerait » l'argile, mais celle-ci s'opère préférentiellement selon une direction verticale et très peu horizontale. En effet, la **largeur de l'arcade mandibulaire** ne paraît pas être affectée, d'après nos mesures, par la perte des dents ce qui semble être en contradiction avec le concept de « résorption centrifuge » largement répandu dans l'esprit des praticiens. *Blahout et al* (50) tire la même conclusion en démontrant que la réduction du corps de la mandibule est seulement due à une perte de hauteur, la largeur de crête variant très peu après la perte des dents.

Dans l'imaginaire collectif, le vieillissement de l'individu est souvent associé à des processus de remodelage osseux où la population de cellules ostéoclastiques prend le dessus sur les ostéoblastiques entraînant une résorption du capital osseux. Au niveau de la mandibule, nous nous sommes aperçus que le phénomène de résorption osseux n'est pas lié à l'âge du patient ; ce devrait être le temps qui s'est écoulé entre l'édentation et le traitement du patient qui serait déterminant.

Nos mesures ont montrées que la hauteur de crête sur la quasi-totalité de nos échantillons était symétrique alors que l'historique des différents édentements ne nous était pas connu. Il est alors possible de penser que beaucoup d'entre eux n'avaient pas la même ancienneté, et donc, que la résorption serait indépendante de l'ancienneté de l'édentement.

Cela demande à être vérifié en augmentant le nombre d'échantillon et en essayant d'avoir l'historique des différents édentements.

En s'appuyant sur le protocole expérimental mis en place pour cette étude, plusieurs travaux peuvent être menés :

- Confronter les moulages issus de deux techniques d'empreinte en prothèse partielle amovible. Les modèles obtenus par empreinte anatomique seraient comparés aux moulages corrigés issus de l'empreinte anatomo-fonctionnelle chez un même patient. L'objectif serait de démontrer l'apport de cette seconde empreinte dans la définition des crêtes mandibulaires.
- Observer la morphologie des crêtes à différents niveaux de coupe des régions prémolaires-molaires.
- Mesurer les crêtes 10 ans après le port d'une prothèse partielle amovible et observer l'influence de celle-ci sur la morphologie des crêtes. Cette étude longitudinale réclame un suivi des patients sur le long terme ce qui est parfois difficile, et demande aussi l'assurance d'avoir des traitements similaires.

*La vie n'est pas un problème à résoudre  
mais une réalité à expérimenter.  
Bouddha*

## **BIBLIOGRAPHIE**

- 1 **Atwood D.A.** Reduction of residual ridges: a major oral disease entity. J Prosthet Dent. 1971;26:266-279
- 2 **Santoni P.** Maîtriser la prothèse amovible partielle. Paris : éditions CdP ; 2004, 208p
- 3 **Mccracken WL.** Partial denture construction. 2<sup>nd</sup> Ed. St. Louis: Mosby ; 1964, 530p
- 4 **Nally JN.** La prothèse partielle amovible à châssis coulé : principes et techniques. 2<sup>nd</sup> Ed. Genève: Médecine et hygiène ; 1979
- 5 **Ackermann F.** Le mécanisme des mâchoires (naturelles et artificielles) : de la théorie à la pratique, de la clinique à la technique). Paris : Masson ; 1953, 819p
- 6 **Stanley J, Nelson DDS MS.** Wheeler's dental anatomy, physiology and occlusion. 9<sup>ième</sup> Ed. Philadelphia: Saunders ; 2009, 368p
- 7 **Lavergne J.** Dimensions mésio-distales et vestibulo-linguales des dents humaines permanentes. In: Bulletins et Mémoires de la Société d'anthropologie de Paris. XIII<sup>e</sup> Série. 1974;Tome 1 fascicule 3:351-355
- 8 Centre national de ressources textuelles et lexicales. [En ligne]. [www.cnrtl.fr/definition/mylo-hyoïdien](http://www.cnrtl.fr/definition/mylo-hyoïdien). Consulté en février 2016.
- 9 Médecine des arts. [En ligne]. [www.medecine-des-arts.com/fr/le-maxillaire-inferieur-anatomie.html](http://www.medecine-des-arts.com/fr/le-maxillaire-inferieur-anatomie.html). Consulté en février 2016.
- 10 **Santoni P, Arnaud N, Gotusso T, Giraudeau A.** Formes des dents prothétiques postérieures en fonction des trajectoires mandibulaires. Stratégie Prothétique. 2004;Tome 4, Numéro 3 :227-238
- 11 **Santoni P, Ruquet M, Tardivo D, Bezzina S, Monnet-Corti V.** Etude de la corrélation entre la mise en place des premières molaires et les trajectoires tridimensionnelles du guide antérieur. Odonto-Stomatologie Tropicale. sept 2010;Numéro 131 :18-26
- 12 Dictionnaires de français Larousse. [En ligne]. <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/morphologie/52685>. Consulté en février 2016.
- 13 Academic Encyclopédie universelle. [En ligne]. [http://encyclopedie\\_universelle.fracademic.com/66064/r%C3%A9sorption](http://encyclopedie_universelle.fracademic.com/66064/r%C3%A9sorption). Consulté en juillet 2016.

- 14 **Atwood D.A.** Post extraction changes in the adult mandible as illustrated by microradiography of midsagittal sections and serial cephalometric roentgenograms. *J Prosthet Dent.* 1963;13:810-824
- 15 Pocket Dentistry: Fastest Clinical Dentistry Insight Engine. [En ligne]. <http://pocketdentistry.com/10-available-bone-and-dental-implant-treatment-plans/>. Consulté en février 2016.
- 16 **Lekholm U, Zarb GA.** Tissue Integrated Prostheses: osseointegration in clinical dentistry. In: Branemark PI, Zarb GA, Albrektsson T, editor. Patient selection and preparation. Chicago: Quintessence Publishing Company; 1985,199-209
- 17 **Cawood JI, Howell RA.** Reconstructive preprosthetic surgery. I. Anatomical considerations. *Int J Oral Maxillofac Surg.* avr 1991;20(2):75-82
- 18 **Cawood JI, Howell RA.** A classification of the edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Surg.* août 1988;17(4):232-236
- 19 **Misch CE, Judy KW.** Classification of partially edentulous arches for implant dentistry. *Int J Oral Implantol.* 1987;4(2):7-13.
- 20 Pocket Dentistry: Fastest Clinical Dentistry Insight Engine. [En ligne]. <http://pocketdentistry.com/wp-content/uploads/1008/image006932.jpeg>. Consulté en février 2016.
- 21 Centre national de ressources textuelles et lexicales. [En ligne]. <http://www.cnrtl.fr/definition/photogrammetrie>. Consulté en mai 2016.
- 22 Encyclopædia Universalis. [En ligne]. <http://www.universalis.fr/encyclopedie/photogrammetrie/>. Consulté en mai 2016.
- 23 **Adams LP, Wilding RJ.** A photogrammetric method for monitoring changes in the residual alveolar ridge form. *J Oral Rehabil.* sept 1985;12(5):443-450
- 24 **Pandurić J, Keros J, Pandurić V, Bagić I.** Morphometric characteristics of toothless lower jaw ridge as a bed for total lower jaw prosthesis. *Coll Antropol.* juin 1999;23(1):143-151
- 25 **Traxler M, Ulm C, Solar P, Lill W.** Sonographic measurement versus mapping for determination of residual ridge width. *J Prosthet Dent.* mars 1992;67(3):358-361
- 26 **Wilson DJ.** Ridge mapping for determination of alveolar ridge width. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1989;4(1):41-43

- 27 3M. [En ligne].  
[http://images.google.fr/imgres?imgurl=http://multimedia.3m.com/mws/media/664108P&imgrefurl=http://www.3m.com/3M/en\\_US/Dental/Products/Catalog/~/3M-ESPE-MDI-Ridge-Mapping-Calipers-1325%3FN%3D5152705%2B4294688076%26rt%3Dd&h=400&w=300&tbnid=mWMI mXjd2C8wCM:&tbnh=93&tbnw=70&docid=7yI4dt1bH-EU7M&usg=\\_\\_V2cUYKIXyprRiH6DhGnIgyEIItI=&sa=X&ved=0ahUKEwjdvMKH3bTPAhUFBMAKHRB2C-EQ9QEIKTAC](http://images.google.fr/imgres?imgurl=http://multimedia.3m.com/mws/media/664108P&imgrefurl=http://www.3m.com/3M/en_US/Dental/Products/Catalog/~/3M-ESPE-MDI-Ridge-Mapping-Calipers-1325%3FN%3D5152705%2B4294688076%26rt%3Dd&h=400&w=300&tbnid=mWMI mXjd2C8wCM:&tbnh=93&tbnw=70&docid=7yI4dt1bH-EU7M&usg=__V2cUYKIXyprRiH6DhGnIgyEIItI=&sa=X&ved=0ahUKEwjdvMKH3bTPAhUFBMAKHRB2C-EQ9QEIKTAC).  
 Consulté en mai 2016.
- 28 HAS : Haute Autorité de Santé. [En ligne].  
[http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/guide\\_exam\\_rx\\_oct2006\\_2007\\_12\\_07\\_\\_12\\_37\\_35\\_794.pdf](http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/guide_exam_rx_oct2006_2007_12_07__12_37_35_794.pdf). Consulté en mai 2016.
- 29 CISMef : Catalogue et Index des Sites Médicaux de langue Française. [En ligne]  
<http://www.chu-rouen.fr/page/cephalometrie>. Consulté en mai 2016.
- 30 **Tallgren A, Lang BR, Walker GF, Ash MM.** Roentgen cephalometric analysis of ridge resorption and changes in jaw and occlusal relationships in immediate complete denture wearers. *J Oral Rehabil.* janv 1980;7(1):77-94
- 31 **Atwood DA, Coy WA.** Clinical, cephalometric, and densitometric study of reduction of residual ridges. *J Prosthet Dent.* sept 1971;26(3):280-295
- 32 Larousse Médical. [En ligne].  
<http://www.larousse.fr/archives/medical/page/731#t15122>. Consulté en mai 2016.
- 33 **Wilding RJ, Levin I, Pepper R.** The use of panoramic radiographs to measure alveolar bone areas. *J Oral Rehabil.* nov 1987;14(6):557-567
- 34 **Wical KE, Swoope CC.** Studies of residual ridge resorption. I. Use of panoramic radiographs for evaluation and classification of mandibular resorption. *J Prosthet Dent.* juill 1974;32(1):7-12
- 35 **Bairam LR, Miller WA.** Mandible bone resorption as determined from panoramic radiographs in edentulous male individuals ages 25-80 years. *Gerodontology.* déc 1994;11(2):80-85
- 36 **Serman N.** A false presence of bifid mandibular canals in panoramic radiographs. *Dentomaxillofac Radiol.* oct 2012;41(7):620
- 37 LookForDiagnosis. [En ligne].  
[http://www.lookfordiagnosis.com/mesh\\_info.php?term=Mordu+Occlusal&lang=4](http://www.lookfordiagnosis.com/mesh_info.php?term=Mordu+Occlusal&lang=4).  
 Consulté en mai 2016.

- 38 **Desai SR, Karthikeyan I, Singh R.** An in-office, cost effective technique for measuring width of bone using intra-oral periapical radiographs in occlusal projection. *Journal of Indian Society of Periodontology.* janv 2013;17(1):82-86
- 39 **Rocher P.** Tomographie volumique à faisceau conique: commission des dispositifs médicaux de l'Association Dentaire de Française. Paris : les dossiers de l'ADF ; 2015, 63p
- 40 **Ozan O, Orhan K, Aksoy S, Icen M, Bilecenoglu B, Sakul BU.** The effect of removable partial dentures on alveolar bone resorption: a retrospective study with cone-beam computed tomography. *J Prosthodont.* janv 2013;22(1):42-48
- 41 **Atwood DA** Some clinical factors related to rate of resorption of residual ridges. 1962. *J Prosthet Dent.* août 2001;86(2):119-125
- 42 **Braut V, Bornstein MM, Kuchler U, Buser D.** Bone dimensions in the posterior mandible: a retrospective radiographic study using cone beam computed tomography. Part 2 analysis of edentulous sites. *Int J Periodontics Restorative Dent.* oct 2014;34(5):639-647
- 43 **Katranji A, Misch K, Wang H-L.** Cortical bone thickness in dentate and edentulous human cadavers. *J Periodontol.* mai 2007;78(5):874-878
- 44 **Watanabe H, Mohammad Abdul M, Kurabayashi T, Aoki H.** Mandible size and morphology determined with CT on a premise of dental implant operation. *Surg Radiol Anat.* avr 2010;32(4):343-349
- 45 **Bolin A, Eliasson S, von Beetzen M, Jansson L.** Radiographic evaluation of mandibular posterior implant sites: correlation between panoramic and tomographic determinations. *Clin Oral Implants Res.* déc 1996;7(4):354-359
- 46 **Kasemsarn S, Mahaisavariya B, Sitthiseripratip K, Suwanprateeb J.** Morphology of Thai edentulous mandible using 3D reverse engineering: Relevance to immediate loading dental implant design. *JSME Int J Ser C-Mech Syst Mach Elem Manuf.* sept 2006;49(3):859-864
- 47 **Murakami M, Kawahata N, Nagaoka E.** A three-dimensional analysis method for edentulous mandibular ridge shape. *Dent Mater J.* mai 2007;26(3):429-436
- 48 **Brehm TW, Abadi BJ.** Patient response to variations in complete denture technique. Part IV: Residual ridge resorption cast evaluation. *J Prosthet Dent.* nov 1980;44(5):491-494

- 49 Eufinger H, Gellrich NC, Sandmann D, Dieckmann J.** Descriptive and metric classification of jaw atrophy. An evaluation of 104 mandibles and 96 maxillae of dried skulls. *Int J Oral Maxillofac. Surg.* févr 1997;26(1):23-28
- 50 Blahout RMS, Hienz S, Solar P, Matejka MH, Ulm CW.** Quantification of bone resorption in the interforaminal region of the atrophic mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants.* août 2007;22(4):609-615
- 51 Pietrokovski J, Starinsky R, Arensburg B, Kaffe I.** Morphologic Characteristics of Bony Edentulous Jaws. *Journal of Prosthodontics.* Mars 2007;16(2),141-147
- 52 Harris EF.** A longitudinal study of arch size and form in untreated adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* avr 1997;111(4):419-427
- 53** Wikimedia Commons. [En ligne].  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Human\\_dental\\_arches.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Human_dental_arches.svg). Consulté en septembre 2016.
- 54 Zmysłowska E, Ledzion S, Jedrzejewski K.** Factors affecting mandibular residual ridge resorption in edentulous patients: a preliminary report. *Folia Morphol (Warsz).* nov 2007;66(4):346-352

## SERMENT MEDICAL

*En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers condisciples, devant l'effigie d'HIPPOCRATE.*

*Je promets et je jure, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine Dentaire.*

*Je donnerai mes soins à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail, je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.*

*Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.*

*Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.*

*Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.*

*Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.*

*J'informerai mes patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences.*

*Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des connaissances pour forcer les consciences.*

*Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission.*

*Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences.*

*Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.*

*Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leur père.*

*Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.*

*Que je sois déshonoré et méprisé de mes confrères si j'y manque.*