

## **CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON**

Année 2022 - Thèse n° 088

**MORPHOMÉTRIE DU FÉMUR DISTAL : ÉTUDE TOMODENSITOMÉTRIQUE À  
PARTIR DE 17 CAS**

## **THESE**

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1  
(Médecine – Pharmacie)

Et soutenue publiquement le 7 novembre 2022  
Pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

**TURLOTTE Léo**



## **CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON**

Année 2022 - Thèse n° 088

**MORPHOMÉTRIE DU FÉMUR DISTAL : ÉTUDE TOMODENSITOMÉTRIQUE À  
PARTIR DE 17 CAS**

## **THESE**

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1  
(Médecine – Pharmacie)

Et soutenue publiquement le 7 novembre 2022  
Pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

**TURLOTTE Léo**



### Liste des enseignants du Campus Vétérinaire de Lyon (14-09-2022)

Pr	ABITBOL	Marie	Professeur
Dr	ALVES-DE-OLIVEIRA	Laurent	Maître de conférences
Pr	ARCANGIOLI	Marie-Anne	Professeur
Dr	AYRAL	Florence	Maître de conférences
Dr	BECKER	Claire	Maître de conférences
Dr	BELLUCO	Sara	Maître de conférences
Dr	BENAMOU-SMITH	Agnès	Maître de conférences
Pr	BENOIT	Etienne	Professeur
Pr	BERNY	Philippe	Professeur
Pr	BONNET-GARIN	Jeanne-Marie	Professeur
Dr	BOURGOIN	Gilles	Maître de conférences
Dr	BRUTO	Maxime	Maître de conférences
Dr	BRUYERE	Pierre	Maître de conférences
Pr	BUFF	Samuel	Professeur
Pr	BURONFOSSE	Thierry	Professeur
Dr	CACHON	Thibaut	Maître de conférences
Pr	CADORÉ	Jean-Luc	Professeur
Pr	CALLAIT-CARDINAL	Marie-Pierre	Professeur
Pr	CHABANNE	Luc	Professeur
Pr	CHALVET-MONFRAY	Karine	Professeur
Dr	CHAMEL	Gabriel	Maître de conférences
Dr	CHETOT	Thomas	Maître de conférences
Dr	DE BOYER DES ROCHES	Alice	Maître de conférences
Pr	DELIGNETTE-MULLER	Marie-Laure	Professeur
Pr	DJELOUADJI	Zorée	Professeur
Dr	ESCRIOU	Catherine	Maître de conférences
Dr	FRIKHA	Mohamed-Ridha	Maître de conférences
Dr	GALIA	Wessam	Maître de conférences
Pr	GILOT-FROMONT	Emmanuelle	Professeur
Dr	GONTHIER	Alain	Maître de conférences
Dr	GREZEL	Delphine	Maître de conférences
Dr	HUGONNARD	Marine	Maître de conférences
Dr	JOSSON-SCHRAMME	Anne	Chargé d'enseignement contractuel
Pr	JUNOT	Stéphane	Professeur
Pr	KODJO	Angeli	Professeur
Dr	KRAFFT	Emilie	Maître de conférences
Dr	LAABERKI	Maria-Halima	Maître de conférences
Dr	LAMBERT	Véronique	Maître de conférences
Pr	LE GRAND	Dominique	Professeur
Pr	LEBLOND	Agnès	Professeur
Dr	LEDOUX	Dorothee	Maître de conférences
Dr	LEFEBVRE	Sébastien	Maître de conférences
Dr	LEFRANC-POHL	Anne-Cécile	Maître de conférences
Dr	LEGROS	Vincent	Maître de conférences
Pr	LEPAGE	Olivier	Professeur
Pr	LOUZIER	Vanessa	Professeur
Dr	LURIER	Thibaut	Maître de conférences
Dr	MAGNIN	Mathieu	Maître de conférences
Pr	MARCHAL	Thierry	Professeur
Dr	MOSCA	Marion	Maître de conférences
Pr	MOUNIER	Luc	Professeur
Dr	PEROZ	Carole	Maître de conférences
Pr	PIN	Didier	Professeur
Pr	PONCE	Frédérique	Professeur
Pr	PORTIER	Karine	Professeur
Dr	POUZOT-NEVORET	Céline	Maître de conférences
Pr	PROUILLAC	Caroline	Professeur
Pr	REMY	Denise	Professeur
Dr	RENE MARTELLET	Magalie	Maître de conférences
Pr	ROGER	Thierry	Professeur
Dr	SAWAYA	Serge	Maître de conférences
Pr	SCHRAMME	Michael	Professeur
Pr	SERGEANTET	Delphine	Professeur
Dr	TORTEREAU	Antonin	Maître de conférences
Dr	VICTONI	Tatiana	Maître de conférences
Pr	VIGUIER	Eric	Professeur
Dr	VIRIEUX-WATRELOT	Dorothee	Chargé d'enseignement contractuel
Pr	ZENNER	Lionel	Professeur



## Remerciements jury

***A Madame la Professeur Claire VOLPE-HAEGELEN***

De l'Université Claude Bernard Lyon 1, Faculté de médecine de Lyon,  
Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de mon jury de thèse,  
Hommages respectueux.

***A Monsieur le Professeur Thibaut CACHON,***

De VetAgro Sup, Campus vétérinaire de Lyon,  
Pour avoir accepté d'encadrer mon travail pendant ces deux années, pour  
votre gentillesse et vos conseils,  
Très sincères remerciements.

***A Monsieur Benoit GILLET,***

De VetAgro Sup, Campus vétérinaire de Lyon,  
Pour avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse, pour l'intérêt porté  
à mon sujet,  
Toute ma gratitude.









# Table des matières

Table des annexes .....	11
Table des figures.....	13
Table des tableaux.....	15
Liste des abréviations .....	17
Introduction.....	19
Partie 1 : LA MORPHOMÉTRIE FÉMORALE .....	20
I. Définition de la morphométrie.....	20
II. Domaines d'application de la morphométrie .....	20
III. Les différentes méthodes utilisées.....	21
A. Mesures directes externes .....	21
B. Mesures directes en coupe anatomique.....	21
C. Mesures radiographiques in-vitro.....	22
D. Mesures radiographiques in-vivo.....	22
E. Les limites du système bi-dimensionnel.....	22
F. Mesures tomodensitométriques.....	23
G. Avantages .....	23
Partie 2 : RAPPELS ANATOMIQUES .....	24
I. Général .....	24
II. Diaphyse .....	25
III. Région distale .....	25
IV. Paramètres mesurés.....	27
A. Hauteur et largeur intercondyliques.....	27
B. Largeur et distance antéro-postérieure des condyles fémoraux.....	27
C. Largeur épicondylique.....	27
D. Profondeur et largeur de la trochlée.....	28
E. Angle médio-distale du fémur.....	28
F. Rayon des condyles fémoraux.....	28
Partie 3 : MATERIEL ET METHODE.....	30
I. Matériel.....	30
II. Méthode.....	30
A. Hauteur intercondyliques .....	31
B. Largeur intercondyliques : .....	31

C.	Largeur des condyles.....	32
D.	Longueur épicondylaire.....	33
E.	Largeur de la trochlée.....	33
F.	Profondeur de la trochlée .....	34
G.	Distance antéro-postérieure des condyles latéral et médial .....	34
H.	Angle médio-distal.....	35
I.	Rayon des condyles fémoraux.....	36
J.	Etude statistique.....	38
Partie 4 : RESULTATS .....		39
I.	Tableaux de résultats .....	39
II.	Analyse statistique .....	49
A.	Hauteur intercondylaire .....	49
B.	Largeur intercondylaire .....	50
C.	Largeur des condyles.....	51
D.	Largeur épicondylaire.....	53
E.	Largeur et hauteur de la trochlée .....	54
F.	Distance antéro-postérieure des condyles.....	56
G.	Angle médial distal .....	58
H.	Rayon des condyles fémoraux.....	59
Partie 5 : DISCUSSION.....		64
I.	Interprétation des résultats .....	64
II.	Comparaison avec la littérature .....	64
A.	Dimensions de l'espace intercondylaire.....	64
B.	Distance antéro-postérieure des condyles (grands chiens) .....	65
C.	Largeur épicondylaire.....	65
D.	Hauteur de la trochlée.....	65
E.	Angle médio-distal.....	66
F.	Rayon des condyles fémoraux.....	67
Partie 6 : LIMITES.....		68
CONCLUSION .....		71
BIBLIOGRAPHIE.....		73

## TABLE DES ANNEXES



## TABLE DES FIGURES

Figure 1: Fémur gauche de chien en vue crâniale, d'après Baronne .....	24
Figure 2 : Extrémité distale du fémur gauche du chien en vue crâniale, d'après Baronne .....	26
Figure 3 : Extrémité distale du fémur gauche du chien en vue médiale, d'après Baronne .....	26
Figure 4 : Extrémité distale du fémur gauche du chien en vue caudale, d'après Baronne.....	26
Figure 5 : Extrémité distale du fémur gauche du chien en vue latérale, d'après Baronne .....	27
Figure 6 : Méthode de mesure de la hauteur intercondyloire .....	31
Figure 7 : Méthode de mesure de la largeur intercondyloire .....	31
Figure 8 : Méthode de mesure de la largeur des condyles .....	32
Figure 9 : Méthode de mesure de la largeur épicondyloire .....	33
Figure 10 : Méthode de mesure de la largeur et profondeur de la trochlée .....	33
Figure 11 : Méthode de mesure de la distance antéro-postérieur des condyles .....	34
Figure 12 : Méthode de mesure de l'angle médio-distal : placement des axes.....	35
Figure 13 : Méthode de mesure de l'angle médio-distal : mesures.....	35
Figure 14 : Méthode de mesure des rayons des condyles fémoraux : placement des axes.....	36
Figure 15 : Méthode de mesure des rayons des condyles fémoraux : mesure .....	37
Figure 16 : Méthode de mesure du rayon postérieur des condyles fémoraux (en jaune) .....	37
Figure 17 : Méthode de mesure du rayon antérieur des condyles fémoraux (en jaune) .....	38
Figure 18 : Répartition des hauteurs intercondyloires par catégorie de poids.....	49
Figure 19 : Courbe de tendance de la hauteur intercondyloire en fonction du poids .....	49
Figure 20 : Répartition des largeurs intercondyloires par catégorie de poids .....	50
Figure 21 : Courbe de tendance de la largeur intercondyloire en fonction du poids .....	50
Figure 22 : Répartition des largeurs du condyle latéral par catégorie de poids .....	51
Figure 23 : Répartition des largeurs du condyle médial par catégorie de poids.....	51
Figure 24 : Courbe de tendance de la largeur du condyle latéral en fonction du poids.....	52
Figure 25 : Courbe de tendance de la largeur du condyle médial en fonction du poids .....	52
Figure 26 : Répartition des largeurs épicondyloires par catégorie de poids.....	53
Figure 27 : Courbe de tendance de la largeur épicondyloire en fonction du poids .....	53
Figure 28 : Répartition des largeurs de la trochlée par catégorie de poids .....	54
Figure 29 : Répartition des profondeurs de la trochlée par catégorie de poids .....	54
Figure 30 : Courbe de tendance de la largeur de la trochlée en fonction du poids.....	55
Figure 31 : Courbe de tendance de la profondeur de la trochlée en fonction du poids.....	55
Figure 32 : Répartition des distances antéro-postérieure du condyle latéral par catégorie de poids .	56
Figure 33 : Répartition des distances antéro-postérieure du condyle médial par catégorie de poids .	56
Figure 34 : Courbe de tendance de la distance antéro-postérieure du condyle latéral en fonction du poids .....	57
Figure 35 : Courbe de tendance de la distance antéro-postérieure du condyle médial en fonction du poids .....	57
Figure 36 : Répartition des angles médio-distaux par catégorie de poids .....	58
Figure 37 : Courbe de tendance de l'angle médio-distal en fonction du poids .....	58
Figure 38 : Répartition des rayons postérieurs du condyle latéral par catégorie de poids .....	59
Figure 39 : Courbe de tendance rayon postérieur du condyle latéral en fonction du poids .....	59
Figure 40 : Répartition des rayons antérieurs du condyle latéral par catégorie de poids .....	60
Figure 41 : Courbe de tendance du rayon antérieur du condyle latéral en fonction du poids.....	60
Figure 42 : Répartition des rayons postérieurs du condyle médial par catégorie de poids.....	61
Figure 43 : Courbe de tendance du rayon postérieur du condyle médial en fonction du poids .....	61

Figure 44 : Répartition des rayons antérieurs du condyle médial par catégorie de poids .....	62
Figure 45 : Courbe de tendance du rayon antérieur du condyle médial en fonction du poids .....	62



## TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Mesures des paramètres pour les chiens de moins de 10 kilogrammes.....	39
Tableau 2 : Mesures des paramètres pour les chiens de 10 à 20 kilogrammes.....	40
Tableau 3 : Mesures des paramètres pour les chiens de 20 à 35 kilogrammes.....	41
Tableau 4 : Mesures des paramètres pour les chiens de plus de 35 kilogrammes.....	42
Tableau 5 : Mesures des paramètres l'ensemble de l'effectif .....	43
Tableau 6 : Mesures de la hauteur intercondyalaire .....	44
Tableau 7 : Mesures de la largeur intercondyalaire.....	44
Tableau 8 : Mesures de la largeur du condyle latéral .....	44
Tableau 9 : Mesures de la largeur du condyle médial.....	45
Tableau 10 : Mesures de la largeur épicondyalaire .....	45
Tableau 11 : Mesures de la largeur de la trochlée .....	45
Tableau 12 : Mesures de la profondeur de la trochlée .....	46
Tableau 13 : Mesures de la distance antéro-postérieure du condyle latéral .....	46
Tableau 14 : Mesures de la distance antéro-postérieure du condyle médial.....	46
Tableau 15 : Mesures de l'angle médio-distal.....	47
Tableau 16 : Mesures du rayon postérieur du condyle latéral .....	47
Tableau 17 : Mesures du rayon antérieur du condyle latéral .....	47
Tableau 18 : Mesures du rayon postérieur du condyle médial.....	48
Tableau 19 : Mesures du rayon antérieur du condyle médial .....	48
Tableau 20 : Comparaison des rayons entre le condyle latéral et médial .....	63



## LISTE DES ABREVIATIONS

MPR : Multiplanar Reconstruction

PMMA : Polyméthyl-méthacrylate

PTG : Prothèse Totale du Genou

TPLO : Tibial-plateau-leveling-osteotomy



# INTRODUCTION

Cela fait plus de 30 ans que le modèle canin est utilisé comme modèle pour la prothèse totale de genou chez l'homme, cependant les connaissances morphométriques du genou du chien pourraient être renforcées.

Dans les années 70, les orthopédistes s'interrogeaient sur la possibilité de laisser un implant artificiel sur du long terme, sans risque d'intolérance. Ils craignaient par exemple le développement de croissances osseuses anormales autour l'implant (Ducheyne et al. 1977). La prothèse de genou chez le chien fût un modèle, pour tester notamment la tolérance aux prothèses en PMMA (Polyméthyl-méthacrylate). Dans les années 80, survient le développement de prothèses visant à remplacer les condyles fémoraux, occasionnant plusieurs études visant à optimiser ces prothèses, que ce soit dans le design ou les matériaux utilisés. (Turner et al. 1989)

Ce n'est que récemment que la prothèse totale de genou est envisagée dans un but thérapeutique chez le chien, et non en tant que modèle pour l'Homme. En 2007, Liska et al. (Liska et al. 2007) créent une prothèse de genou dans le but de traiter une non-union du condyle latéral. Pour cela, il a fallu planifier la chirurgie avec soins, notamment en prenant connaissance des dimensions du condyle à remplacer. Des images radiographiques et tomodensitométriques ont été réalisées. L'utilisation d'un scanner permet à la fois d'étudier la sévérité des lésions, ainsi que de créer un modèle 3D de la partie distale du fémur. Ce dernier fût utilisé pour créer un implant sur mesure et ses guides de coupe complémentaires, avec des dimensions précises adaptées à l'anatomie du chien opéré. Ces mesures préliminaires et cette planification en 3D ont permis de se donner les meilleures chances pour une efficacité optimale à court et long terme.

Il serait ainsi intéressant d'établir une base de données des dimensions du fémur distale par tomodensitométrie afin de permettre la réalisation d'une gamme d'implants adaptés à la conformation du fémur distal du chien, ce qui faciliterait l'utilisation des prothèses de genou chez le chien et pourrait aider à répandre cette pratique dans le monde vétérinaire.

L'enjeu de cette étude est donc de compléter les connaissances actuelles sur l'anatomie et la morphométrie fémorale distale en établissant des valeurs de référence à partir d'images tomodensitométriques. Nous mesurerons différents paramètres

morphométriques préalablement choisis, et nous en apprécierons les variabilités inter-individuelle et pondérale, fondamentales dans la conception d'implants adaptés.

## **PARTIE 1 : LA MORPHOMÉTRIE FÉMORALE**

### **I. Définition de la morphométrie**

Le terme morphométrie signifie la « mesure des formes » (du grec « morpho », la forme et « métrie », la mesure). Elle permet de décrire quantitativement la forme générale d'un objet, notamment par la mesure précise de points d'intérêts, et d'en faire un traitement statistique.

Dans le cadre de cette thèse, c'est une morphométrie de l'os qui est effectuée. Nous mesurerons ses caractéristiques notamment ses dimensions, ses reliefs, ses angles, afin d'avoir une vue d'ensemble précise de la structure de cet os. Nous étudierons ici la partie distale du fémur, en lien avec l'articulation du genou.

### **II. Domaines d'application de la morphométrie**

L'archéologie fait partie des disciplines qui utilisent très souvent la morphométrie, notamment des os. Cela permet par exemple d'étudier les variations des dimensions de différents os au cours de l'évolution d'une espèce (comme l'Homme), ou encore entre différentes régions du monde. Toutes ces données permettent de mieux comprendre notre histoire, et servent également de base de données pour identifier de nouveaux ossements. D'autres disciplines utilisent la morphométrie comme la botanique, l'anthropologie, l'hydrologie et celle qui va nous intéresser ici : la zoologie.

En effet, toutes ces données permettent d'avoir de meilleures connaissances de l'anatomie. Elles sont utilisées en recherche afin de développer de nouvelles techniques chirurgicales, ou en clinique afin de traiter au mieux des fractures ou autres luxations. La morphométrie osseuse canine s'est développée, servant de modèle d'étude pour l'Homme.

En effet l'éthique empêchant des expérimentations trop poussées chez l'humain, il devint alors nécessaire de trouver un modèle suffisamment proche pour pouvoir améliorer les techniques en orthopédie. Le modèle canin devint ainsi le modèle de référence. Cependant avec le développement de la médecine vétérinaire ces données, servant initialement à la médecine humaine, deviennent très utiles pour l'orthopédie canine afin de développer les soins pouvant être mis à la disposition des animaux de compagnie.

### III. Les différentes méthodes utilisées

#### *A. Mesures directes externes*

La mesure directe s'effectue sur des pièces anatomiques prélevées sur des cadavres. Elle permet un certain degré de précision car l'os est directement manipulable par l'observateur. La limite de cette méthode est que seul l'extérieur de l'os est accessible. Les structures internes, telles que le fût dans le cas du fémur, ne peuvent être étudiées. Cette méthode de mesure a notamment été utilisée dans de multiples études comme chez Ocal et al par exemple. (Ocal, Sevil-Kilimci, et Yildirim 2012)

L'auteur explique cependant qu'une des limites de ce type de morphométrie est la géométrie de la structure mesurée. En effet la topographie de l'os peut rendre la réalisation de la mesure compliquée d'un point de vue pratique.

#### *B. Mesures directes en coupe anatomique*

Dans cette méthode des coupes de la pièce anatomique sont réalisées. Ainsi les mesures sont plus simples à effectuer et elles peuvent porter sur les structures internes. Deux inconvénients de la méthode précédente sont alors évités. La mesure est soit réalisée directement sur la coupe, soit sur des images radiographiques de celles-ci afin de pouvoir les étudier sous forme numérique.

### ***C. Mesures radiographiques in-vitro***

La mesure radiographique in-vitro, assez courante en morphométrie osseuse, consiste à radiographier les pièces anatomiques entières sans les couper. La pièce anatomique est positionnée par l'opérateur au préalable de façon optimale vis-à-vis de la mesure à effectuer. Cependant, sur une image radiographique toutes les structures sont superposées. Il peut donc être difficile voire impossible de mesurer avec précision certaines structures d'un os, dû à de trop nombreuses superpositions.

### ***D. Mesures radiographiques in-vivo***

Les clichés radiographiques sont réalisés ici directement sur l'animal vivant. C'est une méthode aussi bien utilisée dans la recherche qu'en clinique car la radiographie reste un outil très accessible. Elle est par exemple très utilisée lors de chirurgie de TPLO (Tibial-plateau-leveling-osteotomy) visant à traiter les ruptures du ligament croisé crânial. En effet les mesures réalisées sur les clichés radiographiques permettent de planifier la chirurgie, en précisant notamment les limites de la coupe et la rotation du plateau tibial.

### ***E. Les limites du système bi-dimensionnel***

La radiographie in-vitro permet certes de positionner l'os comme l'opérateur le souhaite, cependant elle permet difficilement d'étudier les rapports entre certaines pièces anatomiques, ces derniers étant modifiés par la mort de l'animal et le retrait des tissus environnants.

La radiographie in-vivo quant à elle est réalisée sur un animal vivant. Ainsi il peut être plus compliqué d'obtenir un positionnement optimal pour la mesure effectuée et donc une vue précise d'un os. D'une part parce que l'animal n'est pas parfaitement immobile, d'autre part car les rapports de l'os avec les muscles, tendons et ligaments, ne permettent pas à l'opérateur de l'orienter à volonté. Ainsi de simples tremblements ou une erreur de positionnement peuvent profondément fausser les mesures. Or, dans une étude de Rubin et al., il a été démontré qu'une légère rotation du fémur, suffit à entraîner des variations des



mesures parfois conséquentes (P. J. Rubin, Leyvraz, et Heegaard 1989). L'anesthésie limiterait certains de ces inconvénients.

Si la radiographie in vitro permet de positionner la pièce anatomique de façon précise et reproductible et d'obtenir une bonne répétabilité d'un cliché à l'autre, la radiographie in vivo, en revanche, est peu reproductible d'un individu à l'autre.

### ***F. Mesures tomодensitométriques***

Cette méthode peut être utilisée de deux façons. Soit de multiples coupes sont réalisées sur une zone précise de l'os étudié, permettant de mesurer des structures internes comme le diamètre du fût fémoral par exemple; soit une reconstruction 3D de l'os analysé est créée, permettant d'avoir en détail tout la structure de l'os, aussi bien interne qu'externe.

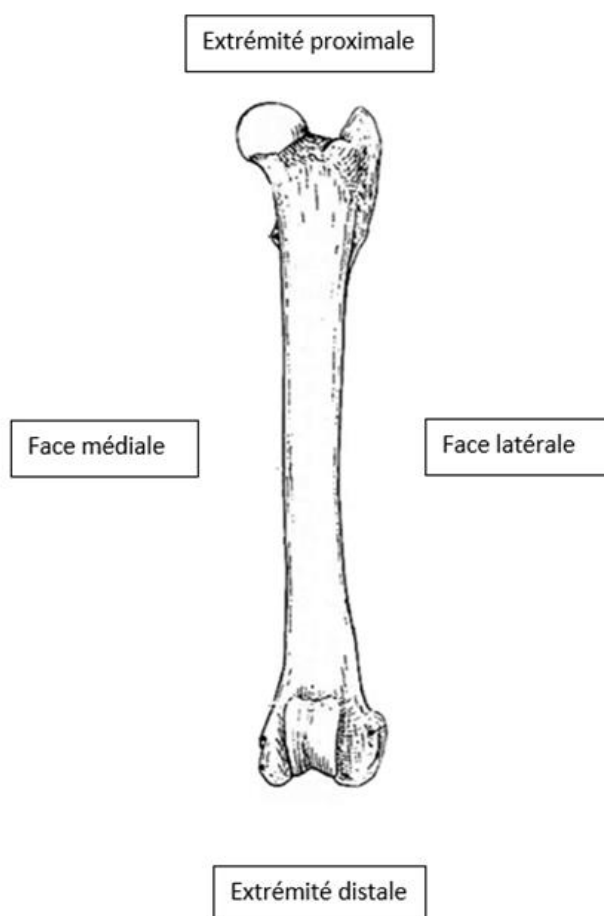
### ***G. Avantages***

La tomодensitométrie a comme gros avantage d'avoir une numérisation en 3D de l'os mesuré. Ainsi, en comparaison à la radiographie par exemple, même si l'animal n'est pas positionné de façon standard ou de la même façon qu'un autre animal, il est toujours possible de naviguer sur les images 3D de l'os et de le positionner comme désiré afin de réaliser les mesures. Ceci augmente à la fois la précision des mesures (P. Rubin et al. 1992), et permet de s'affranchir du manque de répétabilité des clichés dont peut souffrir la radiographie, en particulier in vivo. Une étude de Rubin et al compare la précision de la morphométrie in vitro entre la radiographie (bi-dimensionnel) et la tomодensitométrie (tri-dimensionnel), en comparant leurs mesures respectives avec des mesures sur la pièce anatomique directe. Il en ressort que la radiographie donne des mesures approximatives du fémur avec une moyenne de différence de  $2,4 \pm 1,4$  mm. La tomодensitométrie quant à elle est plus précise et présente une différence en moyenne de  $0,8 \pm 0,7$  mm. Ces variations obtenues à la radiographie ne permettent pas, par exemple, une aussi bonne préparation préopératoire comparée à la tomодensitométrie, les données étant trop peu adéquates pour créer un implant sur mesure suffisamment adapté. (P. Rubin et al. 1992)

Aussi, nous utilisons ici des images tomodensitométriques, afin d'obtenir des mesures précises. En effet plus ces dernières le sont, meilleure est la préparation pré-opératoire et donc tout ce qui en découle.

## PARTIE 2 : RAPPELS ANATOMIQUES

### I. Général



*Figure 1: Fémur gauche de chien en vue crâniale, d'après Baronne*

Le fémur est un os présent dans la cuisse du chien.

C'est un os long, pair, rectiligne, discrètement incurvé chez le chien. En place, son axe est légèrement orienté crânialement (angle de 5° à 15° par rapport à la verticale).

Il est en relation avec le bassin dans sa partie proximale pour former l'articulation coxo-fémorale, et avec le tibia et la patella dans sa partie distale pour former l'articulation du genou.

## II. Diaphyse

La diaphyse du fémur présente une forme triangulaire avec trois faces (latérale, médiale, caudale) et trois bords (crânial, latéral, médial). Sa longueur en fait l'os le plus long du squelette du chien.

## III. Région distale

Deux articulations sont présentes : fémoro-tibiale et fémoro-patellaire. La trochlée fémorale est une gouttière sur le bord crânial du fémur, en lien avec la patella dans laquelle elle coulisse : une gorge bordée par deux lèvres (médiale et latérale). Elle joue un rôle particulier dans la biomécanique du genou, lors de sa flexion et son extension.

Plus distalement, les deux condyles fémoraux (convexes) répondent aux condyles du tibia (concaves), via le ménisque. Entre ces deux condyles fémoraux se trouve l'espace intercondyloire, lieu où s'insèrent notamment les ligaments croisés. Chaque condyle porte sur sa face externe un épicondyle pour l'insertion des ligaments collatéraux du genou.

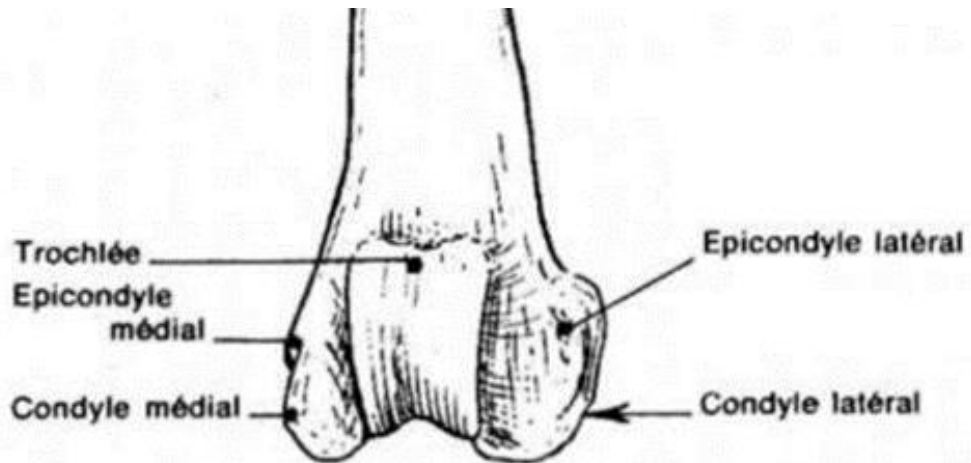


Figure 2 : Extrémité distale du fémur gauche du chien en vue crâniale, d'après Baronne

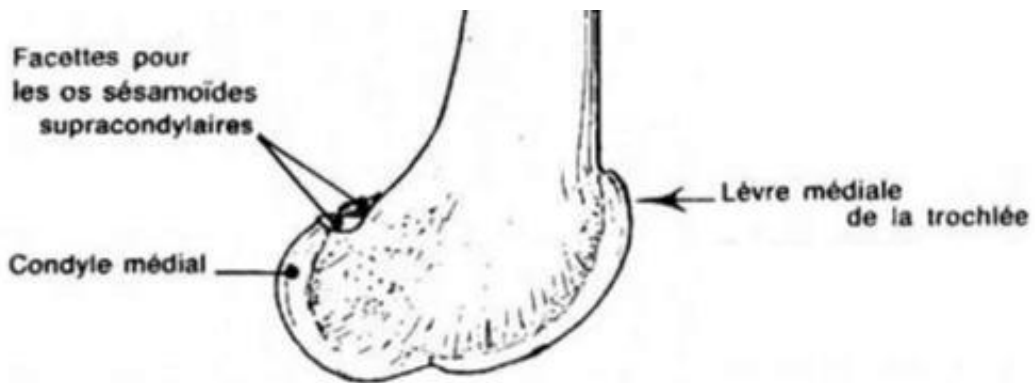


Figure 3 : Extrémité distale du fémur gauche du chien en vue médiale, d'après Baronne

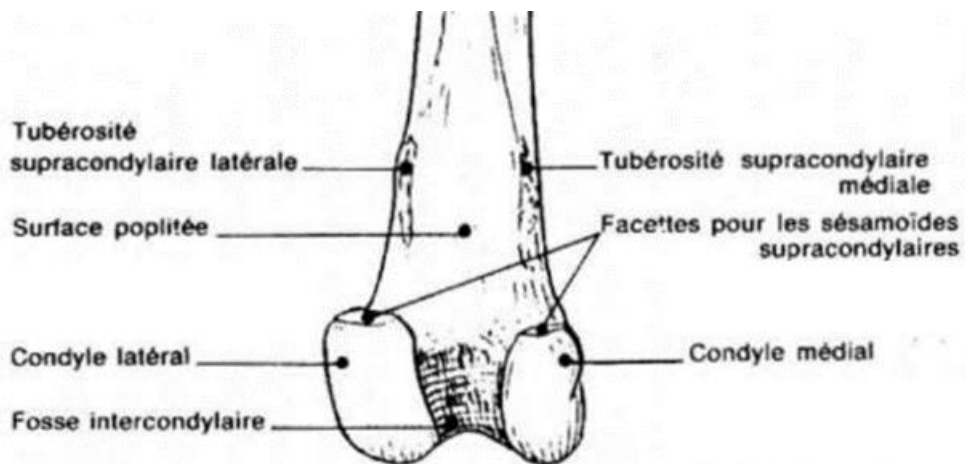


Figure 4 : Extrémité distale du fémur gauche du chien en vue caudale, d'après Baronne

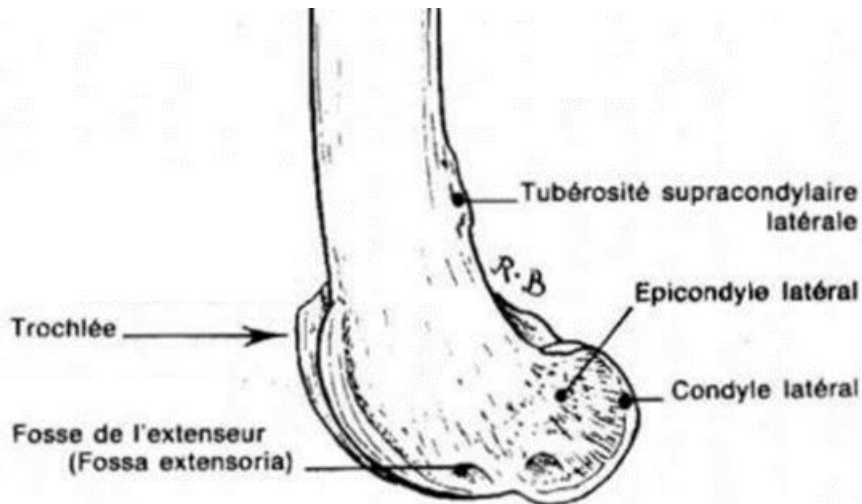


Figure 5 : Extrémité distale du fémur gauche du chien en vue latérale, d'après Baronne

#### IV. Paramètres mesurés

Nous utiliserons une approche par points d'intérêts.

##### ***A. Hauteur et largeur intercondyloires***

Tout d'abord nous mesurerons les dimensions de l'espace séparant les deux condyles fémoraux, l'espace intercondyloire. Nous relèverons sa hauteur ainsi que sa largeur, en vue axiale. Cela permettra d'apprécier la disposition des condyles l'un par rapport à l'autre.

##### ***B. Largeur et distance antéro-postérieure des condyles fémoraux***

Les dimensions des deux condyles fémoraux seront mesurées, avec leur largeur respective, ainsi que la distance entre leurs extrémités crâniales et caudales.

##### ***C. Largeur épicondylaire***

La distance entre les deux épicondyles sera également mesurée. Avoir des données sur les dimensions des condyles ainsi que leur espacement permet de créer des prothèses

adaptées et également de conserver la biomécanique du genou (Röstlund et al. 1989; Marcellin-Little et Peck 2013) En effet les prothèses actuelles remplacent totalement la surface des condyles (Liska et al. 2007), il est donc nécessaire de reproduire leurs structures le plus fidèlement possible.

#### ***D. Profondeur et largeur de la trochlée***

Ensuite les dimensions de la trochlée seront analysées, avec la largeur de la gouttière et sa profondeur. C'est une donnée utile concernant les guides de coupes de prothèse, certains utilisant la trochlée fémorale comme repère. (Marcellin-Little et Peck 2013)

#### ***E. Angle médio-distale du fémur***

Le fémur présente une angulation par rapport au plateau tibial dans la vue sagittale, légèrement penchée côté médial. Cet angle sera également mesuré. Cela permet, lors de la pose de prothèse, de conserver les caractéristiques bio-mécaniques du genou et du membre pelvien. (Marcellin-Little et Peck 2013)

#### ***F. Rayon des condyles fémoraux***

Enfin une dernière série de mesure sera réalisée au niveau des condyles fémoraux : leur rayon de courbure. Il s'agit d'une donnée très intéressante, comme chez l'homme, concernant les prothèses de genou. Il était par exemple question de savoir si le rayon de courbure était constant ou non (Kosel et al. 2010). Chez le chien, il est plutôt évident que le rayon de courbure n'est pas constant sur toute sa longueur. Nous remarquons que le rayon du condyle est plus court dans sa partie caudale que dans sa partie crâniale. Ainsi nous mesurerons deux rayons de condyle différents, pour chaque condyle, antérieur et postérieur. Cela pourrait aider à créer des guides de coupes adaptés, lors de la pose de prothèse de genou (Marcellin-Little et Peck 2013), ainsi que des prothèses qui répondent correctement aux surfaces articulaires du tibia tout en conservant la bio-mécanique du genou lors de flexions ou extensions par exemple.

De ce fait nous comparerons les rayons antérieurs et postérieurs pour vérifier si le rayon du condyle est constant ou non sur toute la surface articulaire ; puis nous comparerons les condyles latéral et médial.

En effet il est important de vérifier si cette différence entre condyle latéral/médial est significative car elle implique une biomécanique particulière du genou : si le condyle médial a effectivement un rayon inférieur, alors sera observé une rotation interne du tibia en flexion. Il est important de prendre cela en compte dans la conception d'une gamme d'implant afin de déterminer s'il est nécessaire de créer une gamme asymétrique gauche et droite ou si des prothèses symétriques comme les modèles proposés par BioMedtrix, sont suffisantes.

## **PARTIE 3 : MATERIEL ET METHODE**

### **I. Matériel**

Les mesures sont réalisées sur des images tomodensitométriques. Celles-ci comprennent le bassin et les membres postérieurs.

La base de données à disposition comprenait 17 chiens, soit 34 fémurs, avec comme renseignements leur poids et leur nom respectif. Ces chiens ont été classés par catégorie de poids : moins de 10 kg (cinq chiens), entre 10 et 20 kg (quatre chiens), entre 20 et 35 kg (six chiens) et plus de 35 kg (deux chiens), afin d'étudier une éventuelle corrélation entre le poids du chien et les mesures. Aucune information concernant leur sexe, âge ou race n'est relevée. Le logiciel utilisé pour traiter et analyser les images scanner était Horos sur Mac (iOs, version 3.3.0). Pour chaque paramètre mesuré, trois mesures sont réalisées consécutivement. Elles sont réalisées avec les outils de mesure du logiciel Horos, et par le même opérateur. Le stockage, traitement et analyse des données sont réalisés via un tableur Microsoft Excel.

### **II. Méthode**

Une fois les images d'un animal importées dans Horos, le fichier est ouvert et la vue 3D MPR (Multiplanar Reconstruction) est activée. Celle-ci permet de réaliser des coupes dans les trois dimensions de l'espace.

Concernant les 10 premiers paramètres, nous cherchions à réaliser une coupe transversale sur l'une des vues pour avoir une vue axiale du fémur distal. Les axes sagittaux et frontaux sont placés dans l'axe du fût fémoral. Puis nous progressions dans la vue axiale jusqu'à obtenir une coupe ayant la hauteur intercondyloire la plus élevée, tout en conservant des bords de l'os nets. Une fois cette vue obtenue, les 10 premiers paramètres sont mesurés sur cette image.



### A. Hauteur intercondyalaire

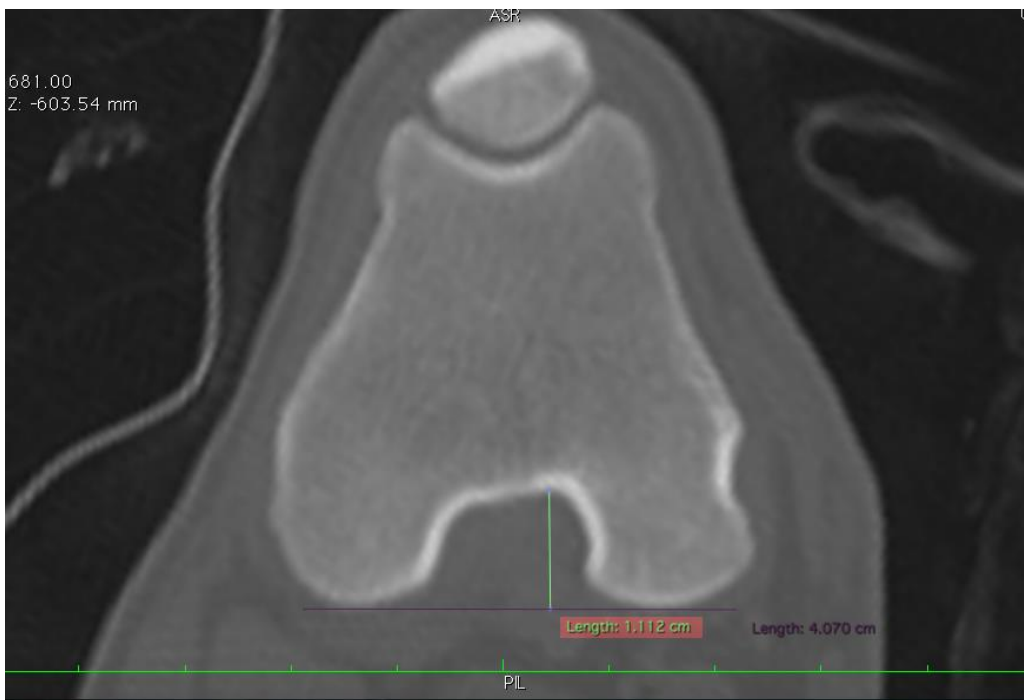


Figure 6 : Méthode de mesure de la hauteur intercondyalaire

Une droite est tracée passant par les points les plus caudaux des condyles, puis la mesure est réalisée perpendiculairement à cette droite, là où la hauteur est la plus élevée. (Murshed et al. 2005)

### B. Largeur intercondyalaire :

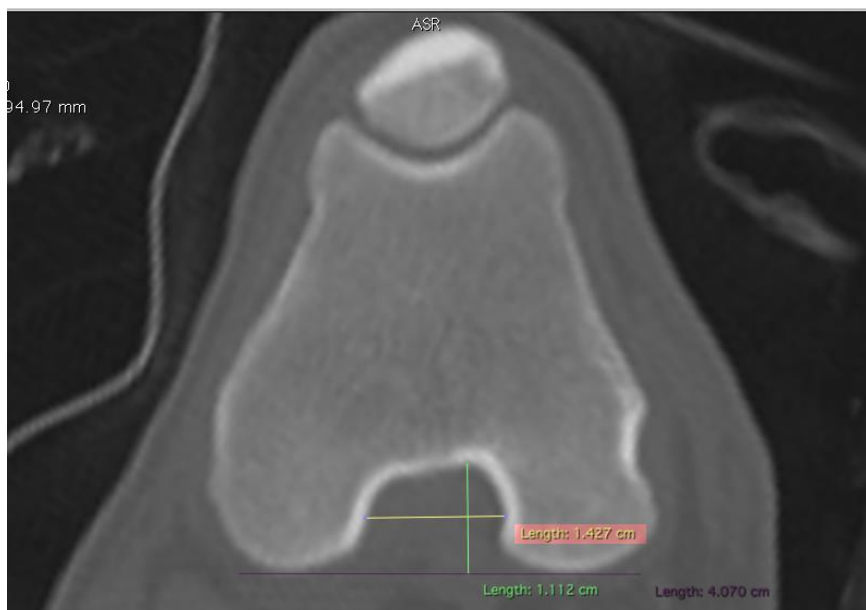
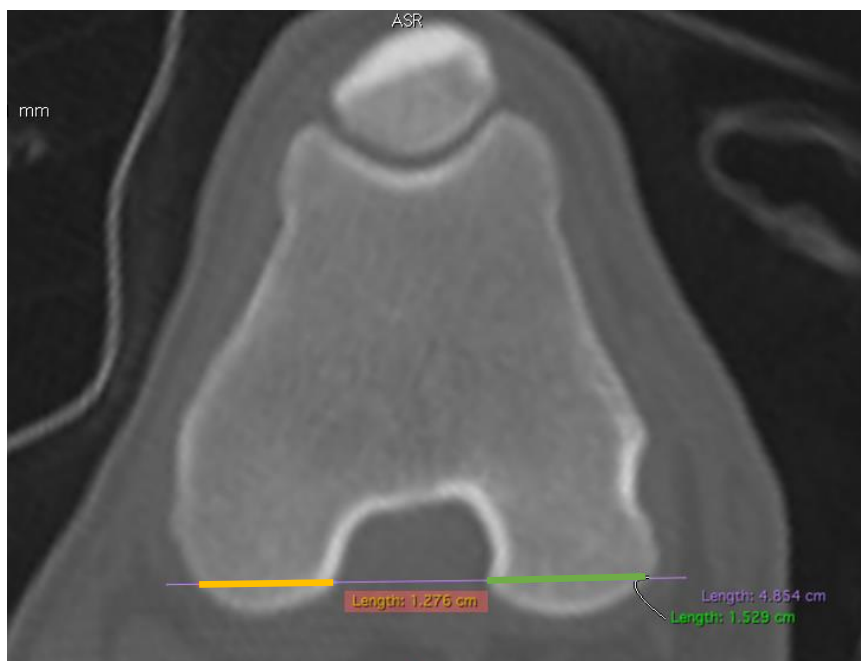


Figure 7 : Méthode de mesure de la largeur intercondyalaire

La mesure est réalisée perpendiculairement à la hauteur intercondyalaire, là où elle est la plus grande (Murshed et al. 2005)

### *C. Largeur des condyles*



*Figure 8 : Méthode de mesure de la largeur des condyles*

Une droite est tracée reliant les deux points les plus proches des condyles latéral et médial. Puis les mesures sont réalisées sur cette droite. (Murshed et al. 2005)

#### D. Longueur épicondyalaire



Figure 9 : Méthode de mesure de la largeur épicondyalaire

La mesure est réalisée en reliant les deux épicondyles. (Murshed et al. 2005)

#### E. Largeur de la trochlée



Figure 10 : Méthode de mesure de la largeur et profondeur de la trochlée

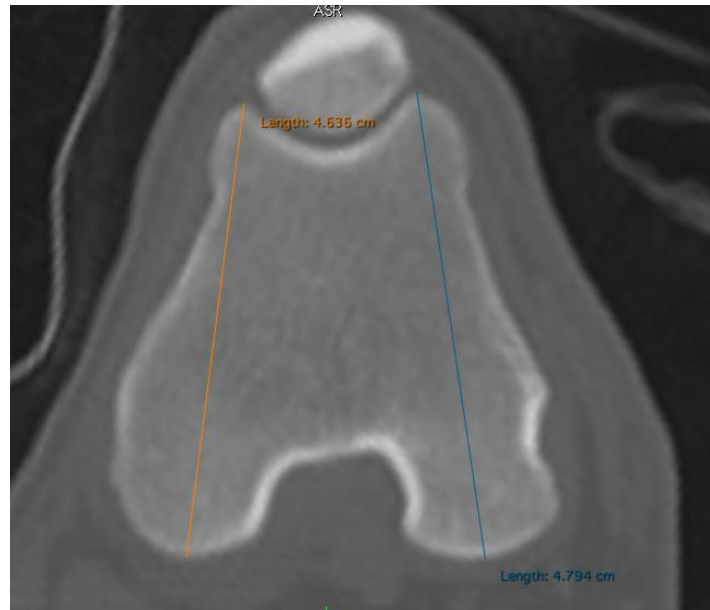
La mesure est réalisée en reliant les bords les plus antérieurs des lèvres bordant la trochlée.

(Nicetto et al. 2020)

### ***F. Profondeur de la trochlée***

Il s'agit du segment perpendiculaire à la largeur de la trochlée, passant par le point le plus caudal de la trochlée. (Nicetto et al. 2020; Petazzoni et al. 2018)

### ***G. Distance antéro-postérieure des condyles latéral et médial***



*Figure 11 : Méthode de mesure de la distance antéro-postérieure des condyles*

La mesure est réalisée en reliant pour chaque condyle, son point le plus postérieur, et le milieu de son extrémité postérieure. (Du et al. 2018)

## H. Angle médio-distal

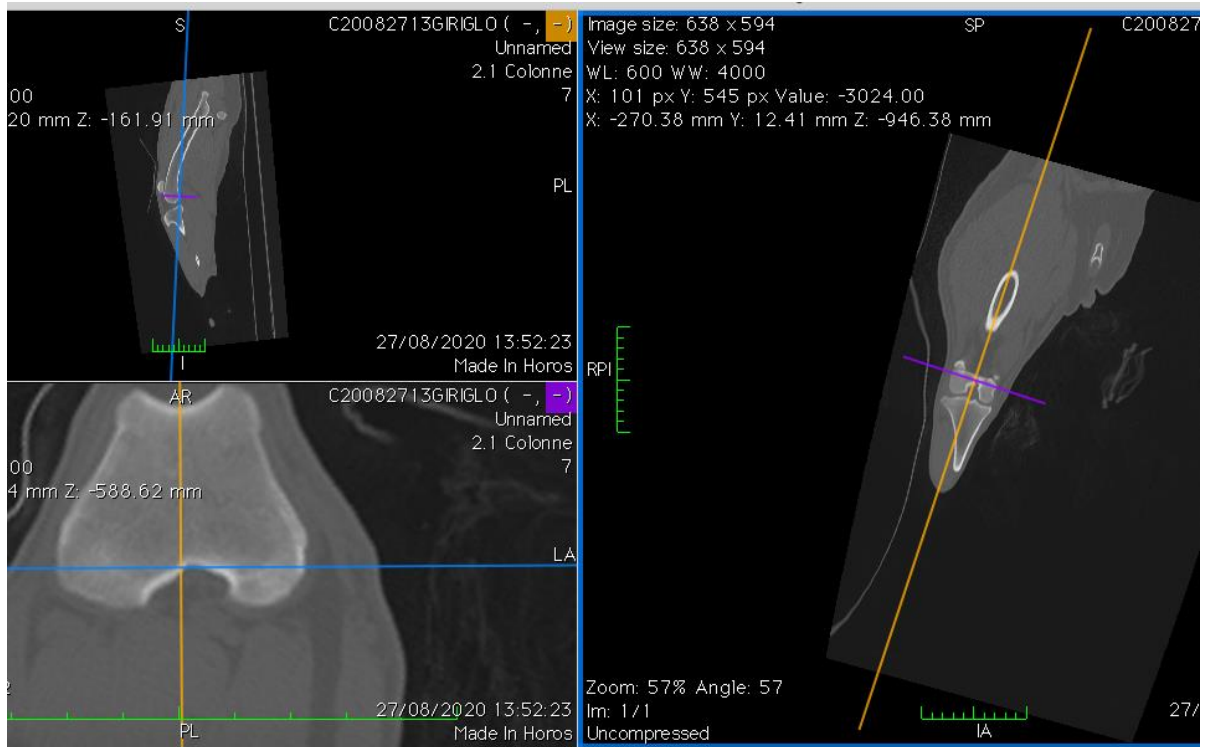


Figure 12 : Méthode de mesure de l'angle médio-distal : placement des axes

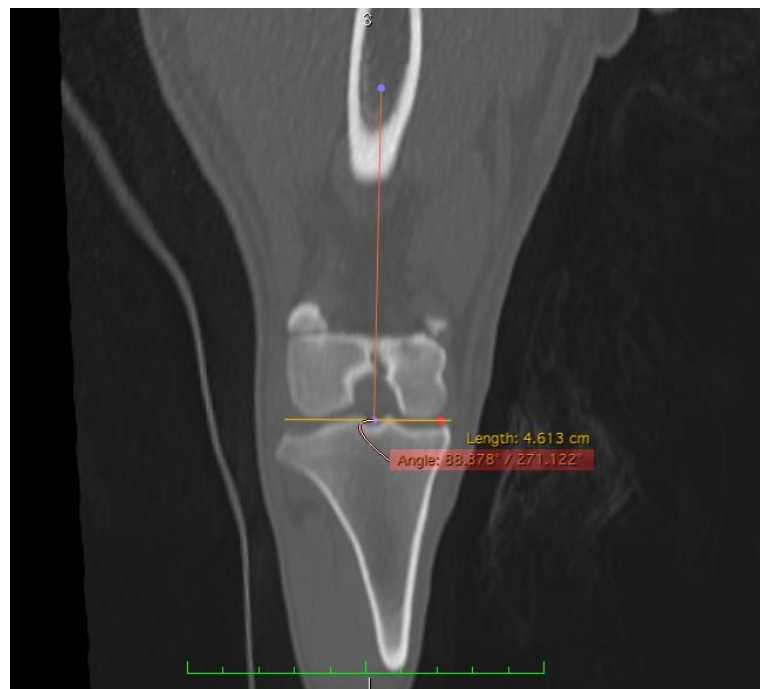


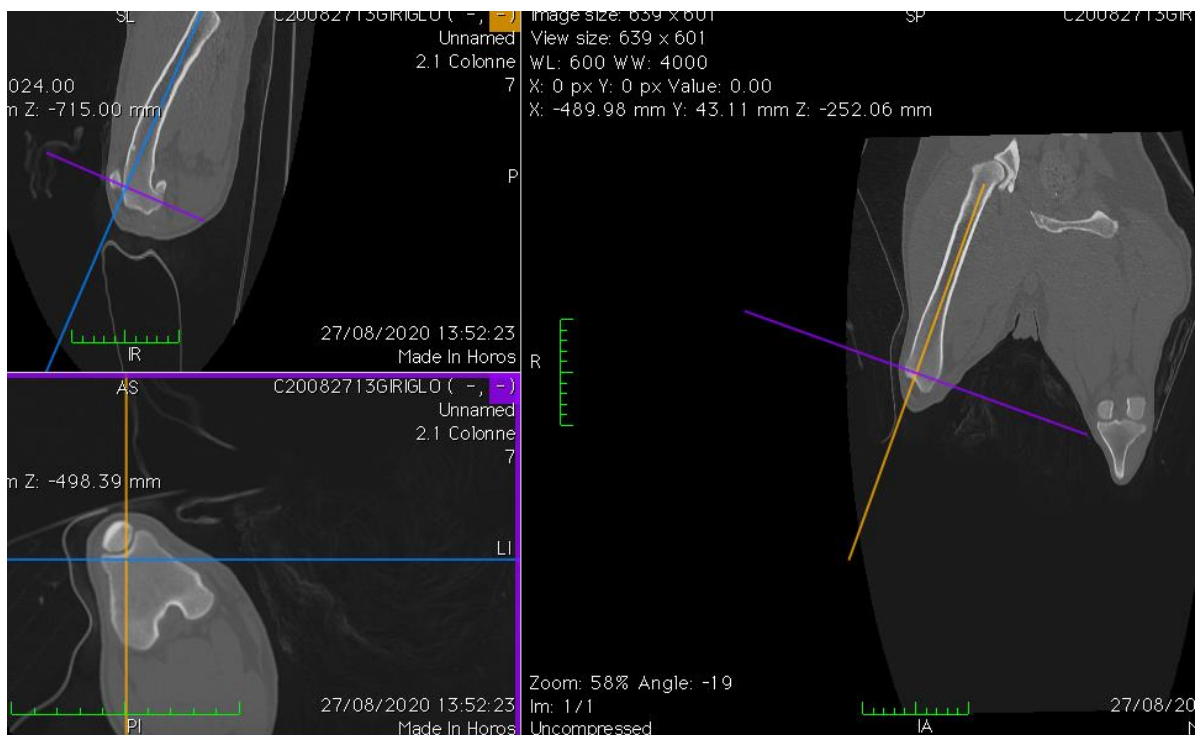
Figure 13 : Méthode de mesure de l'angle médio-distal : mesures

La technique utilisée fut celle de l'angle anatomique médial distale du fémur (Miles et al. 2015; Phatsara, Nganvongpanit, et Mahakkanukrauh 2016)

Tout d'abord l'axe sagittal est maintenu dans l'axe du fémur, puis l'axe frontal est placé de sorte qu'il coupe le fémur en deux endroits. Premièrement car ceci permet d'avoir les condyles et le plateau tibial sur la même image, et deuxièmement d'avoir une coupe de la diaphyse fémorale en son tier distal.

Une droite est tracée passant par les points les plus distaux des condyles, une autre est tracée entre le milieu de l'espace intercondyloire, passant par la première droite, et le centre du fût fémoral, en son tier distal. L'angle est mesuré entre ces deux droites.

### ***I. Rayon des condyles fémoraux***



*Figure 14 : Méthode de mesure des rayons des condyles fémoraux : placement des axes*

Tout d'abord, nous avons reproduit la vue axiale utilisée pour réaliser les premières mesures.

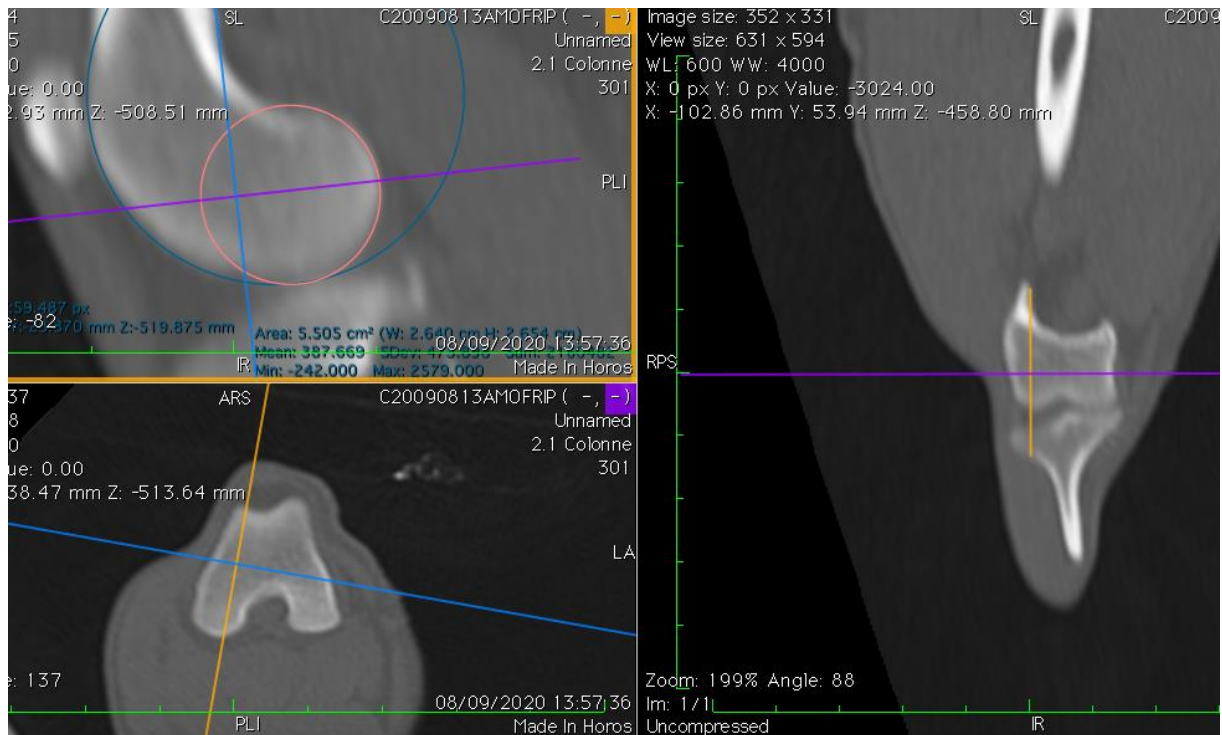


Figure 15 : Méthode de mesure des rayons des condyles fémoraux : mesure

Puis une coupe sagittale du condyle mesuré est réalisée, entre son point le plus antérieur et son point le plus postérieur.

Rayon de courbure postérieur : cercle épousant au mieux la forme du condyle en sa partie postérieure, soit le demi-cercle postérieur.

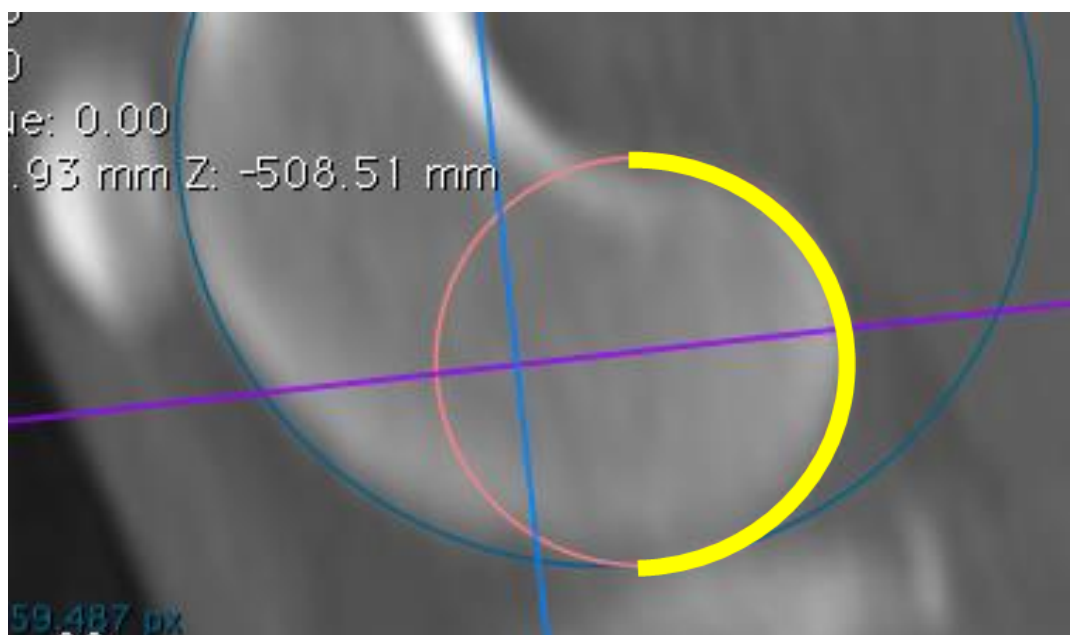


Figure 16 : Méthode de mesure du rayon postérieur des condyles fémoraux (en jaune)

Rayon de courbure antérieur : cercle épousant au mieux la forme du condyle, de la patella jusqu'à la partie la plus distale du condyle, soit la fin de la mesure du premier rayon de courbure.

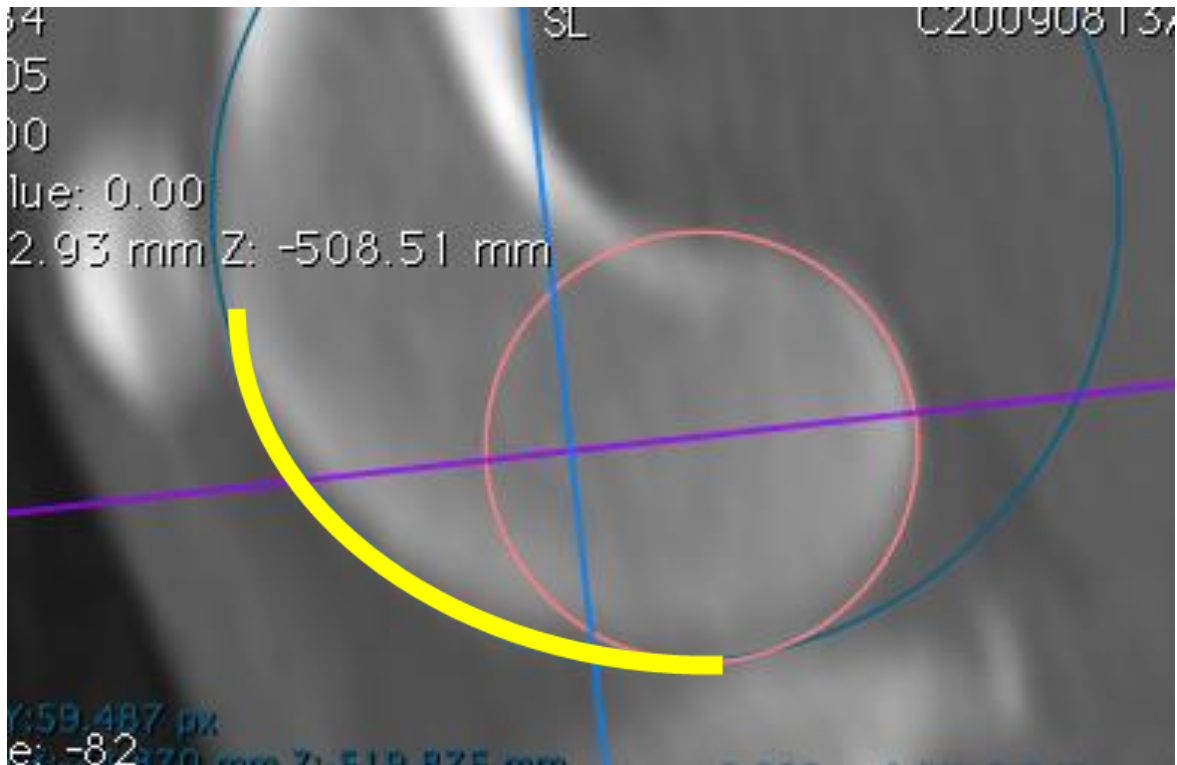


Figure 17 : Méthode de mesure du rayon antérieur des condyles fémoraux (en jaune)

### ***J. Etude statistique***

Les résultats obtenus ont été analysés via deux types de graphiques : des boîtes à moustaches par catégorie de poids, afin d'évaluer la dispersion des mesures, et des nuages de points afin de déterminer s'il existe une corrélation entre le poids du chiens et les mesures.

Nous avons également cherché à comparer les rayons des condyles latéraux et médiaux afin de déterminer si une différence existe, et si celle-ci, le cas échant, est significative ou non. Pour ce faire, au vu du nombre de cas, nous avons utilisé un test non paramétrique de Wilcoxon signé, pour deux échantillons appariés.



## PARTIE 4 : RESULTATS

Les résultats seront présentés sous formes de tableaux avec comme paramètres la moyenne, l'écart type, le minimum, le maximum, la médiane et l'intervalle de confiance. Ces caractéristiques seront présentées d'abord en fonction des catégories de poids, puis en fonction des différents paramètres mesurés.

### I. Tableaux de résultats

*Tableau 1 : Mesures des paramètres pour les chiens de moins de 10 kilogrammes*

0-10 kg	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum	Médiane	IC
<b>Hauteur intercondyalaire (mm)</b>	5,56	1,32	3,79	7,76	5,05	0,47
<b>Largeur intercondyalaire (mm)</b>	4,77	0,84	3,54	5,99	4,90	0,3
<b>Largeur condyle latéral (mm)</b>	6,44	1,15	4,77	8,42	6,10	0,41
<b>Largeur condyle médial (mm)</b>	6,43	1,3	4,76	8,51	6,36	0,46
<b>Largeur épicondylaire (cm)</b>	1,7	0,21	1,44	2,07	1,65	0,07
<b>Largeur de la trochlée (mm)</b>	6,62	1,16	5,49	8,97	5,90	0,41
<b>Profondeur de la trochlée (mm)</b>	1,4	0,26	1,02	1,88	1,38	0,09
<b>Distance antéro-postérieur condyle latéral (cm)</b>	1,81	0,26	1,47	2,16	1,71	0,09
<b>Distance antéro-postérieur condyle médial (cm)</b>	1,77	0,26	1,4	2,17	1,70	0,09
<b>Angle médio-distal (degrés)</b>	85,71	1,07	83,55	87,3	85,84	0,38
<b>Rayon postérieur du condyle latéral (cm)</b>	0,49	0,08	0,37	0,64	0,48	0,06
<b>Rayon antérieur du condyle latéral (cm)</b>	1,13	0,14	0,93	1,37	1,13	0,12
<b>Rayon postérieur du condyle médial (cm)</b>	0,47	0,08	0,35	0,72	0,47	0,06
<b>Rayon antérieur du condyle médial (cm)</b>	1,05	0,16	0,81	1,32	1,08	0,12

Tableau 2 : Mesures des paramètres pour les chiens de 10 à 20 kilogrammes

10-20 kg	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum	Médiane	IC
<b>Hauteur intercondyalaire (mm)</b>	8,44	0,91	7,67	10,21	8,16	0,36
<b>Largeur intercondyalaire (mm)</b>	6,83	0,16	6,46	7,1	6,82	0,06
<b>Largeur condyle latéral (mm)</b>	9,08	0,82	7,54	10,42	9,06	0,33
<b>Largeur condyle médial (mm)</b>	10,48	1,03	8,93	12,31	10,36	0,41
<b>Largeur épicondylaire (cm)</b>	2,65	0,22	2,37	3,02	2,61	0,09
<b>Largeur de la trochlée (mm)</b>	10,01	1	7,98	11,84	10,08	0,4
<b>Profondeur de la trochlée (mm)</b>	2,28	0,39	1,52	2,66	2,44	0,16
<b>Distance antéro-postérieur condyle latéral (cm)</b>	2,76	0,32	2,32	3,32	2,75	0,13
<b>Distance antéro-postérieur condyle médial (cm)</b>	2,79	0,41	2,08	3,25	2,88	0,16
<b>Angle médio-distal (degrés)</b>	86,68	0,97	85,01	88,2	86,76	0,39
<b>Rayon postérieur du condyle latéral (cm)</b>	0,72	0,12	0,59	0,95	0,70	0,09
<b>Rayon antérieur du condyle latéral (cm)</b>	1,72	0,17	1,52	1,98	1,66	0,14
<b>Rayon postérieur du condyle médial (cm)</b>	0,71	0,11	0,60	0,92	0,69	0,09
<b>Rayon antérieur du condyle médial (cm)</b>	1,79	0,20	1,55	2,20	1,74	0,16

Tableau 3 : Mesures des paramètres pour les chiens de 20 à 35 kilogrammes

20-35 kg	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum	Médiane	IC
<b>Hauteur intercondyalaire (mm)</b>	10,7	0,84	8,74	11,88	10,64	0,27
<b>Largeur intercondyalaire (mm)</b>	10,01	1,54	7,15	12,01	10,36	0,5
<b>Largeur condyle latéral (mm)</b>	11,68	0,99	9,52	13,96	11,95	0,32
<b>Largeur condyle médial (mm)</b>	12,96	0,8	11,47	14,07	13,02	0,26
<b>Largeur épicondylaire (cm)</b>	3,34	0,21	2,93	3,6	3,36	0,07
<b>Largeur de la trochlée (mm)</b>	13,76	0,85	12,05	15,32	13,81	0,28
<b>Profondeur de la trochlée (mm)</b>	4,16	0,65	3,01	5,05	4,22	0,21
<b>Distance antéro-postérieur condyle latéral (cm)</b>	3,82	0,41	3,23	4,35	3,97	0,13
<b>Distance antéro-postérieur condyle médial (cm)</b>	3,91	0,33	3,4	4,37	3,96	0,11
<b>Angle médio-distal (degrés)</b>	87,15	1,66	84,41	90,84	86,77	0,54
<b>Rayon postérieur du condyle latéral (cm)</b>	1,00	0,12	0,85	1,30	0,99	0,10
<b>Rayon antérieur du condyle latéral (cm)</b>	2,31	0,34	1,83	3,25	2,20	0,28
<b>Rayon postérieur du condyle médial (cm)</b>	0,91	0,07	0,82	1,06	0,89	0,06
<b>Rayon antérieur du condyle médial (cm)</b>	2,31	0,23	1,94	2,92	2,28	0,19

Tableau 4 : Mesures des paramètres pour les chiens de plus de 35 kilogrammes

35-55 kg	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum	Médiane	IC
<b>Hauteur intercondyalaire (mm)</b>	10,83	0,4	10,15	11,41	10,88	0,23
<b>Largeur intercondyalaire (mm)</b>	12,64	1,38	11,2	14,27	12,50	0,78
<b>Largeur condyle latéral (mm)</b>	13,46	0,53	12,76	14,29	13,40	0,3
<b>Largeur condyle médial (mm)</b>	15,41	0,4	14,69	16,02	15,27	0,23
<b>Largeur épicondylaire (cm)</b>	4,11	0,28	3,74	4,38	4,16	0,16
<b>Largeur de la trochlée (mm)</b>	16,75	1,12	15,02	17,7	17,38	0,64
<b>Profondeur de la trochlée (mm)</b>	5,2	0,27	4,74	5,54	5,23	0,15
<b>Distance antéro-postérieur condyle latéral (cm)</b>	4,73	0,08	4,64	4,84	4,71	0,05
<b>Distance antéro-postérieur condyle médial (cm)</b>	4,81	0,02	4,78	4,84	4,81	0,01
<b>Angle médio-distal (degrés)</b>	87,88	0,5	87,25	88,88	87,75	0,29
<b>Rayon postérieur du condyle latéral (cm)</b>	1,16	0,10	1,01	1,34	1,15	0,08
<b>Rayon antérieur du condyle latéral (cm)</b>	2,70	0,20	2,42	2,87	2,79	0,16
<b>Rayon postérieur du condyle médial (cm)</b>	0,99	0,04	0,93	1,05	0,98	0,03
<b>Rayon antérieur du condyle médial (cm)</b>	2,71	0,11	2,52	2,89	2,72	0,09

Tableau 5 : Mesures des paramètres l'ensemble de l'effectif

Ensemble de l'effectif	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum	Médiane	IC
Hauteur intercondyalaire (mm)	8,67	2,42	3,79	11,88	9,12	0,47
Largeur intercondyalaire (mm)	8,03	2,94	3,54	14,27	7,03	0,57
Largeur condyle latéral (mm)	9,68	2,70	4,77	14,29	9,74	0,52
Largeur condyle médial (mm)	10,74	3,29	4,76	16,02	11,60	0,64
Largeur épicondyalaire (cm)	2,77	0,85	1,44	4,38	2,93	0,17
Largeur de la trochlée (mm)	10,87	3,62	5,49	17,70	10,74	0,70
Profondeur de la trochlée (mm)	2,93	1,44	1,02	5,54	2,54	0,28
Distance antéro-postérieur condyle latéral (cm)	3,01	1,04	1,47	4,84	2,98	0,20
Distance antéro-postérieur condyle médial (cm)	3,12	1,11	1,40	4,84	3,24	0,22
Angle médio-distal (degrés)	86,70	1,44	83,55	90,84	86,70	0,28
Rayon postérieur du condyle latéral (cm)	0,80	0,27	0,37	1,34	0,86	0,05
Rayon antérieur du condyle latéral (cm)	1,84	0,60	0,93	3,25	1,90	0,12
Rayon postérieur du condyle médial (cm)	0,74	0,22	0,35	1,06	0,83	0,04
Rayon antérieur du condyle médial (cm)	1,85	0,63	0,81	2,92	1,94	0,12

Tableau 6 : Mesures de la hauteur intercondyloire

Hauteur intercondyloire (mm)	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum	Médiane	IC
Ensemble de l'effectif	8,76	2,42	3,79	11,88	9,12	0,47
0-10 kg	5,56	1,32	3,79	7,76	5,05	0,47
10-20 kg	8,44	0,91	7,67	10,21	8,16	0,36
20-35 kg	10,70	0,84	8,74	11,88	10,64	0,27
35-55 kg	10,83	0,4	10,15	11,41	10,88	0,23

Tableau 7 : Mesures de la largeur intercondyloire

Largeur intercondyloire (mm)	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum	Médiane	IC
Ensemble de l'effectif	8,03	2,94	3,54	14,27	7,03	0,57
0-10 kg	4,77	0,84	3,54	5,99	4,90	0,3
10-20 kg	6,83	0,16	6,46	7,1	6,82	0,06
20-35 kg	10,01	1,54	7,15	12,01	10,36	0,5
35-55 kg	12,64	1,38	11,2	14,27	12,50	0,78

Tableau 8 : Mesures de la largeur du condyle latéral

Largeur condyle latéral (mm)	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum	Médiane	IC
Ensemble de l'effectif	9,68	2,70	4,77	14,29	9,74	0,52
0-10 kg	6,44	1,15	4,77	8,42	6,10	0,41
10-20 kg	9,08	0,82	7,54	10,42	9,06	0,33
20-35 kg	11,68	0,99	9,52	13,96	11,95	0,32
35-55 kg	13,46	0,53	12,76	14,29	13,40	0,3

Tableau 9 : Mesures de la largeur du condyle médial

Largeur condyle médial (mm)	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum	Médiane	IC
Ensemble de l'effectif	10,74	3,29	4,76	16,02	11,60	0,64
0-10 kg	6,43	1,3	4,76	8,51	6,36	0,46
10-20 kg	10,48	1,03	8,93	12,31	10,36	0,41
20-35 kg	12,96	0,8	11,47	14,07	13,02	0,26
35-55 kg	15,41	0,4	14,69	16,02	15,27	0,23

Tableau 10 : Mesures de la largeur épicondyloaire

Largeur épicondyloaire (cm)	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum	Médiane	IC
Ensemble de l'effectif	2,77	0,85	1,44	4,38	2,93	0,17
0-10 kg	1,7	0,21	1,44	2,07	1,65	0,07
10-20 kg	2,65	0,22	2,37	3,02	2,61	0,09
20-35 kg	3,34	0,21	2,93	3,6	3,36	0,07
35-55 kg	4,11	0,28	3,74	4,38	4,16	0,16

Tableau 11 : Mesures de la largeur de la trochlée

Largeur de la trochlée (mm)	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum	Médiane	IC
Ensemble de l'effectif	10,87	3,62	5,49	17,70	10,74	0,70
0-10 kg	6,62	1,16	5,49	8,97	5,90	0,41
10-20 kg	10,01	1	7,98	11,84	10,08	0,4
20-35 kg	13,76	0,85	12,05	15,32	13,81	0,28
35-55 kg	16,75	1,12	15,02	17,7	17,38	0,64

Tableau 12 : Mesures de la profondeur de la trochlée

Profondeur de la trochlée (mm)	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum	Médiane	IC
Ensemble de l'effectif	2,93	1,44	1,02	5,54	2,54	0,28
0-10 kg	1,4	0,26	1,02	1,88	1,38	0,09
10-20 kg	2,28	0,39	1,52	2,66	2,44	0,16
20-35 kg	4,16	0,65	3,01	5,05	4,22	0,21
35-55 kg	5,2	0,27	4,74	5,54	5,23	0,15

Tableau 13 : Mesures de la distance antéro-postérieure du condyle latéral

Distance antéro-postérieur condyle latéral (cm)	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum	Médiane	IC
Ensemble de l'effectif	3,01	1,04	1,47	4,84	2,98	0,20
0-10 kg	1,81	0,26	1,47	2,16	1,71	0,09
10-20 kg	2,76	0,32	2,32	3,32	2,75	0,13
20-35 kg	3,82	0,41	3,23	4,35	3,97	0,13
35-55 kg	4,73	0,08	4,64	4,84	4,71	0,05

Tableau 14 : Mesures de la distance antéro-postérieure du condyle médial

Distance antéro-postérieur condyle médial (cm)	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum	Médiane	IC
Ensemble de l'effectif	3,12	1,11	1,40	4,84	3,24	0,22
0-10 kg	1,77	0,26	1,4	2,17	1,70	0,09
10-20 kg	2,79	0,41	2,08	3,25	2,88	0,16
20-35 kg	3,91	0,33	3,4	4,37	3,96	0,11
35-55 kg	4,81	0,02	4,78	4,84	4,81	0,01



Tableau 15 : Mesures de l'angle médio-distal

Angle médio-distal (degrés)	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum	Médiane	IC
Ensemble de l'effectif	86,70	1,44	83,55	90,84	86,70	0,28
0-10 kg	85,71	1,07	83,55	87,3	85,84	0,38
10-20 kg	86,68	0,97	85,01	88,2	86,76	0,39
20-35 kg	87,15	1,66	84,41	90,84	86,77	0,54
35-55 kg	87,88	0,5	87,25	88,88	87,75	0,29

Tableau 16 : Mesures du rayon postérieur du condyle latéral

Rayon postérieur du condyle latéral (cm)	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum	Médiane	IC
Ensemble de l'effectif	0,80	0,27	0,37	1,34	0,86	0,05
0-10 kg	0,49	0,08	0,37	0,64	0,48	0,06
10-20 kg	0,72	0,12	0,59	0,95	0,70	0,09
20-35 kg	1,00	0,12	0,85	1,30	0,99	0,10
35-55 kg	1,16	0,10	1,01	1,34	1,15	0,08

Tableau 17 : Mesures du rayon antérieur du condyle latéral

Rayon antérieur du condyle latéral (cm)	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum	Médiane	IC
Ensemble de l'effectif	1,84	0,60	0,93	3,25	1,90	0,12
0-10 kg	1,13	0,14	0,93	1,37	1,13	0,12
10-20 kg	1,72	0,17	1,52	1,98	1,66	0,14
20-35 kg	2,31	0,34	1,83	3,25	2,20	0,28
35-55 kg	2,70	0,20	2,42	2,87	2,79	0,16

Tableau 18 : Mesures du rayon postérieur du condyle médial

Rayon postérieur du condyle médial (cm)	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum	Médiane	IC
Ensemble de l'effectif	0,74	0,22	0,35	1,06	0,83	0,04
0-10 kg	0,47	0,08	0,35	0,72	0,47	0,06
10-20 kg	0,71	0,11	0,60	0,92	0,69	0,09
20-35 kg	0,91	0,07	0,82	1,06	0,89	0,06
35-55 kg	0,99	0,04	0,93	1,05	0,98	0,03

Tableau 19 : Mesures du rayon antérieur du condyle médial

Rayon antérieur du condyle médial (cm)	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum	Médiane	IC
Ensemble de l'effectif	1,85	0,63	0,81	2,92	1,94	0,12
0-10 kg	1,05	0,16	0,81	1,32	1,08	0,12
10-20 kg	1,79	0,20	1,55	2,20	1,74	0,16
20-35 kg	2,31	0,23	1,94	2,92	2,28	0,19
35-55 kg	2,71	0,11	2,52	2,89	2,72	0,09

## II. Analyse statistique

### A. Hauteur intercondyloire

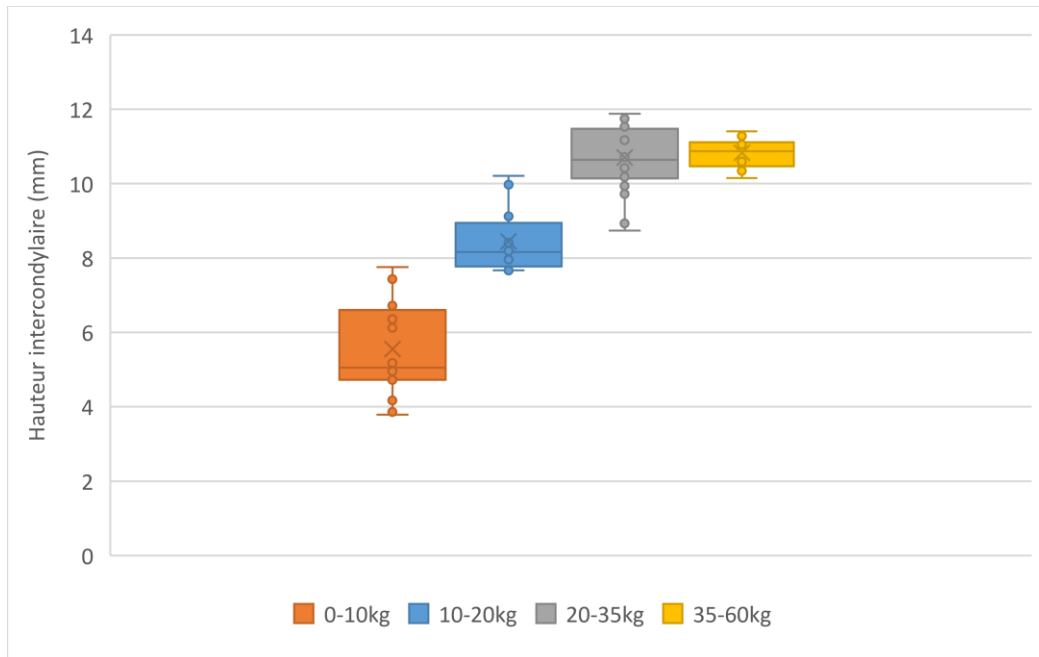


Figure 18 : Répartition des hauteurs intercondyloires par catégorie de poids

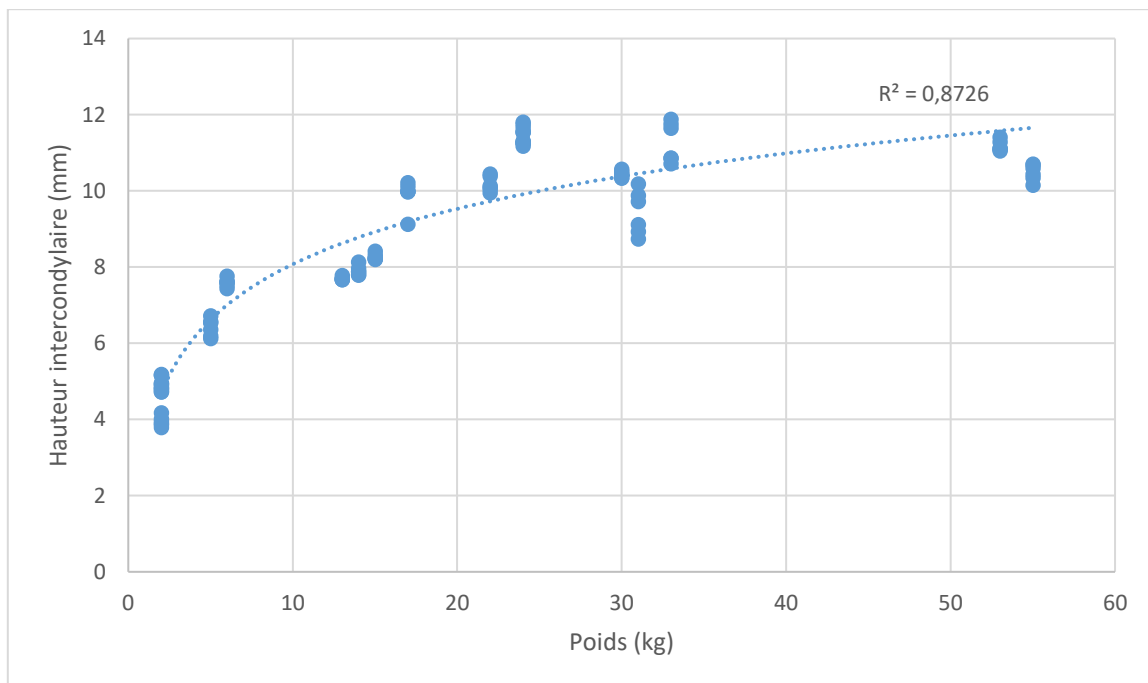


Figure 19 : Courbe de tendance de la hauteur intercondyloire en fonction du poids

La hauteur intercondyloire a montré une corrélation positive logarithmique avec le poids du chien.

## B. Largeur intercondyloire

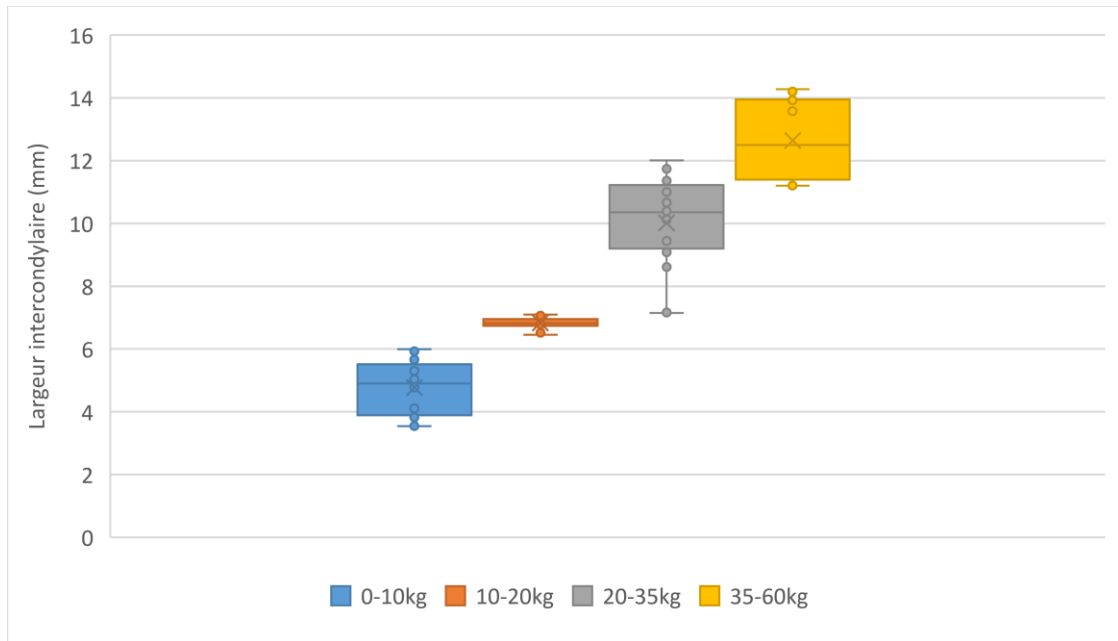


Figure 20 : Répartition des largeurs intercondyloires par catégorie de poids

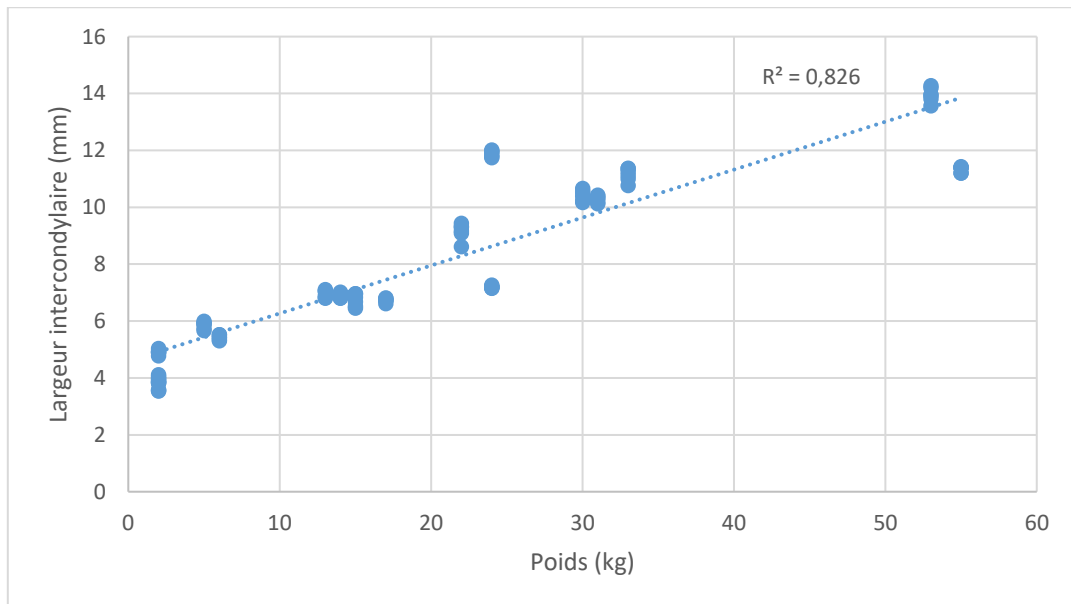


Figure 21 : Courbe de tendance de la largeur intercondyloire en fonction du poids

La largeur intercondyloire a montré une corrélation positive linéaire avec le poids du chien.

### C. Largeur des condyles

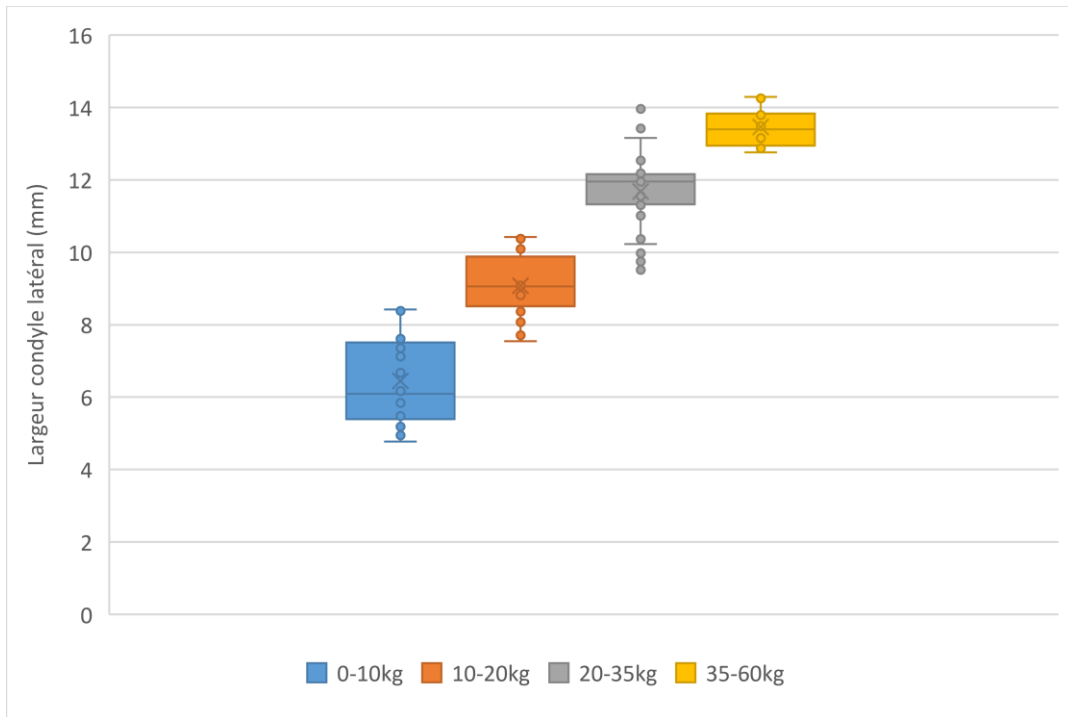


Figure 22 : Répartition des largeurs du condyle latéral par catégorie de poids

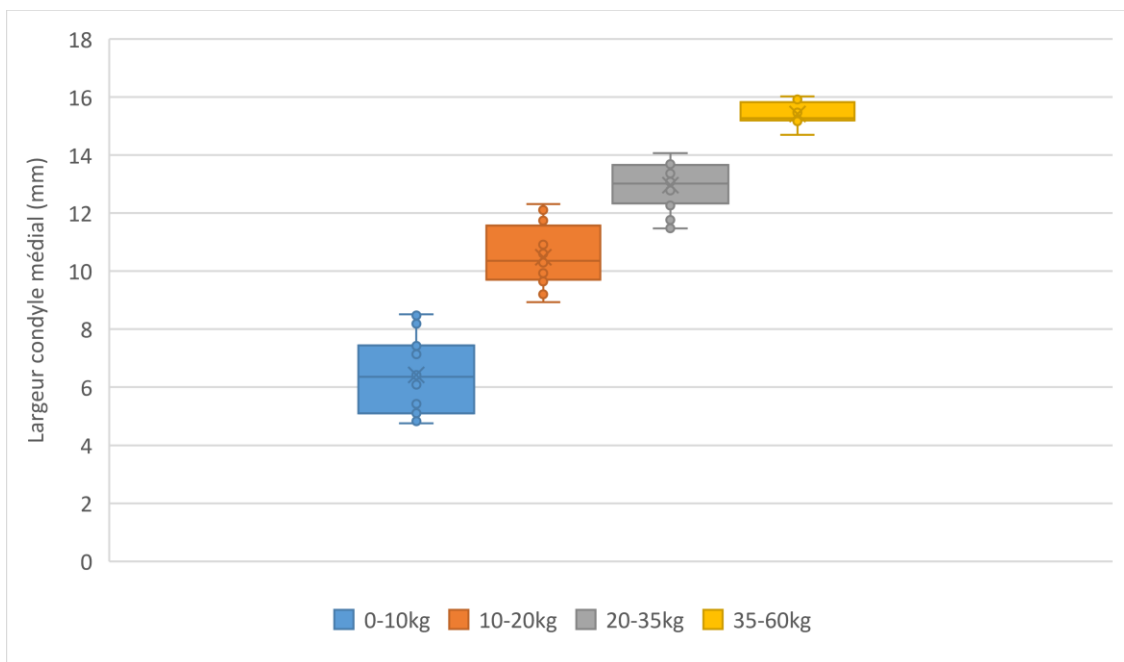


Figure 23 : Répartition des largeurs du condyle médial par catégorie de poids

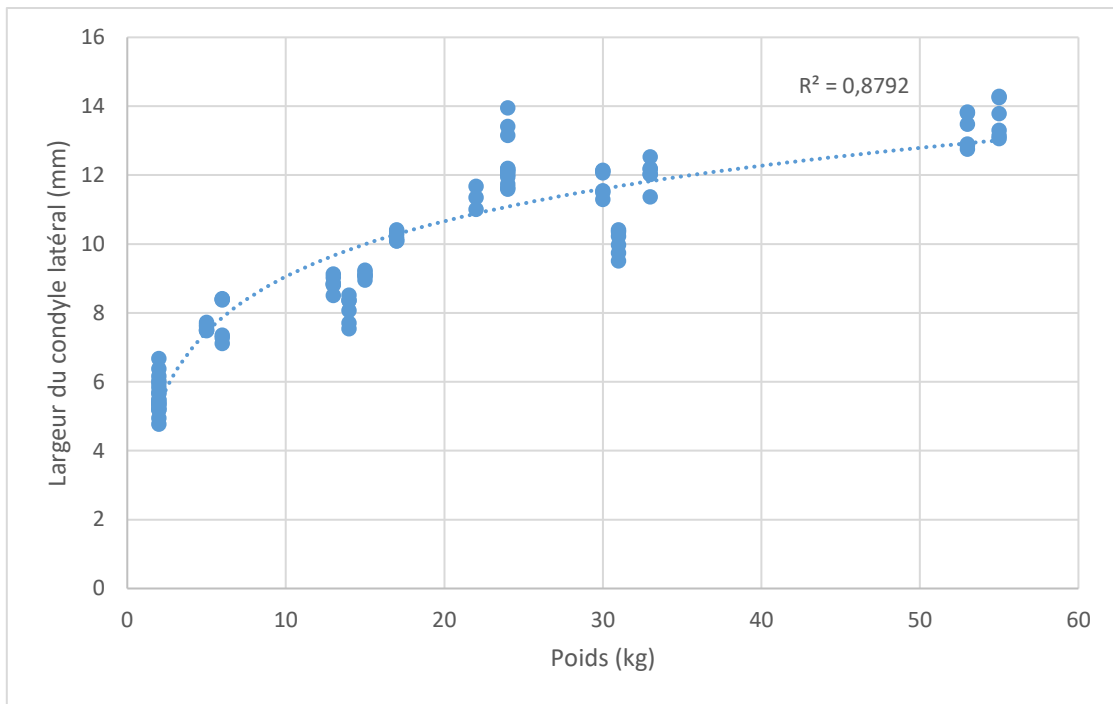


Figure 24 : Courbe de tendance de la largeur du condyle latéral en fonction du poids

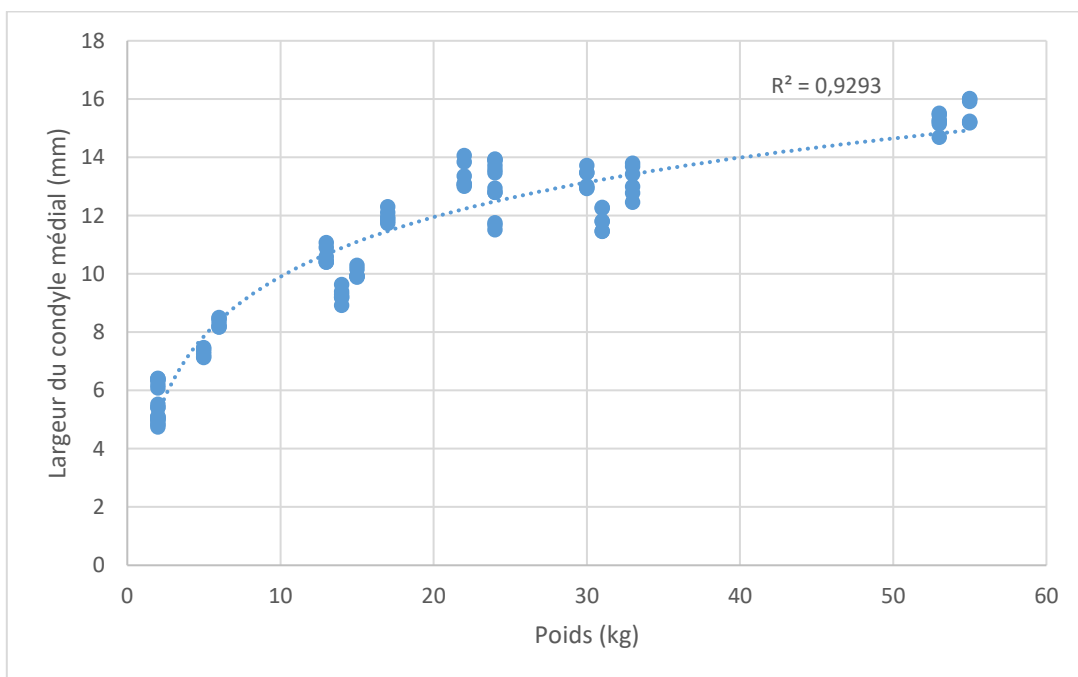


Figure 25 : Courbe de tendance de la largeur du condyle médial en fonction du poids

La largeur des condyles fémoraux a montré une corrélation positive logarithmique avec le poids du chien.

De plus, le condyle médial était plus large que le condyle latéral. Or en pratique c'est le condyle latéral qui est plus large. Cette différence est peut-être liée à la méthode de mesure utilisée.

### D. Largeur épicondyalaire

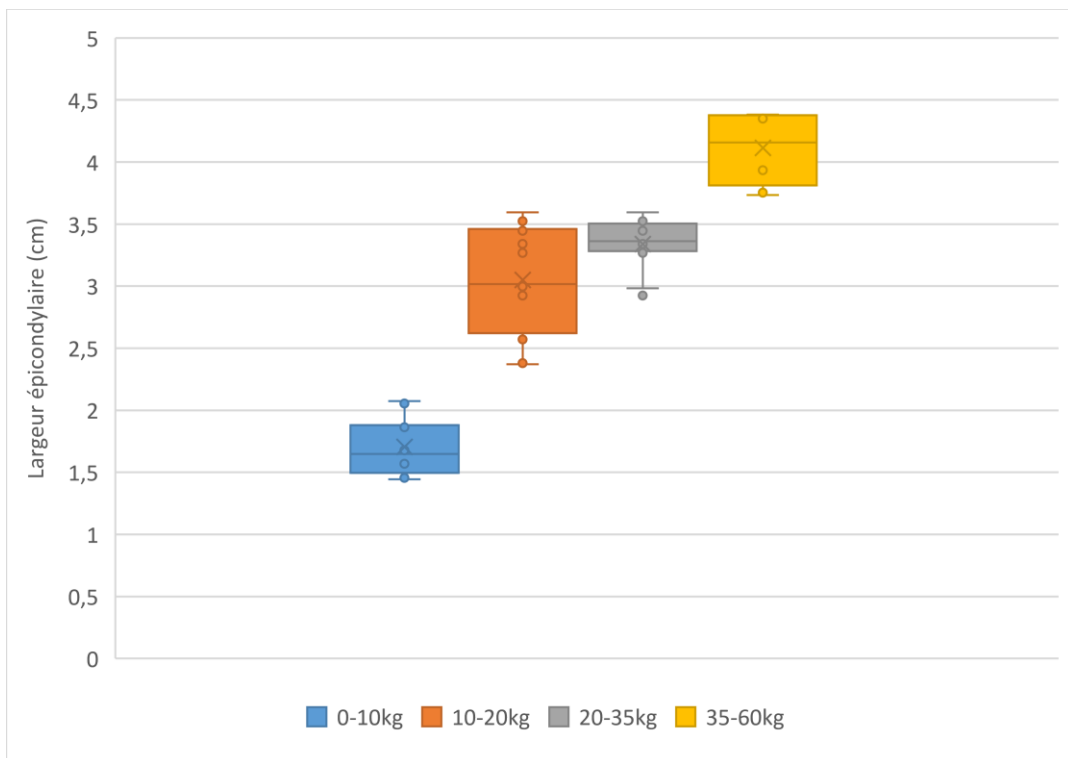


Figure 26 : Répartition des largeurs épicondyalaires par catégorie de poids

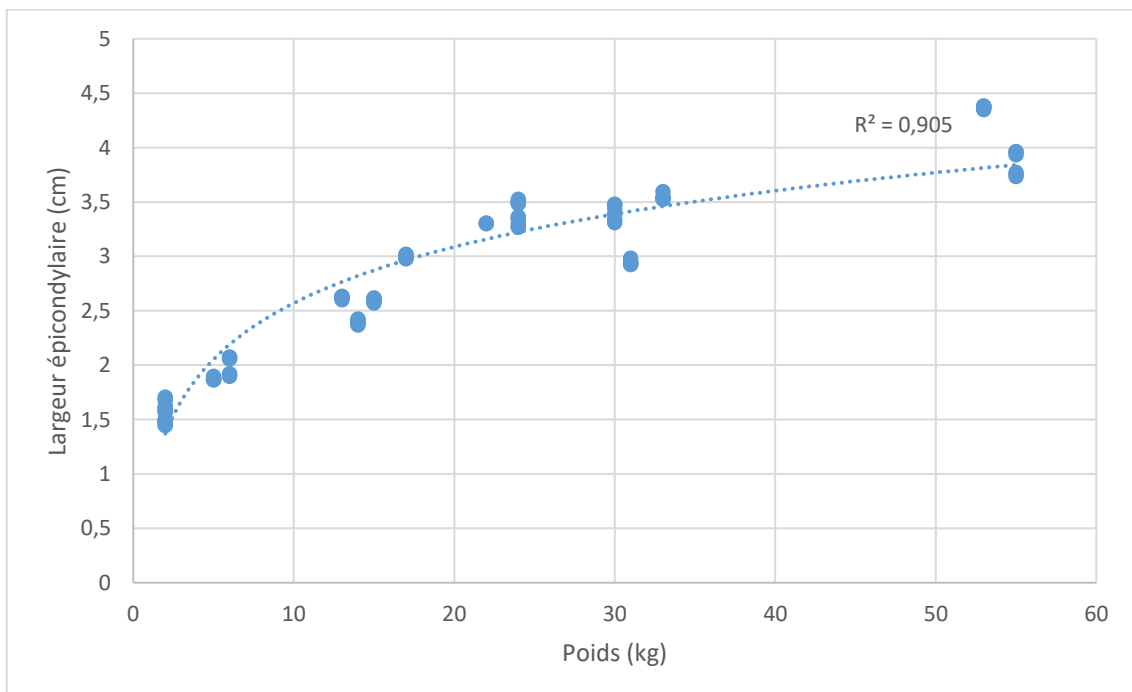


Figure 27 : Courbe de tendance de la largeur épicondyalaire en fonction du poids

La largeur épicondyalaire a montré une corrélation positive logarithmique avec le poids du chien

### E. Largeur et hauteur de la trochlée

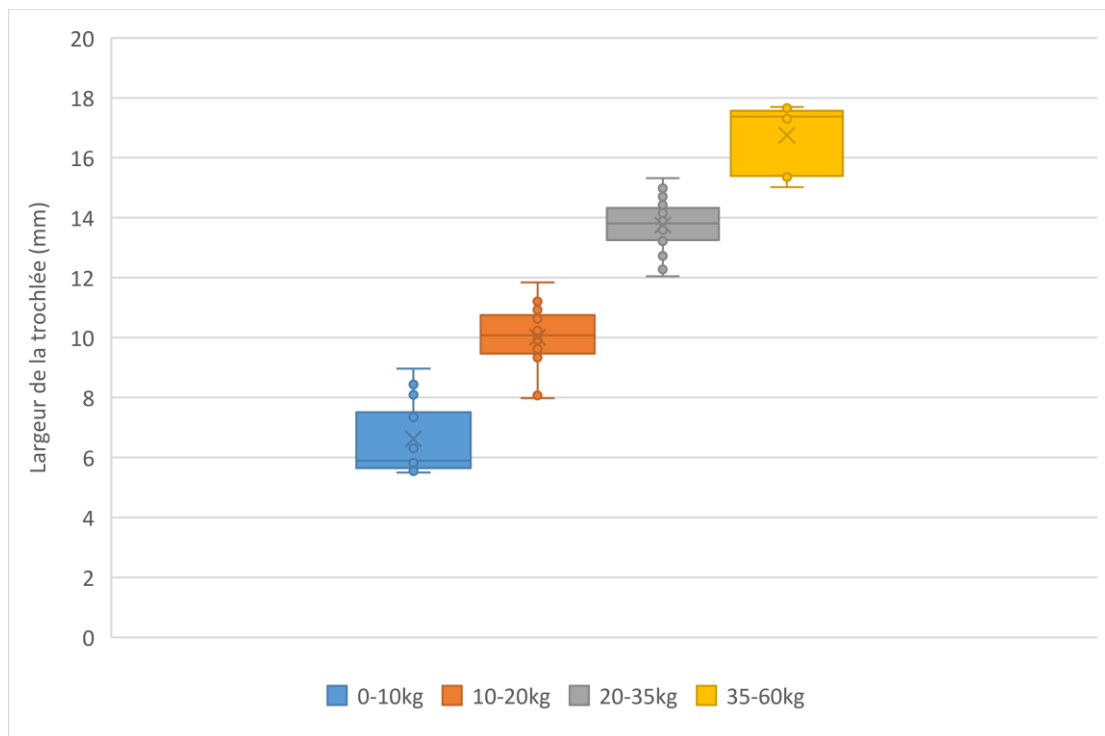


Figure 28 : Répartition des largeurs de la trochlée par catégorie de poids

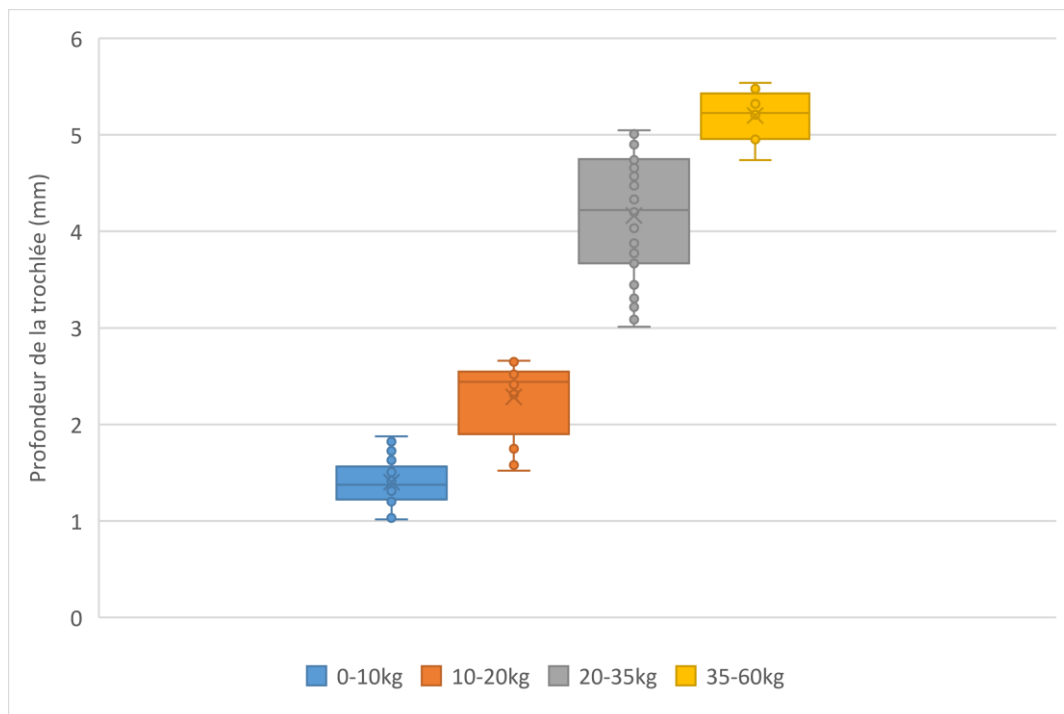


Figure 29 : Répartition des profondeurs de la trochlée par catégorie de poids



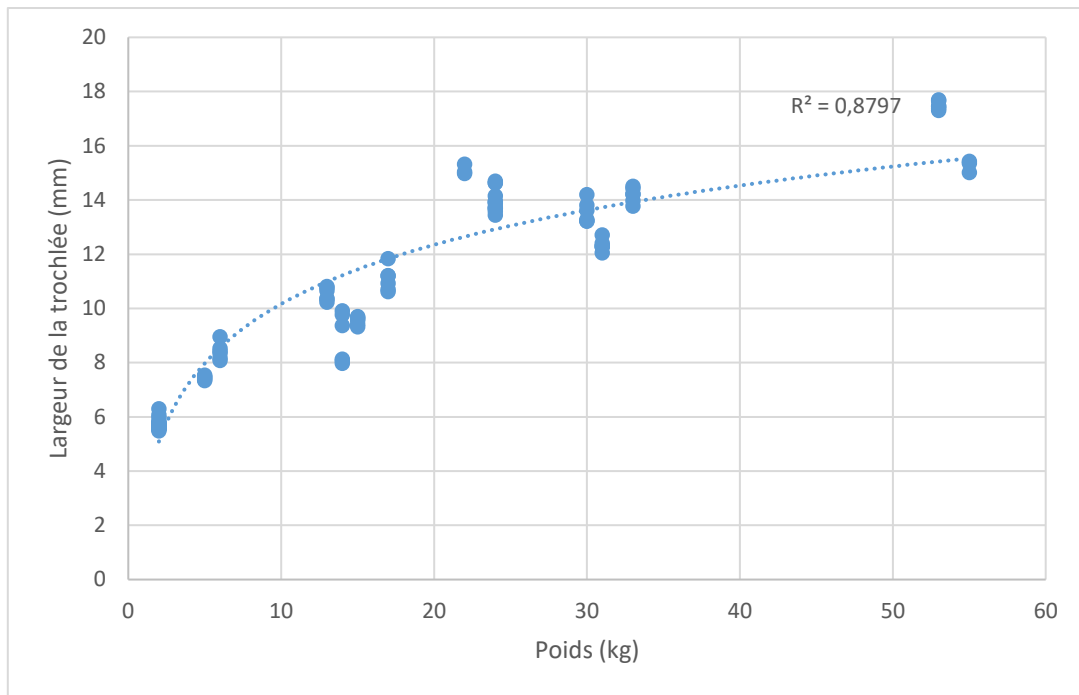


Figure 30 : Courbe de tendance de la largeur de la trochlée en fonction du poids

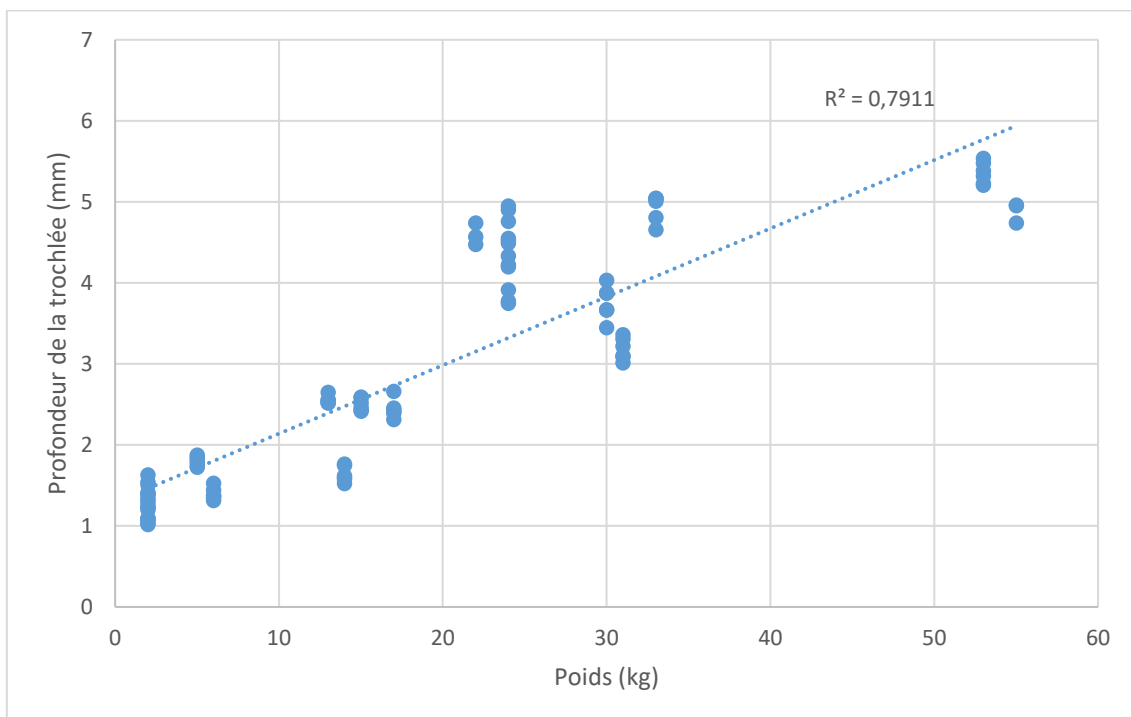


Figure 31 : Courbe de tendance de la profondeur de la trochlée en fonction du poids

La largeur de la trochlée a montré une corrélation positive logarithmique avec le poids du chien.

La profondeur de la trochlée quant à elle, a montré une corrélation positive linéaire avec le poids du chien.

## F. Distance antéro-postérieure des condyles

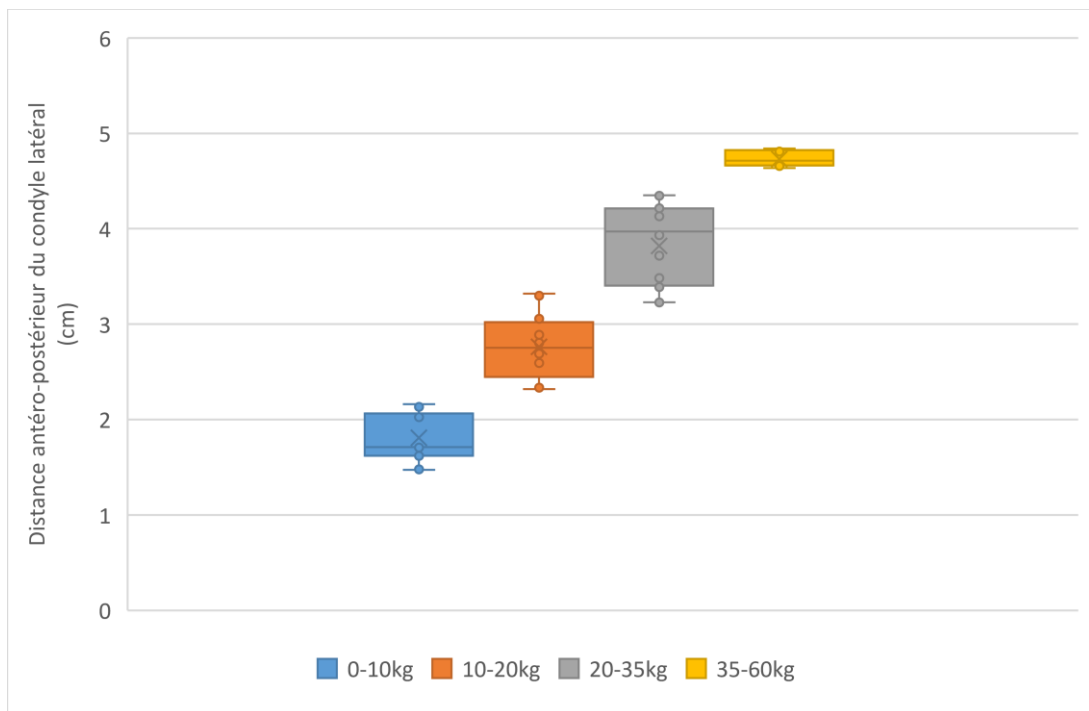


Figure 32 : Répartition des distances antéro-postérieure du condyle latéral par catégorie de poids

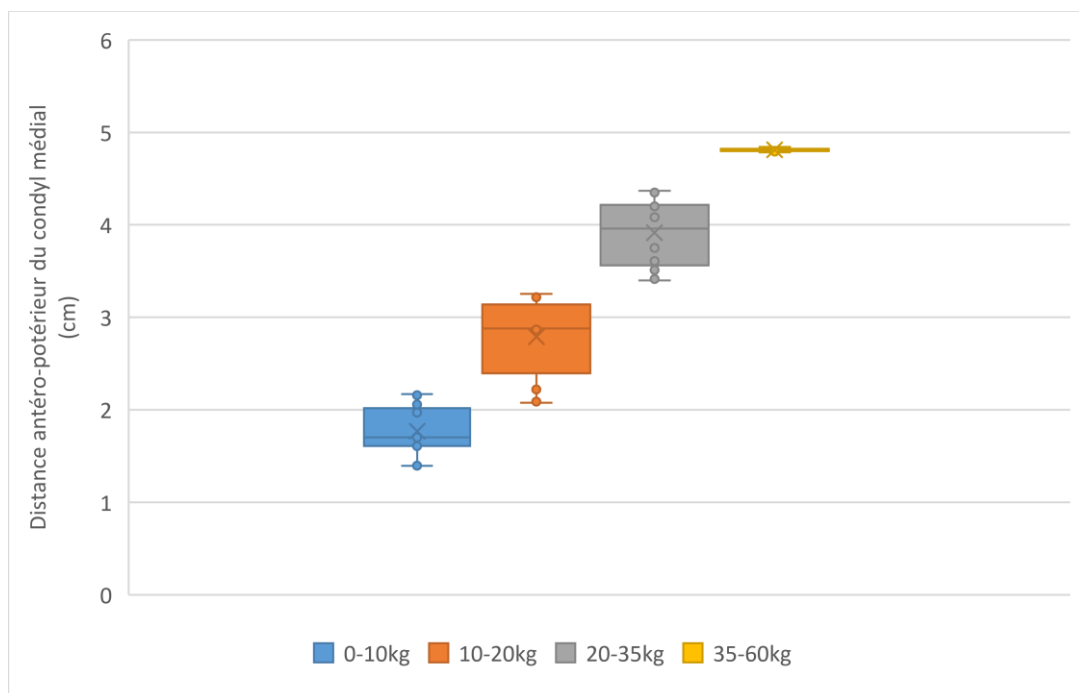


Figure 33 : Répartition des distances antéro-postérieure du condyle médial par catégorie de poids

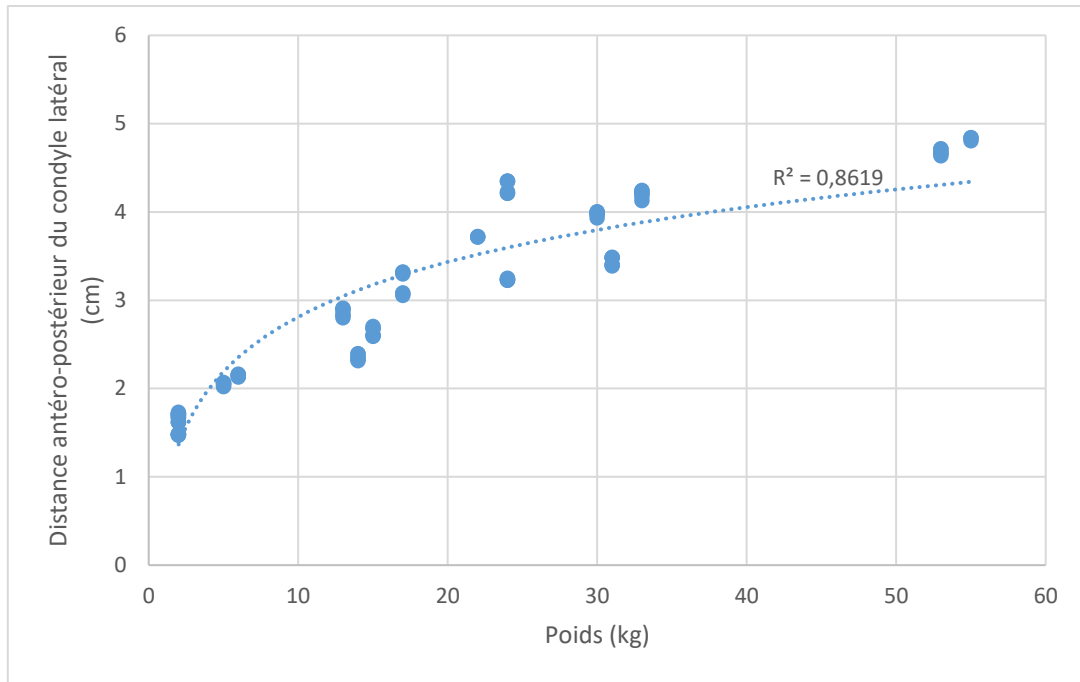


Figure 34 : Courbe de tendance de la distance antéro-postérieure du condyle latéral en fonction du poids

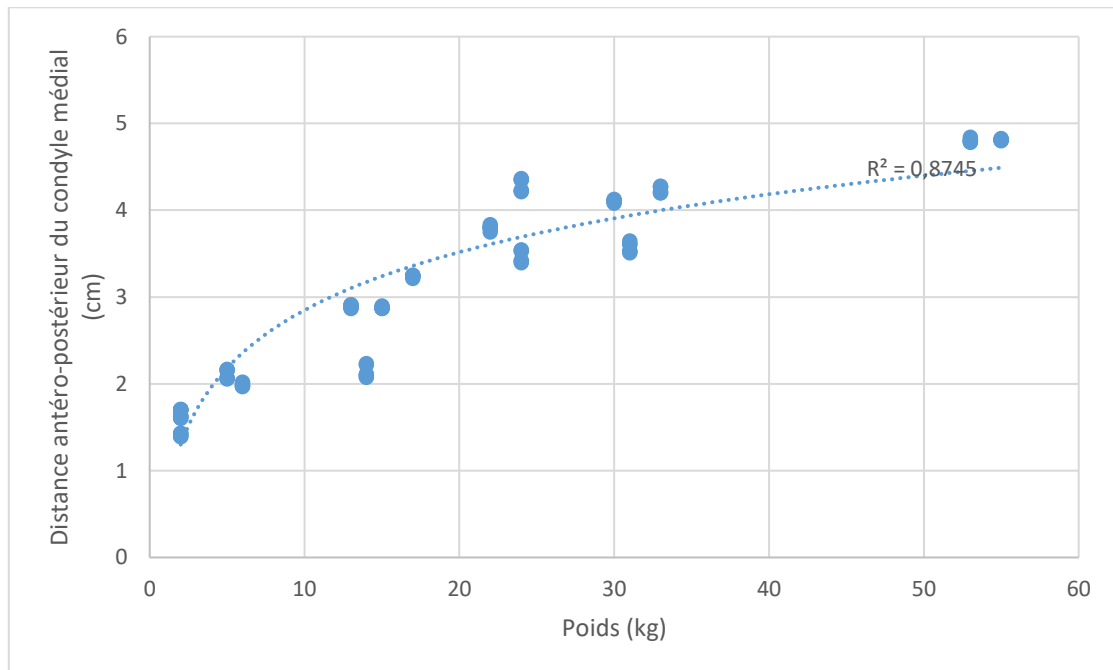


Figure 35 : Courbe de tendance de la distance antéro-postérieure du condyle médial en fonction du poids

La distance antéro-postérieure des condyles a montré une corrélation positive logarithmique avec le poids du chien.

### G. Angle médial distal

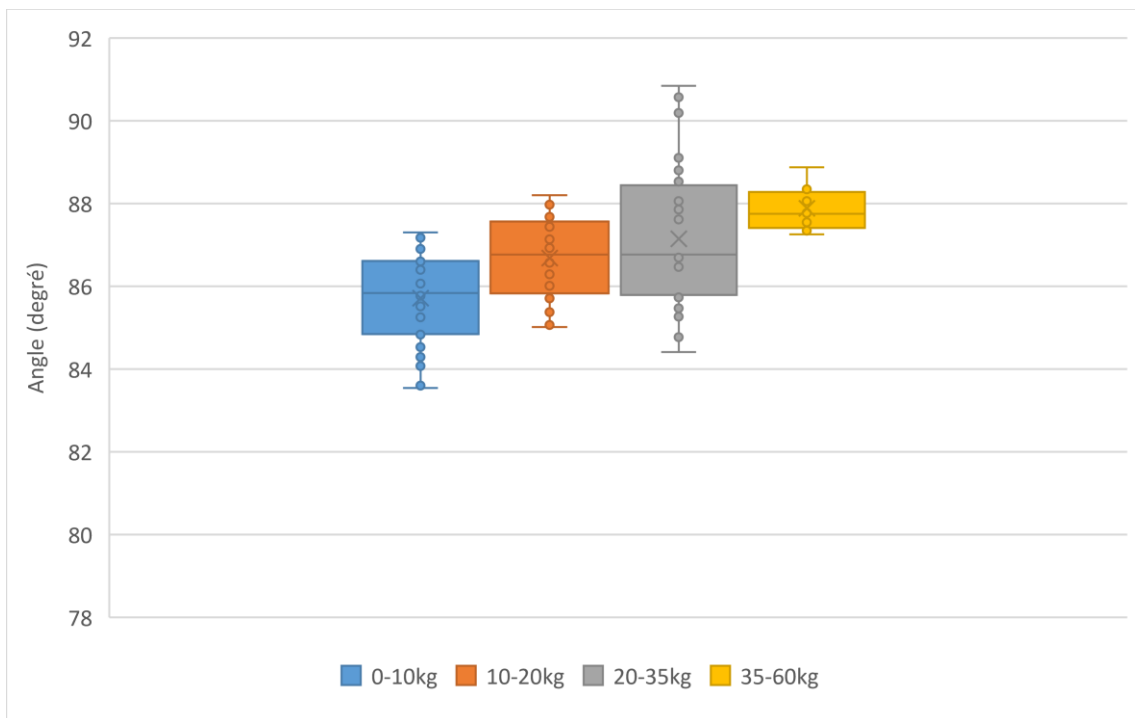


Figure 36 : Répartition des angles médio-distaux par catégorie de poids

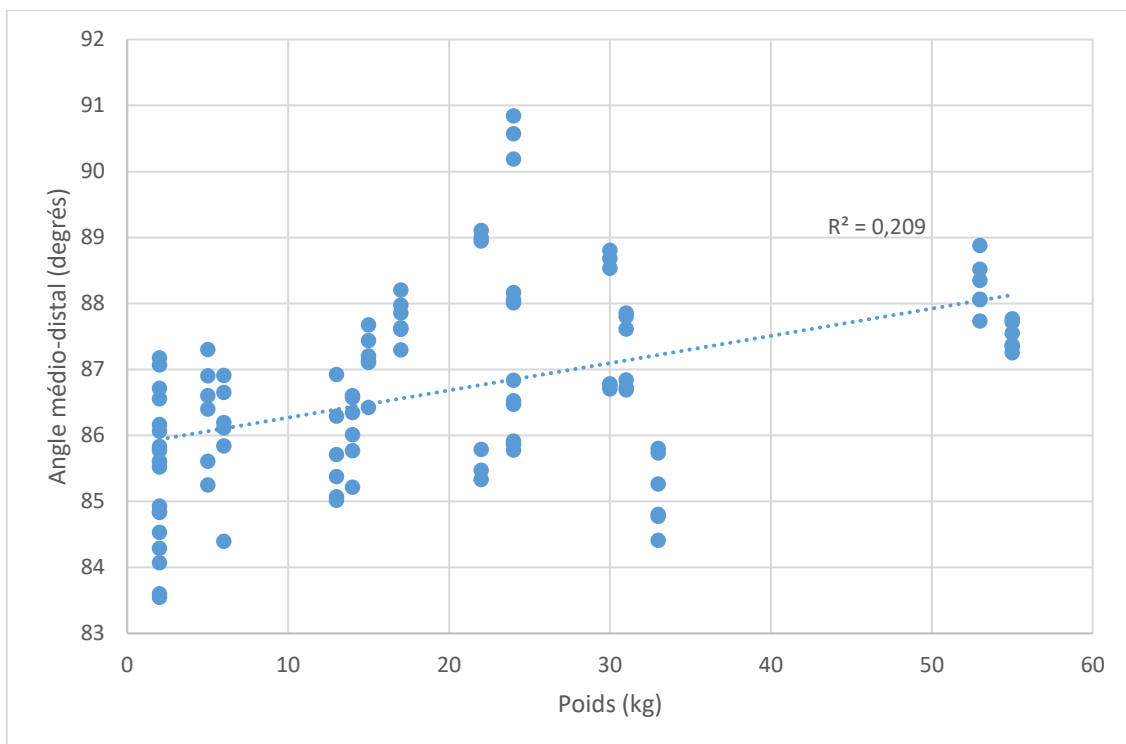


Figure 37 : Courbe de tendance de l'angle médio-distal en fonction du poids

L'angle médio-distal n'a pas montré de corrélation significative avec le poids du chien.

## H. Rayon des condyles fémoraux

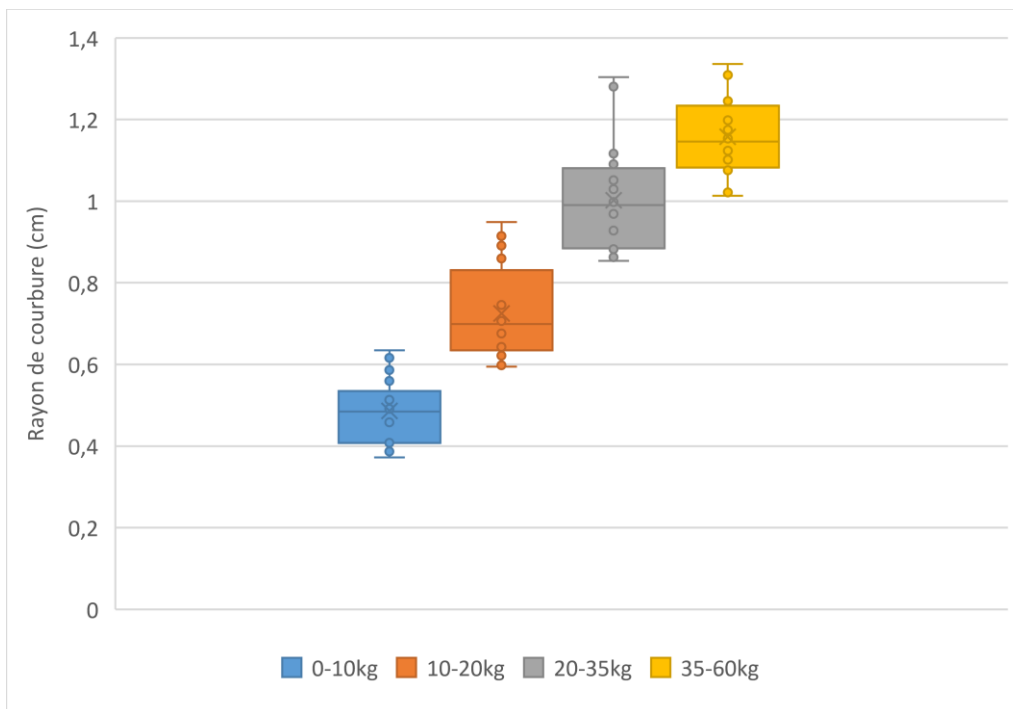


Figure 38 : Répartition des rayons postérieurs du condyle latéral par catégorie de poids

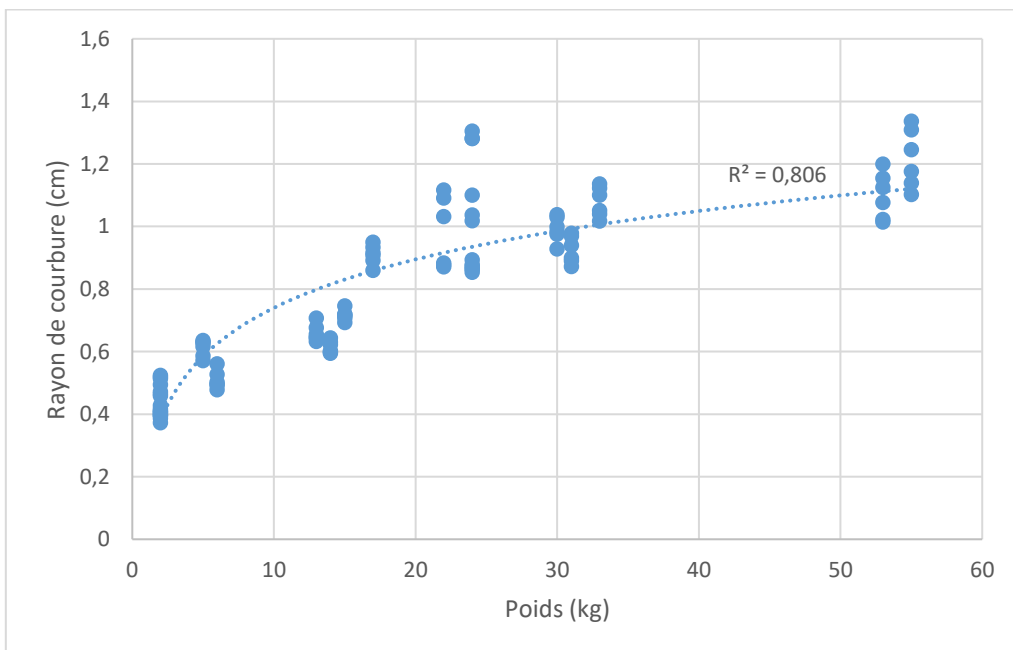


Figure 39 : Courbe de tendance rayon postérieur du condyle latéral en fonction du poids

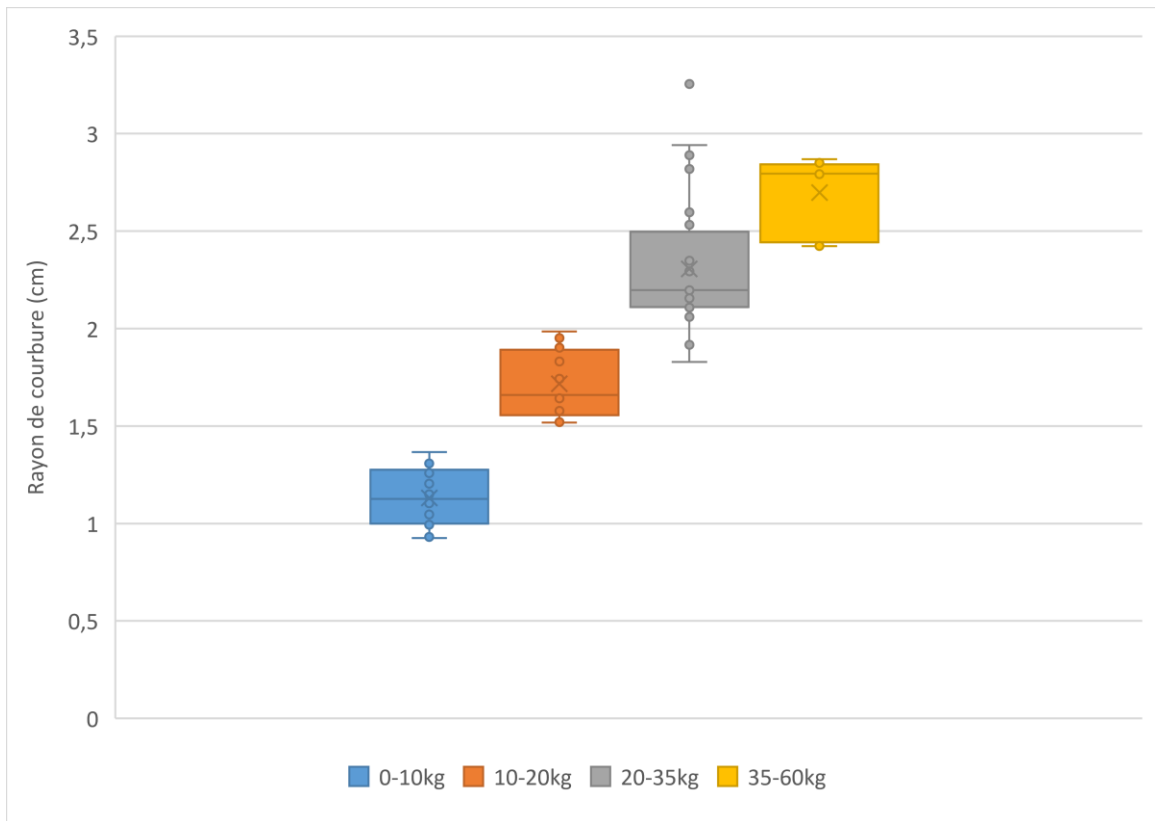


Figure 40 : Répartition des rayons antérieurs du condyle latéral par catégorie de poids

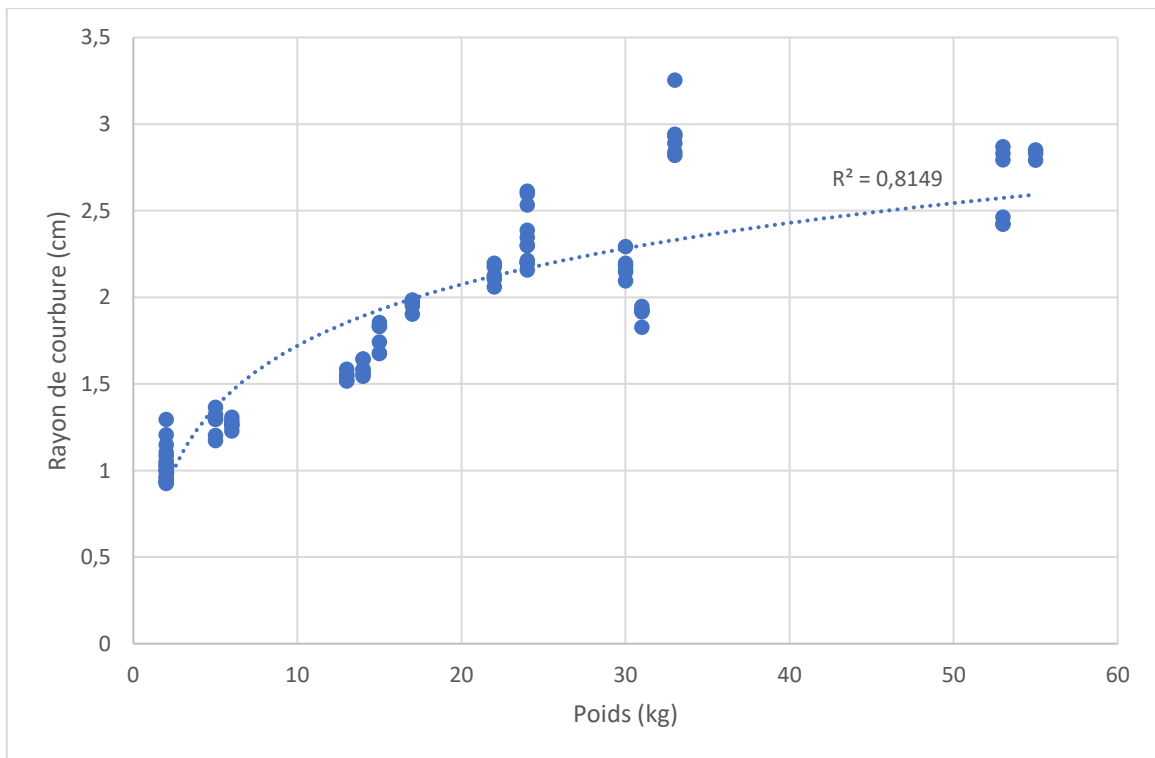


Figure 41 : Courbe de tendance du rayon antérieur du condyle latéral en fonction du poids

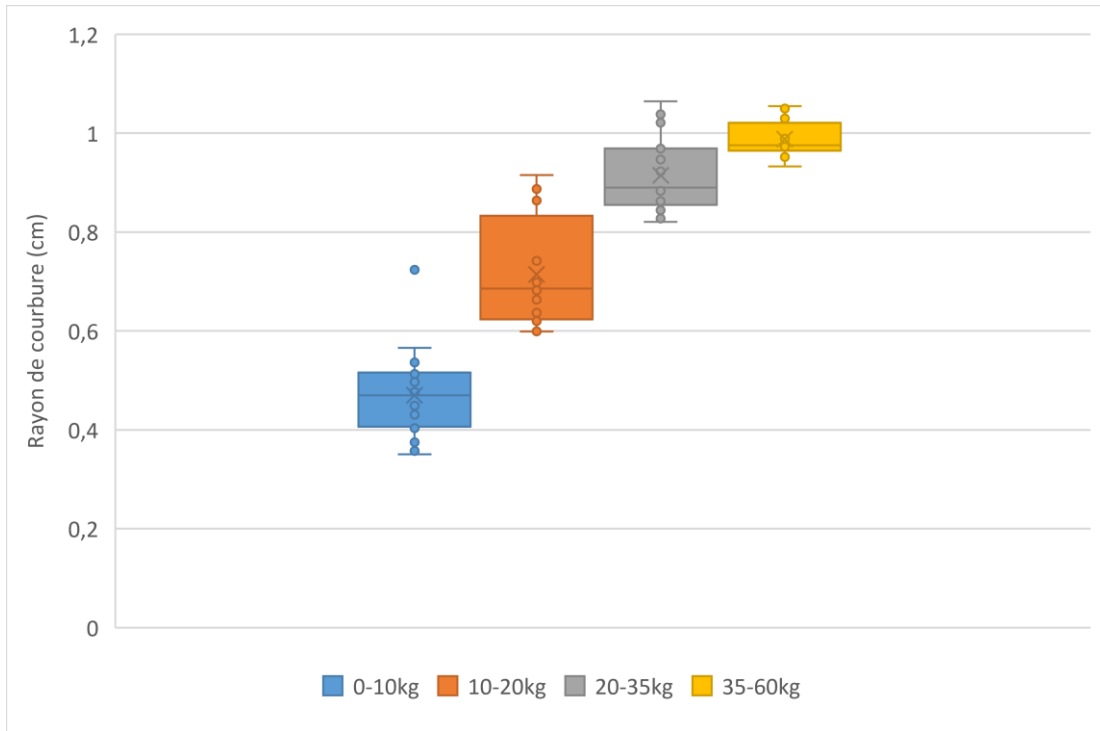


Figure 42 : Répartition des rayons postérieurs du condyle médial par catégorie de poids

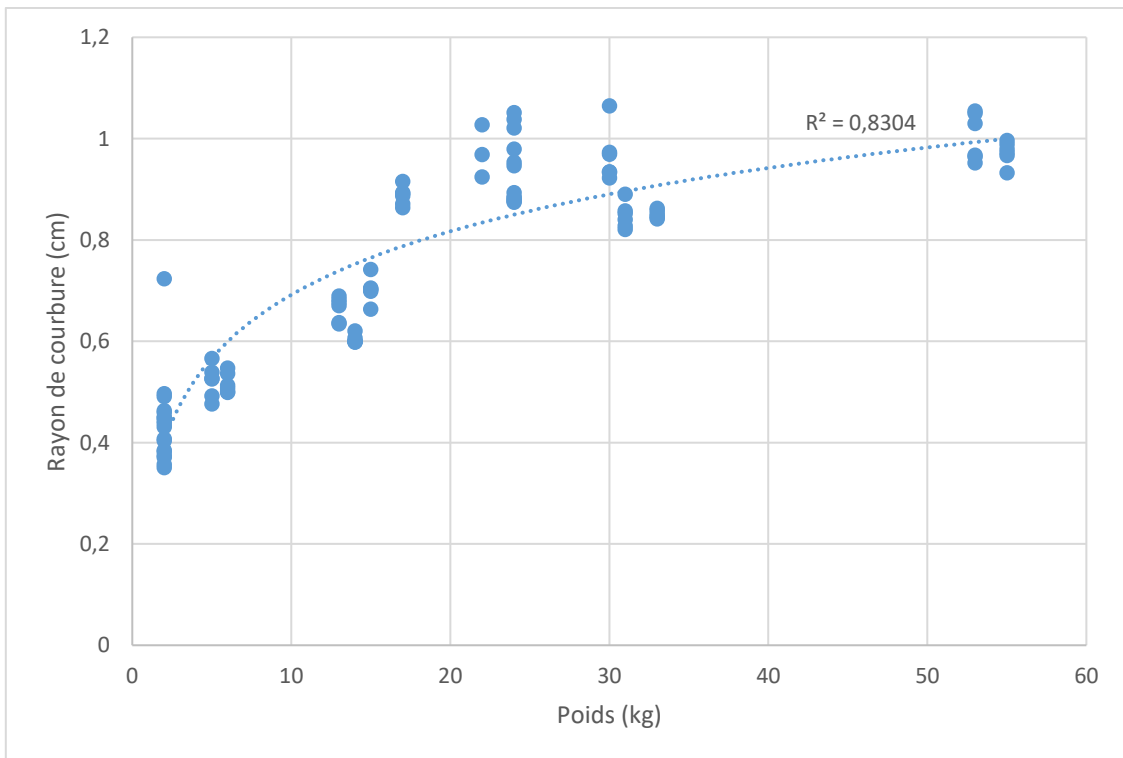


Figure 43 : Courbe de tendance du rayon postérieur du condyle médial en fonction du poids

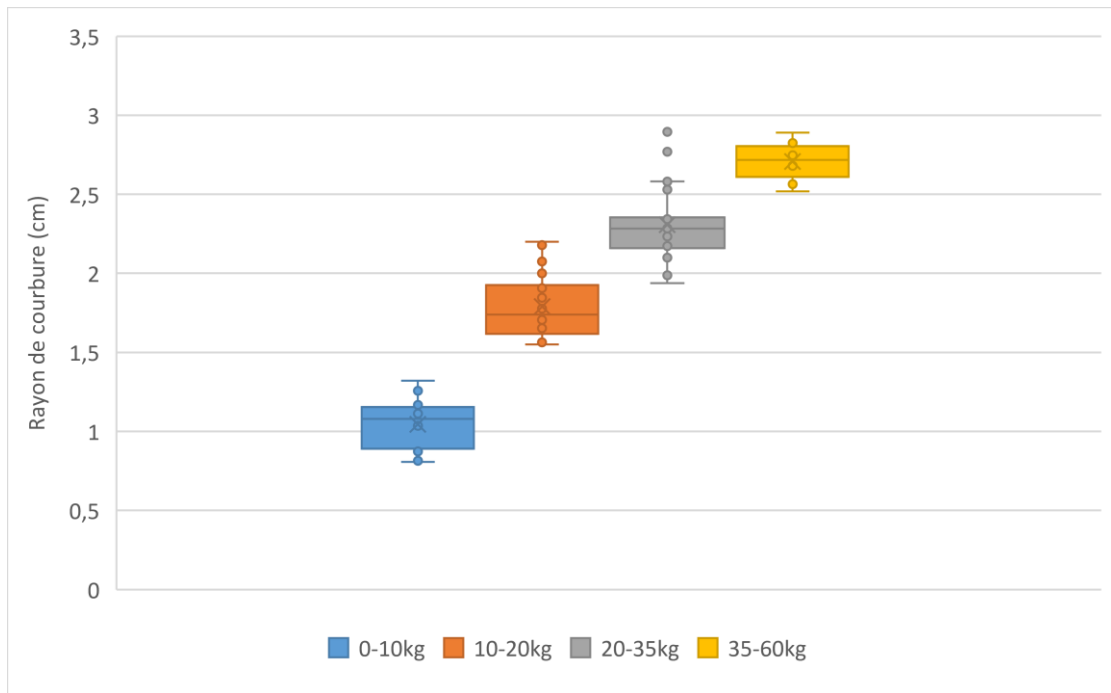


Figure 44 : Répartition des rayons antérieurs du condyle médial par catégorie de poids

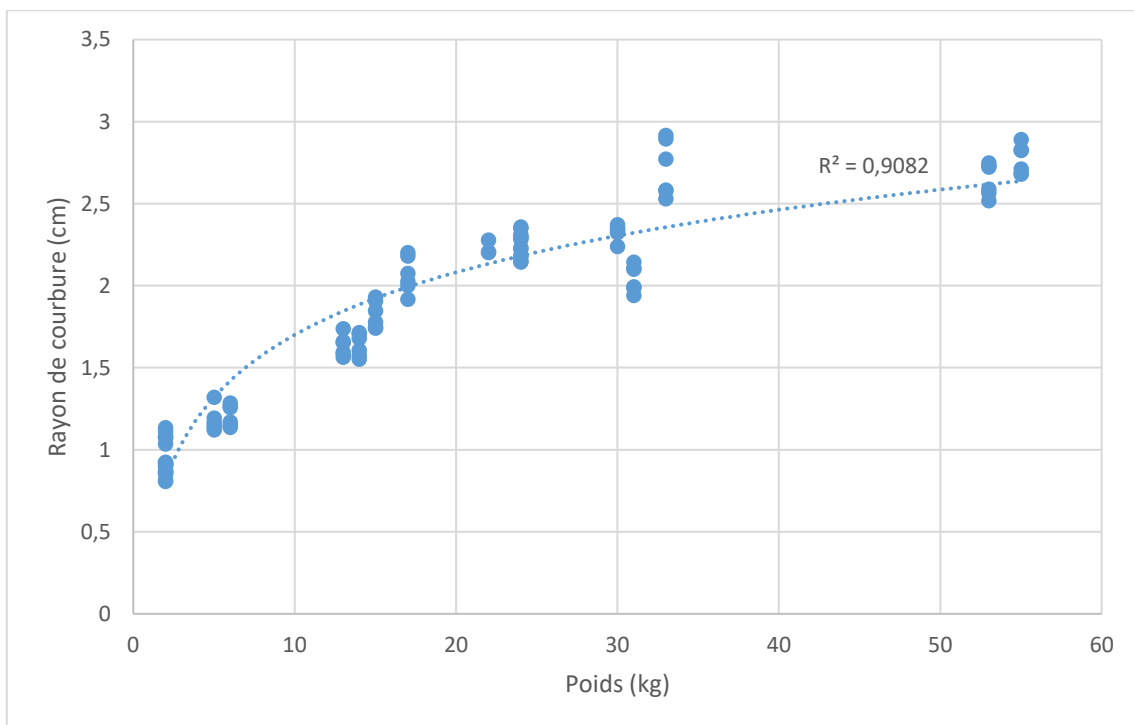


Figure 45 : Courbe de tendance du rayon antérieur du condyle médial en fonction du poids

Les différents rayons des condyles fémoraux ont montré une corrélation positive logarithmique avec le poids du chien.



Nous avons également comparé les rayons de courbure des condyles latéraux et médiaux. Nous avons remarqué que le condyle latéral présente un rayon postérieur plus grand que le condyle médial.

Tableau 20 : Comparaison des rayons entre le condyle latéral et médial

	Rayon antérieur latéral	Rayon antérieur médial	p-value	Rayon postérieur latéral	Rayon postérieur médial	p-value
Ensemble de l'effectif	1,84	1,85	0,834	0,80	0,74	<0,0001*
0-10 kg	1,13	1,05	<0,0001*	0,49	0,47	0,005*
10-20 kg	1,72	1,79	0,0003*	0,72	0,71	0,323
20-35 kg	2,31	2,31	0,934	1,00	0,91	<0,0001*
35-60 kg	2,70	2,71	0,844	1,16	0,99	0,003*

\* : Différence significative ( $p$ -value < 0,05)

Avec le test de Wilcoxon, nous avons remarqué des différences significatives principalement pour le rayon postérieur, dans l'effectif global et dans les catégories de poids de plus de 20 kg. Quant au rayon antérieur, la différence semblait significative uniquement sur les chiens de moins de 20 kg.

## PARTIE 5 : DISCUSSION

### I. Interprétation des résultats

Nous remarquons que la plupart des paramètres montrent une corrélation positive avec le poids du chien. Le plus souvent les corrélations sont logarithmiques (non linéaires mais monotones), ainsi sur des chiens de petit gabarit, les dimensions du fémur augmentent plus rapidement avec le poids que sur des chiens de grand gabarit. De ce fait lors de la préparation de la prothèse, la marge d'erreur est plus étroite sur des chiens de petit gabarit que sur des chiens de grand gabarit.

Un seul paramètre ne semble pas affecté par le poids : l'angle anatomique médio-distale du fémur. Ceci semble assez intuitif, car même si le fémur grandit en taille avec le poids du chien, il garde la même disposition dans la patte d'un chien à un autre, pour conserver la biomécanique du membre.

Concernant les rayons de courbure, le rayon du condyle fémoral est plus serré sur sa face antérieure que sur sa face postérieure. On a donc un rayon des condyles fémoraux qui n'est pas constant sur toute sa surface articulaire. Aussi nous pourrions nous demander s'il serait intéressant de réaliser des implants asymétriques gauche et droite étant donné que le rayon des condyles latéral et médial sont significativement différents, en particulier pour le rayon postérieur.

### II. Comparaison avec la littérature

#### *A. Dimensions de l'espace intercondyloire*

Fitch et al (Fitch et al. 1995) ont mesuré la largeur de l'espace intercondyloire sur des chiens d'un poids moyen de 20 kg environ. Trois mesures ont été réalisées, une crâniale, une centrale et une caudale. Ils obtiennent respectivement 8, 10 et 12 mm de moyenne. Pour nos chiens aux alentours de 20 kg (trois chiens, entre 22 et 24 kg), les valeurs sont semblables, entre 7 et 12 mm.

Ils ont également mesuré la profondeur de cet espace avec des résultats variés pour la moyenne de 11,8 mm (pour les chiens croisés) à 13,6 mm (pour les Greyhound). Dans notre étude les chiens entre 20 et 35 kg présentent une profondeur intercondyloire moyenne de 10,7 mm. Cette différence pourrait s'expliquer par la technique de mesure :

Fitch et al effectuent des mesures sur images radiographiques de l'os isolé, tandis que nos mesures sont effectuées in vivo sur images tomodensitométriques.

Cette mesure est importante notamment chez l'humain car l'encoche intercondyloire fémorale est un repère précis et reproductible pour guider la profondeur de la résection du fémur distal dans la PTG (Prothèse Totale du Genou) (Hsu et al. 2021)

Ainsi nos résultats sont similaires à la littérature même si certaines mesures ne sont pas réalisées de la même façon ou sur le même type de matériaux.

### ***B. Distance antéro-postérieure des condyles (grands chiens)***

Belhaoues et al ont mesuré la profondeur du fémur distal, du point le plus crânial au plus caudal, sur des Bergers Allemand. Ces mesures sont très similaires à nos mesures de la distance antéro-postérieure des condyles. Nos mesures sont semblables à celle de cette étude, pour les chiens de plus de 35 kg. (Belhaoues et al. 2020)

### ***C. Largeur épicondyloire***

Ici les auteurs (Belhaoues et al. 2020) mesurent plus précisément la largeur du fémur en région distale, cette mesure se rapprochant de la distance séparant les épicondyles, les valeurs sont similaires à nos mesures. Leurs mesures ont été effectuées sur des Bergers Allemands, résultats semblables à nos valeurs dans la catégorie des plus de 35 kg.

Belhaoues et al mettent également en évidence dans leur étude un dimorphisme sexuel. En effet les mâles semblent avoir des os de plus grandes dimensions que les femelles. Ne connaissant pas le sexe des chiens intégrés dans nos mesures, nous ne pouvons tenter de mettre en évidence un quelconque dimorphisme sexuel.

### ***D. Hauteur de la trochlée***

Nos résultats sont comparables aux résultats de Nicetto et Al (Nicetto et al. 2020), avec un nombre de cas similaire et une gamme du poids similaire.

Dans cette étude, les auteurs ont procédé à trois mesures différentes sur chaque trochlée : à 25 %, 50 % et 75 % de la longueur sagittale de la patella. En moyenne, nos mesures, réalisées

sur un seul point, sont similaires à leurs résultats à 50 % de la longueur de la patella (nommée P50 dans l'étude). En effet nous obtenons une moyenne de 2,96 +/- 1,44 mm, tandis que Nicetto et Al trouvent une moyenne à 2,79 +/- 0,9. Les auteurs estiment que ce point de mesure est le plus pertinent pour évaluer la profondeur de la trochlée fémorale (d'un point de vue de sa précision), et qu'il est l'endroit où la trochlée fémorale est la plus profonde. Ils estiment également que les mesures par tomodensitométrie sont suffisamment fiables pour être utilisées à des fins de préparation préopératoires.

Il pourrait être intéressant de mesurer la profondeur de la trochlée fémorale sur toute sa longueur, afin d'avoir une reconstitution plus fidèle lors de la pose de prothèse de genou. Il est important de noter que les chiens intégrés à l'étude étaient des chiens en bonne santé. Ainsi les résultats pourraient varier sur des chiens présentant des luxations de rotules récurrentes, pouvant occasionner des déformations de la trochlée fémorale avec des productions ou déformations osseuses. Dans le cas où un chien présente une trochlée déformée en lien avec une maladie (luxations répétées par exemple), nos mesures pourraient ne pas correspondre.

### ***E. Angle médio-distal***

Pour ce qui est de l'angle médio-distal, il existe deux techniques de mesure : l'angle anatomique et l'angle mécanique. Dans les deux cas, la première droite de mesure est la droite passant par les deux points les plus caudaux des condyles fémoraux. Pour l'angle anatomique, la seconde droite passe par le milieu du fût fémoral sur toute sa longueur. Pour l'angle mécanique, c'est la droite passant par le centre de la tête fémorale et le milieu de l'espace intercondyloire.

Ce sont les techniques utilisées chez Tomlinson (Tomlinson et al. 2007), or ces deux techniques ne sont pas pratiques à réaliser sur des images tomodensitométriques. En effet en vue MRP, il est difficile d'obtenir sur une même image toutes ces structures servant de repère. Elles sont plus simplement réalisables par mesure directe ou sur des images radiographiques.

Ainsi nos mesures utilisent une combinaison des deux techniques comme décrit chez Phatsara M et Al (Phatsara, Nganvongpanit, et Mahakkanukrauh 2016), avec une deuxième

droite passant par le milieu de l'espace intercondyalaire et le milieu du fût fémoral en son tier distal.

Les résultats obtenus sont comparables à ceux de la littérature, avec des angles en moyenne compris entre 85 et 89°C.

Les résultats de Tomlinson (Tomlinson et al. 2007) ne sont pas significativement différents et les variations peuvent s'expliquer par la différence de techniques utilisées.

Connaître cet angle est utile pour certaines prothèses dont une partie s'ancre dans le fût fémoral distal : il est donc nécessaire que cette partie de l'implant ait le bon angle pour être correctement fixée.

L'angle est également primordial pour conserver l'alignement entre le fémur et le tibia et donc reproduire le plus fidèlement possible la biomécanique de l'articulation du genou.

### ***F. Rayon des condyles fémoraux***

Ocal et al (Ocal, Sevil-Kilimci, et Yildirim 2012) ont mesuré la rayon de courbure de la région caudale du condyle. Les chiens dont les fémurs ont été prélevés sont des chiens de grand gabarit (Golden Retriever, Berger Allemand, ...). Nous décidons donc de comparer leurs résultats à nos mesures sur les chiens de plus de 20 kg. Les deux sont semblables avec un rayon du condyle en région postérieure aux environs de 1 cm. Le rayon de la région antérieure n'est pas mesuré ici.

Nous remarquons également que dans notre étude et chez Ocal et al, le condyle latéral possède un rayon plus grand que le condyle médial.

Cette différence est primordiale car elle entraîne en flexion une rotation fémoro-tibiale axiale avec une rotation interne du tibia en flexion extrême. Ceci peut nécessiter la réalisation de prothèses latéralisée (droite ou gauche) de façon à mieux respecter la biomécanique articulaire.

## PARTIE 6 : LIMITES

Plusieurs limites peuvent être dégagées de cette thèse.

Tout d'abord nous pouvons discuter du nombre de cas. Le nombre de cas limité : seulement 17 chiens, donc 34 fémurs. Cependant un plus grand nombre de cas augmenterait la pertinence statistique et limiterait également l'impact de la deuxième limite qui suit : ces chiens ne sont différenciés que par leur poids.

On ne prend pas en compte par exemple les variations interraciales. Or ces variations morphométriques osseuses sont démontrées chez l'Homme (Hsu et al. 2021; Li et al. 2014; Mahfouz et al. 2012), qu'elles soient basées sur le sexe ou l'ethnicité. Des variations interraciales ont déjà été observées chez le chien, comme la variabilité des angles anatomiques et mécaniques distal médial du fémur ou encore la profondeur de la trochlée fémorale. (Matchwick et al. 2021; Tomlinson et al. 2007). Ainsi, ne connaissant pas les races des chiens ou leur sexe, le faible nombre de cas peut potentiellement mal représenter la grande diversité phénotypique des races de chiens, ainsi que la diversité des individus au sein d'une même race.

De ce fait nous avons classé les mesures par catégorie de poids mais nous ne pouvons en faire une généralité pour chaque race de chien. Un Greyhound et un Berger Allemand pourraient avoir un poids similaire mais une conformation osseuse différente. Cependant, si une gamme de prothèses est créée, il serait bien plus pratique de la créer en fonction du poids et non en fonction des races. Celles-ci sont si nombreuses qu'il serait très compliqué de réaliser une prothèse par race.

Concernant le sexe, le dimorphisme sexuel a déjà été mis en évidence (Belhaoues et al. 2020). Il aurait été intéressant de séparer les mâles et les femelles, et de comparer les mesures entre ces deux catégories. Ainsi en connaissant le sexe de l'animal au préalable, la préparation d'une prothèse de genou n'en serait que plus adaptée. Toutefois ce dimorphisme mis en évidence par Belhaoues et al était chez le Berger Allemand. Il aurait été intéressant de regrouper également par race pour voir si ce dimorphisme est aussi remarquable chez les grandes que les petites races.

Aussi il est important de savoir que les chiens sélectionnés dans cette étude n'ont aucune anomalie osseuse. En effet une ancienne fracture par exemple pourrait modifier les mesures. Également des chiens avec des luxations récurrentes de la patella pourraient par exemple présenter une trochlée anormalement peu profonde ou étroite. Les antécédents peuvent donc limiter la dispersion des mesures qui seraient liées à des variations individuelles pathologiques.

Ces mesures ne prennent en compte que le tissu osseux, mais ne prend pas en compte les cartilages. Des mesures réalisées sur des images IRM auraient pu prendre en compte le cartilage et augmenter la précision.

Pour ce qui est des mesures en tant que telles, peu ont été réalisées (trois par paramètre et par fémur), ce qui limite également la pertinence statistique. Enfin ces trois répétitions d'une même mesure ont été réalisées à la suite les unes des autres, et non sur différents jours par exemple, et par le même opérateur. Cela pourrait potentiellement réduire la variabilité des mesures.





## CONCLUSION

Les pathologies invalidantes du grasset sont fréquentes chez le chien et relèvent parfois d'une prothèse totale de grasset. Le développement de ces dernière est encore limité en médecine vétérinaire par rapport à la médecine humaine. La connaissance de la morphométrie du fémur distal reste indispensable pour la fabrication d'un implant fémoral adapté au chien.

Cette étude a donc permis de créer une base de données sur la conformation du fémur distal chez le chien. Ces mesures se veulent un ensemble d'informations un ensemble d'informations exploitables permettant de dessiner une gamme d'implant adapté au chien. Les mesures sont répétables et les données décrites en médecine humaine ont pu être transposée au chien. De manière logique une bonne corrélation entre le poids de l'animal et les dimensions de son articulation ont été mises en évidence.

Ces données, si elles sont utiles pour appréhender la forme du fémur distale portent néanmoins sur un petit échantillon. Une étude plus large est nécessaire afin de conforter ces résultats et de permettre de mieux adaptés les implants orthopédiques chez le chien



## BIBLIOGRAPHIE

- Belhaoues, Fabien, Sabine Breit, Gerhard Forstenpointner, et Armelle Gardeisen. 2020. « Sexual Dimorphism in Limb Long Bones of the German Shepherd Dog ». *Anatomia, Histologia, Embryologia* 49 (4): 464-77. <https://doi.org/10.1111/ahe.12550>.
- Du, Peter Z., Keith L. Markolf, Benjamin D. Levine, David R. McAllister, et Kristofer J. Jones. 2018. « Differences in the Radius of Curvature Between Femoral Condyles: Implications for Osteochondral Allograft Matching ». *Journal of Bone and Joint Surgery* 100 (15): 1326-31. <https://doi.org/10.2106/JBJS.17.01509>.
- Ducheyne, P., P. De Meester, E. Aernoudt, M. Martens, et J. C. Mulier. 1977. « Influence of a Functional Dynamic Loading on Bone Ingrowth into Surface Pores of Orthopedic Implants ». *Journal of Biomedical Materials Research* 11 (6): 811-38. <https://doi.org/10.1002/jbm.820110603>.
- Fitch, Randall B., Ronald D. Montgomery, James L. Milton, Phillip D. Garrett, Steven A. Kincaid, James C. Wright, et Glenn C. Terry. 1995. « The Intercondylar Fossa of the Normal Canine Stifle: An Anatomic and Radiographic Study ». *Veterinary Surgery* 24 (2): 148-55. <https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.1995.tb01309.x>.
- Hsu, Chi-Pin, Pei-Yuan Lee, Hung-Wen Wei, Shang-Chih Lin, Yung-Chang Lu, Jian-Cheng Lin, et Chang-Hung Huang. 2021. « Gender Differences in Femoral Trochlea Morphology ». *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy: Official Journal of the ESSKA* 29 (2): 563-72. <https://doi.org/10.1007/s00167-020-05944-3>.
- Kosel, Jürgen, Ioanna Giouroudi, Cornie Scheffer, Edwin Dillon, et Pieter Erasmus. 2010. « Anatomical Study of the Radius and Center of Curvature of the Distal Femoral Condyle ». *Journal of Biomechanical Engineering* 132 (9): 091002. <https://doi.org/10.1115/1.4002061>.
- Li, Pingyue, Tsung-Yuan Tsai, Jing-Sheng Li, Yu Zhang, Young-Min Kwon, Harry Rubash, et Guoan Li. 2014. « Morphological measurement of the knee : Race and sex effects ». *Acta orthopaedica Belgica* 80 (juin): 260-68.
- Liska, William D., Denis J. Marcellin-Little, Esa V. Eskelinen, Christopher G. Sidebotham, Ola L. A. Harrysson, et Anna K. Hielm-Björkman. 2007. « Custom Total Knee Replacement in a Dog with Femoral Condylar Bone Loss ». *Veterinary Surgery* 36 (4): 293-301. <https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2007.00270.x>.
- Mahfouz, Mohamed, Emam ElHak Abdel Fatah, Lyndsay Smith Bowers, et Giles Scuderi. 2012. « Three-dimensional Morphology of the Knee Reveals Ethnic Differences ». *Clinical Orthopaedics and Related Research* 470 (1): 172-85. <https://doi.org/10.1007/s11999-011-2089-2>.

- Marcellin-Little, Denis J, et Jeffrey N Peck. 2013. *Advances in Small Animal Total Joint Replacement*. Advance in Veterinary Surgery. Wiley-Blackwell. 131-162  
<https://doi.org/10.1002/9781118704776>
- Matchwick, Alexandra, Janis P. Bridges, Benjamin Mielke, Matthew J. Pead, Andrew Phillips, et Richard L. Meeson. 2021. « Computed Tomographic Measurement of Trochlear Depth in Three Breeds of Brachycephalic Dog ». *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology: V.C.O.T* 34 (2): 124-29. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1719165>.
- Miles, J. E., M. Mortensen, E. L. Svalastoga, et T. Eriksen. 2015. « A Comparison of Anatomical Lateral Distal Femoral Angles Obtained with Four Femoral Axis Methods in Canine Femora ». *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology: V.C.O.T* 28 (3): 193-98.  
<https://doi.org/10.3415/VCOT-14-08-0127>.
- Murshed, Khalil Awadh, Aynur Emine Çiçekcibaşı, Aydın Karabacakoğlu, Muzaffer Şeker, et Taner Ziyilan. 2005. « Distal Femur Morphometry: A Gender and Bilateral Comparative Study Using Magnetic Resonance Imaging ». *Surgical and Radiologic Anatomy* 27 (2): 108-12.  
<https://doi.org/10.1007/s00276-004-0295-2>.
- Nicetto, Tommaso, Federico Longo, Barbara Contiero, Maurizio Isola, et Massimo Petazzoni. 2020. « Computed Tomographic Localization of the Deepest Portion of the Femoral Trochlear Groove in Healthy Dogs ». *Veterinary Surgery: VS* 49 (6): 1246-54.  
<https://doi.org/10.1111/vsu.13426>.
- Ocal, Mehmet, Figen Sevil-Kilimci, et Ismail Yildirim. 2012. « Geometry of the femoral condyles in dogs ». *Veterinary research communications* 36 (mars): 1-6. <https://doi.org/10.1007/s11259-011-9504-8>.
- Petazzoni, Massimo, Elena De Giacinto, Daniele Troiano, Francesco Denti, et Michela Buiatti. 2018. « Computed Tomographic Trochlear Depth Measurement in Normal Dogs ». *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology: V.C.O.T* 31 (6): 431-37.  
<https://doi.org/10.1055/s-0038-1668097>.
- Phatsara, Manussabhorn, Korakot Nganvongpanit, et Pasuk Mahakkanukrauh. 2016. « Comparative Morphometric Study for Distinguishing between Human and Non-Human Mammalian (Cow, Dog, Horse, Monkey and Pig) Long Bones ». *Veterinary Integrative Sciences* 14 (1): 23-38.
- Röstlund, Tord, Lars Carlsson, Björn Albrektsson, et Tomas Albrektsson. 1989. « Morphometrical Studies of Human Femoral Condyles ». *Journal of Biomedical Engineering* 11 (6): 442-48.  
[https://doi.org/10.1016/0141-5425\(89\)90037-X](https://doi.org/10.1016/0141-5425(89)90037-X).
- Rubin, P. J., P. F. Leyvraz, et J. H. Heegaard. 1989. « [Radiologic changes of anatomic parameters of the proximal femur as a function of its position in rotation] ». *Revue De Chirurgie Orthopedique Et Reparatrice De L'appareil Moteur* 75 (4): 209-15.

- Rubin, Pj, Pf Leyvraz, Jm Aubaniac, Jn Argenson, P Esteve, et B de Roguin. 1992. « The Morphology of the Proximal Femur. A Three-Dimensional Radiographic Analysis ». *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume* 74-B (1): 28-32. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.74B1.1732260>.
- Tomlinson, James, Derek Fox, James L. Cook, et G. Greg Keller. 2007. « Measurement of Femoral Angles in Four Dog Breeds ». *Veterinary Surgery* 36 (6): 593-98. <https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2007.00309.x>.
- Turner, T. M., R. M. Urban, D. R. Sumner, A. K. Skipor, et J. O. Galante. 1989. « Bone Ingrowth into the Tibial Component of a Canine Total Condylar Knee Replacement Prosthesis ». *Journal of Orthopaedic Research: Official Publication of the Orthopaedic Research Society* 7 (6): 893-901. <https://doi.org/10.1002/jor.1100070616>.



# MORPHOMÉTRIE DU FÉMUR DISTAL : ÉTUDE TOMODENSITOMÉTRIQUE À PARTIR DE 17 CAS

---

Auteur

---

TURLLOTTE Léo

Résumé

---

Cela fait plus de 30 ans que le modèle canin est utilisé comme modèle pour la prothèse totale de genou chez l'homme. Ce n'est que récemment que celle-ci est envisagée dans un but thérapeutique chez le chien, cependant les connaissances morphométriques de cette articulation pourraient être renforcées. L'enjeu de cette étude est donc de compléter les connaissances actuelles sur l'anatomie et la morphométrie fémorale distale en établissant des valeurs de référence à partir d'images tomodensitométriques ; et en appréciant la variabilité inter-individuelle et pondérale. La base de données utilisée comporte 17 chiens. Il en ressort une corrélation positive non linéaire entre les dimensions du fémur distal et le poids du chien pour la plupart des paramètres mesurés. Une autre problématique est soulevée : la nécessité ou non de créer une gamme d'implants symétriques. En effet les dimensions des condyles latéraux et médiaux ne sont que partiellement différentes. Les limites de cette étude comportent notamment le nombre de cas peu conséquent ainsi que le fait que le dimorphisme sexuel n'est pas pris en compte. Une étude plus large est nécessaire afin de conforter ces résultats et de permettre de mieux adapter les implants orthopédiques chez le chien

Mots-clés

---

Morphométrie, Fémur, Distal, Chien, Tomodensitométrie

Jury

---

Président du jury : Pr **VOLPE-HAEGELEN Claire**

Directeur de thèse : Dr **CACHON Thibaut**

1er assesseur : Dr **CACHON Thibaut**

2ème assesseur : Mr **GILLET Benoît**