



**UNIVERSITÉ DE LILLE**  
**DEPARTEMENT FACULTAIRE UFR3S-ODONTOLOGIE**

Année de soutenance : 2024

N°:

**THÈSE POUR LE**  
**DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**

Présentée et soutenue publiquement le 12 NOVEMBRE 2024

Par Lucie Lahaye

Née le 25 MARS 1999 à CROIX-FRANCE

ANALYSE DE LA MORPHOLOGIE DU CONDYLE MANDIBULAIRE  
AU CBCT

**JURY**

Président :

Monsieur le Professeur Thomas COLARD

Assesseurs :

Monsieur le Docteur François GRAUX

Madame le Docteur Amélie de BROUCKER

Madame le Docteur Mathilde SAVIGNAT



Président de l'Université :	Pr. R. BORDET
Directrice Générale des Services de l'Université :	A.V. CHIRIS FABRE
Doyen UFR3S :	Pr. D. LACROIX
Directrice des Services d'Appui UFR3S :	
Vice doyen département facultaire UFR3S-Odontologie :	Pr. C. DELFOSSE
Responsable des Services :	L. KORAÏCHI
Responsable de la Scolarité :	V MAURIAUCOURT

## **PERSONNEL ENSEIGNANT DE LA FACULTE**

### **PROFESSEUR DES UNIVERSITES EMERITE**

E DEVEAUX                                      Département de Dentisterie Restauratrice Endodontie

### **PROFESSEURS DES UNIVERSITES**

K. AGOSSA                                      Parodontologie

**P. BOITELLE                                      Responsable du département de Prothèse**

T. COLARD                                      Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux

**C. DELFOSSE                                      Vice doyen du département facultaire UFR3S-Odontologie  
Odontologie Pédiatrique  
Responsable du département d'Orthopédie dento-faciale**

**L ROBBERECHT                                      Responsable du Département de Dentisterie  
Restauratrice Endodontie**

## **MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES**

T. BECAVIN	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
A. BLAIZOT	Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale
F. BOSCHIN	Parodontologie
<b>C. CATTEAU</b>	<b>Responsable du Département de Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.</b>
X. COUTEL	Biologie Orale
A. de BROUCKER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
M. DEHURTEVENT	Prothèses
C. DENIS	Prothèses
F. DESCAMP	Prothèses
<b>M. DUBAR</b>	<b>Responsable du Département de Parodontologie</b>
A. GAMBIEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
F. GRAUX	Prothèses
M. LINEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
T. MARQUILLIER	Odontologie Pédiatrique
G. MAYER	Prothèses
<b>L. NAWROCKI</b>	<b>Responsable du Département de Chirurgie Orale Chef du Service d'Odontologie A. Caumartin – CHU Lille</b>
<b>C. OLEJNIK</b>	<b>Responsable du Département de Biologie Orale</b>
<b>H PERSOON</b>	Dentisterie Restauratrice Endodontie (maître de conférences des Universités associé)
P. ROCHER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
<b>M. SAVIGNAT</b>	<b>Responsable du Département de Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux</b>
<b>T. TRENTESAUX</b>	<b>Responsable du Département d'Odontologie Pédiatrique</b>
J. VANDOMME	Prothèses
R. WAKAM KOUAM	Prothèses

## **PRATICIEN HOSPITALIER et UNIVERSITAIRE**

M BEDEZ	Biologie Orale
---------	----------------

### **Réglementation de présentation du mémoire de Thèse**

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

# Remerciements

Aux membres du Jury,

**Monsieur le Professeur Thomas COLARD**

**Professeur des Universités – Praticien Hospitalier**

*Section Réhabilitation Orale*

*Département Fonction/Dysfonction, **Imagerie** et Biomatériaux*

Docteur en Chirurgie Dentaire (Université de Lille)

Docteur du Muséum National d'Histoire Naturelle en Anthropologie Biologique  
(MNHN, Paris)

Habilitation à Diriger des Recherches (Université de Lille)

Master 1 - Biologie-Santé (Université de Lille)

Master 2 - Evolution Humaine (MNHN, Paris)

DIU Orthopédie Dento-Cranio-Maxillo-Faciale (Sorbonne Université, Paris)

Chargé de mission Recherche

Je tiens à vous exprimer toute ma gratitude pour les précieuses connaissances que vous m'avez transmises, ainsi que pour votre disponibilité et votre engagement tout au long de cette thèse, sans lesquels ce travail n'aurait pu aboutir. C'est également un immense honneur pour moi que vous ayez accepté de présider ce jury. Veuillez trouver à travers ce travail, toute ma gratitude et l'assurance de mon profond respect.

**Madame le Docteur Mathilde SAVIGNAT**

**Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier**

*Section de Réhabilitation Orale*

*Département Sciences Anatomiques*

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur en Odontologie de l'Université de Lille2

Master Recherche Biologie Santé - Spécialité Physiopathologie et Neurosciences

Responsable du Département des Sciences Anatomiques

Chargée de mission PASS - LAS

Je tiens à vous exprimer ma plus profonde gratitude pour l'ensemble de vos qualités humaines et professionnelles qui ont marqué mon parcours. Votre gentillesse, votre enthousiasme, votre bienveillance constante, votre expertise et votre soutien tout au long de mes études, ainsi que lors de la rédaction de cette thèse, n'ont fait que renforcer l'estime et le respect que je vous porte. À travers ce travail, fruit de vos conseils avisés et de votre soutien indéfectible, je souhaite vous transmettre mes plus sincères remerciements. Je vous prie d'accepter, par cette thèse, l'expression de mon profond respect et de ma reconnaissance.



**Monsieur le Docteur François GRAUX**

**Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier**

*Section de Réhabilitation Orale*

*Département Prothèses*

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur en Odontologie de l'Université de Lille 2

Je vous remercie sincèrement pour l'accompagnement et l'expertise dont vous avez fait preuve au cours de mes années universitaires. Je suis reconnaissante que vous ayez accepté de faire partie du jury de cette thèse. Veuillez trouver, à travers cette thèse, l'expression de mon profond respect.

**Madame le Docteur Amélie de BROUCKER**

**Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier**

*Section de Réhabilitation Orale*

*Département Sciences Anatomiques*

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université de Lille2

Chargé de mission Vie de campus et relations étudiants

Je vous exprime ma profonde gratitude pour avoir accepté de siéger à ce jury. C'est un véritable honneur de pouvoir profiter de votre expertise dans votre domaine de spécialité. Je vous prie de recevoir, à travers ce travail, l'assurance de mon respect le plus sincère.

## **AVANT PROPOS :**

L'articulation temporo-mandibulaire permet la cinématique mandibulaire. Très sollicitée au cours de la vie, elle assure les différentes fonctions oro-faciales, principalement la mastication et la phonation. Lorsque cette articulation subit une sur-sollicitation en dehors de ces fonctions physiologiques, des algies et des dysfonctionnements temporo-mandibulaires (DTM) peuvent se manifester. Les DTM ont un réel impact sur la qualité de vie des patients et amènent ceux-ci à consulter.

La morphologie du condyle mandibulaire peut varier en raison de pathologies articulaires ou générales, de l'âge. Une description précise de la taille et de la forme de l'articulation temporo-mandibulaire (ATM) est essentielle pour le diagnostic, la planification chirurgicale ainsi que la conception et le développement de dispositifs prothétiques. Cette connaissance des variations de la morphologie du condyle est également très utile en médecine légale pour déterminer l'âge ou le sexe d'un corps retrouvé. Certaines études ont révélé des corrélations entre des caractéristiques spécifiques à l'individu et la morphologie du condyle.

Dans l'optique de caractériser la morphologie tridimensionnelle du condyle mandibulaire, cette étude analyse et compare les condyles de différents CBCT réalisés dans le service d'odontologie du CHU de Lille.

# Table des matières

AVANT PROPOS : .....	10
Table des matières .....	11
1. Définitions.....	13
1.1. L'articulation temporo-mandibulaire .....	13
1.2. La tomographie volumique numérisée à faisceau conique (CBCT) .....	14
1.2.1. Principe du CBCT .....	14
1.2.2. Résolution de l'image .....	14
1.2.3. Utilisation du CBCT .....	15
2. Introduction .....	16
3. Matériels et méthodes .....	19
3.1. Contexte.....	19
3.2. Critères d'inclusion et d'exclusion .....	19
3.3. Sécurité des données.....	20
3.4. Procédure d'analyse .....	20
3.4.1. Traitement des données .....	20
3.4.2. Positionnement des points de repère .....	22
3.4.3. Analyse en morphométrie géométrique .....	24
3.4.3.1. Définitions de la forme, de la taille, de la conformation et de la taille centroïde	24
3.4.3.2. La méthode de transformation procruste .....	25
3.4.3.3. Analyses en composantes principales (ACP) .....	26
3.4.3.4. Tests statistiques .....	27
4. Résultats.....	28
4.1. Données démographiques.....	28
4.2. Répartition des landmarks en fonction du condyle moyen .....	28
4.3. Résultats de la répartition de la variabilité morphologique des condyles .	29
4.3.1. PC1/PC2 .....	29
4.3.2. PC3/PC4 .....	31
4.4. Résultats des variations morphologiques selon le sexe .....	33
4.4.1. PC1/PC2 .....	33
4.4.2. PC3/PC4 .....	34

4.5.	Résultats des variations morphologiques selon l'âge .....	35
4.5.1.	PC1/PC2 .....	35
4.5.2.	PC3/PC4 .....	35
5.	Discussion .....	37
5.1.	Intérêts de l'utilisation de la morphométrie géométrique, comparaisons avec les études antérieures .....	37
5.2.	Implications cliniques .....	39
5.3.	Limites de cette étude et perspectives.....	40
5.3.1.	Utilisation du CBCT, segmentation .....	40
5.3.2.	Population étudiée .....	40
6.	Conclusion.....	42
7.	BIBLIOGRAPHIE : .....	43
8.	ABREVIATIONS .....	45
9.	Table des figures .....	46
10.	Table des tableaux .....	47
	Annexe 1 : Protocole de segmentation des condyles sur le logiciel 3DSLICER 5.6.1 (16) .....	48
	Annexe 2 : Protocole de positionnement des Landmarks sur le logiciel 3DSLICER 5.6.1 : .....	52
	Annexe 3 : Protocole de l'analyse en morphométrie géométrique sur le logiciel 3DSLICER 5.6.1 .....	53
	ANNEXE 4 : Tableau des revues de la littérature traitant de l'analyse du condyle ...	55

# 1. Définitions

## 1.1. L'articulation temporo-mandibulaire

L'articulation temporo-mandibulaire (ATM) est une articulation synoviale bicondylienne située entre la base du crâne et la mandibule. Elle permet la mobilité de la mandibule afin d'assurer différentes fonctions de la sphère oro-faciale.

Elle est composée de deux surfaces articulaires :

- la fosse mandibulaire et le tubercule articulaire de l'os temporal,
- le condyle mandibulaire.

Elle comprend également, comme d'autres articulations, un disque articulaire, constitué de fibrocartilage avasculaire, et des ligaments qui renforcent la capsule articulaire (Figure 1).

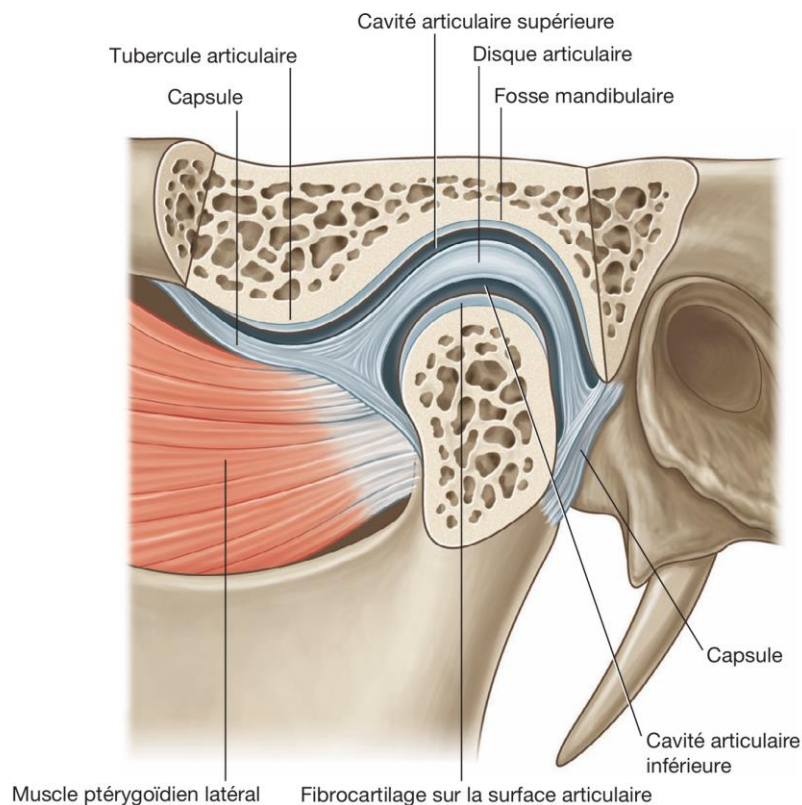


Figure 1 : Schéma d'une coupe sagittale de l'ATM gauche (1)

La complexité de son fonctionnement provient du fait que chaque mouvement de l'articulation est en synergie avec celui de l'articulation controlatérale, rendant la compréhension de la physiopathologie délicate.

## 1.2. La tomographie volumique numérisée à faisceau conique (CBCT)

### 1.2.1. Principe du CBCT

Le CBCT est constitué d'un générateur qui projette un faisceau conique de rayon X traversant les tissus humains pour être détecté par un capteur.

Plusieurs clichés sont ainsi réalisés dans les différents plans de l'espace grâce à une rotation synchrone du générateur et du capteur autour du sujet (2).

L'ordinateur permet de reconstituer tridimensionnellement les volumes de l'objet analysé.

Les volumes d'acquisition (FOV) correspondent à des cylindres ayant des dimensions variées. Les volumes utilisés en imagerie dentaire sont principalement de 8x8cm ou 10x10cm. Les différents FOV sont choisis en fonction de la zone d'intérêt voulue, comme repris dans la Figure 2 ci-dessous :

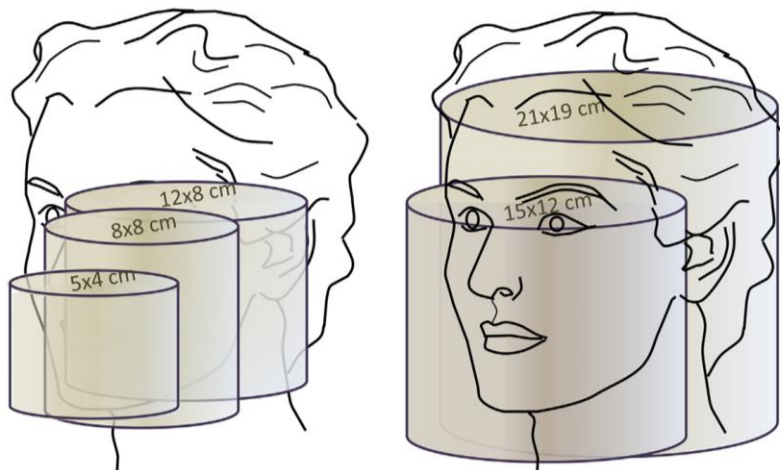


Figure 2 : Différents champs d'acquisition (FOV) du CBCT. Le volume 21x19 n'étant pas utilisé dans le milieu dentaire (3)

### 1.2.2. Résolution de l'image

Le volume 3D du CBCT est constitué de petites subdivisions appelées voxels isotropes, ce qui signifie que ce sont des cubes dont les côtés sont de même longueur. Plus le voxel sera petit, meilleure sera la résolution de l'image. Leur taille varie généralement entre 50 et 300 microns de côté (2).

La résolution d'une image est la capacité de discerner deux petites structures proches. Plus la taille du champ choisie diminue, meilleure sera la résolution.

Un voxel est caractérisé par un niveau de gris représentant la densité du tissu. C'est le fenêtrage choisi qui permettra de distinguer les différents niveaux de gris.

### 1.2.3. Utilisation du CBCT

La tomographie volumique à faisceau conique est un examen d'imagerie 3D utilisé par les chirurgiens-dentistes. Cet examen se réalise en seconde intention après la réalisation d'une radiographie 2D (panoramique ou radiographie rétro alvéolaire). Les CBCT présentent également une meilleure résolution que les radiographies 2D.

Les recommandations quant à ses indications ont été déterminées par le projet européen SEDENTEXCT (Safety and Efficacy of a New and Emerging Dental X-ray modality). L'évaluation des éléments osseux des ATM (petit champ ou champ moyen) fait partie des recommandations.

Cet examen radiologique ne permet pas la visualisation des tissus mous.

A titre d'exemples, des coupes issues de CBCT de l'ATM dans les trois plans de l'espace sont présentées dans les figures 3 à 5.

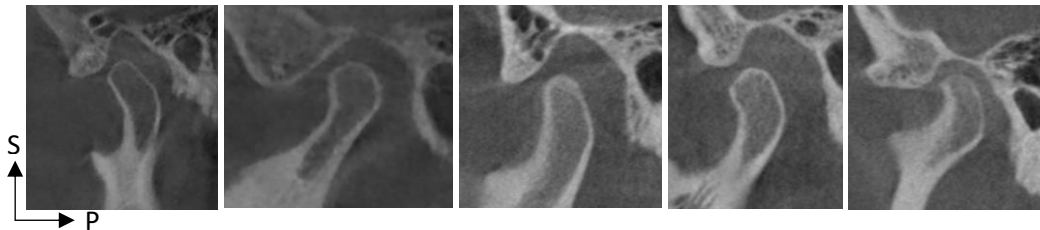


Figure 3 : Série de coupes de CBCT de condyles gauches dans le plan sagittal (images personnelles)

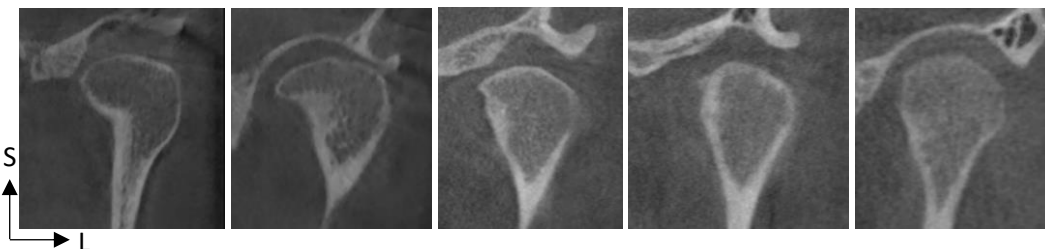


Figure 4 : Série de coupes de CBCT de condyles gauches dans le plan frontal (images personnelles)

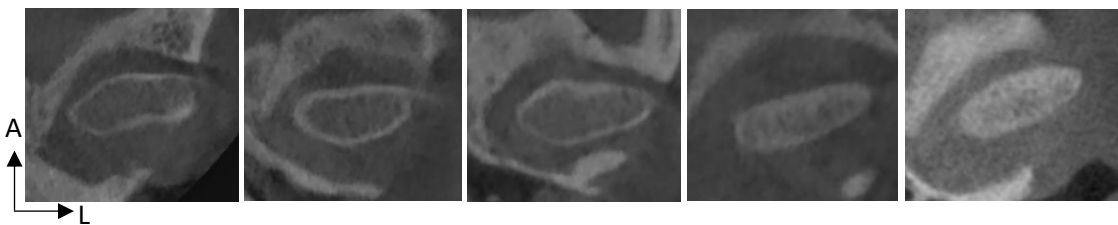
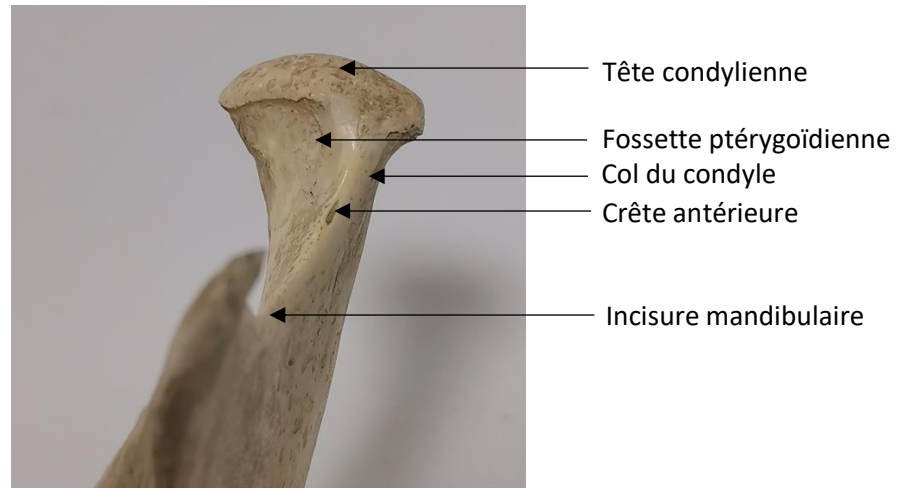


Figure 5 : Série de coupes de CBCT de condyles gauches dans le plan transversal (images personnelles)



## 2. Introduction

Le condyle mandibulaire a une forme ovoïde dont le grand axe est oblique en arrière et en dedans. Il débordé du bord médial du ramus en étant déjeté en dedans. Il peut être divisé en une partie inférieure, le col du condyle, et une partie supérieure, la tête condylienne (figure 6).



Le versant antérieur de la tête du condyle est arrondi, regardant vers l'avant et le haut et recouvert d'un fibrocartilage, c'est la partie articulaire du condyle avec les surfaces articulaires temporales par l'intermédiaire du disque (4).

Le versant postérieur est lisse et non articulaire.

L'anatomie du condyle mandibulaire est également marquée par la fossette ptérygoïdienne, une petite dépression triangulaire médiale à la crête antérieure formée par le ramus. C'est dans cette dépression située au niveau du col du condyle que s'insèrent les fibres du muscle ptérygoïdien latéral (figure 6).

Il apparaît que le condyle mandibulaire présente de nombreuses variations morphologiques dues au vieillissement, à des traumatismes, à certaines pathologies, ou encore aux anomalies du développement (5), comme représentées dans les figures 7 et 8 suivantes :

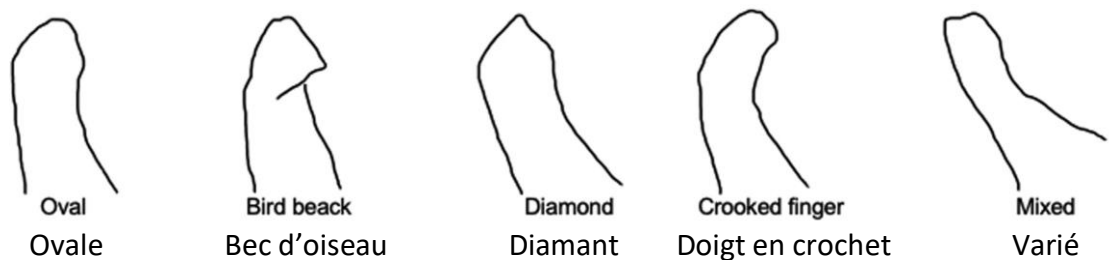




Figure 8 : Schéma des différentes formes du condyle mandibulaire pouvant être observées dans le plan frontal (6)

Il a été ainsi suggéré que ces variations morphologiques seraient fonction de l'âge, du sexe, de l'édentement ou de la classe d'Angle (7).

Il est essentiel d'avoir une connaissance approfondie de l'anatomie normale du condyle afin de diagnostiquer une anomalie morphologique. Cependant, il existe des limites à l'interprétation d'images de la région de l'ATM à l'aide de la radiographie 2D. Dans certains cas, un outil radiographique plus complet est indiqué pour évaluer les ATM. La tomographie volumique à faisceau conique (CBCT) a été évaluée comme un dispositif utile et efficace pour obtenir une précision diagnostique dans les pathologies dentaires et maxillofaciales (8).

De nombreuses études ont ainsi été menées sur des CBCT dans le but d'apporter des précisions sur la morphologie du condyle, notamment en mettant en évidence des variations du volume condylien entre les sexes, le **volume** du condyle chez l'homme étant plus important que celui de la femme (9) (10) (11). Une étude montre que le volume a tendance à diminuer avec l'avancée en âge au cours de la vie d'une personne (9) bien qu'une autre étude ne montre pas de corrélation entre le volume du condyle et l'âge (11).

Une autre étude réalisée sur 800 CBCT (Alam et al., 2021) a montré que la **morphologie** du condyle était un faible indicateur pour déterminer le sexe. Le sexe ne semble donc pas avoir d'impact sur la morphologie du condyle (12) (10) (13).

Il a également été relevé qu'une différence significative pouvait exister entre les deux condyles d'un même individu, montrant alors une **asymétrie** entre les condyles droit et gauche (12) (11) (9) (6).

Le volume du condyle droit semble généralement plus élevé que celui de gauche (9) (10) (11).

L'édentement d'un individu pourrait expliquer la variation du volume du condyle, notamment la diminution de celui-ci du côté édenté (9).

Les études réalisées sont des études morphométriques. Elles ont utilisé comme paramètres d'analyse des mesures linéaires telles que les diamètres antéro-postérieur et médio-latéral du condyle (12) (6) (13), des volumes et/ou des surfaces du condyle (9) (8) (11) avec des repères différents pour délimiter le condyle.

Une autre étude s'est intéressée à classer les condyles selon les formes décrites figure 7 (6).

Toutes ces études ne permettent pas une analyse précise de la morphologie du condyle mandibulaire et n'ont pas utilisé de points de repère spécifiques à l'anatomie du condyle (12).

Les objectifs de cette étude sont :

- Analyser la morphologie du condyle moyen à l'aide de points de repères positionnés de façon reproductible (landmarks) sur des images de condyles issues de CBCT
- Etudier les variations de forme du condyle grâce à une analyse en morphométrie géométrique
- Etudier le dimorphisme sexuel
- Etudier les variations morphologiques en fonction de l'âge.

Cette étude se distingue ainsi des autres en retirant le paramètre « taille » du condyle afin de ne prendre en compte que la morphologie et non le volume du condyle. C'est le principe même de l'analyse en morphométrie géométrique qui sera détaillée plus bas. Pour faciliter la compréhension de cette étude, le terme « morphologie » sera utilisé pour désigner la conformation du condyle, sans prendre en compte le facteur taille.

### **3. Matériels et méthodes**

#### **3.1. Contexte**

Pour cette étude, une déclaration à la CNIL a été réalisée afin d'obtenir un accord pour l'utilisation des données d'imagerie médicale. Il s'agit de l'étude n°259.

Les CBCT ont été collectés à partir de la base de données de l'Unité Fonctionnelle de Radiologie 0917 (Pr Thomas Colard) du service d'Odontologie du CHU de Lille (Dr Laurent Nawrocki). Cette étude rétrospective a été menée sur la base de CBCT réalisés par les manipulatrices en radiologie du service d'odontologie du CHU de Lille. Ces dernières appliquent un même protocole validé par le constructeur du CBCT pour le positionnement de chaque patient.

Les acquisitions ont été réalisées avec le Cone-Beam VATECH PHT-65LHS (14), dont les paramètres d'exposition ont été sélectionnés en fonction de chaque patient et des indications pour lesquelles le CBCT était réalisé. La taille du champ des examens dépendait donc de l'indication et de la justification de l'examen. Les acquisitions ont eu lieu entre le 1<sup>er</sup> janvier 2023 et le 8 juillet 2024.

#### **3.2. Critères d'inclusion et d'exclusion**

130 CBCT ont été récupérés en vue de cette étude (Figure 9).

Une sélection des CBCT a été opérée dans un premier temps afin d'obtenir des radiographies exploitables, c'est-à-dire présentant un ou deux condyles entièrement visualisables en fonction du champ.

Sur les 130 CBCT récupérés, 78 CBCT présentaient au moins un condyle complet. Sur ces 78 CBCT, 68 condyles gauches ainsi que 32 condyles droits étaient entièrement visualisables.

Il a été décidé pour cette étude de ne garder que les condyles gauches.

Les critères d'inclusion étaient donc les suivants :

- Visualisation complète du condyle gauche,
- Patients âgés de plus de 18 ans.

Les critères d'exclusion étaient :

- Absence de visualisation complète du condyle gauche,
- Patients mineurs,
- Condyles aux morphologies atypiques en lien avec un traumatisme maxillo-facial, une pathologie dégénérative ou tumorale.

Sur les 68 condyles gauches, 8 condyles ont ainsi été exclus de l'étude :

- 4 condyles gauches appartenant à des patients de moins de 18 ans
- 4 condyles gauches étaient inexploitables

En tenant compte de ces critères, 60 condyles gauches ont été analysés (Figure 9).

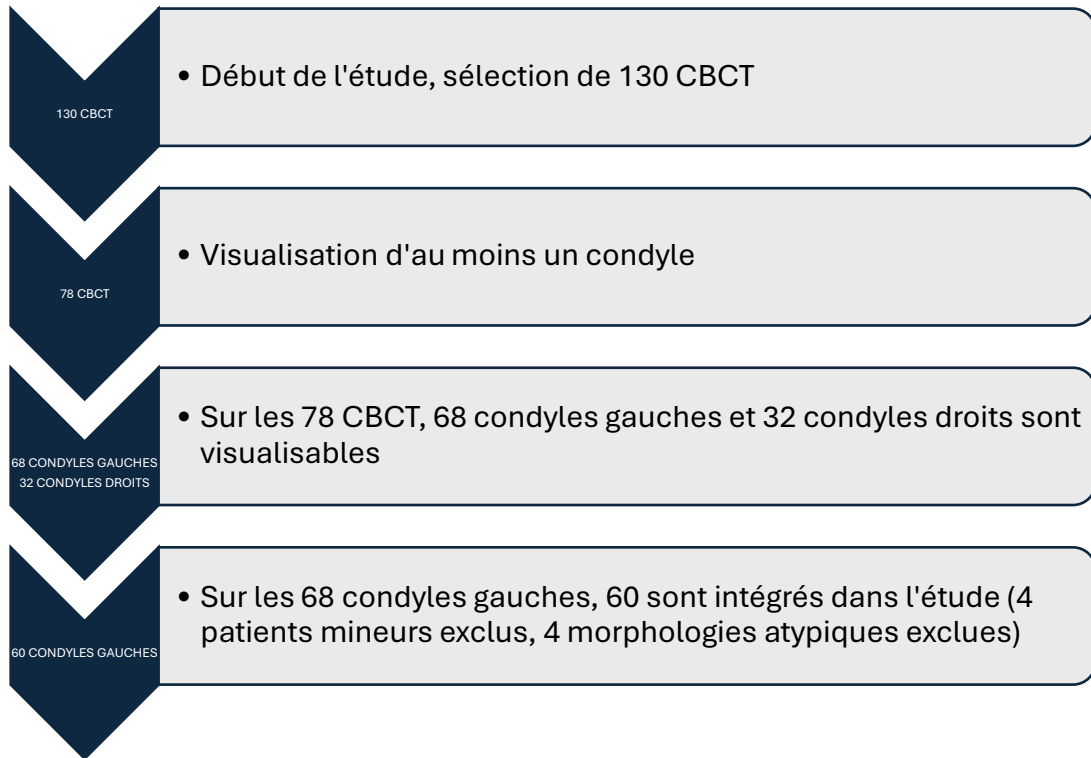


Figure 9 : Schéma du processus de sélection des condyles (figure personnelle)

### 3.3. Sécurité des données

Les recommandations de la CNIL étaient les suivantes :

« Afin de garantir la sécurité des traitements mis en œuvre lors de votre recherche, la CNIL recommande de suivre quelques précautions élémentaires sur le traitement des données personnelles des patients et la RGPD [Règlement Général sur la Protection des Données] qui encadre le traitement des données personnelles sur le territoire de l'Union Européenne. » (15)

Pour respecter les recommandations, une anonymisation de chaque patient a été opérée grâce à un numéro standard. Tous les CBCT et leurs fichiers .STL de segmentation associés ont été nommés avec ce dernier.

L'ensemble des données personnelles des patients (nom, prénom, âge, sexe, condyle étudié et numéro d'anonymat) a été groupé dans un fichier Excel protégé par un mot de passe dédié.

### 3.4. Procédure d'analyse

#### 3.4.1. Traitement des données

Toutes les étapes (figure 10) de la récupération des CBCT au traitement statistique des données ont été réalisées sur le logiciel 3DSlicer version 5.6.1. (16).

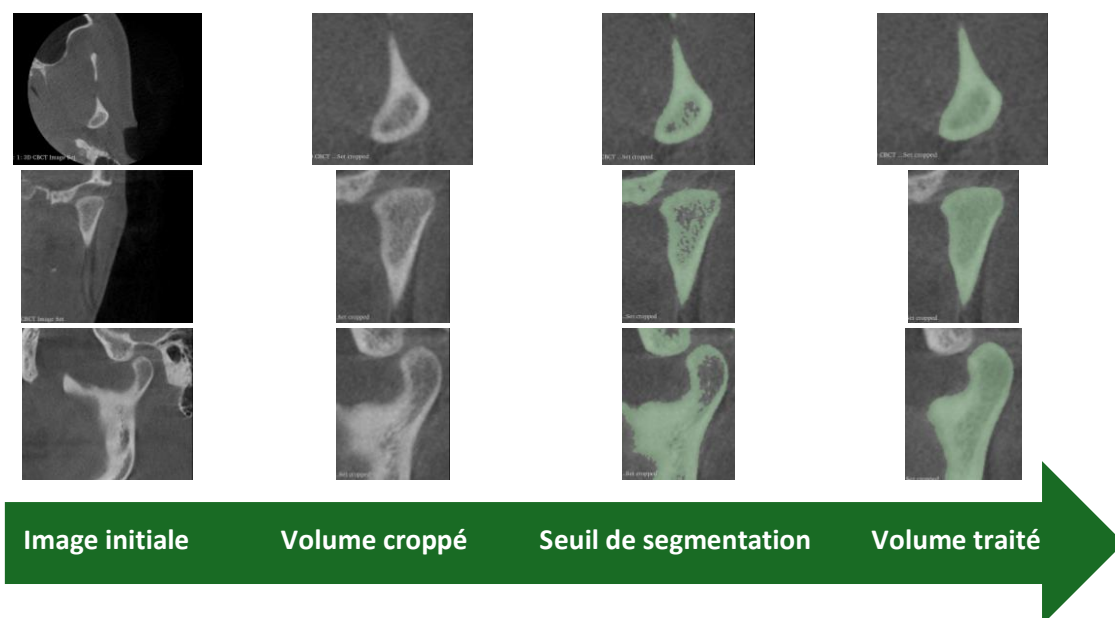


Figure 10 : frise résumant le processus de traitement de l'image du condyle dans les plans transversal, frontal et sagittal (images personnelles)

La segmentation des condyles a pour but d'isoler la structure anatomique du condyle des structures avoisinantes.

Cette segmentation permet également de réduire le poids du fichier en passant d'un Fichier DICOM à un fichier STL. Une visualisation du résultat de cette segmentation est disponible en figure 11.

Les étapes de la méthodologie de segmentation mise en place avec le logiciel 3DScanner sont développées dans l'Annexe 1.

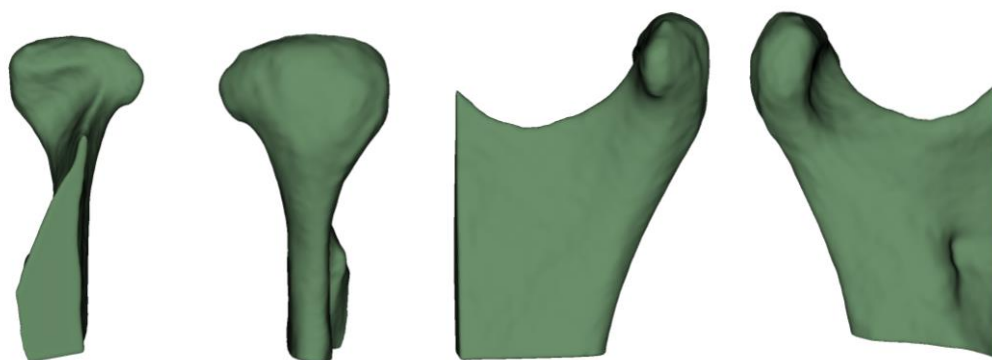


Figure 11 : Visualisation de la segmentation d'un condyle gauche en fichier .STL en vue antérieure, postérieure, latérale et médiale (images personnelles)

### 3.4.2. Positionnement des points de repère

La typologie des points de repère ("landmarks") en morphométrie appliquée est une méthode utilisée pour analyser les formes biologiques. Les auteurs examinent la classification des points de repère proposée par Bookstein dans les années 1990, qui divise ces points en trois types :

- **Type 1** : Points où trois structures se rejoignent (ex. intersections de sutures). Ils sont considérés comme les plus informatifs sur la variation de la forme.
- **Type 2** : Points basés sur des courbures maximales ou d'autres processus morphogénétiques locaux (ex. extrémités des os).
- **Type 3** : Points extrêmes ou situés aux extrémités d'une structure (ex. point le plus éloigné d'une certaine région). (17)

Pour cette étude il a été décidé d'utiliser des landmarks de type 2.

Onze landmarks ont été choisis sur des repères anatomiques précis dans les 3 plans de l'espace et de manière à ce que leur positionnement soit reproductible sur l'ensemble des condyles.

Les landmarks choisis étaient les suivants, représentés en figures 12 à 14 :

- Point A : Point le plus médial du condyle,
- Point B : Point le plus latéral du condyle,
- Point C : Point le plus supérieur du condyle,
- Point D : Point d'inflexion de la crête médiale du condyle,
- Point E : Point d'inflexion de la crête latérale du condyle,
- Point F : Point au fond de la concavité de la fossette ptérygoïdienne du condyle,
- Point G : Point de la naissance de la crête antérieure du condyle,
- Point H : Point le plus postérieur du condyle,
- Point I : Point le plus antérieur de la tête du condyle,
- Point J : Point le plus postérieur de la tête du condyle,
- Point K : Point le plus déclive de l'incisure mandibulaire.

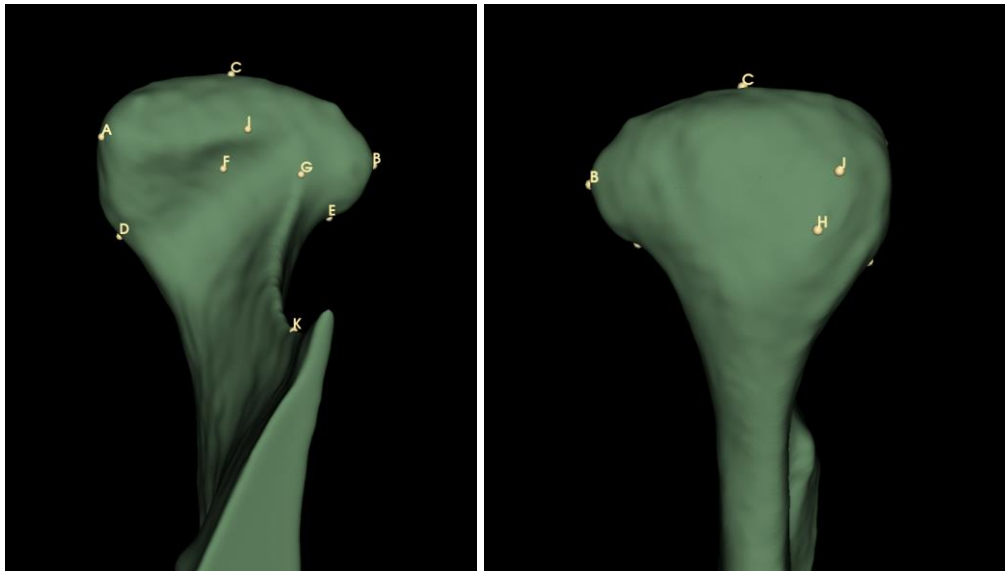


Figure 12 : Visualisation du positionnement des landmarks en vues antérieure et postérieure (images personnelles)

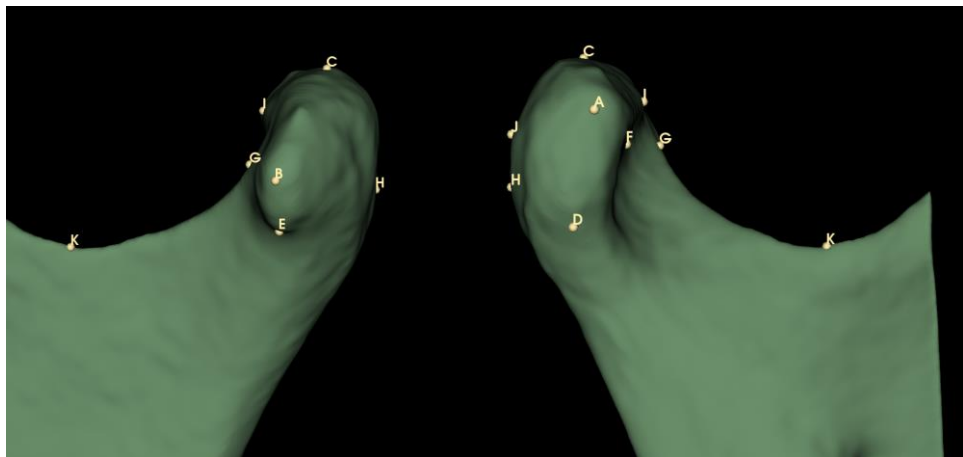


Figure 13 : Visualisation du positionnement des landmarks en vues latérale et médiale (images personnelles)

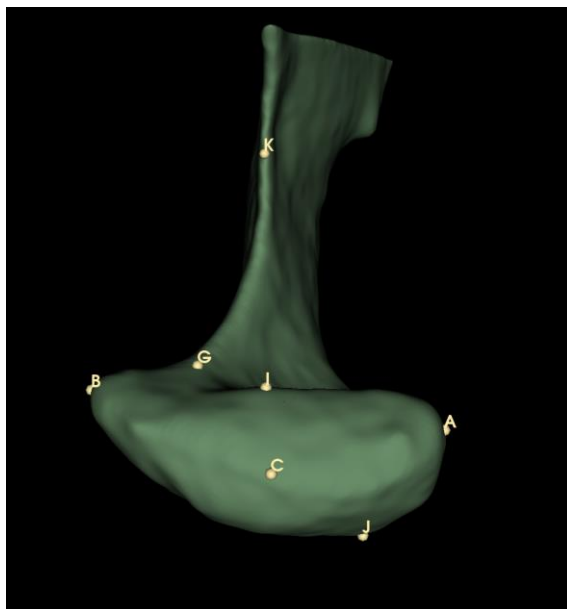


Figure 14 : Visualisation du positionnement des landmarks en vue supérieure (image personnelle)



### 3.4.3. Analyse en morphométrie géométrique

#### 3.4.3.1. *Définitions de la forme, de la taille, de la conformation et de la taille centroïde*

La morphométrie géométrique est un ensemble de méthodes d'acquisition de données morphologiques et de traitements mathématiques permettant l'étude des formes.

Le terme "forme" englobe à la fois la taille et la conformation (les proportions des différentes parties) de l'objet étudié. Ces notions de taille, conformation et forme sont présentes dans toutes les analyses morphométriques, et leur relation est exprimée par l'équation :

$$\text{« form = size + shape » (18)}$$

Littéralement en français : « forme = taille + conformation »

En morphométrie traditionnelle, il n'existe pas de définition unique de la taille. Elle peut être exprimée par divers paramètres (longueur, périmètre, racine carrée d'une aire, racine cubique d'un volume, etc.) spécifiques à chaque groupe et selon le type d'analyse. Toutefois, cette approche traditionnelle ne fournit qu'une représentation partielle des formes, car elle sous-estime leur aspect géométrique.

À l'inverse, la morphométrie géométrique privilégie l'utilisation de points repères homologues (landmarks) pour maximiser l'information biologique. Cependant, les structures biologiques présentent parfois peu, voire pas de points-repères. Dans ces cas, il est nécessaire comme dans notre étude d'utiliser des pseudos points-repères (semi-landmarks, landmarks de type 2), qui sont des points créés sur une courbe ou une surface (19).

La morphométrie géométrique décrit la forme d'un objet en utilisant les coordonnées des points mesurés, tandis que sa taille est déterminée de façon unique par la taille centroïde basée sur l'ensemble de ces points (landmarks).

Pour calculer cette taille, il faut d'abord déterminer le centre de gravité d'une forme à partir de ses points homologues (landmarks) et ensuite mesurer la distance entre chaque point et le centroïde. La taille géométrique, ou taille centroïde, est obtenue en prenant la racine carrée de la somme de ces distances au carré, comme expliqué par la figure 15. Les conformations résultent ensuite des coordonnées superposées, normalisées par cette taille individuelle, et contiennent toutes les informations géométriques après avoir éliminé les effets de localisation, d'échelle et d'orientation.

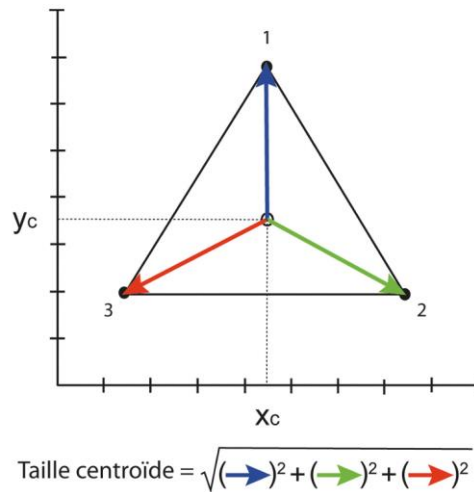


Figure 15 : Visualisation du concept de la taille centroïde calculée à partir des trois points repères d'un triangle équilatéral (19)

La conformation d'un objet reflète ainsi ses proportions propres, c'est-à-dire sa géométrie, indépendamment de sa taille, de sa position ou de son orientation (19).

### 3.4.3.2. La méthode de transformation procruste

Pour étudier la forme, la méthode de référence est la superposition procruste, qui permet de comparer les formes en éliminant les effets de taille, de position et d'orientation.

La méthode de transformation procruste des coordonnées des landmarks est une procédure itérative qui se déroule en trois étapes répétées représentées dans la figure 16 :

- translation des données par centrage sur une origine connue (centroïde),
- normalisation par la taille centroïde,
- rotation des objets par rapport à l'objet consensus pour minimiser la somme des carrés des écarts entre les points repères homologues.

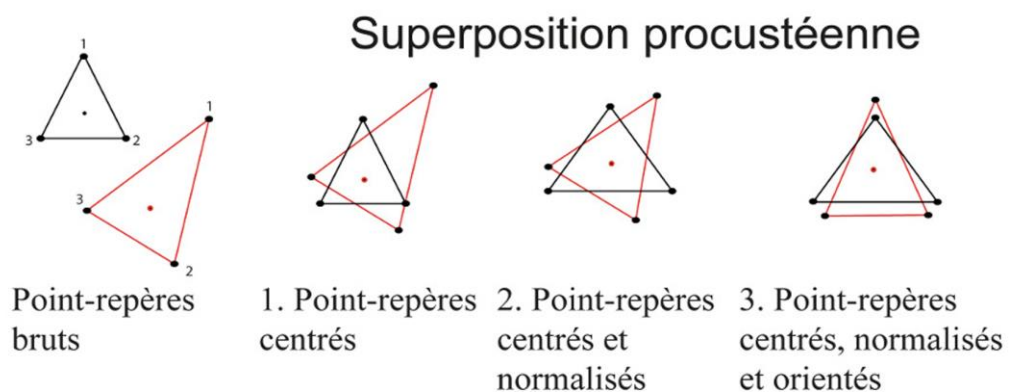


Figure 16 : Les trois étapes de la superposition procruste (ou procrustéenne) (19)

Les coordonnées résiduelles après superposition sont utilisées pour analyser les différences de conformation (20).

L'espace mathématique multidimensionnel créé pour la transformation et l'analyse procrustes est appelé « Shape space ».

Les coordonnées cartésiennes des points homologues, après avoir été centrées, mises à l'échelle et orientées grâce à la superposition procruste, sont appelées « coordonnées procrustes » (Procrustes shape coordinates).

La moyenne de ces coordonnées représente la conformation moyenne, appelée "consensus". Les distances entre deux configurations de coordonnées procrustes dans l'espace des conformations (Shape space) sont désignées sous le nom de distances procrustes et permettent d'évaluer la similarité entre deux ou plusieurs conformations.

Ces techniques aboutissent à des comparaisons de formes sans considération de taille et d'orientation. Les images construites sont alors des reflets directs des distances morphologiques entre les groupes étudiés (21).

#### *3.4.3.3. Analyses en composantes principales (ACP)*

Pour l'analyse des coordonnées procrustes et des tailles centroïdes, les analyses en composantes principales (ACP) ont été utilisées. Elles sont reconnues comme l'outil mathématique le plus adapté pour la morphométrie géométrique, en conservant au mieux la variation inter-individuelle tout en réduisant la dimensionnalité de l'ensemble de données interdépendantes (18).

Cette méthode est souvent utilisée pour réduire la taille de grands ensembles de données en transformant un grand nombre de variables en un plus petit ensemble qui conserve l'essentiel de l'information. Cela permet de diminuer le nombre de variables tout en préservant au maximum les informations, facilitant ainsi l'analyse des relations entre les variables (22).

Les étapes de la Méthodologie de l'analyse en morphométrie géométrique mise en place avec le logiciel 3DSclicer sont développées dans l'Annexe 3.

### 3.4.3.4. Tests statistiques

Afin d'étudier le dimorphisme sexuel et les variations morphologiques liées à l'âge, des tests de Mann Whitney et de permutation ont été effectués sur les coordonnées procrustes des différents groupes de sujets.

La figure 17 reprend la méthodologie complète de l'étude.

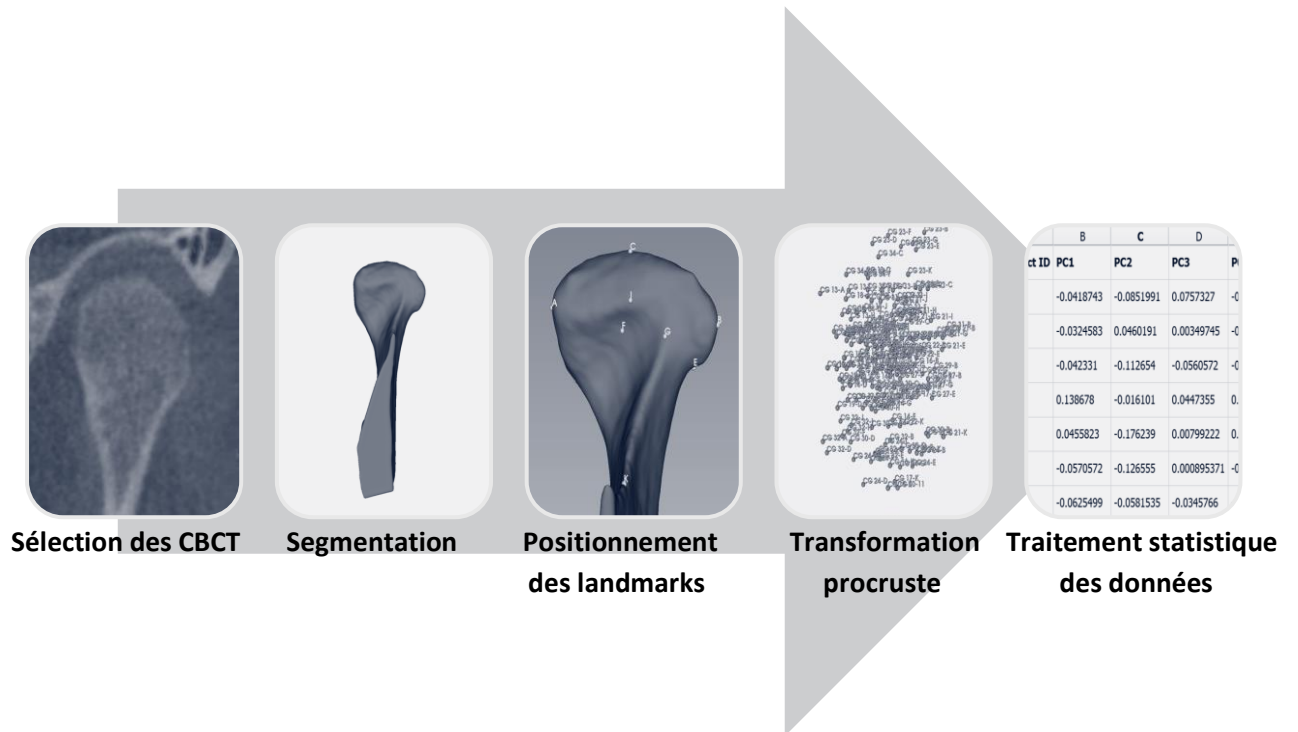


Figure 17 : Frise chronologique des différentes étapes de l'étude de la sélection des CBCT au traitement statistique des données (images personnelles)

## 4. Résultats

### 4.1. Données démographiques

Parmi les 60 condyles gauches utilisés dans l'étude, 45 appartenaient à des femmes, 15 à des hommes.

La moyenne d'âge de la population de l'étude est de 35,4 ans, avec un écart type de 18,1, une limite supérieure de 80 ans et inférieure à 18 ans.

### 4.2. Répartition des landmarks en fonction du condyle moyen

Le condyle moyen (Figures 18 à 20) correspond à la morphologie moyenne de l'ensemble des condyles analysés.

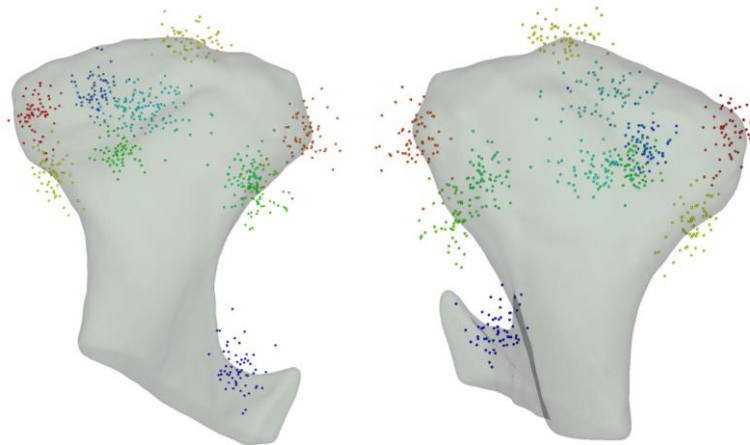


Figure 18 : Répartition en nuage de points des différents landmarks des condyles analysés superposés à la morphologie du condyle moyen en vues antérieure et postérieure (images personnelles)

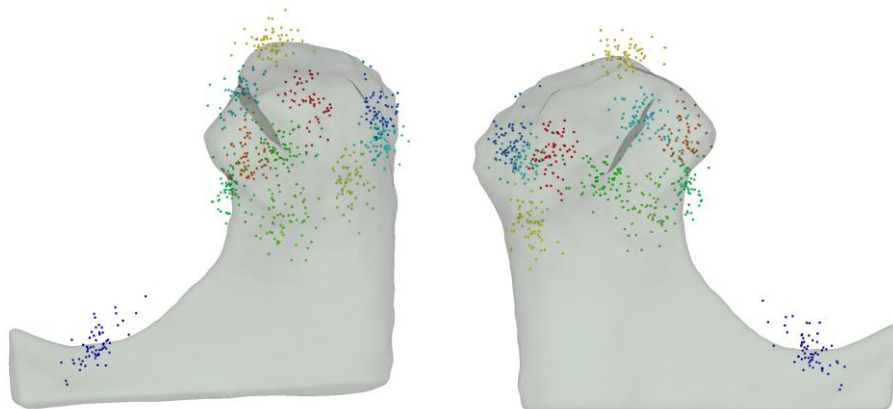


Figure 19 : Répartition en nuage de points des différents landmarks des condyles analysés superposés à la morphologie du condyle moyen en vues latérale et médiale (images personnelles)

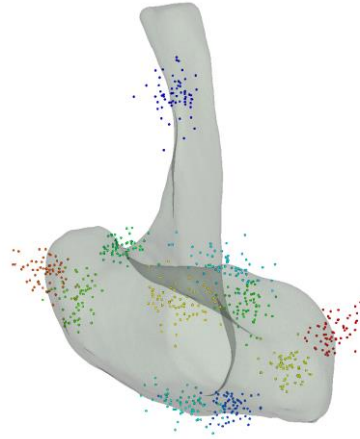


Figure 20 : Répartition en nuage de points des différents landmarks des condyles superposés à la morphologie du condyle moyen en vue supérieure (image personnelle)

### **4.3. Résultats de la répartition de la variabilité morphologique des condyles**

L'analyse en composantes principales des coordonnées procrustes a montré une grande variabilité phénotypique de la « géométrie » ou « forme » (au sens shape) du condyle. Ainsi, les dix premières composantes principales expliquaient plus de 80% de la variabilité totale (Tableau 1). La première composante principale, PC1, expliquait 15,5% de la variation, PC2 12,1%, PC3 10,8% et PC4 7,9%.

Les composantes principales n'ont pas d'unité.

Tableau 1 : Tableau de répartition des 10 premières composantes principales

PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10
15,5	12,1	10,8	7,9	7,8	6,8	6,1	5,4	4,4	3,4

Nous avons alors étudié de façon plus précise les 4 premières composantes principales qui expliquaient plus de 46% de la variation morphologique du condyle.

#### **4.3.1. PC1/PC2**

La figure 21 présente les résultats de PC1 sur PC2. PC1 (15,5%) représentait la variation de morphologie de la dimension médio-latérale du condyle et de son étirement antéro-postérieur. PC2 (12,1%) représentait plutôt la variation de la proéminence des protubérances médiale et latérale de la tête condylienne.

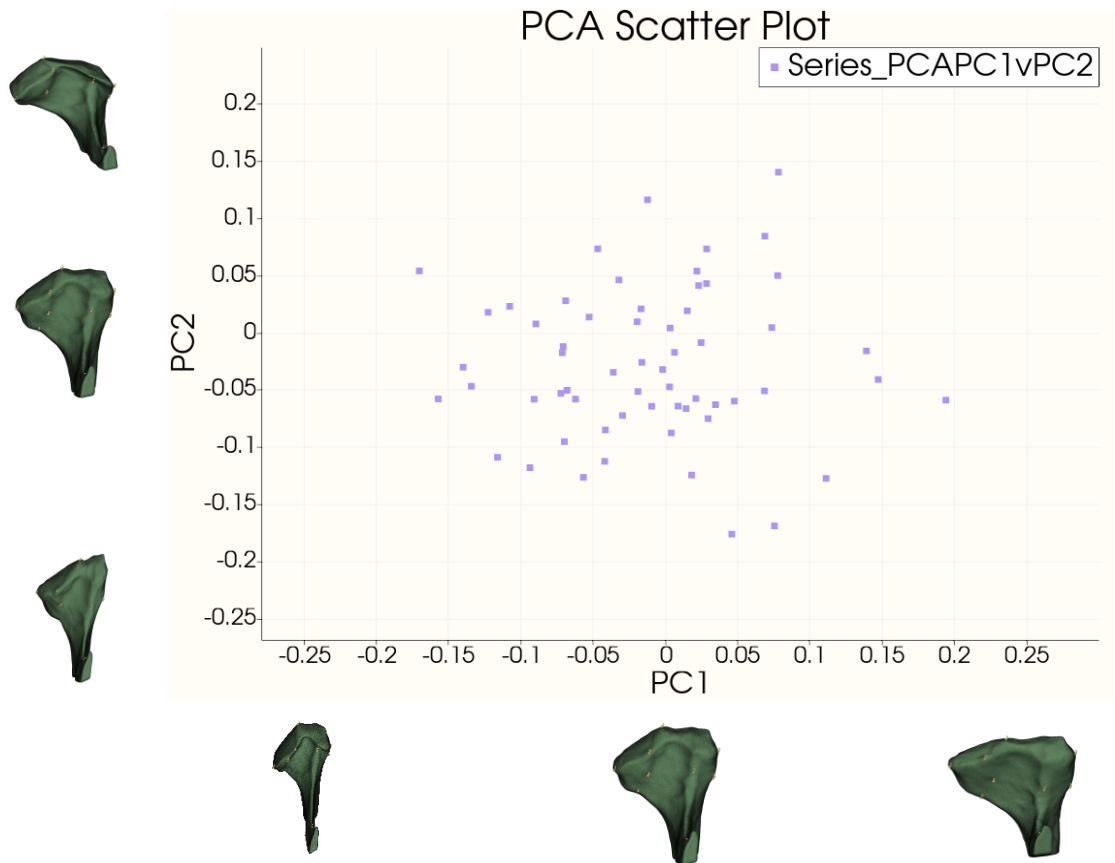


Figure 21 : Graphique en nuage de points de PC2 en fonction de PC1. Chaque point représente un condyle étudié. Les condyles moyen et extrêmes créés mathématiquement selon PC1 et PC2 sont représentés respectivement en abscisses et en ordonnées. (Images personnelles)

- Axe des abscisses : PC1 (composante principale 1)

Les changements morphologiques sur l'axe des abscisses PC1 montraient des changements de largeur médio-latérale et antéro-postérieure. Sur la valeur 0 se trouve le condyle consensus ou moyen. Les condyles associés aux valeurs positives présentaient une forme plus large dans le sens médio-latéral et diminuée dans le sens antéro-postérieur. Alors que les condyles associés aux valeurs négatives de l'abscisse PC1 étaient plus étroits et plus allongés dans le sens antéro-postérieur (Figure 21).

- Axe des ordonnées : PC2 (composante principale 2)

Les changements morphologiques sur l'axe des ordonnées PC2 montraient des changements de proéminence des protubérances médiale et latérale de la tête condylienne. Sur la valeur 0 se trouve le condyle consensus. Les condyles associés aux valeurs positives présentaient une protubérance médiale volumineuse. Les condyles associés aux valeurs négatives avaient quant à eux leur protubérance latérale plus massive (Figure 21).

- Répartition des condyles selon PC1/PC2

La figure 21 présente une répartition des condyles homogène. La concentration des condyles se trouvait aux alentours des coordonnées (0 ; -0,05), ce qui signifie que les condyles avaient tendance à avoir la protubérance latérale légèrement plus accentuée.

Par exemple le condyle qui a pour coordonnées (0,19 ; -0,06) avait comme anatomie un diamètre médio-latéral plus important que le condyle moyen, une dimension antéro-postérieure diminuée et une protubérance latérale légèrement plus proéminente que la protubérance médiale, comme le montre la figure 22 :



Figure 22 : Image du condyle se situant aux coordonnées PC1 ; PC2 (0,19 ; -0,06) (image personnelle)

A l'inverse le condyle, présenté en figure 23, situé aux coordonnées (-0,17 ; 0,06), avait comme anatomie une protubérance médiale légèrement plus accentuée que la protubérance latérale et un diamètre médio-latéral étroit.



Figure 23: Image du condyle se situant aux coordonnées PC1 ; PC2 (-0,17 ; 0,06) (image personnelle)

#### 4.3.2. PC3/PC4

La figure 24 nous présente les résultats de PC3 sur PC4. PC3 (10,8%) représentait la variation de morphologie de hauteur latérale de la tête du condyle. PC4 (7,9%) représentait plutôt la variation de sa hauteur médiale.



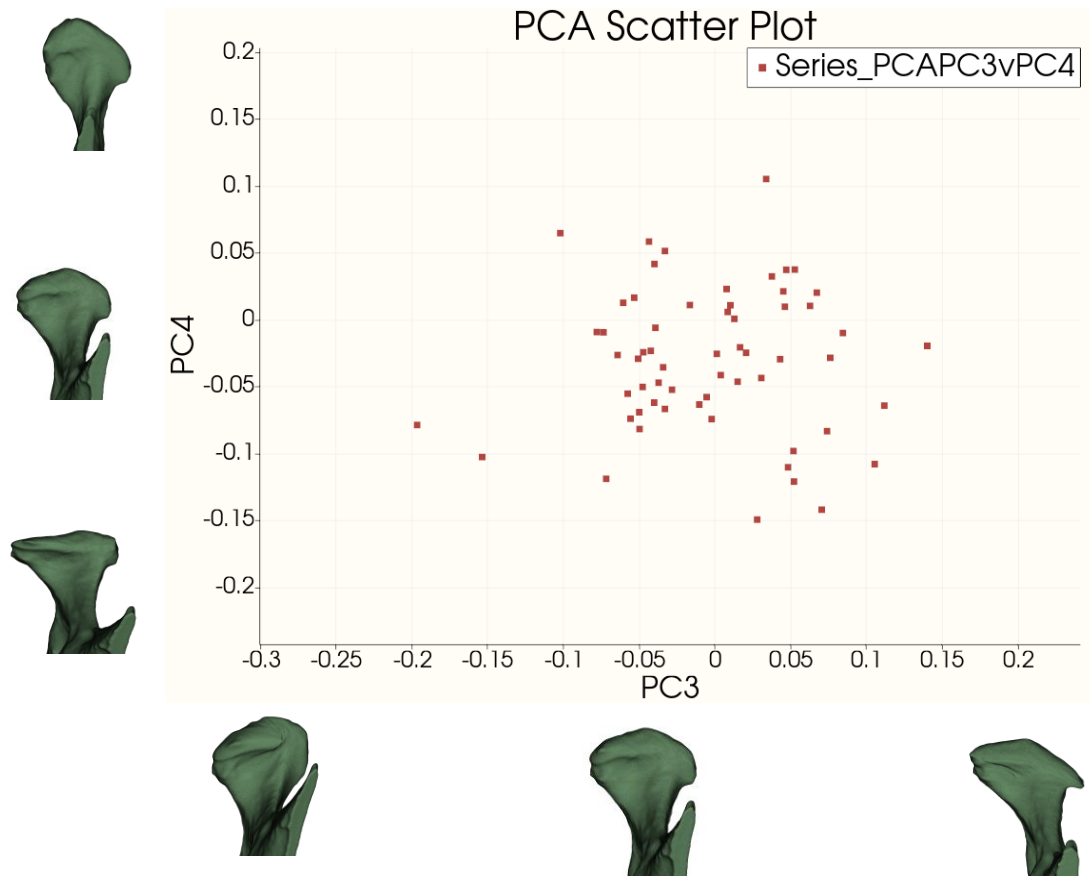


Figure 24 : Graphique en nuage de points de PC4 en fonction de PC3. Chaque point représente un condyle étudié. Les condyles moyen et extrêmes créés mathématiquement selon PC3 et PC4 sont représentés respectivement en abscisses et en ordonnées. (Images personnelles)

- Axe des abscisses : PC3 (composante principale 3)

Les changements morphologiques sur l'axe des abscisses PC3 montraient des changements de la hauteur latérale de la tête condylienne. Sur la valeur 0 se trouve le condyle consensus. Les condyles associés aux valeurs positives présentaient leur hauteur latérale diminuée. Alors que les condyles associés aux valeurs négatives de l'axe des abscisses PC3 avaient une hauteur latérale augmentée par rapport au consensus (Figure 24).

- Axe des ordonnées : PC4 (composante principale 4)

Les changements morphologiques sur l'axe des ordonnées PC4 montraient des changements de forme sur la partie médiale du condyle. Sur la valeur 0 se trouve le condyle consensus. Les condyles associés aux valeurs positives présentaient une forme plus ovale avec la hauteur médiale augmentée. Alors que les condyles associés aux valeurs négatives avaient une forme aplatie, leur hauteur médiale était diminuée (Figure 24).

- Répartition des condyles selon PC3/PC4

La figure 24 présente une concentration de la répartition des condyles autour des coordonnées (0 ; -0,05). Ce qui veut dire que les condyles avaient tendance à avoir leur hauteur médiale légèrement diminuée.

Un petit groupe de condyles était observé aux alentours des coordonnées (-0,05 ; -0,05), ces condyles avaient donc tendance à avoir une hauteur latérale plus importante que la hauteur médiale.

Par exemple, le condyle de la figure 25 situé aux coordonnées (-0,16 ; -0,11) possédait comme anatomie une hauteur latérale plus importante et une hauteur de la protubérance médiale réduite.



Figure 25 : Image du condyle se situant aux coordonnées PC3 ; PC4 (-0,16 ; -0,11) (image personnelle)

Le condyle de la figure 26 situé aux coordonnées (0,03 ; 0,11) possédait quant à lui une hauteur médiale de condyle augmentée par rapport à celle de la protubérance latérale.



Figure 26 : Image du condyle se situant aux coordonnées PC3 ; PC4 (0,03 ; 0,11) (image personnelle)

#### **4.4. Résultats des variations morphologiques selon le sexe**

##### **4.4.1. PC1/PC2**

Dans ce même graphique que celui proposé plus haut, les condyles des femmes sont représentés par des points rouges et ceux des hommes par des points verts de façon à étudier le dimorphisme sexuel.

L'observation du nuage de points de l'analyse PC1/PC2 avec le facteur sexe (Figure 27) a montré que les hommes sont plus regroupés sur l'axe des abscisses (PC1) que les femmes. En effet il n'y avait pas d'homme se situant sur l'axe des abscisses PC1 en-dessous de -0,03 ni au-dessus de 0.03.

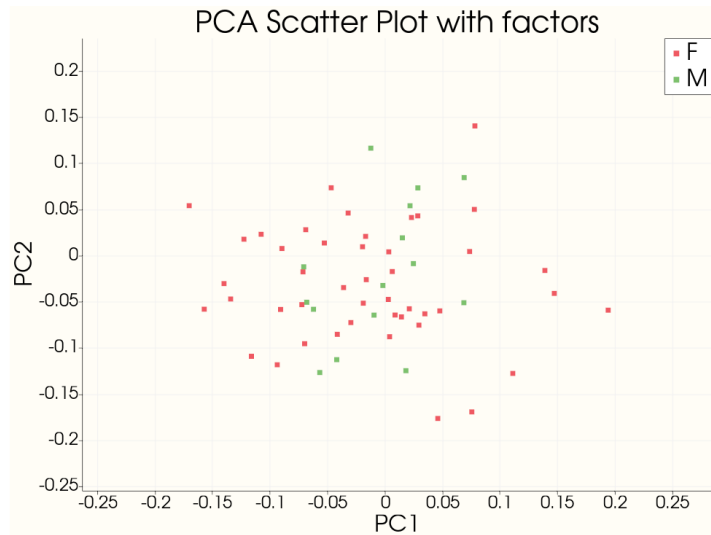


Figure 27 : Résultat sous forme de nuage de points de l'analyse de PC2 fonction de PC1 avec le facteur "Sexe" (Images personnelles)

Les tests statistiques n'ont cependant pas montré de différence significative entre la répartition des condyles des hommes et des femmes selon PC1 et PC2 ( $p < 0.05$ ).

#### 4.4.2. PC3/PC4

L'observation du nuage de points de l'analyse PC3/PC4 avec le facteur sexe (figure 28) a montré un groupe exclusivement féminin qui avait tendance à avoir une anatomie de la tubérosité latérale moins volumineuse que la tubérosité médiale (valeur PC4 au-dessus de 0.04).

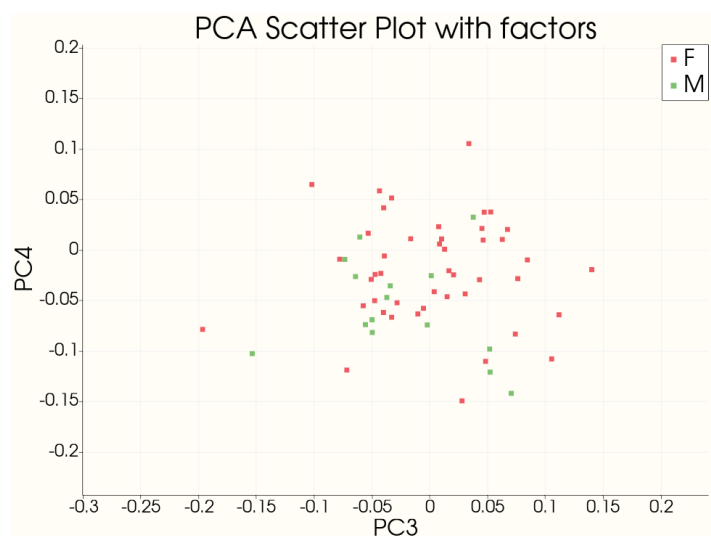


Figure 28 : Résultat sous forme de nuage de points de l'analyse de PC4 fonction de PC3 avec le facteur "Sexe" (Images personnelles)

Les tests statistiques n'ont cependant pas montré de différence significative entre la répartition des condyles des hommes et des femmes selon PC3 et PC4 ( $p < 0.05$ ).

## 4.5. Résultats des variations morphologiques selon l'âge

Afin de visualiser les possibles variations morphologiques du condyle selon l'âge des sujets, deux groupes d'âge ont été créés :

- Groupe 1 : 18-40 ans
- Groupe 2 : plus de 40 ans

### 4.5.1. PC1/PC2

Dans ce même graphique que celui proposé plus haut, le groupe 1 des 18-40 ans est représenté en bleu et le groupe 2 des plus de 40 ans en orange, de façon à étudier les variations liées à l'âge.

Comme le montre la figure 29, la répartition des condyles des deux groupes d'âge selon PC1 et PC2 était homogène.

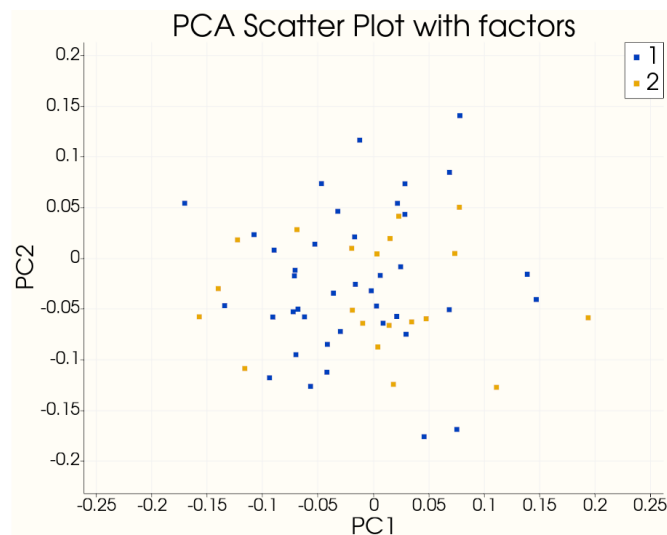


Figure 29 : Résultat sous forme de nuage de points de l'analyse de PC2 fonction de PC1 avec le facteur "âge" (Images personnelles)

Les tests statistiques n'ont pas montré de différence significative entre la répartition des condyles de sujets de moins de 40 ans et de ceux de plus de 40 ans selon PC1 et PC2 ( $p < 0.05$ ).

### 4.5.2. PC3/PC4

Comme le montre la figure 30, la répartition des condyles des deux groupes d'âge selon PC3 et PC4 était assez homogène.

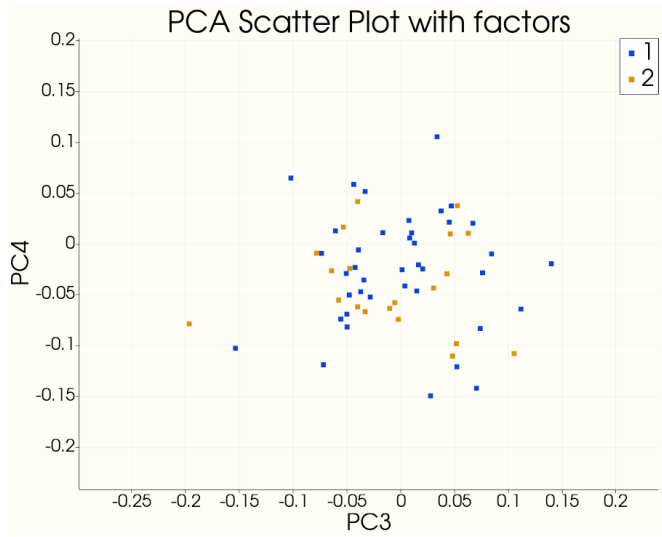


Figure 30 : Résultat sous forme de nuage de points de l'analyse de PC4 fonction de PC3 avec le facteur "âge"  
(Images personnelles)

Les tests statistiques n'ont pas montré de différence significative entre la répartition des condyles de sujets de moins de 40 ans et de ceux de plus de 40 ans selon PC3 et PC4 ( $p < 0.05$ ).

## 5. Discussion

### 5.1. Intérêts de l'utilisation de la morphométrie géométrique, comparaisons avec les études antérieures

L'examen radiologique des structures de l'ATM est un outil important pour diagnostiquer et évaluer le degré des anomalies et des changements adaptatifs qui affectent l'ATM. Le CBCT a été évalué comme un outil précieux pour obtenir une précision diagnostique dans les pathologies dentaires et maxillo-faciales en dentisterie (8).

La segmentation employée dans cette étude permet d'isoler le condyle des structures environnantes, afin de conserver uniquement l'objet d'intérêt dans un fichier allégé. Cette méthode de segmentation est validée par une étude sur le protocole pour le suivi du remodelage osseux mandibulaire (23). D'autres études utilisent également ce procédé de segmentation (10) (9).

Les principales études du condyle par CBCT comparent les tailles entre sexe ou âge. Notre étude se distingue par la non prise en considération de la taille mais par l'étude de la forme.

Certains auteurs ont montré que les images radiographiques au CBCT minimisent la taille réelle du condyle. Les mesures physiques après dissection se révèlent être plus grandes que les mesures basées sur le CBCT. La résolution des pixels et du contraste entre les types de tissus expliqueraient ces différences (24). Bien qu'une autre étude conclue sur la précisions des mesures au CBCT, sans qu'il n'y ait de différence avec les mesures physiques (8). Cependant, la morphométrie géométrique utilisée dans cette étude, grâce aux points de repère (landmarks), permet de limiter voire d'écarter ce biais, contrairement aux autres études.

Les landmarks choisis dans les études ne sont pas toujours mentionnés. Le tableau 2 résume les études mentionnant leurs méthodes d'étude de la morphologie du condyle:

Tableau 2 : Synthèse des paramètres étudiés des études analysées

Paramètres	Etudes
3 points de référence extra-condyliques Diamètre maximal médio-latéral Diamètre antéro-postérieur perpendiculaire au diamètre médio-latéral	Agudelo et al. 2021 (6)
Diamètre médio-latéral maximal en vue frontale Diamètre antéro-postérieur maximal en vue latérale	Alam et al. 2020 (12)
Diamètre médio-latéral maximal Hauteur du condyle : ligne s'étendant du point supérieur du condyle à une tangente au niveau de l'incisure mandibulaire, parallèle au plan horizontal de Francfort. Diamètre antéro-postérieur maximal	Serindere et al. 2020 (13)
Diamètre médio-latéral maximal Diamètre antéro-postérieur maximal Hauteur du condyle : distance entre le toit de la fossette ptérygoïdienne et le sommet du condyle Longueur médiale : distance entre la paroi de la fossette ptérygoïdienne et le pôle médial du condyle Longueur distale : distance entre la paroi de la fossette ptérygoïdienne et le pôle distal du condyle.	Coombs et al. 2018 (24)
3 Landmarks Point supérieur, le plus latéral et inférieur	Tecco et al. 2010 (10)

Ces études utilisent pour la grande majorité les mesures des diamètres maximaux dans chaque plan de l'espace. À ce jour et à notre connaissance seule une étude (10) semble avoir utilisé des landmarks pour analyser la morphologie du condyle.

Aucune étude de la morphologie des condyles n'a procédé de la même façon que cette étude, c'est-à-dire en disposant autant de landmarks de type 2 manuellement sur le condyle. Seule l'utilisation de landmarks permet de faire de la morphométrie géométrique et donc de s'affranchir de la taille pour étudier la structure.

Deux études (Tecco et al. 2010 (10), Yalcin et Ararat 2019 (7)) ont analysé la forme du condyle en ne prenant pas en compte la taille, celles-ci n'ont cependant pas utilisé la morphométrie géométrique pour analyser cette forme.

Les changements morphologiques mis en évidence dans notre étude montrent que les variations entre les condyles sont essentiellement :

- la dimension médio-latérale du condyle
- l'étirement antéro-postérieur du condyle
- les protubérances médiale et latérale du condyle
- la hauteur médiale et latérale du condyle

Ces variations morphologiques expliquent plus de 46,3% de la variabilité morphologique globale.

Après analyse statistique, il a été montré qu'il n'y a pas de différence significative de la morphologie du condyle entre les groupes. Le sexe n'est pas un indicateur fiable pour étudier la morphologie du condyle sans le facteur taille.

L'étude de Alam et al. 2020 (12) montre que la précision de la prédiction du genre à l'aide de la morphométrie du condyle est de 57,2 % pour les hommes et de 53,3 % pour les femmes. L'étude conclue que le taux de prédiction du genre est presque identique pour les hommes et les femmes, notamment, l'utilisation de la morphologie du condyle pour prédire le sexe offrirait une probabilité proche d'une sur deux.

Une autre étude (10) a étudié la forme avec un indice MI (Morphological Index) correspondant au rapport entre le volume et la surface du condyle mandibulaire. Elle montre que la différence entre les femmes et les hommes est de 0,018, ce qui correspond à environ 1 % de l'IM moyen dans l'ensemble de l'échantillon. Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les hommes et les femmes en ce qui concerne les valeurs de l'IM. Ces données confirment que le dimorphisme sexuel concerne principalement le volume condylien, plutôt que la surface condylienne ou l'indice morphologique. Cette étude a cependant été réalisée spécifiquement chez des sujets présentant des malocclusions.

Une étude (7), ne montre aucune différence significative entre le sexe et la forme du condyle gauche. En revanche il y a une différence significative entre la forme du condyle et le sexe du côté droit.

Les variations en fonction de l'âge montrent qu'il est difficile de déterminer que l'âge a un impact sur la morphologie du condyle sans le facteur taille contrairement à une étude (7). Cette étude montre une différence significative entre la morphologie du condyle et les groupes d'âge ( $P < 0,05$ ). La forme angulaire du condyle est plus courante entre 30 et 59 ans (20,0 %) comparée aux 18-29 ans (7,0 %) et aux plus de 60 ans (7,3 %). La forme ronde du condyle a été moins observée chez les personnes de plus de 60 ans

## **5.2. Implications cliniques**

La morphologie du condyle a fait l'objet de quelques études. Cependant, sa définition reste incomplète. Le condyle est au cœur de l'articulation temporo-mandibulaire qui est essentielle pour le chirurgien-dentiste non seulement dans les réhabilitations prothétiques, mais également lors de la gestion des douleurs liées à un dysfonctionnement temporo-mandibulaire.

Le condyle mandibulaire présente des variations dans son apparence, pouvant résulter de subtiles différences qui surviennent naturellement au cours du développement ou d'un remodelage adaptatif du condyle pour s'ajuster aux changements développementaux, aux traumatismes, aux malocclusions, aux anomalies de développement. L'apparence du condyle mandibulaire peut varier considérablement d'un individu à l'autre et entre différents groupes d'âge. Ainsi, pour différencier une variante normale



d'un condyle anormal, il est essentiel d'avoir une connaissance approfondie de sa structure, de son anatomie et de sa morphologie (12).

### **5.3. Limites de cette étude et perspectives**

Cette étude est cependant limitée par plusieurs facteurs.

#### **5.3.1. Utilisation du CBCT, segmentation**

L'analyse volumétrique 3D est dépendante de la finesse de la segmentation, qui ne suit pas un protocole identique d'une étude à l'autre, tout comme le positionnement des landmarks qui est réalisé manuellement sur la base de critères visuels et dans notre étude par seul opérateur.

L'analyse volumétrique 3D dépend de la pertinence de la segmentation : Le protocole de segmentation : utilisation de « smoothing » peut augmenter les effets du rétrécissement par rapport à leurs dimensions physiques naturelles pendant les processus de lissage (24).

#### **5.3.2. Population étudiée**

Un autre facteur limitant de cette étude est la taille de l'échantillon considéré. L'augmentation du nombre de condyles étudiés permettrait de consolider les résultats, notamment en ce qui concerne les condyles d'hommes. Une étude statistique d'un plus grand nombre de condyles pourrait permettre d'étayer les conclusions de cette étude.

Cette étude repose sur l'analyse de 60 CBCT. Les études portant sur la morphologie du condyle incluent généralement un plus grand nombre de CBCT (tableau 3), et celle qui se rapproche le plus de la nôtre en compte 72 (6).

*Tableau 3 : Comparaison des échantillons de différentes études portant sur l'analyse morphologique du condyle*

<b>Etudes</b>	<b>Nombre de CBCT</b>	<b>Hommes</b>	<b>Femmes</b>
<b>Notre étude 2024</b>	60	15	45
<b>Agudelo et al. 2021 (6)</b>	72	NC	NC
<b>Serindere et al. 2020 (13)</b>	125	59	66
<b>Shetty et al. 2022 (9)</b>	150	95	56
<b>Tecco et al. 2010 (10)</b>	150	74	76
<b>Safi et al. 2017 (11)</b>	350	251	99
<b>Alam et al. 2020 (12)</b>	800	395	405
<b>Yalcin et Ararat 2019 (7)</b>	910	452	458

L'étude des condyles gauches uniquement ne permet pas d'étude d'asymétrie de la forme du condyle. D'autres études ont étudié les variations de taille entre les condyles gauche et droit (12) (9) (10) (6) (11). Cependant une étude n'a montré aucune différence significative entre les dimensions du condyle droit et du gauche (13). Une étude se basant sur notre méthodologie serait intéressante à mener pour étudier la variation de la forme sans le facteur taille entre les condyles gauches et droits.

Cette étude n'a pas pris en compte d'éléments dentaires ou de taille de mandibule des sujets étudiés, contrairement à d'autres études qui étudient les variations de volume du condyle en fonction de l'édentement des sujets (9) ou de la taille de la mandibule (12).

L'exclusion des condyles pathologiques (comme les études mentionnées dans l'annexe 4) a pour but de déterminer la morphologie « normale » du condyle, afin de pouvoir, par la suite, comparer d'autres condyles à un modèle de référence consensuel et ainsi évaluer s'ils présentent des caractéristiques pathologiques.

## 6. Conclusion

Cette étude a introduit de nouvelles approches méthodologiques pour analyser la morphologie du condyle mandibulaire, notamment en neutralisant l'influence de la taille grâce à l'utilisation de la morphométrie géométrique, qui permet une analyse précise des formes indépendamment des dimensions. Pour ce faire, 11 points de repère (landmarks) ont été positionnés pour relever les variations de la morphologie du condyle.

L'objectif de cette recherche est d'explorer le dimorphisme sexuel ainsi que les variations morphologiques en fonction de l'âge. Après avoir effectué une analyse statistique approfondie, les résultats ont montré qu'il n'existe pas de différence significative de la morphologie du condyle entre les sexes ni selon l'âge. Cette absence de variation notable suggère que ces facteurs n'ont pas d'impact majeur sur la forme du condyle mandibulaire dans l'échantillon étudié. Cependant, cela n'exclut pas la possibilité de variations dans d'autres populations ou échantillons plus diversifiés.

Dans l'avenir, cette méthodologie pourrait être appliquée à un échantillon plus large et plus varié, comprenant un nombre équilibré de condyles droits et gauches, afin de renforcer les résultats obtenus. Une étude à plus grande échelle permettrait également d'explorer plus en profondeur les interactions potentielles entre la morphologie du condyle et d'autres facteurs, tels que des conditions pathologiques, des antécédents traumatiques ou des habitudes fonctionnelles, qui pourraient influencer la variabilité de cette structure anatomique. En consolidant ces résultats avec des cohortes plus vastes et diversifiées, il serait possible de mieux comprendre les mécanismes sous-jacents aux changements morphologiques du condyle mandibulaire et de contribuer à des diagnostics et des plans de traitement dans les pratiques cliniques liées à l'articulation temporo-mandibulaire.

En somme, cette étude pose les bases pour des recherches futures, avec des applications potentielles pour l'orthodontie, la chirurgie maxillo-faciale et l'occlusodontie, en ouvrant la voie à une meilleure compréhension des variations morphologiques du condyle et de leur impact clinique.

## 7. BIBLIOGRAPHIE :

1. Dillenseger JP. Tête et cou. In: Atlas D'anatomie Generale et Radiologique [Internet]. Elsevier; 2019 [cité 22 sept 2024]. p. 219-304. Disponible sur: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B978229476380900006X>
2. Bellaiche N. Guide pratique du cone beam en imagerie dento-maxillaire. 2e éd. Malakoff: Éditions CdP; 2023.
3. Schmittbuhl M, Turgeon D, Matenine D, Matern JF. Principes de l'imagerie cone beam CT. *Journal d'imagerie diagnostique et interventionnelle*. 2019;2(6):294-9.
4. Gaudy JF. Anatomie clinique. Rueil-Malmaison: Éd. CdP; 2003. (Collection JPIO).
5. Bescond G, Gales M, Glineur R, Bonnechère B, Sholukha V, Louryan S, et al. Quantification of the relative orientation and position of the mandibular condyles. *Morphologie*. 2021;105(351):275-80.
6. Agudelo M, Ortiz M, Herrera A. Condylar morphometry in adults with sagittal intermaxillary relationship class I, II and III using Cone Beam Computed Tomography in a Colombian population. *Morphologie*. 2022;106(355):287-93.
7. Yalcin ED, Ararat E. Cone-Beam Computed Tomography Study of Mandibular Condylar Morphology. *Journal of Craniofacial Surgery*. 2019;30(8):2621-4.
8. Bayram M, Kayipmaz S, Sezgin ÖS, Küçük M. Volumetric analysis of the mandibular condyle using cone beam computed tomography. *European Journal of Radiology*. 2012;81(8):1812-6.
9. Shetty SR, Al-Bayatti S, AlKawas S, Talaat W, Narasimhan S, Gaballah K, et al. Analysis of the Volumetric Asymmetry of the Mandibular Condyles Using CBCT. *International Dental Journal*. 2022;72(6):797-804.
10. Tecco S, Saccucci M, Nucera R, Polimeni A, Pagnoni M, Cordasco G, et al. Condylar volume and surface in Caucasian young adult subjects. *BMC Med Imaging*. 2010;10:28.
11. Safi AF, Kauke M, Grandoch A, Nickenig HJ, Zöllner JE, Kreppel M. Volumetric Analysis of 700 Mandibular Condyles Based Upon Cone Beam Computed Tomography. *Journal of Craniofacial Surgery*. 2018;29(2):506-9.
12. Alam MK, Ganji KK, Munisekhar MS, Alanazi NS, Alsharif HN, Iqbal A, et al. A 3D cone beam computed tomography (CBCT) investigation of mandibular condyle morphometry: Gender determination, disparities, asymmetry assessment and relationship with mandibular size. *Saudi Dent J*. 2021;33(7):687-92.
13. Serindere G, Aktuna Belgin C, Serindere M. Volumetric and morphological analysis of condyle and glenoid fossa on computed tomography. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2020;277(9):2581-7.
14. Cone-Beam VATECH PHT-65LHS [dispositif médical]. Hwaseong, Corée du Sud : VATECH CO;

15. RGPD : de quoi parle-t-on ? [Internet]. [cité 22 juin 2024]. Disponible sur: <https://www.cnil.fr/fr/rgpd-de-quoi-parle-t-on>
16. 3D Slicer [logiciel]. Version 5.6.1. Boston, MA : The Slicer Community; 2024. Disponible sur : <https://www.slicer.org>.
17. Wärmländer SKTS, Garvin H, Guyomarc'h P, Petaros A, Sholts SB. Landmark Typology in Applied Morphometrics Studies: What's the Point? *The Anatomical Record*. 2019;302(7):1144-53.
18. Bookstein FL. *Morphometric Tools for Landmark Data: Geometry and Biology* [Internet]. 1<sup>re</sup> éd. Cambridge University Press; 1992 [cité 26 sept 2024]. Disponible sur: <https://www.cambridge.org/core/product/identifier/9780511573064/type/book>
19. Cucchi T, Baylac M, Evin A, Bignon-Lau O, Vigne JD. Morphométrie géométrique et archéozoologie : Concepts, méthodes et applications. In: Balasse M, Brugal JP, Dauthin Y, Geigl EM, Oberlin C, Reiche I, éditeurs. *Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire de Nice Côte d'Azur* [Internet]. Nice, France: Éditions des archives contemporaines; 2021 [cité 23 sept 2024]. p. 197-216. (Sciences Archéologiques). Disponible sur: <https://hal.science/hal-03851585>
20. Bignon O, Baylac M, Vigne JD, Eisenmann V. Geometric morphometrics and the population diversity of Late Glacial horses in Western Europe (*Equus caballus arcelini*): phylogeographic and anthropological implications. *Journal of Archaeological Science*. 1 mars 2005;32(3):375-91.
21. Brunodavid F, Dommergues JL. OUTIL D'ANALYSE DE LA MORPHODIVERSITI DES ORGANISMES.
22. Applying principal component analysis (PCA) to the selection of forensic analysis methodologies - ScienceDirect [Internet]. [cité 1 oct 2024]. Disponible sur: [https://www-sciencedirect-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/science/article/pii/S1350630721007986?ref=pdf\\_download&fr=RR-2&rr=8cbd4a2c8fddb52](https://www-sciencedirect-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/science/article/pii/S1350630721007986?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=8cbd4a2c8fddb52)
23. Verhelst PJ, Shaheen E, de Faria Vasconcelos K, Van der Cruyssen F, Shujaat S, Coudyzer W, et al. Validation of a 3D CBCT-based protocol for the follow-up of mandibular condyle remodeling. *Dentomaxillofac Radiol*. 2020;49(3):20190364.
24. Coombs MC, Bonthius DJ, Nie X, Lecholop MK, Steed MB, Yao H. Effect of Measurement Technique on TMJ Mandibular Condyle and Articular Disc Morphometry: CBCT, MRI, and Physical Measurements. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2019;77(1):42-53.

## **8. ABREVIATIONS**

DTM : Dysfonction temporo-mandibulaire

ATM : Articulation temporo-mandibulaire

CBCT : Cone-Beam computed tomography (tomographie volumique à faisceau conique)

FOV : Field Of View

GPA : Analyse généralisée Procrustéenne

PCA : Analyse par Composante Principale

## 9. Table des figures

Figure 1 : Schéma d'une coupe sagittale de l'ATM gauche (1) .....	13
Figure 2 : Différents champs d'acquisition (FOV) du CBCT. Le volume 21x19 n'étant pas utilisé dans le milieu dentaire (3) .....	14
Figure 3 : Série de coupes de CBCT de condyles gauches dans le plan sagittal (images personnelles).....	15
Figure 4 : Série de coupes de CBCT de condyles gauches dans le plan frontal (images personnelles).....	15
Figure 5 : Série de coupes de CBCT de condyles gauches dans le plan transversal (images personnelles).....	15
Figure 6 : photo d'un condyle mandibulaire gauche en vue antérieure (image personnelle) ....	16
Figure 7 : Schéma des différentes formes du condyle mandibulaire pouvant être observées dans le plan sagittal (6) .....	16
Figure 8 : Schéma des différentes formes du condyle mandibulaire pouvant être observées dans le plan frontal (6) .....	17
Figure 9 : Schéma du processus de sélection des condyles (figure personnelle) .....	20
Figure 10 : frise résumant le processus de traitement de l'image du condyle dans les plans transversal, frontal et sagittal (images personnelles) .....	21
Figure 11 : Visualisation de la segmentation d'un condyle gauche en fichier .STL en vue antérieure, postérieure, latérale et médiale (images personnelles) .....	21
Figure 12 : Visualisation du positionnement des landmarks en vues antérieure et postérieure (images personnelles) .....	23
Figure 13 : Visualisation du positionnement des landmarks en vues latérale et médiale (images personnelles).....	23
Figure 14 : Visualisation du positionnement des landmarks en vue supérieure (image personnelle) .....	23
Figure 15 : Visualisation du concept de la taille centroïde calculée à partir des trois points repères d'un triangle équilatéral (19) .....	25
Figure 16 : Les trois étapes de la superposition procruste (ou procrustéenne) (19) .....	25
Figure 17 : Frise chronologique des différentes étapes de l'étude de la sélection des CBCT au traitement statistique des données (images personnelles) .....	27
Figure 18 : Répartition en nuage de points des différents landmarks des condyles analysés superposés à la morphologie du condyle moyen en vues antérieure et postérieure (images personnelles).....	28
Figure 19 : Répartition en nuage de points des différents landmarks des condyles analysés superposés à la morphologie du condyle moyen en vues latérale et médiale (images personnelles).....	28
Figure 20 : Répartition en nuage de points des différents landmarks des condyles superposés à la morphologie du condyle moyen en vue supérieure (image personnelle) .....	29
Figure 21 : Graphique en nuage de points de PC2 en fonction de PC1. Chaque point représente un condyle étudié. Les condyles moyen et extrêmes créés mathématiquement selon PC1 et PC2 sont représentés respectivement en abscisses et en ordonnées. (Images personnelles) ...	30
Figure 22 : Image du condyle se situant aux coordonnées PC1 ; PC2 (0,19 ; -0,06) (image personnelle) .....	31

Figure 23: Image du condyle se situant aux coordonnées PC1 ; PC2 (-0,17 ; 0,06) (image personnelle) .....	31
Figure 24 : Graphique en nuage de points de PC4 en fonction de PC3. Chaque point représente un condyle étudié. Les condyles moyen et extrêmes créés mathématiquement selon PC3 et PC4 sont représentés respectivement en abscisses et en ordonnées. (Images personnelles)...	32
Figure 25 : Image du condyle se situant aux coordonnées PC3 ; PC4 (-0,16 ; -0,11) (image personnelle) .....	33
Figure 26 : Image du condyle se situant aux coordonnées PC3 ; PC4 (0,03 ; 0,11) (image personnelle) .....	33
Figure 27 : Résultat sous forme de nuage de points de l'analyse de PC2 fonction de PC1 avec le facteur "Sexe" (Images personnelles) .....	34
Figure 28 : Résultat sous forme de nuage de points de l'analyse de PC4 fonction de PC3 avec le facteur "Sexe" (Images personnelles) .....	34
Figure 29 : Résultat sous forme de nuage de points de l'analyse de PC2 fonction de PC1 avec le facteur "âge" (Images personnelles) .....	35
Figure 30 : Résultat sous forme de nuage de points de l'analyse de PC4 fonction de PC3 avec le facteur "âge" (Images personnelles) .....	36

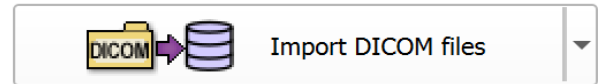
## 10. Table des tableaux

Tableau 1 : Tableau de répartition des 10 premières composantes principales .....	29
Tableau 2 : Synthèse des paramètres étudiés des études analysées .....	38
Tableau 3 : Comparaison des échantillons de différentes études portant sur l'analyse morphologique du condyle .....	40

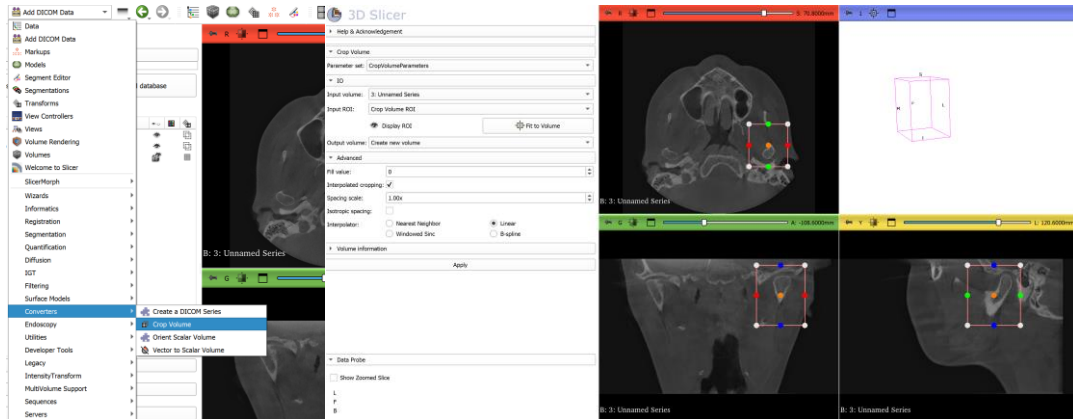


# Annexe 1 : Protocole de segmentation des condyles sur le logiciel 3DSLICER 5.6.1 (16)

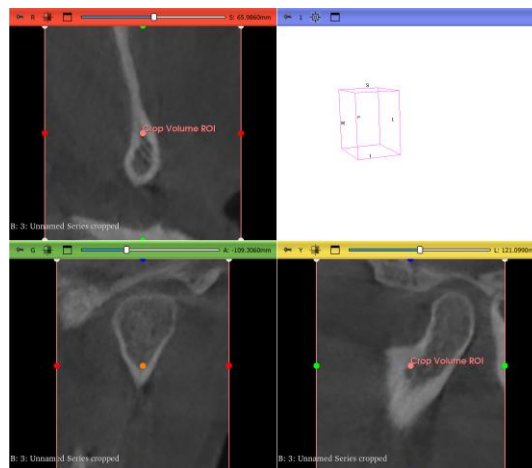
1. Importer le fichier DICOM sur le logiciel
2. Définir le volume à segmenter :



Utilisation des commandes **Converters - crop volume – délimiter le volume – Apply**



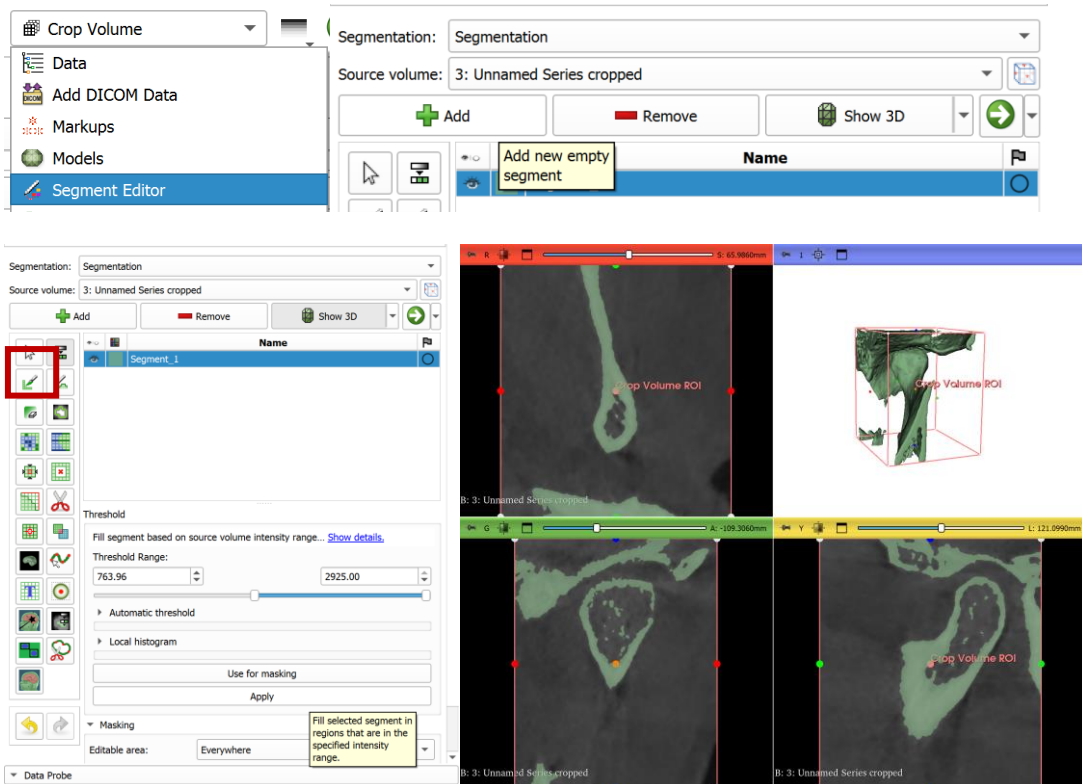
Visualisation du logiciel 3DSlicer avant application de la fonction "crop volume" (image personnelle)



Visualisation du logiciel 3DSlicer après application de la fonction "crop volume" (image personnelle)

3. Segmenter :

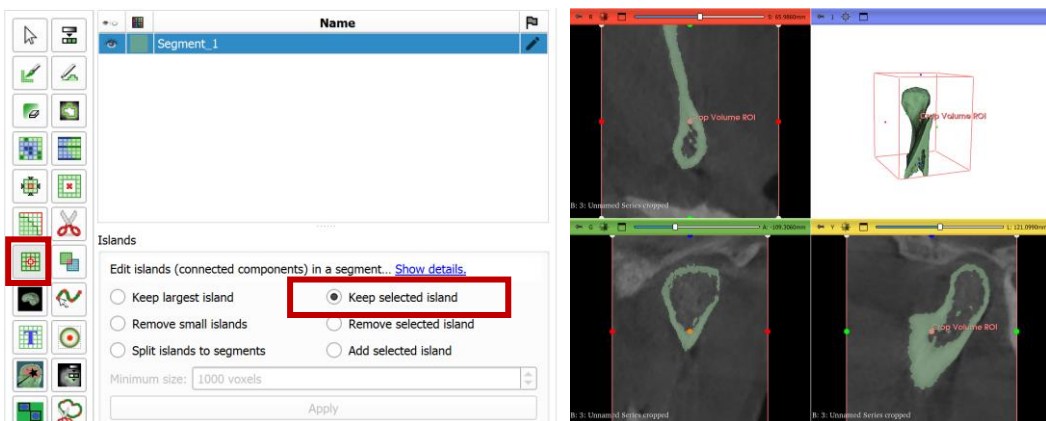
Utilisation des commandes **Segment editor – Add – threshold – Show 3D - Apply**



Visualisation du logiciel 3DSlicer après application de la fonction seuillage « threshold » (image personnelle)

4. Séparer la segmentation du condyle du reste des structures anatomiques :

Utilisation des commandes **Island – Keep selected island**, puis cliquer sur le condyle sur l'une des vues



Visualisation du logiciel 3DSlicer après sélection de la fonction "keep selected island" image personnelle

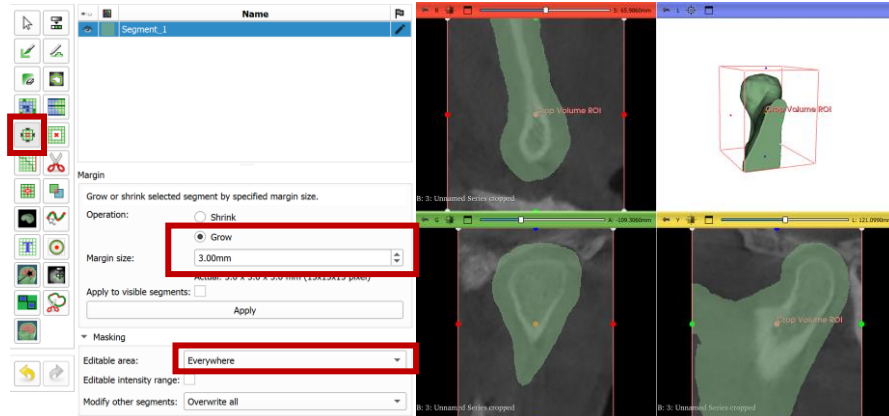
5. Éliminer les artefacts et améliorer l'aspect du condyle :

Utilisation des commandes **Keep largest island** (réglé sur 10 000 pixels) – **Apply**



## 6. Traitement de surface :

Utilisation des commandes **Margin – Grow everywhere (3.00mm) – Apply – Shrink outside all segments (3.00mm) - Apply**



Visualisation du logiciel 3DSlicer après sélection de la fonction « Margin grow everywhere » (image personnelle)



Visualisation du logiciel 3DSlicer après sélection de la fonction « Margin shrink Outside all segments » (image personnelle)

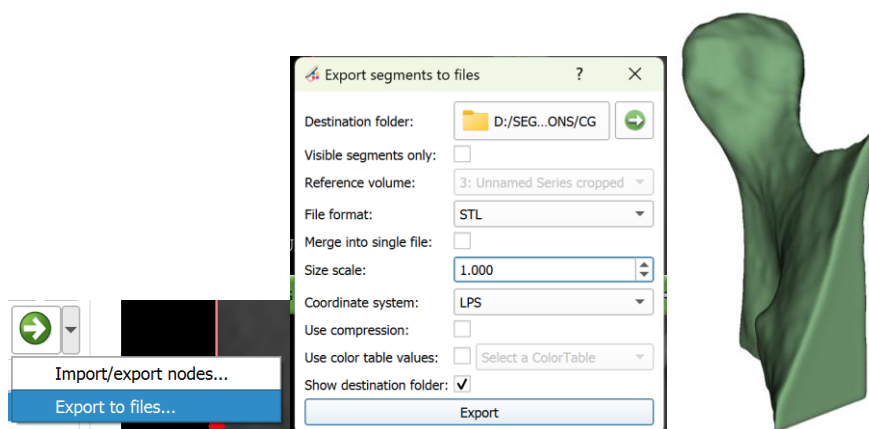
## 7. Lisser la surface du condyle :

Utilisation des commandes « **Smoothing 0.80 mm – Apply**



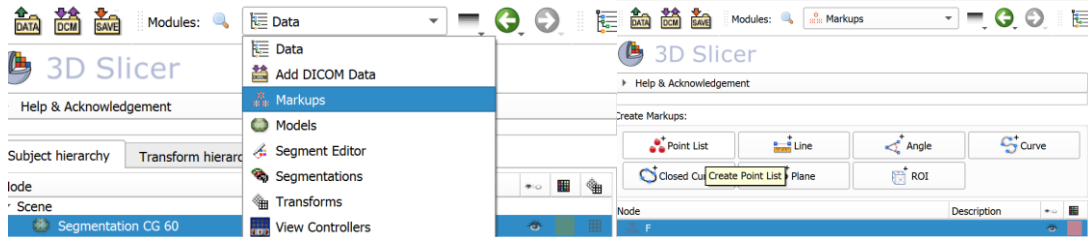
Visualisation du logiciel 3DSlicer après sélection de la fonction « Smoothing » (image personnelle)

## 8. Exportation du fichier STL

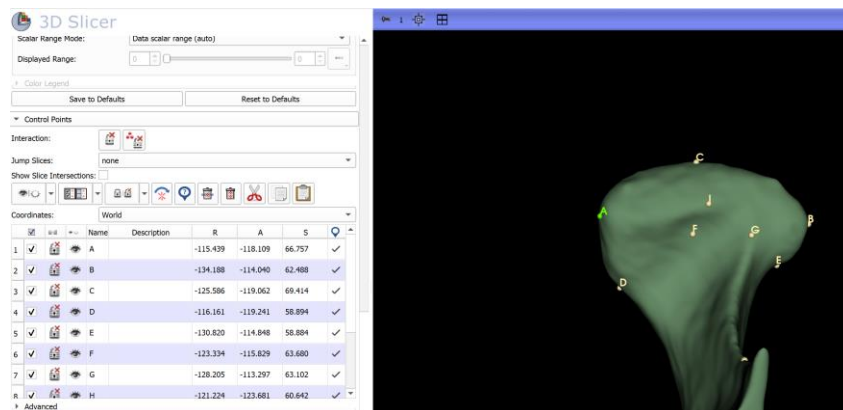


## Annexe 2 : Protocole de positionnement des Landmarks sur le logiciel 3DSLICER 5.6.1 :

1. Ouvrir le fichier de segmentation au format .STL
2. Utilisation des commandes « Markups » - « Point list »

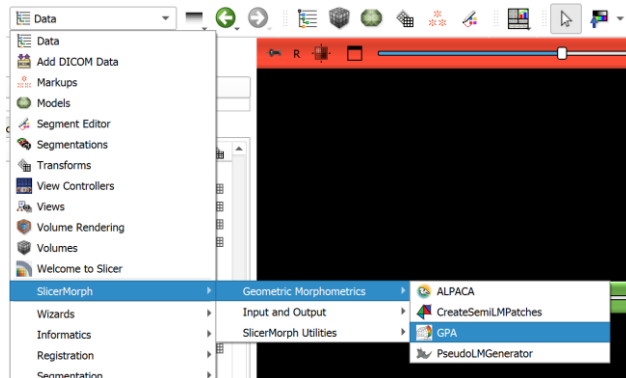


3. Positionner les landmarks : chaque point est positionné l'un après l'autre en suivant toujours le même ordre. Ils pourront ensuite être modifiés de forme, couleur et de nom directement dans le tableau du logiciel

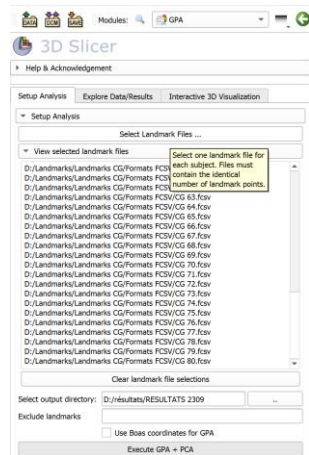


## Annexe 3 : Protocole de l'analyse en morphométrie géométrique sur le logiciel 3DSLICER 5.6.1

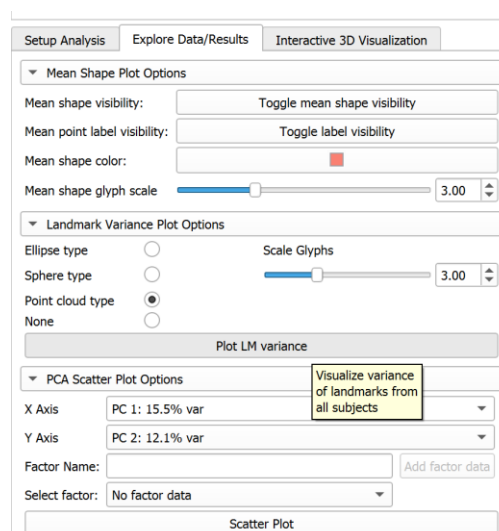
1. Utilisation des commandes « Slicer Morph » - « Geometric morphometrics » - « GPA »



2. Charger les fichiers des landmarks en format Mrk.JSON ou FCSV « Select landmark files »
3. Choisir un dossier dans lequel exporter les résultats « Select output directory »
4. Sélectionner « Execute GPA + PCA »

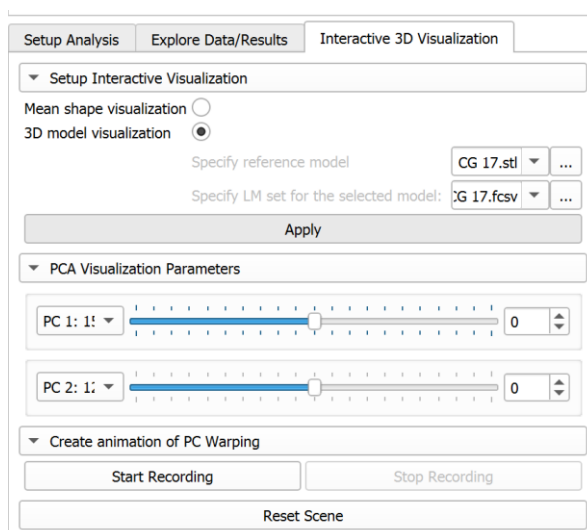


4. Sélectionner la rubrique « Explore Data/Results » - « Point cloud type » - « Plot LM variance » Choisir L'axe X et Y en sélectionnant « PC », sélectionner ou non un facteur rentré préalablement puis sélectionner « Scatter Plot »



5. Pour visualiser les condyles en 3D selon les variations des composantes principales sur l'axe des abscisses ou des ordonnées : « Interactive 3D Visualization » - « 3D Model

**Visualization »** - Sélectionner le fichier STL de la segmentation et le fichier FCSV des Landmarks du condyle à analyser puis « **Apply** ». Enfin faire varier les valeurs des composantes principales : sélectionner « **PCA Visualization Parameters** »



**ANNEXE 4 : Tableau des revues de la littérature traitant de l'analyse du condyle**

Titres	Auteurs Année	Population d'étude	Objectifs	Technique utilisée et paramètres étudiés	Conclusion
A 3D cone beam computed tomography (CBCT) investigation of mandibular condyle morphometry: Gender determination, disparities, asymmetry assessment and relationship with mandibular size	Alam et al 2020	800 CBCT : 395 hommes et 405 femmes de plus de 18 ans 38,2+/- 10,5ans	Analyser les différences de morphologie des condyles entre les sexes  Explorer les probabilités de détermination du sexe à partir de la morphologie du condyle  Evaluer l'asymétrie des condyles droit et gauche  Etudier la relation entre la morphologie des condyles et la taille mandibulaire	CBCT avec le logiciel OnDemand 3D software, exposition 2.4-6 avec FOV 7,5x10  Largeur antéro-postérieure du condyle du condyle droit et gauche  Largeur médio-latérale du condyle droit et gauche	La morphologie du condyle est un faible indicateur pour déterminer le sexe.  Les condyles droit et gauche sont asymétriques (largeur antéro-postérieure comme largeur médio-latérale) chez l'homme comme chez la femme.  La morphologie du condyle mandibulaire gauche varie en fonction de la taille de la mandibule.
Analysis of the Volumetric Asymmetry of the Mandibular Condyles Using CBCT	Shetty et al 2022	150 CBCT : 95 hommes et 55 femmes De plus de 20ans	Analyser les asymétries du volume des condyles droit et gauche en fonction de l'âge, du sexe et de l'édentement	CBCT analysis of variance (ANOVA) Segmentation : Vesalius 3D software (PS-Medtech)  Volume des condyles par un logiciel	Le volume du condyle droit est plus élevé que le gauche  Les volumes des condyles droit et gauche sont plus élevés chez les hommes que chez les femmes



		Données analysées : age, denté, édentement partiel ou total	Evaluer l'impact de l'âge et du sexe sur les volumes et l'asymétrie des condyles  Déterminer l'effet d'un édentement sur les volumes et l'asymétrie des condyles		Pas de différence significative sur l'asymétrie du volume entre les hommes et les femmes  L'asymétrie entre condyle droit et gauche augmente avec l'âge et le degré d'édentement  Le volume du condyle change quand le même côté est édenté : diminution volume côté édenté.  Les volumes des condyles inférieurs chez les sujets les plus âgés.
Volumetric analysis of the mandibular condyle using cone beam computed tomography	Bayram et al 2011	9 condyles Comparaison entre données physiques et CBCT	Déterminer la précision de l'analyse volumétrique du condyle en utilisant le CBCT	CBCT Kodak Dental Imaging Software version 6.11.7.0-B, Carestream Health Condyle isolé et reconstruit en 3DCavalieri principe	Précision des mesures CBCT, pas de différences entre les mesures physiques (immersion dans un volume d'eau du condyle) et radiologiques  Pas de différence statistiquement significative entre mesure physique et mesure CBCT du volume condylien
Condylar volume and surface in Caucasian young adult subjects	Tecco et al 2010	150 CBCT Age moyen 19.2 ans (15 à 29); 74 hommes and 76 femmes caucasiens	Déterminer le volume et la surface du condyle  Fournir une base de référence pour mieux comprendre la relation entre le volume du condyle, sa surface, et son indice morphométrique (IM), afin d'identifier les altérations de la forme des	CBCT Mimics™ 9.0 software (Materialise NV Technologielaan, Leuven, Belgium)	Le volume et la surface du condyle droit sont plus grands que ceux du condyle gauche  Le volume et la surface du condyle sont plus élevés chez les hommes que chez les femmes  Aucune différence significative n'est observée dans l'IM entre les sexes et les condyles droits et gauches : l'IM correspond au rapport entre le volume et la surface du condyle mandibulaire. Il permet d'évaluer la forme globale du condyle en

			condyles chez les patients avec malocclusions.  Examiner les différences liées au sexe ainsi qu'entre les condyles mandibulaires droits et gauches en termes de volume et de surface.		tenant compte à la fois de son volume total et de sa surface. Cet indice est utilisé pour analyser les proportions entre ces deux paramètres morphologiques et peut potentiellement révéler des altérations ou des asymétries dans la structure du condyle.
Condylar morphometry in adults with sagittal intermaxillary relationship class I, II and III using Cone Beam Computed Tomography in a Colombian population	Agudelo et al 2021	72 CBCT De 18 ans à 40 ans	Etablir la morphologie du condyle en fonction des relation intermaxillaires sagittales  Comparer les dimensions antéro-postérieure et médio-latérale en fonction du sexe, des classes squelettiques	CBCT i-CAT Classic iCat Vision software version 1.7.2.4 ANOVA  Diamètres médiolatéral et antéro-postérieur	Le diamètre médio-latéral est plus élevé chez les hommes que chez les femmes, à droite et à gauche  Pas de différence significative pour le diamètre antéro-postérieur entre les hommes et les femmes  Asymétrie entre les condyles droit et gauche  Pas de corrélation statistique montrée entre les classes squelettiques et la morphologie du condyle
Volumetric and morphological analysis of condyle and glenoid fossa on computed tomography	Serindere et al 2020	125 CBCT : 59 hommes et 66 femmes	Évaluer la morphologie du condyle mandibulaire et de la fosse mandibulaire Réaliser une analyse volumétrique du condyle  Comparer les dimensions du condyle et de la fosse mandibulaire en fonction	CBCT InVesalius software  Longueur Largeur Hauteur (distance perpendiculaire entre le sommet du condyle et le	Pas de différence significative de la morphologie du condyle entre les hommes et les femmes  Des différences sur la hauteur, la surface et le volume du condyle en fonction de l'âge  Aucune différence statistiquement significative entre les dimensions du condyle droit et gauche, suggérant une symétrie bilatérale des condyles.

			du sexe, de l'âge, et des côtés droit et gauche  Étudier l'impact de l'âge sur la morphologie du condyle et de la fosse, et identifier les éventuelles différences morphométriques liées au vieillissement	point le plus bas de l'incisure mandibulaire). Volume et surface Espaces articulaires entre le condyle et la fosse mandibulaire	
Volumetric Analysis of 700 Mandibular Condyles Based Upon Cone Beam Computed Tomography	Safi et al 2017	350 CBCT Age : 18 à 40 ans 251 hommes 99 femmes	Etudier le volume du condyle  Analyser les corrélations entre le volume du condyle et le sexe, l'âge et les asymétries droite et gauche	CBCT ANOVA software ITK-SNAP  Le volume mandibulaire	Différence significative entre condyle gauche et droit, le condyle droit est en moyenne plus volumineux que le condyle gauche  Le volume du condyle est significativement plus grand chez les hommes que chez les femmes  Pas de relation entre le volume du condyle et l'âge
Cone-Beam Computed Tomography Study of mandibular condylar morphology	Yalcin et Ararat 2019	910 CBCT 452 hommes et 458 femmes Age entre 18 et 86 ans	Evaluer la morphologie du condyle  Analyser les variations morphologiques en fonction de l'âge, le sexe, l'édentement et la classification d'Angle	CBCT Classification selon la morphologie du condyle en coupe frontale : convexe/angulée/plat/arrondi	Pour le condyle droit : la forme la plus fréquente est convexe (42,1 %), suivie par angulée (33,6 %), plate (12,7 %), et ronde (11,5 %). Pour le condyle gauche : la forme convexe représente 39,0 %, angulée 35,1 %, plate 18,2 %, et ronde 7,7 % des cas  Chez les sujets les plus âgés la forme du condyle est moins fréquemment ronde.  La forme ronde est plus fréquente chez les femmes et plus souvent plate chez les hommes.

					La forme angulée est la plus fréquente chez les patients partiellement ou totalement édentés, tandis que la forme convexe est plus courante chez ceux ayant une dentition complète.
--	--	--	--	--	---



Thèse d'exercice : Chir. Dent. : Lille : Année 2024

ANALYSE DE LA MORPHOLOGIE DU CONDYLE MANDIBULAIRE AU CBCT

**Lucie LAHAYE.** - p. 59 ; ill. 33 ; réf. 24.

**Domaines : Sciences fondamentales – Anatomie**

Mots clés Libres : CBCT – Morphologie - Condyle – Morphométrie géométrique

#### Résumé de la thèse en français

La morphologie du condyle mandibulaire varie au cours de la vie d'un individu. Une meilleure compréhension des variations de forme du condyle et de leur impact clinique est essentielle.

Les objectifs de cette thèse étaient d'explorer les variations morphologiques du condyle à l'aide de CBCT en morphométrie géométrique et de voir s'il existait un dimorphisme sexuel et des variations morphologiques en fonction de l'âge. Pour cela, 11 landmarks ont été placés sur 60 condyles gauches segmentés. Après transformation procruste, une analyse en composantes principales a été effectuée. Cette étude s'est intéressée aux quatre premières composantes principales qui expliquent plus de 46% des variations morphologiques du condyle. Aucune différence significative de la morphologie du condyle selon le sexes et l'âge n'a été mise en évidence.

Les résultats ont ensuite été confrontés à d'autres études de la littérature pour mieux comprendre la morphologie du condyle.

#### **JURY :**

Président : Monsieur le Professeur Thomas COLARD

Assesseurs : Monsieur le Docteur François GRAUX

Madame le Docteur Amélie de BROUCKER

Madame le Docteur Mathilde SAVIGNAT