



**HAL**  
open science

# Etude de la corrélation entre l'épaisseur du palais mou et la note d'état corporel chez le chien : étude rétrospective par IRM sur 271 cas (2016-2024)

Nathan Quaak

## ► To cite this version:

Nathan Quaak. Etude de la corrélation entre l'épaisseur du palais mou et la note d'état corporel chez le chien : étude rétrospective par IRM sur 271 cas (2016-2024). Sciences du Vivant [q-bio]. 2024. dumas-04905771

**HAL Id: dumas-04905771**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04905771v1>**

Submitted on 22 Jan 2025

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ANNEE 2024 - Thèse n° 110

# **ETUDE DE LA CORRELATION ENTRE L'ÉPAISSEUR DU PALAIS MOU ET LA NOTE D'ÉTAT CORPOREL CHEZ LE CHIEN : ETUDE RETROSPECTIVE PAR IRM SUR 271 CAS (2016-2024)**

## **THÈSE**

pour l'obtention du diplôme d'État de  
**DOCTEUR VÉTÉRINAIRE**  
présentée et soutenue publiquement devant  
l'UFR de Médecine de l'Université de Nantes  
le 28 octobre 2024  
par

**Nathan QUAAK**

Sous la direction de  
**Marion Fusellier**

Président du jury : Monsieur Eric AGUADO, Professeur à L'Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation Nantes Atlantique – ONIRIS

Membres du jury :

Madame Nora BOUSHINA, Maître de conférences à L'Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation Nantes Atlantique – ONIRIS

Madame Marion FUSELLIER, Maître de conférences à L'Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation Nantes Atlantique – ONIRIS



ANNEE 2024 - Thèse n° 110

# **ETUDE DE LA CORRELATION ENTRE L'ÉPAISSEUR DU PALAIS MOU ET LA NOTE D'ÉTAT CORPOREL CHEZ LE CHIEN : ETUDE RETROSPECTIVE PAR IRM SUR 271 CAS (2016-2024)**

## **THÈSE**

pour l'obtention du diplôme d'État de  
**DOCTEUR VÉTÉRINAIRE**  
présentée et soutenue publiquement devant  
l'UFR de Médecine de l'Université de Nantes  
le 28 octobre 2024  
par

**Nathan QUAAK**

Sous la direction de  
**Marion Fusellier**

Président du jury : Monsieur Eric AGUADO, Professeur à L'Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation Nantes Atlantique – ONIRIS

Membres du jury :

Madame Nora BOUSHINA, Maître de conférences à L'Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation Nantes Atlantique – ONIRIS

Madame Marion FUSELLIER, Maître de conférences à L'Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation Nantes Atlantique – ONIRIS



## LISTE DES MEMBRES DU CORPS ENSEIGNANT



<b>Département <b>BPSA</b> Biologie, Pathologie et Sciences de l'Aliment</b>		
Responsable : <b>Emmanuel JAFFRES</b> – Adjointe : <b>Frédérique NGUYEN</b>		
Pharmacologie et Toxicologie	Jean-Claude DESFONTIS (Pr) Yassine MALLEM (Pr) Hervé POULIQUEN (Pr)	Antoine ROSTANG (MC) Meg-Anne MORICEAU (CERC) Martine KAMMERER (Pr émérite) Marc GOGNY (Pr émérite)
Physiologie fonctionnelle, cellulaire et moléculaire	Jean-Marie BACH (Pr) Lionel MARTIGNAT (Pr) Julie HERVE (MC HDR) Grégoire MIGNOT (MC)	Solenn GAVAUD (CERC)
Histologie et anatomie pathologique	Marie-Anne COLLE (Pr) Jérôme ABADIE (MC)	Laetitia JAILLARDON (MC) Frédérique NGUYEN (MC)
Biochimie alimentaire industrielle	Carole PROST (Pr) Joëlle GRUA (MC)	Clément CATANEO (MC) Alix KHALIL (MC) Laurent LE THUAUT (MC)
Microbiotech	Hervé PREVOST (Pr) Géraldine BOUE (MC) Nabila HADDAD (MC) Emmanuel JAFFRES (MC)	Mathilde MOSSER (MC) Boris MISERY (MC) Raouf TAREB (MC) Quentin PRUVOST (CEC)
PACENV = VET1	Eléonore BOUGUYON (PRAG) Nicolas BROSSAUD (PRAG)	Charlotte MOCQUARD (PRAG) Aurore CALVEL (PRAG)
<b>Département <b>SAESP</b> Santé des Animaux d'Élevage et Santé Publique</b>		
Responsable : <b>Raphaël GUATTEO</b> – Adjoint : <b>Jean-Michel CAPPELIER</b>		
Élevage, nutrition et santé des animaux domestiques	Nathalie BAREILLE (Pr) François BEAUDEAU (Pr) Christine FOURICHON (Pr)	Juan Manuel ARIZA CHACON (MC) Ségoène CALVEZ 5(Pr) Aurélien MADOUASSE (MC) Nora NAVARRO-GONZALES (MC)
Infectiologie	Alain CHAUVIN (Pr) Emmanuelle MOREAU (Pr) Nathalie RUVOEN-CLOUET (Pr) Pauline MAISONNASSE (CERC)	Albert AGOULON (MC) Suzanne BASTIAN (MC) Léa LOISEL (AERC) Kenny OBERLE (MC) Nadine RAVINET (MC)
Médecine des animaux d'élevage	Catherine BELLOC (Pr) Christophe CHARTIER (Pr émérite) Raphaël GUATTEO (Pr) Anne RELUN (MC)	Sébastien ASSIE (MC) Isabelle BREYTON (MC) Mily LEBLANC MARIDOR (MC) Maud ROUAULT (AERC)
Hygiène et qualité des aliments	Jean-Michel CAPPELIER (Pr) Louis DELAUNAY (CERC) Bruno LE BIZEC (Pr) Marie-France PILET (Pr)	Sofia STRUBBIA (MC)

<b>Département DSC Sciences cliniques</b>		
Responsable : <b>Catherine IBISCH</b> – Adjoint : <b>Marion FUSELLIER</b>		
Anatomie comparée	Eric BETTI (MC) Claude GUINTARD (MC) Margarida RIBEIRO DA SILVA NEUNLIST (MC Stagiaire)	
Pathologie chirurgicale et anesthésiologie	Eric AGUADO (Pr) Olivier GAUTHIER (Pr) Eric GOYENVALLE (MC HDR)	Pierre MAITRE (MC) Caroline TESSIER (MC) Gwénola TOUZOT-JOURDE (MC) Claire DEFOURMSTRAUX (MC)
Dermatologie, parasitologie des carnivores et des équidés, mycologie	Jacques GUILLOT (Pr) Emmanuel BENSIGNOR (Pr Ass)	Sabrina VIEU (AERC) Maria Dolores SANCHEZ (AERC)
Médecine interne, imagerie médicale et législation professionnelle vétérinaire	Anne COUROUCE (Pr) Jack-Yves DESCHAMPS (Pr) Françoise ROUX (Pr) Juan HERNANDEZ-RODRIGUEZ (Pr Ass) Nora BOUHSINA (MC)	Nicolas CHOUIN (MC) Amandine DRUT (MC) Marion FUSELLIER-TESSON (Pr) Catherine IBISCH (MC) Aurélia LEROUX (MC) Odile SENECAAT (MC)
Biotechnologies et pathologie de la reproduction	Jean-François BRUYAS (Pr) François FIENI (Pr)	Djemil BENCHARIF (Pr) Lamia BRIAND (Pr)
<b>Département GPA Génie des procédés alimentaires</b>		
Responsable : <b>Sébastien CURET-PLOQUIN</b> – Adjointe : <b>Vanessa JURY</b>		
Lionel BOILLEREAUX (Pr) Sébastien CURET-PLOQUIN (Pr) Marie DE LAMBALLERIE (Pr) Francine FAYOLLE (Pr) Michel HAVET (Pr)	Alain LEBAIL (Pr) Olivier ROUAUD (Pr) Kévin CROUVISIER-URION (MC) Vanessa JURY (Pr) Emilie KORBEL (MC)	Jean-Yves MONTEAU (MC HDR) Eve-Anne NORWOOD (MC) Raphaël PORYLES (MC) Laurence POTTIER (MC) Cyril TOUBLANC (MC)
PAC-ING	Cyril Gaillard (PCEA)	
<b>Département MSC Management, statistiques et communication</b>		
Responsable : <b>Samira ROUSSELIERE</b> – Adjointe : <b>Véronique CARIOU</b>		
Mathématiques, statistiques, informatique	El Mostafa QANNARI (Pr émérite) Chantal THORIN (Pr Ag) Evelyne VIGNEAU (Pr) Jean-Michel GALHARRET (MC stagiaire)	Véronique CARIOU (Pr) Benjamin MAHIEU (MC) Michel SEMENOU (MC)
Economie, gestion, législation	Jean-Marc FERRANDI (Pr) Pascal BARILLOT (MC) Ibrahima BARRY (MC) Florence BEAUGRAND (MC)	Sibylle DUCHAINE (MC) Sonia MAHJOUB (MC) Samira ROUSSELIERE (MC) Christophe PAPINEAU (Ens. Cont.)
Langues et communication	Marc BRIDOU (PLPA) David GUYLER (Ens. Cont.) Nathalie GOODENOUGH (PCEA) Patricia JOSSE (Ens. Cont.)	Shaun MEEHAN (Ens. Cont.) Linda MORRIS (PCEA) Ian NICHOLSON (ENS. Cont.)

Pr Ag : Professeur Agrégé, Pr : Professeur, MC : Maître de Conférence, MCC : MC contractuel,  
 PLPA : Professeur Lycée Professionnel Agricole, PCEA : Professeur Certifié Enseignement Agricole,  
 HDR : Habilité à Diriger des Recherches, CERC : Chargé d'Enseignement et de Recherche Contractuel, Ens.  
 Cont. : Enseignant Contractuel

La reproduction d'extraits de cette thèse est autorisée avec mention de la source. Toute reproduction partielle doit être fidèle au texte utilisé. Cette thèse devra donc être citée en incluant les éléments bibliographiques suivants :

- Nom et prénoms de l'auteur : QUAAK Nathan
- Année de soutenance : 2024
- Titre de la thèse : Etude de la corrélation entre l'épaisseur du palais mou et la note d'état corporel chez le chien : étude rétrospective par IRM sur 271 cas (2016-2024)
- Intitulé du diplôme : Thèse de doctorat vétérinaire
- Université de soutenance : Faculté de Médecine de Nantes.
- École de soutenance : Oniris – VetAgroBio Nantes – École Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation Nantes Atlantique
- Nombre de pages : 101





# Remerciements

A **Mr Eric AGUADO** pour m'avoir fait l'honneur de présider ma soutenance de thèse,

Hommages respectueux.

A **Mme Marion FUSELLIER**, pour m'avoir proposé ce sujet de thèse et m'avoir encadré aussi bien que vous l'avez fait, par votre grande disponibilité et vos relectures rapides et avisées. Ce fut un grand plaisir de réaliser ce travail avec votre collaboration. Merci pour votre gentillesse et votre bonne humeur au cours de l'année passée,

Sincères remerciements.

A **Mm Nora BOUSHINA**, pour m'avoir fait l'honneur de siéger au jury de cette thèse,

Sincères remerciements.



# Table des matières

Remerciements .....	7
Table des matières .....	9
Liste des Figures .....	13
Listes des tableaux .....	16
Liste des abréviations .....	17
Introduction.....	18
Partie 1 : étude bibliographique.....	20
A. Le palais mou.....	20
1. Description anatomique.....	20
2. Musculature du palais mou.....	22
3. Innervation et angiologie du palais mou.....	25
4. Histologie du palais mou.....	26
B. Exploration du palais mou.....	28
1. La radiographie céphalométrique .....	29
2. La tomodensitométrie.....	30
3. L'imagerie par résonance magnétique (IRM).....	31
4. Comparaison des 3 méthodes d'imagerie.....	33
C. La respiration.....	35
1. Le procédé physiologique.....	35
2. Les anomalies respiratoires.....	37
a) Le Syndrome Obstructif des Voies Respiratoires Supérieures Brachycéphales (SORB)....	37
b) L'apnée obstructive du sommeil .....	38
Partie 2 : Etude expérimentale rétrospective .....	40
A. Objectif de l'étude.....	40
B. Les différentes races de chien .....	40
C. Note d'état corporel.....	41
D. Matériel et méthode .....	44
1. Matériel utilisé .....	44
2. Sélection des cas .....	44
a) Recrutement.....	44
b) Critères d'inclusion.....	44
c) Critères d'exclusion .....	45
3. Analyse des images .....	45
E. Résultats.....	49

1.	Recrutement des individus.....	49
2.	Description de la population d'étude.....	50
	a) Race .....	50
	b) Sexe .....	51
	c) Poids .....	52
	d) NEC .....	53
3.	Description de l'échantillon des races brachycéphales.....	54
	a) Races.....	54
	b) Sexe .....	55
	c) Poids .....	55
	d) NEC .....	56
4.	Description de l'échantillon des races mésocéphales et dolichocéphales .....	58
	a) Races.....	58
	b) Sexe .....	59
	c) Poids .....	59
	d) NEC .....	60
5.	Analyse de performance des critères.....	61
	a) La population brachycéphale .....	62
	(1) Le poids.....	62
	(2) La hauteur du crâne.....	63
	(3) La hauteur entre palais mou et crâne .....	64
	(4) Matrice de corrélation.....	65
	b) La population mésocéphale et dolichocéphale.....	67
	(1) Le poids.....	67
	(2) L'épaisseur du nasopharynx .....	68
	(3) La hauteur du crâne.....	69
	(4) La hauteur entre palais mou et crâne .....	70
	(5) Matrice de corrélation.....	70
6.	Formation de groupes homogènes .....	71
	a) La population brachycéphale .....	71
	b) La population mésocéphale .....	74
7.	Corrélation entre NEC et épaisseur du palais mou .....	76
	a) Au sein de la population brachycéphale .....	76
	b) Au sein de la population méso et dolichocéphale .....	79
	c) Au sein même d'une race .....	82
F.	Discussion .....	84
	1. Echantillon d'étude .....	84
	2. Lecture des images et réalisation des mesures.....	84

3. Une absence de corrélation étonnante.....	85
4. La NEC, un biais trop important .....	86
Conclusion .....	88
Bibliographie.....	89



# Liste des Figures

Figure 1 : Description de la cavité orale d'un chien, (d'après (M.S.A. Kumar, 2015)).....	20
Figure 2 : Illustration schématique du pharynx ouvert, (d'après (M.S.A. Kumar, 2015)).....	22
Figure 3: Coupe sagittale montrant les muscles en relation avec le nasopharynx chez un chien, (d'après (M.S.A. Kumar, 2015)) .....	23
Figure 4 : Anatomie d'une section médio-sagittale de la tête, (d'après (Miller and Evans's, 2020)).....	24
Figure 5 : Approvisionnement nerveux et sanguin du palais dur et mou, (d'après (M.S.A. Kumar, 2015)) .....	25
Figure 6 : Artères, nerfs et muscles de la langue, du pharynx et l'oreille externe, (d'après (Budras, 2007)).....	26
Figure 7 : Stratigraphie du palais mou chez les races canines mésocéphales, de la face nasopharyngée à gauche jusqu'à la face orale à droite, (d'après (Arrighi et al, 2011)).....	27
Figure 8 : Morphologie de la muqueuse orale d'un chien brachycéphale, (d'après (Pichetto et al, 2011)) .....	28
Figure 9 : Radiographies céphalométriques d'un chien, (d'après (Anjou et al, 2013)) .....	29
Figure 10 : Echelle de Hounsfield, (d'après Balacey, 2013)) .....	30
Figure 11 : Image de scanner de la tête d'un chien de reconstruction sagittale montrant les points métriques du palais mou, (d'après (Grand et Bureau, 2011)) .....	31
Figure 12 : Appareil IRM Siemens Magnetom Essenza utilisé par le STIM ONIRIS, (d'après (Mitton, 2023)).....	32
Figure 13 : Images sagittales IRM de la tête d'un chien en pondération T1 à gauche et en pondération T2 à droite (d'après (Service Transversal d'Imagerie Médicale ONIRIS®)).....	33
Figure 14 : Schéma des trois coupes (sagittale, transverse, dorsale) réalisables directement par l'IRM, (d'après (Shores, 1993)) .....	34
Figure 15 : Pharynx et palais mou lors de la déglutition, (d'après (M.S.A. Kumar, 2015))....	36
Figure 16 : Pharynx et palais mou lors de la respiration, (d'après (M.S.A. Kumar, 2015)) ....	36
Figure 17 : Schéma de l'élongation et de l'hypertrophie du voile du palais chez un chien brachycéphale (d'après (Centre hospitalier vétérinaire de Frégis)) .....	37
Figure 18 : Schéma du mécanisme d'apnée obstructive du sommeil chez l'Homme (d'après (Institut National du Sommeil et de la Vigilance)) .....	38
Figure 19 : Formes céphaliques osseuses, (d'après (Luquet, 1971)) .....	41
Figure 20 : Fiche du système de notation de la condition physique du chien par Purina .....	43
Figure 21 : Exemple de la mesure de la longueur du palais mou, allant du bord caudal du palais dur jusqu'au bord caudal du palais mou, sur une image d'IRM, à l'aide du logiciel RadiAnt DICOM Viewer® (d'après (Service Transversal d'Imagerie Médicale ONIRIS®))	46



Figure 22 : Exemple des mesures de l'épaisseur du palais mou en son 1er quart, sa moitié et 3ème quart (traits verts) et son épaisseur maximale (trait bleu), sur une image d'IRM, à l'aide du logiciel RadiAnt DICOM Viewer® (d'après (Service Transversal d'Imagerie Médicale))	47
Figure 23 : Exemple des mesures de l'épaisseur du nasopharynx en son 1er quart, sa moitié et 3ème quart (traits verts) et son épaisseur maximale (trait bleu), sur une image d'IRM, à l'aide du logiciel RadiAnt DICOM Viewer® (d'après (Service Transversal d'Imagerie Médicale))	48
Figure 24 : Exemple des mesures de la hauteur de la tête en totalité (trait vert) et de la hauteur du bord ventral du palais mou jusqu'au crâne (trait orange), sur une image d'IRM, à l'aide du logiciel RadiAnt DICOM Viewer® (d'après (Service Transversal d'Imagerie Médicale))	49
Figure 25 : Répartition des chiens de l'échantillon en fonction de leur sexe	51
Figure 26 : Répartition des chiens de l'échantillon en fonction de leur poids	52
Figure 27 : Répartition des chiens de l'échantillon en fonction de leur NEC	53
Figure 28 : Répartition des chiens de l'échantillon brachycéphale en fonction de leurs races	54
Figure 29 : Répartition des chiens de l'échantillon brachycéphale en fonction de leur sexe	55
Figure 30 : Répartition des chiens de l'échantillon brachycéphale en fonction de leur poids	56
Figure 31 : Répartition des chiens de l'échantillon brachycéphale en fonction de leur NEC	57
Figure 32 : Représentation des races les plus présentes en France en 2023 d'après l'ICAD	58
Figure 33 : Représentation des races les plus identifiées en France en 2023 d'après l'ICAD	58
Figure 34 : Répartition des chiens de l'échantillon méso/dolichocéphale en fonction de leur sexe	59
Figure 35 : Répartition des chiens de l'échantillon méso/dolichocéphale en fonction de leur poids	60
Figure 36 : Répartition des chiens de l'échantillon méso/dolichocéphale en fonction de leur NEC	61
Figure 37 : Nuage de points mettant en évidence la relation entre l'épaisseur du palais mou et le poids chez les individus brachycéphales	63
Figure 38 : Nuage de points mettant en évidence la relation entre l'épaisseur du palais mou et la hauteur du crâne chez les individus brachycéphales	64
Figure 39 : Nuage de points mettant en évidence la relation entre l'épaisseur du palais mou et la hauteur crâne/palais chez les individus brachycéphales	65
Figure 40 : Matrice de corrélation pour l'échantillon brachycéphale	66
Figure 41 : Nuage de points mettant en évidence la relation entre l'épaisseur du palais mou et le poids chez les individus méso/dolichocéphales	67
Figure 42 : Nuage de points mettant en évidence la relation entre l'épaisseur du palais mou et l'épaisseur moyenne du nasopharynx chez les individus méso/dolichocéphales	68
Figure 43 : Nuage de points mettant en évidence la relation entre l'épaisseur du palais mou et la hauteur du crâne chez les individus méso/dolichocéphales	69
Figure 44 : Nuage de points mettant en évidence la relation entre l'épaisseur du palais mou et la hauteur crâne/palais chez les individus méso/dolichocéphales	70
Figure 45 : Matrice de corrélation pour l'échantillon méso/dolichocéphale	71

Figure 46 : Représentation graphique du cercle des corrélations de l'ACP sur le groupe d'individus brachycéphales .....	72
Figure 47 : Dendrogramme suite à la CAH réalisée sur le groupe d'individus brachycéphales .....	73
Figure 48 : Formation des groupes suite à la CAH réalisée dans la population brachycéphale .....	74
Figure 49 : Représentation graphique du cercle des corrélations de l'ACP sur le groupe d'individus méso/dolichocéphales .....	75
Figure 50 : Dendrogramme suite à la CAH réalisée sur le groupe d'individus méso/dolichocéphales.....	76
Figure 51 : Résultats du test post-hoc de Tukey pour le groupe 1 des chiens brachycéphales	77
Figure 52 : Résultats du test post-hoc de Tukey pour le groupe 2 des chiens méso/dolichocéphales.....	80

# Listes des tableaux

Tableau I : Tableau récapitulatif des avantages et inconvénients du scanner et de l'IRM.....	35
Tableau II : Répartition des chiens de notre population d'étude en fonction du type de races	50
Tableau III : Répartition des chiens de notre population d'étude en fonction de leur NEC ....	53
Tableau IV : Répartition des chiens de notre population brachycéphale en fonction de leur NEC.....	57
Tableau V : Répartition des chiens de notre population méso/dolichocéphale en fonction de leur NEC.....	61
Tableau VI : Résultats des analyses ANOVA pour les groupes de brachycéphales réalisés par la CAH.....	77
Tableau VII : Résultats des régressions linéaires pour les groupes de brachycéphales réalisés par la CAH .....	78
Tableau VIII : Résultats des analyses ANOVA pour les groupes de brachycéphales formés avec l'indicateur « hauteur du crâne à partir du plai mou » .....	79
Tableau IX : Résultats des analyses ANOVA pour les groupes de brachycéphales formés avec l'indicateur « poids ».....	79
Tableau X : Résultats des analyses ANOVA pour les groupes de mésocéphales réalisés par la CAH .....	80
Tableau XI : Résultats des régressions linéaires pour les groupes de méso/dolichocéphales réalisés par la CAH .....	81
Tableau XII : Résultats des analyses ANOVA pour les groupes de méso/dolichocéphales formés avec l'indicateur « hauteur du crâne à partir du plai mou » .....	81
Tableau XIII : Résultats des analyses ANOVA pour les groupes de méso/dolichocéphales formés avec l'indicateur « poids » .....	82
Tableau XIV : Résultats des analyses ANOVA pour les races CKC, Bouledogue Français, Labrador et Yorkshire .....	82

# Liste des abréviations

ACP : Analyse en Composantes Principales

CAH : Classification Ascendante Hiérarchique

CKC : Cavalier King Charles

Emoy : Epaisseur moyenne du palais mou

Emax : Epaisseur maximale du palais mou

ENPmoy : Epaisseur moyenne du nasopharynx

ENPmax : Epaisseur maximale du nasopharynx

Hcrane : Hauteur du crâne

Hcrane\_palais : Hauteur du crâne à partir du palais mou

IRM : Imagerie par Résonance Magnétique

NEC : Note d'Etat Corporel

STIM : Service Transversal d'Imagerie Médicale

# Introduction

Chez le chien comme chez l'Homme, la respiration est indispensable à la vie. Seulement, ce phénomène si important soit-il, n'est pas toujours réalisé de manière optimale. Le mécanisme de la respiration pulmonaire met en jeu de nombreux organes qui pourraient chacun défaillir lors de leur fonctionnement. Si l'on s'intéresse plus précisément aux structures des voies respiratoires hautes (Figure 1), nous remarquons, dans l'espèce humaine, que les structures pouvant gêner majoritairement la respiration sont le palais mou et la langue.

Un exemple bien connu mettant en évidence le fonctionnement inadéquat de ces deux organes est nommé l'apnée obstructive du sommeil (Schwab *et al.*, 1993, 1995, 1996). Elle se traduit par de multiples épisodes de fermeture partielle et/ou complète des voies respiratoires supérieures pendant le sommeil, provoquant une brève interruption de la respiration. Cette fermeture partielle provoque une vibration des structures nasopharyngées à l'origine de ronflements. Pour autant ces derniers ne sont pas les seuls problèmes qui peuvent être occasionnés par ce dysfonctionnement. L'apport d'oxygène aux autres organes, et principalement au cerveau, est alors incorrectement réalisé amenant à des symptômes tels que des maux de tête, des réveils fréquents, de l'irritabilité, de l'impuissance ... (Gottlieb *et al.*, 2020 ; Jordan *et al.*, 2014)

Afin d'en connaître plus sur cette problématique fréquente chez les humains, de nombreuses études ont été menées. L'une d'entre elle met en évidence l'obésité comme un facteur prédisposant de cette maladie en raison de l'augmentation du volume du palais mou et de la langue (Turnbull *et al.*, 2018). Plus récemment, une étude similaire a été réalisée sur des cochons miniatures en 2024 par ZI-Jun Liu *et al.*, rapportant les mêmes conclusions que celle de Turnbull. Ainsi nous pouvons mettre en lumière l'existence d'une éventuelle corrélation inter-spécifique.

La question se pose alors d'un même lien dans l'espèce canine ? Alors que nous connaissons déjà l'importance de ces structures dans la respiration chez cette espèce, notamment chez les races brachycéphales pour lesquelles leur morphotype amène à des difficultés respiratoires, nous nous étonnons qu'aucune étude sur le sujet n'ai été encore réalisée.

Effectivement le syndrome obstructif des voies respiratoires, très courant chez ces races concerne lui aussi le palais mou même s'il ne s'agit pas du seul organe défaillant (narines, larynx ...). Cela justifie donc l'intérêt d'une étude approfondie du palais mou dans l'espèce canine, et comme pour l'humain, il serait également intéressant d'étudier le lien entre obésité et les anomalies des organes du système respiratoire haut.

Comme le démontrent Marchi et al. en réalisant une revue des études sur l'obésité dans l'espèce canine, la prévalence de cette dernière est en constante augmentation au cours du dernier siècle, de la même manière que dans l'espèce humaine.

Les anomalies du palais mou étant en partie responsables des désordres respiratoires, il nous a semblé intéressant de réaliser une étude pouvant mettre en avant un lien entre celui-ci et l'obésité.

L'objectif de cette thèse est donc d'étudier s'il existe un lien statistique entre l'état d'embonpoint du chien et une modification morphologique du palais mou chez des races brachycéphales, mésocéphales et dolichocéphales.

# Partie 1 : étude bibliographique

## A. Le palais mou

### 1. Description anatomique

Le palais est une cloison séparant la cavité buccale et nasale. Il est constitué de deux parties que l'on nomme palais dur car composé d'une partie osseuse et palais mou car il s'agit d'une structure musculo-membraneuse (figure 1).

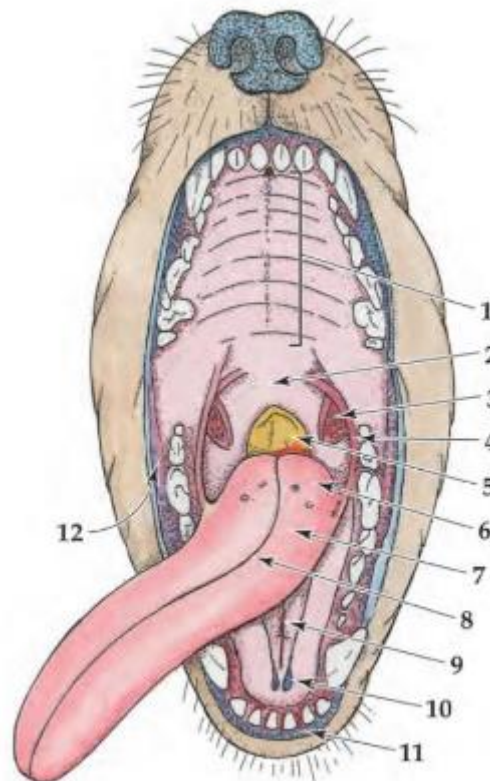


Figure 1 : Description de la cavité orale d'un chien, (d'après (M.S.A. Kumar, 2015))

1 : palais dur, 2 : palais mou, 3 : amygdale palatine, 4 : pli palatoglosse, 5 : épiglotte, 6 : racine de la langue, 7 : corps de la langue, 8 : sillon médian dorsal, 9 : frénateur lingual, 10 : caroncule sublinguale, 11 : vestibule labial, 12 : vestibule buccal

Le palais dur est formé par la fusion de 3 processus : l'os palatin, l'os maxillaire et l'os incisif. Durant l'embryogenèse, le mésoderme du palais subit une ossification intra-membraneuse afin

de former le palais dur tandis que la partie caudale ne subit pas d'ossification et reste inchangée sous forme de palais mou (Miller and Evans's, 2020).

Le palais dur est situé rostralement et le palais mou est en continuité avec ce dernier caudalement. La démarcation entre les deux se situe de manière approximative sur une ligne transversale qui s'étend des dernières molaires maxillaires aux dernières molaires mandibulaires en ce qui concerne les races mésocéphales (M.S.A Kumar, 2015). Chez les individus extrêmement brachycéphales, la jonction entre le palais dur et le palais mou peut-être située plus d'un centimètre caudalement à la démarcation décrite précédemment. S'agissant du bord caudal du palais mou, ce dernier s'étend jusqu'à l'épiglotte, sauf chez les races brachycéphales, chez lesquelles le palais mou peut recouvrir l'épiglotte. Cette longueur particulièrement importante chez ces races, entraîne une difficulté au passage de l'air dans les voies respiratoires pouvant être à l'origine d'un syndrome obstructif des voies respiratoires.

Concernant les chiens de gabarits intermédiaires, le palais mou mesure en moyenne 6 cm de long pour 3 cm de large et 5 mm d'épaisseur, au niveau de sa continuité avec le palais dur (Miller and Evans's, 2020). Cette épaisseur varie rostro-caudalement, augmentant jusqu'à 1 cm d'épaisseur entre son tiers médian et son tiers caudal, puis diminuant progressivement jusqu'à son bord caudal.

Le palais mou forme avec le corps de la langue, un arc palatoglosse, qui est le prolongement latéral du palais mou jusqu'au bord latéral du corps de la langue faisant partie de la frontière entre cavité buccale et oropharynx. De la même manière, le prolongement latéral du tiers distal du palais mou forme l'arc palato-pharyngé permettant de marquer une distinction entre nasopharynx et laryngopharynx (Figure 2).

Le palais mou est incliné ventralement et caudalement entre les parties buccales et nasales du pharynx.



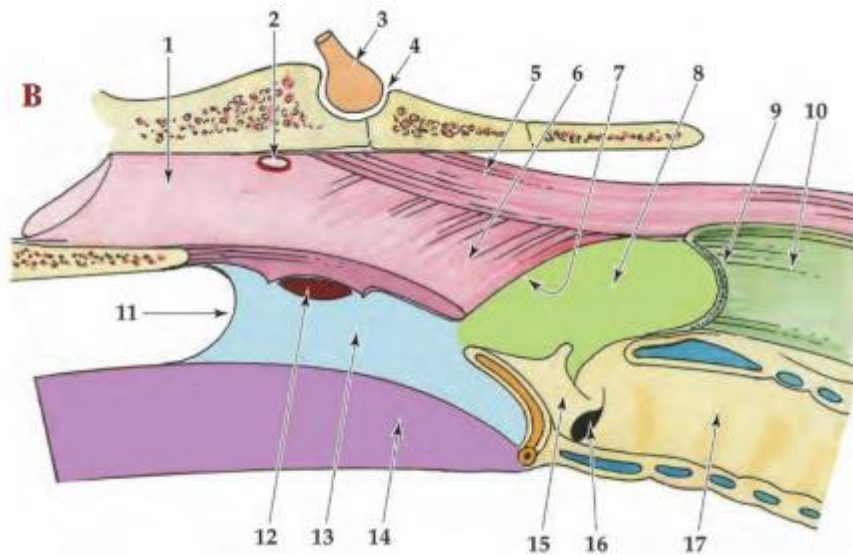


Figure 2 : Illustration schématique du pharynx ouvert, (d'après (M.S.A. Kumar, 2015))

1 : Nasopharynx, 2 : ouverture du conduit auditif, 3 : hypophyse, 4 : fosse hypophysaire, 5 : m long du cou, 6 : palais mou, 7 : arc palatopharyngé, 8 : laryngopharynx, 9 : sphincter supérieur de l'œsophage, 10 : œsophage, 11 : fosse palatoglosse, 12 : tonsilles palatines, 13 : oropharynx, 14 : langue, 15 : épiglote, 16 : ventricule laryngé, 17 : trachée

## 2. Musculature du palais mou

Le palais mou possède trois petites paires de muscles permettant sa motricité et son activité qui sont nécessaires dans les fonctions de déglutition et de respiration principalement. L'association entre les muscles palatins et pharyngiens (ptérygopharyngé et palatopharyngé) est très étroite.

La première paire de muscles est considérée comme intrinsèque au palais mou : il s'agit des muscles palatinus. Ils prennent leur origine au niveau de l'apophyse palatine de l'os palatin puis traversent sur toute sa longueur le palais mou jusqu'à son bord libre caudal. Les muscles palatinus sont ventraux à l'aponévrose palatine et sont rapprochés chacun du plan médian, donc situés au centre du palais mou. Leur action est de raccourcir le palais mou et d'abaisser ventralement le bord libre caudal, diminuant de volume l'espace caudal de l'oropharynx au bénéfice du laryngopharynx (Miller and Evans's, 2020). Sa contraction permet ainsi d'augmenter l'espace pour l'air dans le nasopharynx et à l'arrivée dans le larynx.

Les deux autres paires de muscles, le levator veli palatini et le tensor veli palatini, sont extrinsèques et il s'agit uniquement de leurs ramifications terminales qui jouent un rôle dans la musculature du palais mou (Miller and Evans's, 2020).

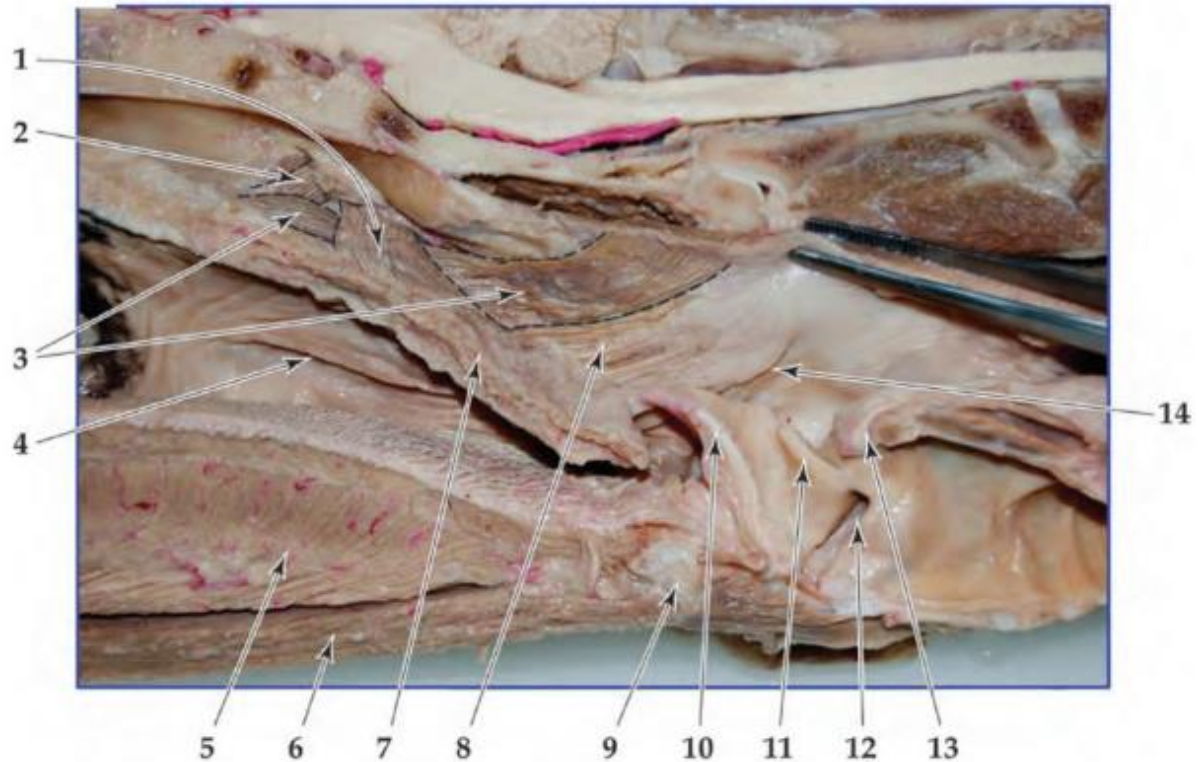


Figure 3: Coupe sagittale montrant les muscles en relation avec le nasopharynx chez un chien, (d'après (M.S.A. Kumar, 2015))

1 : m. Levator veli palatini, 2 : m. Tensor veli palatini, 3 : m. Pterygopharyngé, 4 : Pli semi-lunaire, 5 : Langue, 6 : m. Géniohyoïde, 7 : Palais mou, 8 : m. Palatopharyngé, 9 : Basihyoïde, 10 : Epiglote, 11 : Processus cunéiforme, 12 : Ventricule laryngé, 13 : Processus corniculé, 14 : Pli palatopharyngé

Les muscles levator veli palatini naissent du processus musculaire de l'os temporal, passent ventralement et caudalement sur la paroi du nasopharynx, puis distalement, entre les muscles pharyngiens (palatopharyngé et ptérygopharyngé) et terminent dans la moitié caudale du palais mou et latéralement aux muscles palatinus. Leur rôle est de soulever la partie caudale du palais mou lors de sa contraction. A l'inverse des muscles palatinus, cela augmente le volume distal de l'oropharynx et à contrario diminue celui du laryngopharynx (Miller and Evans's, 2020) (Figure 3 et 4).

Enfin, les muscles tensor veli palatini débutent au niveau du processus palatin de l'os palatin puis continuent ventralement au niveau du nasopharynx jusqu'à ce que leurs fibres se dispersent dans le palais mou. Leur contraction, permet dès lors, un raccourcissement du palais mou et une augmentation de la lumière du nasopharynx par la même occasion (M.S.A Kumar, 2015) (Figure 3 et 4).

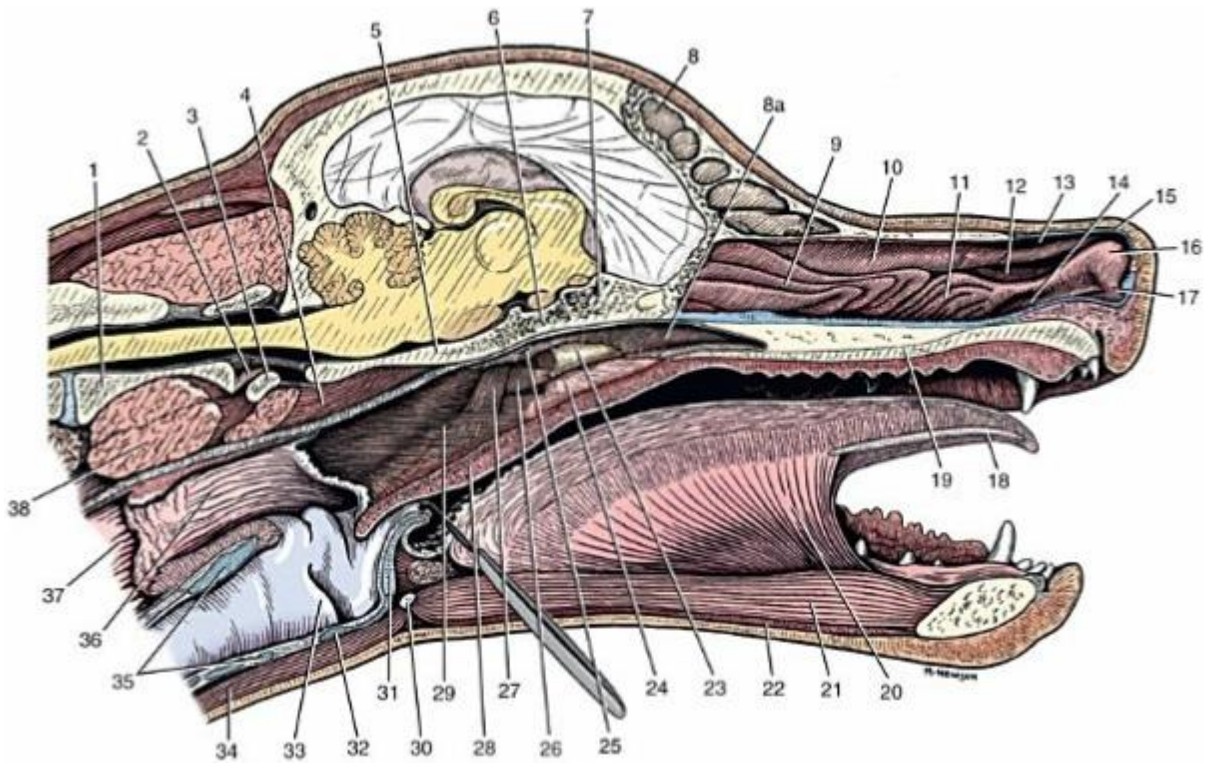


Figure 4 : Anatomie d'une section médio-sagittale de la tête, (d'après (Miller and Evans's, 2020)

1 : Axis, 2 : Dent, 3 : Atlas, 4 Muscle long de la tête, 5 : Basioccipital, 6 : Basisphénoïde, 7 : Presphénoïde, 8 : Sinus frontal, 8a : Nasopharynx, 9 : Labyrinthe ethmoïdal, 10 : Cornet nasal dorsal, 11 : Cornet nasal ventral, 12 : Méat nasal moyen, 13 : Méat nasal dorsal, 14 : Méat nasal ventral, 15 : Cartilage nasal dorso-latéral, 16 : pli alaire, 17 : orifice du canal lacrymal, 18 : Lyssa, **19 : Palais dur**, 20 : Génio-glosse, 21 : Génio-hyoïde, 22 : Mylo-hyoïde, 23 : Os pterygoïde, **24 : Tensor veli palatini**, 25 : Orifice pharyngé du tube auditif, **26 : Ptérygopharyngé**, **27 : Levator veli palatini**, **28 : Palais mou**, **29 : Palatopharyngé**, 30 : Basi-hyoïde, 31 : Epiglote, 32 : Cartilage thyroïdien, 33 : Cordes vocales, 34 : Sternohyoïde, 35 : Cartilage cricoïde, 36 : Laryngopharynx, 37 : Œsophage, 38 : Muscle long de la tête



### 3. Innervation et angiologie du palais mou

L'innervation sensorielle du palais provient majoritairement des branches du nerf maxillaire lui-même issu du nerf trijumeau. Ainsi, le nerf maxillaire se divise en plusieurs branches qui innervent chacune le palais dur ou mou. Le nerf palatin majeur et le nerf palatin accessoire permettent l'innervation du palais dur. Tandis que le nerf palatin mineur prend en charge la quasi-totalité de l'innervation sensorielle du palais mou. De plus, la branche nasale caudale du nerf maxillaire permet l'innervation de la surface nasale du palais mou (M.S.A Kumar, 2015).

Les nerfs glossopharyngiens ont des branches sensorielles localisées principalement au niveau des parois latérales du pharynx mais sont aussi présentes au niveau du palais mou et de la base de la langue (figure 6). L'innervation motrice est assurée aussi par ces branches du nerfs glossopharyngiens mais aussi du nerf vague en ce qui concerne les muscles palatinus et levator veli palatini. Pour le muscle tensor veli palatini, c'est le nerf mandibulaire provenant du nerf trijumeau qui est à l'origine de son innervation motrice (Miller and Evans's, 2020).

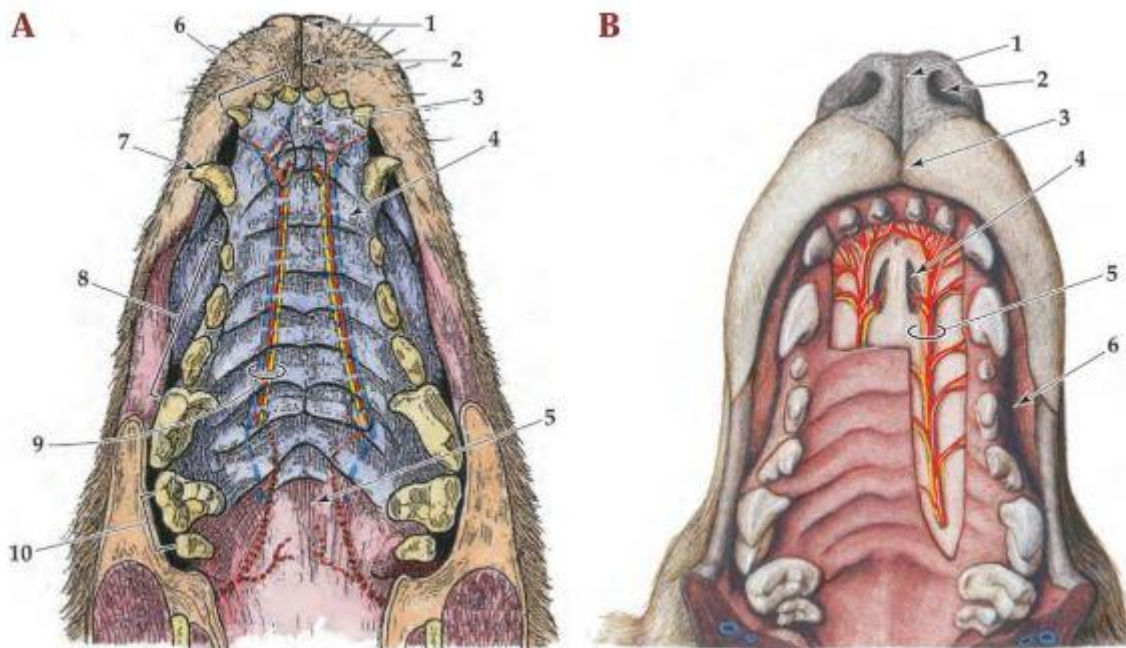


Figure 5 : Approvisionnement nerveux et sanguin du palais dur et mou, (d'après (M.S.A. Kumar, 2015))

A : 1 : philtrum nasal, 2 : philtrums labiaux, 3 : papille incisive, 4 : crêtes palatines du palais dur, 5 : palais mou, 6 : incisives supérieures, 7 : canine supérieure, 8 : prémolaires supérieures, 9 : principaux vaisseaux sanguins et nerfs palatins, 10 : molaires supérieures

B : 1 : philtrum nasal, 2 : narine, 3 : philtrum labial, 4 : fissure palatine, 5 : principaux nerfs et artères palatins, 6 : vestibule buccal

Les artères du palais proviennent de l'artère maxillaire. Cette artère maxillaire va aller jusqu'à la fosse ptérygo-palatine, où elle donnera naissance à l'artère palatine descendante qui elle-même se divisera en une artère palatine majeure qui va irriguer le palais dur et une artère palatine mineure irriguant le palais mou. L'artère pharyngée ascendante joue aussi un rôle mineur dans l'irrigation du palais mou (M.S.A Kumar, 2015). Ces artères palatines mineures sont de diamètre restreint par rapport aux artères palatines majeures car le palais mou est doté d'un plexus veineux très important localisé latéralement aux muscles palatinus. Le schéma veineux est ensuite similaire aux artères. Le plexus veineux du palais mou se déverse dans la veine maxillaire au niveau de la fosse ptérygo-palatine puis la veine maxillaire s'abouche à la veine faciale puis la veine jugulaire externe (Miller and Evans's, 2020) (figure 7).

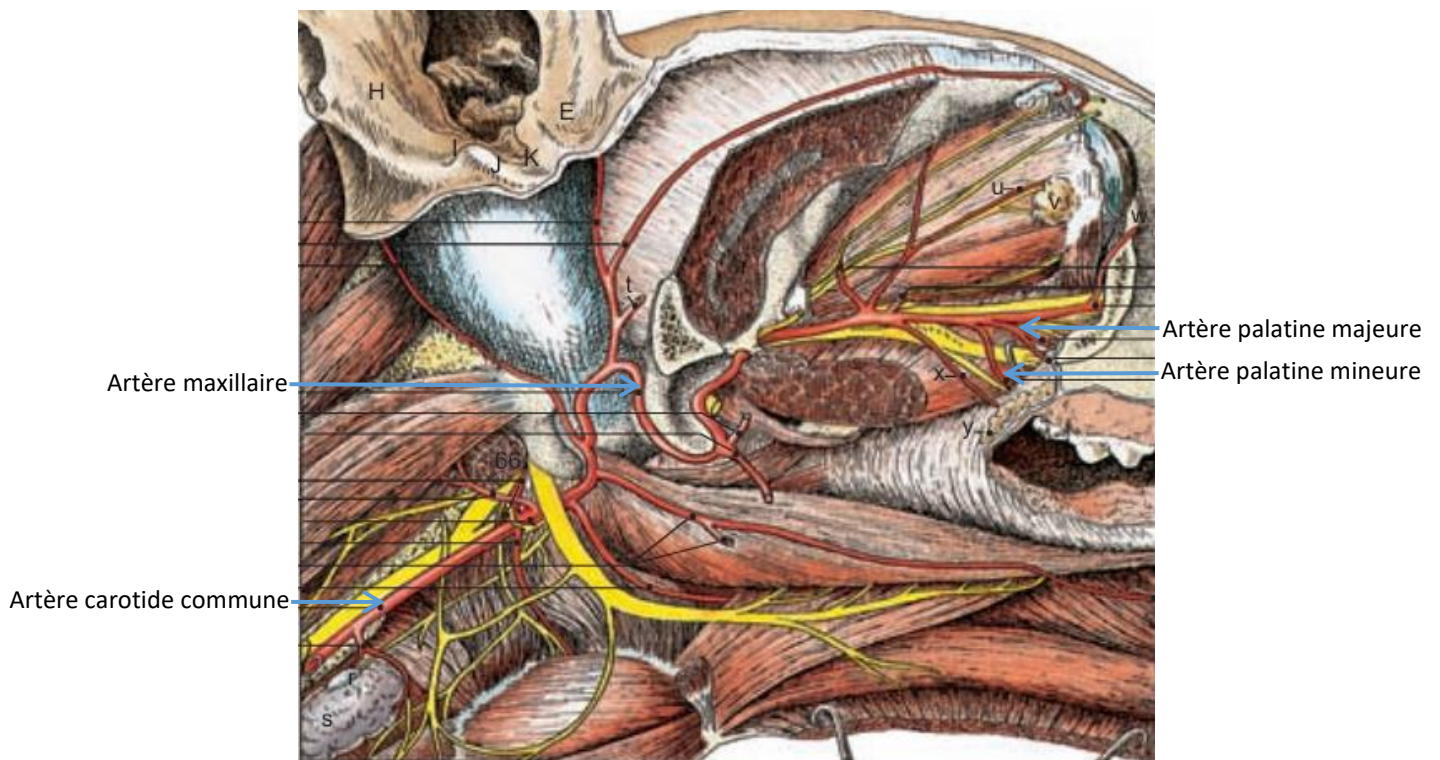


Figure 6 : Artères, nerfs et muscles de la langue, du pharynx et l'oreille externe, (d'après (Budras, 2007))

#### 4. Histologie du palais mou

Histologiquement, le palais mou est composé de tissus musculaires et glandulaires délimités par les muqueuses oropharyngée d'un côté et nasopharyngée de l'autre (figure 7). L'épithélium buccal s'amincit progressivement jusqu'à être tellement fin dans la région la plus aborale qu'il n'est plus possible d'effectuer de distinction avec le côté nasopharyngé (Arrighi *et al*, 2011).

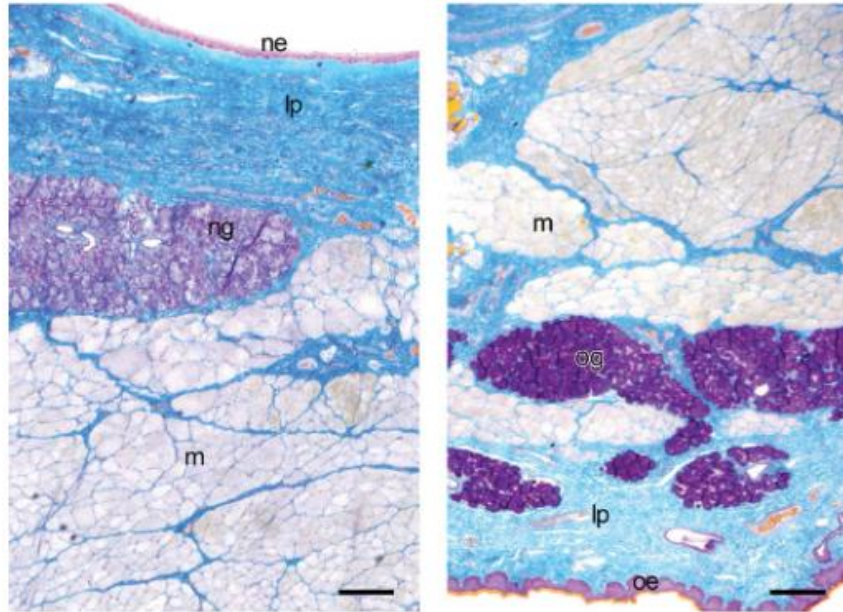


Figure 7 : Stratigraphie du palais mou chez les races canines mésocéphales, de la face nasopharyngée à gauche jusqu'à la face orale à droite, (d'après (Arrighi *et al*, 2011))

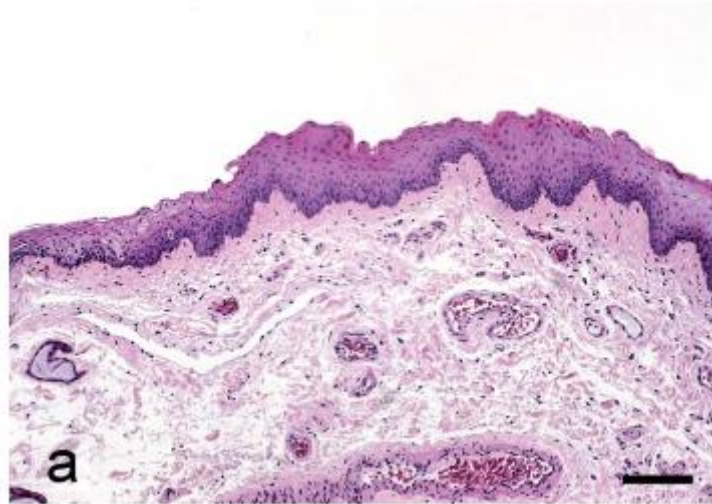
ne : épithélium nasopharyngé, lp : lamina propria, ng : glandes nasales, m : muscles palatins, og : glandes de la cavité orale, oe : épithélium de la cavité orale

Echelle = 200  $\mu$ m

La figure 7 révèle, chez les races mésocéphales, une structure histologique disposée en couches dorsoventralement. Sur l'image de gauche, on observe d'abord un épithélium nasopharyngé rectiligne, suivi du tissu conjonctif sous-jacent, puis un épithélium oropharyngé irrégulier formant des invaginations pour s'ancrer correctement au tissu conjonctif. Une différence notable concerne la localisation et la nature des glandes. Du côté nasopharyngé, une quantité modérée de glandes, principalement séreuses, est mélangée à la musculature dorsale. En revanche, sur la face orale, de nombreuses glandes, principalement muqueuses, forment une couche distincte entre la muqueuse et la musculature palatine. (Arrighi *et al*, 2011).

Chez les races brachycéphales, il a été décrit un allongement et une augmentation de l'épaisseur du palais mou. Il est donc nécessaire de savoir quelles sont les structures histologiques à l'origine de cette variation anatomique.





*Figure 8 : Morphologie de la muqueuse orale d'un chien brachycéphale, (d'après (Pichetto et al, 2011))*

*Echelle = 100  $\mu$ m*

Nous pouvons alors décrire, chez les races brachycéphales, une hyperplasie des épithéliums superficiels, et particulièrement buccal, visible sur la figure 8. Il fut également relevé comme différences histologiques, un œdème généralisé à l'ensemble du tissu conjonctif sous-jacent associé à une trame conjonctive en quantité plus importante et une hyperplasie glandulaire (Pichetto *et al*, 2011).

L'hypothèse principale concernant l'ensemble de ces modifications histologiques repose sur des traumatismes dus aux vibrations et aux frictions ayant lieu lors des efforts respiratoires amenant à un remaniement cellulaire et tissulaire. Aucune cause génétique et/ou congénitale n'est actuellement mise en évidence, pour autant cela ne permet pas de réfuter cette hypothèse car les analyses réalisées montrent une difficulté à recruter des animaux brachycéphales considérés sains (Pichetto *et al*, 2011).

## **B. Exploration du palais mou**

Afin de pouvoir mesurer l'épaisseur du palais mou, il est nécessaire d'obtenir des images qui nous permettent de visualiser ce dernier en totalité. La partie suivante s'intéresse donc à l'ensemble des techniques d'imagerie médicale qui pourraient nous permettre de mesurer le palais mou. Chaque technique d'imagerie possède ses spécificités et toutes ne se valent pas dans la précision d'analyse du palais mou.

## 1. La radiographie céphalométrique

La radiographie est une technique d'imagerie médicale qui utilise des rayons X. La radiographie céphalométrique est un terme employé pour parler de l'ensemble des radiographies permettant des mesures de la tête.

Afin de pouvoir visualiser le palais mou, il est nécessaire d'avoir une densité et un contraste radiographiques suffisant. Ces radiographies sont intéressantes principalement dans le diagnostic de maladies dentaires et osseuses de la cavité buccale. Il est également possible de visualiser le palais mou qui se situe à l'interface entre deux colonnes d'air caractérisées par le nasopharynx et l'oropharynx. Une radiographie de profil est donc nécessaire pour le visualiser par contraste vis-à-vis de l'air qui l'entoure ventralement et dorsalement. Ceci explique donc une visualisation imprécise de cette structure anatomique (Figure 9).

Ainsi, il ne s'agit pas d'une technique d'imagerie médicale satisfaisante pour réaliser les mesures souhaitées lors notre étude.



Figure 9 : Radiographies céphalométriques d'un chien, (d'après (Anjou et al, 2013))



## 2. La tomодensitométrie

La tomодensitométrie, ou scanner, est une technique d'imagerie médicale qui utilise également des rayons X. La différence majeure entre ces deux examens d'imagerie médicale est l'obtention d'images en coupes sans superposition pour le scanner. Pour obtenir cette image en 3 dimensions, le tube à rayons X tourne autour du patient.

Une fois les rayons X détectés, un ordinateur reconstruit l'image en nuances de gris en calculant l'atténuation des rayons X pour chaque point du corps traversé, en utilisant l'échelle de Hounsfield (Figure 10).

Ce processus permet de produire des coupes transversales détaillées des structures internes, facilitant ainsi le diagnostic.

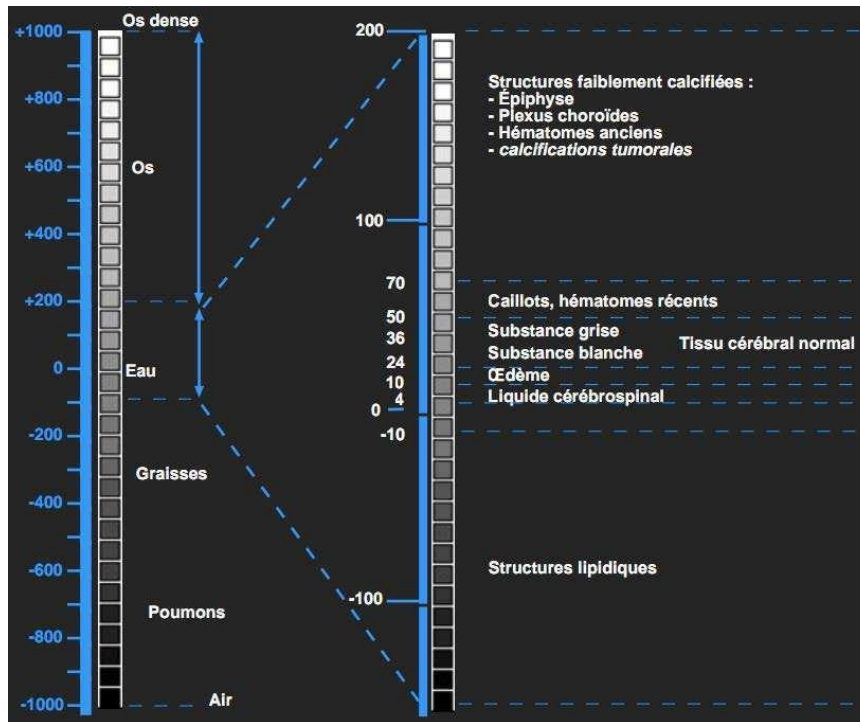
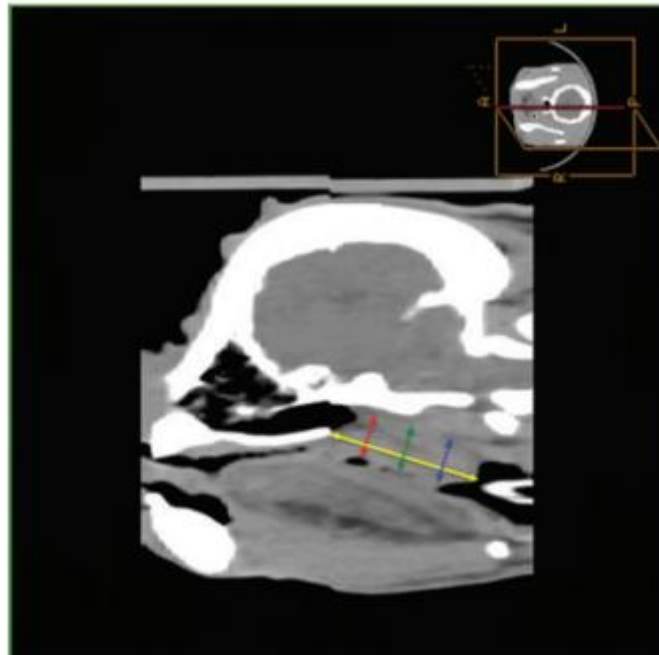


Figure 10 : Echelle de Hounsfield, (d'après Balacey, 2013))

La tomодensitométrie reste une technique d'imagerie invasive dans le milieu vétérinaire, car nécessitant une anesthésie générale pour éviter le moindre mouvement de l'animal pendant la durée de l'examen entre 10 à 15 minutes environ. De plus, l'anesthésie générale joue un rôle dans le tonus musculaire de l'aire pharyngée et laryngée et donc en ce qui nous concerne : le

palais mou. Ceci aura, bien évidemment, des répercussions sur les mesures réalisées et sera à prendre en compte dans notre étude (Grand et Bureau, 2011).

Malgré certaines limites dans sa réalisation, le scanner permet une évaluation détaillée des voies respiratoires et digestives hautes. Les différences de contraste marquées entre les différentes structures de la tête permettent une visualisation correcte d'éléments tels que le palais mou et ses structures environnantes. Cependant, la précision des mesures concernant le palais mou est moyenne, car la différenciation entre les différents tissus mous reste limitée (Figure 11).



*Figure 11 : Image de scanner de la tête d'un chien de reconstruction sagittale montrant les points métriques du palais mou, (d'après (Grand et Bureau, 2011))*

*L = longueur du palais mou (flèche jaune à deux têtes) ; T1, T2 et T3 = épaisseur du palais mou à L1 (flèche rouge à deux têtes en pointillé), L2 (flèche verte à deux têtes en pointillé) et L3 (flèche bleue à deux têtes en pointillé) respectivement.*

### 3. L'imagerie par résonance magnétique (IRM)

Comme son nom l'indique, l'IRM permet d'obtenir des images grâce aux propriétés magnétiques des protons constitutifs de l'atome d'hydrogène. Ce dernier étant un constituant de la molécule d'eau, il est alors présent dans l'ensemble des organes et tissus du corps. En étant excités par les champs magnétiques de l'appareil IRM, les protons vont créer des contrastes plus ou moins importants en fonction de leur proportion et de leur mobilité au sein des tissus. Ceci va permettre à terme de créer des images en coupe de la zone souhaitée (Figure 12).



*Figure 12 : Appareil IRM Siemens Magnetom Essenza utilisé par le STIM ONIRIS, (d'après (Mitton, 2023))*

De nombreux paramètres et réglages de l'appareil existent, permettant d'obtenir des séquences de contraste variable. Ainsi, le choix principal concerne la pondération, soit en T1 soit en T2 pour lesquelles un même tissu n'aura pas le même signal.

En pondération T2, le palais mou apparaît d'un gris plus sombre qu'en pondération T1. De plus, les tissus mous tels que le palais mou justement apparaissent de manière beaucoup plus précise et détaillée lorsque nous choisissons la pondération T2 (Figure 13).

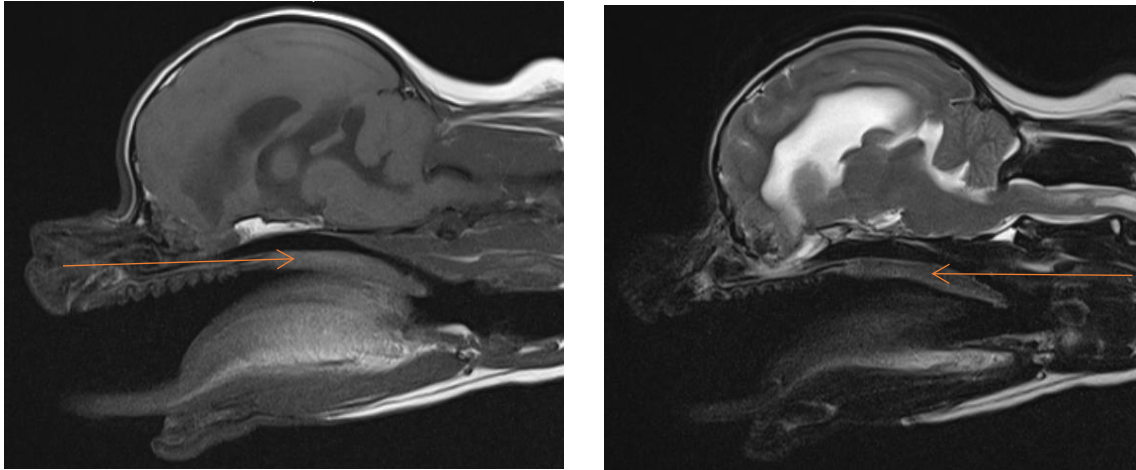


Figure 13 : Images sagittales IRM de la tête d'un chien en pondération T1 à gauche et en pondération T2 à droite (d'après (Service Transversal d'Imagerie Médicale ONIRIS®))

→ Palais mou

L'imagerie par résonance magnétique est la plus adaptée pour l'explorations des tissus mous, de l'encéphale et des structures nerveuses. Par contre, elle ne permet pas une bonne différenciation entre l'air et l'os cortical qui apparaissent tous deux en hyposignal.

De la même manière que pour le scanner, il est nécessaire que le patient ne réalise aucun mouvement durant la totalité de l'examen (une trentaine de minutes) et une anesthésie générale, associée aux biais que cela entraîne, est nécessaire.

#### 4. Comparaison des 3 méthodes d'imagerie

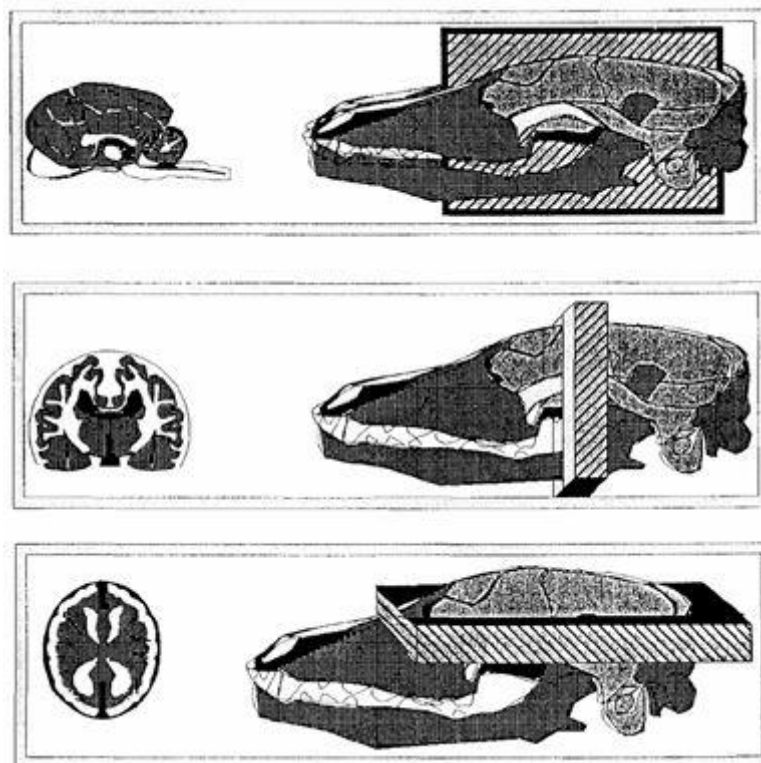
Suite à la description précédente des 3 techniques d'imagerie utilisables pour la visualisation du palais mou, nous pouvons remarquer que la radiographie céphalométrique n'offre pas une visualisation suffisamment précise du palais mou pour réaliser les mesures nécessaires à notre étude.

Concernant l'IRM et le scanner, qui permettent tous deux de visualiser correctement le palais mou, quels sont les avantages et inconvénients de chacun ?

Pour ce qui est du contraste, qui est la capacité à détecter les différences de composition entre deux tissus adjacents, l'IRM est la technique d'imagerie offrant la meilleure résolution en contraste pour les tissus mous et est donc préférée au scanner sur ce point.

S'agissant de la résolution spatiale, qui est la possibilité de percevoir si deux objets très proches sont séparés ou non, le scanner est plus efficace.

Une des différences majeures entre scanner et IRM est la différence de coupes. Avec le scanner, seulement les coupes transversales sont réalisables de façon directe. Les coupes sagittales et dorsales sont obtenues suite à des reconstructions informatiques diminuant la qualité des images obtenues. Pour l'IRM, toutes les coupes sont obtenues de manière directe et la qualité qui en découle est excellente sur l'ensemble des coupes.



*Figure 14 : Schéma des trois coupes (sagittale, transverse, dorsale) réalisables directement par l'IRM, (d'après (Shores, 1993))*

Concernant la durée de l'examen et le coût, l'IRM est plus élevée comparée au scanner avec une durée d'anesthésie comprise entre 30 à 40 minutes contre 10 à 15 minutes pour le scanner et un coût d'environ 600€ pour l'IRM et 400€ pour le scanner.

Tableau I : Tableau récapitulatif des avantages et inconvénients du scanner et de l'IRM

	Scanner	IRM
Durée de l'examen	Relativement court	Moyennement long
Tarifs moyens	400€	600€
Visualisation des tissus	Excellent pour les os Correct pour les tissus mous	Excellent pour les tissus mous Bon pour les os
Coupes obtenues	Transverse (les autres par reconstruction informatique)	Transverse, sagittale, dorsale
Accessibilité	Facile	Difficile

## C. La respiration

Le palais mou joue un rôle prépondérant dans la respiration et la déglutition mais ce n'est pas le seul. Il est donc nécessaire de connaître les organes en action lors de ces activités afin d'en décrire leur mouvement et les étapes menant au passage correct des différents éléments au sein de leurs organes respectifs.

### 1. Le procédé physiologique

La respiration pulmonaire est le renouvellement de l'air contenu dans les poumons grâce à deux étapes : l'inspiration permettant l'entrée de l'air et l'expiration entraînant sa sortie.

Pour arriver jusqu'aux poumons, l'air parcourt un trajet spécifique et se retrouve au contact de nombreux organes. Ce chemin est le suivant :

1. L'air entre par le nez ou la bouche
2. Puis passe dans le nasopharynx ou l'oropharynx pour arriver au niveau du laryngopharynx. C'est à ce niveau que le palais mou joue le rôle de barrage, en

s'abaissant pour permettre le passage de l'air du nasopharynx au laryngopharynx, ou en se relevant limitant ainsi le passage de l'air.

3. Se trouve ensuite le larynx, qui permet à l'air de passer du pharynx à la trachée, et se situe en avant de l'œsophage. Une petite structure du larynx est nommée l'épiglotte et assure que les aliments aillent dans l'œsophage et non dans la trachée. Ainsi lors de la déglutition, le larynx se soulève et l'épiglotte s'incline fermant le larynx et dirigeant les aliments et les liquides dans l'œsophage (Figure 16).
4. Si toutes les étapes se sont correctement déroulées, l'air arrive ensuite dans la trachée puis les poumons via les bronches et bronchioles.

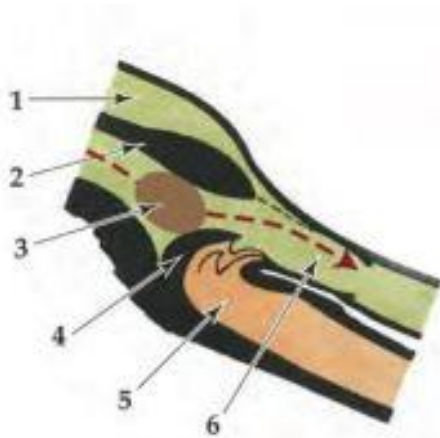


Figure 15 : Pharynx et palais mou lors de la déglutition, (d'après (M.S.A. Kumar, 2015))

1 : Nasopharynx, 2 : Palais mou, 3 : Bol alimentaire, 4 : Epiglotte, 5 : Larynx, 6 : Œsophage

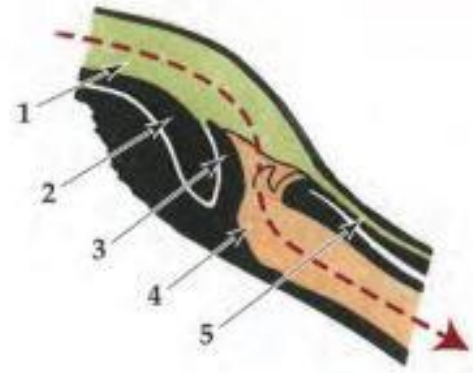


Figure 16 : Pharynx et palais mou lors de la respiration, (d'après (M.S.A. Kumar, 2015))

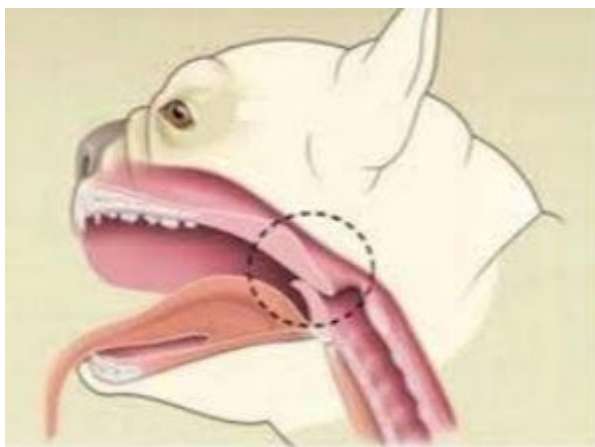
1 : Nasopharynx, 2 : Palais mou, 3 : Epiglotte, 4 : Larynx, 5 : Œsophage



## 2. Les anomalies respiratoires

### a) Le Syndrome Obstructif des Voies Respiratoires Supérieures Brachycéphales (SORB)

Ce syndrome obstructif respiratoire correspond à des anomalies congénitales de l'appareil respiratoire supérieur, que l'on retrouve chez la plupart des races de chiens au museau court ou aplati, nommées brachycéphales. Les anomalies les plus couramment associées à ce syndrome comprennent les narines sténosées, les cornets nasaux aberrants, le collapsus nasopharyngé, l'hyperplasie du palais mou, la macroglossie, l'hypertrophie amygdalienne et le collapsus laryngé (Krainer et Dupré, 2022). Dans le cadre de notre étude, l'anomalie nous intéressant le plus est l'hyperplasie et l'élongation du palais mou. Le voile du palais, autrement appelé palais mou est plus long et plus épais, relativement à la taille du crâne, que pour les chiens normocéphales (Lodato et Hedlund, 2012). Le raccourcissement facial des races brachycéphales n'est pas assorti d'une réduction proportionnelle des tissus mous des voies aériennes supérieures.



*Figure 17 : Schéma de l'élongation et de l'hypertrophie du voile du palais chez un chien brachycéphale (d'après (Centre hospitalier vétérinaire de Frégis))*

L'hypertrophie du palais mou est une anomalie conformationnelle (Grand et Bureau, 2011), mais elle peut être accentuée par une respiration difficile augmentant au fur et à mesure de l'âge la musculature du palais mou et l'inflammation de ce dernier (Pichetto *et al*, 2011). D'autres facteurs extérieurs tels que l'obésité, peuvent être à l'origine de modifications morphologiques des voies respiratoires supérieures des chiens brachycéphales et augmenter les difficultés respiratoires associées (Packer *et al*, 2015).



Les signes cliniques pouvant apparaître lors de SORB consistent majoritairement en des bruits respiratoires augmentés (stertor et stridor), des intolérances à l'effort et à la chaleur, des difficultés respiratoires, des syncopes voire la mort (Sadowski, 2021). Dans de nombreux cas, il existe une nécessité à réaliser une chirurgie qui correspond, en fonction de la nécessité à rétablir un flux d'air correct, en une palatoplastie, une rhinoplastie et une ventriculectomie. Notre étude concernant l'embonpoint de ces chiens et l'épaisseur du palais mou, pourrait être intéressante dans l'expectative d'une corrélation entre ces deux variables, il serait attirant de voir si un amaigrissement limiterait la nécessité de chirurgie.

### b) L'apnée obstructive du sommeil

Des épisodes d'apnées peuvent être observés chez les chiens brachycéphales durant leur sommeil. Lorsque les chiens dorment, une relaxation musculaire s'installe, ce qui rétrécit les voies de passage de l'air dans le pharynx (Koch et al., 2003).

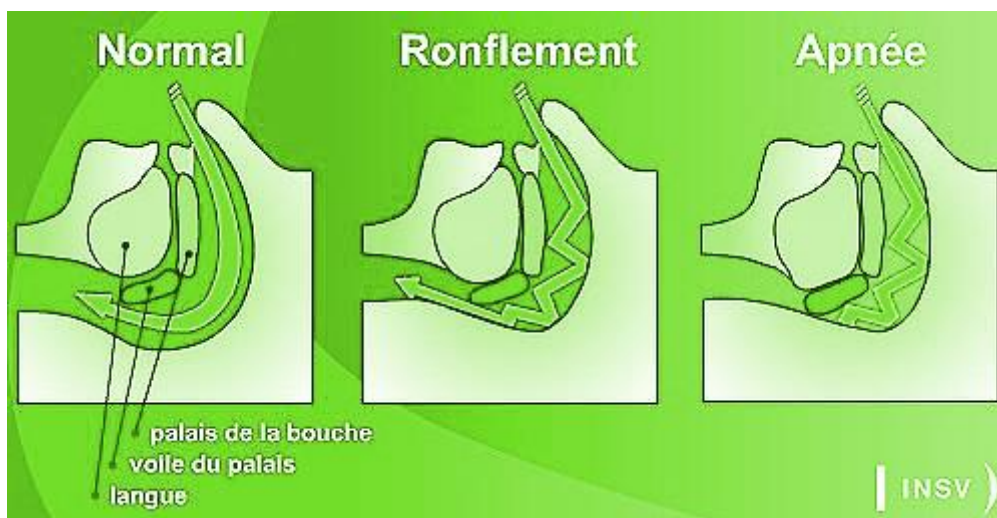


Figure 18 : Schéma du mécanisme d'apnée obstructive du sommeil chez l'Homme (d'après (Institut National du Sommeil et de la Vigilance))

Le mécanisme d'apnée du sommeil des chiens brachycéphales présente des similarités avec le syndrome observé chez l'homme. Le manque de sommeil et les périodes d'hypoxémie répétées entraînent une désaturation sanguine artérielle. Celle-ci provoque une augmentation de l'activité sympathique qui aboutit au développement d'affections cardiovasculaires. Ces phénomènes provoquent aussi une activation de cytokines pro-inflammatoires. Ces mécanismes laissent supposer une association entre l'inflammation chronique impliquée dans la

pathophysiologie du SORB et les maladies cardiaques associées (Planellas et al., 2012). Ainsi, de nombreuses études ont démontré un parallèle entre SORB et apnée obstructive du sommeil, pour autant, il est aussi possible d'observer ce genre d'anomalie respiratoire chez des chiens méso et dolichocéphales.

## Partie 2 : Etude expérimentale rétrospective

### A. Objectif de l'étude

L'étude menée est une étude rétrospective réalisée au sein du service d'imagerie du Centre Hospitalier Universitaire Vétérinaire (CHUV) de l'école vétérinaire Oniris. Les dossiers médicaux et les images archivées ont été recherchés pour identifier les chiens ayant subi un examen d'imagerie par résonance magnétique (IRM) de la tête entre 2016 et 2024, quel que soit le motif. L'objectif est ensuite de mesurer l'épaisseur du palais mou pour la confronter à la Note d'Etat Corporel (NEC) et ce en fonction du gabarit et de la morphologie du patient, afin de déterminer s'il existe ou non une corrélation entre embonpoint et épaisseur du palais mou.

La sélection génétique opérant au sein de l'espèce canine, des morphologies variées et parfois opposées sont apparues. Il existe ainsi des hypertypes et une différenciation des races est nécessaire car toutes ne possèdent pas les mêmes caractéristiques anatomiques et morphologiques.

### B. Les différentes races de chien

Au vu de la diversité de races et de phénotypes canins, il a été choisi de regrouper sous une même dénomination certaines de ces races car elles avaient en commun des caractéristiques similaires.

Sont ainsi déduits 3 morphotypes : les dolichocéphales, les mésocéphales et les brachycéphales.

Pour départager les races dans ces catégories, il existe divers indices de conformation de tête mais la démarcation entre les conformations est mal définie et dépend des auteurs. Un des indices accepté est l'indice céphalique ou indice crânien qui est le rapport entre la largeur et la longueur maximale du crâne. A partir de ces mesures, nous pouvons classer une race comme dolichocéphale si sa tête est 2 fois plus longue que large, brachycéphale si sa tête est plus large que longue et mésocéphale s'il n'appartient à aucun des deux et est donc intermédiaire.

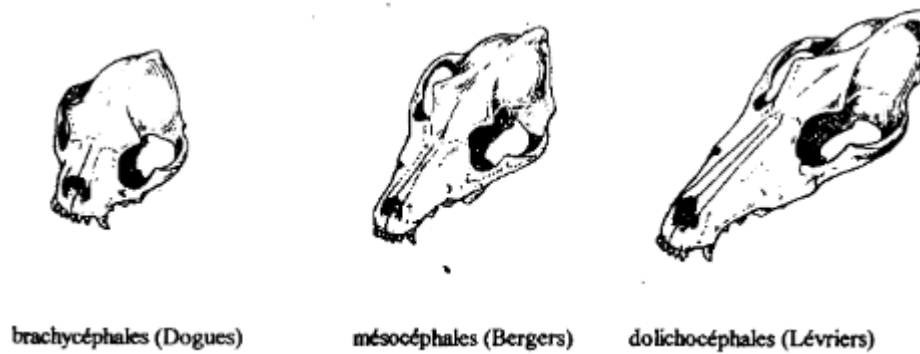


Figure 19 : Formes céphaliques osseuses, (d'après (Luquet, 1971))

En plus de différencier les chiens sur leurs critères morfo-anatomiques, nous avons fait le choix de les comparer en fonction de leur état d'embonpoint que l'on peut quantifier de manière objective par la NEC.

### C. Note d'état corporel

Bien que la surveillance régulière du poids corporel soit une bonne pratique, le poids ne constitue qu'un des aspects d'une condition physique saine. En raison des variations qui existent au sein des races, en particulier chez les chiens issus de croisements, il peut s'avérer difficile de déterminer un poids idéal. En outre, le poids peut rester stable alors que la masse grasse augmente et que la masse corporelle maigre diminue.

L'évaluation de l'état corporel par l'attribution d'une note d'état corporel est une méthode subjective et semi-quantitative d'évaluation de la graisse corporelle et des muscles. Des méthodes d'attribution d'un indice de condition corporelle ont été développées pour les animaux de production (bovins, ovins, caprins) et de compagnie (chiens, chats, chevaux).

La note spécifique est attribuée sur la base d'une ou plusieurs caractéristiques de l'animal noté. Les caractéristiques peuvent être visuelles, palpables ou les deux, et peuvent concerner une ou plusieurs régions du corps.

La nature subjective inhérente à l'attribution d'une NEC et, par conséquent, la nature semi-quantitative de l'information pourraient conduire à penser que la NEC est un indice peu fiable, imprécis et qui transmet relativement peu d'informations utiles sur le plan clinique. Cependant, plusieurs études ont démontré que la notation de l'état corporel est fiable lorsqu'elle est réalisée

conformément à des protocoles spécifiques et qu'elle transmet des informations cliniques utiles (Pyrek *et al*, 2023 ; Kluess *et al*, 2021).

L'utilité et la fiabilité d'une NEC dépendent de trois aspects : la répétabilité, la reproductibilité et la prévisibilité.

La répétabilité est la capacité d'un évaluateur à attribuer le même score pour le même animal lors d'examens répétés, à condition que l'état corporel de l'animal n'ait pas changé. La répétabilité est une évaluation de la variabilité ou de la précision au sein de l'évaluateur.

La reproductibilité est la capacité de deux évaluateurs ou plus à attribuer indépendamment le même score pour le même animal. La reproductibilité est une évaluation de la variabilité entre évaluateurs ou de la précision entre évaluateurs.

La prévisibilité est la capacité de la NEC à refléter les composants corporels réels d'un animal. La composante corporelle la plus souvent intéressante est la graisse corporelle, mais parfois le muscle corporel, ou sa perte, est intéressant chez les animaux dont les scores sont inférieurs à la moyenne.

Au sein de l'école vétérinaire Oniris, la grille de notation utilisée pour la NEC des chiens est celle de 9 catégories développée par Purina.






















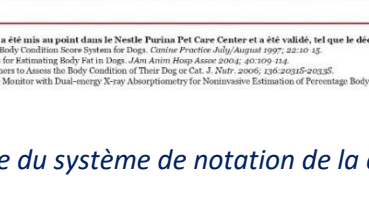


Les scientifiques de Purina ont conçu et validé un système de score d'évaluation de la condition corporelle en 9 points pour les chiens et les chats. Selon la NEC en 9 points de Purina, une condition physique idéale suppose une taille (vue du dessus) et une dépression abdominale (vue de profil) visibles, ainsi que des côtes facilement palpables (Figure 20).

On juge qu'une NEC est idéale lorsqu'elle est de 4 à 5 pour les chiens et de 5 pour les chats.

Les animaux de compagnie ayant une NEC de 8 ou 9 sont considérés comme obèses.

En général, les rapports indiquent que la graisse corporelle en milieu de gamme représente 15 à 25 % du poids corporel et qu'elle augmente ou diminue de 5 à 7 % pour chaque incrément de 1 entier de l'indice de masse corporelle, lorsque l'on utilise une échelle allant de 1 à 9.

## SYSTÈME DE CONDITION PHYSIQUE

<b>TROP MAIGRE</b>			<b>1</b> Côtes, vertèbres lombaires, os du bassin et saillies osseuses visibles à distance ; pas de graisse corporelle perceptible ; perte de masse musculaire évidente.						
			<b>2</b> Côtes, vertèbres lombaires, os du bassin bien visibles ; absence de graisse palpable ; autres saillies osseuses éventuellement visibles ; légère perte de masse musculaire.						
			<b>3</b> Côtes facilement palpables voire visibles et absence de graisse palpable ; sommets des vertèbres lombaires visibles ; os du bassin de plus en plus proéminents ; taille et dépression abdominale marquées.						
	<table border="0"> <tr> <td rowspan="2" style="background-color: #fce4ec; color: black; text-align: center; vertical-align: middle; padding: 10px;"><b>NORMAL</b></td> <td></td> <td></td> <td><b>4</b> Côtes facilement palpables, avec petite couche adipeuse ; taille facilement visible en regardant du dessus ; dépression abdominale marquée.</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td><b>5</b> Côtes palpables sans excès de couche adipeuse ; taille visible en arrière des côtes en regardant du dessus ; abdomen creusé, vu de côté.</td> </tr> </table>			<b>NORMAL</b>			<b>4</b> Côtes facilement palpables, avec petite couche adipeuse ; taille facilement visible en regardant du dessus ; dépression abdominale marquée.		
<b>NORMAL</b>			<b>4</b> Côtes facilement palpables, avec petite couche adipeuse ; taille facilement visible en regardant du dessus ; dépression abdominale marquée.						
			<b>5</b> Côtes palpables sans excès de couche adipeuse ; taille visible en arrière des côtes en regardant du dessus ; abdomen creusé, vu de côté.						
<b>TROP GROS</b>			<b>6</b> Côtes palpables avec un léger excès de couche adipeuse ; taille perceptible en regardant du dessus mais non proéminente ; dépression abdominale apparente.						
			<b>7</b> Côtes difficilement palpables ; couche adipeuse importante ; dépôts adipeux marqués dans la région lombaire et à la base de la queue ; absence de taille ou à peine visible ; présence éventuelle d'une dépression abdominale.						
			<b>8</b> Côtes non palpables sous une épaisse couche adipeuse, ou palpables uniquement en exerçant une pression importante ; forts dépôts adipeux dans la région lombaire et à la base de la queue ; absence de taille ; absence de dépression abdominale ; présence éventuelle d'une distension abdominale.						
			<b>9</b> Forts dépôts adipeux sur le thorax, la colonne vertébrale et la base de la queue ; absence de taille et de dépression abdominale ; dépôts graisseux sur le cou et les membres ; distension abdominale marquée.						

Le SYSTÈME DE CONDITION PHYSIQUE a été mis au point dans le Nestlé Purina Pet Care Center et a été validé, tel que le décrivent les publications suivantes :  
 LaHanna DP. Development and Validation of a Body Condition Score System for Dogs. *Canine Practitioner* July/August 1997; 22:10-15.  
 Mansby DL et al. Comparison of Various Methods for Estimating Body Fat in Dogs. *J Am Anim Hosp Assoc* 2004; 40:109-114.  
 German AJ et al. A Simple, Reliable Tool for Owners to Assess the Body Condition of Their Dog. *et Cat*. 2, 2017; 2006: 136-20115-20235.  
 German AJ et al. Comparison of a Bioimpedance Monitor with Dual-energy X-ray Absorptiometry for Noninvasive Estimation of Percentage Body Fat in Dogs. *AJVR* April 2010; 70:72, No. 4.

Figure 20 : Fiche du système de notation de la condition physique du chien par Purina

## D. Matériel et méthode

### 1. Matériel utilisé

L'appareil d'IRM utilisé est le modèle Essenza 1,5 Tesla de la marque SIEMENS.

Le logiciel d'analyse de données et de mesures numériques est nommé RadIant DICOM Viewer®.

### 2. Sélection des cas

#### a) Recrutement

Les individus ont été recrutés à l'aide des logiciels de gestion vétérinaire Clovis et Sirius, ainsi que les cahiers de traçabilité des examens d'IRM du STIM (Service Transversal d'Imagerie Médicale). Dans ce service d'imagerie, il est à noter qu'environ une centaine d'IRM de tête de chiens est réalisée chaque année.

Le compte-rendu médical de chaque animal a été analysé afin d'obtenir les informations concernant l'âge, le sexe, la race, le poids, si l'animal est entier ou stérilisé et enfin la NEC et la conclusion de l'examen d'IRM afin de vérifier les critères d'inclusion et d'exclusion pour chaque cas.

#### b) Critères d'inclusion

Les patients inclus dans cette étude étaient des chiens de toutes races et tous formats. Par la suite, une différenciation entre les individus brachycéphales d'un côté et les chiens mésocéphales et dolichocéphales d'un autre a été réalisée. Cette catégorisation repose sur une différence trop importante de la conformation et de l'histologie du palais mou entre ces types de races.

Les animaux retenus devaient avoir un âge supérieur à 1 an afin de ne traiter que les animaux adultes pour ne pas avoir de biais vis-à-vis d'une croissance incomplète des tissus mous de la tête.

Seuls les patients dont les critères précédents étaient corrects, et dont on possédait des séquences en pondération T2 avec des coupes sagittales et transversales qui couvraient l'ensemble du palais mou ont été recrutés.

### c) Critères d'exclusion

Ont été exclus de cette étude :

- Tous les animaux d'espèces différentes que le chien, ainsi que l'ensemble des chiens d'âge inférieur à un an.
- Les individus brachycéphales ayant subi une résection chirurgicale d'une partie du palais mou dans le cadre d'un SORB, ou tout autre individu d'une autre race ayant subi une opération chirurgicale sur ce site anatomique.
- Les animaux ayant des tumeurs localisées au palais mou ou toute autre modification morphologique macroscopique avec résultats d'analyse.
- L'ensemble des individus pour lesquels il n'existait pas d'images sagittales en pondération T2 ou s'il n'y avait pas l'entièreté du palais mou et la hauteur de la tête sur l'image.

## 3. Analyse des images

A l'aide du logiciel RadIant DICOM Viewer®, différentes mesures du palais mou ont été effectuées.

Des mesures uniquement bi-dimensionnelles du palais mou ont été réalisées à partir des coupes sagittales en pondération T2. Afin d'être certain d'obtenir des mesures reproductibles, il a été décidé d'utiliser la même coupe sagittale pour effectuer les mesures, à savoir la coupe du plan médian où le cervelet et l'adhérence interthalamique sont le mieux visualisés.

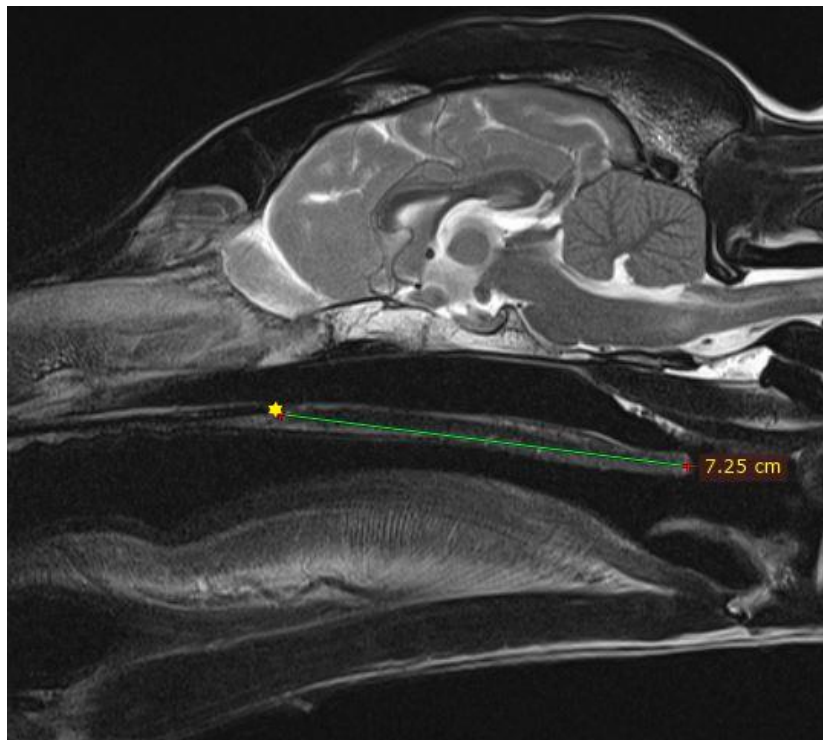
A partir de ces images, les informations suivantes ont été obtenues :

- ➔ La longueur du palais mou, mesurée à partir du bord caudal du palais dur (derrière les dernières molaires) jusqu'au bord caudal du palais mou



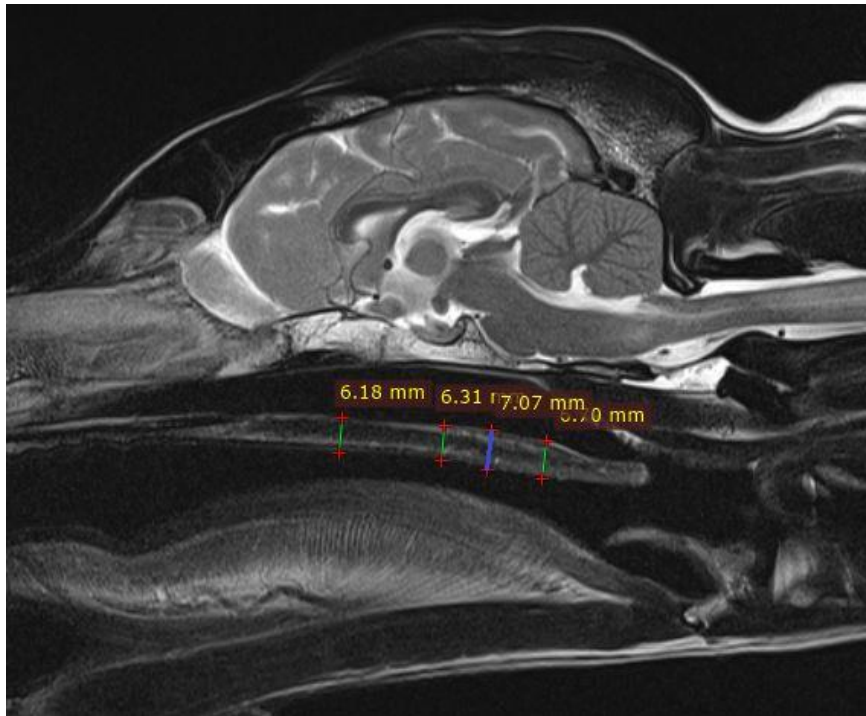
- L'épaisseur du palais mou par 3 plans de coupe transversaux, l'un au niveau du premier quart, l'autre en sa moitié et le dernier au niveau du troisième quart. Pour la reproductibilité des mesures, le trait de mesure réalisé doit être perpendiculaire à l'axe longitudinal du palais mou.
- L'épaisseur maximale du palais mou, peu importe sa localisation rostro-caudale chez les individus.
- L'épaisseur moyenne du palais mou, en réalisant une moyenne arithmétique des 4 valeurs d'épaisseur obtenues précédemment (1<sup>er</sup> quart, moitié, 3<sup>ème</sup> quart, épaisseur maximale).

Des exemples de ces mesures sont illustrés dans les Figures 21 et 22.



*Figure 21 : Exemple de la mesure de la longueur du palais mou, allant du bord caudal du palais dur jusqu'au bord caudal du palais mou, sur une image d'IRM, à l'aide du logiciel RadiAnt DICOM Viewer® (d'après (Service Transversal d'Imagerie Médicale ONIRIS®))*

- ★ Extrémité caudale de l'os palatin signifiant la situation anatomique de liaison entre palais mou et palais dur



*Figure 22 : Exemple des mesures de l'épaisseur du palais mou en son 1er quart, sa moitié et 3ème quart (traits verts) et son épaisseur maximale (trait bleu), sur une image d'IRM, à l'aide du logiciel RadiAnt DICOM Viewer® (d'après (Service Transversal d'Imagerie Médicale))*

Malgré la différenciation entre les races brachycéphales et méso/dolichocéphales, au sein même de ces deux groupes, nous avons remarqué des variations importantes du gabarit des chiens. Au sein des méso/dolichocéphales, il est possible d'y trouver un individu de 3 kg comme un individu de 50 kg. Considérant cette différence majeure de taille et de poids, il a été supposé que le palais mou pouvait varier de taille et d'épaisseur au sein des races de gabarits très différents. L'objectif est donc de trouver un indicateur permettant de créer plusieurs catégories au sein desquelles les individus seraient de gabarit similaire pour comparer les épaisseurs des palais mous pour des individus jugés identiques d'un point de vue conformationnel.

Nous avons donc choisi de mesurer plusieurs autres structures anatomiques dans le but de réaliser un rapport entre l'épaisseur du palais mou et l'épaisseur de cette structure anatomique et comparer les résultats entre eux pour trouver quel critère est le plus précis pour former des groupes d'individus de gabarits similaires et donc d'épaisseur de palais mou similaires.

Les structures anatomiques et les mesures réalisées sont :

- ➔ L'épaisseur du nasopharynx par 3 plans de coupe transversaux, l'un au niveau du premier quart, l'autre en sa moitié et le dernier au niveau du troisième quart.

- L'épaisseur maximale du nasopharynx, peu importe sa localisation rostro-caudale.
- L'épaisseur moyenne du nasopharynx, obtenue en réalisant la moyenne arithmétique des 4 valeurs d'épaisseur du nasopharynx obtenues précédemment.
- La hauteur de la tête dans sa totalité.
- La distance séparant l'extrémité ventrale du palais mou et l'extrémité dorsale du crâne.

Afin d'obtenir une reproductibilité dans la réalisation des mesures du crâne, deux repères ont été pris en compte :

- Passage du trait de mesure par l'adhérence interthalamique
- Perpendicularité du trait de mesure avec le palais mou

Des exemples de ces mesures sont illustrés dans les Figures 23 et 24

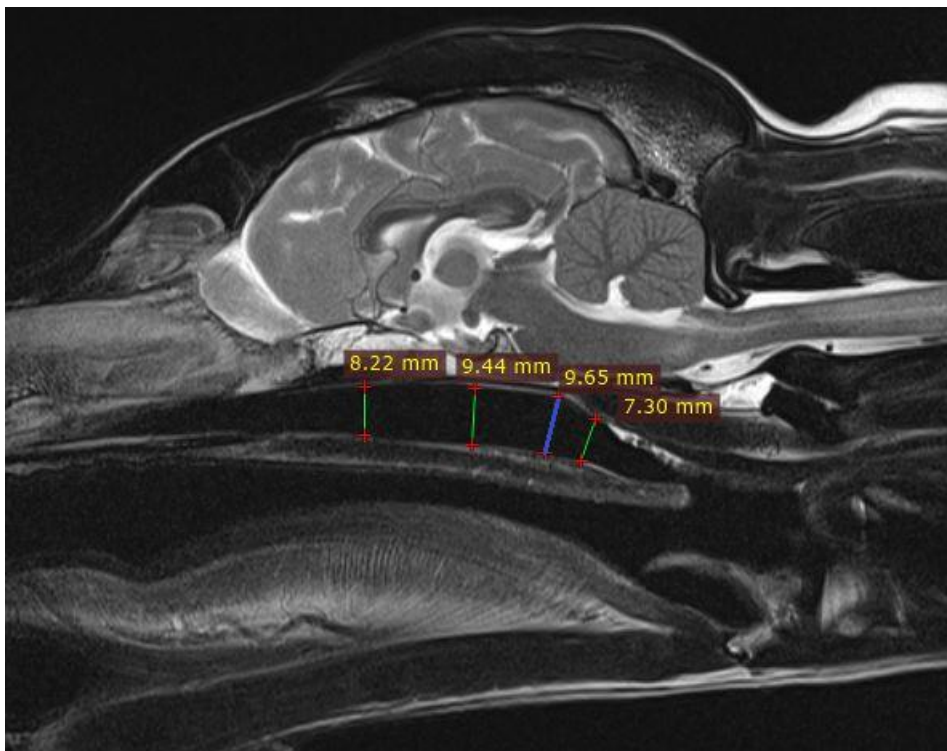


Figure 23 : Exemple des mesures de l'épaisseur du nasopharynx en son 1er quart, sa moitié et 3ème quart (traits verts) et son épaisseur maximale (trait bleu), sur une image d'IRM, à l'aide du logiciel RadiAnt DICOM Viewer® (d'après (Service Transversal d'Imagerie Médicale))

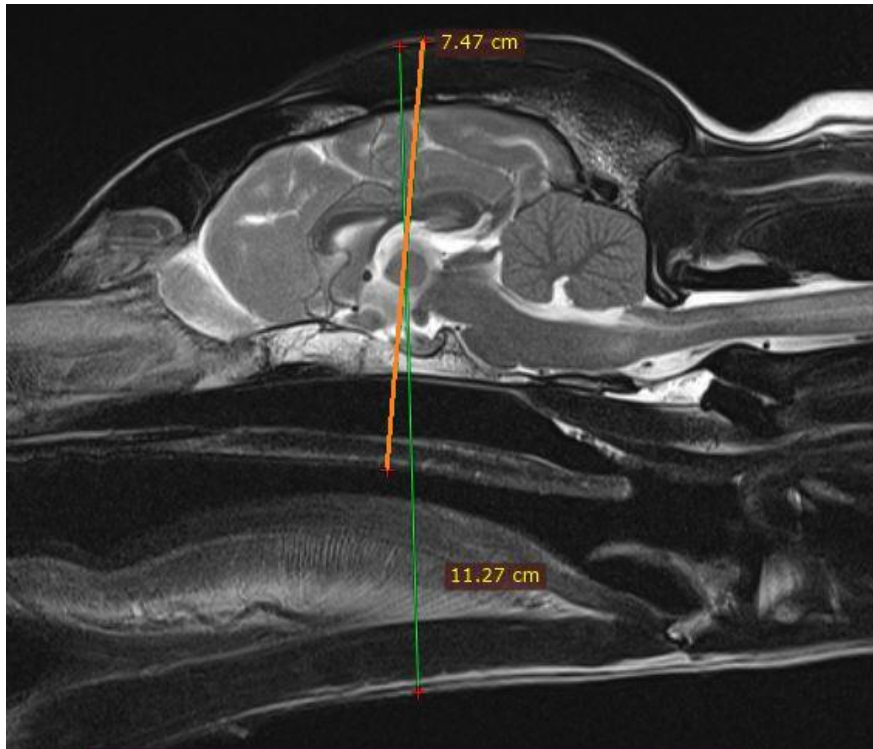


Figure 24 : Exemple des mesures de la hauteur de la tête en totalité (trait vert) et de la hauteur du bord ventral du palais mou jusqu'au crâne (trait orange), sur une image d'IRM, à l'aide du logiciel RadiAnt DICOM Viewer® (d'après (Service Transversal d'Imagerie Médicale))

## E. Résultats

### 1. Recrutement des individus

Au total, le temps passé au recrutement des cas représente 60 heures et à la sélection de 489 individus correspondant aux critères de sélection.

Certains dossiers médicaux récupérés ne comprenaient pas la NEC de l'animal. De nombreux appels téléphoniques aux structures vétérinaires ayant référé le cas à l'école vétérinaire Oniris nous ont permis de retrouver cette information, mais pour 69 chiens cette information n'a pas pu être récupérée.

En ce qui concerne l'application des critères d'exclusion :

- La nécessité de l'animal d'avoir un âge supérieur à 1 an a amené au retrait de 15 individus.

- Le nombre d'animaux ayant subi une chirurgie du palais mou s'est élevé à 10.
- La présence de tumeur ou de modification morphologique anormale du palais mou a permis d'exclure 5 chiens.
- L'ensemble des individus pour lesquels il n'existait pas d'images sagittales en pondération T2 ou pour lesquels l'entièreté du palais mou et la hauteur de la tête n'étaient pas visualisables était au nombre de 119 cas exclus.

Au final, l'application de l'ensemble des critères d'exclusion cités précédemment sur notre population de départ nous amène à la réduire d'un facteur de 1,8 en passant de 489 individus à 271.

## 2. Description de la population d'étude

### a) Race

Dans le but d'harmoniser les analyses statistiques et de permettre des comparaisons, il a été décidé de séparer les races en 2 catégories : les brachycéphales d'un côté, les méso et dolichocéphales d'un autre. La classification des races considérées comme brachycéphales reste encore aujourd'hui un sujet compliqué. Nous avons pris en compte la différenciation effectuée par le Comité Général, Luxembourg 2009 qui définit comme brachycéphales les 18 races suivantes : Boston Terrier, Boxer, Griffon Belge, Griffon Bruxellois, Petit Brabançon, Bulldog, Bullmastiff, Dogue de Bordeaux, Bouledogue Français, Japanese Chin, King Charles Spaniel, Mastiff, Mastino Napoletano, Pékinois, Carlin, St Bernard, Staffordshire Bull Terrier et Shih Tzu.

La population étudiée comprend ainsi 33% d'individus de races brachycéphales (n=90) et 67% de races méso et dolichocéphales (n=181).

*Tableau II : Répartition des chiens de notre population d'étude en fonction du type de races*

Type de race	Effectif	Pourcentage
Brachycéphale	90	33 %
Méso/dolichocéphale	181	67 %

L'homogénéité des types de races a été vérifiée par un test du Khi2 d'indépendance. Nous pouvons remarquer une proportion plus importante de méso et dolichocéphales par rapport aux brachycéphales dans la population étudiée. Ces 2 populations présentent des différences significatives, avec une p-value égale à  $3.24 \times 10^{-8}$  ( $<0,05$ ).

## b) Sexe

Notre cohorte est composée de 41,3% de femelles (n=112) dont 53,6% sont stérilisées (n=60) contre 58,7% de mâles (n=159) dont 40,3% sont stérilisés (n=64).

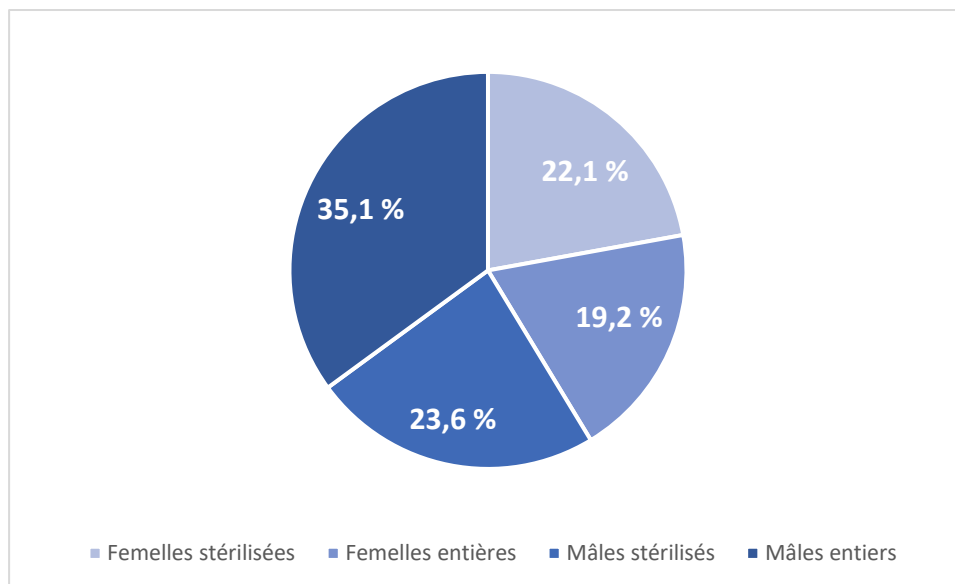


Figure 25 : Répartition des chiens de l'échantillon en fonction de leur sexe

Concernant le sexe de l'animal, notre population est significativement différente de la population française car la p-value du test de khi2 de conformité est de  $0.004 < 0,05$ . Les valeurs de référence prises pour ce test correspondent aux dernières données des sexes des chiens en France divulguées par l'ICAD concernant les animaux identifiés au 31 décembre 2023.

Un test de khi2 d'indépendance a été réalisé pour comparer sexe et stérilisation et la p-value =  $0,04 < 0,05$  démontre un lien statistique entre le sexe et la stérilisation. Ainsi, les femelles sont significativement plus stérilisées que les mâles dans notre population d'étude.

### c) Poids

Le poids moyen des animaux de l'échantillon est de 19,1 kg. La plage de valeur s'étend de 1,7 à 67 kg, avec une représentation plus importante des animaux entre 1 et 20 kg.

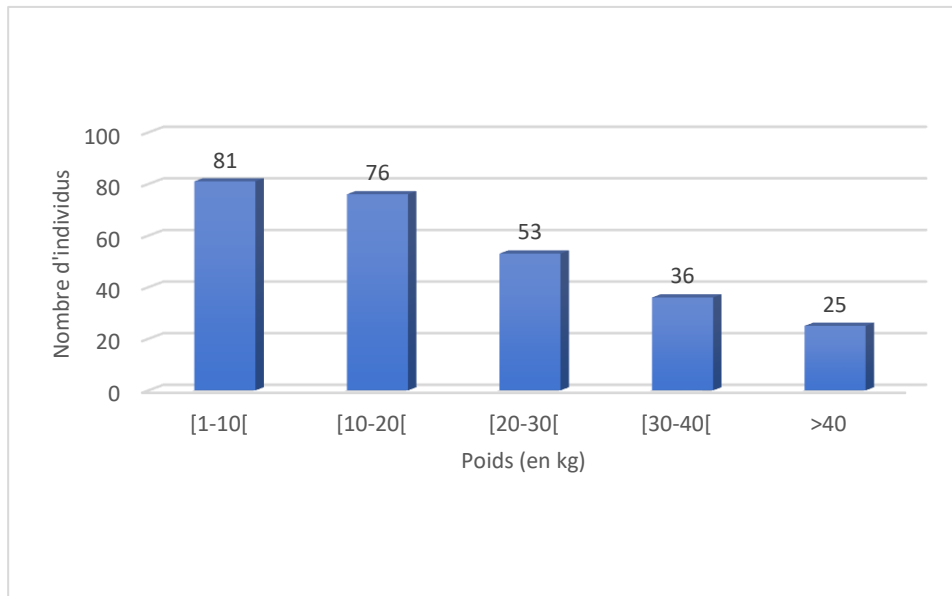


Figure 26 : Répartition des chiens de l'échantillon en fonction de leur poids

La répartition des individus dans les catégories de poids en fonction de leur appartenance à une race brachycéphale d'un côté ou dolicho/mésocéphale d'un autre a été testé à l'aide d'un test du Khi2. Une p-value de  $1.38e-6$  a été obtenue démontrant une différence significative entre les deux populations. Ainsi la répartition des individus dans les différentes catégories de poids diffère significativement en fonction de l'appartenance au groupe de races.

Après une analyse plus précise, nous remarquons une présence plus importante de brachycéphales dans les catégories de faible poids.

#### d) NEC

Les individus avec une NEC de 5/9 sont les plus représentés dans notre population, suivis des individus avec une NEC de 4/9 puis 6/9. Aucun individu avec une NEC de 0/9 n'est présent dans notre étude.

Tableau III : Répartition des chiens de notre population d'étude en fonction de leur NEC

NEC des chiens	Effectif	Pourcentage
1/9	0	0 %
2/9	8	3 %
3/9	13	4,8 %
4/9	59	21,8 %
5/9	113	41,7 %
6/9	49	18,1 %
7/9	25	9,2 %
8/9	3	1 %
9/9	1	0,4 %

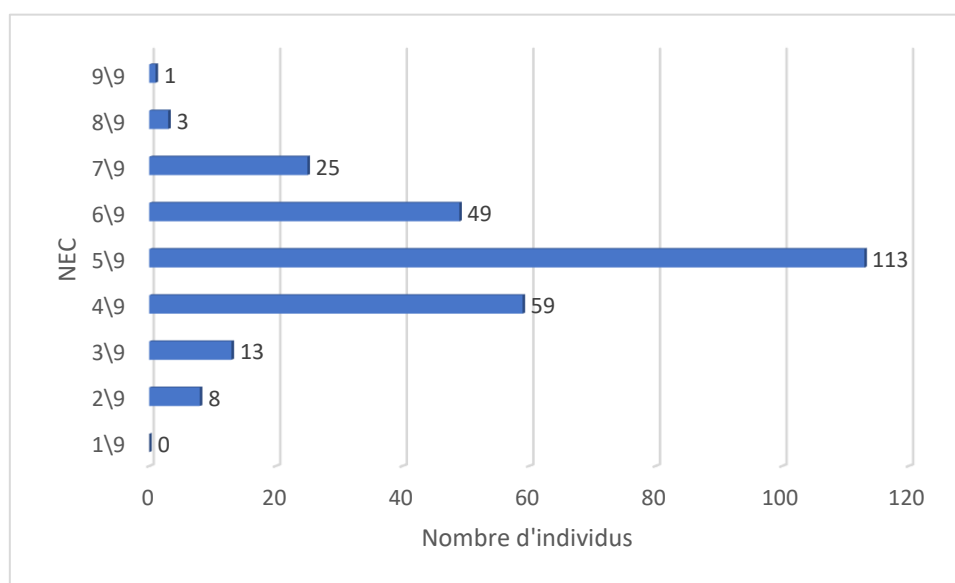


Figure 27 : Répartition des chiens de l'échantillon en fonction de leur NEC

Afin de comparer la répartition des individus dans les différentes catégories de NEC, entre les deux populations brachycéphales et méso/dolichocéphales, nous avons réalisé un test de fischer



exact. La p-value obtenue est de  $0,869 > 0,05$  signifiant que les différences observées dans la répartition des chiens au sein des différentes NEC n'est pas significativement différente entre nos deux populations. L'homogénéité des NEC au sein de notre population d'étude est donc respectée.

### 3. Description de l'échantillon des races brachycéphales

Après avoir analysé notre cohorte d'étude dans son intégralité, nous allons détailler les deux populations qui seront distinctes pour le reste de l'étude : les brachycéphales dans un premier temps et les méso/dolichocéphales dans un second temps.

#### a) Races

Les races les plus représentées dans notre échantillon de chiens brachycéphales correspondent aux bouledogues français (29%) et aux CKC (21%) suivis en 3<sup>ème</sup> position par les boxer (15%).

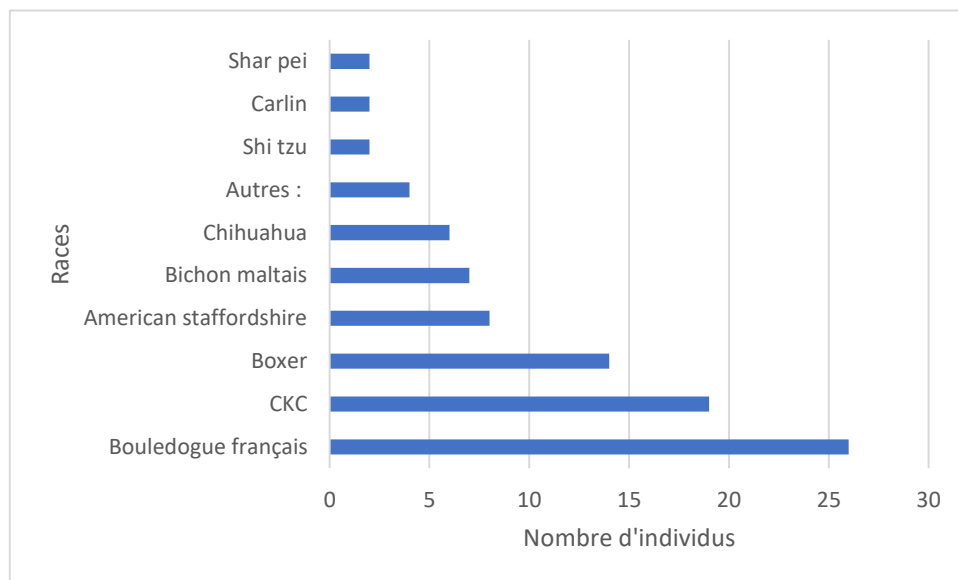


Figure 28 : Répartition des chiens de l'échantillon brachycéphale en fonction de leurs races

## b) Sexe

La répartition des sexes dans notre population brachycéphale, est similaire à celle de notre population générale. Les mâles sont représentés de façon plus importante et la stérilisation est plus fréquente, en proportion chez les femelles.

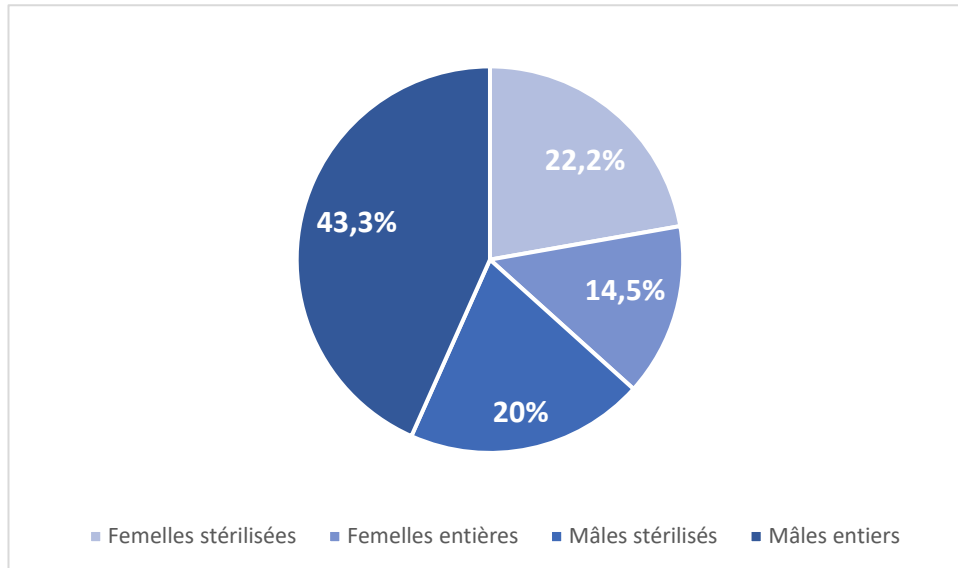


Figure 29 : Répartition des chiens de l'échantillon brachycéphale en fonction de leur sexe

Un test de khi deux a été réalisé afin de mettre en évidence ou non une différence significative entre les brachycéphales et notre population d'étude au complet. La p-value étant de 0,48, les deux populations citées précédemment ne possèdent pas de différences significatives concernant la répartition des sexes et l'homogénéité est donc respectée.

## c) Poids

Les individus de la population brachycéphale se concentre principalement entre 10 et 20 kg (n=42) puis entre 1 et 10 kg (n=27). Ceci est dû à la représentation importante des races bouledogue français dont le poids moyen est aux alentours de 12 à 14 kg et CKC dont le poids moyen est égal à 7 / 8 kg.

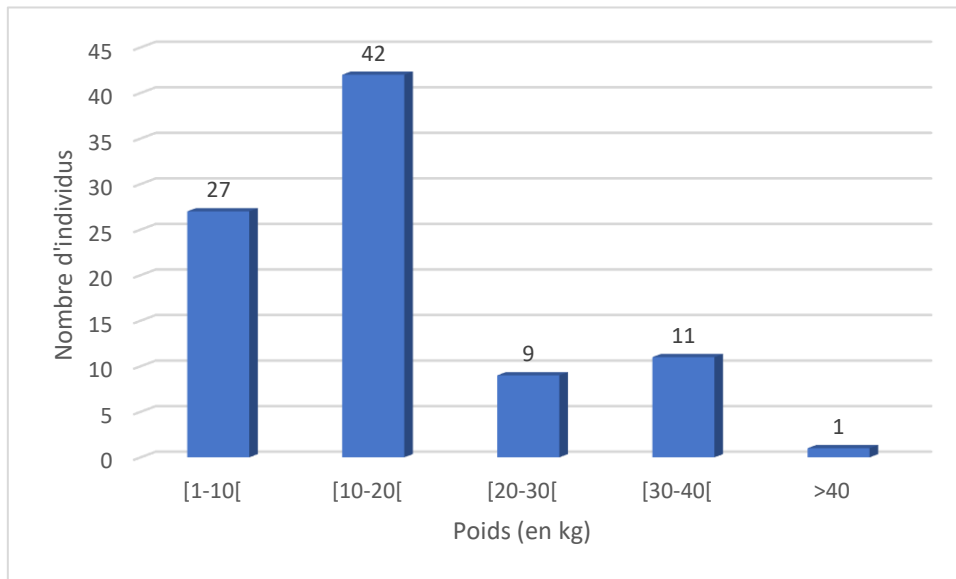


Figure 30 : Répartition des chiens de l'échantillon brachycéphale en fonction de leur poids

#### d) NEC

La répartition des individus dans les catégories de NEC semble respecter une distribution normale comme illustré avec la Figure 32. Ainsi, les catégories extrêmes sont celles comprenant le moins de chiens tandis que les catégories médianes sont celles qui en possèdent le plus. Plus précisément, la très grande majorité des chiens brachycéphales possède une NEC située entre 4 et 6 sur 9, ce qui correspond à 82,2% de la population. De plus, la NEC la plus représentée est celle médiane, dont on considère l'animal en parfait embonpoint à savoir 5/9.

Aucun individu dans cette population brachycéphale ne fut classé dans les catégories de NEC 1/9 et 8/9. Enfin, 30 % des chiens ont une note inférieure à 5 et 30 % une note supérieure à 5, indiquant qu'il n'y a pas de tendance marquée vers le surpoids ou la maigreur dans les races brachycéphales de notre échantillon.

Tableau IV : Répartition des chiens de notre population brachycéphale en fonction de leur NEC

NEC des chiens	Effectif	Pourcentage
1/9	0	0 %
2/9	3	3,3 %
3/9	4	4,5 %
4/9	20	22,2 %
5/9	36	40 %
6/9	18	20 %
7/9	8	8,9 %
8/9	0	0 %
9/9	1	1,1 %

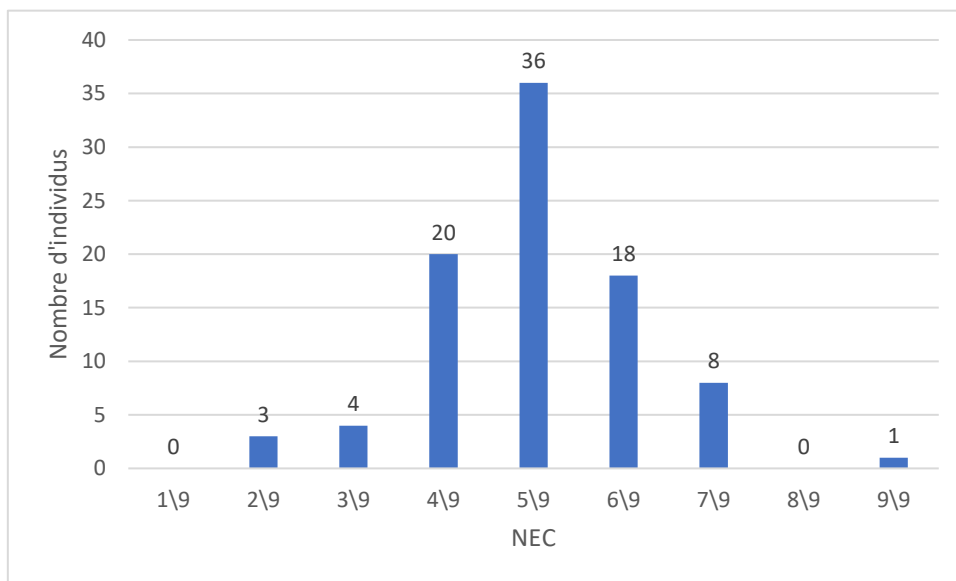


Figure 31 : Répartition des chiens de l'échantillon brachycéphale en fonction de leur NEC

## 4. Description de l'échantillon des races mésocéphales et dolichocéphales

### a) Races

Notre population de races mésocéphales et dolichocéphales est très diversifiée, comprenant un nombre extrêmement élevé de races (n=60), sans compter les croisements de race. Les races les plus représentées au sein de notre cohorte sont, en premier lieu le Yorkshire (n=15), suivi de près par le Labrador (n=14) puis le Golden Retriever (n=11) et le Berger Australien (n=10).

Notre échantillon semble bien refléter la population actuelle des chiens en France. En effet, à l'instar de l'ICAD en 2023, nous constatons que le Yorkshire Terrier est la race la plus représentée (Figure 33). De plus, le Golden Retriever, qui se classe en 5ème position sur le site de l'ICAD en 2023, occupe la 3ème place dans notre population.



Figure 32 : Représentation des races les plus présentes en France en 2023 d'après l'ICAD

Par ailleurs, le Berger Australien, ayant enregistré le plus grand nombre d'adoptions en 2023 selon les données de l'ICAD (Figure 34), est logiquement très présent dans notre échantillon.

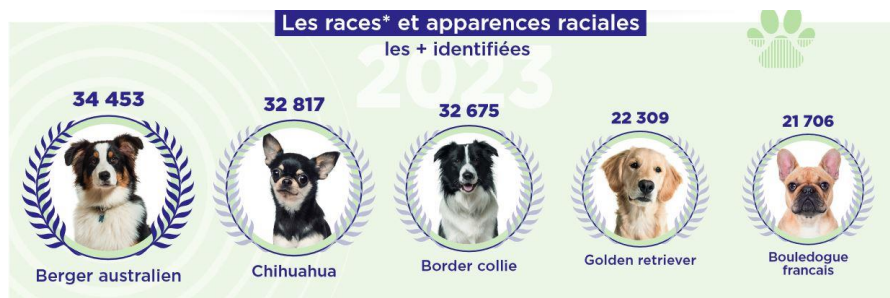


Figure 33 : Représentation des races les plus identifiées en France en 2023 d'après l'ICAD

## b) Sexe

De la même manière que pour le groupe de races brachycéphales, les individus mâles de races méso et dolichocéphales sont en plus grand nombre (56,4% de mâles contre 43,6% de femelles). De plus, les femelles sont proportionnellement plus stérilisées que les mâles avec un taux de stérilisation de 51% au sein du groupes des femelles contre 45% pour le groupe des mâles.

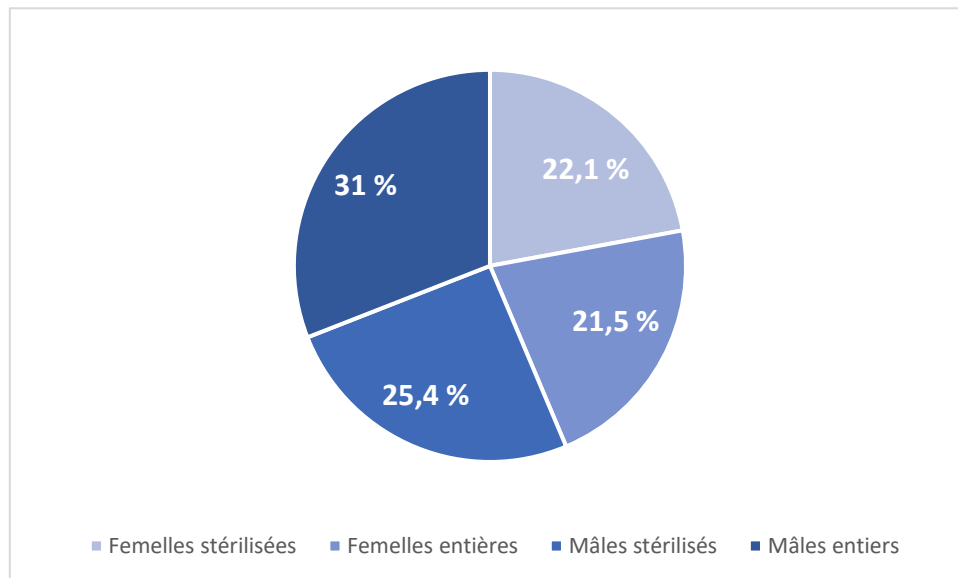


Figure 34 : Répartition des chiens de l'échantillon méso/dolichocéphale en fonction de leur sexe

## c) Poids

La catégorie de poids la plus représentée au sein de la population mésocéphale et dolichocéphale concerne la tranche 1-10 kg, ce qui est en accord avec la présence de nombreux individus de la race Yorkshire dont la moyenne de poids de cette race est 3,5 kg. De plus de nombreuses autres races de chien de petit format tels que les Spitz ou Jack Russel sont présents dans notre échantillon.

Contrairement à la population brachycéphale, l'ensemble des tranches de poids possède un effectif élevé de chiens avec au minimum 24 chiens dans la catégorie des plus de 40 kg. Ceci est dû à la grande diversité de races et donc de gabarits au sein de notre population de méso et dolichocéphales.

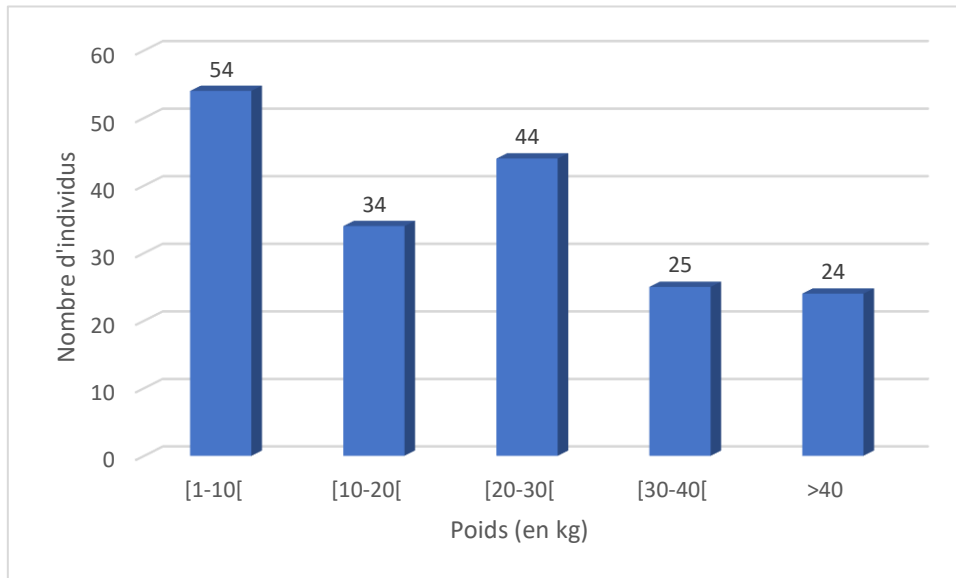


Figure 35 : Répartition des chiens de l'échantillon méso/dolichocéphale en fonction de leur poids

#### d) NEC

De la même manière que pour les races brachycéphales, les chiens méso et dolichocéphales se répartissent selon une loi normale au sein des différentes catégories de NEC. Ainsi une grande majorité d'individus se situe dans une NEC comprise entre 4 et 6 sur 9 (81,1% de la population méso/dolichocéphale). Aucun chien n'a été noté avec une NEC comprise dans les catégories extrêmes (NEC = 1/9 et 9/9).

Sans avoir une tendance vers le surpoids ou la maigreur, la population méso/dolichocéphale est plus représentée pour les NEC inférieure à 5 (29,3 %) que pour les NEC supérieure à 5 (28,2 %).

Tableau V : Répartition des chiens de notre population méso/dolichocéphale en fonction de leur NEC

NEC des chiens	Effectif	Pourcentage
1/9	0	0 %
2/9	5	2,8 %
3/9	9	5 %
4/9	39	21,5 %
5/9	77	42,5 %
6/9	31	17,1 %
7/9	17	9,4 %
8/9	3	1,7 %
9/9	0	0 %

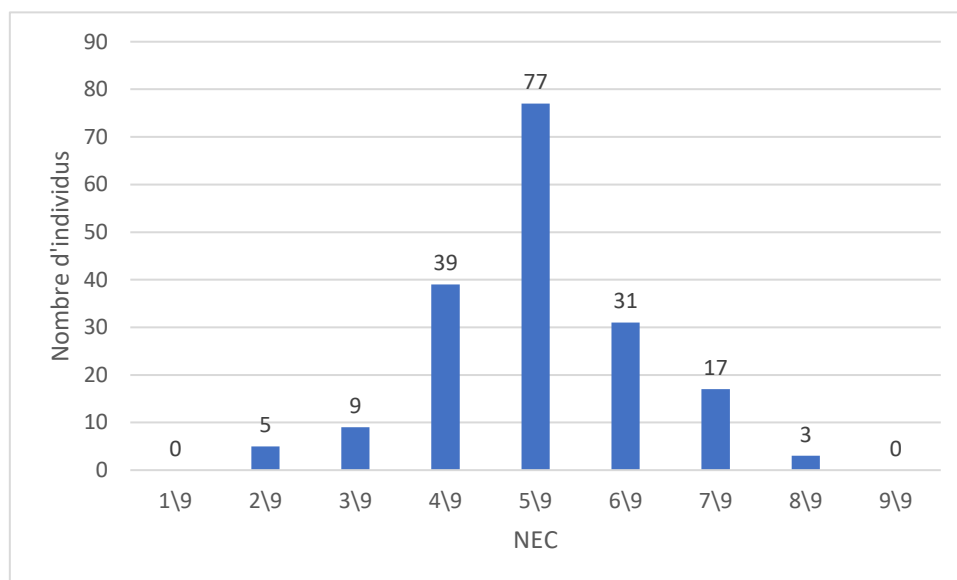


Figure 36 : Répartition des chiens de l'échantillon méso/dolichocéphale en fonction de leur NEC

## 5. Analyse de performance des critères

Bien que nous ayons séparé les races brachycéphales et les races méso/dolichocéphales entre elles, par leur différence conformationnelle des structures anatomiques de la tête, une autre distinction au sein même de ces groupes semble nécessaire pour arriver à comparer le palais mou entre les individus. Effectivement, si nous regardons la variabilité individuelle au sein de chacun des deux grands groupes formés, il semble impossible de comparer l'épaisseur du palais



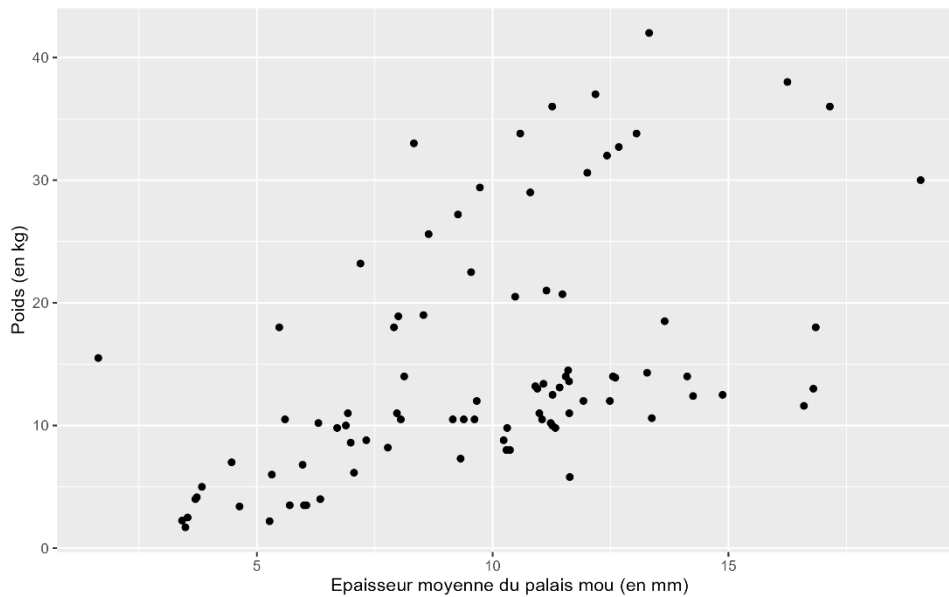
mou en fonction de la NEC sur des chiens possédant au départ une épaisseur de palais mou physiologique différente. Par exemple, au sein des méso et dolichocéphales, si nous comparons un Spitz Allemand nain de 2,5 kg avec un Cane Corso de 50 kg, nous pouvons mettre en évidence une différence de 7 mm entre l'épaisseur du palais mou du premier et du deuxième chien. Ainsi, si l'on veut pouvoir analyser l'influence ou non de la NEC sur cette épaisseur du palais mou, il va falloir éliminer ce biais du gabarit de l'individu afin de réaliser des groupes au sein desquels les individus ont une épaisseur du palais mou relativement proche physiologiquement.

Des mesures ont été réalisées afin de trouver un indicateur, le plus précis soit-il, pour former des groupes le plus proche physiologiquement du point de vue de l'épaisseur de palais mou. Le but étant que l'indicateur soit le plus indépendant possible de l'état d'embonpoint de l'animal mais en restant en corrélation avec l'épaisseur du palais mou et le gabarit. Cela nous permettrait de former des groupes d'épaisseur de palais mou relativement similaire, en s'affranchissant de l'influence de la NEC sur cette dernière. Ainsi, ont été mesurés, l'épaisseur moyenne et maximale du nasopharynx, la hauteur du crâne ainsi que la hauteur comprise entre le bord ventral du palais mou et l'extrémité dorsale du crâne (Figure 24). Des nuages de points et des coefficients de corrélation ont été calculés entre les indicateurs précédents, ainsi que le poids, en lien avec l'épaisseur du palais mou. L'objectif était d'identifier les variables les plus corrélées afin de former des groupes aussi homogènes que possible.

## a) La population brachycéphale

### (1) Le poids

Le poids est un critère simple d'utilisation, qui permet de différencier les individus par gabarit en réalisant des tranches de poids. Seulement, le poids varie-t-il de la même manière que l'épaisseur du palais mou ?

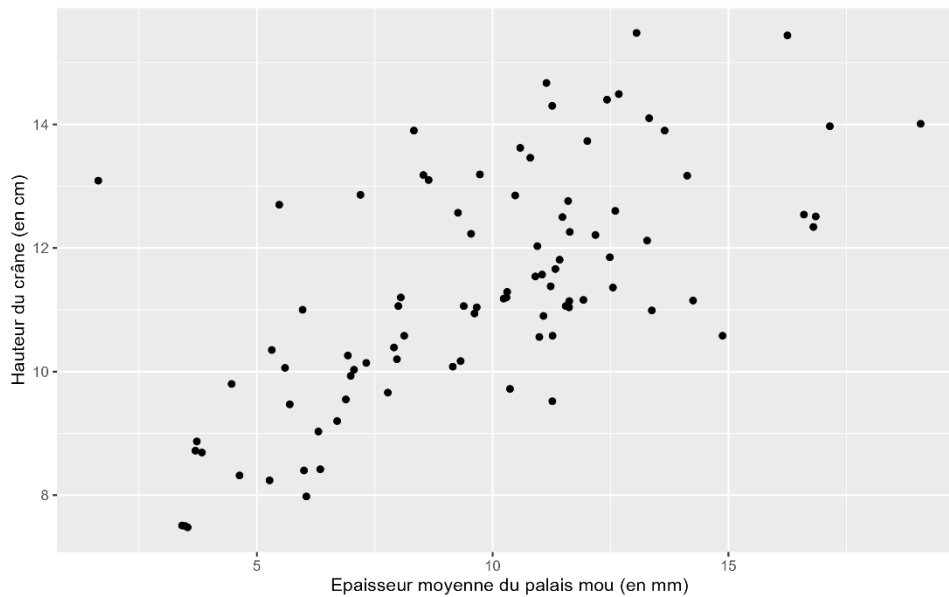


*Figure 37 : Nuage de points mettant en évidence la relation entre l'épaisseur du palais mou et le poids chez les individus brachycéphales*

Le nuage de point obtenu est relativement disparate et ne semble pas démontrer de corrélation marquée entre épaisseur moyenne du palais mou et poids pour les races brachycéphales. Pour connaître le degré de corrélation de ces deux variables, nous avons effectué un test de Pearson et obtenu une valeur de coefficient égale à 0,52 ( $p\text{-value} = 1.691e-07$ ). Cette valeur étant positive, elle indique que, globalement, lorsque l'une des variables augmente, l'autre tend également à augmenter. De plus, 0,52 est comprise entre 0,3 et 0,7 permettant de statuer sur une corrélation modérée entre épaisseur moyenne du palais mou et poids.

## (2) La hauteur du crâne

Plus le gabarit du chien augmente, plus la taille de son crâne augmente aussi. Nous nous sommes demandés si la hauteur du crâne ne pouvait pas être un indicateur intéressant afin de différencier des groupes d'individus. Il était donc indispensable d'étudier la corrélation entre cette dernière mesure et l'épaisseur moyenne du palais mou.

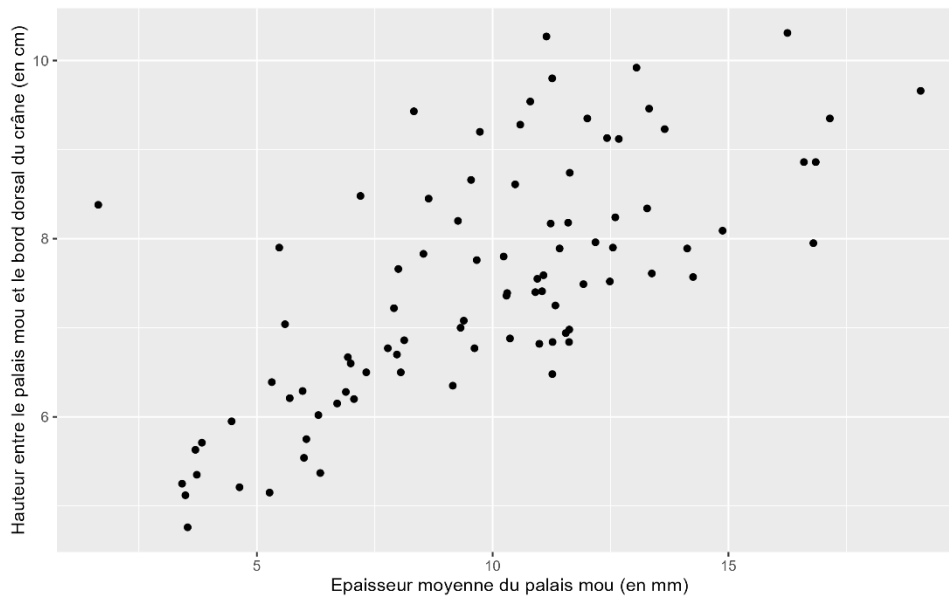


*Figure 38 : Nuage de points mettant en évidence la relation entre l'épaisseur du palais mou et la hauteur du crâne chez les individus brachycéphales*

Le nuage de points semble moins éparé que celui impliquant le poids. Pour autant, la corrélation entre les deux variables ne semble pas si forte car l'ensemble des points ne forme pas réellement une droite. Le test de Pearson nous permet d'obtenir un coefficient de corrélation de 0,66 ( $p\text{-value} = 1.73e-12$ ). Cette valeur reste positive comme pour le poids mais sa valeur est bien supérieure sans pour autant dépasser le seuil de 0,7. Ainsi, la corrélation entre hauteur de crâne et épaisseur moyenne du palais mou est plus importante que pour le poids mais reste toutefois modérée.

### (3) La hauteur entre palais mou et crâne

La mesure de cette hauteur s'inscrit dans la même démarche que le critère précédent. Seulement, en prenant comme point de départ l'extrémité ventrale du palais mou, nous espérons avoir une mesure plus précise en limitant le biais d'ouverture de la cavité buccale pendant l'anesthésie par exemple qui pourrait être à l'origine de mesures plus ou moins différentes avec le critère précédent.



*Figure 39 : Nuage de points mettant en évidence la relation entre l'épaisseur du palais mou et la hauteur crâne/palais chez les individus brachycéphales*

La figure obtenue se rapproche de la précédente mais les points semblent tout de même être plus rapprochés. Cela se confirme par le test de Pearson dont le facteur de corrélation est égal à 0,7. Nous avons donc une forte corrélation positive entre épaisseur moyenne du palais mou et hauteur palais/crâne. Il s'agit ainsi de notre critère testé le plus intéressant pour former les groupes avec une épaisseur de palais mou la plus proche physiologiquement au sein des brachycéphales.

#### (4) Matrice de corrélation

L'ensemble des indicateurs précédents ont été regroupés dans une matrice de corrélation. La corrélation varie de -1 (rouge foncé) à 1 (bleu foncé). Une corrélation positive indique que lorsque l'une des valeurs augmente, l'autre augmente également. Une corrélation négative indique que lorsque l'une des valeurs augmente, l'autre diminue.

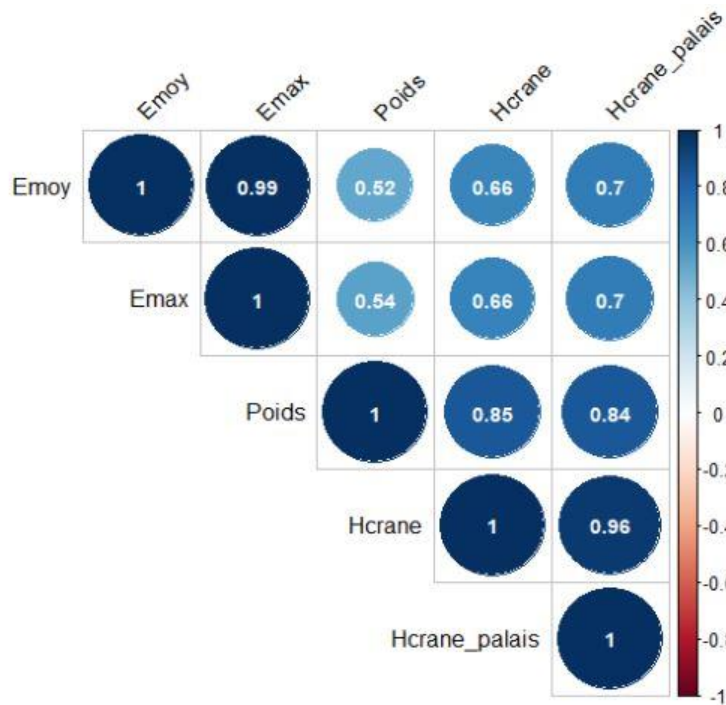


Figure 40 : Matrice de corrélation pour l'échantillon brachycéphale

*Emoy : épaisseur moyenne du palais mou, Emax : épaisseur maximum du palais mou, Hcrane : hauteur du crâne, Hcrane\_palais : hauteur entre l'extrémité ventrale du palais mou et l'extrémité dorsale du crâne*

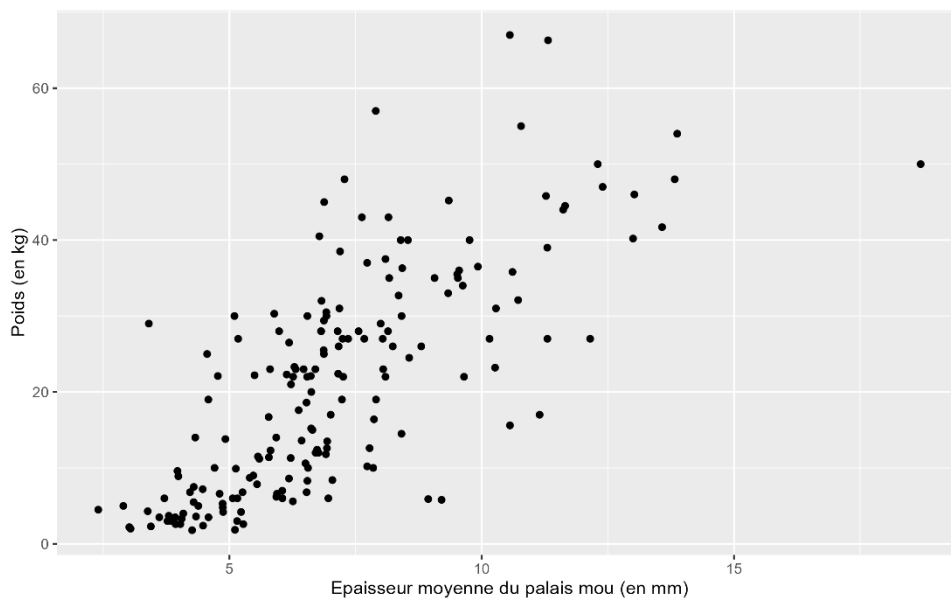
Comme dit précédemment, le critère qui semble le plus performant correspond à la hauteur palais/crâne, devant la hauteur du crâne et le poids. Nous remarquons que le poids et la hauteur du crâne possède un indice de corrélation très élevé mettant en évidence le lien entre gabarit de l'animal et hauteur du crâne comme cité précédemment. De plus, le coefficient de corrélation entre Hcrane et Hcrane\_palais est de 0,96 ce qui démontre une différence légère entre les deux indicateurs qui était présumée en amont, et qui est à l'origine de la plus grande précision de l'indicateur Hcrane\_palais.

Enfin, aucune différence significative n'est à noter entre les coefficients de corrélation obtenus avec Emoy et Emax, si ce n'est pour le poids où il est à noter une différence positive de 0,02 pour Emax. Au vu de ces résultats, nous décidons pour les futures analyses de garder l'épaisseur moyenne du palais ou et non celle maximale.

## b) La population mésocéphale et dolichocéphale

De la même manière, nous allons analyser l'ensemble des indicateurs utilisés précédemment dans la population brachycéphale afin de déterminer si le type de race possède une influence sur les résultats de corrélation. Nous allons, en plus des indicateurs précédents, en ajouter deux supplémentaires : l'épaisseur moyenne et maximale du nasopharynx. Ces mesures n'ont pas été prises en compte dans la population brachycéphale car sur les images IRM de nombreux individus, cette mesure n'était pas réalisable car non visualisée.

### (1) Le poids



*Figure 41 : Nuage de points mettant en évidence la relation entre l'épaisseur du palais mou et le poids chez les individus méso/dolichocéphales*

Une corrélation positive semble se dégager entre poids et épaisseur moyenne du palais mou car l'ensemble des points a une tendance à former une droite. Cette relation semble d'autant plus vraie pour des poids inférieurs à 30 kg, le nuage de point semblant se disperser de plus en plus avec l'augmentation de poids. Un test de Pearson vient confirmer notre hypothèse car le coefficient de corrélation est égal à 0,74 ( $p\text{-value} < 2.2e-16$ ). Ainsi, il existe une forte corrélation positive entre poids et épaisseur moyenne du palais mou, bien supérieure à celle observée chez les brachycéphales ( $0,74 > 0,52$ ).

## (2) L'épaisseur du nasopharynx

Comme pour le palais mou, deux mesures ont été effectuées pour le nasopharynx : l'épaisseur moyenne qui prend en compte quatre valeurs (l'épaisseur maximale et l'épaisseur maximale au 1<sup>er</sup>, 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> quarts) et l'épaisseur maximale mesurée du nasopharynx.

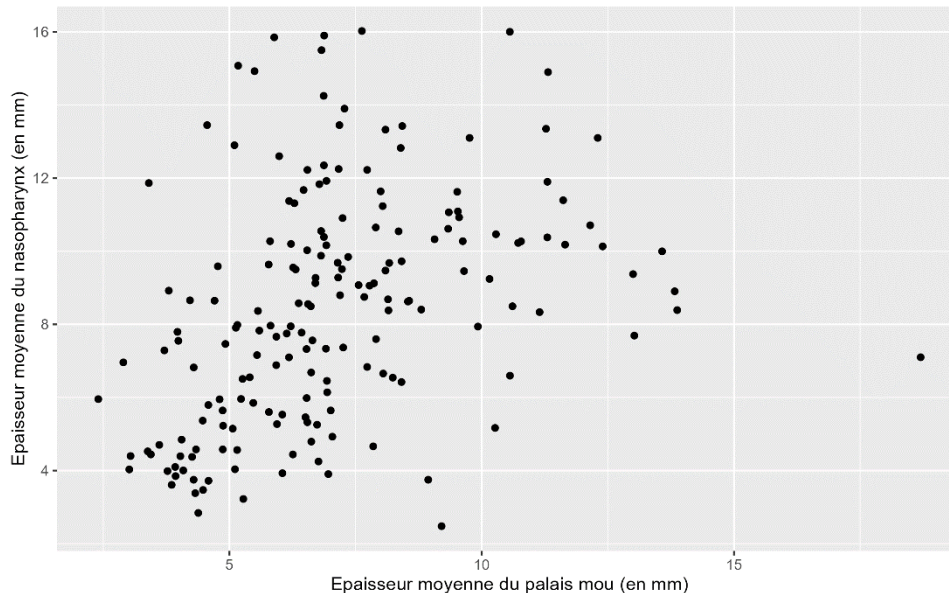
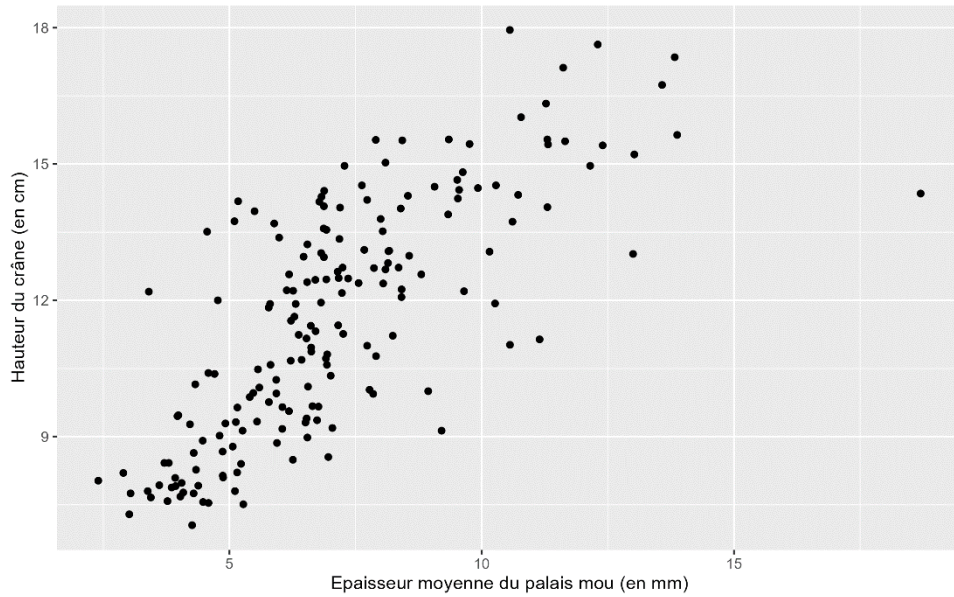


Figure 42 : Nuage de points mettant en évidence la relation entre l'épaisseur du palais mou et l'épaisseur moyenne du nasopharynx chez les individus méso/dolichocéphales

Une tendance positive se dégage avec une augmentation de l'épaisseur du nasopharynx quand l'épaisseur du palais mou augmente. Pour autant, les points sont répartis de manière relativement disparate ne mettant pas en évidence de façon nette une relation entre palais mou et nasopharynx. Le coefficient de corrélation de Pearson va en ce sens, avec une valeur de 0,38 ( $p$ -value = 1.416e-07), synonyme d'une corrélation positive entre les deux variables mais se rapprochant de la valeur de 0,3 qui signifie une faible corrélation.

### (3) La hauteur du crâne

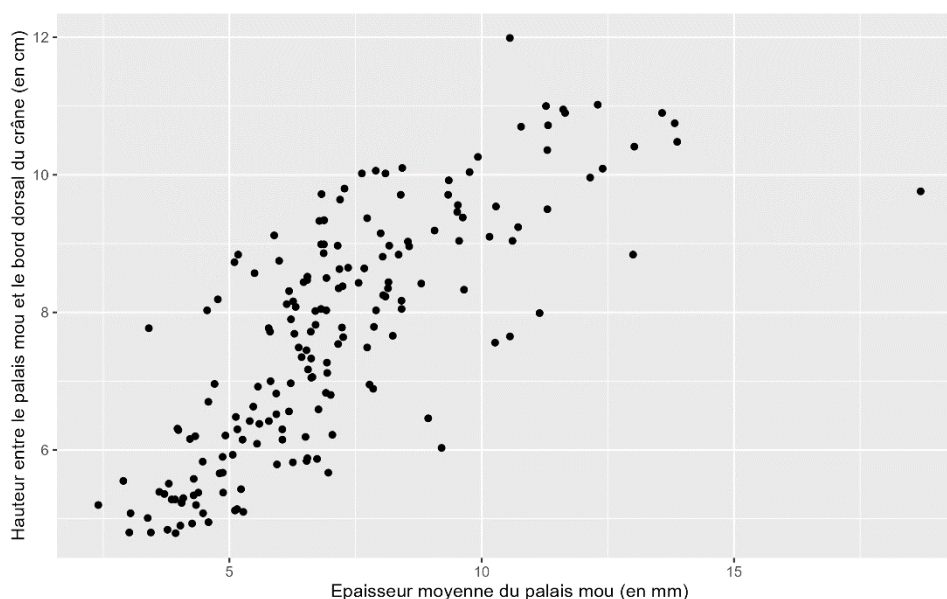


*Figure 43 : Nuage de points mettant en évidence la relation entre l'épaisseur du palais mou et la hauteur du crâne chez les individus méso/dolichocéphales*

Le nuage de points concernant ces deux variables semble démontrer très nettement une corrélation positive élevée entre les deux. Les points s'alignent pour former une pseudo-droite à l'exception de quelques individus. Le test de Pearson nous indique un coefficient de corrélation de 0,75 ( $p\text{-value} < 2.2e\text{-}16$ ) démontrant cette tendance observée sur le graphique. La corrélation entre épaisseur du palais mou et hauteur du crâne est considérée comme forte.



#### (4) La hauteur entre palais mou et crâne



*Figure 44 : Nuage de points mettant en évidence la relation entre l'épaisseur du palais mou et la hauteur crâne/palais chez les individus méso/dolichocéphales*

Les indicateurs utilisés, hauteur crâne et hauteur crâne/palais, étant proches, leurs graphiques se ressemblent. La différence observable sur la Figure 44, par rapport à la Figure 43, est le rapprochement des points entre eux sur un axe virtuel. Cela irait en faveur d'une corrélation plus élevée qu'avec le critère précédent. Ceci est confirmé par le coefficient de corrélation de Pearson égal à 0,78 (p value < 2.2e-16).

#### (5) Matrice de corrélation

En comparaison avec la Figure 40, les 3 critères analysés, communs aux brachycéphales et aux méso/dolichocéphales, possèdent une corrélation bien plus élevée dans la population méso/dolichocéphale que dans la population brachycéphale. De plus, comme pour les chiens brachycéphales, nous pouvons voir ici aussi que les indicateurs les plus corrélés à l'épaisseur du palais mou sont par ordre croissant le poids, la hauteur du crâne et la hauteur crâne/palais. Par contre, nous pouvons remarquer une corrélation forte pour ces trois critères au sein des races méso/dolichocéphales tandis que la corrélation était moyenne pour les brachycéphales.

Le critère supplémentaire, à savoir l'épaisseur du nasopharynx, possède le degré de corrélation le moins important. Ce critère d'épaisseur du nasopharynx n'a pas été pris en compte chez les

brachycéphales car sur de très nombreuses IRM le nasopharynx était trop court ou collabé, limitant fortement sa mesure.

Nous pouvons remarquer à nouveau une absence de différence significative entre les corrélations obtenues avec l'épaisseur moyenne et maximale du palais mou.

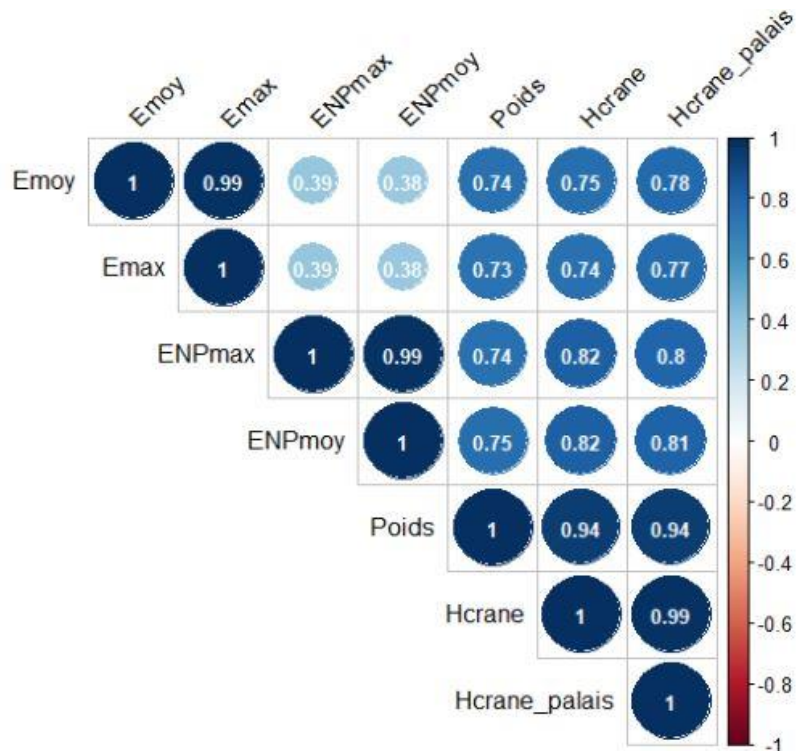


Figure 45 : Matrice de corrélation pour l'échantillon méso/dolichocéphale

*Emoy : épaisseur moyenne du palais mou, Emax : épaisseur maximum du palais mou, ENPmax : épaisseur maximum du nasopharynx, ENPmoy : épaisseur moyenne du nasopharynx, Hcrane : hauteur du crâne, Hcrane\_palais : hauteur entre l'extrémité ventrale du palais mou et l'extrémité dorsale du crâne*

## 6. Formation de groupes homogènes

### a) La population brachycéphale

Avant de former nos groupes par une classification ascendante, il était nécessaire de réaliser une Analyse en Composantes Principales (ACP). Par cette méthode statistique, nous prenons en considération toutes les variables qui nous intéressent pour l'étude et cela permet de nous donner des indications sur leurs liens de corrélation et d'influence dans notre étude.

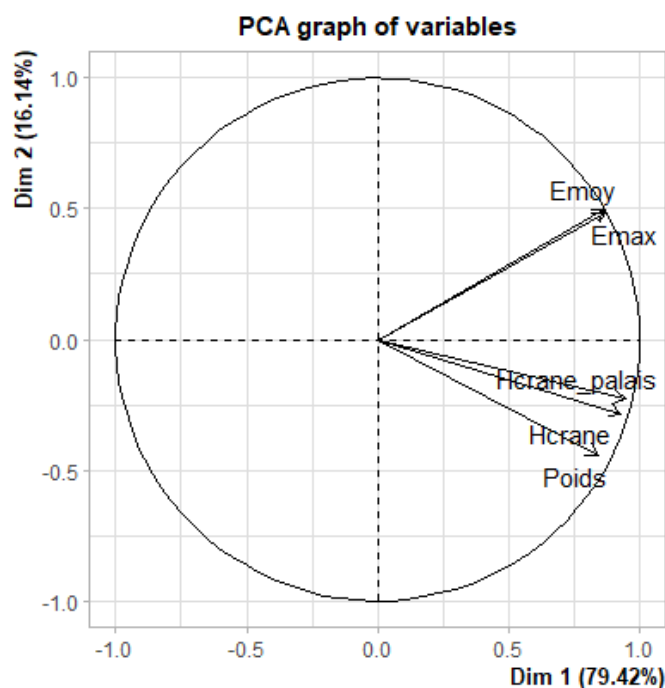


Figure 46 : Représentation graphique du cercle des corrélations de l'ACP sur le groupe d'individus brachycéphales

L'objectif est d'analyser les cinq variables simultanément, et pour cela l'ACP nous permet de passer d'une analyse en cinq dimensions à une analyse en deux dimensions tout en conservant l'essentiel des informations. Ainsi, deux nouvelles variables sont créées, appelées composantes principales, et résument la quasi totalité des informations présentes dans les cinq variables précédentes. De cette manière, l'ACP fonctionne comme un filtre permettant de mieux visualiser et analyser les données de manière plus simple et efficace.

En se penchant sur la Figure 46, nous pouvons remarquer que la dimension 1 nouvellement formée, compose l'axe des abscisses et réunit 79,42% de la variabilité totale de nos données. Ainsi, la grande majorité de l'information contenue dans nos anciennes variables est capturée par cet axe. La dimension 2 qui forme l'axe des ordonnées, réunit quant à elle 16,14% des données. Elle ajoute des informations mais de manière moins importante que le 1<sup>er</sup> axe. Pour autant, la somme des pourcentages des deux dimensions amène à une valeur de 95,56% signifiant qu'en regardant uniquement ces deux dimensions, nous avons 95,56% des données d'origine et leurs variations qui sont présentes. On prend comme indicateur de fiabilité dans une ACP une valeur minimum de 80% pour être certain de ne pas perdre trop d'informations.

Maintenant, si nous nous intéressons de manière plus précise à nos variables, nous pouvons remarquer que les flèches de ces dernières sont toutes longues, ce qui permet de prouver qu'elles sont toutes bien expliquées par les deux nouvelles dimensions. Ensuite, elles sont toutes alignées dans une direction similaire par rapport à la dimension 1. Cela nous permet de mettre en évidence une corrélation positive entre toutes les variables présentes. Enfin, plus les flèches sont proches les unes des autres, plus la corrélation est importante. Par rapport à l'étude bivariée réalisée précédemment, l'ACP nous permet d'obtenir les mêmes conclusions et confirmer nos observations, à savoir une corrélation plus importante du palais mou avec la hauteur du crâne à partir du palais mou, puis avec la hauteur du crâne et enfin avec le poids.

Suite à la réalisation de notre ACP dans un premier temps, nous pouvons maintenant effectuer une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) pour former des groupes proches physiologiquement en prenant en compte l'ensemble des variables. Le principe réside dans le fait que chaque individu est considéré au départ comme un groupe séparé. En étudiant les caractères de chaque groupe individuellement, la CAH va permettre de fusionner les deux groupes qui se ressemblent le plus, réduisant d'une unité le nombre total de groupe à cette première étape. Puis cette manœuvre est répétée, regroupant à chaque tour les deux groupes les plus similaires jusqu'à ce qu'il ne reste qu'un seul groupe contenant toutes les observations. Nous obtenons, à la fin du procédé, un dendrogramme représenté par la Figure 47 qui permet de former une hiérarchie de groupes en montrant les différentes étapes de fusion.

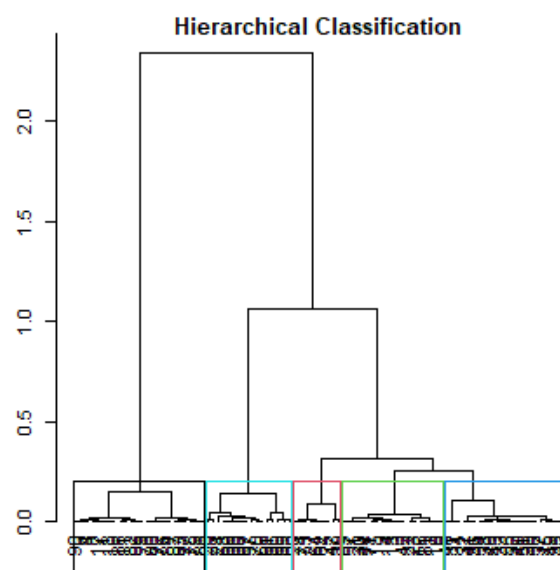


Figure 47 : Dendrogramme suite à la CAH réalisée sur le groupe d'individus brachycéphales

De cette manière, nous pouvons découvrir le nombre optimal de groupes à former. A l'aide la Figure 47, nous remarquons qu'il existe cinq intersections majeures représentées par les carrés de couleur. Au sein de ces carrés sont notés les numéros des individus correspondants, nous permettant de former cinq groupes au sein desquels les individus se ressemblent sur la base des cinq variables utilisées dans l'ACP. Ce sont ces groupes que nous pouvons observer plus facilement par les différentes couleurs de la Figure 48, différenciés par les dimensions 1 et 2 de l'ACP.

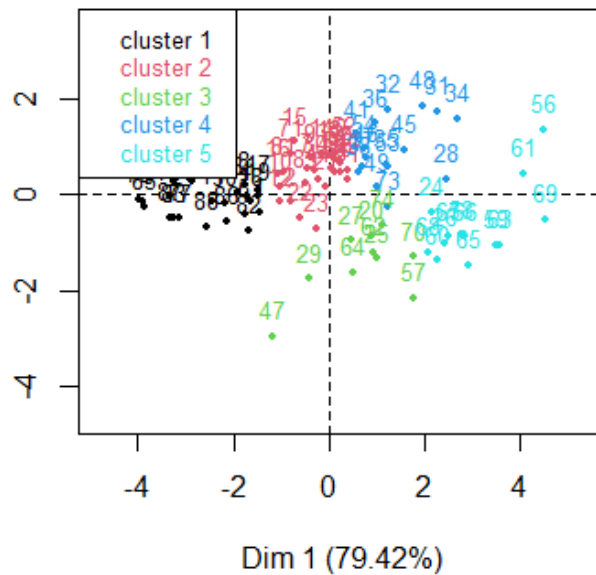


Figure 48 : Formation des groupes suite à la CAH réalisée dans la population brachycéphale

### b) La population mésocéphale

Nous allons effectuer le même procédé décrit précédemment pour la race brachycéphale, avec cette fois les individus mésocéphales et dolichocéphales.

En réalisant l'ACP, nous obtenons la Figure 49, dans laquelle nous remarquons un pourcentage de la dimension 1 de 78,61% signifiant que la majeure partie de variation dans les données est capturée par cette dimension. Tandis que la dimension 2 avec 17,41% est beaucoup plus faible mais permet d'ajouter des informations supplémentaires. Ensemble, ces deux dimensions capturent 96,02% de la variance totale, signifiant que la quasi-totalité des données contenues dans les sept variables analysées sont bien représentées par ces deux axes.

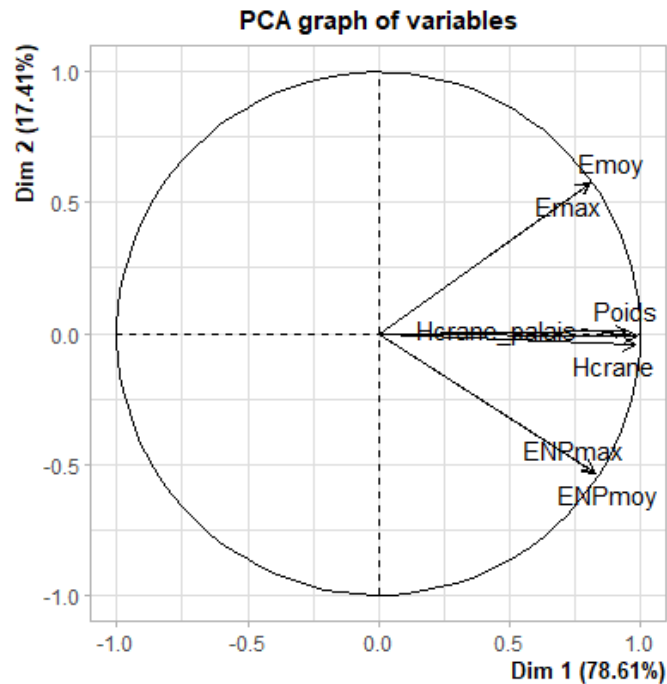


Figure 49 : Représentation graphique du cercle des corrélations de l'ACP sur le groupe d'individus méso/dolichocéphales

Comme pour la population brachycéphale, nous remarquons que toutes les flèches sont orientées dans une direction similaire à la dimension 1, mettant en évidence une corrélation positive entre l'ensemble des variables. Les écarts entre les flèches « Poids », « Hcrane\_palais » et « Hcrane » par rapport à « Emoy » et « Emax » sont similaires, ainsi la corrélation entre les trois premières variables par rapport aux deux dernières est très proche et assez importante. Ce qui n'est pas le cas de la corrélation entre épaisseur du nasopharynx et épaisseur du palais mou. Ceci est en accord avec les résultats obtenus lors de nos analyses bivariées effectuées précédemment.

Suite à l'ACP, nous réalisons la CAH nous permettant cette fois de mettre en évidence quatre groupes distincts au sein de la population méso et dolichocéphale (Figure 50).

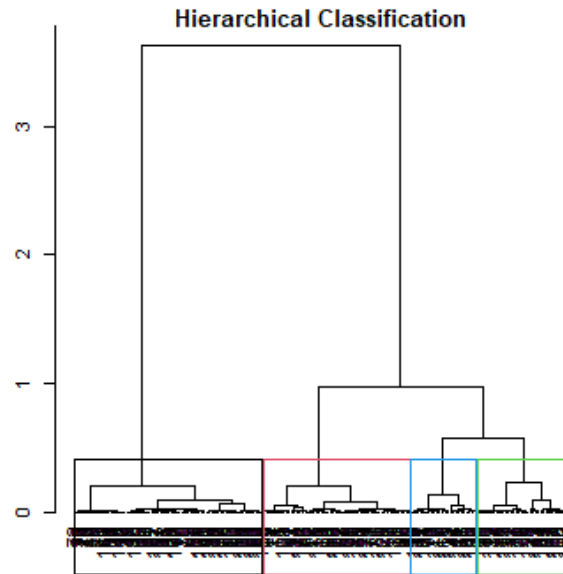


Figure 50 : Dendrogramme suite à la CAH réalisée sur le groupe d'individus méso/dolichocéphales

## 7. Corrélation entre NEC et épaisseur du palais mou

### a) Au sein de la population brachycéphale

Dans les cinq groupes de chiens brachycéphales réalisés avec l'aide de la CAH, nous avons réalisés deux tests statistiques qui sont l'ANOVA et la régression linéaire afin de savoir si la NEC avait une influence sur l'épaisseur moyenne du palais mou. En plus de cela, afin d'être sûr que la réalisation des groupes ne soit pas un biais majeur dans notre étude, nous avons effectué ces deux mêmes tests statistiques sur des groupes formés en fonction du poids d'un côté et en fonction de la hauteur palais mou/crâne d'un autre.

Pour la réalisation de l'analyse ANOVA, au sein des groupes formés, le logiciel R crée des sous-groupes en fonction de la NEC des individus. La majorité des individus ayant des NEC comprises entre 4 et 6, cela diminue la puissance de notre test car les quelques individus avec des NEC extrêmes sont « noyés » parmi les autres. Ainsi, nous avons décidé de réunir dans un même sous-groupe, pour tout le restant de notre étude, les individus possédant une NEC < 4 d'un côté et une NEC > 6 d'un autre.

Les résultats de l'analyse ANOVA pour les groupes formés par la CAH sont résumés dans le tableau suivant.

Tableau VI : Résultats des analyses ANOVA pour les groupes de brachycéphales réalisés par la CAH

	F value	Pr(>F)	Conclusion
Groupe 1	0,439	0,727	Absence de corrélation
Groupe 2	0,486	0,694	Absence de corrélation
Groupe 3	0,12	0,889	Absence de corrélation
Groupe 4	0,953	0,452	Absence de corrélation
Groupe 5	1,299	0,333	Absence de corrélation

La F value correspond au rapport entre la variance expliquée par le facteur, ici la NEC et la variance résiduelle. Si le F est élevé cela indique une grande différence d'épaisseur du palais mou entre les individus de NEC différentes. Ici les valeurs sont faibles, ce qui indique une différence relativement faible de l'épaisseur du palais mou pour des individus de NEC différentes. La valeur Pr(F) est la P-value associée au test F. Nous avons des valeurs qui sont toutes supérieures à la valeur seuil de 0,05 ce qui signifie qu'il n'y a pas de preuve statistique suffisante pour rejeter l'hypothèse de départ : « les moyennes des groupes sont égales ». Autrement dit, la NEC ne possède aucun effet significatif sur l'épaisseur du palais mou.

Afin d'être plus précis, nous avons réalisés test post-hoc de Tukey qui permet de comparer les sous-groupes entre eux.

\$NEC	diff	lwr	upr	p adj
4-<4	1.2109375	-1.981399	4.403274	0.7159694
5-<4	0.9208929	-2.316727	4.158513	0.8553563
>6-<4	1.0751786	-2.162442	4.312799	0.7895343
5-4	-0.2900446	-2.379920	1.799830	0.9795303
>6-4	-0.1357589	-2.225634	1.954116	0.9977929
>6-5	0.1542857	-2.004128	2.312699	0.9970681

Figure 51 : Résultats du test post-hoc de Tukey pour le groupe 1 des chiens brachycéphales

Si nous analysons la Figure 51, la première colonne correspond aux NEC comparées, ainsi dans la première ligne la comparaison a lieu entre les individus de NEC = 4 et les individus de NEC < 4. Ensuite la valeur qui nous intéresse correspond au « p adj » qui est la valeur de la p-value nous permettant de dire si oui ou non il existe une différence significative d'épaisseur du palais mou entre les individus de NEC = 4 et ceux de NEC < 4. Ici la valeur étant de 0,71 > 0,05 il n'existe pas de différence significative. La comparaison de tous les groupes entre eux ensuite



démontre la même conclusion. Nous ne pouvons donc démontrer aucune corrélation entre épaisseur du palais mou et NEC.

Nous avons réalisé ensuite une régression linéaire afin de s'assurer des résultats obtenus précédemment, en changeant de test statistique. La régression linéaire est une méthode statistique qui permet d'examiner la relation entre deux variables, plus précisément comment la variable dépendante, ici l'épaisseur moyenne du palais mou, change en fonction d'une variable indépendante, ici la NEC.

*Tableau VII : Résultats des régressions linéaires pour les groupes de brachycéphales réalisés par la CAH*

	Multiple R-squared	F-statistic	P-value
Groupe 1	0,055	0,389	0,761
Groupe 2	0,029	0,229	0,874
Groupe 3	0,263	1,254	0,342
Groupe 4	0,171	1,347	0,294
Groupe 5	0,302	1,299	0,333

Dans le Tableau VII, si nous prenons la ligne du groupe 1, le multiple R squared signifie que 5,5% de la variance de l'épaisseur moyenne du palais mou est expliquée par la variable NEC. Cette valeur est très faible, la NEC n'expliquant donc pas bien les variations de l'épaisseur du palais mou. La valeur F statistic indique si le modèle dans son ensemble est significatif, ici la valeur est faible, avec en plus une p-value de  $0,761 > 0,05$  cela montre que le modèle n'a aucune preuve explicative et que l'épaisseur du palais mou n'est pas corrélée à la NEC. Au vu de l'ensemble des valeurs du Tableau VII, l'épaisseur du palais mou n'est en lien avec la NEC dans aucun des groupes. La régression linéaire nous donne les mêmes conclusions que l'analyse ANOVA.

Dans l'objectif de rendre le protocole le plus complet possible, il est nécessaire de s'intéresser à la création d'un possible biais dans la formation des groupes de chiens proches physiologiquement. Ainsi, nous avons pris de manière indépendante, l'indicateur « hauteur du crâne à partir du palais mou » pour former cinq groupes et réaliser des analyses ANOVA en leur sein et de même avec l'indicateur « poids ». Les résultats de ces analyses sont réunis dans les Tableaux VIII et IX. Pour l'indicateur « hauteur du crâne à partir du palais mou », nous

avons observés les valeurs minimales et maximales qui sont 4,76 cm et 10,31 cm, puis avons créé cinq groupes dans lesquels l'écart de hauteur était de 1,1 cm.

*Tableau VIII : Résultats des analyses ANOVA pour les groupes de brachycéphales formés avec l'indicateur « hauteur du crâne à partir du palais mou »*

	F value	Pr(>F)	Conclusion
Groupe 1	0,285	0,835	Absence de corrélation
Groupe 2	1,039	0,399	Absence de corrélation
Groupe 3	0,346	0,793	Absence de corrélation
Groupe 4	1,966	0,178	Absence de corrélation
Groupe 5	0,480	0,703	Absence de corrélation

Le même schéma a été appliqué avec l'indicateur « poids » dont les valeurs extrêmes étaient 1,7 et 42 kg et les groupes formés par des tranches de poids de 8 kg.

*Tableau IX : Résultats des analyses ANOVA pour les groupes de brachycéphales formés avec l'indicateur « poids »*

	F value	Pr(>F)	Conclusion
Groupe 1	0,168	0,917	Absence de corrélation
Groupe 2	1,528	0,224	Absence de corrélation
Groupe 3	1,674	0,247	Absence de corrélation
Groupe 4	0,478	0,646	Absence de corrélation
Groupe 5	0,854	0,480	Absence de corrélation

Nous pouvons observer à l'aide de ces deux derniers tableaux qu'il existe à nouveau aucune corrélation entre NEC et épaisseur moyenne du palais mou. La prise en compte de l'indicateur pour la formation de groupes ne modifie pas le résultat.

Ainsi, au sein des races brachycéphales, aucune corrélation ne fut démontrée lors de notre étude entre l'épaisseur du palais mou et la NEC.

## b) Au sein de la population méso et dolichocéphale

L'étude menée au sein des races mésocéphales et dolichocéphale est similaire à celle réalisée précédemment chez les individus brachycéphales. Les grandes différences résident dans le

nombre total d'individus bien supérieur et la prise en compte d'un indicateur supplémentaire, à savoir la hauteur du nasopharynx, chez les races méso/dolichocéphales, ainsi que la formation optimale de quatre groupes plutôt que cinq.

Pour autant, les études précédentes sur les indicateurs nous ont démontré la faible importance de ce critère « épaisseur du nasopharynx » et ne sera donc pas pris en compte pour les analyses statistiques suivantes. Le schéma statistique réalisé se retrouve alors être le même que celui réalisé pour les chiens brachycéphales.

Nous allons dans un premier temps analyser les résultats des tests statistiques ANOVA et régression linéaire réalisées sur les groupes formés par la CAH.

*Tableau X : Résultats des analyses ANOVA pour les groupes de mésocéphales réalisés par la CAH*

	F value	Pr(>F)	Conclusion
Groupe 1	0,717	0,546	Absence de corrélation
Groupe 2	4,295	0,0089	Présence de corrélation
Groupe 3	2,509	0,0764	Absence de corrélation
Groupe 4	0,727	0,547	Absence de corrélation

Le tableau X met en évidence qu'il existerait une corrélation entre NEC et épaisseur moyenne du palais mou uniquement dans le groupe formé numéro 2 car la p-value obtenue est inférieure à la valeur seuil de 0,05. Afin de savoir si cette corrélation est vraie, nous allons analyser le test post-hoc de Tukey de ce groupe, représenté à la Figure 52.

```

$NEC
      diff      lwr      upr      p adj
4-<4  0.2285714 -1.77789676  2.235040  0.9902667
5-<4  0.5804167 -1.35087602  2.511709  0.8549320
>6-<4  1.6755357 -0.33093247  3.682004  0.1321449
5-4    0.3518452 -0.70876209  1.412453  0.8146509
>6-4   1.4469643  0.25494456  2.638984  0.0114878
>6-5   1.0951190  0.03451172  2.155726  0.0405487

```

*Figure 52 : Résultats du test post-hoc de Tukey pour le groupe 2 des chiens méso/dolichocéphales*

Ainsi, nous pouvons observer que l'analyse des groupes de NEC deux à deux ne met en évidence qu'une seule différence significative entre les chiens de NEC > 6 et ceux de NEC = 4. Nous ne pouvons donc pas conclure de manière générale sur une corrélation entre NEC et épaisseur moyenne du palais mou sous l'argument qu'un seul sous-groupe analysé présente une

différence significative parmi l'analyse de l'entièreté des sous-groupes des quatre groupes de chiens méso/dolichocéphales. De plus au sein de ce groupe 2, la différence a lieu entre des individus de NEC différentes de 2 à 4 unités sans démontrer de différence significative entre les individus ayant des NEC avec des valeurs extrêmes opposées. Ce résultat semble au final être dû au hasard.

*Tableau XI : Résultats des régressions linéaires pour les groupes de méso/dolichocéphales réalisés par la CAH*

	Multiple R-squared	F-statistic	P-value
Groupe 1	0,034	0,717	0,546
Groupe 2	0,202	4,295	0,009
Groupe 3	0,190	2,509	0,076
Groupe 4	0,090	0,727	0,547

La régression linéaire réalisée sur les quatre groupes de chiens méso/dolichocéphales confirme les résultats observés avec l'analyse ANOVA, ressortant le groupe 2 comme ayant une différence significative entre épaisseur moyenne du palais mou et NEC ( $p$ -value < 0,05).

Nous allons maintenant réaliser les analyses ANOVA sur des groupes formés uniquement sur un seul indicateur, d'abord la « hauteur du crâne à partir du palais mou » puis le « poids ». Pour le premier critère, les valeurs minimales et maximales correspondent à 4,79 cm et 11,99 cm, avec des intervalles entre groupes de 1,8 cm.

*Tableau XII : Résultats des analyses ANOVA pour les groupes de méso/dolichocéphales formés avec l'indicateur « hauteur du crâne à partir du palais mou »*

	F value	Pr(>F)	Conclusion
Groupe 1	0,392	0,759	Absence de corrélation
Groupe 2	1,483	0,231	Absence de corrélation
Groupe 3	0,379	0,769	Absence de corrélation
Groupe 4	1,392	0,289	Absence de corrélation

Concernant l'indicateur « Poids », les valeurs extrêmes sont 1,8 kg et 67 kg. Les tranches de poids réalisées pour former les groupes sont de 15 kg.

*Tableau XIII : Résultats des analyses ANOVA pour les groupes de méso/dolichocéphales formés avec l'indicateur « poids »*

	F value	Pr(>F)	Conclusion
Groupe 1	0,763	0,519	Absence de corrélation
Groupe 2	0,990	0,405	Absence de corrélation
Groupe 3	1,562	0,218	Absence de corrélation
Groupe 4	2,398	0,129	Absence de corrélation

Nous remarquons en analysant les Tableaux XII et XIII qu'il n'existe aucune différence significative entre NEC et épaisseur du palais mou et donc aucune corrélation entre les deux variables car toutes les valeurs de p-value sont supérieures à 0,05.

### c) Au sein même d'une race

Dans l'intérêt d'écartier tout biais sur la différence de gabarit et d'épaisseur physiologique de palais mou, le plus simple reste de comparer des individus de mêmes races. Nous avons donc analysé s'il existait une relation entre NEC et épaisseur moyenne du palais mou au sein des deux races les plus représentées, dans le groupe des brachycéphales d'une part et dans le groupe des méso et dolichocéphales d'autre part.

Les résultats de l'analyse ANOVA effectuée sont résumés dans le Tableau XIV.

*Tableau XIV : Résultats des analyses ANOVA pour les races CKC, Bouledogue Français, Labrador et Yorkshire*

	F value	Pr(>F)	Conclusion
CKC	1,838	0,178	Absence de corrélation
Bouledogues Français	1,018	0,422	Absence de corrélation
Labrador	1,089	0,402	Absence de corrélation
Yorkshire	2,413	0,160	Absence de corrélation

Toutes les valeurs de P value sont supérieures à 0,05, donc même en s'affranchissant du paramètre gabarit et en analysant des individus de même race, nous ne pouvons mettre en évidence de corrélation entre les deux variables : épaisseur du palais mou et NEC.

Deux cent soixante et onze examens en coupe sagittales ont été analysés et plus de 2500 mesures réalisées. L'échantillon d'étude est important, permettant d'avoir des analyses statistiques significatives. La population méso/dolichocéphale est sur-représentée par rapport aux individus brachycéphales mais nous gardons une homogénéité sur le sexe et la NEC vis-à-vis des deux groupes.

Une des grandes difficultés de cette étude était de s'affranchir des différences de gabarit présentes physiologiquement. Pour cela de nombreux sous-groupes ont été formés à partir de différents critères analysés. Suite aux analyses statistiques réalisées, malgré la multiplication des tests statistiques et des groupes formés, la conclusion est restée similaire durant toute l'étude : aucun lien de corrélation n'a été démontré entre épaisseur du palais mou et NEC.

## F. Discussion

### 1. Echantillon d'étude

À la suite des analyses statistiques de la population, il a été observé que les échantillons de brachycéphales et de méso/dolichocéphales étaient homogènes en termes de sexe et de NEC des individus. Bien qu'il y ait une homogénéité entre les deux groupes en termes de répartition des sexes, une différence significative existe par rapport à la population canine française, qui se compose de 50 % de mâles et 50 % de femelles, selon les derniers rapports de l'ICAD en 2023. Étant donné que l'ICAD ne dispose que des données des chiens identifiés, cela introduit un biais de sélection. Il est donc possible que la population canine réelle en France comprenne une proportion plus élevée de chiens mâles, comme observé dans notre étude.

Cependant, notre population d'étude présentait des différences en ce qui concerne le nombre d'individus dans chaque groupe et leur poids. Le nombre de races brachycéphales étant bien inférieur au nombre de races mésocéphales et dolichocéphales réunies, il n'est pas étonnant d'observer une telle différence d'effectif entre les deux groupes. En ce qui concerne le poids, la surreprésentation de certaines races pourrait expliquer cette différence significative. Parmi les races brachycéphales, les plus représentées sont le Cavalier King Charles et le Bouledogue Français, dont le poids reste relativement faible. En revanche, chez les mésocéphales/dolichocéphales, les races les plus fréquentes sont le Labrador, le Golden Retriever et le Berger Australien, qui ont un poids moyen bien plus élevé que les races précédentes.

### 2. Lecture des images et réalisation des mesures

La principale difficulté de cette étude résidait dans la lecture des images, qui nécessite des compétences spécifiques. En dernière année d'étude, le manque d'expérience dans l'interprétation et la lecture des images IRM constitue un biais important dans la collecte des données. Toutefois, ce biais a été partiellement atténué car les mesures ont été effectuées à l'aide de repères facilement reconnaissables, même pour une personne inexpérimentée, telle que l'adhérence interthalamique. De plus, le fait de n'avoir qu'un seul lecteur des images garantit une homogénéité des résultats. Cependant, la participation de plusieurs personnes pour

effectuer les mesures permettrait de les comparer et d'en calculer les moyennes, réduisant ainsi le biais de mesure lorsqu'elle est objectivée par une seule personne.

La réalisation des mesures sur un unique logiciel (RadiAnt DICOM Viewer®) permet d'obtenir une uniformité des mesures car la manipulation et la précision des outils de mesure peuvent varier selon les logiciels.

### 3. Une absence de corrélation étonnante

D'un point de vue métabolique et anatomique primaire, l'idée que l'épaisseur du palais mou et l'état d'embonpoint de l'animal soient reliés semble logique. Lorsqu'un individu grossit, cela se répercute sur l'ensemble des tissus mous avec une accumulation de cellules graisseuses. Les structures de la tête ne sont pas celles qui sont les plus concernées par cette augmentation mais elles n'échappent pas à la règle. Il paraissait alors logique de pouvoir démontrer cette hypothèse de départ. Pourtant, nous n'avons pas réussi à mettre en évidence de lien entre embonpoint et épaisseur du palais mou. Les premières analyses ANOVA ne permettant pas de prouver ce que nous supposions, il a été décidé de réaliser des régressions linéaires afin d'objectiver si une différence de puissance des tests statistiques pouvait être à l'origine de cette absence de corrélation. Finalement, peu importe le test statistique effectué, la conclusion est restée la même. La grande difficulté résidant en la réalisation de groupes de chiens proches physiologiquement, nous avons donc décidé d'évaluer si l'indicateur utilisé pour former ces groupes pouvait être une variable à l'origine de résultats négatifs. Après avoir formé premièrement des groupes grâce à l'ensemble des critères analysés, nous nous sommes appuyés ensuite uniquement sur la hauteur du crane à partir du palais et le poids. De la même manière, l'ensemble des résultats nous amenaient à conclure sur une absence de corrélation entre épaisseur du palais mou et NEC. Une seule corrélation positive a été obtenue dans un sous-groupe formé par la CAH au sein des méso/dolichocéphales. Seulement en analysant plus précisément cette donnée, on remarque que les différences significatives obtenues ne concernent que les individus possédant une  $NEC > 6$  avec ceux de NEC égale à 4 et 5. Dans ce groupe-là, aucune différence significative n'a été démontrée entre les chiens possédant des NEC extrêmes ce qui est étonnant si une différence significative existe entre des individus de NEC plus rapprochées. N'ayant mis en évidence qu'une seule différence significative pour 2 sous-



groupes parmi l'entièreté des sous-groupes analysés, il est alors impossible de conclure sur l'existence d'une corrélation entre les deux variables.

D'après les valeurs de p-value obtenues, nous n'avons pas remarqué d'importantes différences sur les résultats entre brachycéphales et méso/dolichocéphales. Les modifications morphologiques des structures buccales des brachycéphales ne semblent en aucun cas modifier les analyses et résultats obtenus.

Ces résultats semblent étonnants puisque des études similaires ont déjà été réalisées dans d'autres espèces avec des conclusions différentes de la notre. Ainsi, Leotta *et al.* dans leur étude en décembre 2023 ont mis en évidence une composition en graisse plus élevée du palais mou dans la population de cochons nains obèses. Cela a aussi été démontré chez des souris dans l'étude de Brennick *et al* en 2009 ainsi que dans l'espèce humaine avec les études de KavithaGiri *et al* en 2021, Hyun Cho *et al* en 2019, Turnbull *et al* en 2018 et de nombreuses autres encore.

#### 4. La NEC, un biais trop important

L'absence de corrélation entre NEC et épaisseur du palais mou chez le chien alors que cette dernière est présente dans d'autres espèces, amène à supposer qu'il existe de trop grand biais au sein de l'étude. Dans notre étude, nous avons utilisé la NEC, seule information que nous possédions dans les dossiers médicaux des patients, pour juger de l'état d'embonpoint des chiens. NEC et embonpoint sont indéniablement liés au vu de la grille de notation (Figure 20), montrant que plus l'animal grossit plus sa NEC augmente et plus il maigrit plus la valeur devient faible. Pour autant, malgré le fait qu'il existe de nombreux critères sur cette grille afin de noter le plus précisément les chiens, cela reste tout de même une analyse et une note subjective dépendante d'un évaluateur. Cette subjectivité, la plus minime soit-elle, amène à un biais de l'observateur.

Au-delà de ce premier biais, un autre réside dans le fait que les NEC obtenues et utilisées dans le cadre de cette étude ont été réalisées par des centaines d'étudiants différents. Approximativement, chaque NEC a été donné par un étudiant différent. Ainsi, interviennent deux biais supplémentaires : la grande variabilité des observateurs et leur manque de connaissance et d'expérience. Le 1<sup>er</sup> élément amène à une absence de reproductibilité de la notation. Malgré la grille de notation, la subjectivité de chacun participe à un biais de notation

comme le prouve ces deux études de Kluess *et al* en 2021 et Teixeira *et al* en 2020. Dans chacune des deux études, les personnes sont non qualifiées pour donner une NEC mais en fonction de leur origine (campagne ou ville) ou de la réalisation de sport ou non, la notation pour leur chien est totalement différente de la réalité. De plus, une étude sur la reproductibilité de l'évaluation de la NEC a été menée par Pyrek *et al* en 2022 sur des chevaux et une grille d'évaluation à 9 niveaux comme pour notre étude. Ces derniers ont montré que cet outil était reproductible si les personnes étaient bien formées. Et c'est ici que l'on peut mettre en évidence un autre biais : le manque d'expérience et de formation des étudiants. Nous apprenons à utiliser ce système de notation durant les premières années d'étude mais nous en servons que durant les deux dernières. De plus, pour avoir analysé des étudiants lors de leur évaluation de l'embonpoint des chiens, ceux-ci ne se réfèrent quasi-exclusivement qu'à un seul critère, à savoir la palpation des côtes. La NEC est un élément réalisé très rapidement en consultation car décrit comme peu important, ce qui limite la reproductibilité et la qualité de la notation réalisée. En outre, la connaissance limitée de cet outil amène les étudiants à ne pas prendre de risques et se limiter à donner des NEC comprises entre 4 et 6. Le nombre majoritaire de NEC de ces valeurs n'est pas entièrement dû à ce facteur mais aussi à la notion qu'il existe une minorité de chiens très maigres ou très obèses. De cette manière, notre panel comparatif est peu fourni et limite l'étude des NEC extrêmes.

Enfin, des erreurs de transposition dans le logiciel peuvent être à noter ce qui amène à des valeurs aberrantes dans les dossiers numériques.

# Conclusion

Cette thèse, une étude rétrospective menée de 2016 à 2024 sur un total de 271 chiens brachycéphales, mésocéphales et dolichocéphales au sein du CHUV d'ONIRIS, n'a pas révélé de corrélation entre l'épaisseur du palais mou et la NEC chez le chien.

La difficulté de cette étude est représentée en la quantité de données analysées, mettant en avant la fastidiosité des mesures effectuées ainsi que la variabilité individuelle amenant à la mise en œuvre de nombreux moyens pour en limiter l'influence. La dissociation des chiens brachycéphales d'un côté et méso/dolichocéphales d'un autre fut la première idée puis la formation de sous-groupes s'est avérée nécessaire. L'absence d'étude similaire déjà réalisée nous a amené à créer un protocole et à tester de nombreux indicateurs différents afin de voir l'influence de chacun sur le résultat.

Malgré tout ce qui a été mis en œuvre pour limiter les biais et potentialiser la performance de notre protocole, nous sommes contraints de conclure sur une absence de différence significative entre les deux variables NEC et épaisseur du palais mou. Cette conclusion ne semble pour autant pas être en accord avec la bibliographie concernant les autres espèces. Ainsi, un biais trop important représenté par la NEC et toutes les limites qui en découlent pourrait être à l'origine de cette conclusion potentiellement faussée.

Il serait alors fortement intéressant de pouvoir réaliser une étude similaire en augmentant la reproductibilité de notation de l'embonpoint avec, par exemple, un ou deux individus seulement notant la NEC de l'ensemble des individus vus pour IRM de la tête ou en limitant l'étude à une seule race de chiens.

# Bibliographie

AMIS T. C., O'NEILL N., WHEATLEY J. R., VAN DER TOUW T., DI SOMMA E. et BRANCATISANO, A., 1999. Soft palate muscle responses to negative upper airway pressure. *Journal of Applied Physiology*. février 1999. Vol. 86, n° 2, pp. 523-530. DOI [10.1152/jappl.1999.86.2.523](https://doi.org/10.1152/jappl.1999.86.2.523).

ANIMAGES : Radiographies du crâne - Les positions chez le chien, 2013. *SlideShare* [en ligne]. [Consulté le 9 février 2024]. Disponible à l'adresse : <https://fr.slideshare.net/madanjou/radiographies-du-crne-les-positions-chez-le-chien>

ANJOU M-A, BEAUREGARD G, 2013 Radiographies du crâne : les positions optimales. [Consulté le 3 mars 2024]. Disponible à l'adresse : <https://fr.slideshare.net/slideshow/radiographies-du-crne-les-positions-chez-le-chien/24420537#1>

ARAI, Kiyotaka, KOBAYASHI, Masanori, HARADA, Yasuji, HARA, Yasushi, MICHISHITA, Masaki, OHKUSU-TSUKADA, Kozo et TAKAHASHI, Kimimasa, 2016. Histopathologic and immunohistochemical features of soft palate muscles and nerves in dogs with an elongated soft palate. *American Journal of Veterinary Research*. 1 janvier 2016. Vol. 77, n° 1, pp. 77-83. DOI [10.2460/ajvr.77.1.77](https://doi.org/10.2460/ajvr.77.1.77).

ARENS, R., MCDONOUGH, J. M., COSTARINO, A. T., MAHBOUBI, S., TAYAG-KIER, C. E., MAISLIN, G., SCHWAB, R. J. et PACK, A. I., 2001. Magnetic resonance imaging of the upper airway structure of children with obstructive sleep apnea syndrome. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 15 août 2001. Vol. 164, n° 4, pp. 698-703. DOI [10.1164/ajrccm.164.4.2101127](https://doi.org/10.1164/ajrccm.164.4.2101127).

ARON, D. N. et CROWE, D. T., 1985. Upper Airway Obstruction General Principles and Selected Conditions in the Dog and Cat. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 1 septembre 1985. Vol. 15, n° 5, pp. 891-917. DOI [10.1016/S0195-5616\(85\)50101-1](https://doi.org/10.1016/S0195-5616(85)50101-1).

ARRIGHI, Silvana, PICETTO, Michela, ROCCABIANCA, Paola et ROMUSSI, Stefano, 2011. The Anatomy of the Dog Soft Palate. I. Histological Evaluation of the Caudal Soft Palate in Mesaticephalic Breeds. *The Anatomical Record*. 2011. Vol. 294, n° 7, pp. 1261-1266. DOI [10.1002/ar.21418](https://doi.org/10.1002/ar.21418).

AVRAHAMI, E. et ENGLENDER, M., 1995. Relation between CT axial cross-sectional area of the oropharynx and obstructive sleep apnea syndrome in adults. *AJNR. American journal of neuroradiology*. janvier 1995. Vol. 16, n° 1, pp. 135-140.

BALACEY, Hugo, 2013. Mise en place d'une chaîne complète d'analyse de l'arbre trachéo-bronchique à partir d'examen(s) issus d'un scanner-CT : de la 3D vers la 4D. 28 février 2013.

BARKER, David A., RUBIÑOS, Carlos, TAEYMANS, Olivier et DEMETRIOU, Jackie L., 2018. Magnetic resonance imaging evaluation of olfactory bulb angle and soft palate dimensions in brachycephalic and nonbrachycephalic dogs. *American Journal of Veterinary Research*. 1 février 2018. Vol. 79, n° 2, pp. 170-176. DOI [10.2460/ajvr.79.2.170](https://doi.org/10.2460/ajvr.79.2.170).

BÖTTCHER, Peter, MAIERL, Johann, HECHT, Silke, MATIS, Ulrike et LIEBICH, Hans-Georg, 2004. Automatic image registration of three-dimensional images of the head of cats and dogs by use of maximization of mutual information. *American Journal of Veterinary Research*. 1 décembre 2004. Vol. 65, n° 12, pp. 1680-1687. DOI [10.2460/ajvr.2004.65.1680](https://doi.org/10.2460/ajvr.2004.65.1680).

BRENNICK, Michael J., PACK, Allan I., KO, Kei, KIM, Eugene, PICKUP, Stephen, MAISLIN, Greg et SCHWAB, Richard J., 2009. Altered upper airway and soft tissue structures in the New Zealand Obese

mouse. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 15 janvier 2009. Vol. 179, n° 2, pp. 158-169. DOI [10.1164/rccm.200809-1435OC](https://doi.org/10.1164/rccm.200809-1435OC).

BUDRAS K. D, MCCARTHY P. H, FRICKE W, RICHTER R, HOROWITZ A, BERG R, 2010. Anatomy of the dog 5th ed. Schluetersche.

BURKHOLDER, W. J., 2000. Use of body condition scores in clinical assessment of the provision of optimal nutrition. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 1 septembre 2000. Vol. 217, n° 5, pp. 650-654. DOI [10.2460/javma.2000.217.650](https://doi.org/10.2460/javma.2000.217.650).

CABALLERO, P., ALVAREZ-SALA, R., GARCÍA-RÍO, F., PRADOS, C., HERNÁN, M. A., VILLAMOR, J. et ALVAREZ-SALA, J. L., 1998. CT in the evaluation of the upper airway in healthy subjects and in patients with obstructive sleep apnea syndrome. *Chest*. janvier 1998. Vol. 113, n° 1, pp. 111-116. DOI [10.1378/chest.113.1.111](https://doi.org/10.1378/chest.113.1.111).

CENTRALE CANINE, 2024. Découvrez les caractéristiques du chien de race : Cavalier king charles, [2024]. [en ligne]. [Consulté le 22 juillet 2024]. Disponible à l'adresse : <https://www.centrale-canine.fr/le-chien-de-race/cavalier-king-charles>

LIU N. C, SARGAN D. R, ADAMS V. J, LADLOW J. F, 2015. Characterisation of Brachycephalic Obstructive Airway Syndrome in French Bulldogs Using Whole-Body Barometric Plethysmography. DOI [10.1371/journal.pone.0130741](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0130741)

CHO, Jae Hoon, KIM, Jin Kook, LEE, Hye-Yeon et YOON, Joo-Heon, 2013. Surgical anatomy of human soft palate. *The Laryngoscope*. novembre 2013. Vol. 123, n° 11, pp. 2900-2904. DOI [10.1002/lary.24067](https://doi.org/10.1002/lary.24067).

CHO, Seok Hyun, JEON, Jae-Yun, JANG, Kun-Soo, KIM, Sang Yoon, KIM, Kyung Rae, RYU, Seungho et HWANG, Kyung-Gyun, 2019. Gender-specific cephalometric features related to obesity in sleep apnea patients: trilogy of soft palate-mandible-hyoid bone. *Maxillofacial Plastic and Reconstructive Surgery*. décembre 2019. Vol. 41, n° 1, pp. 58. DOI [10.1186/s40902-019-0242-0](https://doi.org/10.1186/s40902-019-0242-0).

CHOULY, Franz, 2005. Modélisation physique des voies aériennes supérieures pour le Syndrome d'Apnées Obstructives du Sommeil [en ligne]. Thèse. DOCTEUR DE L'INPG à l'Ecole Doctorale Mathématiques, Sciences et Technologies de l'Information, Informatique. Disponible à l'adresse : [Modélisation physique des voies aériennes supérieures pour le Syndrome d'Apnées Obstructives du Sommeil \(hal.science\)](https://hal.science/Modélisation-physique-des-voies-aériennes-supérieures-pour-le-Syndrome-d-Apnées-Obstructives-du-Sommeil)

CROSSE, Kat, BRAY, Jonathan, ORBELL, Geoffrey et PRESTON, CA, 2015. Histological evaluation of the soft palate in dogs affected by brachycephalic obstructive airway syndrome. *New Zealand veterinary journal*. 15 juin 2015. Vol. 63, pp. 1-20. DOI [10.1080/00480169.2015.1061464](https://doi.org/10.1080/00480169.2015.1061464).

CZEIBERT, Kálmán, BAKSA, Gábor, GRIMM, András, NAGY, Szilvia Anett, KUBINYI, Enikő et PETNEHÁZY, Örs, 2019. MRI, CT and high resolution macro-anatomical images with cryosectioning of a Beagle brain: Creating the base of a multimodal imaging atlas. *PLoS ONE*. 7 mars 2019. Vol. 14, n° 3, pp. e0213458. DOI [10.1371/journal.pone.0213458](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213458).

DAVIS, Michael S., CUMMINGS, Sabrina L. et PAYTON, Mark E., 2017. Effect of brachycephaly and body condition score on respiratory thermoregulation of healthy dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 15 novembre 2017. Vol. 251, n° 10, pp. 1160-1165. DOI [10.2460/javma.251.10.1160](https://doi.org/10.2460/javma.251.10.1160).

DEPREZ, Pauline, IRUBETAGOYENA, Iban, GRAND, Jean-Guillaume et HARRAN, Nathaniel, 2019. Intraobserver and interobserver reliability of computed tomography measurements of the soft palate

in French bulldogs. *Veterinary Record Open*. 18 décembre 2019. Vol. 6, n° 1, pp. e000373. DOI [10.1136/vetreco-2019-000373](https://doi.org/10.1136/vetreco-2019-000373).

FERNÁNDEZ-PARRA, R., PEY, P., ZILBERSTEIN, L. et MALVÈ, M., 2019. Use of computational fluid dynamics to compare upper airway pressures and airflow resistance in brachycephalic, mesocephalic, and dolichocephalic dogs. *Veterinary Journal (London, England: 1997)*. novembre 2019. Vol. 253, pp. 105392. DOI [10.1016/j.tvjl.2019.105392](https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2019.105392).

FRILING, Lisa, NYMAN, Helena T. et JOHNSON, Victoria, 2014. Asymmetric nasal mucosal thickening in healthy dogs consistent with the nasal cycle as demonstrated by MRI and CT. *Veterinary Radiology & Ultrasound: The Official Journal of the American College of Veterinary Radiology and the International Veterinary Radiology Association*. 2014. Vol. 55, n° 2, pp. 159-165. DOI [10.1111/vru.12115](https://doi.org/10.1111/vru.12115).

GIELEN, Ingrid, KROMHOUT, Kaatje, GAVIN, Pat, HAM, Luc Van, POLIS, Ingeborgh et BREE, Henri van, 2013. Agreement between low-field MRI and CT for the detection of suspected intracranial lesions in dogs and cats. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 1 août 2013. Vol. 243, n° 3, pp. 367-375. DOI [10.2460/javma.243.3.367](https://doi.org/10.2460/javma.243.3.367).

GOMAA, Mohammed A., HAMMAD, Moustafa S., ABDELMOGHNY, Abobakr, ELSHERIF, Ashraf M. et TAWFIK, Heba M., 2013. Magnetic Resonance Imaging Versus Computed Tomography and Different Imaging Modalities in Evaluation of Sinonasal Neoplasms Diagnosed by Histopathology. *Clinical Medicine Insights. Ear, Nose and Throat*. 26 juin 2013. Vol. 6, pp. 9-15. DOI [10.4137/CMENT.S10678](https://doi.org/10.4137/CMENT.S10678).

GOTTLIEB, Daniel J. et PUNJABI, Naresh M., 2020. Diagnosis and Management of Obstructive Sleep Apnea: A Review. *JAMA*. 14 avril 2020. Vol. 323, n° 14, pp. 1389-1400. DOI [10.1001/jama.2020.3514](https://doi.org/10.1001/jama.2020.3514).

GRAND, J-G. R. et BUREAU, S., 2011. Structural characteristics of the soft palate and meatus nasopharyngeus in brachycephalic and non-brachycephalic dogs analysed by CT. *Journal of Small Animal Practice*. 2011. Vol. 52, n° 5, pp. 232-239. DOI [10.1111/j.1748-5827.2011.01047.x](https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.2011.01047.x).

GUILLON, Marine, BORVON, Aurélie, THORIN, Chantal, BETTI, Eric, OLIER, Astrid et GUINTARD, Claude, [sans date]. Étude crâniométrique d'un échantillon de chiens de races variées. .

HAROUN, Antoine, POTY, Luc et L'HOSTIS, Guyslaine, 2007. Recommandations pour la radiographie en ODF. *Bulletin de l'Union Nationale pour l'Intérêt de l'Orthopédie Dento-Faciale*. 2007. N° 32, pp. 24-31. DOI [10.1051/uniodf/200732024](https://doi.org/10.1051/uniodf/200732024).

MILLER M. E, EVANS H. E, HERMANSON J. W, DELAHUNTA A, 2020. Miller and Evan's Anatomy of the dog. 5th ed, Elsevier, St. Louis, Missouri, 2020

HUSSEIN, Aseel K., SULLIVAN, Martin et PENDERIS, Jacques, 2012. Effect of brachycephalic, mesaticephalic, and dolichocephalic head conformations on olfactory bulb angle and orientation in dogs as determined by use of in vivo magnetic resonance imaging. *American Journal of Veterinary Research*. 1 juillet 2012. Vol. 73, n° 7, pp. 946-951. DOI [10.2460/ajvr.73.7.946](https://doi.org/10.2460/ajvr.73.7.946).

ISONO, Shiroh, 2004. Contribution of obesity and craniofacial abnormalities to pharyngeal collapsibility in patients with obstructive sleep apnea. *Sleep and Biological Rhythms*. 2004. Vol. 2, n° 1, pp. 17-21. DOI [10.1111/j.1479-8425.2003.00081.x](https://doi.org/10.1111/j.1479-8425.2003.00081.x).

JAN, Aline, FANUEL-BARRET, Dominique et FUSELLIER, Marion Suzie, 2009. *IRM OU SCANNER : étude bibliographique des éléments de choix en médecine et chirurgie des animaux de compagnie*. Université de Nantes.

- JORDAN, Amy S., MCSHARRY, David G. et MALHOTRA, Atul, 2014. Adult obstructive sleep apnoea. *Lancet (London, England)*. 22 février 2014. Vol. 383, n° 9918, pp. 736-747. DOI [10.1016/S0140-6736\(13\)60734-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60734-5).
- KAVITHAGIRI, Nanitha Lakshmi, MANI, M. Sudhaa, AHAMED, S. Yasmeeen et SIVARAMAN, G., 2021. Evaluation of Central Obesity, Increased Body Mass Index, and its Relation to Oropharyngeal Airway Space Using Lateral Cephalogram in Risk Prediction of Obstructive Sleep Apnea. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*. juin 2021. Vol. 13, n° Suppl 1, pp. S549-S554. DOI [10.4103/jpbs.JPBS\\_566\\_20](https://doi.org/10.4103/jpbs.JPBS_566_20).
- KIMOFF, R. J., MAKINO, H., HORNER, R. L., KOZAR, L. F., LUE, F., SLUTSKY, A. S. et PHILLIPSON, E. A., 1994. Canine model of obstructive sleep apnea: model description and preliminary application. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*. avril 1994. Vol. 76, n° 4, pp. 1810-1817. DOI [10.1152/jappl.1994.76.4.1810](https://doi.org/10.1152/jappl.1994.76.4.1810).
- KIM YJ, LEE N, YU J, LEE H, AN G, BANG S, CHANG J et CHANG D, 2019. Three-dimensional volumetric magnetic resonance imaging (MRI) analysis of the soft palate and nasopharynx in brachycephalic and non-brachycephalic dog breeds. *The Journal of veterinary medical science* [en ligne]. 25 janvier 2019. Vol. 81, n° 1. [Consulté le 7 octobre 2024]. DOI [10.1292/jvms.17-0711](https://doi.org/10.1292/jvms.17-0711). Disponible à l'adresse : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30518706/>
- KLUSS, Heidi A., JONES, Rebecca L. et LEE-FOWLER, Tekla, 2021. Perceptions of Body Condition, Diet and Exercise by Sports Dog Owners and Pet Dog Owners. *Animals : an Open Access Journal from MDPI*. 11 juin 2021. Vol. 11, n° 6, pp. 1752. DOI [10.3390/ani11061752](https://doi.org/10.3390/ani11061752).
- KOCH, Daniel, ARNOLD, Susanne, HUBLER, Madeleine et MONTAVON, Pierre, 2003. Brachycephalic syndrome in dogs. *Compendium on Continuing Education for the Practising Veterinarian -North American Edition-*. 1 janvier 2003. Vol. 55, pp. 48-55.
- KRAINER, Dorothee et DUPRÉ, Gilles, 2022. Brachycephalic Obstructive Airway Syndrome. *The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice*. mai 2022. Vol. 52, n° 3, pp. 749-780. DOI [10.1016/j.cvsm.2022.01.013](https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2022.01.013).
- KUMAR M.S.A, 2015. Clinically oriented anatomy of the dog and cat. 2nd ed. *Linus learning*
- LACHIVER Xavier, Date inconnue, Provenance du ronflement, [sans date]. [en ligne]. [Consulté le 27 décembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.chirurgie-faciale.fr/p/ronflements-apnee-du-sommeil/provenance-du-ronflement>
- LAURENSEN, Michele P., ZWINGENBERGER, Allison L., CISELL, Derek D., JOHNSON, Lynelle R., MCPETERS, Matie J., SPRIET, Mathieu P., TAYLOR, Sandra L. et POLLARD, Rachel E., 2011. Computed tomography of the pharynx in a closed vs. open mouth position. *Veterinary Radiology & Ultrasound: The Official Journal of the American College of Veterinary Radiology and the International Veterinary Radiology Association*. 2011. Vol. 52, n° 4, pp. 357-361. DOI [10.1111/j.1740-8261.2011.01805.x](https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2011.01805.x).
- Le Baromètre de l'identification des carnivores domestiques en ligne, [sans date]. [en ligne]. [Consulté le 31 août 2024]. Disponible à l'adresse : <https://www.i-cad.fr/articles/barometre-identification-edition-2023>
- LE BOULEDOGUE FRANCAIS : STANDARD DE LA RACE, [sans date]. [en ligne]. [Consulté le 22 juillet 2024]. Disponible à l'adresse : [https://www.cbf-asso.org/txt/bouledogue\\_standard.htm](https://www.cbf-asso.org/txt/bouledogue_standard.htm)
- LEE, Chul Hee, MO, Ji-Hun, KIM, Bong Jik, KONG, Il Gyu, YOON, In Young, CHUNG, Seockhoon, KIM, Jae-Hyung et KIM, Jeong-Whun, 2009. Evaluation of soft palate changes using sleep videofluoroscopy



in patients with obstructive sleep apnea. *Archives of Otolaryngology--Head & Neck Surgery*. février 2009. Vol. 135, n° 2, pp. 168-172. DOI [10.1001/archoto.2008.538](https://doi.org/10.1001/archoto.2008.538).

LEE, Sun Mi, PARK, Jae Hyun, BAYOME, Mohamed, KIM, Hyung-Seop, MO, Sung-Seo et KOOK, Yoon-Ah, 2012. Palatal soft tissue thickness at different ages using an ultrasonic device. *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 2012. Vol. 36, n° 4, pp. 405-409. DOI [10.17796/jcpd.36.4.58tm38928v522283](https://doi.org/10.17796/jcpd.36.4.58tm38928v522283).

LEOTTA, Daniel F., LY, Daniel, GALIL, Bishoy, THIEL, Jeff, WILLIS, Elliot, BALU, Niranjana et LIU, Zi-Jun, 2023. Tissue properties and respiratory kinematics of the tongue base and soft palate in the obese OSA minipig. *PLOS ONE*. 7 décembre 2023. Vol. 18, n° 12, pp. e0293907. DOI [10.1371/journal.pone.0293907](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0293907).

LI, Hseuh-Yu, CHEN, Ning-Hung, WANG, Chao-Ran, SHU, Yu-Hsiang et WANG, Pa-Chun, 2003. Use of 3-dimensional computed tomography scan to evaluate upper airway patency for patients undergoing sleep-disordered breathing surgery. *Otolaryngology--Head and Neck Surgery: Official Journal of American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery*. octobre 2003. Vol. 129, n° 4, pp. 336-342. DOI [10.1016/S0194-59980300629-6](https://doi.org/10.1016/S0194-59980300629-6).

LIU, Zi-Jun, YANG, Mande, DENG, Meng-Zhao, ABDELFATTAH, Mohamed Yehia, BALDWIN, Michael C. et WEAVER, Edward M., 2024. Respiratory internal kinematics of the tongue base and soft palate in obese minipigs with obstructive sleep apnea. *Journal of Morphology*. juin 2024. Vol. 285, n° 6, pp. e21741. DOI [10.1002/jmor.21741](https://doi.org/10.1002/jmor.21741).

LLOYD, G A, 1989. Magnetic resonance imaging of the nose and paranasal sinuses. *Journal of the Royal Society of Medicine*. février 1989. Vol. 82, n° 2, pp. 84-87.

LODATO, Dena L. et HEDLUND, Cheryl S., 2012. Brachycephalic airway syndrome: management. *Compendium (Yardley, PA)*. août 2012. Vol. 34, n° 8, pp. E4.

LOUBE, D. I., LOUBE, A. A. et MITLER, M. M., 1994. Weight loss for obstructive sleep apnea: the optimal therapy for obese patients. *Journal of the American Dietetic Association*. novembre 1994. Vol. 94, n° 11, pp. 1291-1295. DOI [10.1016/0002-8223\(94\)92462-7](https://doi.org/10.1016/0002-8223(94)92462-7).

LUND, V. J., HOWARD, D. J., LLOYD, G. A. et CHEESMAN, A. D., 1989. Magnetic resonance imaging of paranasal sinus tumors for craniofacial resection. *Head & Neck*. 1989. Vol. 11, n° 3, pp. 279-283. DOI [10.1002/hed.2880110316](https://doi.org/10.1002/hed.2880110316).

MARCHI, Pedro H., VENDRAMINI, Thiago H. A., PERINI, Mariana P., ZAFALON, Rafael V. A., AMARAL, Andressa R., OCHAMOTTO, Vanessa A., DA SILVEIRA, Juliano C., DAGLI, Maria L. Z. et BRUNETTO, Marcio A., 2022. Obesity, inflammation, and cancer in dogs: Review and perspectives. *Frontiers in Veterinary Science*. 3 octobre 2022. Vol. 9, pp. 1004122. DOI [10.3389/fvets.2022.1004122](https://doi.org/10.3389/fvets.2022.1004122).

MCGOWAN, Joseph C. III, HATABU, Hiroto, YOUSEM, David M., RANDALL, Peter et KRESSEL, Herbert Y., 1992. Evaluation of Soft Palate Function with MRI: Application to the Cleft Palate Patient. *Journal of Computer Assisted Tomography*. décembre 1992. Vol. 16, n° 6, pp. 877.

MITTON, Alice, FUSELLIER, Marion Suzie, DESAL, Hubert-Armand et COLLE, Marie-Anne, 2023. Fréquences relatives et épidémiologie des lésions Hémorragiques de l'encéphale mises en évidence en IRM chez le chien : étude rétrospective parmi 569 examens IRM effectués à ONIRIS. Oniris - Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation.



PACKER, Rowena M. A., HENDRICKS, Anke, TIVERS, Michael S. et BURN, Charlotte C., 2015. Impact of Facial Conformation on Canine Health: Brachycephalic Obstructive Airway Syndrome. *PloS One*. 2015. Vol. 10, n° 10, pp. e0137496. DOI [10.1371/journal.pone.0137496](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0137496).

PÉPIN, J. L., VEALE, D., FERRETTI, G. R., MAYER, P. et LÉVY, P. A., 1999. Obstructive sleep apnea syndrome: hooked appearance of the soft palate in awake patients--cephalometric and CT findings. *Radiology*. janvier 1999. Vol. 210, n° 1, pp. 163-170. DOI [10.1148/radiology.210.1.r99ja10163](https://doi.org/10.1148/radiology.210.1.r99ja10163).

PICHELTO, Michela, ARRIGHI, Silvana, GOBBETTI, Matteo et ROMUSSI, Stefano, 2015. The Anatomy of the Dog Soft Palate. III. Histological Evaluation of the Caudal Soft Palate in Brachycephalic Neonates. *The Anatomical Record*. 2015. Vol. 298, n° 3, pp. 618-623. DOI [10.1002/ar.23054](https://doi.org/10.1002/ar.23054).

PICHELTO, Michela, ARRIGHI, Silvana, ROCCABIANCA, Paola et ROMUSSI, Stefano, 2011. The Anatomy of the Dog Soft Palate. II. Histological Evaluation of the Caudal Soft Palate in Brachycephalic Breeds With Grade I Brachycephalic Airway Obstructive Syndrome. *The Anatomical Record*. 2011. Vol. 294, n° 7, pp. 1267-1272. DOI [10.1002/ar.21417](https://doi.org/10.1002/ar.21417).

PLANELLAS, Marta, CUENCA, Rafaela, TABAR, Maria-Dolores, BERTOLANI, Coralie, PONCET, Cyrill, CLOSA, Josep M., LORENTE, Juan, CERÓN, Jose J. et PASTOR, Josep, 2012. Evaluation of C-reactive protein, haptoglobin and cardiac troponin 1 levels in brachycephalic dogs with upper airway obstructive syndrome. *BMC veterinary research*. 31 août 2012. Vol. 8, pp. 152. DOI [10.1186/1746-6148-8-152](https://doi.org/10.1186/1746-6148-8-152).

PURINA INSTITUTE, date inconnue, Système de condition physique [Consulté 16 janvier 2024]. Disponible à l'adresse : [Purina-Fiche-du-systeme-de-notation-de-la-condition-physique-du-chien.pdf \(purinainstitute.com\)](https://www.purinainstitute.com/Purina-Fiche-du-systeme-de-notation-de-la-condition-physique-du-chien.pdf)

PYREK, Paulina, SIWINSKA, Natalia et ZAK-BOCHENEK, Agnieszka, 2023. Reproducibility of the body condition score assessment in Silesian horses, using the 9-point BCS scale. *Veterinary Research Communications*. janvier 2023. Vol. 47, n° 1, pp. 273-278. DOI [10.1007/s11259-022-09916-5](https://doi.org/10.1007/s11259-022-09916-5).

RIECKS, Todd W., BIRCHARD, Stephen J. et STEPHENS, Julie A., 2007. Surgical correction of brachycephalic syndrome in dogs: 62 cases (1991-2004). *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 1 mai 2007. Vol. 230, n° 9, pp. 1324-1328. DOI [10.2460/javma.230.9.1324](https://doi.org/10.2460/javma.230.9.1324).

SADOWSKI Honorine, 2021. Evolution de l'expression clinique du syndrome obstructif respiratoire des races brachycéphales après prise en charge chirurgicale : étude prospective d'une cohorte de chiens brachycéphales opérés par rhinoplastie et palatoplastie à l'Ecole nationale vétérinaire d'Alfort entre octobre 2018 et février 2021 : 24 cas. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort

SANCHEZ-COLLADO C, VAZQUEZ J.M, RIVERO M.A, MARTINEZ F, RAMIREZ G, GIL F, 2013. Distribution Pattern of Muscle Fibre Types In Soft Palate of the Dog (Canis familiaris, L.). *Anatomia, Histologia, Embryologia* - Wiley Online Library, 25 mars 2013. DOI [10.1111/ah.12048](https://doi.org/10.1111/ah.12048)

SANTAROSSA, Amanda, PARR, Jacqueline M. et VERBRUGGHE, Adronie, 2017. The importance of assessing body composition of dogs and cats and methods available for use in clinical practice. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 1 septembre 2017. Vol. 251, n° 5, pp. 521-529. DOI [10.2460/javma.251.5.521](https://doi.org/10.2460/javma.251.5.521).

SAUTTO, Julia, [sans date]. Caractérisation clinique et histologique de la résection du voile du palais par coblation. .

SCHWAB, R. J., 1996. Properties of tissues surrounding the upper airway. *Sleep*. décembre 1996. Vol. 19, n° 10 Suppl, pp. S170-174. DOI [10.1093/sleep/19.suppl\\_10.170](https://doi.org/10.1093/sleep/19.suppl_10.170).

SCHWAB, R. J., GEFTER, W. B., HOFFMAN, E. A., GUPTA, K. B. et PACK, A. I., 1993. Dynamic upper airway imaging during awake respiration in normal subjects and patients with sleep disordered breathing. *The American Review of Respiratory Disease*. novembre 1993. Vol. 148, n° 5, pp. 1385-1400. DOI [10.1164/ajrccm/148.5.1385](https://doi.org/10.1164/ajrccm/148.5.1385).

SCHWAB, R. J., GEFTER, W. B., PACK, A. I. et HOFFMAN, E. A., 1993. Dynamic imaging of the upper airway during respiration in normal subjects. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*. avril 1993. Vol. 74, n° 4, pp. 1504-1514. DOI [10.1152/jappl.1993.74.4.1504](https://doi.org/10.1152/jappl.1993.74.4.1504).

SCHWAB, R. J., GUPTA, K. B., GEFTER, W. B., METZGER, L. J., HOFFMAN, E. A. et PACK, A. I., 1995. Upper airway and soft tissue anatomy in normal subjects and patients with sleep-disordered breathing. Significance of the lateral pharyngeal walls. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. novembre 1995. Vol. 152, n° 5 Pt 1, pp. 1673-1689. DOI [10.1164/ajrccm.152.5.7582313](https://doi.org/10.1164/ajrccm.152.5.7582313).

SHELTON, K. E., GAY, S. B., HOLLOWELL, D. E., WOODSON, H. et SURATT, P. M., 1993. Mandible enclosure of upper airway and weight in obstructive sleep apnea. *The American Review of Respiratory Disease*. juillet 1993. Vol. 148, n° 1, pp. 195-200. DOI [10.1164/ajrccm/148.1.195](https://doi.org/10.1164/ajrccm/148.1.195).

SHORES, A., 1993. Magnetic resonance imaging. *The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice*. mars 1993. Vol. 23, n° 2, pp. 437-459. DOI [10.1016/s0195-5616\(93\)50036-0](https://doi.org/10.1016/s0195-5616(93)50036-0).

SMITH, P. L., GOLD, A. R., MEYERS, D. A., HAPONIK, E. F. et BLEECKER, E. R., 1985. Weight loss in mildly to moderately obese patients with obstructive sleep apnea. *Annals of Internal Medicine*. décembre 1985. Vol. 103, n° 6 ( Pt 1), pp. 850-855. DOI [10.7326/0003-4819-103-6-850](https://doi.org/10.7326/0003-4819-103-6-850).

TEIXEIRA, Fabio Alves, QUEIROZ, Mariana Ramos, OBA, Patrícia Massae, OLIVINDO, Rodrigo Fernando Gomes, ERNANDES, Mariane Ceschin, DUARTE, Caio Nogueira, RENTAS, Mariana Frago et BRUNETTO, Marcio Antonio, 2020. Brazilian owners perception of the body condition score of dogs and cats. *BMC Veterinary Research*. 27 novembre 2020. Vol. 16, pp. 463. DOI [10.1186/s12917-020-02679-8](https://doi.org/10.1186/s12917-020-02679-8).

TURNBULL, C. D., WANG, S. H., MANUEL, A. R., KEENAN, B. T., MCINTYRE, A. G., SCHWAB, R. J. et STRADLING, J. R., 2018a. Relationships between MRI fat distributions and sleep apnea and obesity hypoventilation syndrome in very obese patients. *Sleep & Breathing = Schlaf & Atmung*. septembre 2018. Vol. 22, n° 3, pp. 673-681. DOI [10.1007/s11325-017-1599-x](https://doi.org/10.1007/s11325-017-1599-x).

WANG, Y. L., MCDONALD, J. P., LIU, Y. H., PAN, K. F., ZHANG, X. H. et HU, R. D., 2014. Analysis of the dynamic changes in the soft palate and uvula in obstructive sleep apnea-hypopnea using ultrafast magnetic resonance imaging. *Genetics and molecular research: GMR*. 24 janvier 2014. Vol. 13, n° 4, pp. 8596-8608. DOI [10.4238/2014.January.24.16](https://doi.org/10.4238/2014.January.24.16).

YUAN, Ying, TANG, Weiqing, JIANG, Mengda et TAO, Xiaofeng, 2016. Palatal lesions: discriminative value of conventional MRI and diffusion weighted imaging. *The British Journal of Radiology*. mars 2016. Vol. 89, n° 1059, pp. 20150911. DOI [10.1259/bjr.20150911](https://doi.org/10.1259/bjr.20150911).

ZHU, Jian Hua, LEE, Heow Pueh, LIM, Kian Meng, LEE, Shu Jin, TEO, Li San Lynette et WANG, De Yun, 2012. Passive movement of human soft palate during respiration: A simulation of 3D fluid/structure interaction. *Journal of Biomechanics*. 26 juillet 2012. Vol. 45, n° 11, pp. 1992-2000. DOI [10.1016/j.jbiomech.2012.04.027](https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2012.04.027).



**Nathan QUAAK**

**ETUDE DE LA CORRELATION ENTRE L'ÉPAISSEUR DU PALAIS MOU ET LA NOTE D'ÉTAT CORPOREL CHEZ LE CHIEN : ETUDE RETROSPECTIVE PAR IRM SUR 271 CAS (2016-2024)**

**STUDY OF THE CORRELATION BETWEEN THE THICKNESS OF THE SOFT PALATE AND BODY CONDITION SCORE IN DOGS: RETROSPECTIVE MRI STUDY ON 271 CASES (2016-2024)**

**Thèse d'État de Doctorat Vétérinaire** : Nantes, le 28 Octobre 2024

**RESUME**

Cette thèse se base sur le postulat qu'en médecine humaine, une corrélation a été démontrée entre épaisseur du palais mou, embonpoint du patient et apnée obstructive du sommeil. De ce fait, il a été supposé qu'une même corrélation pourrait exister chez les chiens et plus précisément chez les brachycéphales qui sont des races connues pour des difficultés respiratoires.

Dans une première partie nous avons présenté un rappel anatomo-physiologique du palais mou et son rôle dans la respiration. Puis dans une seconde partie nous avons réalisé une étude rétrospective sur des examens IRM de tête de chiens brachycéphales, mésocéphales et dolichocéphales. Un protocole pour comparer l'ensemble des chiens a été mis au point et de nombreuses mesures de la tête et du palais mou ont été effectuées sur des coupes sagittales afin de trouver une corrélation entre l'épaisseur du palais mou et l'état d'embonpoint de l'animal caractérisée par sa NEC.

Les résultats indiquent une absence de corrélation entre les deux facteurs cités précédemment. Il a été supposé que la NEC représentait un biais trop important pour conclure quant à la présence ou non d'une corrélation et qu'une étude similaire serait à réaliser en se limitant à une seule race et un seul acteur dans l'attribution de la NEC.

**MOTS CLES**

Chien, Imagerie par résonance magnétique, Palais, Voile du palais, Etat corporel