



**HAL**  
open science

# Dimorphisme sexuel de la mandibule : analyse métrique et par morphométrie géométrique, application en chirurgie de féminisation faciale

Gabrielle Crenn-Vallade

► **To cite this version:**

Gabrielle Crenn-Vallade. Dimorphisme sexuel de la mandibule : analyse métrique et par morphométrie géométrique, application en chirurgie de féminisation faciale . Médecine humaine et pathologie. 2016. dumas-01417130

**HAL Id: dumas-01417130**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01417130>**

Submitted on 15 Dec 2016

**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.

**Université de Bordeaux**  
U.F.R DES SCIENCES MEDICALES

---

Année 2016

N° 3069

Thèse pour l'obtention du  
DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE  
Qualification en Chirurgie Générale

Présentée et soutenue publiquement le 23 septembre 2016

Par **Gabrielle CRENN-VALLADE**

Née le 22 Octobre 1987 à Soyaux (16)

<b>DIMORPHISME SEXUEL DE LA MANDIBULE : ANALYSE METRIQUE ET PAR MORPHOMETRIE GEOMETRIQUE, APPLICATION EN CHIRURGIE DE FEMINISATION FACIALE</b>
--

Directeur de Thèse

Docteur Mathieu BONDAZ

Rapporteur

Professeur Isabelle BARTHELEMY

Membres du jury

Professeur Claire MAJOUFRE-LEFEBVRE

Présidente

Professeur Vincent CASOLI

Juge

Professeur Philippe PELISSIER

Juge

Docteur Yann HEUZE

Juge

Docteur Mathieu BONDAZ

Juge

## REMERCIEMENTS

---

A ma Présidente de jury,

**Madame le Professeur Claire MAJOUFRE-LEFEBVRE**

Professeur des Universités, Praticien Hospitalier

Chef de service de Chirurgie Maxillo-faciale

CHU de Bordeaux

Vous m'avez fait l'honneur d'accepter la présidence de cette thèse.

Ces dernières années passées à vos côtés m'ont beaucoup apporté. Je tiens à vous remercier pour votre enseignement, votre disponibilité et la confiance que vous m'avez accordée en arrivant dans la spécialité. Votre aisance chirurgicale force mon admiration.

Veillez recevoir l'expression de ma reconnaissance et de mon profond respect.

**Monsieur le Professeur Philippe PELISSIER**

Professeur des Universités, Praticien Hospitalier

Chef de service de Chirurgie Plastique et Reconstructrice, Chirurgie de la Main et Brûlés

CHU de Bordeaux

Vous m'avez fait l'honneur d'accepter de juger cette thèse.

Merci de m'avoir fait profiter de vos connaissances et de vos compétences chirurgicales lors de mon passage dans votre service.

Veillez trouver ici le témoignage de ma sincère reconnaissance et de mon profond respect.

**Monsieur le Professeur Vincent CASOLI**

Professeur des Universités, Praticien Hospitalier

Service de Chirurgie Plastique et Reconstructrice, Chirurgie de la Main et Brûlés

CHU de Bordeaux

Merci pour l'honneur que vous me faites en participant à ce jury.

Veillez trouver ici l'expression de ma reconnaissance et ma profonde estime.

**Monsieur le Docteur Yann HEUZE**

Titulaire d'une chaire junior LabEx

Laboratoire PACEA

Université de Bordeaux

Tu m'as fait l'honneur d'accepter de juger ce travail.

Merci de m'avoir ouvert les portes de ta spécialité, d'avoir pris le temps d'éclaircir bon nombre de notions qui m'étaient inconnues, et pour ton aide précieuse ainsi que ta disponibilité au cours de ce travail.

Reçois ici l'expression de toute ma gratitude.

A mon Directeur de thèse,

**Monsieur le Docteur Mathieu BONDAZ**

Praticien Hospitalier

Service de Chirurgie Maxillo-faciale

CHU de Bordeaux

Merci de m'avoir fait l'honneur de diriger ce travail.

Merci pour ta disponibilité et ton aide au cours de ce travail et de manière générale depuis mon arrivée dans le service. Ta rigueur et tes compétences chirurgicales sont un exemple pour moi, ce sera un grand plaisir de pouvoir travailler à tes côtés durant les deux prochaines années.

Que ce travail soit le témoignage de mon grand respect et de ma profonde gratitude.

A mon Rapporteur de thèse,

**Madame le Professeur Isabelle BARTHELEMY**

Professeur des Universités, Praticien Hospitalier

Service de Chirurgie Maxillo-faciale

CHU de Clermont-Ferrand

Vous m'avez fait l'honneur de juger ce travail.

Veillez recevoir l'expression de ma reconnaissance et de mon profond respect.

## A MA FAMILLE

---

A mes parents, pour m'avoir encouragé à suivre cette voie, pour votre soutien et votre compréhension depuis les premières années. Pour votre présence et votre amour au quotidien dans les moments heureux et difficiles, pour les valeurs que vous m'avez transmis. Merci infiniment.

A ma grande sœur adorée. Pour ta gentillesse, ta disponibilité, ton écoute, ton honnêteté, ton chantage parfois, nos fous rires. C'était un plaisir de partager une partie de ces années d'études avec toi. A ta petite famille Romain, Louise et Côme.

A mon petit frère chéri. J'espère que les études de tes grandes sœurs n'auront pas raison de ta motivation, même si je ne me fais pas de soucis quant à ton avenir. Lorsque tu te seras bien imprégné de cette thèse (que tu liras attentivement, je n'en doute pas), tu pourras reproduire les mandibules dans Minecraft, histoire de vérifier tes acquis...

A mes grands parents, Marcel, Lisette, Léonce et Yvette, attentifs depuis mon enfance au bon déroulement de ma scolarité...

A mon cousin Damien, mon grand frère. Même si nous nous voyons moins souvent maintenant, c'est toujours un réel plaisir de passer du temps avec toi, et de profiter de ton humour si fin.

A Thérèse, Gérard, Nadia, et Thierry qui ont suivi de près ces années d'études. A Nathanaël, Marie-Amélie et Simon-Charles.

A mes oncles et tantes.

A mes beaux parents.

A Mathilde, à mes côtés depuis quinze ans, présente à Angoulême, à Poitiers comme à Bordeaux. Tu m'apportes énormément, merci pour ta joie de vivre contagieuse. A Nico, et à Lilou, en attendant les prochaines sessions avec impatience.

A Clémence, Cécilia et Marion qui m'accompagnent depuis le lycée voire le collège. C'était un plaisir de partager ces années Poitevines à vos côtés, il y aurait beaucoup de choses à dire. Même s'ils sont rares maintenant, les moments partagés avec vous sont toujours un plaisir.

A Chloé et nos sous colles culinaires...

Aux équipes et médecins que j'ai pu rencontrer pendant l'internat.

- Au Professeur François SIBERCHICOT, vos compétences chirurgicales, votre pédagogie, votre gentillesse et votre disponibilité encore aujourd'hui forcent mon admiration. C'était un plaisir d'apprendre à vos côtés.

- Au Professeur Philippe CAIX, pour son enseignement et sa bienveillance.

Au Docteur Pierre Jean BOUILLANE, rencontré lors de mon premier stage à Périgueux, pour ses précieux conseils.

Au Docteur ROGERO, et Docteur DABADIE pour l'apprentissage de l'orthopédie à Mont de Marsan.

Au Professeur Vincent PINSOLLE, aux Docteurs Marie-Laure ABI-CHALA, Géraldine FADE, Benjamin SOMMIER, Eva GACHIE, Romain WEIGERT et Hussein CHOUGHRI au cours de mon semestre en chirurgie plastique.

A l'équipe marseillaise, au Professeur Laurent GUYOT, aux bons Docteurs Jean-Marc FOLETTI et Stéphane BRUNEAU. C'était un réel plaisir de travailler à vos côtés pendant ces 6 mois, j'ai beaucoup appris grâce à vous. Je resterai kératite mais moins insolente.

Enfin au service de chirurgie maxillo-faciale de Bordeaux :

- à toute l'équipe du C1, à la consultation, au bloc opératoire, à l'ambulatoire, aux secrétaires.

- à Ghislaine jeune retraitée et à Marine nouvelle arrivée.

A mes chefs de cliniques successifs :

- Olivier, j'ai passé un "délicieux" semestre à tes côtés, merci pour ton enseignement.

- Alice, je te remercie pour ces deux années passées à tes côtés, pour ta bonne humeur et pour m'avoir transmis l'amour du chicot et des petits Montebourg.

- Marion, c'était un réel plaisir de travailler à tes côtés que ce soit en tant qu'interne ou en tant que chef. Merci d'avoir aussi bien joué ton rôle de binôme. Sache que j'admire ta détermination et ton professionnalisme.

- Stéphanie, c'était un plaisir de travailler avec toi.

- Quentin, tu m'as énormément apporté au cours de ces dernières années, et je te remercie plus particulièrement pour ton aide précieuse au cours de ces derniers mois. Ta rigueur (parfois obsessionnelle) a été un exemple à suivre pour moi. Je ne compte plus les fous rires, chansonnettes et autres improvisations en tout genre, sache que tu seras toujours le bienvenu pour partager une panna cotta.

A mes co-internes :

- A Anne- Sophie, première rencontre et pas des moindres... Beaucoup de moments partagés depuis Périgueux, ta bonne humeur n'a d'égal que ta gentillesse.

- A Mathias, ta rigueur et ton humour ont fait de toi un co-interne modèle, c'était un réel plaisir de partager ces semestres Périgourdin et Montois avec toi.

- A ma future co-chef Caroline, avec qui j'ai partagé les débuts dans la spécialité, au milieu des entorses et des torticolis, c'est toujours un plaisir de travailler avec toi.

- A Tiphaine, pour ta gentillesse, tu sais à quel point j'ai apprécié mon semestre à tes côtés.

- A Camille pour ta joie de vivre, toujours motivée que ce soit au travail, en soirée ou pour aller voir Céline...

- A Marie Pierre la landaise, c'était un plaisir de passer ces semestres à tes côtés.

- A mes co-internes Marseillais, Marcus, Guillaume et bien sûr Pouzoul pour m'avoir fait découvrir la région, et apprécier ce semestre loin de chez moi.

- A Nina, pour ta bonne humeur, chicologue dans l'âme.

- A mes co-internes ORL, maxillo pour un semestre, Florian pour ton bouillon et Sylvain pour ton infinie gentillesse.

- A mes co-internes durant ces semestres, Francky, Stéphanie, Charlie, Elliot, Adrien, Amine, Anaïs, Mailys, Antoine, et Grégoire.



A Yann,

Merci pour absolument tout.

Pour ta bienveillance à mon égard, ta patience, ta compréhension et ton amour en toutes circonstances.

Pour toutes tes attentions, tes petits plats à la maison comme à l'hôpital...

Pour les moments partagés sur l'eau, sur terre, pour ceux à venir.

A nos projets, à nos voyages, à nos futures vagues, à un heureux événement ...

## **TABLES DES MATIERES**

<b>LISTE DES ABREVIATIONS</b>	11
<b>LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX</b>	12
<b>INTRODUCTION</b>	16
1. Généralités	16
2. Dimorphisme sexuel	17
3. Morphométrie géométrique	19
4. Objectif de l'étude	21
<b>PRE-REQUIS</b>	22
1. La mandibule	22
1.1 Embryogénèse et développement	22
1.2 Anatomie descriptive	23
1.2.1 Ostéologie	23
1.2.2 Insertions musculaires	26
1.2.3 Vascularisation	28
<b>MATERIELS ET METHODES</b>	29
1. Base de données	29
2. Protocole de reconstruction tridimensionnelle	30
2.1 En vue de l'analyse métrique	30
2.2 En vue de l'analyse par morphométrie géométrique	30
3. Protocole d'analyse des données métriques	31
3.1 Protocole de mesures	31
3.2 Analyse	34
4. Protocole d'analyse des données pour la morphométrie géométrique	34

4.1 Logiciel Viewbox®	34
4.2 Composante symétrique	37
4.3 Analyse en composantes principales	38
4.4 Allométrie et régression multivariée	38
4.5 Logiciel Avizo®	39
<b>RESULTATS</b>	40
1. Résultats de l'analyse métrique	40
2. Résultats de l'analyse par morphométrie géométrique	44
2.1 Résultats préliminaires	44
2.2 Analyse en composantes principales	46
2.2.1 Echantillon non symétrisé	46
2.2.2 Echantillon symétrisé	49
2.3 Allométrie pour chacune des composantes	49
2.4 Individus moyens	50
2.5 Individus extrêmes	56
2.5.1 Composante principale PC2	56
2.5.2 Composante principale PC4	60
<b>DISCUSSION</b>	64
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	73
<b>ANNEXE</b>	76
<b>SERMENT D'HIPPOCRATE</b>	80

## LISTE DES ABREVIATIONS

---

3D : trois dimensions

ACP : analyse en composantes principales

CIM : classification internationale des maladies

F : femme

H : homme

MtF : *male to female* (désigne une patiente transsexuelle homme vers femme)

FtM : *female to male* (désigne un patient transsexuel femme vers homme)

PC : *principal component* (composant principal)

TDM: tomodensitométrie

## LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

---

Figure 1. Traits morphologiques faciaux et leur niveau de cotation (p.18)

Figure 2. Les trois étapes de la superposition Procruste : translation, mise à l'échelle et rotation (p.20)

Figure 3. Représentation des bourgeons faciaux primordiaux et du stomodaeum (extrait de Human Embryology and Morphology de Keith A. 1902) (p.22)

Figure 4. Représentation des centre d'ossification de la mandibule et son développement (extrait de Human Embryology and Morphology de Keith A. 1902) (p.23)

Figure 5. Représentation de la mandibule, face externe, extrait du traité d'anatomie humaine de Paul Poirier (p.24)

Figure 6. Représentation de la mandibule, face interne, extrait du traité d'anatomie humaine de Paul Poirier (p.25)

Figure 7. Représentation des insertions musculaires de la face externe de la mandibule, extrait du Traité d'anatomie humaine de Poirier (p.27)

Figure 8. Représentation des insertions musculaires de la face interne de la mandibule, extrait du Traité d'anatomie humaine de Poirier (p.27)

Figure 9. Vue N°1 : mesure de la hauteur de la symphyse (p.32)

Figure 10. Vue N°3 : mesure de la largeur de la symphyse (ligne jaune), tangentes au bord basilaire (lignes rouges), bissectrices (pointillés verts) (p.32)

Figure 11. Vue N°4 : point inférieur du lobule (p.32)

Figure 12. Vue N°5 : distance épine nasale antérieure - point menton (ligne orange), plan de Francfort (ligne rouge), tangentes au bord basilaire (lignes bleues), bissectrice définissant le gonion (ligne jaune), angle A1 (rose) (p.33)

Figure 13. Vue N°7 : points repères pour la mesure de la distance bizygomatique et de la distance bigoniaque (p.33)

Figure 14. Vue antérieure des 354 points mesurés sur les surfaces TDM 3D reconstruites pour chaque individu de la base de données (p.36)

Figure 15. Vue postérieure des 354 points mesurés sur les surfaces TDM 3D reconstruites pour chaque individu de la base de données (p.36)

Figure 16. Vue latérale droite des 354 points mesurés sur les surfaces TDM 3D reconstruites pour chaque individu de la base de données (p.37)

Figure 17. Régression de la forme (Regression score 1) sur la taille (Centroïd size) (p.45)

Figure 18. Taille moyenne de la mandibule en fonction du sexe. Boîte à moustache avec valeurs moyennes, 1er et 3ème quartiles du centroid size (p.46)

Figure 19. Pourcentage de variance exprimé par chaque PC de l'ACP des coordonnées procrustes (p.47)

Figure 20. ACP des coordonnées procrustes des 354 points mesurés sur la mandibule des femmes et des hommes de l'échantillon. PC1 versus PC2 (p.48)

Figure 21. ACP des coordonnées procrustes des 354 points mesurés sur la mandibule des femmes et des hommes de l'échantillon. PC4 versus PC2 (p.48)

Figure 22. Pourcentage de variance exprimé par chaque PC de l'ACP des coordonnées procrustes des 354 points mesurés sur les mandibules symétrisées de tous les individus de l'échantillon (p.49)

Figure 23. Comparaison de la forme de la symphyse mandibulaire pour les individus moyens (p.50)

Figure 24. Représentation de la position des angles par rapport aux condyles pour les individus moyens (p.51)

Figure 25. Comparaison de la forme moyenne de la mandibule de l'homme et de la femme superposées, en vue de face (a) et axiale (b) et de profil (c), zoom sur la région goniale (d) et mentale (e) (p.52-53)

Figure 26. Représentation de la mandibule de l'homme moyen et de la femme moyenne en vue de face (a), axiale (b) et de profil (c) (p.54)

Figure 27. ACP des coordonnées procrustes des 354 points mesurés sur la mandibule des femmes et des hommes de l'échantillon symétrisé. PC1 versus PC2 (p.55)

Figure 28. Comparaison de la forme de la symphyse mandibulaire pour les individus extrêmes PC2 (p.56)

Figure 29. Représentation de la position des angles par rapport aux condyles pour les individus extrêmes PC2 (p.56)

Figure 30. Comparaison de la forme de la mandibule de l'homme extrême PC2 et de la femme extrême PC2 superposées, en vue de face (a) axiale (b) et de trois quarts (c) (p.57)

Figure 31. Représentation de la mandibule de l'homme extrême PC2 et de la femme extrême PC2 en vue de face (a), axiale (b) et de profil (c) (p.58)

Figure 32. ACP des coordonnées procrustes des 354 points mesurés sur la mandibule des femmes et des hommes de l'échantillon symétrisé. PC1 versus PC4 (p.59)

Figure 33. Comparaison de la forme de la symphyse mandibulaire pour les individus extrêmes PC2 en vue de face (a), axiale (b) et de profil (c) (p.60)

Figure 34. Comparaison de la position des angles par rapport aux condyles pour les individus extrêmes PC4 (p.60)

Figure 35. Comparaison de la forme de la mandibule de l'homme extrême PC4 et de la femme extrême PC4, superposées, en vue de face (a) et de trois quarts (b) (p.61)

Figure 36. Représentation de la mandibule de l'homme extrême PC4 et de la femme extrême PC4, en vue de face (a et b), axiale (c et d) et de profil (e et f) (p.62)

Figure 37. Représentation des différences entre hommes et femmes au niveau des tissus mous de la face (p.63)

Figure 38. Schémas représentant les différences de forme au niveau de la mandibule entre hommes et femmes de face et de profil en fonction de l'âge (p.64)

Figure 39. Représentation d'un geste chirurgical de féminisation sur la mandibule (p.70)

Figure 40. Vues peropératoires d'une génioplastie de réduction transverse (p.71)

Figure 41. Photographies pré opératoire et post opératoire d'une patiente ayant bénéficié d'une génioplastie de réduction transverse. (p.71)

Tableau 1. Landmarks anatomiques (LM) et leurs définitions (p.35)

Tableau 2. Courbes prédéfinies (C) et leurs définitions (p.35)

Tableau 3. Données des mesures métriques chez les femmes (p.76)

Tableau 4. Données des mesures métriques chez les hommes (p.77)

Tableau 5. Comparaison des moyennes entre les mandibules d'hommes et de femmes pour la largeur de la symphyse (p.41)

Tableau 6. Comparaison des moyennes entre les mandibules d'hommes et de femmes pour l'orifice piriforme (p.41)

Tableau 7. Comparaison des moyennes entre les mandibules d'hommes et de femmes pour l'angle A1 (p.41)

Tableau 8. Comparaison des moyennes entre les mandibules d'hommes et de femmes pour la distance entre épine nasale et le point menton (p.42)

Tableau 9. Comparaison des moyennes entre les mandibules d'hommes et de femmes pour la distance entre le gonion et le lobule (p.42)

Tableau 10. Comparaison des moyennes entre les mandibules d'hommes et de femmes pour la largeur bizygomatique (p.42)

Tableau 11. Comparaison des moyennes entre les mandibules d'hommes et de femmes pour la largeur bigoniaque (p.43)

Tableau 12. Comparaison des moyennes entre les mandibules d'hommes et de femmes pour le rapport de la largeur bizygomatique sur la largeur bigoniaque (*p.43*)

Tableau 13. Comparaison des moyennes entre les mandibules d'hommes et de femmes pour le rapport de la largeur de la symphyse sur la largeur de l'orifice piriforme (*p.43*)

Tableau 14. Comparaison des moyennes entre les mandibules d'hommes et de femmes pour la hauteur de la symphyse (*p.44*)

Tableau 15. Comparaison des moyennes entre les mandibules d'hommes et de femmes pour le rapport entre la distance épine nasale - point menton et la hauteur de la symphyse (*p.44*)

Tableau 16. Pourcentage de variation de la forme imputable à la taille pour chacune des composantes principales et significativité (*p.50*)



## INTRODUCTION

---

### 1. Généralités

Il existe plusieurs définitions du transsexualisme. Les critères les plus pertinents pour le définir semblent être ceux proposés par la CIM 10.

Selon la CIM 10, le transsexualisme se définit comme « le désir de vivre et d'être accepté en tant que personne appartenant au sexe opposé. Ce désir s'accompagne habituellement d'un sentiment de malaise ou d'inadaptation envers son propre sexe anatomique et du souhait de subir une intervention chirurgicale ou un traitement hormonal afin de rendre son corps aussi conforme que possible au sexe désiré ». <sup>1</sup>

La prévalence du transsexualisme est difficile à estimer, une méta-analyse publiée en 2015 l'estime à 4,6/100 000, 6,8/100 000 pour les MtF et 2,6/100 000 pour FtM. <sup>2</sup> Le sexe ratio varie de 3/1 (trois hommes voulant devenir une femme pour une femme voulant devenir un homme) à 2/1 et a tendance à diminuer. Il n'existe pas de données exhaustives en France, mais les évaluations semblent proches de ces chiffres qui correspondent aux résultats d'une étude réalisée en Belgique. <sup>3,4</sup>

Si on assiste déjà de manière anecdotique à la réalisation de mammectomies, d'hystérectomies, d'ovariectomies ou de castrations chirurgicales au début du 20<sup>ème</sup> siècle, il faut attendre 1931 pour la réalisation de la première vaginoplastie par le Docteur Levy-Lentz. Par la suite, le Docteur Burou développera cette technique à partir des années 1950 à Casablanca.

En dépit des progrès médicaux, la prise en charge des patients souffrant de troubles de l'identité du genre s'est longtemps heurtée à l'ignorance de ce syndrome par les instances juridictionnelles et médicales. Ainsi, le premier programme de réassignation sexuelle voit le jour en 1979 avec les Professeurs Breton et Kuss à Paris.

A Bordeaux, le « *programme Transgender* » conduit depuis 2006 par le Professeur Casoli, a pour objectif la prise en charge pluridisciplinaire du patient. Il existe actuellement six centres en France reconnus dans ce domaine (Bordeaux, Lyon, Marseille, Paris, Nice et Montpellier).

Parallèlement à l'essor de la chirurgie de réassignation sexuelle, s'est développée à partir de la fin des années 1980, la chirurgie de féminisation de la face. Ce concept regroupe l'ensemble des procédures ayant pour objectif de transformer les caractéristiques masculines pour obtenir des traits féminins. Celui-ci a été initié puis développé par le Docteur Ousterhout à San Francisco entre les années 1980 et 1990, après s'être inspiré des caractéristiques cranio faciales utilisées par les anthropologues pour différencier les individus féminins et masculins. <sup>5</sup> Cette activité, développée dans le service de chirurgie maxillo-faciale depuis 2014, dans le cadre du *programme Transgender*, est réalisée après la réassignation sexuelle. Elle favorise l'intégration socioprofessionnelle et

plusieurs études ont déjà montré l'impact positif de ces procédures sur la qualité de vie des patientes transgenres.<sup>6</sup> La chirurgie de féminisation de la face s'applique aux différents étages :

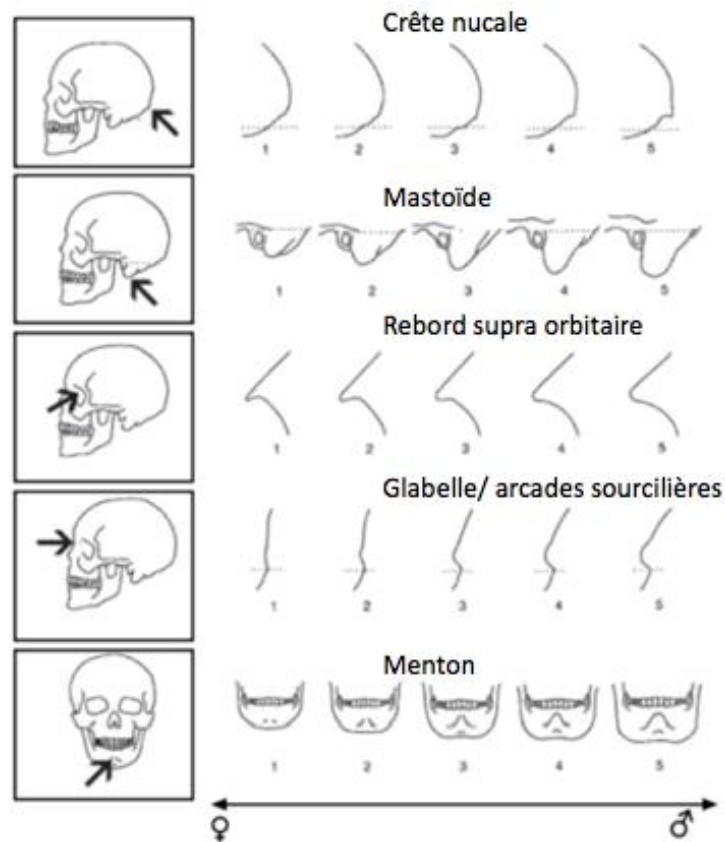
- tiers supérieur (réduction des bosses frontales par remodelage fronto-orbitaire, lifting des sourcils, implants capillaires)
- tiers moyen (implants faciaux, rhinoplastie de réduction)
- tiers inférieur (lifting des lèvres, génioplastie de réduction, gonioplastie)
- cervical (chondrolaryngoplastie).

La réalisation de cette chirurgie implique une connaissance des différences anatomiques entre hommes et femmes ou dimorphisme sexuel, aussi bien au niveau osseux qu'au niveau des tissus mous.

## **2. Dimorphisme sexuel**

Le dimorphisme sexuel est l'ensemble des différences morphologiques entre les individus mâles et femelles d'une même espèce. Celui-ci est plus ou moins exprimé en fonction des espèces et des individus au sein d'une même espèce, et variable selon l'âge et les populations. Les caractéristiques morphologiques peuvent être représentées sur une échelle sur laquelle on retrouverait aux deux extrémités des traits « hyperféminins » d'une part et « hypermasculins » d'autre part, et entre les deux une zone dans laquelle les différences sont moins marquées, que l'on appelle « zone d'overlap ».

On distingue deux types d'analyses pour l'étude du dimorphisme sexuel : la plus ancienne est l'analyse qualitative, qui repose sur l'appréciation visuelle du dimorphisme. Son principal inconvénient est son caractère subjectif, et dépendant de l'expérience de l'observateur.<sup>7</sup> Elle reste encore utilisée et certains auteurs ont proposé une classification permettant d'évaluer le dimorphisme sur plusieurs sites du crâne et de la face. (Figure 1)



**Figure 1. Traits morphologiques faciaux et leur niveau de cotation (Buikstra et Ubelaker, 1994)**

Avec le développement des outils informatiques, cette technique assez subjective a été complétée par l'étude de données métriques, il s'agit de l'analyse quantitative.

La détermination du sexe, en anthropologie comme en médecine légale, est un élément majeur dans l'identification d'un individu. Certains os, en particulier l'os coxal, sont particulièrement utilisés et lorsqu'un squelette humain est complet, la fiabilité du sexage peut atteindre 100%.<sup>8</sup> La fragmentation ou l'absence de certains os particulièrement fiables pour cette détermination, a conduit à étendre l'étude du dimorphisme sexuel au reste du squelette, et en particulier aux os du squelette facial. Ce n'est qu'à une époque relativement récente que les anthropologues ont étudié les crânes comparativement entre eux, avec entre autres Daubenton en 1744<sup>9</sup>, mais c'est Broca en 1861 qui donne une impulsion à la craniologie comparative donnant ainsi naissance à la craniométrie. La mandibule, de par sa taille et sa résistance, est généralement suffisamment préservée et a donc été étudiée pour le sexage des individus. Ainsi on a pu observer au niveau de la mandibule humaine un certain dimorphisme sexuel, et ce sur plusieurs critères. L'angle mandibulaire est plus fermé chez l'homme, la largeur et la hauteur du ramus sont également plus importantes chez l'homme.<sup>8</sup> La hauteur de la symphyse, et la distance bigoniaque semblent plus élevées chez l'homme permettant de déterminer le sexe dans respectivement 69% et 86,2% des cas entre 12 et 19 ans.<sup>10</sup> De manière générale, l'ensemble des mesures métriques réalisées sur la mandibule semblent plus élevées chez l'homme, à l'exception peut-être de la largeur bicondylienne<sup>10</sup>, pour laquelle on retrouve des données contradictoires dans la littérature. Cette

différence de taille entre les deux sexes est importante à prendre en compte et fait appel à la notion d'allométrie. Cette dernière fait référence aux changements des caractéristiques morphologiques d'un objet en fonction de la taille. Dans le cas présent on peut en effet se demander dans quelle mesure cette différence de taille interfère avec le dimorphisme sexuel de la mandibule.

### 3. Morphométrie géométrique

La morphométrie traditionnelle est un outil statistique qui permet la comparaison de distances linéaires et d'angles entre des points homologues de différents objets. Elle présente certains inconvénients en particulier lorsqu'il s'agit de comparer des objets de formes différentes, et ne permet notamment pas de conserver la configuration d'un objet ce qui donne lieu à quelques imprécisions. La morphométrie géométrique a été développée à partir des années 1980 pour palier à ces difficultés, elle préserve la configuration des objets et permet entre autres d'étudier les variations de formes entre les espèces.

Il existe plusieurs approches, mais la plus répandue est la méthode procruste, c'est celle que nous avons utilisée dans cette étude. La technique employant des points de repères anatomiques appelés *landmarks* est la plus utilisée, la conformation géométrique de l'objet est décrite par les coordonnées de ces derniers est reste indépendante de son échelle et de sa position dans l'espace. Les *landmarks* sont des points repères anatomiques, sélectionnés sur un objet et repérables de façon certaine sur l'ensemble des objets comparés (homologie). Lorsque le nombre de *landmarks* est insuffisant pour décrire l'ensemble de l'objet étudié, on utilise les *semilandmarks* qui sont une série ordonnée de points placés le long d'une courbe ou d'une surface. Ils permettent d'étudier l'homologie de structure ou de surface globale de l'objet.<sup>11</sup>

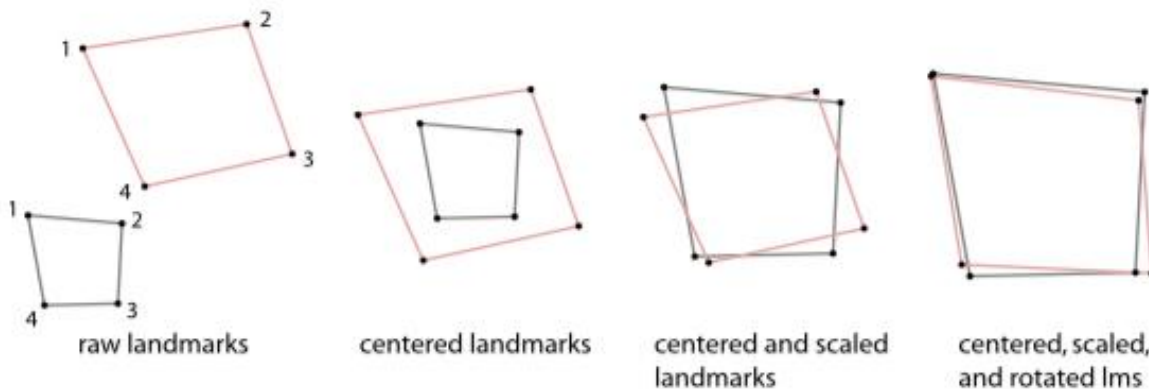
En résumé une analyse par morphométrie géométrique nécessite le traitement et l'analyse de points appelés *landmarks* positionnés à la surface d'objets dont on souhaite comparer la configuration spatiale. Les *landmarks* correspondent à des points précis et homologues de manière à ce que leur positionnement soit parfaitement reproductible. Sur certaines régions anatomiques dépourvues de *landmarks*, on peut avoir recours à des points repères glissants, les *semilandmarks*. Ces derniers sont positionnés au niveau d'une courbe ou d'une surface, un processus itératif est appliqué pour faire glisser ces points jusqu'à ce que les différences de conformation entre les structures soient minimisées (algorithme minimisant l'énergie de déformation, ou « *bending energy* »).<sup>11</sup> A l'issue de cette étape les *semilandmarks* acquièrent une homologie géométrique et peuvent être inclus dans l'analyse statistique comme s'ils étaient des *landmarks* classiques.

L'analyse de ces données se fait à partir de la superposition procruste. Il s'agit d'un processus qui permet de comparer des objets de conformation géométrique différentes en s'affranchissant des paramètres de position, d'orientation et d'échelle.<sup>11</sup> Cette déformation supprime les différences qui ne sont pas dues à la morphologie intrinsèque de l'objet, celles qui persistent après cette étape sont considérées comme objectives et permettent alors d'évaluer le degré de ressemblance entre l'objet et la référence.

Trois étapes sont nécessaires :

- une translation qui va aboutir au centrage de tous les objets sur leur barycentre ou centroïde, pouvant être assimilé au centre de gravité.
- une mise à l'échelle en utilisant la taille centroïde comme unité de taille.
- une rotation autour du barycentre, jusqu'à ce que la somme des distances Euclidiennes élevée au carré entre les points homologues soit minimisée (processus itératif). C'est un ajustement visant à l'alignement de toutes les conformations.

On obtient alors les coordonnées procrustes des configurations, la distance Euclidienne entre les coordonnées procrustes de deux configurations est appelée distance procruste et rend compte des différences/similitudes de forme entre ces deux dernières. A l'issue de cette superposition, les objets sont représentés par des *landmarks* dont les coordonnées ne correspondent plus à l'espace réel mais à un nouvel espace, appelé espace procruste.



**Figure 2. Les trois étapes de la superposition procruste : translation, mise à l'échelle et rotation. (D'après Mitteroecker et Gunz 2009)**

#### **4. Objectif de l'étude**

L'objectif de notre étude était de quantifier et d'analyser, au travers d'une analyse métrique et par morphométrie géométrique, les différences morphologiques existant au niveau de la mandibule entre hommes et femmes. Le but étant de fournir un substratum anatomique aux interventions chirurgicales de féminisation du tiers inférieur de la face.

## PRE-REQUIS

---

### 1. La mandibule

#### 1.1 Embryogénèse et développement<sup>9,12,13,14,15</sup>

Le squelette cranio-facial est formé par deux ensembles : le neurocrâne qui entoure et protège l'encéphale, et le viscérocrâne formé par les axes cartilagineux des deux premiers arcs branchiaux, d'où dérive le squelette de la face. Le premier arc ou *arc mandibulaire* est constitué d'une partie ventrale ou *processus mandibulaire*, centrée par le *cartilage de Meckel* qui sert de guide pour la formation de la mandibule, et d'une partie dorsale ou *processus maxillaire*. Les éléments de la face proviennent des *bourgeons faciaux primordiaux* qui entourent la cavité du *stomodaeum*, constituant à la quatrième semaine la bouche primitive. Ces bourgeons sont au nombre de cinq et fusionnent entre eux entre les 4<sup>ème</sup> et 10<sup>ème</sup> semaines de la vie intra utérine. Les *bourgeons mandibulaires*, pairs et symétriques se rejoignent sur la ligne médiane et forment la limite inférieure ou plancher du *stomodaeum*.

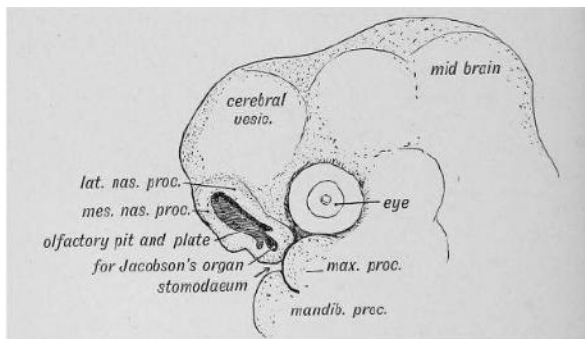


FIG. 16.—The Olfactory Pit and Nasal Processes in a 4th week human embryo (After Kollmann.)

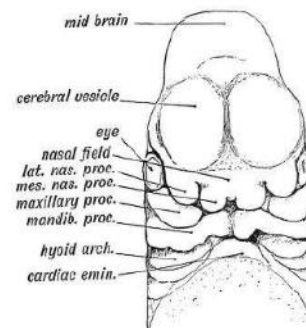


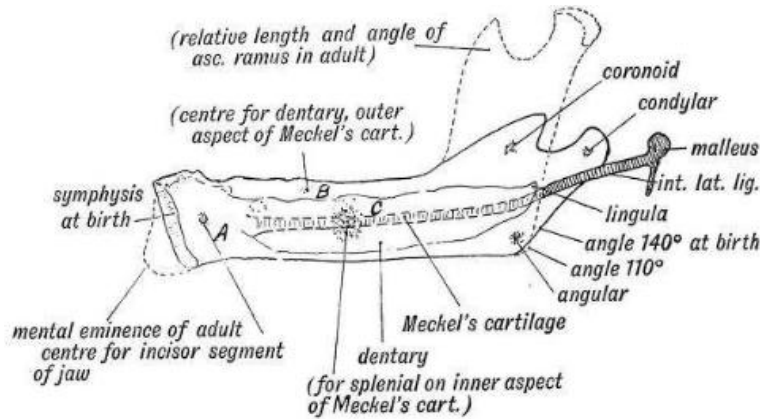
FIG. 1.—Showing the formation of the face by the Nasal, Maxillary, and Mandibular processes in an embryo of the 4th week. (After His.)

**Figure 3. Représentation des bourgeons faciaux primordiaux et du stomodaeum (extrait de *Human Embryology and Morphology* de Keith A. 1902).**

La mandibule est primitivement formée de deux os distincts, chacune de ces moitiés se développe de manière indépendante et présente six points d'ossification et une ossification secondaire de type endochondrale à partir du cartilage de Meckel. Un premier, le *point inférieur* apparaît vers le 35<sup>ème</sup> jour formant le bord inférieur de la mandibule. Un deuxième, le *point incisif*, apparaît peu après de part et d'autre de la symphyse. Un troisième, le *point supplémentaire du trou mentonnier*, forme une lamelle osseuse pour le trou mentonnier. Le quatrième, le *point condylien*, forme le condyle et la portion de la branche montante qui supporte ce dernier. Le cinquième, le *point coronoïdien*, pour l'apophyse coronoïde et le segment de la branche montant qui la supporte. Le sixième, le *point de*

*l'épine de Spix*, formant la partie de l'os compris entre le point incisif et l'orifice supérieur du canal dentaire.

La mandibule ainsi formée se présente comme une gouttière ouverte en haut sans subdivision initialement, puis des cloisons interalvéolaires se forment autour des germes dentaires correspondant aux alvéoles étagées en deux séries répondant aux dentitions temporaires et définitives. Les deux moitiés du maxillaire se soudent après la naissance aux alentours du 3<sup>ème</sup> mois, au niveau de la symphyse.



**Figure 4. Représentation des centre d'ossification de la mandibule et son développement (extrait de *Human Embryology and Morphology* de Keith A. 1902).**

## 1.2 Anatomie descriptive

### 1.2.1 Ostéologie

La mandibule ou maxillaire inférieur, est un os impair, médian et symétrique situé à la partie inférieure et postérieure de la face. Elle est constituée d'os compact recouvrant une mince couche de tissu spongieux. Mobile, elle s'articule avec les deux os temporaux en réalisant l'articulation temporo-mandibulaire et avec l'os maxillaire par l'intermédiaire des arcades dentaires. On la divise généralement en deux parties: une partie moyenne ou corps et deux extrémités latérales ou branches.<sup>14,9</sup>

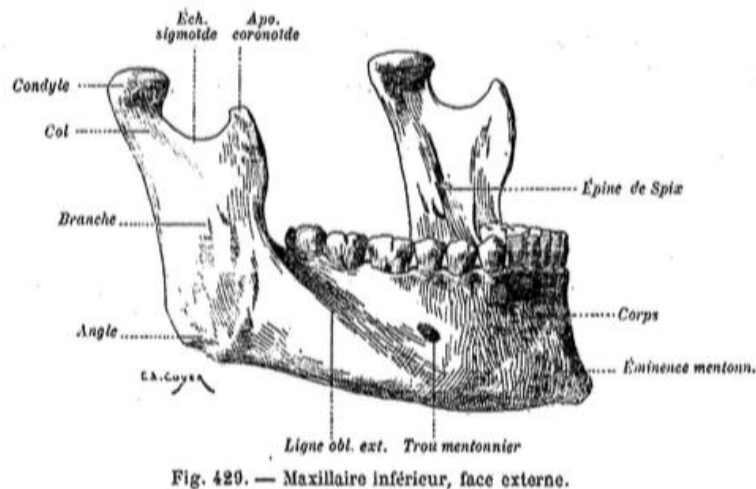


## Le corps

Le corps, arciforme, à convexité antérieure, présente une face interne, une externe et deux bords.

Les deux faces du corps sont à peu près verticales, cependant l'externe est légèrement inclinée vers le haut, alors que l'interne regarde un peu plus vers le bas.

La face externe présente sur la ligne médiane une crête ou un sillon vertical, stigmate de la soudure des deux moitiés dont le maxillaire inférieur est primitivement composé. Cette crête aboutit à un tubercule, *l'éminence mentonnière* plus ou moins marquée. Au dessus du tubercule, la portion alvéolaire est soulevée en saillies verticales répondant aux racines des incisives et des canines. Des angles latéraux de l'éminence mentonnière, part *la ligne oblique externe* qui longe d'abord le bord inférieur de l'os, puis se relève sur les parties latérales qu'elle traverse en diagonale pour rejoindre le bord antérieur de la branche ascendante. Elle donne insertion aux muscles triangulaire des lèvres, carré du menton et peaucier. A 25 ou 30 mm de part et d'autre de la symphyse mentonnière se situe *le trou mentonnier*, orifice du canal dentaire inférieur d'où émerge le pédicule. (Figure 5)



**Figure 5. Représentation de la mandibule, face externe, extrait du traité d'anatomie humaine de Paul Poirier, Tome premier 1892.**

La face interne présente également sur la ligne médiane les traces de la soudure de la symphyse. Latéralement se trouvent les *apophyses geni* : deux supérieures donnant insertion aux muscles genio-glosse, deux inférieures donnant insertion aux muscles génio-hyoidien. De chaque côté des apophyses geni naît la ligne oblique interne qui monte obliquement sur la face interne de l'os pour disparaître vers la partie moyenne de la branche ascendante un peu en arrière et en dessous de la dernière molaire. Donnant son attache au muscle mylo-hyoidien, elle est également appelée *ligne mylo-hyoidienne*. Cette ligne divise la face interne de la mandibule en deux parties : la partie supérieure ou *buccale* creusée de la *fossette sublinguale* latéralement aux apophyses geni ; et la partie inférieure ou *cervicale* présentant en dessous de la fossette sublinguale, l'empreinte ovale

d'insertion du ventre antérieur du muscle digastrique, puis la *fossette sous maxillaire*. Parallèle et sous-jacent à la ligne mylo-hyoidienne, se trouve le sillon mylo-hyoidien qui répond au nerf et aux vaisseaux du même nom. (Figure 6)

Le bord inférieur ou *basilaire*, est arrondi et mousse, présentant de chaque côté de la symphyse une dépression ovale appelée *fossette digastrique* recevant l'insertion du ventre antérieur du muscle du même nom.

Le bord supérieur ou *alvéolaire*, est creusé de cavités destinées à recevoir les racines des dents.

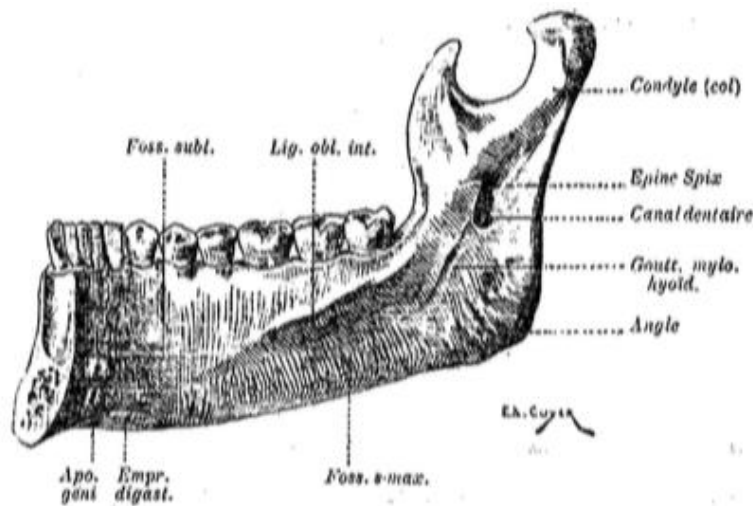


Fig. 434. — Maxillaire inférieur, face interne.

**Figure 6. Représentation de la mandibule, face interne, extrait du traité d'anatomie humaine de Paul Poirier, tome premier, 1892.**

### Les branches

La face externe présente surtout dans sa partie inférieure, des lignes rugueuses dirigées obliquement d'avant en arrière et de haut en bas qui répondent à l'insertion des lames fibreuses incluses dans le muscle masséter. Elles s'accroissent d'autant plus que l'on se rapproche de l'angle qui apparaît souvent déjeté en dehors et attiré vers le haut par la traction des muscles.

La face interne présente au niveau de l'angle, des séries de rugosités répondant à l'insertion du ptérygoïdien interne. Vers la partie moyenne, se trouve *l'orifice interne du canal dentaire ou lingula*. La lèvre antérieure de ce trou se termine par une épine triangulaire, *l'épine de Spix* sur laquelle s'attache le ligament sphéno-maxillaire. Ce dernier est situé à égale distance des quatre

bords et se prolonge par un canal oblique en bas et en avant, donnant passage au nerf et vaisseaux dentaires inférieurs.

Le bord antérieur, mince, légèrement concave en avant, se continue avec le bord antérieur de l'apophyse coronoïde.

Le bord postérieur, épais, légèrement concave en arrière, s'élargit en haut, formant la face postérieure du condyle. Il répond à la glande parotide.

Le bord inférieur fait suite au bord inférieur du corps, il est moins épais que celui-ci, et parfois marqué à sa jonction par l'empreinte de l'artère faciale. Le point saillant où il rencontre en arrière le bord postérieur constitue *l'angle mandibulaire*.

Le bord supérieur présente deux saillies séparées par une large échancrure *l'apophyse coronoïde* en avant, *le condyle* en arrière.

L'apophyse coronoïde est une lame osseuse triangulaire, dont le sommet se trouve le plus souvent au même niveau que l'horizontale menée par le condyle. Celle-ci est engânée par l'insertion tendino-charnue du muscle temporal.

L'échancrure sigmoïde sépare l'apophyse coronoïde du condyle, elle donne passage aux vaisseaux et nerfs massétéris.

Le condyle est une éminence de forme ovoïde dont le grand axe se dirige de dehors en dedans et d'avant en arrière. La face antérieure est excavée par la fossette d'insertion du muscle ptérygoïdien externe. La partie articulaire présente un versant antérieur convexe, et un versant postérieur aplati. Sous l'angle externe se trouve un tubercule recevant l'insertion du faisceau principal du ligament latéral externe. La portion rétrécie entre le condyle et la branche montante porte le nom de *col du condyle*.

### **1.2.2 Insertions musculaires**

#### Au niveau du corps de la mandibule :

On observe sur la face antérieure, l'insertion des muscles de la houppe du menton, triangulaire des lèvres, et carré du menton.

Sur sa face postérieure, l'insertion des muscles génio-glosse, génio-hyoidien, mylo-hyoidien et constricteur supérieur du pharynx.

Sur le bord supérieur, l'insertion du muscle buccinateur.

Sur le bord inférieur, l'insertion des muscles digastrique et peaucier du cou.

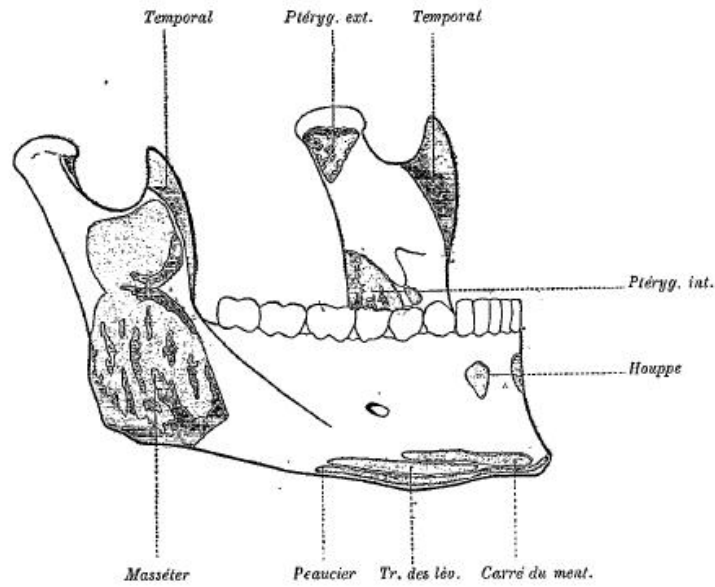


Fig. 430. — Maxillaire inférieur, face externe, insertions musculaires.

**Figure 7. Représentation des insertions musculaires de la face externe de la mandibule, extrait du Traité d'anatomie humaine de Poirier.**

Au niveau des branches de la mandibule :

Sur la face externe, l'insertion du muscle masséter.

Sur la face interne, l'insertion du muscle ptérygoidien interne ou médial.

Sur le col du condyle, l'insertion du muscle ptérygoidien externe ou latéral.

Sur l'apophyse coronoïde l'insertion du muscle temporal.

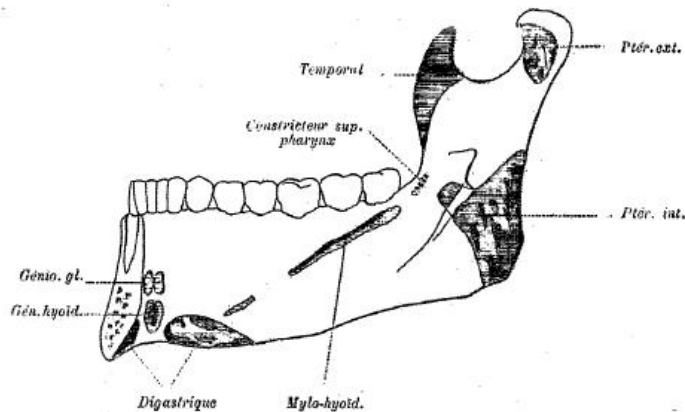


Fig. 432. — Maxillaire inférieur, face interne, insertions musculaires.

**Figure 8. Représentation des insertions musculaires de la face interne de la mandibule, extrait du Traité d'anatomie humaine de Poirier.**

### **1.2.3 Vascularisation**

La vascularisation de la mandibule est assurée d'une part par le périoste et les muscles environnants, et d'autre part par l'artère alvéolaire inférieure, branche collatérale de l'artère maxillaire. Il existe de nombreuses anastomoses entre ces deux réseaux. La vascularisation du périoste se fait, par l'artère faciale et sa branche collatérale sous mentale, ainsi que par l'artère linguale et sa branche terminale sublinguale qui pénètre avec des branches alvéolaires collatérales la corticale linguale.<sup>16</sup> Les artères alvéolaires inférieures assurent la vascularisation de la symphyse via les branches terminales des artères incisives.<sup>17 18</sup>

## MATERIELS ET METHODES

---

### 1. Base de données

Afin de disposer de reconstructions tridimensionnelles de mandibules de qualité, les analyses étaient réalisées à partir de tomodensitométries des troncs supra aortiques, avec injection de produit de contraste, réalisés aux urgences du Centre Hospitalier Universitaire de Bordeaux entre le 1<sup>er</sup> Janvier 2015 et le 1<sup>er</sup> Novembre 2015. Ces scanners étaient réalisés sur le même appareil (OptimaCT660, GE Healthcare) avec une épaisseur de coupe de 625  $\mu\text{m}$ .

Les critères d'inclusion étaient :

- un âge compris entre 18 et 50 ans (afin de minimiser le biais induit par la résorption osseuse liée à l'âge).
- un scanner des troncs supra-aortiques permettant d'obtenir une reconstruction de l'ensemble du massif facial.

Les critères d'exclusion étaient :

- un âge inférieur à 18 ans ou supérieur à 50 ans.
- une atrophie osseuse consécutive à l'édentement.
- la présence de lésions osseuses récentes ou anciennes (traumatiques ou tumorales).
- un scanner de mauvaise qualité présentant par exemple des artefacts trop importants pour permettre l'analyse tridimensionnelle.

Le nombre minimal de scanners estimé pour obtenir une puissance suffisante et une significativité valable était de 30 individus pour chaque sexe. L'étude a porté sur une population provenant du bassin bordelais, comportant 30 scanners d'hommes et 30 scanners de femmes.

Les données des différents scanners étaient exportées sous forme de fichiers DICOM, résolution de 512x512 pixels. Le format DICOM est la norme pour l'échange et la gestion des images biomédicales, permettant la manipulation, le stockage, l'impression et la transmission d'informations d'examen d'imagerie médicale. Chacun des scanners était ensuite anonymisé et renommé selon le sexe.

L'âge moyen de l'échantillon des hommes était de 38,9 ans (écart type 4,8 ans) et de 40,9 ans (écart type 4,4 ans) pour les femmes. Les deux groupes étaient comparables, il n'existait pas de différence statistiquement significative quant à l'âge moyen après *test de Student* ( $p=0,097$ ).

## **2. Protocole de reconstruction tridimensionnelle**

### **2.1 En vue de l'analyse métrique**

La reconstruction tridimensionnelle des 60 scanners était réalisée avec le logiciel « Osirix Imaging Software® » version 5.8.2 32 bit. Il s'agit d'un outil de traitement dédié aux images DICOM provenant d'équipements d'imagerie (IRM, tomographie, PET scanner, échographie...) destiné à l'affichage et au post traitement des images. Il a été développé en Novembre 2003 par les Docteurs Rosset et Ratib à Genève.

L'ensemble des fichiers DICOM de chacun des scanners a été importé dans Osirix® et décompressé. Pour chaque scanner, était réalisée une reconstruction en 3 dimensions grâce à « l'outil de reconstruction 2D/3D », les éventuels artefacts étaient supprimés, le mode « 3D en reconstruction volumique » était appliqué. Afin de supprimer l'affichage des parties molles et ne conserver que la partie osseuse, le mode « glossy II » était sélectionné, puis l'échelle était modifiée et comprise entre 0,997% et 1,003%.

Pour chaque individu étaient réalisées 7 reconstructions :

- une vue de face centrée sur le tiers inférieur, avec pour limite inférieure la symphyse. (Vue N°1)
- une vue de face centrée sur le tiers moyen, avec pour limite inférieure l'arcade dentaire supérieure. (Vue N°2)
- une vue de face avec inclinaison antérieure de manière à ce que le point le plus antérieur et le plus externe se trouve à 1 cm de l'angle mandibulaire. (Vue N°3)
- deux vues parasagittales droites centrées sur le tiers inférieur, condyles superposés avec visualisation de la symphyse et du rebord infra orbitaire, l'une avec visualisation des parties molles et une en reconstruction osseuse. (Vue N°4 et N°5)
- une vue parasagittale droite centrée sur le tiers moyen avec pour limite inférieure l'épine nasale antérieure. (Vue N°6)
- une vue axiale inférieure, os zygomatique aligné sur le rebord infra orbitaire. (Vue N°7)

Ces fichiers étaient exportés au format Joint Photographic Experts Group (.jpeg).

### **2.2 En vue de l'analyse par morphométrie géométrique**

Pour chacun des scanners, la mandibule était isolée du reste du massif facial et une autre reconstruction 3D en rendu surfacique était appliquée. Les fichiers étaient enregistrés au format stéréolithographique (.stl), qui décrit la géométrie de surface d'un objet en trois dimensions sous la

forme d'une série de triangles formant un maillage. Ces fichiers .stl étaient traités par le logiciel Meshlab®. Il s'agit d'un logiciel développé en 2005, permettant le traitement de maillages 3D. Chaque fichier était nettoyé à l'aide de la fonction « Filters » « Cleaning and repairing », « Remove faces from non manifold edges ».

### **3. Protocole d'analyse des données métriques**

#### **3.1 Protocole de mesure**

A partir des vues précédemment décrites, étaient réalisées un certain nombre de mesures en vue de l'analyse métrique.

Sur la vue N°1, était mesurée la largeur maximale de l'orifice piriforme et la hauteur de la symphyse. (Figure 9)

Sur la vue N°3, était mesurée la largeur de la symphyse mentonnière : les droites tangentes aux bords basilaires des deux branches horizontales et la droite tangente au bord basilaire de la région symphysaire étaient tracées. Les bissectrices des deux angles formés par la tangente au bord basilaire de la symphyse et la tangente au bord basilaire des branches horizontales étaient marquées. La largeur de la symphyse était définie comme l'intersection entre chacune des bissectrices et le bord basilaire. (Figure 10)

Sur la vue N°4, on repérait l'emplacement du gonion : la droite tangente à la fois à l'angle et au bord postérieur du condyle et la droite tangente à la fois au bord basilaire de la branche horizontale et à l'angle étaient tracées (ligne H). L'intersection entre la bissectrice de l'angle formé par ces 2 droites et le bord basilaire, donnait l'emplacement du gonion. (Figure 12)

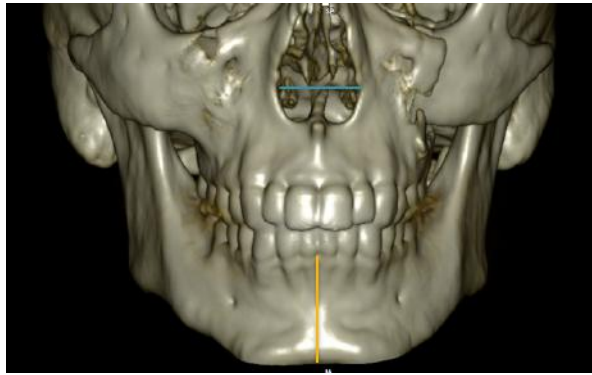
Le plan de Francfort était tracé, et l'angle formé par ce dernier avec la ligne H était mesuré, il s'agissait de l'angle A1.

La distance entre la partie la plus antérieure de l'épine nasale et le point le plus inférieur et le plus antérieur de la symphyse (point menton) était mesurée.

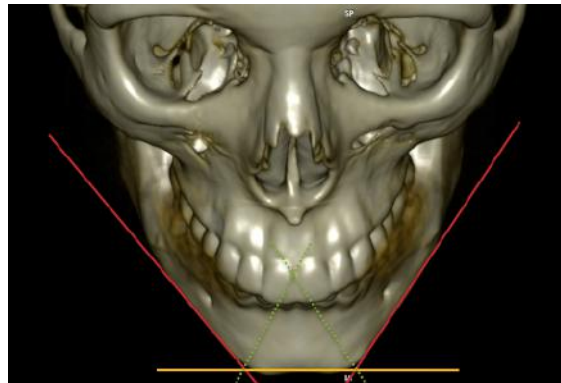
Sur la vue N°4, l'extrémité inférieure du lobule était repérée, puis après suppression des parties molles, la distance entre le lobule et le gonion était mesurée. (Figure 11)

Sur la vue N°7, étaient mesurées la distance bigoniaque et la distance bizygomatique entre les deux points les plus externes de l'arcade zygomatique. (Figure 13)

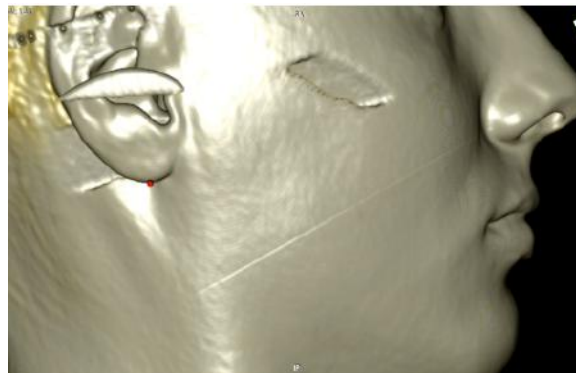




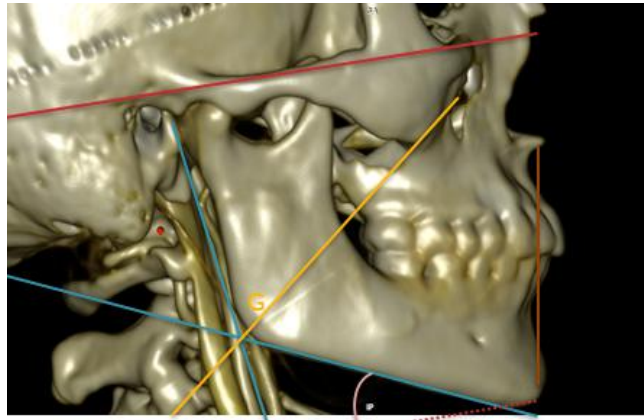
*Figure 9. Vue N°1 : mesure de la hauteur de la symphyse*



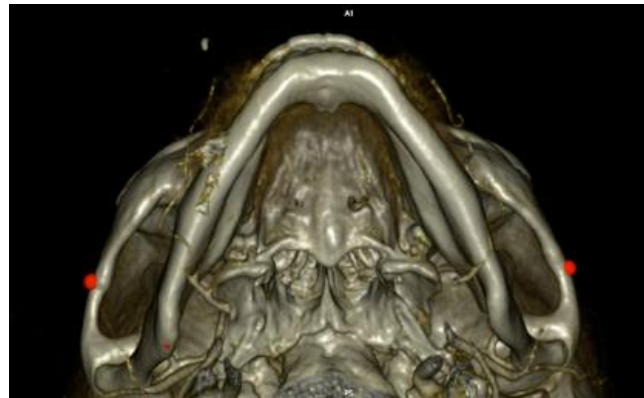
*Figure 10. Vue N°3 : mesure de la largeur de la symphyse (ligne jaune), tangentes au bord basilaire (lignes rouges), bissectrices (pointillés verts)*



*Figure 11. Vue N°4 : point inférieur du lobule (point rouge)*



*Figure 12. Vue N°5 : Distance épine nasale antérieure - point menton (ligne orange), plan de Francfort (ligne rouge), tangentes au bord basilaire (lignes bleues), bissectrice définissant le gonion (ligne jaune), angle A1 (rose)*



*Figure 13. Vue N°7 : points repères pour la mesure de la distance bizygomatique et de la distance bigoniaque*

A l'issue de ces mesures, on obtenait les données suivantes :

- largeur de l'orifice piriforme
- hauteur de la symphyse
- largeur de la symphyse
- rapport entre symphyse et orifice piriforme
- angle A1
- distance lobule-gonion

- distance épine nasale- point menton
- distance bigoniaque
- distance bizygomatique
- rapport entre bizygomatique et bigoniaque

### 3.2 Analyse

Les analyses statistiques étaient réalisées à l'aide du logiciel Statplus®. Chacun des groupes comprenant 30 individus et considérant que la répartition des échantillons suivait une loi normale, un test de Student bilatéral a pu être appliqué.

## 4. Protocole d'analyse des données pour la morphométrie géométrique

### 4.1 Logiciel Viewbox®

Les fichiers obtenus après avoir été traités dans Meshlab® étaient importés dans le logiciel Viewbox cephalometric software®.

Il s'agit d'un logiciel qui, lors de sa création en 1994, était utilisé en orthodontie afin de réaliser des analyses céphalométriques. Il permet actuellement la visualisation et l'analyse en trois dimensions, avec notamment la morphométrie géométrique. Ce système est basé sur la définition de modèles qui intègrent toutes les structures de données et les informations nécessaires pour effectuer les mesures et analyses spécifiques.

L'analyse des fichiers se faisait à partir du « Template Mandibule 3D » fourni dans le logiciel et réalisé par Coquerelle et al. (2011).

Lorsque la surface représentant la mandibule était importée, 8 *landmarks* anatomiques étaient placés (Tableau 1). Le point « gnathion helper » était positionné manuellement à l'emplacement théorique du gnathion dans le but de faciliter le positionnement de courbes prédéfinies. 27 *semilandmarks* de courbe de chaque côté de la mandibule étaient ajoutés à partir de 11 courbes prédéfinies (tableau 2), 11 *semilandmarks* étaient ajoutés à partir de la courbe prédéfinie de la symphyse. Enfin, les *semilandmarks* de surface étaient définis : 80 sur la face latérale et 60 sur la face médiale.

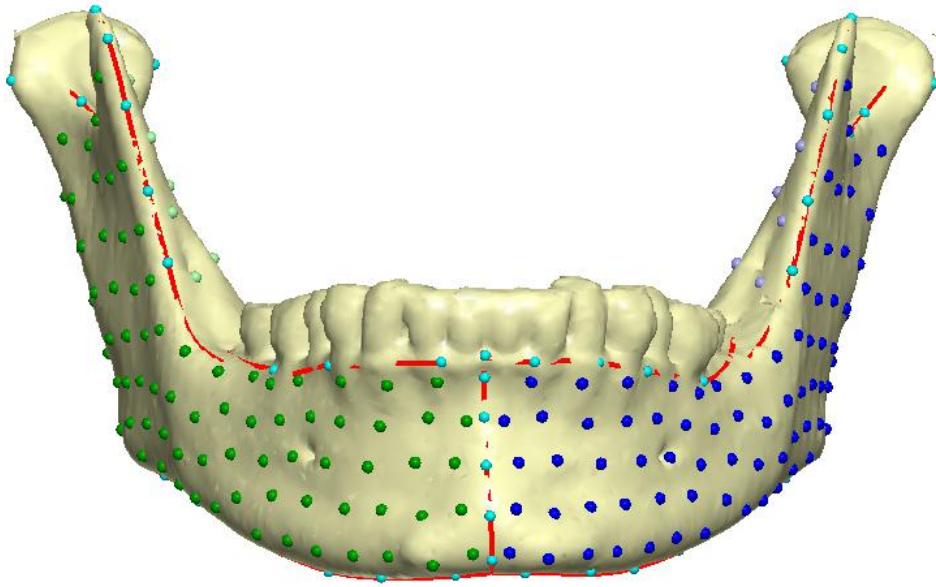
Après la projection des *semilandmarks* de surface, certains points étaient parfois projetés du « mauvais côté » de la surface et devaient être repositionnées manuellement. La fonction « bending energy » était appliquée et répétée au minimum six fois jusqu'à ce que l'état d'équilibre énergétique le plus faible possible soit atteint, déterminant ainsi la position finale des *landmarks*. (Figures 14, 15 et 16)

**Tableau 1. Landmarks anatomiques (LM) et leurs définitions (les landmarks couplés représentent les landmarks bilatéraux gauche et droit).**

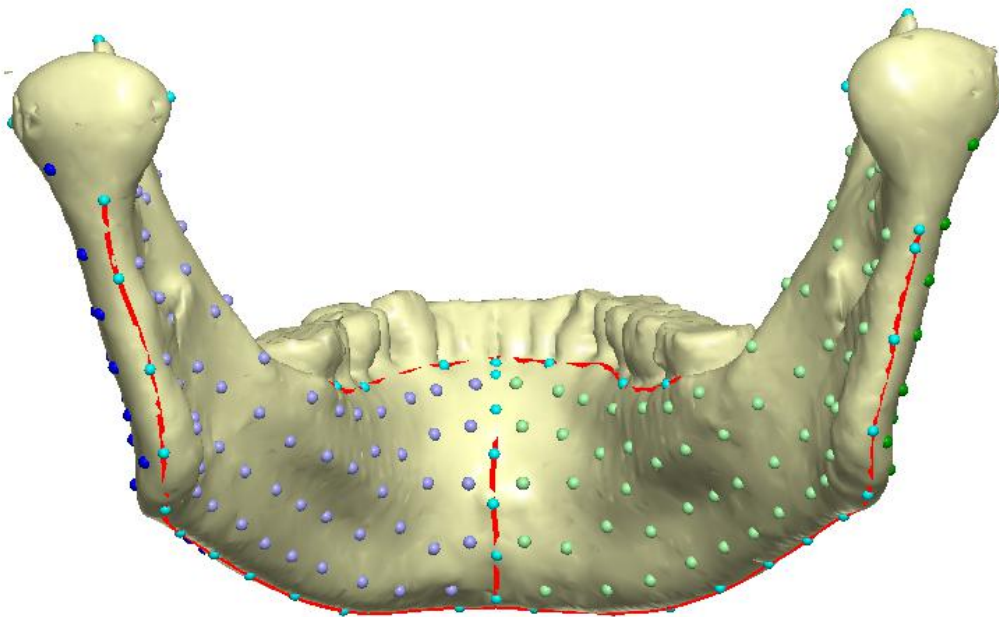
LM1	Infradentale	Point de la surface latérale situé entre les deux incisives centrales
LM2	Linguale	Point de la surface médiale situé entre les deux incisives centrales
LM3/4	Coronoid	Point situé sur le coroné
LM5/6	Lateral condyle	Point le plus externe de la face latérale du condyle
LM7/8	Medial condyle	Point le plus interne de la face médiale du condyle

**Tableau 2. Courbes prédéfinies (C) et leurs définitions (les courbes couplées représentent les courbes bilatérales, droite et gauche).**

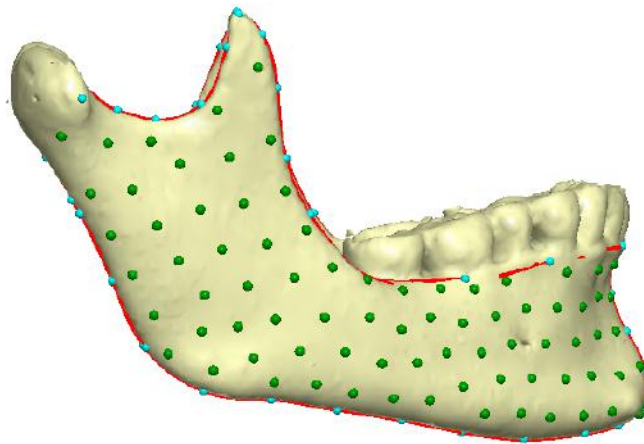
C1/2	Bord basilaire
C3	Symphyse
C4/5	Echancrure coronoïde
C6/7	Ramus
C8/9	Bord alvéolaire externe
C10/11	Bord alvéolaire interne



*Figure 14. Vue antérieure des 354 landmarks et semilandmarks mesurés sur les surfaces TDM 3D reconstruites pour chaque individu de la base de données (landmarks anatomiques et semilandmarks sur courbes prédéfinies en bleu clair, et semilandmarks de surface en bleu foncé et vert).*



*Figure 15. Vue postérieure des 354 points landmarks et semilandmarks sur les surfaces TDM 3D reconstruites pour chaque individu de la base de données (landmarks anatomiques et semilandmarks sur courbes prédéfinies en bleu clair, et semilandmarks de surface en violet et vert).*



**Figure 16.** *Vue latérale droite des 354 landmarks et semilandmarks mesurés sur les surfaces TDM 3D reconstruites pour chaque individu de la base de données (landmarks anatomiques et semilandmarks sur courbes prédéfinies en bleu clair, et semilandmarks de surface en vert).*

Pour chaque surface, les coordonnées tridimensionnelles des 354 *landmarks* et *semilandmarks* étaient enregistrées au format extensible markup language (.xml) pour être ensuite exportées puis traitées à l'aide du logiciel Morpho J® destiné à la morphométrie géométrique<sup>19</sup>. Ces coordonnées étaient également copiées dans un classeur Excel.

## 4.2 Composante symétrique

On distingue deux types de symétries : la « symétrie bilatérale » qui s'applique à des structures paires, distinctes (les mains d'un individu par exemple), et la « symétrie d'objet » qui concerne des structures impaires possédant un plan de symétrie (le visage d'un individu par exemple).

L'asymétrie entre les deux « hémi-mandibules » était susceptible de perturber l'analyse d'un dimorphisme sexuel. Afin de s'affranchir d'une variation morphologique imputable à la seule asymétrie, la base de données a été symétrisée selon le protocole décrit par Klingenberg<sup>20</sup>.

Avant de réaliser la superposition procruste, une image réfléchiée ou copie, de chaque configuration est générée (par exemple en inversant les signes de la coordonnées x de chaque point repère). Ensuite, les points de repères appariés des copies sont renommés de sorte que chaque point de repère associé obtienne le « label » de son homologue. La réflexion amène d'abord les points de repère sur le côté opposé et le réétiquetage rend l'agencement des points de repères compatibles avec la forme originale. Enfin, l'analyse procruste inclut les configurations originales et réfléchiées de l'échantillon et les superpose simultanément.

### 4.3 Analyse en composantes principales et analyse canonique

Lorsqu'il existe un nombre important de dimensions dans un jeu de données, et en pratique au delà de trois variables, il devient difficile de mettre en évidence les relations globales existant entre ces dimensions car il est impossible de les visualiser simultanément. L'objectif de l'analyse en composantes principales est de condenser les informations de manière à identifier les relations caractéristiques tout en limitant la perte de données pour apprécier la variabilité des données. On détermine alors un sous-espace de dimension sur lequel projeter des nuages de points relatifs au tableau de données, qui soit à la fois facilement interprétables mais également le moins déformant possible.

Les facteurs que l'on va définir pour résumer l'information doivent maximiser la dispersion du nuage des observations.

On fait apparaître sur un diagramme la fraction d'information contenue dans chacune des composantes : la première composante principale (PC1) présente la plus grande variance, puis la variance va en régressant avec les différentes composantes principales, la totalité des composantes regroupant toute l'information. N'étaient prises en compte que les composantes principales suffisamment représentatives, correspondant à une variance >5%.

Les résultats de l'analyse étaient ensuite exprimés sous la forme d'un nuage de points, les individus apparaissant les plus éloignés étant, dans notre étude, les plus opposés sur le plan morphologique.

Après l'analyse procruste, une matrice de covariance était ensuite générée, en vue de réaliser l'analyse en composantes principales.

Enfin on réalisait une analyse canonique, méthode utilisée pour comparer deux groupes de variables quantitatives appliqués tous deux sur les mêmes individus.

L'unité de mesure pour les changements de formes après une analyse canonique est la *distance de Mahalanobis*. Elle prend en compte la variance et la corrélation de la série de données et accorde un poids moins important aux composantes les plus dispersées.

### 4.4 Allométrie et régression multivariée

L'allométrie correspond à l'influence de taille sur les propriétés géométriques, c'est à dire la forme d'un objet.<sup>21</sup>

Dans le cas de notre étude, une de nos hypothèses de départ est que le dimorphisme sexuel est au moins en partie lié à la différence de taille entre les mandibules des deux sexes. La superposition procruste, malgré la mise à l'échelle des objets, ne permet pas de s'affranchir de l'influence de la taille sur la forme. La régression multiple de la forme de la mandibule (variables dépendantes) sur

la taille de la mandibule (variable explicative) permet de quantifier cette influence. L'étude des résidus de cette régression permet de s'affranchir de l'influence de la taille sur la forme de la mandibule. La taille et la forme étant censées être indépendantes, l'analyse de la régression vérifiait s'il existait une corrélation statistique entre les deux. Dans notre étude, l'hypothèse nulle d'indépendance entre la forme et la taille était évaluée par un test de permutation (10000).<sup>22</sup>

#### **4.5 Avizo®**

Avizo® est un logiciel d'analyse 3D utilisé en sciences du vivant et des matériaux. Il permet la visualisation et le traitement d'images. Dans notre étude, il permettait la visualisation et la comparaison des surfaces dans l'espace procruste.



## RESULTATS

---

### 1. Résultats de l'analyse métrique

Les résultats des différentes mesures linéaires et angles apparaissent dans le tableau 3 pour les femmes et tableau 4 pour les hommes en document annexe.

La largeur de l'orifice piriforme, ainsi que la largeur de la symphyse étaient plus élevées chez l'homme, mais de manière non significative (respectivement 1,98 cm chez la femme versus 2,02 cm chez l'homme avec  $p=0,38$  et 2,44 cm chez la femme versus 2,58 cm chez l'homme avec  $p=0,16$ ). L'angle A1 était plus fermé chez l'homme que chez la femme ( $23,6^\circ$  chez l'homme versus  $28,17^\circ$  chez la femme avec  $p=0,01$ ). La distance entre l'épine nasale et le point menton était plus importante chez l'homme que chez la femme (6,35 cm chez l'homme versus 5,87 cm chez la femme avec  $p=0,0003$ ). Les distances bizygomatique et bigoniaque étaient plus élevées chez l'homme que chez la femme (avec respectivement 12,15 cm chez l'homme versus 11,42 cm chez la femme avec  $p<0,0001$  et 9,24 cm versus 8,45 cm avec  $p<0,0001$ ).

La distance moyenne entre le lobule et le gonion était significativement plus élevée chez l'homme que chez la femme (2,58 cm versus 1,93 cm avec  $p<0,0001$ ).

La différence entre les rapports distances bizygomatique/bigoniaque et symphyse/orifice piriforme n'était pas statistiquement significative.

La hauteur de la symphyse était significativement plus élevée chez l'homme (2,60 cm chez la femme versus 2,91 cm chez l'homme avec  $p<0,0001$ ).

Les résultats de la comparaison des moyennes pour les différentes mesures apparaissent dans les tableaux 5 à 15.

**Tableau 5. Comparaison des moyennes entre les mandibules d'hommes et de femmes pour la largeur de la symphyse**

<b>Comparaison des moyennes pour la largeur de la symphyse</b>				
	<i>Taille de l'échantillon</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Déviation standard</i>	<i>Variance</i>
<b>Femme</b>	30	2.44	0.35	0.12
<b>Homme</b>	30	2.58	0.37	0.14

<b>Distribution bilatérale</b>				
<i>seuil de significativité</i>	0.16010	<i>Valeur critique (5%)</i>	2.00172	

**Tableau 6. Comparaison des moyennes entre les mandibules d'hommes et de femmes pour l'orifice piriforme.**

<b>Comparaison des moyennes pour l'orifice piriforme</b>				
<b>Statistique descriptive</b>				
	<i>Taille de l'échantillon</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Déviation standard</i>	<i>Variance</i>
<b>Femmes</b>	30	1.98	0.12	0.015
<b>Hommes</b>	30	2.02	0.21	0.044

<b>Distribution bilatérale</b>				
<i>seuil de significativité</i>	0.37911	<i>Valeur critique (5%)</i>	2.00172	

**Tableau 7. Comparaison des moyennes entre les mandibules d'hommes et de femmes pour l'angle A1.**

<b>Comparaison des moyennes pour l'angle</b>				
<b>Statistique descriptive</b>				
	<i>Taille de l'échantillon</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Déviation standard</i>	<i>Variance</i>
<b>Femme</b>	30	28.17	6.14	37.66
<b>Homme</b>	30	23.6	7.88	62.04

<b>Distribution bilatérale</b>				
<i>seuil de significativité</i>	0.01508	<i>Valeur critique (5%)</i>	2.00172	

**Tableau 8. Comparaison des moyennes entre les mandibules d'hommes et de femmes pour la distance entre épine nasale et le point menton.**

<b>Comparaison des moyennes pour la distance entre épine nasale et point menton</b>				
<b>Statistique descriptive</b>				
	<i>Taille de l'échantillon</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Déviati on standard</i>	<i>Variance</i>
<b>Femmes</b>	30	5.87	0.56	0.31
<b>Hommes</b>	30	6.35	0.37	0.14
<b>Distribution bilatérale</b>				
<i>seuil de significativité</i>	0.00027	<i>Valeur critique (5%)</i>	2.00172	

**Tableau 9. Comparaison des moyennes entre les mandibules d'hommes et de femmes pour la distance entre le gonion et le lobule.**

<b>Comparaison des moyennes sur la distance entre le gonion et le lobule</b>				
<b>Statistique descriptive</b>				
	<i>Taille de l'échantillon</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Déviati on standard</i>	<i>Variance</i>
<b>Femmes</b>	30	1.93	0.5	0.25
<b>Hommes</b>	30	2.58	0.68	0.46
<b>Distribution bilatérale</b>				
<i>seuil de significativité</i>	0.00008	<i>Valeur critique (5%)</i>	2.00172	

**Tableau 10. Comparaison des moyennes entre les mandibules d'hommes et de femmes pour la largeur bizygomatique.**

<b>Comparaison des moyennes sur la largeur bizygomatique</b>				
<b>Statistique descriptive</b>				
	<i>Taille de l'échantillon</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Déviati on standard</i>	<i>Variance</i>
<b>Femmes</b>	30	11.42	0.51	0.26
<b>Hommes</b>	30	12.15	0.47	0.23
<b>Distribution unilatérale</b>				
<i>seuil de significativité</i>	1.72682E-7	<i>Valeur critique (5%)</i>	1.67155	

**Tableau 11. Comparaison des moyennes entre les mandibules d'hommes et de femmes pour la largeur bigoniaque.**

<b>Comparaison des moyennes sur la distance bigoniaque</b>				
<b>Statistique descriptive</b>				
	Taille de l'échantillon	Moyenne	Déviati on standard	Variance
<b>Femmes</b>	30	8.45167	0.44266	0.19595
<b>Hommes</b>	30	9.23567	0.63915	0.40852
<b>Distribution bilatérale</b>				
seuil de significativité	8.20462E-7	Valeur critique (5%)	2.00172	

**Tableau 12. Comparaison des moyennes entre les mandibules d'hommes et de femmes pour le rapport de la largeur bizygomatique sur la largeur bigoniaque.**

<b>Comparaison des moyennes sur le rapport bizygomatique / bigoniaque</b>				
<b>Statistique descriptive</b>				
	Taille de l'échantillon	Moyenne	Déviati on standard	Variance
<b>Femmes</b>	30	1.35267	0.06247	0.00390
<b>Hommes</b>	30	1.32	0.09373	0.00879
<b>Distribution bilatérale</b>				
seuil de significativité	0.11764	Valeur critique (5%)	2.00172	

**Tableau 13. Comparaison des moyennes entre les mandibules d'hommes et de femmes pour le rapport de la largeur de la symphyse sur la largeur de l'orifice piriforme.**

<b>Comparaison des moyennes sur le rapport symphyse/orifice piriforme</b>				
<b>Statistique descriptive</b>				
	Taille de l'échantillon	Moyenne	Déviati on standard	Variance
<b>Femmes</b>	30	1.23567	0.19131	0.03660
<b>Hommes</b>	30	1.289	0.23234	0.05398
<b>Distribution bilatérale</b>				
seuil de significativité	0.33577	Valeur critique (5%)	2.00172	

**Tableau 14. Comparaison des moyennes entre les mandibules d'hommes et de femmes pour la hauteur de la symphyse.**

<b>Comparaison des moyennes sur la hauteur de la symphyse</b>				
<b>Statistique descriptive</b>				
	Taille de l'échantillon	Moyenne	Déviat ion standard	Variance
Femmes	30	2.60233	0.24304	0.05907
Hommes	30	2.91433	0.21412	0.04585

<b>Distribution bilatérale</b>				
seuil de significativité	2.05090E-6	Valeur critique (5%)	2.00172	

**Tableau 15. Comparaison des moyennes entre les mandibules d'hommes et de femmes pour le rapport entre la distance épine nasale-point menton et la hauteur de la symphyse.**

<b>Comparaison des moyennes sur le rapport entre la distance épine nasale - point menton et hauteur de la symphyse</b>				
<b>Statistique descriptive</b>				
	Taille de l'échantillon	Moyenne	Déviat ion standard	Variance
Femmes	30	2.261	0.16164	0.02613
Hommes	30	2.18733	0.17739	0.03147

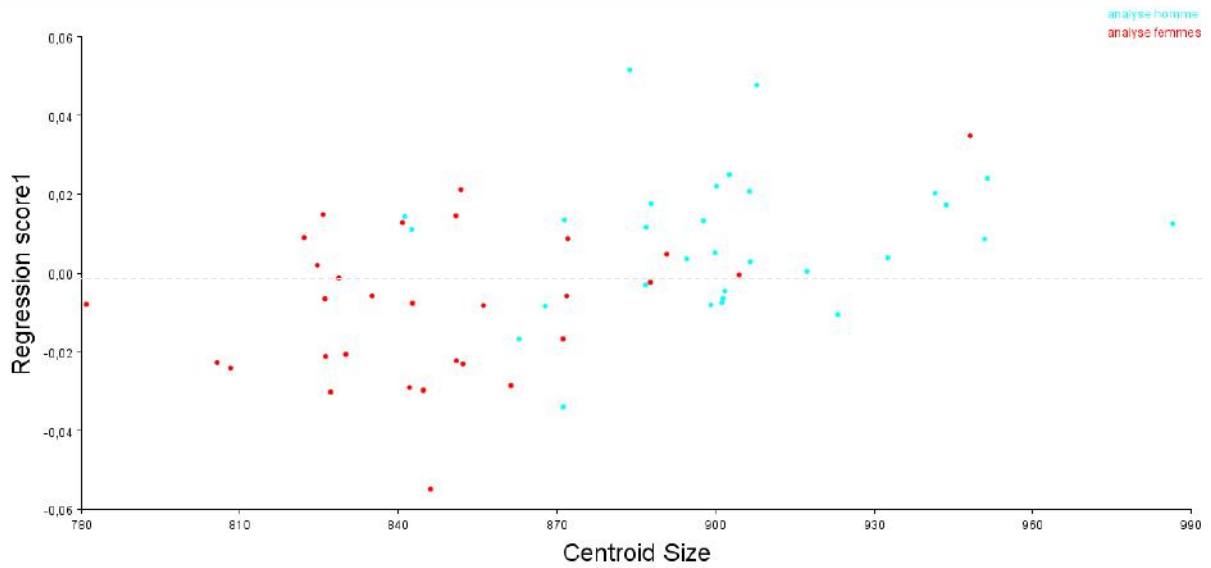
<b>Distribution bilatérale</b>				
seuil de significativité	0.09809	Valeur critique (5%)	2.00172	

## 2. Résultats de l'analyse par morphométrie géométrique

### 2.1 Résultats préliminaires

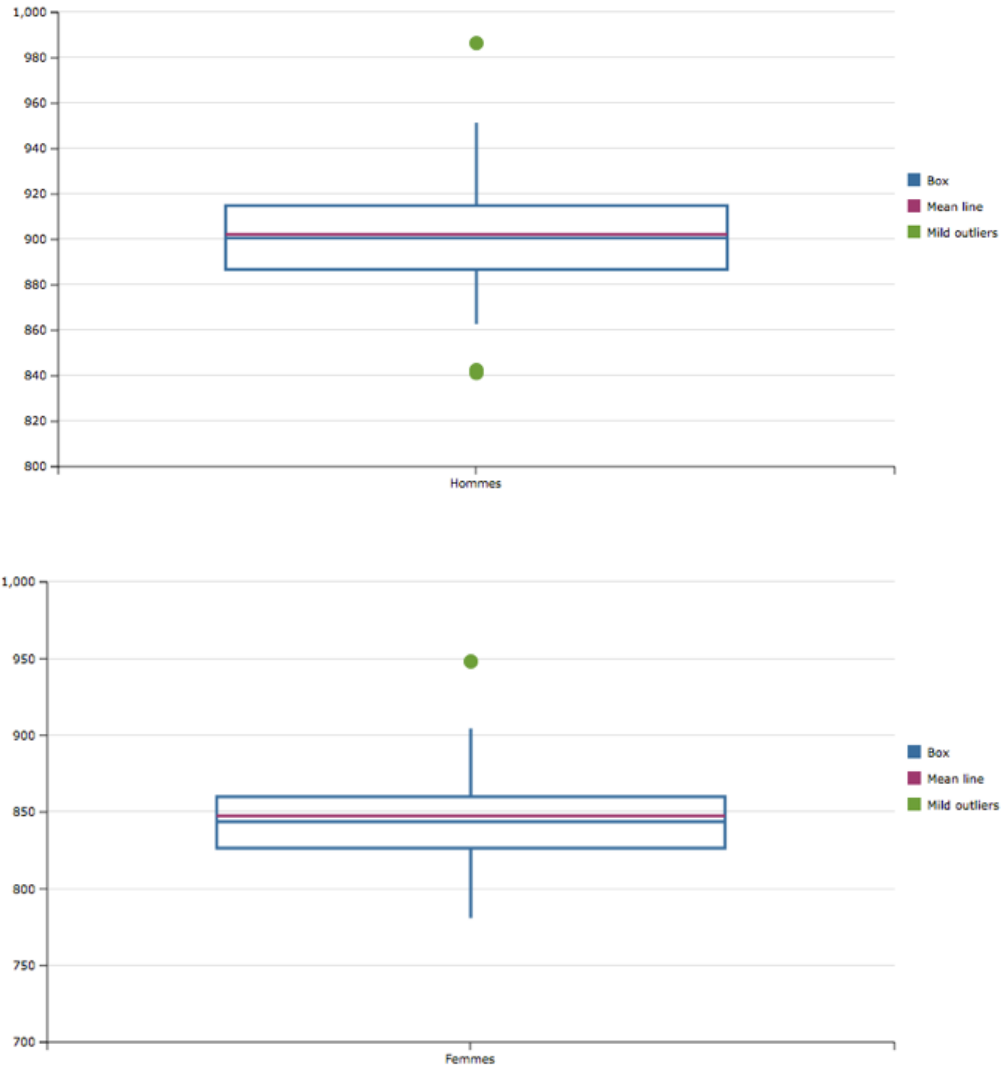
Après l'analyse canonique (test de permutation avec 10 000 itérations) la *distance de Mahalanobis* entre les hommes et les femmes était de 3,6654 avec  $p < 0.001$ , la distance procruste était de 0,0185 avec  $p = 0,0396$ , témoignant d'un dimorphisme sexuel significatif sur la mandibule.

Néanmoins le dimorphisme sexuel peut être expliqué par plusieurs facteurs, et peut notamment être influencé par la taille. Après avoir effectué la régression multiple, il existait une relation entre la forme et la taille, cette dernière en expliquant 3,4% avec  $p = 0,0405$ . (Figure 17)



**Figure 17. Régression de la forme (Regression score 1) sur la taille (Centroïd size). Plus la taille augmente, plus la forme prend des traits masculins.**

L'analyse de la variance de la taille de la mandibule (taille centroïde) retrouvait une différence statistiquement significative entre les deux groupes. La taille de la mandibule était significativement plus grande chez l'homme que chez la femme (902,29 vs 847,56) avec  $p < 10^{-6}$ . (Figure 18)

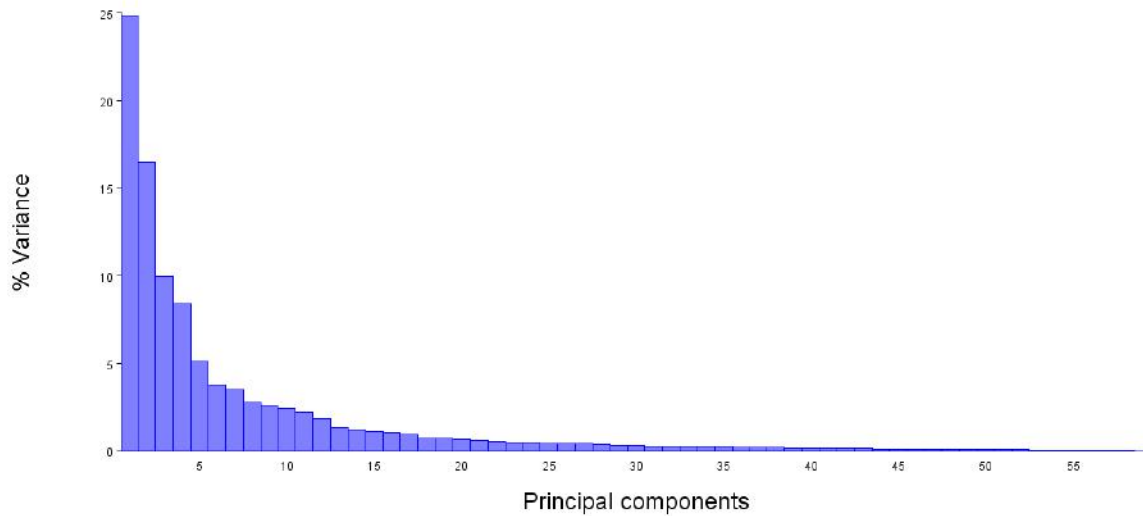


**Figure 18.** Taille moyenne de la mandibule en fonction du sexe. Boîte à moustache avec valeurs moyennes, 1er et 3ème quartiles du centroïd size.

## 2.2 Analyse en composantes principales

### 2.2.1 Echantillon non symétrisé

Une analyse en composante principale a été réalisée à partir de la matrice de covariance des coordonnées procrustes des landmarks pour les 60 individus. Les trois premières composantes représentaient plus de 50% de la variance totale de l'échantillon. Seules les composantes représentant plus de 5% de la variance étaient étudiées, il s'agissait des cinq premières composantes. PC1 représentait 24,8% de la variance totale, PC2 16,5%, PC3 9,9%, PC4 8,4% et PC5 5,1% (soit 64,7% de la variation morphologique mandibulaire totale). (Figure 19)

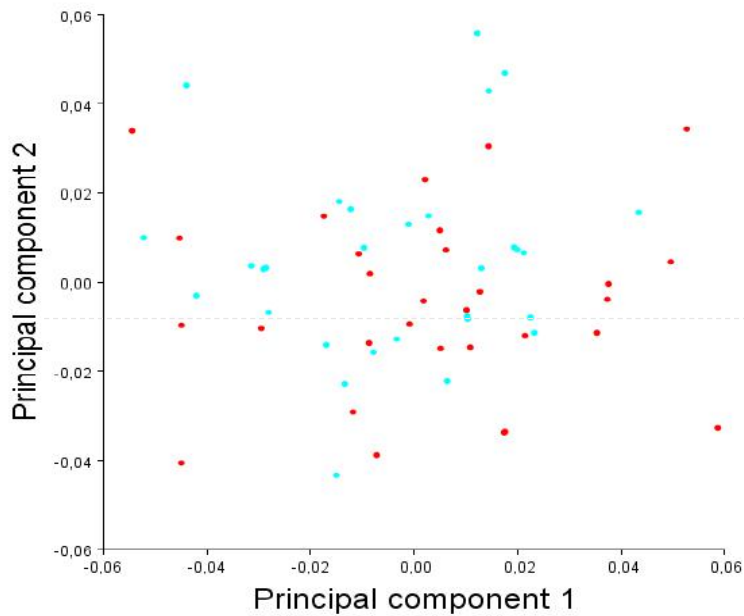


**Figure 19. Pourcentage de variance exprimé par chaque PC de l'ACP des coordonnées procrustes.**

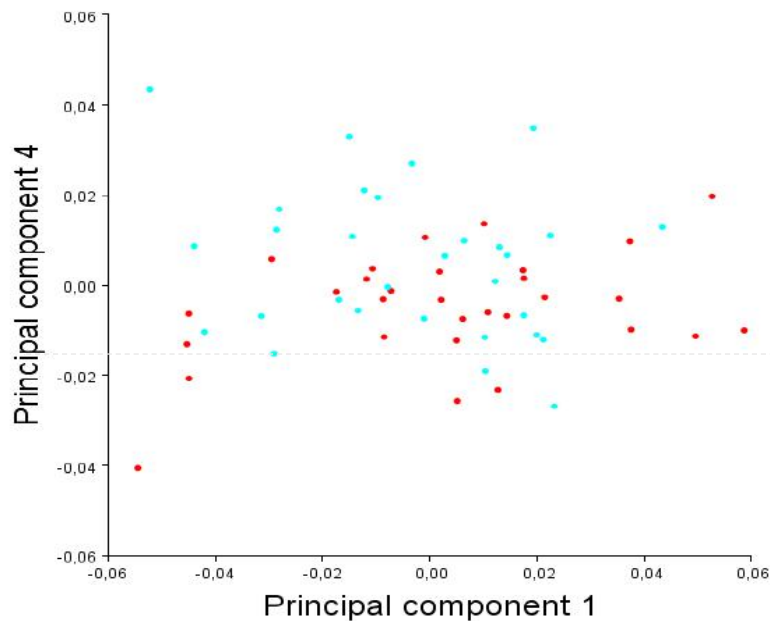
En étudiant chacune de ces composantes, seules PC2 et PC4 montraient une dispersion suffisamment importante entre les deux groupes pour traduire un possible dimorphisme sexuel. (Figures 20 et 21)

En effet pour PC1, PC3 et PC5 les nuages de points représentant respectivement les hommes et les femmes étaient confondus, traduisant des morphologies proches entre ces deux groupes.





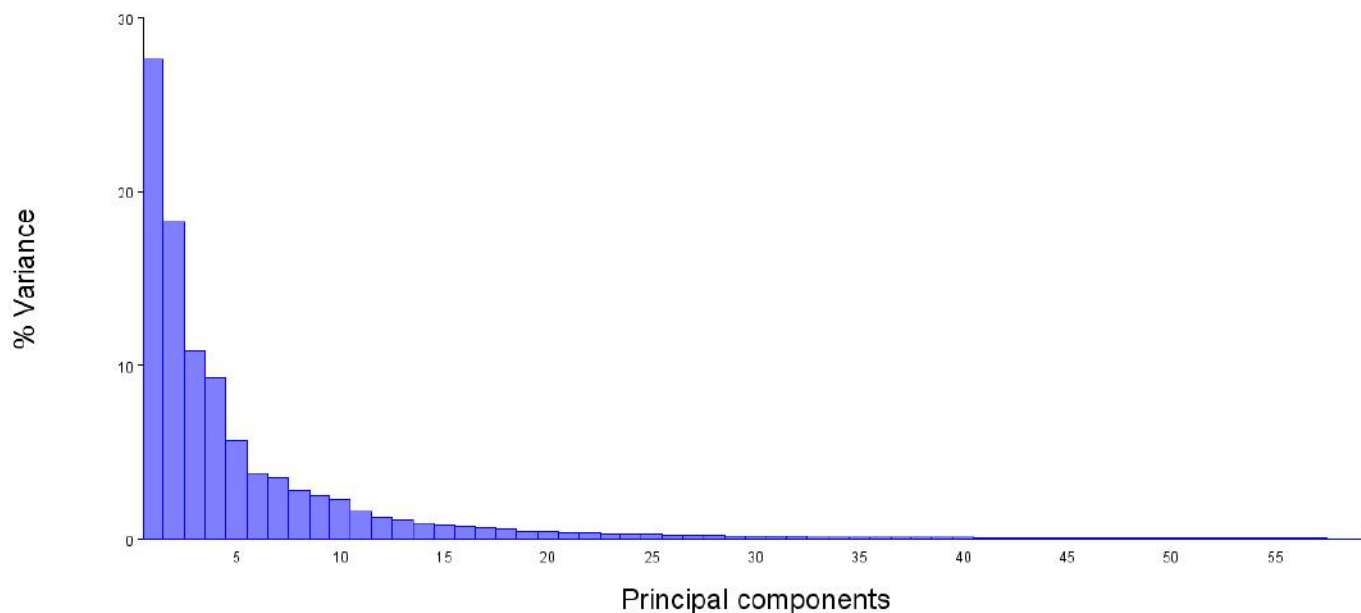
*Figure 20. ACP des coordonnées procrustes des 354 points mesurés sur la mandibule des femmes (rouge) et des hommes (bleu) de l'échantillon. PC1 (représentant 24,8% de la variance totale) versus PC2 (représentant 16,5% de la variance totale).*



*Figure 21. ACP des coordonnées procrustes des 354 points mesurés sur la mandibule des femmes (rouge) et des hommes (bleu) de l'échantillon. PC1 (représentant 24,8% de la variance totale) versus PC4 (représentant 8,4% de la variance totale).*

### 2.2.2 Analyse en composantes principales échantillon symétrisé

Pour éliminer le biais induit par l'asymétrie de la mandibule, une nouvelle ACP a été effectuée après que les données aient été symétrisées. Les résultats sur la variance étaient proches de ceux obtenus avec l'échantillon non symétrisé. PC1 représentait 27,6% de la variance totale, PC2 18,2%, PC3 10,8%, PC4 9,3% et PC5 5,7%. (Figure 22)



*Figure 22. Pourcentage de variance exprimé par chaque PC de l'ACP des coordonnées procrustes des 354 points mesurés sur les mandibules symétrisées de tous les individus de l'échantillon.*

### 2.3 Allométrie pour chacune des composantes

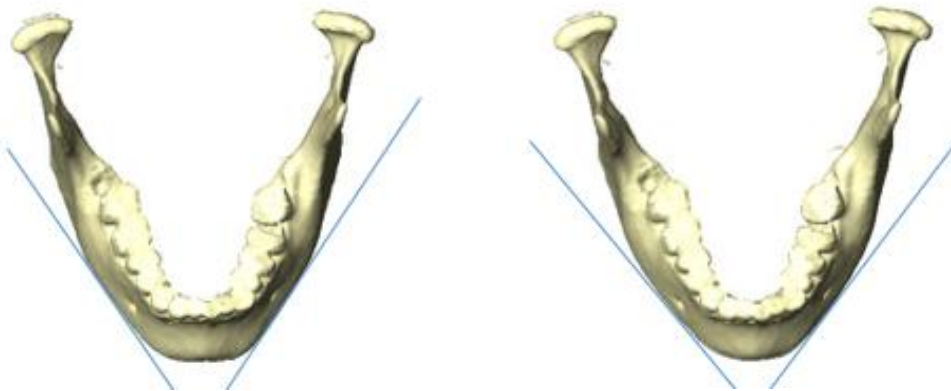
La régression multiple n'indique aucune influence significative de la taille sur la forme de la mandibule pour chacune des composantes principales étudiées individuellement, même si elle apparaissait plus importante pour PC2, elle n'était pas significative. (Tableau 16)

**Tableau 16. Pourcentage de variation de la forme imputable à la taille pour chacune des composantes principales et significativité.**

PC1	3,65%	p=0,1428
PC2	6,02%	P=0,0592
PC3	0,20%	P=0,7391
PC4	5,03%	P=0,0827
PC5	2,47%	P=0,2294

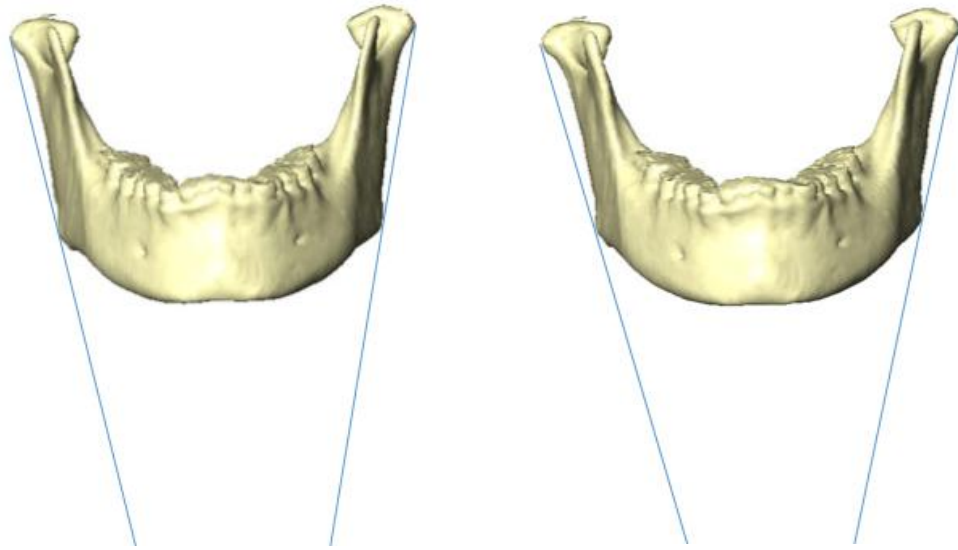
## 2.4 Individus moyens

Chez les individus moyens, le dimorphisme sexuel n'apparaissait pas majeur mais on notait quelques différences entre les deux sexes. La symphyse était moins large chez la femme, les branches horizontales (jusqu'au foramen mentonnier) plus projetées chez l'homme avec une forme plutôt carrée alors qu'elle était triangulaire chez la femme. (Figure 23, 24, 25 et 26)

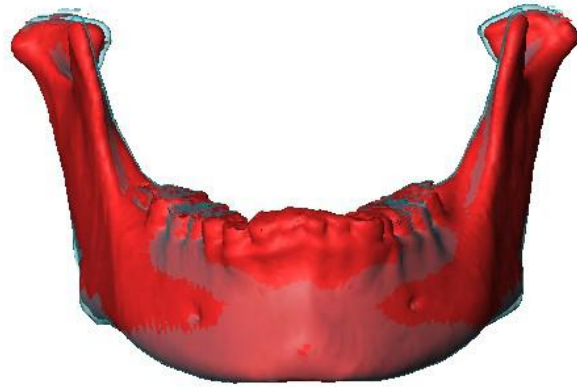


**Figure 23. Comparaison de la forme de la symphyse mandibulaire pour les individus moyens (homme à gauche, femme à droite).**

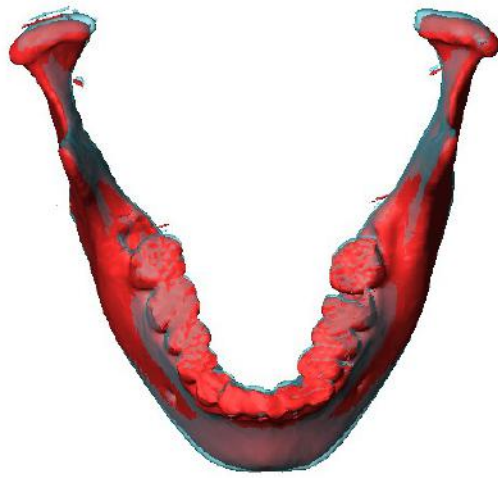
Le coroné était légèrement plus haut chez les hommes. Les condyles étaient relativement plus postérieurs et médiaux chez les hommes, les angles relativement plus latéraux et plus bas ce qui donnait une forme plus carrée aux branches montantes alors qu'elle était plus triangulaire chez les femmes. (Figure 22)



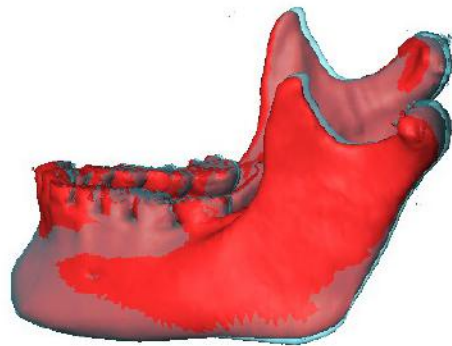
*Figure 24. Représentation de la position des angles par rapport aux condyles pour les individus moyens (homme à gauche, femme à droite).*



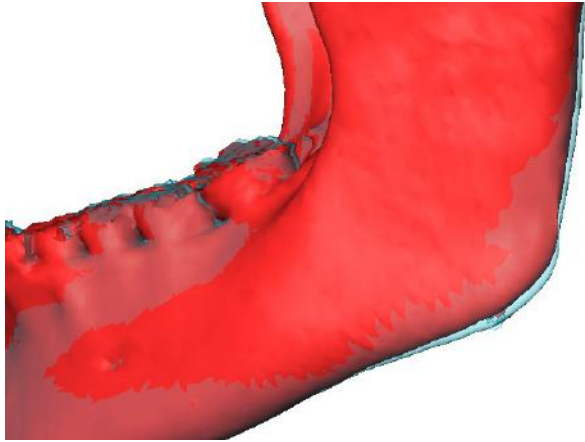
(a)



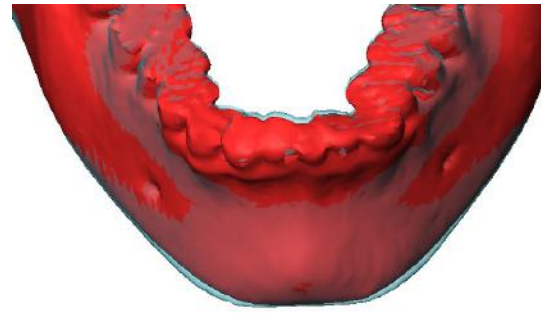
(b)



(c)

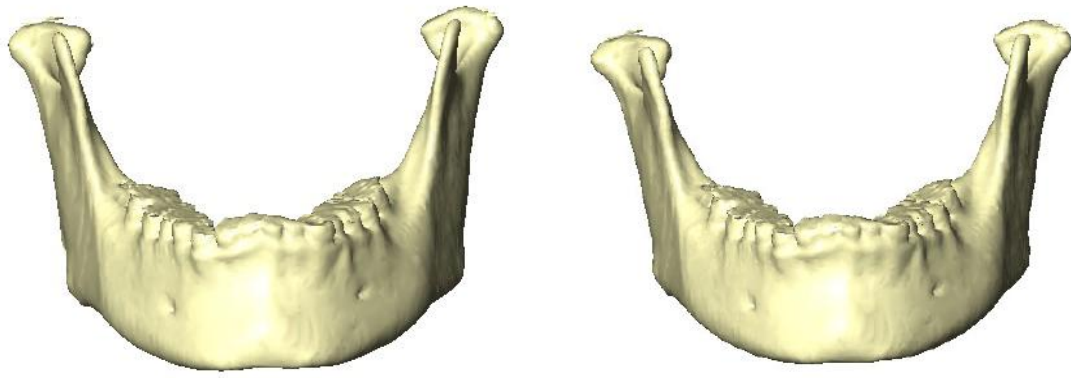


(d)

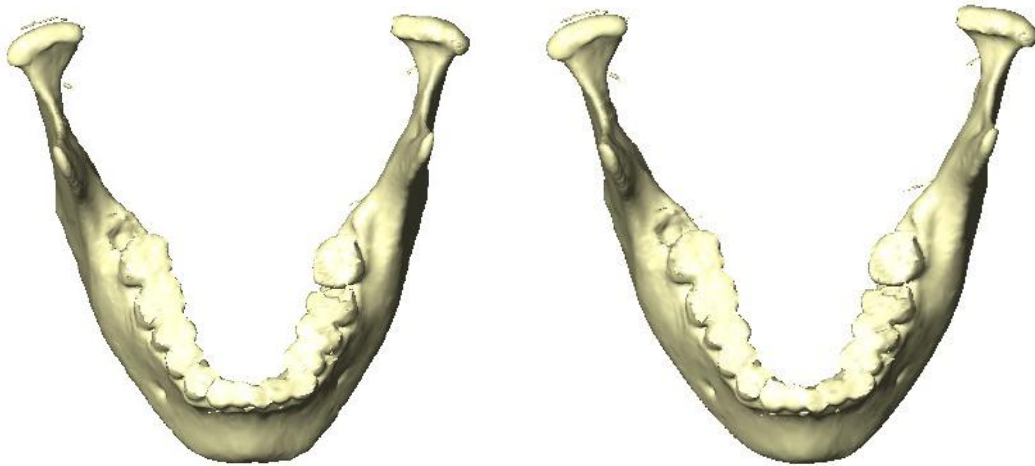


(e)

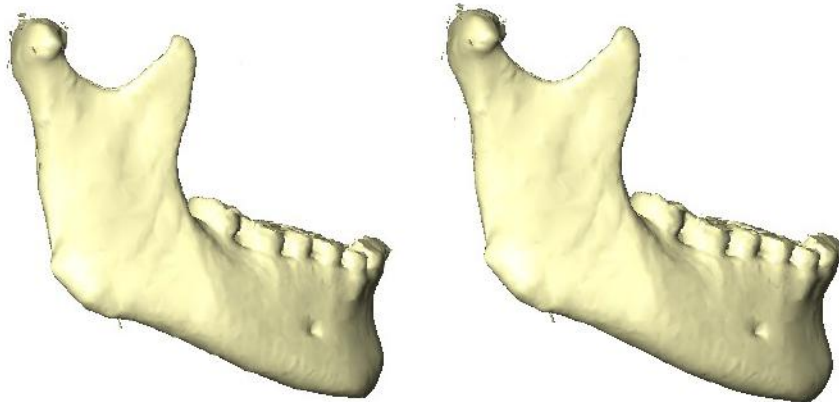
*Figure 25. Comparaison de la forme moyenne de la mandibule de l'homme (bleu) et de la femme (rouge), superposées, en vue de face (a) et axiale (b) et de profil (c), zoom sur la région goniale (d) et mentale (e).*



(a)



(b)



(c)

*Figure 26. Représentation de la mandibule de l'homme moyen (à gauche) et de la femme moyenne (à droite), en vue de face (a), axiale (b) et de profil (c)*

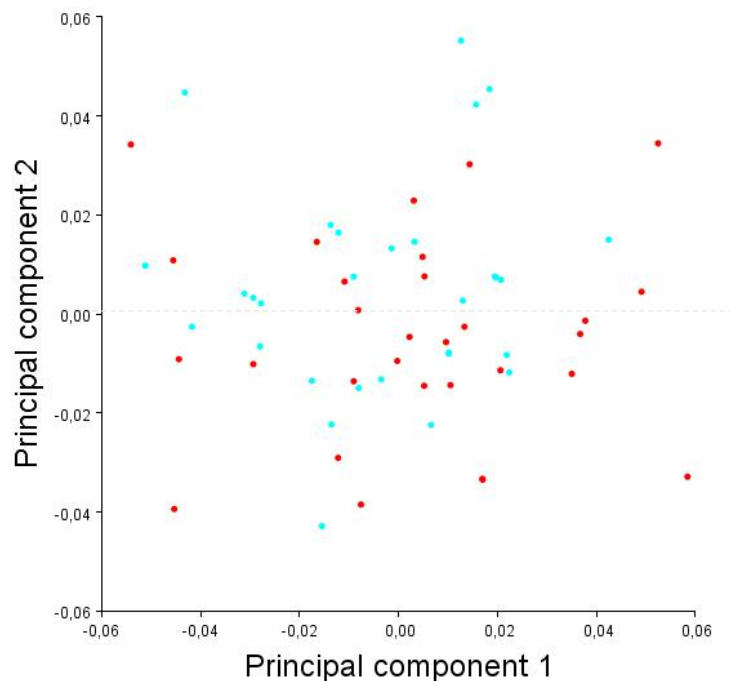
## 2.5 Individus extrêmes

Après l'analyse, seules les composantes PC2 et PC4 qui montraient un certain dimorphisme sexuel, ont fait l'objet d'une interprétation.

Pour chacune de ces composantes principales, étaient sélectionnés les individus extrêmes, à savoir l'individu avec une forme de mandibule « hyperféminine » et l'individu avec une forme de mandibule « hypermasculine ».

### 2.5.1 PC2

Pour PC2 il s'agissait de la femme à -0,04 et de l'homme à +0,06. (Figure 27)

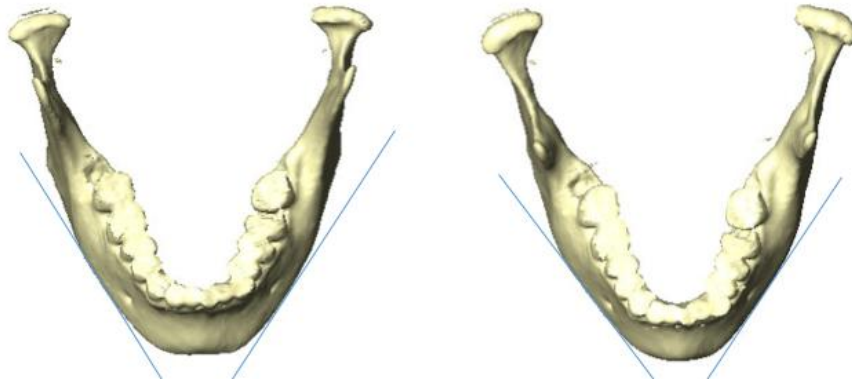


*Figure 27. ACP des coordonnées procrustes des 354 points mesurés sur la mandibule des femmes (rouge) et des hommes (bleu) de l'échantillon symétrisé. PC1 (représentant 24,8% de la variance totale) versus PC2 (représentant 16,5% de la variance totale).*

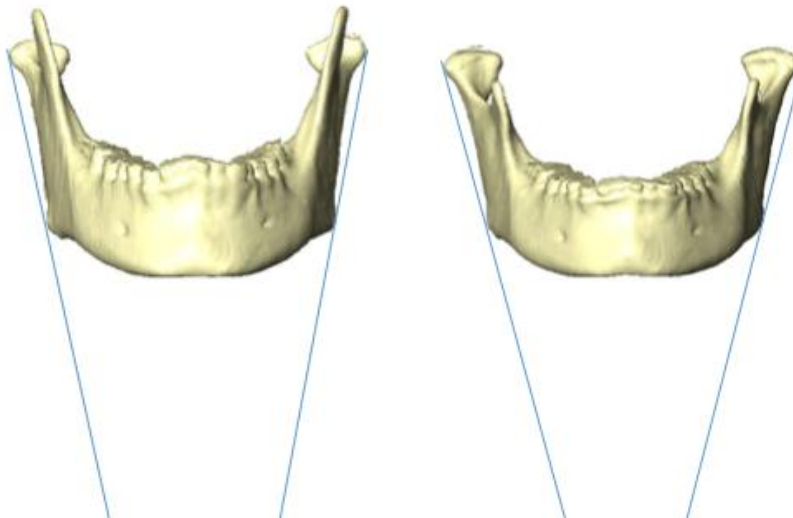
Pour cette composante, on observait les mêmes résultats que chez les individus moyens à savoir une symphyse plus triangulaire chez l'individu « hyperféminin » et plus carrée chez l'individu « hypermasculin », des angles plus médiaux et des condyles plus latéraux chez l'individu « hyperféminin ».



Le processus coronoïde était beaucoup plus proéminent chez l'individu « hypermasculin ». On notait également que la hauteur de la symphyse était plus importante chez l'individu « hypermasculin ». (Figure 28, 29, 30 et 31)

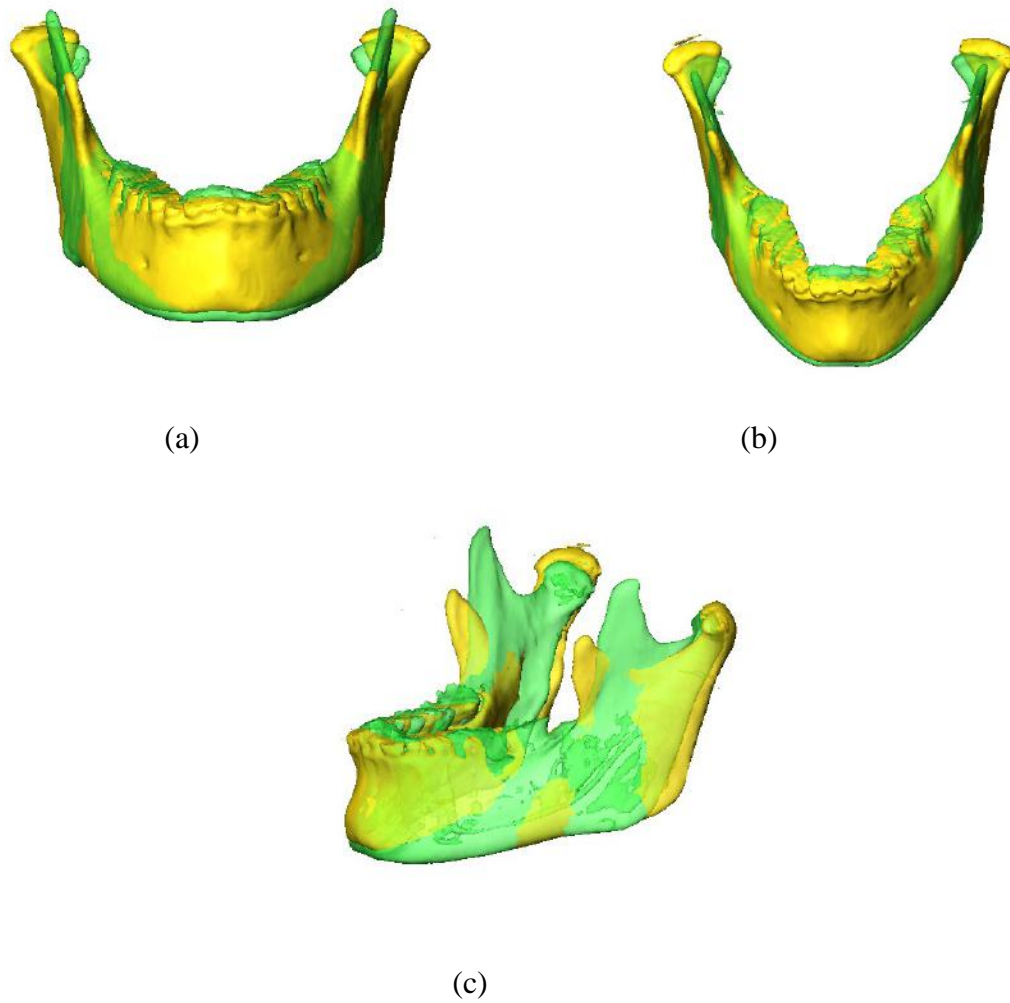


**Figure 28. Comparaison de la forme de la symphyse mandibulaire pour les individus extrêmes PC2 (homme à gauche, femme à droite).**

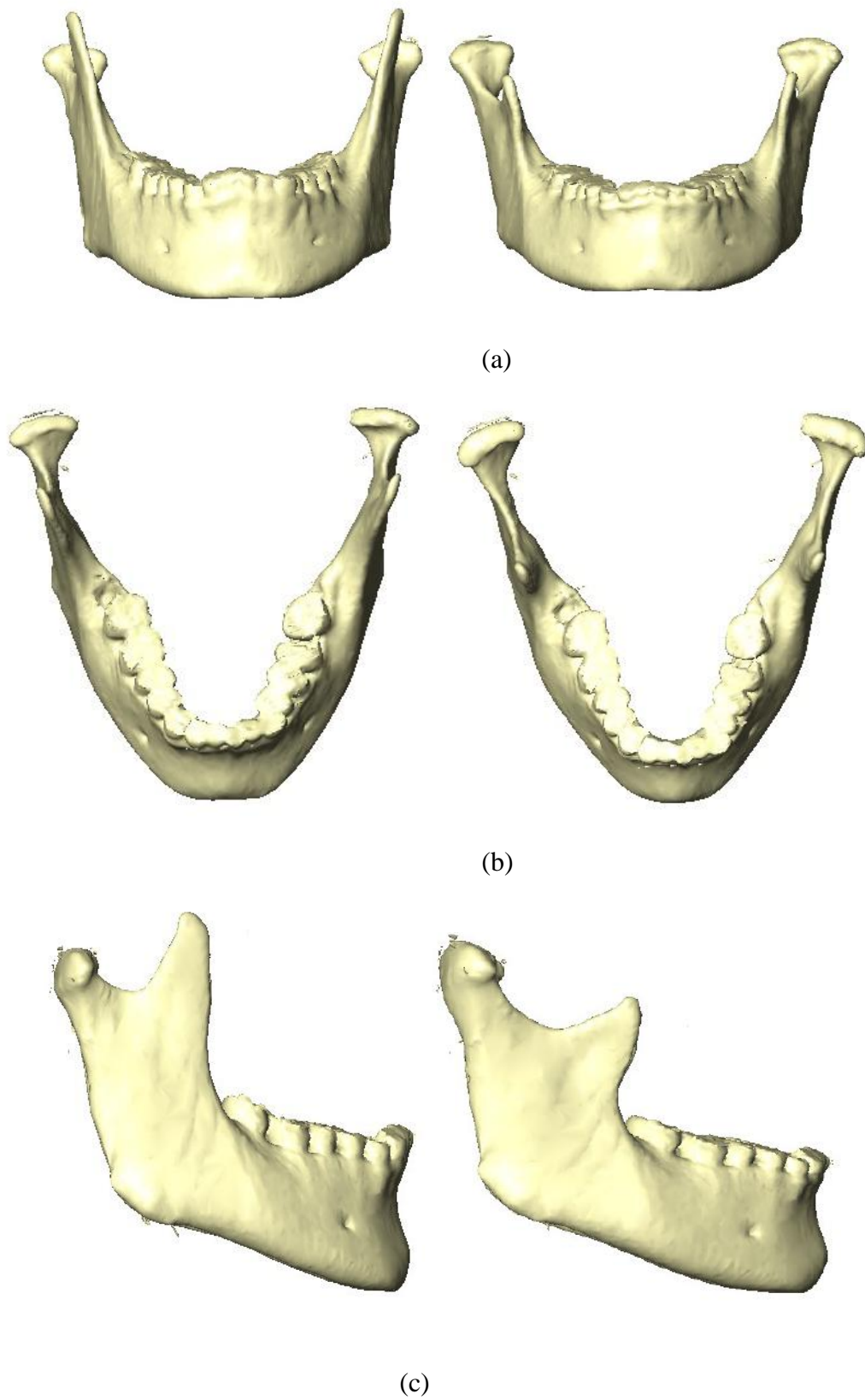


**Figure 29. Représentation de la position des angles par rapport aux condyles pour les individus extrêmes PC2 (homme à gauche, femme à droite).**

A noter qu'il existait également un homme présentant des caractéristiques morphologiques « hyperféminines », à l'inverse on ne retrouvait pas de femme présentant ces caractéristiques « hypermasculines ». (Figure 27)



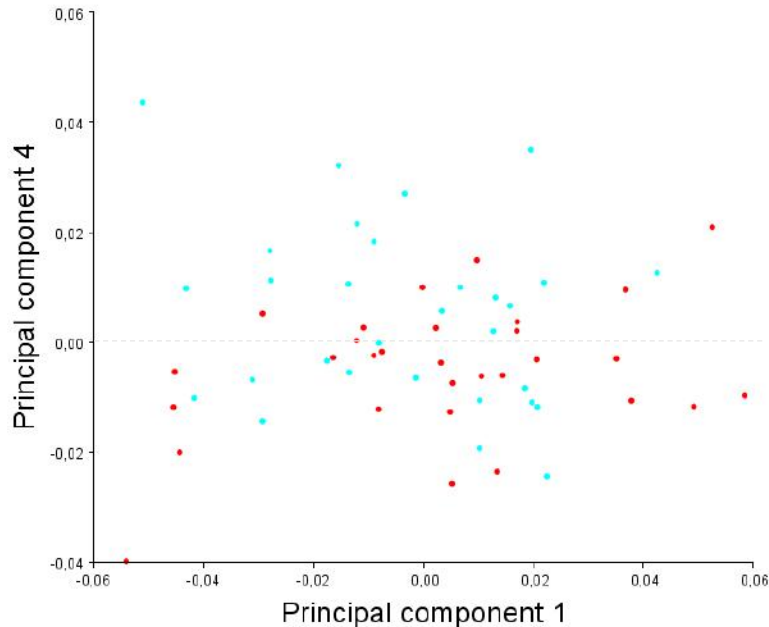
*Figure 30. Comparaison de la forme de la mandibule de l'homme extrême PC2 (vert) et de la femme extrême PC2 (jaune), superposées, en vue de face (a) axiale (b) et de trois quarts (c).*



*Figure 31. Représentation de la mandibule de l'homme extrême PC2 (à gauche) et de la femme extrême PC2 (à droite), en vue de face (a), axiale (b) et de profil (c).*

### 2.5.2 PC4

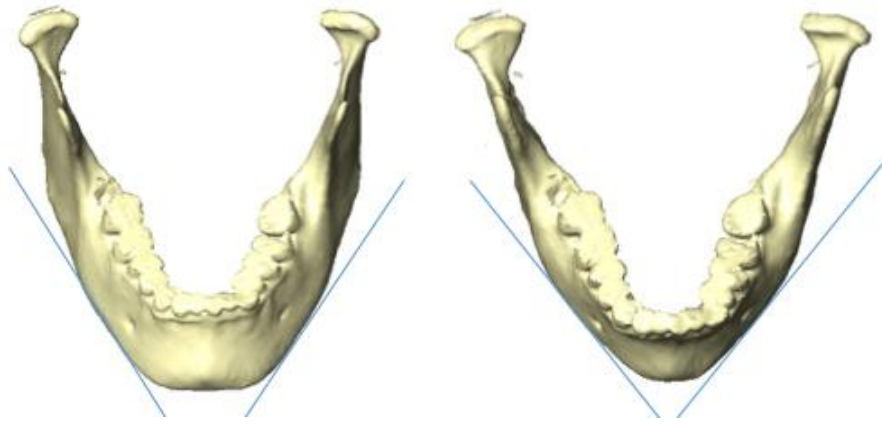
Pour les individus extrêmes sur PC4, le sujet « hyperféminin » était à -0,04 et le sujet « hypermasculin » à +0,04. (Figure 32)



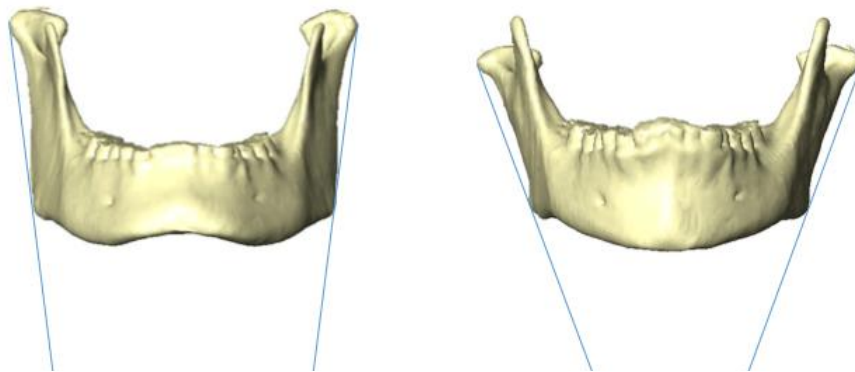
**Figure 32.** ACP des coordonnées procrustes des 354 points mesurés sur la mandibule des femmes (rouge) et des hommes (bleu) de l'échantillon symétrisé. PC1 (représentant 24,8% de la variance totale versus PC4 (représentant 8,4% de la variance totale).

On observait là encore les mêmes résultats sur la symphyse et l'orientation des angles et des condyles que chez les individus moyens, avec une forme globalement plus triangulaire chez l'individu « hyperféminin ». (Figure 34)

La symphyse était plus large et plus projetée vers l'avant chez l'individu « hypermasculin » donnant une forme plus carrée du menton, alors qu'elle était plus triangulaire pour le sujet « hyperféminin ». (Figure 33)

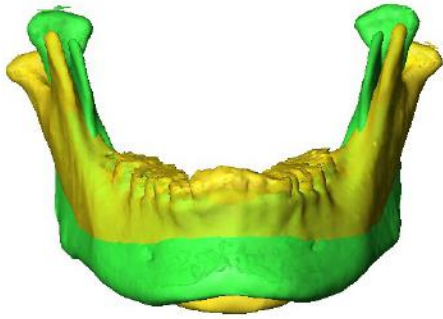


*Figure 33. Comparaison de la forme de la symphyse mandibulaire pour les individus extrêmes PC4 (homme à gauche, femme à droite).*

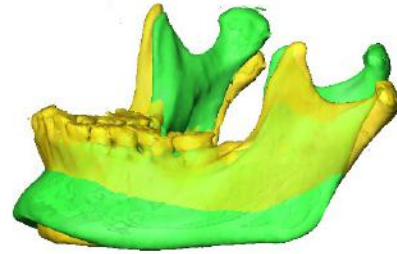


*Figure 34. Comparaison de la position des angles par rapport aux condyles pour les individus extrêmes PC4 (homme à gauche, femme à droite).*

Pour cette composante la dispersion était moins importante, avec environ 2/3 des hommes au dessus de 0,00 et 2/3 des femmes en dessous de cette valeur. (Figures 32)

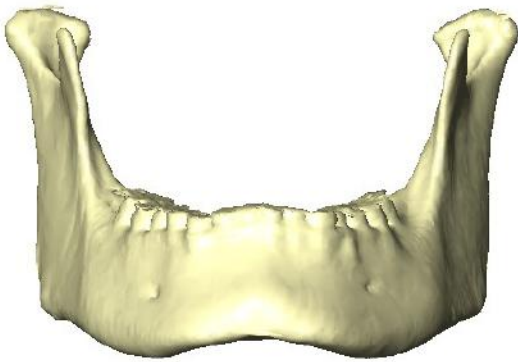


(a)

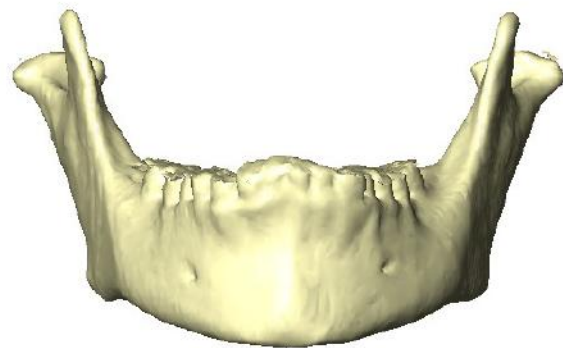


(b)

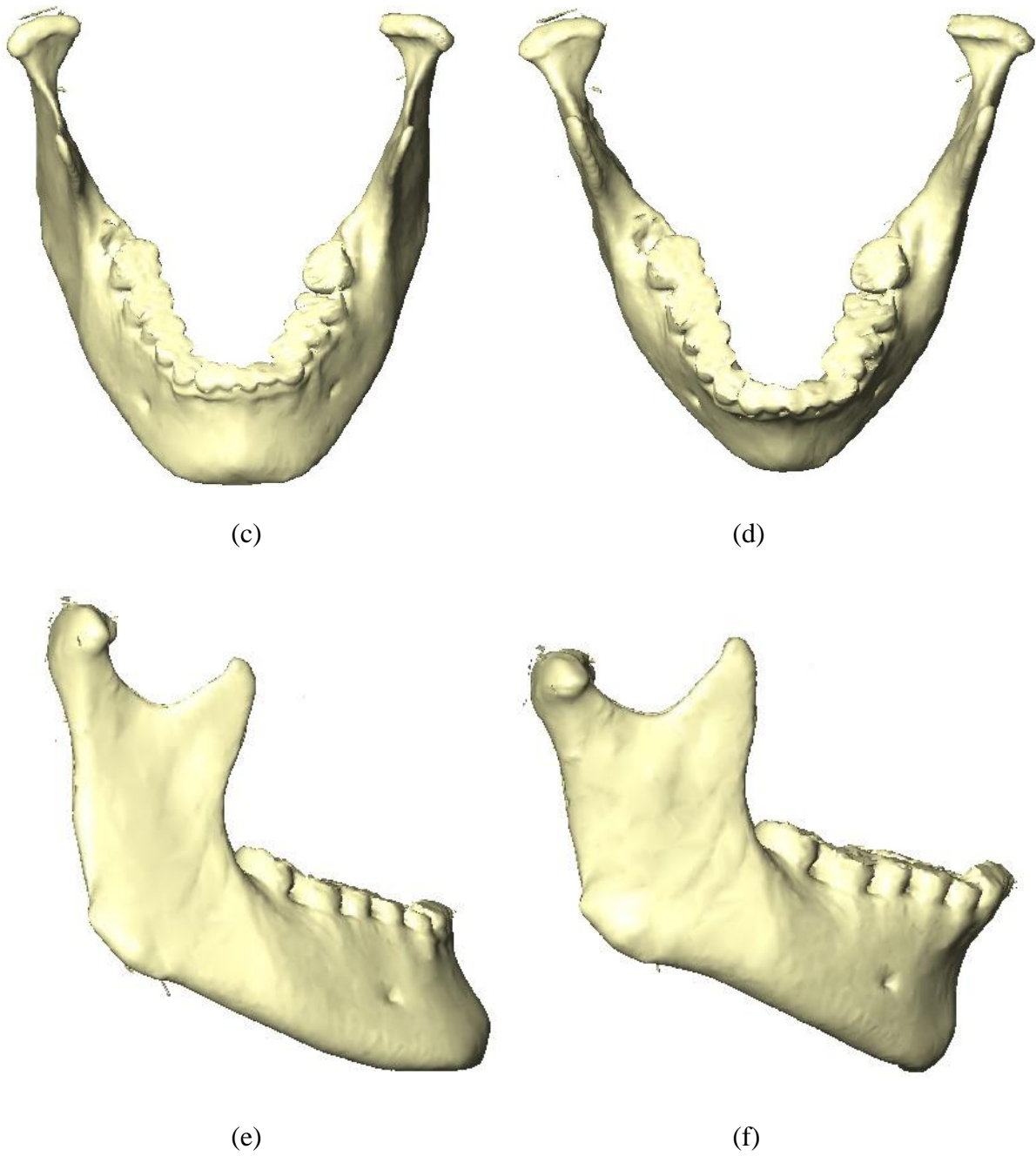
*Figure 35. Comparaison de la forme de la mandibule de l'homme extrême PC4 et de la femme extrême PC4, superposées, en vue de face (a) de trois quarts (b).*



(a)



(b)

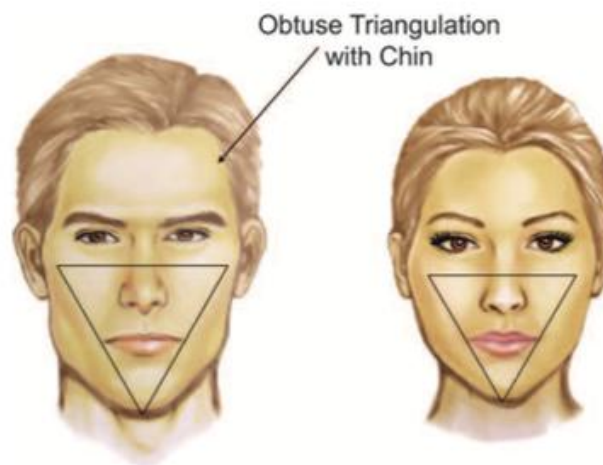


***Figure 36. Représentation de la mandibule de l'homme extrême PC4 (à gauche) et de la femme extrême PC4 (à droite), en vue de face (a et b), axiale (c et d) et de profil (e et f).***

## DISCUSSION

---

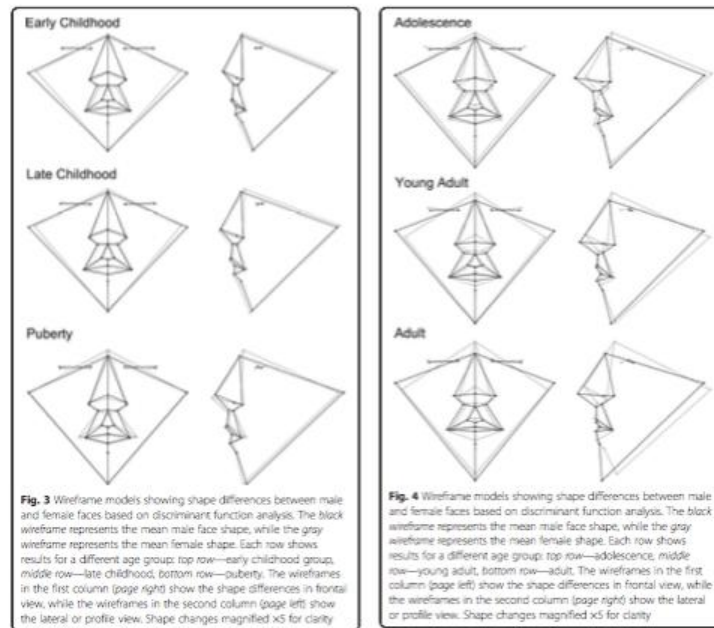
De manière générale, on reconnaît que la forme globale du visage d'un homme est plutôt rectangulaire, alors que chez la femme les traits sont plus arrondis, avec un visage plutôt ovale.<sup>23</sup> (Figure 37) La forme du visage varie avec l'âge de l'individu et on s'aperçoit que le dimorphisme sexuel, y compris au niveau de l'étage inférieur, est plus ou moins marqué au cours de la vie, il s'agit du principe de l'ontogénie. Ainsi, certains auteurs, admettent que le risque d'erreur sur le sexage d'un individu est plus important avant 25 ans et après 55 ans.<sup>24</sup>



**Figure 37. Représentation des différences entre hommes et femmes au niveau des tissus mous de la face.**

Au niveau de la mandibule, ce dimorphisme sexuel est présent dès la naissance, les hommes ont une mandibule plus avancée et un système musculaire plus développé.<sup>25</sup> Ces différences sont minimales dans l'enfance, si bien qu'entre 4 ans et 15 ans, on ne retrouve quasiment pas de dimorphisme sexuel mandibulaire significatif. De la puberté jusqu'à l'âge adulte on observe chez l'homme un changement de la forme et de la taille de la face alors que chez la femme on constate à partir d'une certaine taille, un changement seul de la forme. La trajectoire ontogénétique femelle s'écarte de la direction allométrique après la puberté.<sup>25,26</sup> Une étude réalisée sur des mandibules d'enfants de moins de 4 ans montre que chez les sujets féminins, la symphyse est classiquement plus arrondie, avec un bord basilaire qui s'incurve progressivement pour faire la transition avec les parties latérales des branches horizontales. En revanche chez l'homme la symphyse est plus marquée, avec une démarcation plus abrupte avec les branches horizontales beaucoup moins progressives que chez la femme.<sup>27</sup> Dans une autre étude de morphométrie géométrique réalisée à partir de 1555 individus âgés de 3 à 25 ans, les auteurs ont mis en évidence des différences entre les deux sexes au niveau de la face dès le plus jeune âge. Il est certain que le dimorphisme sexuel s'accroît avec l'âge (et sa significativité avec la taille de l'échantillon), mais certains traits dimorphiques présents dans l'enfance persistent à l'âge adulte, alors que d'autres n'apparaissent qu'à la puberté, c'est notamment le cas du menton.<sup>28</sup> (Figure 38)





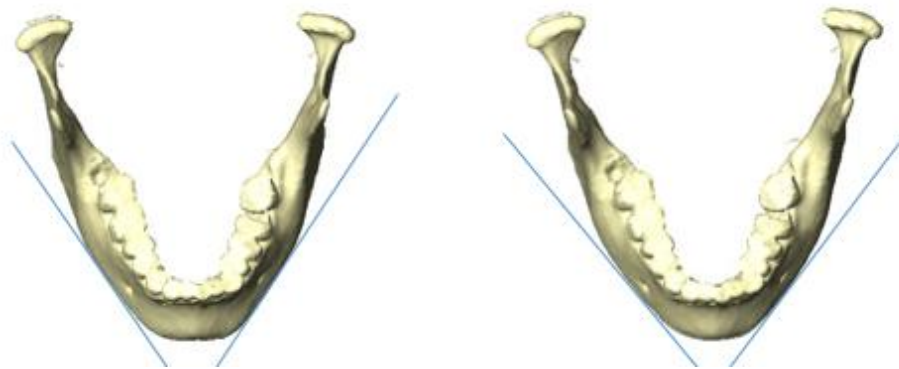
**Figure 38. Schémas représentant les différences de forme entre hommes et femmes de face et de profil en fonction de l'âge. Les traits noirs représentant la forme moyenne de l'homme, les traits en gris représentant la forme moyenne de la femme. (D'après Kesterke et al. *Biology of Sex Differences* 2016)**

En accord avec les données de la littérature, nos différentes mesures métriques sur la mandibule étaient plus grandes chez l'homme que chez la femme. La largeur bigoniaque était en moyenne de 9,24 cm chez l'homme et 8,45 cm chez la femme, ce qui était en accord avec les chiffres retrouvés dans l'étude de Vinay G. réalisée à partir de 250 mandibules de cadavres, avec une moyenne de 9,45 cm chez l'homme et 8,74 cm chez la femme.<sup>29</sup> De la même manière, la hauteur de la symphyse était significativement plus importante chez l'homme avec une moyenne de 2,91 cm versus 2,60 cm chez la femme. Dans l'étude de Akhlaghi et Al., les auteurs retrouvaient sur les individus âgés de 12 à 20 ans une hauteur moyenne de 3,39 cm chez les hommes et 3,03 cm chez les femmes.<sup>10</sup> Le fait que les chiffres soient assez éloignés peut s'expliquer par une différence de mesure, puisque dans l'étude citée les mesures étaient réalisées avec un pied à coulisse sur des mandibules de cadavres, il s'agissait également d'une population plus jeune. Nous n'avons pas retrouvé dans la littérature de méthode existant pour la mesure de la symphyse, la méthode de mesure que nous avons proposé s'inspirait de l'étude de Niansong<sup>30</sup>. Cette méthode de mesure est probablement discutable, nous avons noté une différence entre les mandibules masculines et féminines mais qui n'était pas significative. Les distances bitygomatique et bigoniaque étaient supérieures chez l'homme, le rapport entre ces deux mesures était légèrement supérieur chez la femme mais sans différence significative. Dans la mesure où le visage de la femme est plutôt triangulaire, on aurait pu s'attendre à une différence plus importante, cela peut s'expliquer par le fait que notre étude ne prend en compte que les reliefs osseux. En effet, la projection au niveau malaire dépend en grande partie des tissus mous, hors le tissu adipeux sous cutané chez les femmes est plus développé (du fait notamment de la présence de récepteurs aux oestrogènes)<sup>31</sup> et les muscles de la mimique et en

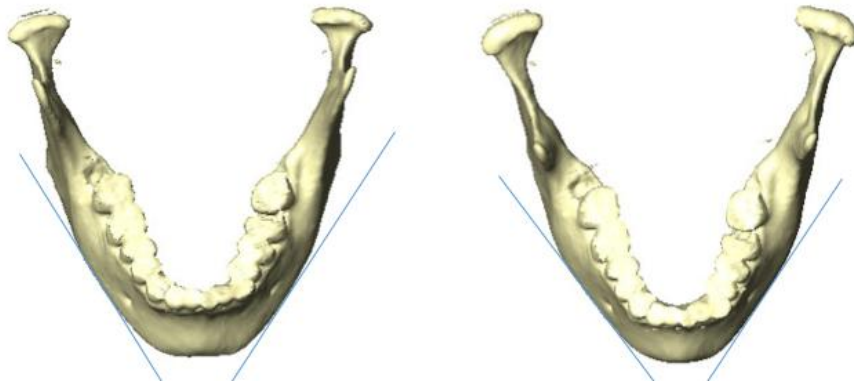
particulier du sourire seraient également plus sollicités chez la femme.<sup>32</sup> Les muscles masticateurs et notamment le muscle masséter sont quant à eux plus développés chez l'homme.<sup>33</sup>

L'angle A1 qui mesurait l'obliquité du bord basilaire de la branche horizontale de la mandibule par rapport au plan de Francfort était plus important chez les femmes que chez les hommes, de manière significative. Dans une étude portant sur 240 scanners d'hommes et de femmes, on retrouve la mesure de « l'angle mandibulaire » formé par la partie postérieure du ramus et le bord basilaire de la branche horizontale, cet angle est en moyenne de 122,53° chez l'homme et 124,30° chez la femme avec  $p=0,032$ <sup>8</sup> ce qui concorde avec les résultats de notre étude.

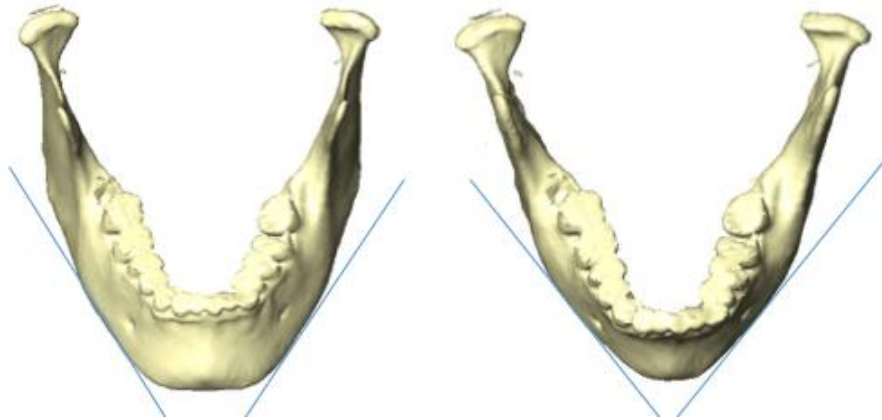
Dans notre étude, qui ne concernait que des sujets adultes, on retrouvait également après l'analyse par morphométrie géométrique un dimorphisme sexuel au niveau de la mandibule, prédominant au niveau des condyles, des coronés, du menton et des angles. Des résultats proches des nôtres étaient retrouvés dans une étude portant sur 104 scanners d'hommes et de femmes adultes<sup>34</sup>, néanmoins celle ci étudiait l'ensemble de la face et était moins précise sur la mandibule avec un nombre inférieur de *landmarks*. Dans notre étude, il apparaît que la symphyse est plus triangulaire chez la femme et ce, chez les individus moyens donc extrapolable à la population générale. (Figures 22, 27 et 32) Chez les sujets extrêmes ce trait est accentué, et on constate que chez les individus « hypermasculins » la hauteur symphysaire est plus importante, chez d'autres la symphyse est plus projetée antérieurement. Concernant la position des angles et des condyles chez les individus moyens : par rapport au plan sagittal, les condyles sont plus latéraux chez la femme et les angles plus médiaux ce qui donne un aspect plus oblique vers le plan sagittal des branches montantes chez la femme. Il s'agit d'une notion qui n'avait pas encore été décrite dans la littérature, cette donnée est importante car elle explique en partie la forme plus triangulaire de la mandibule chez la femme. (Figures 22, 31 et 34) En prenant les extrêmes, on constate que chez des individus « hypermasculins » le dimorphisme au niveau de l'angle est plus prononcé avec une saillie vers l'extérieur de la partie inférieure de l'angle, *le flaring*. Enfin, sur une vue de profil, on remarque que chez les individus moyens la branche horizontale est plus oblique la femme, ce qui est en accord avec les résultats de notre analyse métrique.



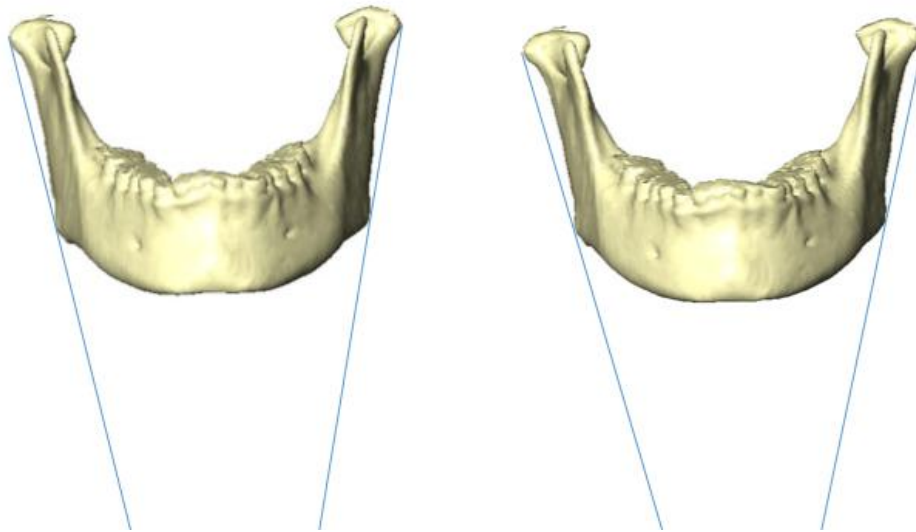
**Figure 23. Comparaison de la forme de la symphyse mandibulaire pour les individus moyens (homme à gauche, femme à droite).**



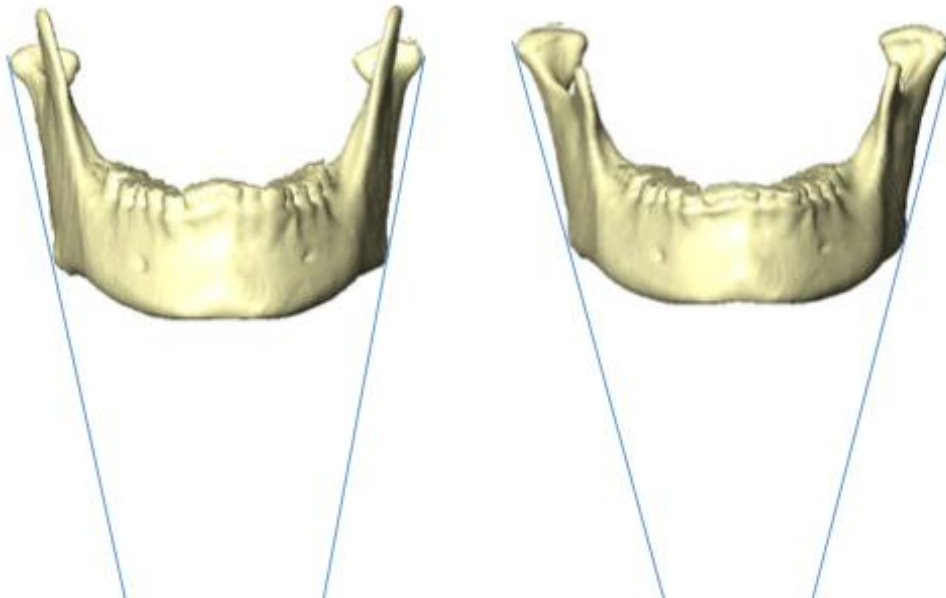
*Figure 26. Comparaison de la forme de la symphyse mandibulaire pour les individus extrêmes PC2 (homme à gauche, femme à droite).*



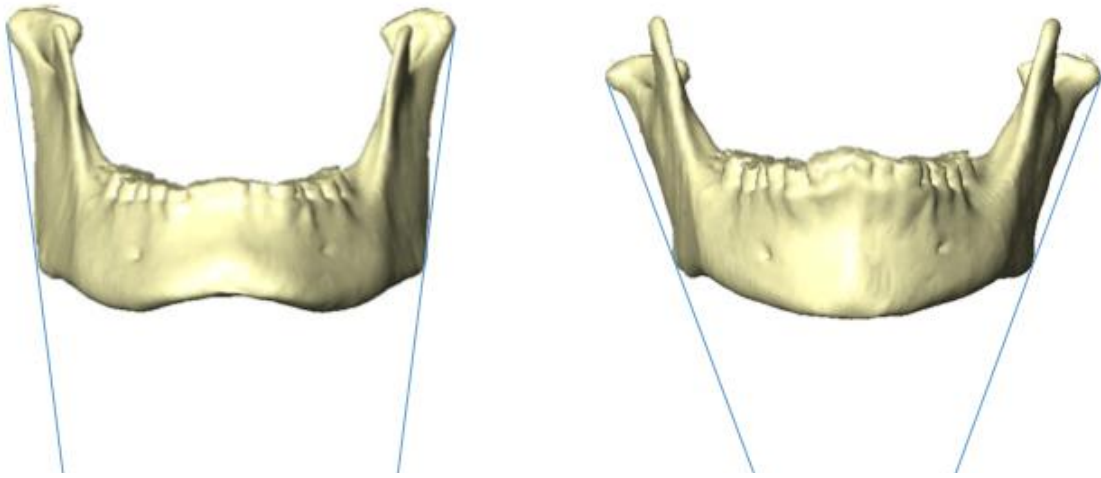
*Figure 29. Comparaison de la forme de la symphyse mandibulaire pour les individus extrêmes PC4 (homme à gauche, femme à droite).*



*Figure 24. Représentation de la position des angles par rapport aux condyles pour les individus moyens (homme à gauche, femme à droite).*



*Figure 32. Représentation de la position des angles par rapport aux condyles pour les individus extrêmes PC2 (homme à gauche, femme à droite).*



**Figure 35. Représentation de la position des angles par rapport aux condyles pour les individus extrêmes PC4 (homme à gauche, femme à droite).**

Il est intéressant de constater que, même si le dimorphisme était moins marqué entre la forme de la mandibule de la femme moyenne et celle de l'homme moyen on retrouvait des traits dimorphiques au niveau de la région mentale et goniale, sites accessibles à la chirurgie de féminisation de la face. On a vu que dans notre échantillon certains individus hommes et femmes avaient une morphologie mandibulaire assez proche quand d'autres présentaient un dimorphisme sexuel plus marqué. En chirurgie de féminisation de la face, une mandibule avec des caractéristiques « hyperféminines » est ce vers quoi l'on veut tendre. En effet, certaines études ont montré que les individus présentant des traits de caractères sexuels secondaires marqués au niveau de la face étaient plus attirants. Les femmes présentant des yeux assez espacés, un petit menton, sont considérées comme plus attractives.<sup>35</sup> Dans l'étude de Rhodes G., des traits « hyperféminins » sur une femme étaient plus attirants, mais ils l'étaient également sur un visage masculin.<sup>36</sup>

Les premiers travaux concernant la chirurgie de féminisation de la face ont vu le jour il y a une trentaine d'années. Depuis, ces interventions sont réalisées de manière assez courantes dans certains centres et des études ont mis en évidence l'apport indéniable de ces techniques dans l'intégration des patientes transgenres. L'étude de Raffaini M. portait sur 33 patientes ayant bénéficié de 180 interventions, toutes les patientes présentaient une meilleure qualité de vie (physique, psychologique et sociale) depuis leur chirurgie de féminisation de la face.<sup>37</sup> Une revue de la littérature publiée en 2016 s'est intéressée aux différentes interventions de chirurgie de féminisation de la face. Au total, six études portaient sur la chirurgie du tiers inférieur (génioplastie, réduction des angles), pour chacune d'entre elles on ne retrouvait pas de complications majeures, et un taux de satisfaction élevé.<sup>23</sup>

On retrouve dans la littérature un certain nombre d'études sur le dimorphisme sexuel de la mandibule, mais le plus souvent dans le cadre de l'anthropologie ou de la médecine légale.<sup>29,25,38,39,10</sup> Au lieu de faire des études de cas sans valeur statistique et de se baser uniquement

sur l'empirisme pour mettre au point les protocoles chirurgicaux, nous proposons une quantification du dimorphisme sexuel qui servira de base à l'élaboration de notre protocole. C'est ici l'intérêt de notre étude, qui a permis de mettre en évidence le dimorphisme sexuel dans le but de justifier et d'adapter les techniques chirurgicales de féminisation de la face. C'est la première étude portant sur le dimorphisme sexuel de la mandibule pour la prise en charge des patientes transsexuelles MtF. Cette étude permet de quantifier les différences de forme entre hommes et femmes au niveau de la mandibule et ainsi justifier les interventions pratiquées.

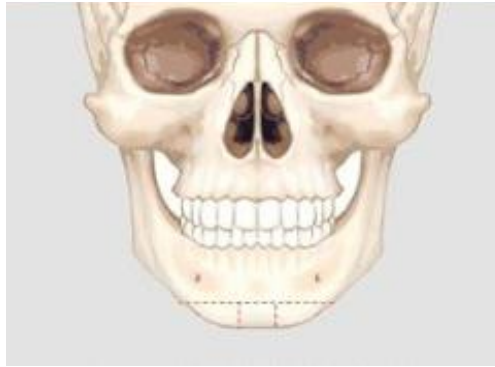
Il était intéressant d'associer à l'analyse métrique, l'analyse par morphométrie géométrique. En effet cette dernière, bien que sujette à l'interprétation, est plus visuelle et permet de cibler les zones les plus dimorphiques pouvant justifier une chirurgie de féminisation de la face. Les représentations 3D qui permettent de comparer les mandibules d'hommes et de femmes en les superposant sont particulièrement utiles pour comprendre ce dimorphisme et optimiser la correction chirurgicale.

De manière assez fréquente on retrouve dans la littérature, des études sur le dimorphisme sexuel au sein d'une ethnie, il est intéressant de noter que dans notre étude il n'existait pas de sélection quant à l'origine, et que par conséquent l'échantillon était a priori assez hétérogène et représentatif de la population générale.

A partir de nos résultats il paraît évident que les régions justifiant une intervention chirurgicale sont la symphyse et les angles mandibulaires. Même si le dimorphisme est présent sur d'autres régions et en particulier le coroné et les condyles, un geste chirurgical les modifiant directement n'est pas à envisager car il n'y aurait pas d'impact positif en terme esthétique dans la mesure où ils n'ont pas de retentissement au niveau de la forme du visage.

Pour la symphyse, l'intervention de féminisation doit réduire la largeur du menton d'une part, ce qui aura également un effet sur les parties adjacentes des branches horizontales permettant de donner une forme plus triangulaire à la symphyse, et en réduire la hauteur d'autre part si nécessaire. (Figures 35)

Concernant les angles, les résultats de l'étude nous indiquent que ce geste doit s'attacher à réduire la partie inférieure de l'angle, mais également réséquer le bord basilaire de la branche horizontale depuis l'angle jusqu'au fragment mobilisé par la génioplastie de réduction transverse dans le but d'accentuer l'obliquité de la mandibule. Ce geste permet également de supprimer le *flaring*, et en réduisant la largeur bigoniaque permet de rendre la mandibule plus triangulaire vue de face. Ce type d'intervention engendre un retentissement sur les tissus mous et particulièrement sur le masséter : le fait de décoller ses insertions au niveau de la tubérosité entraîne en post opératoire une diminution du volume musculaire de l'ordre de 20%<sup>40</sup> qui va accentuer l'aspect ovale du visage. Les tissus mous (peau, tissu adipeux, muscles) jouent donc un rôle, parfois prépondérant et influent sur le résultat et le rendu de ces interventions. Ce type d'intervention, couramment réalisée en Asie chez les patientes présentant une « square face », n'était pas encore proposée dans notre service aux patientes en demande d'une chirurgie de féminisation de la face.



(a)



(b)



(c)

**Figure 39.** Représentation d'un geste chirurgical de féminisation sur la mandibule. Lignes de coupe en vue d'une génioplastie de réduction transverse (a). Aspect de la génioplastie de réduction après ostéosynthèse et lignes de coupe de la résection du bord basilaire jusqu'aux angles (b). Aspect après ostéotomie (c).



*Figure 40. Vues peropératoires d'une génioplastie de réduction transverse.*



*Figure 41. Photographies pré opératoire (à gauche) et post opératoire (à droite) d'une patiente ayant bénéficié d'une génioplastie de réduction transverse (résection de 10 mm).*

L'indication de ces interventions est évidemment à adapter à chaque patiente, puisque l'on a vu qu'il existait une expression variable du dimorphisme entre les individus, et il faut également tenir compte de l'origine ethnique. Les résultats de cette étude vont nous permettre d'optimiser la prise en charge des patientes en demande d'une chirurgie de féminisation de la face, grâce à ces données on peut réaliser des simulations à partir de reconstructions tridimensionnelles permettant une correction « sur mesure ». Cette étude va permettre d'améliorer la féminisation du tiers inférieur de la face chez nos patientes.



## BIBLIOGRAPHIE

---

1. Service d'évaluation des actes professionnels, situation actuelle et perspectives d'évolution de la prise en charge médicale du transsexualisme en France. *Rapport de l'HAS, Novembre 2009.*
2. J.Arcelus, W.P Bouman, W. Van Den Noortgate, L. Claes, G.Witcomb, F.Fernandez-Aranda, Systematic review and metaanalysis of prevalences studies in transsexualism. *European Psychiatry 30 (2015) 807-815.*
3. N.Morel Journel, J-E Terrier, F. Courtois, S. Droupy, A. Gorin-Lazard, Le transsexualisme. *Progrès en Urologie (2013) 23, 718-726.*
4. G. De Cuypere Prevalence and demography of transsexualism in Belgium. *European Psychiatry 22 (2007) 137-141.pdf.*
5. K. Altman, Facial feminization surgery : current state of the art, *Int. J. Oral Maxillofac. Surg 2012.*
6. Tiffany A. Ainsworth, Jeffrey H. Spiegel, Quality of life with and without facial feminization surgery or gender reassignment. *Qual. Life Res (2010) 19 : 1019-1024.*
7. Phillip L.Walker, Sexing Skulls Using Discriminant Analysis of Visually Assessed Traits. *American Journal of Physical Anthropology 136 : 39-50 (2008).*
8. Chenghe Lin, Benzhenq Jiao, V. Young Lee, Sex determination from the mandibular ramus flexure of Koreans by discrimination function analysis using three-dimensional mandible models. *Forensic Science International 236 (2014) 191-e1. 191-e6.*
9. Testut L. *Traité d'anatomie humaine (anatomie descriptive, histologie, développement) - Tome premier. (1896).*
10. Mitra Akhlaghi, Zahra Khalighi, Vahid Yousefinejad, Sex determination using mandibular anthropometric parameters in subadult Iranian samples. *Journal of Forensic and Legal Medicine 22 (2014) 150e153.*
11. Philipp Mitteroecker, Philipp Gunz, Advances in Geometric Morphometrics. *Evol Biol (2009) 36:235-247.*
12. M. Goldberg, S. Opsahl Vital, P. Barbet, Embryologie de la face et des structures squelettiques céphaliques : morphogénèse des maxillaires, de la mandibule et du crâne. *EMC.*
13. KAMINA, P. *Précis d'anatomie clinique, tome II, Pierre KAMINA. (Maloine, 2004).*
14. P. Poirier, A. Charpy, A. Nicolas, A. Prenant et al. *Traité d'anatomie humaine. Tome*

*premier. (1892).*

15. Keith, A. *Human embryology and morphology.*
16. Bahar Bassiri Gharb et Al Vascularization of the Facial Bones by the Facial Artery-Implications for Full Face Allotransplantation. *Plast. Reconstr. Surg.* 133: 1153, 2014.
17. G.Rosano et Al anatomie vasculaire de la symphyse de la mandibule et complications potentielles en chirurgie orale. *Rev Mens Suisse Odontostomatol Vol.* 118 12/2008.
18. G.Poirot, JF.Delattre, C.Palot, JB Flament The inferior alveolar artery in its bony course. *Surgical and radiological Anatomy (1986) 8- 237-244.pdf.*
19. C. P. Klingenberg, MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular Ecology Resources (2011) 11, 353–357.*
20. C. P. Klingenber, M. Barluenga, and A. Meyer, Shape Analysis Of Symmetric Structures: Quantifying Variaton Among Individuals And Asymmetry. *Evolution, 56(10), 2002, pp. 1909–1920.*
21. C. P. Klingenberg, Size, shape, and form: concepts of allometry in geometric morphometrics. *Dev Genes Evol DOI 10.1007/s00427-016-0539-2.*
22. Y.Heuzé et al. Unilateral and Bilateral Expression of a Quantitative Trait: Asymmetry and Symmetry in Coronal Craniosynostosis. *J Exp Zool B Mol Dev Evol. 2012 March ; 318(2): 109–122.*
23. Shane D. Morrison and al Facial Feminization: Systematic Review of the Literature. *Plast. Reconstr. Surg.* 137: 1759, 2016.
24. M. Mydlova, J. Dupej , J. Koudelova, J. Velemínská Sexual dimorphism of facial appearance in ageing human adults: A cross-sectional study. *Forensic Science International xxx (2015) xxx–xxx.*
25. M. Coquerelle, F. L. Bookstein, J.Braga, D. J. Halazonetis, G. W. Weber, and P.Mitteroecker Sexual Dimorphism of the Human Mandible and Its Association With Dental Development. *American Journal Of Physical Anthropology 145:192–202 (2011).*
26. E. Bulygina, P. Mitteroecker and L. Aiello Ontogeny of Facial Dimorphism and Patterns of Individual Development Within One Human Population. *American Journal Of Physical Anthropology 131:432–443 (2006).*
27. S.R. Loth and M. Henneberg Sexually Dimorphic Mandibular Morphology in the First Few Years of Life. *American Journal Of Physical Anthropology 115:179–186 (2001).*
28. M. J. Kesterke and al Using the 3D Facial Norms Database to investigate craniofacial sexual dimorphism in healthy children, adolescents, and adults. *Biology of Sex Differences (2016) 7:23*

DOI 10.1186/s13293-016-0076-8.

29. G.Vinay, S.R Mangala Gowri, J. Anbalagan Sex Determination of Human Mandible Using Metrical Parameters. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 2013 Dec, Vol-7(12): 2671-2673.
30. Niansong Ye, Hu Long, Songsong Zhu, Yunqiang Yang, Wenli Lai, Jing Hu The Accuracy of Computer Image-Guided Template for Mandibular Angle Osteotomy. *Aesth Plast Surg* DOI 10.1007/s00266-014-0424-1.
31. P. Thekkethil, N. and D. J. Clegg Sexual Dimorphism in Body Fat Distribution and Risk for Cardiovascular Diseases. *J. of Cardiovasc. Trans. Res.* (2009) 2:321–327.
32. Lee Ellis et al (2011). Sex Differences In Smiling And Other Photographed Traits : a Theoretical Assessment. *Journal of Biosocial Science*, 43, pp 345-351 doi:10.1017/S0021932010000659.
33. S.Kiliaridis et P. Kälebo Masseter Muscle Thickness Measured by Ultrasonography and its Relation to Facial Morphology. *J Dent Res* 1991 70-1262.
34. A. Rosas and M. Bastir Thin-Plate Spline Analysis of Allometry and Sexual Dimorphism in the Human Craniofacial Complex. *American Journal Of Physical Anthropology* 117:236–245 (2002).
35. M. R. Cunningham Measuring the Physical in Physical Attractiveness: Quasi-Experiments on the Sociobiology of Female Facial Beauty. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1986, Vol. 50, No. 5, 925-935.
36. G. Rhodes, C.Hickford, L. Jeffery Sex-typicality and attractiveness: Are supermale and superfemale faces super-attractive? *British Journal of Psychology* (2000), 91, 125±140 .
37. M. Raffaini, A. S. Magri, T. Agostini Full Facial Feminization Surgery: Patient Satisfaction Assessment Based on 180 Procedures Involving 33 Consecutive Patients. *Plast. Reconstr. Surg.* 137: 438, 2016.
38. F.Toledo de Oliveira et Al Mandibular ramus length as an indicator of chronological age and sex. *Int J Legal Med* (2015) 129:195–201.
39. J.A. Alarcóna, M. Bastir , A. Rosas Variation of mandibular sexual dimorphism across human facial patterns. *HOMO - Journal of Comparative Human Biology* xxx (2016) xxx–xxx.
40. Xi Fu et al Long-Term Changes in the Masseter Muscle Following Reduction Gonioplasty. *J Craniofac Surg* 2014;25: 1309–1312).

## ANNEXE

**Tableau 3. Tableau de données des mesures métriques sur les mandibules des 30 femmes. (OP : largeur de l'orifice piriforme; SYMPH.L :largeur de la symphyse; ANGLE :angle A1 compris entre le bord basilaire de la branche horizontale et le plan de Francfort; EPINE NAS. GONION: distance entre l'épine nasale et le gonion; LOBULE-GONION : distance entre la partie inférieure du lobule et le gonion; BIZYGOM : distance bizygomatique; BIGON : distance bigoniaque; BIZYGO/BIGON :rapport de la distance bizygomatique sur la distance bigoniaque; SYM/OP : rapport de la largeur de la symphyse sur la largeur de l'orifice piriforme; SYMPH.H : hauteur de la symphyse. (Les distances sont exprimées en cm, les angles en degrés).**

FEMMES	OP	SYMPH.L	ANGLE	EPINE NAS. GONION	LOBULE-GONION	BIZYGOM.	BIGON	BIZYGO/BIGON	SYM/OP	SYMPH.H
F1	2,07	2,4	22,00	5,60	2,60	11,3	9,60	1,25	1,36	2,2
F2	2,07	2,67	29,00	5,47	1,73	11,2	8,13	1,34	1,29	2,4
F3	2,00	2,5	37,00	6,47	1,57	11,00	8,2	1,34	1,4	2,6
F4	2,13	2,6	27,00	5,27	2,5	12,07	9,27	1,3	1,22	2,47
F5	1,93	1,8	21,00	5,13	1,57	11,67	8,27	1,41	0,93	2,27
F6	2,07	2,2	34,00	6,07	2,5	12,27	9,2	1,33	1,06	2,5
F7	1,93	2,13	36,00	5,2	1,15	10,11	7,13	1,38	1,21	2,93
F8	1,93	2,2	18,00	5,23	1,67	10,91	8,46	1,29	1,14	2,4
F9	1,88	2,88	17,00	6,27	1,64	11,41	8,23	1,39	1,53	2,87
F10	1,93	2,73	19,00	5,13	2,2	11,6	8,57	1,31	1,41	2,13
F11	2,00	2,5	32,00	5,7	1,7	11,27	8,57	1,27	1,4	2,73
F12	1,77	2,13	39,00	6,53	1,53	11,2	8,60	1,4	1,2	3,00
F13	2,00	2,2	21,00	5,4	2,13	10,91	8,07	1,33	1,1	2,2
F14	2,13	3,13	29,00	5,67	1,53	10,91	8,2	1,33	1,47	2,47
F15	2,17	1,93	31,00	5,57	1,53	11,6	8,8	1,32	0,99	2,13
F16	2,13	2,13	30,00	6,4	1,73	11,51	8,53	1,35	1,09	2,93
F17	2,2	2,47	29,00	6,87	1,67	11,87	8,8	1,35	1,12	2,87
F18	1,93	2,1	38,00	6,07	2,27	11,4	7,8	1,46	1,19	2,87
F19	1,87	2,5	24,00	6,2	2,67	12,00	8,6	1,4	1,5	2,6
F20	1,87	2,87	25,00	7,07	1,6	12,51	8,6	1,46	1,53	3,07
F21	1,93	2,5	35,00	6,33	1,73	11,00	8,8	1,23	1,45	2,53
F22	1,8	2,13	31,00	6,07	1,27	11,00	8,60	1,38	1,29	2,47
F23	2,00	2,4	25,00	6,13	2,2	11,67	9,60	1,3	1,2	2,53
F24	2,00	2,6	29,00	6,47	2,67	11,67	8,67	1,35	1,1	2,8
F25	2,00	2,00	18,00	5,77	2,47	11,07	8,27	1,34	1,00	2,47
F26	1,87	1,8	35,00	5,7	2,27	10,67	8,47	1,26	0,96	2,4
F27	1,93	2,73	27,00	5,60	2,27	11,31	8,13	1,39	1,41	2,53
F28	2,2	2,00	27,00	6,13	1,77	12,00	8,60	1,5	0,9	2,6
F29	2,00	2,73	29,00	5,73	0,6	11,8	8,73	1,35	1,37	2,73
F30	1,72	2,13	25,00	5,67	2,67	11,5	8,05	1,43	1,35	2,67

**Tableau 4. Tableau de données des mesures métriques sur les mandibules des 30 hommes. (OP : largeur de l'orifice piriforme; SYMPH.L :largeur de la symphyse; ANGLE :angle A1 compris entre le bord basilaire de la branche horizontale et le plan de Francfort ; EPINE NAS. GONION : distance entre l'épine nasale et le gonion; LOBULE-GONION : distance entre la partie inférieure du lobule et le gonion; BIZYGOM : distance bizygomatique; BIGON : distance bigoniaque; BIZYGO/BIGON : rapport de la distance bizygomatique sur la distance bigoniaque; SYM/OP : rapport de la largeur de la symphyse sur la largeur de l'orifice piriforme; SYMPH.H : hauteur de la symphyse. (Les distances sont exprimées en cm, les angles en degrés).**

HOMMES	OP	SYMPH.L	ANGLE	EPINE NAS. GONION	LOBULE-GONION	BIZYGOM.	BIGON	BIZYGO/BIGON	SYM/OP	SYMPH.H
H1	1.87	3.4	15	5.6	2.87	12.53	9.55	1.31	1.52	2.4
H2	1.55	2.67	20	6.13	3	11.53	7.87	1.47	1.75	2.87
H3	2.4	3.27	14	6.07	3.15	12.05	9	1.34	1.36	2.95
H4	2.27	2.07	26	6.2	1.77	12.13	9.47	1.28	0.92	3.27
H5	1.93	2.07	19	6.07	2.27	11.53	7.4	1.56	1.07	2.87
H6	2.15	2.4	13	5.47	3.85	12.53	9.67	1.3	1.15	3.2
H7	2.07	2.73	24	6.6	2.47	12.13	8.4	1.44	1.32	2.67
H8	2	2.2	21	6.35	2.8	12.3	9.47	1.3	1.1	2.8
H9	2.4	2.4	4	6.4	2.1	12.77	8.15	1.57	1	2.95
H10	2	2.55	22	6.2	2.67	12	9.15	1.31	1.27	3.15
H11	1.55	2.6	21	6.37	3.15	11.6	9.15	1.27	1.7	2.6
H12	2	2.47	15	6.35	2.6	11.73	9.4	1.25	1.24	2.95
H13	1.85	2.2	17	6.07	3.07	12.4	9.67	1.28	1.2	2.87
H14	2.07	3.4	31	6.75	3.27	12.87	10.4	1.24	1.64	3.07
H15	2	2.4	26	6.35	3.07	11.73	8.95	1.31	1.2	2.6
H16	2.07	2.8	27	6.07	3.07	12.6	9.8	1.29	1.35	2.8
H17	1.8	2.75	24	6.45	3.2	11.53	8.87	1.28	1.52	2.75
H18	1.95	2.15	29	6.55	2.6	13	9.4	1.38	1.1	3.15
H19	2.07	2.87	32	7.2	2.8	12.67	8.8	1.44	1.39	2.84
H20	2.07	2.07	31	6.8	1.8	12.2	9.6	1.27	1	3.15
H21	2.47	2.75	26	7.15	2.2	12.57	9.4	1.35	1.11	3.15
H22	1.87	2.6	42	6.75	1.2	11.87	9.4	1.26	1.5	3.15
H23	1.95	2.55	24	6	2.35	12.53	9.87	1.27	1.31	2.78
H24	2.15	2.87	29	6.28	2.3	11.73	9.47	1.24	1.35	2.78
H25	1.87	2.6	33	6.35	2.27	11.53	8.87	1.3	1.39	3.06
H26	2.15	2.15	23	6.47	2.2	12.8	9.47	1.35	1.09	2.87
H27	2	2.6	25	6.67	2.47	12.53	9.35	1.32	1.3	2.78
H28	2.07	2.4	34	6.11	0.87	12.07	9.75	1.24	1.16	3
H29	2.15	2.95	29	6.55	2.07	11.53	10.13	1.14	1.38	3.15
H30	2.07	2.07	12	6.2	3.87	11.8	9.35	1.26	1	2.6



*Patiente ayant bénéficié d'une génioplastie de réduction transverse (résection de 11mm) et verticale (résection de 3mm).*



*Patiente ayant bénéficié d'une génioplastie de réduction transverse avec résection de 6mm.*



*Patiente ayant bénéficié d'une génioplastie de réduction transverse avec résection de 7mm.*



*Patiente ayant bénéficié d'une génioplastie de réduction transverse et verticale.*

## SERMENT D'HIPPOCRATE

---

Au moment d'être admise à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les 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 circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admise dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçue à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

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.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonorée et méprisée si j'y manque.



## **DIMORPHISME SEXUEL DE LA MANDIBULE : ANALYSE METRIQUE ET PAR MORPHOMETRIE GEOMETRIQUE, APPLICATION EN CHIRURGIE DE FEMINISATION FACIALE**

**OBJECTIF** : Analyser le dimorphisme sexuel de la mandibule au travers d'une analyse métrique et par morphométrie géométrique afin de fournir un substratum anatomique aux interventions déjà existantes de féminisation du tiers inférieur de la face.

**MATERIELS ET METHODES** : L'étude a été réalisée à partir des reconstructions tridimensionnelles de 60 TDM d'individus adultes (30 hommes et 30 femmes), sur lesquelles étaient mesurés huit paramètres linéaires et un angle. Une analyse par morphométrie géométrique était réalisée selon la méthode de superposition procruste, à partir de 354 landmarks et semilandmarks positionnés sur la face interne et externe de la mandibule.

**RESULTATS** : La largeur de la symphyse était plus importante chez l'homme mais de manière non significative, la hauteur de la symphyse était significativement plus élevée chez l'homme ( $p < 0,0001$ ), et l'angle entre le bord basilaire de la branche horizontale et le plan de Francfort était plus ouvert chez la femme ( $p = 0,01$ ) témoignant d'une obliquité plus importante chez ces dernières. L'analyse par morphométrie géométrique mettait en évidence un dimorphisme sexuel au niveau des condyles et des angles donnant une forme plus triangulaire aux branches montantes chez la femme alors qu'elle était plus carrée chez l'homme. On notait également une différence au niveau du menton : la symphyse était moins large chez la femme avec une forme également plus triangulaire.

**DISCUSSION** : Notre étude a permis une analyse précise du dimorphisme sexuel de la mandibule dans sa globalité en 3D grâce à deux méthodes d'analyses. Les traits dimorphiques retrouvés au niveau de la région symphysaire concordent avec les données existantes de la littérature. De plus, l'analyse morphométrique a permis de mettre en évidence une différence d'inclinaison des angles par rapport aux condyles entre les deux sexes modifiant la forme du tiers inférieur de la face, triangulaire chez la femme et carrée chez l'homme, ce qui n'avait pas encore été décrit. Les résultats vont permettre d'adapter au cas par cas nos techniques de féminisation de la mandibule.

---

## **SEXUAL DIMORPHISM OF THE MANDIBLE : A METRIC ANALYSIS AND GEOMETRIC MORPHOMETRIC STUDY, USE IN FACIAL FEMINISATION SURGERY**

---

### **CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE**

---

**MOTS CLES** : Dimorphisme sexuel, mandibule, féminisation faciale, analyse métrique, morphométrie géométrique

---

### **UNIVERSITE DE BORDEAUX**

UFR des Sciences Médicales - 146 rue Léo Saignat - 33076 BORDEAUX cedex