



HAL
open science

Mesures radiographiques du diamètre trachéal canin : étude rétrospective menée chez 177 chiens

Marie Dehaye

► **To cite this version:**

Marie Dehaye. Mesures radiographiques du diamètre trachéal canin : étude rétrospective menée chez 177 chiens. Sciences du Vivant [q-bio]. 2023. dumas-04353051

HAL Id: dumas-04353051

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04353051v1>

Submitted on 19 Dec 2023

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 2023 - Thèse n°57

Mesures radiographiques du diamètre trachéal canin : étude rétrospective menée chez 177 chiens

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 septembre 2023

par

Marie Laura DEHAYE

Sous la direction de

Mme Marion FUSELLIER

Président du jury : Monsieur Éric FRAMPAS, Professeur au CHU de Nantes

Membres du jury : Madame Marion FUSELLIER, Professeure à Oniris

Madame Odile SENECAAT, Maître de conférences à Oniris

ANNEE 2023 - Thèse n°57

Mesures radiographiques du diamètre trachéal canin : étude rétrospective menée chez 177 chiens

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 septembre 2023

par

Marie Laura DEHAYE

Sous la direction de

Mme Marion FUSELLIER

Président du jury : Monsieur Éric FRAMPAS, Professeur au CHU de Nantes

Membres du jury : Madame Marion FUSELLIER, Professeure à Oniris

Madame Odile SENECAAT, Maître de conférences à Oniris

Département BPSA Biologie, Pathologie et Sciences de l'Aliment

Responsable : **Emmanuel JAFFRES** – Adjointe : **Frédérique NGUYEN**

Nutrition et Endocrinologie		
Pharmacologie et Toxicologie	Jean-Claude DESFONTIS (Pr) Yassine MALLEM (Pr) Hervé POULIQUEN (Pr)	Antoine ROSTANG (MC) Meg-Anne MORICEAU (CERC) Martine KAMMERER (PR émérite)
Physiologie fonctionnelle, cellulaire et moléculaire	Jean-Marie BACH (Pr) Lionel MARTIGNAT (Pr) Julie HERVE (MC HDR) Grégoire MIGNOT (MC)	Solenn GAUVAUD (CERC)
Histologie et anatomie pathologique	Marie-Anne COLLE (Pr) Jérôme ABADIE (MC)	Laetitia JAILLARDON (MC) Frédérique NGUYEN (MC)
Pathologie générale, microbiologie et immunologie		
Biochimie alimentaire industrielle	Carole PROST (Pr) Joëlle GRUA (MC)	Clément CATANEO (MC) Alix KHALIL (CERC) 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)	

Département SAESP Santé des Animaux d'Élevage et Santé Publique

Responsable : **Raphaël GUATTEO** – Adjoint : **Jean-Michel CAPPELIER**

Élevage, nutrition et santé des animaux domestiques	Nathalie BAREILLE (Pr) François BEAUDEAU (Pr) Christine FOURICHON (Pr) Lucile MARTIN (Pr)	Juan Manuel ARIZA CHACON (MC) Ségolène CALVEZ (MC HDR) Aurélien MADOUASSE (MC) Nora NAVARRO-GONZALES (MC)
Infectiologie	Alain CHAUVIN (Pr) François MEURENS (Pr) Emmanuelle MOREAU (Pr) Nathalie RUVOEN-CLOUET (Pr)	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) 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)	Fanny RENOIS-MEURENS (MC HDR) Sofia STRUBBIA (MC)

Département DSC Sciences cliniques

Responsable : **Catherine IBISCH** – Adjointe : **Marion FUSELLIER-TESSON**

Anatomie comparée	Eric BETTI (MC) Claude GUINTARD (MC) Margarida RIBEIRO DA SILVA NEUNLIST (MC)	
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 DE FOURMESTRAUX (MC)
Dermatologie, parasitologie des carnivores et des équidés, mycologie	Jacques GUILLOT (Pr) Emmanuel BENSIGNOR (Pr Ass) Sabrina VIEU (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 SENECAT (MC)
Biotechnologies et pathologie de la reproduction	Jean-François BRUYAS (Pr) Francis FIENI (Pr)	Djemil BENCHARIF (MC HDR) Lamia BRIAND (Pr)

Département GPA Génie des procédés alimentaires

Responsable : **Sébastien CURET-PLOQUIN** – Adjointe : **Vanessa JURY**

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 (MC HDR) 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)	

Département MSC Management, statistiques et communication

Responsable : **Samira ROUSSELIERE** – Adjointe : **Véronique CARIOU**

Mathématiques, statistiques, informatique	EI Mostafa QANNARI (Pr émérite) Chantal THORIN (Pr Ag) Evelyne VIGNEAU (Pr)	Véronique CARIOU (MC HDR) 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 GOYLER (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 Conférences, 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 : Marie Laura DEHAYE
- Année de soutenance : 2023
- Titre de la thèse : Mesures radiographiques du diamètre trachéal canin : étude rétrospective menée chez 177 chiens
- Intitulé du diplôme : Thèse de doctorat vétérinaire
- Université de soutenance : Faculté de Médecine de Nantes
- École de soutenance : Oniris : École Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation Nantes Atlantique
- Nombre de pages : 83

- REMERCIEMENTS -

A **Éric FRAMPAS**,

Professeur au CHU de Nantes,

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse,

Très sincères remerciements.

A **Marion FUSELLIER**,

Professeure à Oniris,

Pour votre enseignement tout au long de ma scolarité m'ayant donné le goût pour l'imagerie médicale,

Pour m'avoir confié ce travail, ainsi que pour votre encadrement, votre soutien, vos conseils et votre disponibilité tout au long de ces deux années,

Mes chaleureux remerciements.

A **Odile SENECAAT**,

Maitre de conférences à Oniris,

Pour avoir accepté de faire partie de ce jury de thèse,

Pour votre gentillesse et votre bienveillance que ce soit en classe ou en clinique au cours de ces cinq années,

Très sincères remerciements.

A **Chantal THORIN**,

Professeure agrégée à Oniris,

Pour tout votre temps consacré m'aider à la réalisation de cette thèse,

Très sincères remerciements.

A **Claude GUINTARD**,

Maitre de conférences à Oniris,

Pour votre aide à la catégorisation des races canines,

Chaleureux remerciements.

- TABLE DES MATIÈRES -

Liste des figures	9
Liste des tableaux	11
Liste des abréviations et sigles	12
INTRODUCTION	13
ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE	14
I - Anatomie de la trachée du chien	15
A/Structure macroscopique	16
B/Structure microscopique	17
C/Rapports	18
II – Étude radiographique de la trachée	19
A/La trachée en radiographie	20
1. La radiographie cervicale.....	20
2. La radiographie thoracique.....	21
B/ La réalisation de la radiographie de la trachée	23
1. Un bon positionnement.....	23
2. Un bon cadrage et centrage.....	24
3. Des bonnes constantes.....	25
4. Le moment de la prise du cliché.....	26
5. Sédation.....	27
C/La trachée physiologique en radiographie	27
1. Que voit-on de la trachée en radiographie.....	27
2. Le diamètre trachéal.....	28
III - Variation du diamètre trachéal	34
A/ Variation physiologique de la trachée au sein d'un même individu	34
1. Variation de position.....	34
2. Variation de taille.....	34
B/ Variations pathologiques de la trachée	35
1. Changement de taille.....	35
2. Changement d'opacité.....	39
3. Changement de position.....	42
4. Changement de forme.....	44
ÉTUDE EXPÉRIMENTALE	46
I - Matériel et méthodes	47
A/ Recrutement de la population étudiée	47
1. Mode de recrutement.....	47
2. Critères d'inclusion.....	47
3. Critères d'exclusion.....	48
B/ Mesures réalisées	48
C/ Matériels	50
D/ Analyse statistique	50

II – Résultats	51
A/ Population recrutée	51
1. Selon la race	51
2. Selon le motif	54
3. Selon l'âge	55
4. Selon le sexe.....	55
B/ Mesures de différences de taille de trachée	56
1. Selon la région	56
2. Selon le morphotype	57
3. Selon le sexe.....	60
C/ Influence des caractères phénotypiques	63
1. L'âge.....	63
2. Le poids	64
D/ Corrélation avec les autres mesures radiographiques thoraciques.....	65
1. Trachée et entrée thoracique.....	65
2. Trachée et manubrium sternal.....	67
3. Trachée et largeur 3 ^{ème} côte	69
E/ Établissement de valeurs de références	71
1. Ratio TD/ET	72
2. Ratio TD/LM	72
3. Ratio TD/L3C	73
III - Discussion	75
A/ Les biais rencontrés lors de cette étude.....	75
B/ Étude sur les longilignes	75
C/ Comparaison aux données existantes	76
CONCLUSION	78
BIBLIOGRAPHIE	79

Liste des figures

FIGURE 1 - APPAREIL RESPIRATOIRE DU CHIEN (1)	15
FIGURE 2 - PHOTOGRAPHIE D'UNE TRACHEE DE CHIEN LORS D'UNE AUTOPSIE (SERVICE D'AUTOPSIE D'ONIRIS)	16
FIGURE 3 - COUPE HISTOLOGIQUE D'UNE TRACHEE D'UN CHIEN ADULTE (x50) COLORATION A L'HEMATOXYLINE ET EOSINE (4)	17
FIGURE 4 - ZOOM SUR LA MUQUEUSE DE LA COUPE HISTOLOGIQUE DE TRACHEE D'UN CHIEN ADULTE (x240) COLORATION A L'HEMATOXYLINE ET EOSINE (4)	17
FIGURE 5 - DESSIN DES MUSCLES EN RAPPORT AVEC LA TRACHEE (1)	18
FIGURE 6 - POSITIONNEMENT DU PATIENT POUR UNE EVALUATION RADIOGRAPHIQUE DE LA TRACHEE CERVICALE (17)	20
FIGURE 7 - RADIOGRAPHIES THORACIQUES EN VUE LATERALE DROITE LEGENDEE AVEC LES PRINCIPALES STRUCTURES OBSERVABLES ...	22
FIGURE 8 - COMPARAISON D'UNE RADIOGRAPHIE EN VUE LATERALE GAUCHE (A.) ET D'UNE VUE LATERALE DROITE (B.) (15)	23
FIGURE 9 - EXEMPLE DE RADIOGRAPHIE AVEC UNE ROTATION DU THORAX	23
FIGURE 10 - EXEMPLE DE RADIOGRAPHIE AVEC UN DEFAUT D'EXTENSION DES MEMBRES THORACIQUES.....	24
FIGURE 11 - EXEMPLE DE RADIOGRAPHIE AVEC UN DEFAUT DE CENTRAGE	24
FIGURE 12 - EXEMPLE D'UNE RADIOGRAPHIE TROP CONTRASTEE	25
FIGURE 13 - EXEMPLE D'UNE RADIOGRAPHIE SOUS EXPOSEE	25
FIGURE 14 - COMPARAISON D'UNE VUE LATERALE GAUCHE PRISE EN INSPIRATION (A) ET EN EXPIRATION (B) (15)	27
FIGURE 15 - DESSIN DES DIFFERENTES MESURES POSSIBLES DE LA TRACHEE (3).....	27
FIGURE 16 - RADIOGRAPHIE LATERALE DROITE DU THORAX CRANIAL D'UN CHIEN MONTRANT LES MESURES EFFECTUEES (1) ENTREE THORACIQUE, (2) LUMIERE TRACHEALE (40)	28
FIGURE 17 - TABLEAU RESUMANT LES CORRELATIONS ENTRE LE DIAMETRE TRACHEAL ET L'ENTREE THORACIQUE	29
FIGURE 18 - RADIOGRAPHIE CERVICALE LATERALE DROITE DE CHIEN MONTRANT LES MESURES DE LA LUMIERE CRICOÏDE (3) (40)	30
FIGURE 19 - TABLEAU DES DONNEES ET ANALYSE STATISTIQUES DU RATIO TD/CD	30
FIGURE 20 - RADIOGRAPHIE LATERALE DROITE D'UN THORAX MONTRANT LES 3 MESURES DE TRACHEE NECESSAIRES POUR UNE EVALUATION (41) A : DIAMETRE DE LA TRACHEE CERVICALE B : DIAMETRE DE LA TRACHEE A L'ENTREE THORACIQUE C : DIAMETRE DE LA TRACHEE INTRA-THORACIQUE	32
FIGURE 21 - DIFFERENCES DE POSITION DE LA TRACHEE EN RADIOGRAPHIE SELON L'INCLINAISON DE LA TETE DE L'ANIMAL (18) (A) POSITION IDEALE : TETE LEGEREMENT TENDUE VERS L'AVANT (B) TETE FLECHIE : DEVIATION DORSALE DE LA TRACHEE (C) TETE TROP TENDUE : DEVIATION VENTRALE DE LA TRACHEE ET RETRECISSEMENT DU DIAMETRE TRACHEAL A L'ENTREE THORACIQUE	34
FIGURE 22 - ILLUSTRATION SCHEMATIQUE DES CHANGEMENTS DYNAMIQUE DU DIAMETRE TRACHEAL EN CAS DE COLLAPSUS TRACHEAL LORS DES PHASES INSPIRATOIRES ET EXPIRATOIRES	36
FIGURE 23 - RADIOGRAPHIES THORACIQUES D'UN CHIEN ATTEINT D'UN COLLAPSUS TRACHEAL INTRA-THORACIQUE PRISES EN INSPIRATION (A) ET EXPIRATION (B) (20)	36
FIGURE 24 - RADIOGRAPHIE CERVICALE EN VUE LATERALE DROITE D'UN CHIEN ATTEINT DE FLACCIDITE TRACHEALE. LA LIMITE DORSALE DE LA TRACHEE EST SOULIGNEE PAR LES FLECHES PLEINES, LA MEMBRANE TRACHEALE REDONDANTE DANS LA LUMIERE TRACHEALE EST INDIQUEE PAR LES FLECHES CREUSES (15)	37
FIGURE 25 - ASPECT RADIOGRAPHIQUE ET EN COUPE TRANSVERSALE DE LA TRACHEE D'UNE TRACHEE NORMALE, D'UNE FLACCIDITE TRACHEALE, ET D'UN COLLAPSUS TRACHEAL (47)	37
FIGURE 26 - RADIOGRAPHIE THORACIQUE LATERALE DROITE MONTRANT UNE HYPOPLASIE TRACHEALE CHEZ UN CHIOT BOULEDOGUE (18).....	38
FIGURE 27 - RADIOGRAPHIE CERVICALE DROITE D'UN CHIEN PRESENTE POUR DETRESSE RESPIRATOIRE SUITE A L'INGESTION DE RODENTICIDES. ON VOIT UNE DIMINUTION DU DIAMETRE TRACHEAL (TETE DE FLECHE) CAUSE PAR UNE : REDONDANCE DE LA MEMBRANE TRACHEALE (FLECHE) (26).....	38
FIGURE 28 - RADIOGRAPHIE THORACIQUE LATERALE DROITE D'UN CHAT PRESENTANT UN CORPS ETRANGER TRACHEAL (31).....	40
FIGURE 29 - RADIOGRAPHIE CERVICALE LATERALE GAUCHE CHEZ UN CHIEN AYANT UN LIPOME TRACHEAL. LA RADIOGRAPHIE MONTRE UNE MASSE TISSULAIRE INTRALUMINALE DE 14x32MM AU NIVEAU DE LA 5E VERTEBRE CERVICALE. (35).....	41
FIGURE 30 - RADIOGRAPHIE CERVICALE GAUCHE D'UN ABCES DE LA MEMBRANE TRACHEALE DORSALE CHEZ CHIEN. ON OBSERVE UN RETRECISSEMENT DU DIAMETRE TRACHEAL ENTRE C5 ET C7 (38)	41
FIGURE 31 - RADIOGRAPHIE THORACIQUE DROITE D'UN CHAT AYANT UNE LARVE DE CUTEREBRA SPP DANS LA TRACHEE (FLECHES) (36)	42
FIGURE 32 - RADIOGRAPHIE CERVICALE DROITE D'UN CHIEN PRESENTANT UNE STENOSE TRACHEALE (18).....	44
FIGURE 33 - RADIOGRAPHIE D'UN CHIEN ATTEINT DE RUPTURE TRACHEALE SUITE A UNE MORSURE AU NIVEAU DU COU (50)	44
FIGURE 34 - RECAPITULATIF DES MESURES REALISEES SUR LES RADIOGRAPHIES THORACIQUES DANS NOTRE ETUDE (41)	49
FIGURE 35 - REPARTITION DES CHIENS MEDIOLIGNES DE GRANDE TAILLE	51
FIGURE 36 - REPARTITION DES CHIENS MEDIOLIGNES DE GRANDE MOYENNE	52

FIGURE 37 - REPARTITION DES CHIENS MEDIOLIGNES DE PETITE TAILLE	52
FIGURE 38 - REPARTITION DES CHIENS BREVILIGNES DE PETITE TAILLE	53
FIGURE 39 - REPARTITION DES CHIENS BREVILIGNES DE GRANDE TAILLE	53
FIGURE 40 - REPARTITION DES CHIENS LONGILIGNES DE PETITE TAILLE.....	53
FIGURE 41 - REPARTITION DES CHIENS LONGILIGNES DE TAILLE MOYENNE.....	53
FIGURE 42 - REPARTITION DES CHIENS RECRUTES SELON LEUR MOTIF DE CONSULTATION	54
FIGURE 43 - HISTOGRAMME DE LA REPARTITION DES CHIENS EN FONCTION DE LEUR AGE.....	55
FIGURE 44 - REPARTITIONS DES ANIMAUX SELON LEUR SEXE	55
FIGURE 45 - MOYENNE DES DIAMETRES TRACHEAUX OBTENUS SUR TOUS LES CHIENS.....	56
FIGURE 46 - BOITE A MOUSTACHES DU DIAMETRE TRACHEAL SELON LA REGION	57
FIGURE 47 - COURBE DE REPARTITION DES VALEURS DE DIAMETRE TRACHEAL CHEZ LES BREVILIGNES ET LES MEDIOLIGNES.....	57
FIGURE 48 - COMPARAISON DE TD/ET ENTRE LES BREVILIGNES ET LES MEDIOLIGNES EN B (A GAUCHE) ET EN C (A DROITE)	58
FIGURE 49 - COMPARAISON DE TD/LM ENTRE LES BREVILIGNES ET LES MEDIOLIGNES EN B (A GAUCHE) ET EN C (A DROITE)	59
FIGURE 50 - COMPARAISON DE TD/L3C ENTRE LES BREVILIGNES ET LES MEDIOLIGNES EN B (A GAUCHE) ET EN C (A DROITE)	60
FIGURE 51 - REPARTITION DES VALEURS, COURBES SUPERPOSEES DES MALES ET DES FEMELLES CHEZ LES BREVILIGNES	61
FIGURE 52 - REPARTITION DES VALEURS, COURBES SUPERPOSEES DES MALES ET DES FEMELLES CHEZ LES BREVILIGNES	62
FIGURE 53 - REPARTITION DES RATIOS EN FONCTION DE L'AGE DES CHIENS MEDIOLIGNES	63
FIGURE 54 - REPARTITION DES RATIOS EN FONCTION DE L'AGE DES CHIENS BREVILIGNES.....	64
FIGURE 55 - REPRESENTATION GRAPHIQUE DU DIAMETRE TRACHEAL EN B ET EN C EN FONCTION DE L'ENTREE THORACIQUE CHEZ LES MEDIOLIGNES.....	65
FIGURE 56 - REPRESENTATION GRAPHIQUE DU DIAMETRE TRACHEAL EN B ET EN C EN FONCTION DE L'ENTREE THORACIQUE CHEZ LES BREVILIGNES	66
FIGURE 57 - REPRESENTATION GRAPHIQUE DU DIAMETRE TRACHEAL EN B ET EN C EN FONCTION DE LA LONGUEUR DU MANUBRIUM STERNAL CHEZ LES MEDIOLIGNES	67
FIGURE 58 - REPRESENTATION GRAPHIQUE DU DIAMETRE TRACHEAL EN B ET EN C EN FONCTION DE LA LONGUEUR DU MANUBRIUM STERNAL CHEZ LES BREVILIGNES.....	68
FIGURE 59 - REPRESENTATION GRAPHIQUE DU DIAMETRE TRACHEAL EN B ET EN C EN FONCTION DE LA LARGEUR DE LA 3 ^{EME} COTE CHEZ LES MEDIOLIGNES.....	69
FIGURE 60 - REPRESENTATION GRAPHIQUE DU DIAMETRE TRACHEAL EN B ET EN C EN FONCTION DE LA LARGEUR DE LA 3 ^{EME} COTE CHEZ LES MEDIOLIGNES	70
FIGURE 61 - EXEMPLE D'UNE DISTRIBUTION ASSOCIEE A UNE PROPOSITION D'INTERVALLE DE REFERENCE PROPOSE PAR REFVALUEADVISOR.....	71

Liste des tableaux

TABLEAU I - PRINCIPALES STRUCTURES PHYSIOLOGIQUEMENT VISIBLES SUR LA RADIOGRAPHIE CERVICALE	20
TABLEAU II - INDICATIONS DE LA RADIOGRAPHIE CERVICALE ET LES ORGANES RESPONSABLES	21
TABLEAU III - PRINCIPALES STRUCTURES PHYSIOLOGIQUEMENT VISIBLES SUR LA RADIOGRAPHIE THORACIQUE	21
TABLEAU IV - INDICATIONS DE LA RADIOGRAPHIE THORACIQUE ET LES ORGANES RESPONSABLES	22
TABLEAU V - RECAPITULATIF DES PRINCIPALES DIFFERENCES ENTRE LES RADIOGRAPHIES THORACIQUES PRISES EN EXPIRATION ET EN INSPIRATION	26
TABLEAU VI - RESUME DES VALEURS DE RATIO DIAMETRE TRACHEAL / ENTREE THORACIQUE SELON HARVEY (40)	31
TABLEAU VII - RESUME DES VALEURS DE RATIO TD/L3C CALCULEES ET LES SEUILS DIAGNOSTIC D'HYPOLASIE DANS 3 ETUDES	33
TABLEAU VIII - APPARENCE DES DIFFERENTS MATERIAUX VISIBLES EN RADIOGRAPHIE (16)	39
TABLEAU IX - CAUSES PRINCIPALES DE DEPLACEMENT DORSAL DE LA TRACHEE SELON LEUR LOCALISATION (33) (39)	42
TABLEAU X - CAUSES PRINCIPALES DE DEPLACEMENT VENTRAL DE LA TRACHEE SELON LEUR LOCALISATION (33) (39)	43
TABLEAU XI - RECAPITULATIF DES RACES UTILISEES POUR L'ETUDE.....	47
TABLEAU XII - MOYENNE DES RATIOS TD/ET EN FONCTION DE LA REGION ET DU MORPHOTYPE	58
TABLEAU XIII - MOYENNE DES RATIOS TD/LM EN FONCTION DE LA REGION ET DU MORPHOTYPE	59
TABLEAU XIV - MOYENNE DES RATIOS TD/L3C EN FONCTION DE LA REGION ET DU MORPHOTYPE	59
TABLEAU XV - RESUME DES CORRELATIONS LINEAIRES ENTRE LA MASSE ET LES RATIOS, M = MASSE (KQ)	64
TABLEAU XVI - INTERVALLES DE REFERENCES DES RATIOS TD/ET EN B ET EN C CHEZ LES CHIENS BREVILIGNES ET MEDIOLIGNES	72
TABLEAU XVII - INTERVALLES DE REFERENCES DES RATIOS TD/LM EN B ET EN C CHEZ LES CHIENS BREVILIGNES ET MEDIOLIGNES	72
TABLEAU XVIII - INTERVALLES DE REFERENCES DES RATIOS TD/L3C EN B ET EN C CHEZ LES CHIENS BREVILIGNES ET MEDIOLIGNES ...	73

Liste des abréviations et sigles

CC	cartilage cricoïde
CHUV	Centre Hospitalier Universitaire Vétérinaire
ET	Entrée du thorax
kV	Kilovolts
L3C	Largeur du tiers proximal de la troisième côte
LM	Longueur du manubrium sternal
mA	Milliampère
mAs	Milliampère-secondes
TD	Diamètre trachéal
TDa	Diamètre trachéal en région cervicale caudale
TDb	Diamètre trachéal à l'entrée thoracique
TDc	Diamètre trachéal en région intra-thoracique
TD/ET	Diamètre trachéal divisé par l'entrée thoracique
TD/LM	Diamètre trachéal divisé par la longueur du manubrium sternal
TD/L3C	Diamètre trachéal divisé par la largeur du tiers proximal de la troisième côte

INTRODUCTION

La **trachée** est un élément important de l'arbre respiratoire. Délimitée crânialement par le larynx, et caudalement par la carina, elle permet d'acheminer l'air jusqu'aux poumons. La détermination de son **diamètre** présente plusieurs enjeux majeurs. Cela permet notamment de vérifier qu'elle est de taille suffisante pour permettre un bon passage de l'air. Dans le cas contraire cela peut mener au diagnostic **d'hypoplasie trachéale**. De plus, la détermination du diamètre de la trachée est une étape clé en anesthésiologie, puisque cela permet de choisir la sonde endotrachéale la plus adaptée à l'animal.

Cependant, les mesures de référence les plus utilisées se basent sur un article unique datant de 1982 étudiant 82 chiens dont seulement 22 sans affection respiratoire. La méthode privilégiée est de faire un **ratio** entre le **diamètre trachéal** et l'**entrée thoracique** mesurés sur une **radiographie thoracique de profil**. De nouvelles études se posent la question de trouver de meilleures corrélations avec d'autres caractères radiographiques mais elles sont encore peu nombreuses et tous les auteurs ne sont pas en accord sur les valeurs de référence de la trachée normale.

Ce travail de thèse se propose ainsi de poursuivre le travail de recherche de corrélations avec le diamètre trachéal, que ce soit avec des critères phénotypiques ou des mesures prises sur la radiographie thoracique et d'établir des valeurs de référence du diamètre trachéal.

Dans une première partie bibliographique, nous ferons l'état des lieux des données bibliographiques concernant le diamètre trachéal en radiographie. Dans un second temps, nous présenterons notre étude rétrospective réalisée sur des radiographies thoraciques de chiens prises au Centre Hospitalier Universitaire Vétérinaire (CHUV) d'Oniris.

**PREMIÈRE PARTIE :
ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE**

I - Anatomie de la trachée du chien

L'arbre respiratoire du chien (figure 1) est constitué de la trachée, des bronches et des bronchioles. Son rôle est d'acheminer l'air jusqu'aux poumons, puis de le sortir afin d'apporter de l'oxygène à l'organisme, et en évacuer ses déchets tel que le dioxyde de carbone. Délimitée crânialement par le cartilage cricoïde du larynx, la trachée parcourt toute l'encolure jusqu'à l'entrée de la poitrine où elle pénètre dans le thorax, atteignant la base du cœur et se terminant dorsalement à l'oreillette gauche, légèrement à droite du plan médian par la bifurcation trachéo-bronchique, donnant naissance aux deux bronches principales. Elle a donc une partie cervicale et une partie thoracique qui loge dans le médiastin crânial.

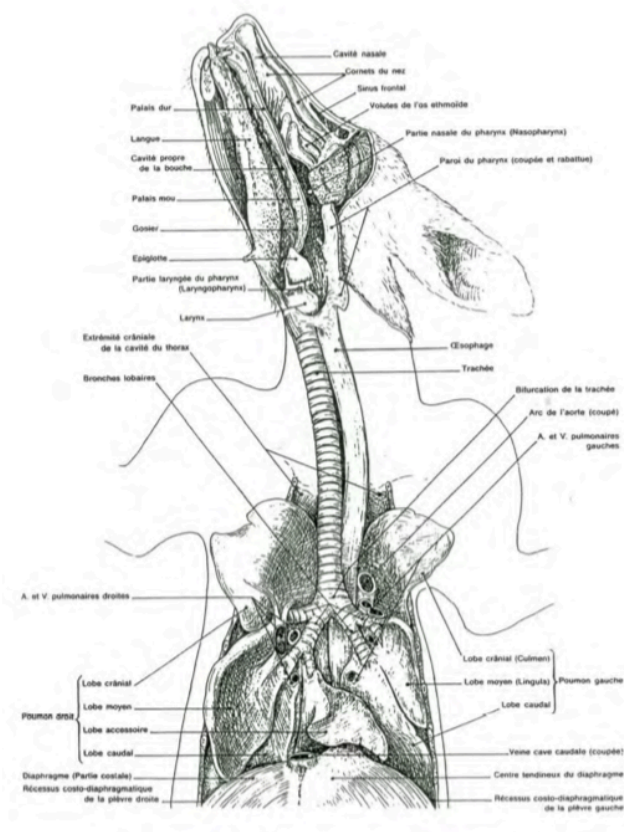


Figure 1 - Appareil respiratoire du chien (1)

A/ Structure macroscopique

La trachée est un tube unique, flexible, conservant une lumière ouverte en permanence grâce à sa rigidité. Cette relative rigidité, autorisant le mouvement de l'animal sans collaber la trachée, est permise par une succession d'anneaux cartilagineux disposés de manière régulière le long de celle-ci (figure 2). Ces cartilages diffèrent en forme et en nombre selon l'espèce. Chez le chien, il y en a environ 42, le nombre pouvant varier de 36 à 45 selon les individus (3). Il n'est pas rare de voir des irrégularités au niveau de la disposition des anneaux, certains pouvant fusionner entre eux. Les anneaux sont reliés par une membrane fibreuse formant le ligament annulaire. Chaque cartilage trachéal fait environ 4mm de largeur, et est séparé d'un autre cartilage par environ 1mm de ligament annulaire (2).



Figure 2 - Photographie d'une trachée de chien (Service d'autopsie d'ONIRIS)

Chez le chien, les anneaux trachéaux sont incomplets, la partie dorsale étant une partie membraneuse constituée du muscle trachéal et de la muqueuse trachéale. Cette partie membraneuse dépressible, rend la section de la trachée légèrement planiforme sur sa partie dorsale, voire un peu aplatie dorso-ventralement.

La longueur trachéale est un paramètre très variable d'un individu à l'autre. Elle dépend évidemment de la race, et de la taille de l'animal, mais elle varie aussi au sein d'un même animal selon sa position. Chez le chien de taille moyenne on peut compter une longueur moyenne de 19,5 centimètres (3), mais elle s'allonge si le chien tend la tête, et se raccourcit lorsqu'il la fléchit.

B/ Structure microscopique

La structure histologique de la trachée ressemble fortement au reste de l'arbre respiratoire (figures 3 et 4). De l'extérieur vers l'intérieur elle comprend :

- une adventice : tissu conjonctif fibro-élastique,
- un cartilage hyalin, composant les anneaux trachéaux,
- une sous-muqueuse : contenant de nombreuses glandes mixtes séro-muqueuses,
- un chorion : tissu de soutien très lâche richement vascularisé et innervé. Il est composé de nombreuses fibres de collagène qui se densifient en profondeur pour former une bande élastique,
- un épithélium cilié pseudostratifié : épithélium respiratoire avec des cellules cylindriques hautes pseudostratifiées, des cellules caliciformes, des cellules séreuses, des cellules basales et des cellules souches.

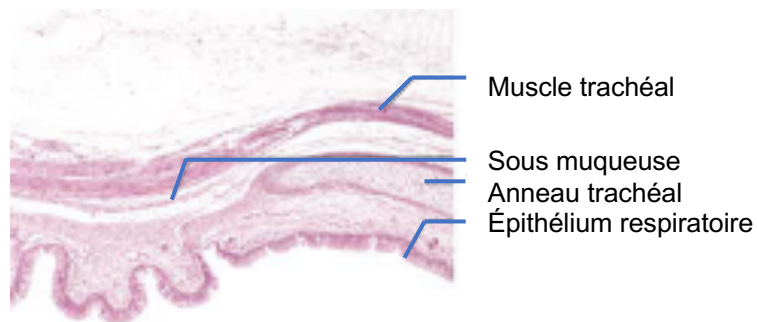


Figure 3 - Coupe histologique d'une trachée d'un chien adulte (x50) coloration à l'hématoxyline et éosine (4)



Figure 4 - Zoom sur la muqueuse de la coupe histologique de trachée d'un chien adulte (x240) coloration à l'hématoxyline et éosine (4)

La surface interne de la trachée est tapissée par la muqueuse et ne laisse pas transparaître les anneaux trachéaux ce qui la rend lisse. Elle est presque entièrement vide, seul un très léger mucus visqueux et peu abondant la recouvre.

C/ Rapports

En partie cervicale, la trachée est entourée d'une gaine de tissu conjonctif lâche, elle-même délimitée par deux lames fibreuses : la lame pré-trachéale et la lame pré-vertébrale. Les muscles de la région cervicale entourent l'ensemble pour former le cou (figure 5). Ventralement on retrouve les muscles sterno-hyoïdiens et sterno-thyroïdiens. Latéralement, ce sont les muscles sternocéphaliques qui couvrent la trachée dans sa partie la plus crâniale.

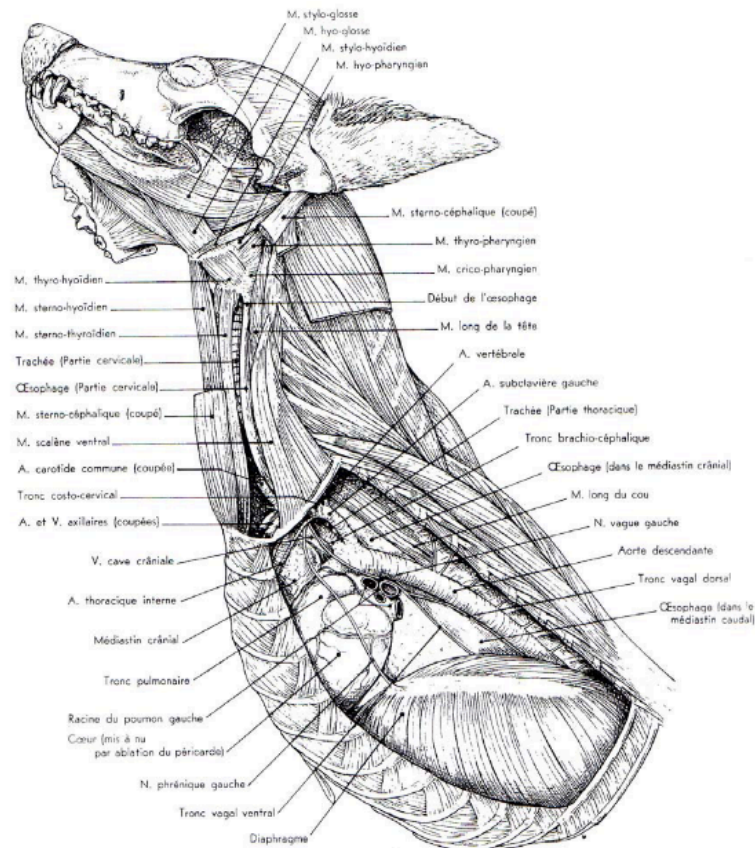


Figure 5 - Dessin des muscles en rapport avec la trachée (1)

L'œsophage est au contact direct de la trachée sur tout son trajet cervical et thoracique. Il l'accompagne d'abord dorsalement, puis légèrement sur la gauche en partie cervicale caudale. De chaque côté de la trachée, courent d'importants vaisseaux et nerfs : les deux artères carotides communes, la veine jugulaire, le tronc vago-sympathique. On retrouve aussi le nerf récurrent qui se situe plus ventralement.

En région thoracique la trachée court dans le médiastin crânial puis moyen aussi entourée d'une gaine fibreuse mais moins épaisse qu'en partie cervicale. Toujours au contact de l'œsophage, la trachée se positionne latéralement à droite de celui-ci. On retrouve ventralement le nerf vague, le tronc brachio-céphalique, les artères carotides communes et la veine cave crâniale. Elle longe ensuite la face dorsale de la base du cœur avant de se diviser en deux bronches souches.

II – Étude radiographique de la trachée

L'estimation du diamètre trachéal est une étape importante de l'anesthésie. En effet l'intubation endotrachéale est devenue une pratique clé et courante de toute anesthésie en médecine vétérinaire. La taille de la sonde est directement liée à certaines affections post-anesthésie : une sonde trop grosse peut causer des traumatismes laryngés et trachéaux comme une sténose ou une lacération trachéale par exemple (6)(11). Au contraire une sonde trop petite peut causer des fuites de gaz et donc une mauvaise anesthésie et une pollution de l'air de la salle d'opération. De plus une sonde trop petite augmente le travail à fournir par l'animal pour respirer : pour chaque millimètre en moins sur la sonde endotrachéale, l'effort respiratoire augmente de 34 à 154% (9).

Plusieurs études s'attachent à trouver des corrélations entre des paramètres phénotypiques et la taille de la sonde trachéale à utiliser. Ont notamment été décrits : l'âge, la longueur du philtrum, la distance philtrum et bord latéral du nez, les dimensions verticale et latérale des coussinets carpiens et digitaux du membre thoracique ou encore la largeur du septum nasal. Ceux qui semblent le plus corrélés au diamètre trachéal sont la masse corporelle et la longueur verticale du coussinet du 4^{ème} doigt thoracique, donnant même lieu à des formules prédictives (5) :

$$\text{ETS} \pm \text{SE} = [\text{masse corporelle (kg)} \times 6/10] + 2,5$$

$$\text{ETS} \pm \text{SE} = [\text{longueur verticale du 4ème coussinet du doigt thoracique (cm)} \times 6] - 2$$

ETS : Endotracheal Tube Size : diamètre de sonde à utiliser en millimètre

SE : écart-type

Ou encore (14) :

$$\text{Diamètre prédictif de la trachée} = 0,47x (\text{poids en kilogramme})^{0,39}$$

Cependant, avec la variabilité des races, la masse corporelle reste difficile à corréler parfaitement avec la taille de la trachée contrairement à la médecine humaine (10).

Selon certains anesthésistes il est tout à fait possible d'estimer la taille de sonde à utiliser en palpant extérieurement la trachée (7). Une étude a montré que cette méthode permettait de trouver la bonne taille de sonde dans un peu moins d'un cas sur deux (8).

L'imagerie est une des autres méthodes permettent d'étudier les dimensions de la trachée. Deux moyens sont couramment utilisés : la radiographie et le scanner. Ce dernier a l'avantage de fournir des images en trois dimensions ce qui permet de désuperposer les structures et ainsi avoir une plus grande fiabilité sur les mesures. Bien que certaines études montrent que la radiographie sous-estime légèrement le diamètre trachéal d'environ un millimètre par rapport au scanner (13), une autre a montré l'équivalence des deux méthodes sur des bouledogues anglais (12). La radiographie a l'avantage de pouvoir être réalisée sans anesthésie. Elle est plus rapide et bien moins coûteuse que le scanner ce qui en fait l'examen de choix pour déterminer le diamètre trachéal.

A/ La trachée en radiographie

La trachée parcourt l'encolure et entre dans le thorax pour se terminer à la base du cœur. Pour une évaluation totale de la trachée, comprenant la trachée cervicale, non incluse dans les radiographies thoraciques, il faut une incidence latérale du thorax et du cou.

1. La radiographie cervicale

Pour évaluer la trachée cervicale, l'animal doit être extubé et ne pas porter de collier. La trachée doit être parallèle à la table, ce qui nécessite le plus souvent de placer un petit coussin sous le cou (figure 6) :



Figure 6 - Positionnement du patient pour une évaluation radiographique de la trachée cervicale (17)

Cette incidence est peu réalisée car ses indications sont assez restreintes (tableau I et II).

Tableau I - Principales structures physiologiquement visibles sur la radiographie cervicale

Structures extra-cervicales	Structures cervicales
Dents Os crâniens	Vertèbres Larynx Œsophage Trachée Muscles de l'encolure

Tableau II - Indications de la radiographie cervicale et les organes responsables

Organe touché	Indications
Vertèbres	Traumatisme Douleur à la mobilisation du cou
Larynx	Dysphagie
Œsophage	Régurgitations Localisation de corps étranger Ptyalisme excessif Retching ou gagging Pneumonie par aspiration
Trachée	Traumatisme Toux Dyspnée Bruit de cornage Anomalie de la courbe ou fréquence respiratoire

L'évaluation du diamètre de la trachée ne nécessite pas d'avoir la portion la plus crâniale de celle-ci, c'est pourquoi seule des radiographies de thorax seront évoquées par la suite.

2. La radiographie thoracique

La radiographie thoracique a de nombreuses indications car elle permet de voir de nombreuses structures (tableau III et figure 7).

Tableau III - Principales structures physiologiquement visibles sur la radiographie thoracique

Structures extra-thoraciques	Structures thoraciques
Côtes Vertèbres Sternèbres Foie Scapula/humérus	Diaphragme Limites du médiastin Cœur Poumons Trachée Bronches souches Gros vaisseaux (aorte, veine cave caudale...) Œsophage dans certains cas (par exemple la présence d'air)

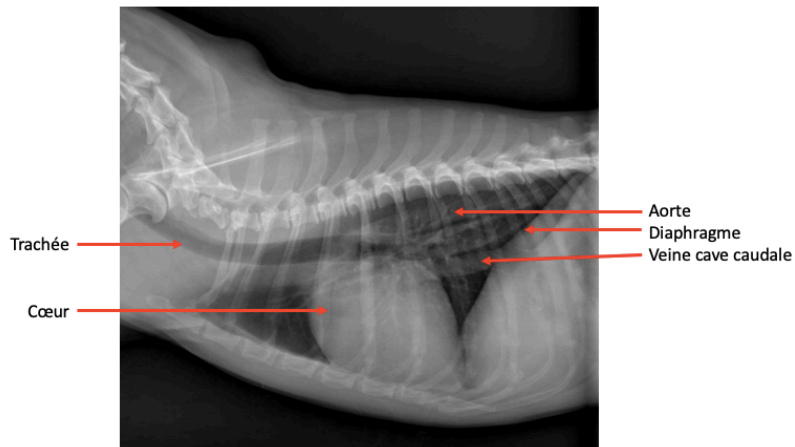


Figure 7 - Radiographies thoraciques en vue latérale droite légendée avec les principales structures observables

Elle peut être ainsi indiquée lors de signes respiratoires, cardiaques ou encore digestifs, les indications étant détaillées dans le tableau IV ci-dessous.

Tableau IV - Indications de la radiographie thoracique et les organes responsables

Organe touché	Indication
Voies respiratoires (trachée, bronches...) Poumons	Toux Dyspnée Bruit de cornage Anomalie de la courbe ou fréquence respiratoire Traumatismes Bilan d'extension d'une néoplasie
Cœur	Exploration d'un souffle Intolérance à l'effort Toux Suivi d'une affection cardiaque Bruits cardiaques étouffés
Médiastin	Dyspnée Traumatisme Bilan d'extension d'une néoplasie
Espace pleural	Traumatismes Dyspnée Bruits cardiaques étouffés
Côtes, vertèbres et sternèbres	Traumatismes Exploration d'une masse palpable Exploration d'une déformation du thorax
Œsophage	Dysphagie Régurgitation Ptyalisme excessif Retching ou gagging Pneumonie par aspiration

B/ La réalisation de la radiographie de la trachée

1. Un bon positionnement

La position de l'animal est une composante essentielle de l'interprétation de la radiographie trachéale. Deux incidences standards sont utilisées pour la radiographie thoracique : la vue latérale et la vue dorso-ventrale ou ventro-dorsale. Afin d'évaluer la taille de la trachée, seule l'incidence latérale est nécessaire c'est pourquoi nous détaillerons uniquement cette vue. L'incidence latérale standardisée est l'incidence latérale droite, ce qui signifie que l'animal est couché sur son côté droit. Cette vue a été préférée à la gauche car le cœur a une position plus constante grâce au ligament cardio-phrénique et car le diaphragme cache moins les lobes pulmonaires caudaux (figure 8).

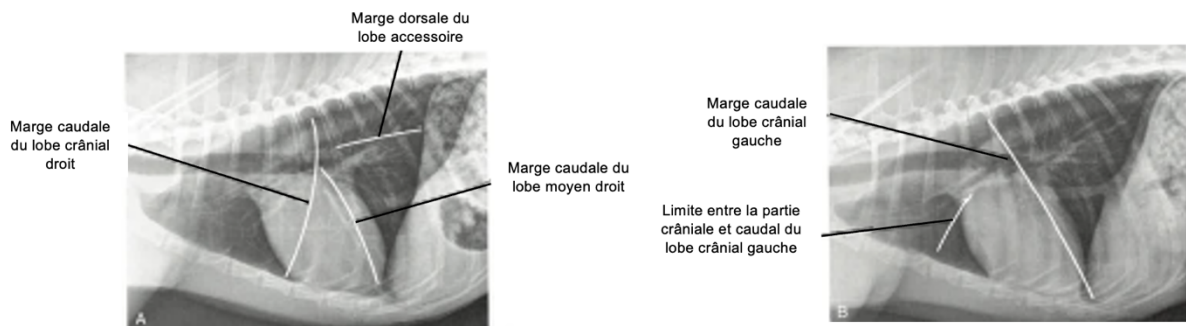


Figure 8 - Comparaison d'une radiographie en vue latérale gauche (A.) et d'une vue latérale droite (B.) (15)

Un bon positionnement comporte trois facteurs :

* une absence de rotation : les vertèbres et le sternum doivent être dans le même plan. Pour s'en assurer, la partie la plus dorsale des côtes les plus caudales doit être superposée à la radiographie (figure 9). Parfois pour obtenir cette position il faut mettre un petit coussinet en mousse sous le pli axillaire pour surélever un peu le thorax. Chez les brachycéphales, ou tout chien ayant une compression dorso-ventrale du thorax, il faut parfois au contraire faire une rotation du sternum vers la table.

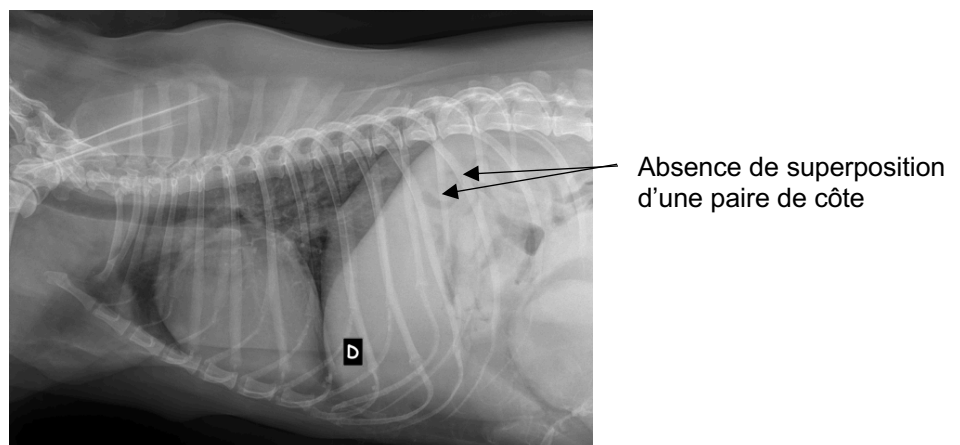


Figure 9 - Exemple de radiographie avec une rotation du thorax

Sur la figure ci-dessus, la partie dorsale des côtes est en décalage ce qui signifie une rotation du thorax assez significative.

* les membres thoraciques tirés vers l'avant pour minimiser la superposition du muscle triceps sur le thorax (figure 10).



Figure 10 - Exemple de radiographie avec un défaut d'extension des membres thoraciques

* un cou ni trop tendu ni trop fléchi : la tête et le cou légèrement étendu vers l'avant.

2. Un bon cadrage et centrage

Pour faire une bonne radiographie thoracique, les rayons X doivent être centrés juste caudalement à la partie caudale de la scapula. Le thorax entier doit être sur la radiographie : il faut diaphragmer les rayons de manière à avoir l'entrée thoracique, les vertèbres, le sternum et le diaphragme en entier (figure 11).

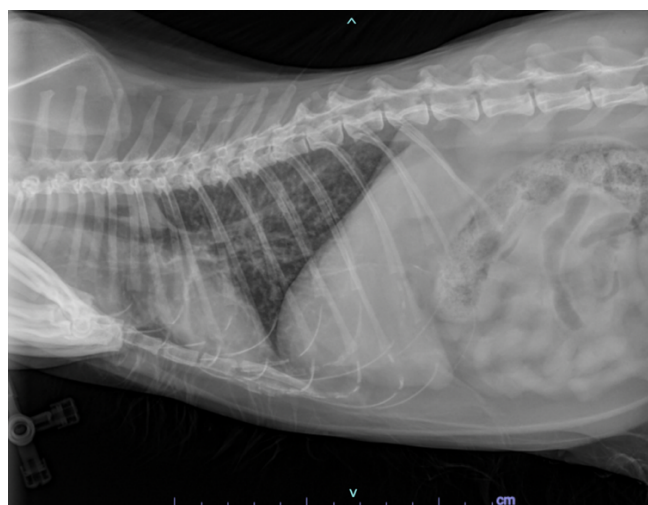


Figure 11 - Exemple de radiographie avec un défaut de centrage

3. Des bonnes constantes

Le kilovoltage détermine l'énergie avec laquelle les électrons va atteindre leur cible. Il évolue de façon inversement proportionnelle au contraste : quand on augmente les kilovolts (kV), le contraste diminue. Le thorax est une partie du corps naturellement contrastée grâce à l'air dans les poumons. Pour une bonne radiographie thoracique il faut donc utiliser des kV élevés, ce qui maximisera l'échelle de gris sur l'image. Au contraire, si les kV sont trop bas, la radiographie sera trop contrastée et ne permettra pas une interprétation correcte notamment du parenchyme pulmonaire (figure 12).



Figure 12 - Exemple d'une radiographie trop contrastée

Le milliampère (mA) est un reflet de la quantité d'électrons qui vont sortir du tube, et est donc directement relié avec la quantité de rayons X produits. Plus l'épaisseur est importante à traverser, plus les mA doivent être augmentés. Dans le cas contraire, il y a risque de sous-exposition (figure 13). De plus, le temps d'exposition doit être court car le thorax est une structure en mouvement à cause de la respiration et des battements cardiaques. Il faut donc privilégier des milliampère-secondes (mAs) faibles. Une valeur de départ à retenir serait de 5mAs. (16)

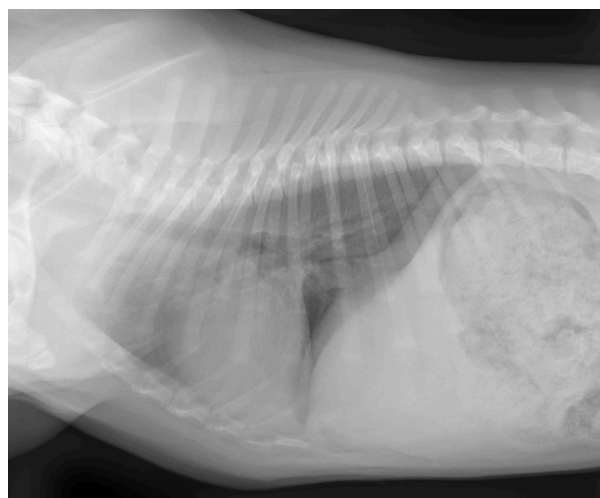


Figure 13 - Exemple d'une radiographie sous exposée

Pour vérifier la bonne qualité d'un cliché radiographique thoracique, il faut ainsi que les structures osseuses et le parenchyme pulmonaire dans la partie la plus étroite du thorax crânialement soient tout deux visualisés.

La grille anti-diffusante est un outil placé entre l'animal et la cassette qui va absorber les électrons qui ne sont pas parallèles au faisceau de rayons X et fournir une image plus nette. Elle est nécessaire si l'épaisseur dépasse 10 centimètres.

4. Le moment de la prise du cliché

Dans la plupart des cas, les radiographies thoraciques doivent être prises au pic d'inspiration. En effet, c'est le moment du cycle où les poumons sont le plus étendus et donc où on peut avoir le meilleur contraste. L'expiration cause une opacité diffuse du poumon artéfactuelle qui pourrait mener à des erreurs diagnostiques.

De plus il y a une meilleure séparation de la silhouette cardiaque et du diaphragme au pic d'inspiration (17). Le tableau V ci-dessous résume les différences entre les radiographies prises en inspiration et en expiration.

Tableau V - Récapitulatif des principales différences entre les radiographies thoraciques prises en expiration et en inspiration

Inspiration	Expiration
Cœur subjectivement plus petit	Cœur subjectivement plus gros
Vaisseaux apparaissant plus allongés	Trachée déplacée dorsalement
Plus grande distance entre l'apex du cœur et le diaphragme	Superposition de l'apex du cœur et du diaphragme
Moins de contact cœur/sternum	Contact cœur sternum augmenté
Léger rétrécissement trachée cervicale, léger agrandissement trachée intra-thoracique	Léger rétrécissement trachée intra-thoracique, léger agrandissement trachée cervicale
Poumons plus étendus et moins opaques	Poumons moins insufflés, plus petits et plus opaques
Veine cave caudale horizontale et parallèle à la colonne vertébrale	

Quelques cas nécessitent un cliché supplémentaire en expiration. Les affections dynamiques telles que le collapsus trachéal en sont un très bon exemple car il est nécessaire de comparer les deux images pour montrer une diminution du diamètre de la trachée lors de l'une des phases du cycle respiratoire par rapport à l'autre. De plus, le contraste avec les lésions aériques est meilleur en expiration, ce qui peut être utile pour détecter des structures aériques comme des bulles ou encore des faibles pneumothorax. La figure 14 illustre le thorax d'un même animal radiographié en inspiration et en expiration.

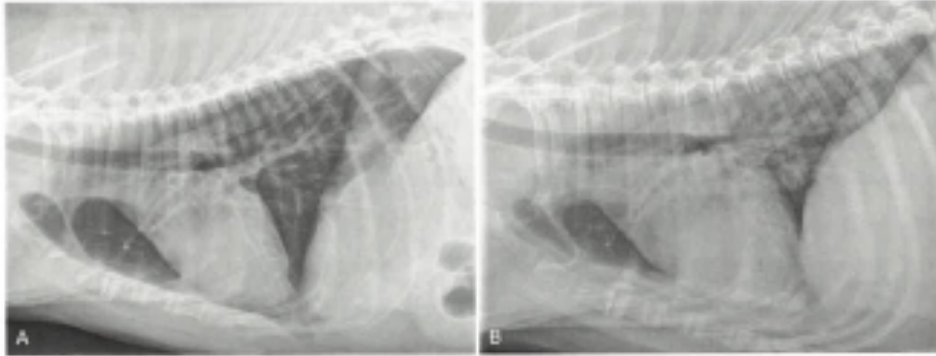


Figure 14 - Comparaison d'une vue latérale gauche prise en inspiration (A) et en expiration (B) (15)

5. Sédation

La sédation diminue la compliabilité des poumons, ce qui augmente l'opacité des poumons puisqu'ils contiennent moins d'air, ce qui peut donner des radiographies semblables à des clichés pris en expiration : une opacité diffuse du poumon (15). Cela peut donc mener à des erreurs d'interprétation si on ne prend pas en considération ce paramètre. Dans l'idéal, les radiographies sont donc réalisées sur animal vigile.

C/La trachée physiologique en radiographie

1. Que voit-on de la trachée en radiographie

La trachée étant naturellement pleine d'air est très facile à distinguer en radiographie par rapport aux autres tissus mous du cou. Cependant, seule la surface interne délimitant la lumière est visible. La paroi de la trachée ne l'est pas car indistinguable des tissus mous qui l'entourent puisqu'ils sont de même densité. Elle n'est visible qu'en cas de pneumomédiastin ou lorsque les anneaux trachéaux sont minéralisés, ce qui peut être le cas chez certains vieux patients. La mesure du diamètre trachéal en radiographie permet donc de calculer le diamètre interne vertical (IV) de la trachée et non le diamètre externe (figure 15).

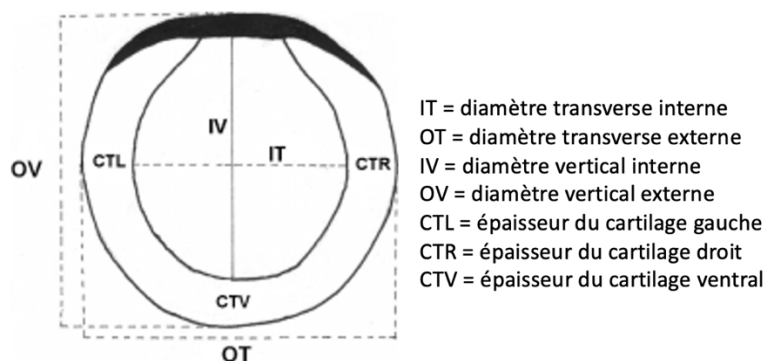


Figure 15 - Dessin des différentes mesures possibles de la trachée (3)

2. Le diamètre trachéal

Le diamètre trachéal est accessible rapidement et simplement grâce à la radiographie. La mesure la plus courante est actuellement de comparer le diamètre trachéal au diamètre de l'entrée thoracique mais d'autres critères peuvent être utilisés.

a. Étude de HARVEY

Les travaux de Colin. E Harvey sur le diamètre trachéal sont la source de référence dans de nombreux ouvrages et articles que ce soit au niveau de la méthode de mesure du diamètre trachéal, ou sur les valeurs de référence. Cette étude basée sur 82 chiens recrutés aux États Unis entre 1975 et 1980 s'est proposée de trouver une méthode pour évaluer la taille de la trachée par rapport à la taille du chien. Pour cela, deux ratios ont été proposés : une comparaison du diamètre trachéal (TD) par rapport au diamètre de l'entrée du thorax (TI) et par rapport à la lumière du cartilage cricoïde (CD). (40)

Cinq groupes ont été définis :

- 32 Bulldogs avec une maladie respiratoire
- 7 Bulldogs n'ayant pas de maladie respiratoire connue
- 13 brachycéphales autres que des Bulldogs avec une maladie respiratoire
- 15 non brachycéphales avec une paralysie laryngée
- 15 non brachycéphales sans problème respiratoire connu

D'après les tests statistiques, il existe une forte corrélation entre le poids du corps et le diamètre de l'entrée de la cage thoracique, que ce soit chez les Bulldogs, autres brachycéphales ou non brachycéphales et quel que soit leur âge. De plus, les Bulldogs adultes n'ont pas une entrée thoracique significativement plus large que les autres chiens.

a.1. Ratio diamètre trachéal / entrée du thorax (TD/TI)

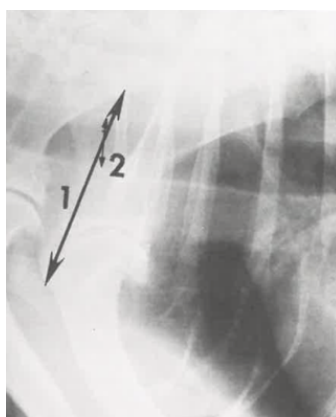


Figure 16 - Radiographie latérale droite du thorax crânial d'un chien montrant les mesures effectuées (1) entrée thoracique, (2) lumière trachéale (40)

La première méthode de standardisation proposée par Harvey est de faire le rapport entre le diamètre trachéal pris à l'entrée du thorax, et le diamètre de l'entrée thoracique (figure 16). La lumière trachéale est mesurée perpendiculairement au grand axe de la trachée, au croisement avec la mesure de l'entrée thoracique. Cette dernière est mesurée de la face ventrale de la première vertèbre thoracique à la surface interne du manubrium à son point de diamètre minimal.

Tracheal Lumen Diameter/Thoracic Inlet Distance Ratio (TD/TI) Correlations		
Correlation	n	r _s
TD/TI : Weight—All dogs	69	0.34, p = 0.004*
TD/TI : Weight—Bulldogs	32	0.54, p = 0.001*
TD/TI : Weight—Dogs 1 yr	40	0.35, p = 0.03*
TD/TI : Age 1 Yr—All dogs	35	0.16, p = 0.36
TD/TI : Age 1 Yr—Non-bulldogs	11	0.02, p = 0.95
TD/TI : Age 1 Yr—Bulldogs	24	0.36, p = 0.08

Key: n—number of dogs in category
r_s—rank correlation coefficient
P—probability (*significance level <0.05)

Figure 17 - Tableau résumant les corrélations entre le diamètre trachéal et l'entrée thoracique (40)

La figure 17 résume les corrélations entre le diamètre trachéal et l'entrée thoracique.

D'après l'analyse statistique, il n'existe pas de différence significative du ratio TD/TI en inspiration et en expiration, ce qui confirme l'idée que le diamètre de la trachée est constant durant le cycle respiratoire.

Le ratio TD/TI est significativement plus petit chez les chiens de moins de 1 an comparé aux chiens adultes mais aucune corrélation n'a été trouvée entre l'âge et TD/TI

Il n'existe pas non plus de différence significative du ratio TD/TI entre mâle et femelle.

Il y a une corrélation positive entre le poids et le ratio TD/TI chez tous les chiens.

En revanche, il existe une différence significative de rapport TD/TI entre les Bulldogs de moins d'un an et les autres chiens de moins d'un an.

Ce rapport est significativement plus petit chez les brachycéphales que non brachycéphales.

Ce rapport est plus petit chez les Bulldogs que chez les autres brachycéphales.

a.2. Ratio diamètre trachéal/cartilage cricoïde (TD/CD)

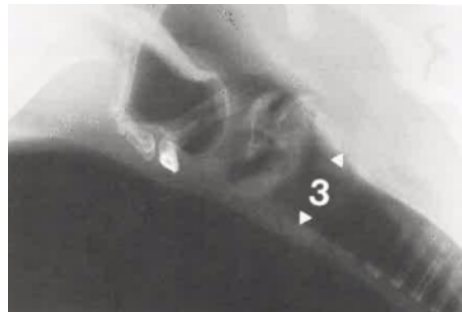


Figure 18 - Radiographie cervicale latérale droite de chien montrant les mesures de la lumière cricoïde (3) (40)

La deuxième méthode de standardisation de mesure de diamètre trachéal proposée par Harvey est de faire le rapport entre la lumière trachéale et la lumière cricoïde (figure 18). La méthode pour mesurer la lumière trachéale est identique au protocole ci-dessus : elle est mesurée perpendiculairement au grand axe de la trachée, au croisement avec la mesure de l'entrée thoracique. La lumière du cartilage cricoïde se mesure au milieu du cartilage cricoïde.

Tracheal Lumen/Cricoid Lumen Ratio (TD/CD) — Data and Statistical Analysis

Category	n	Range	Median	Mean + SD	H	P	
Bulldogs	19	.417-.935	.636	.609±.145	}	1.34	0.25
Non-bulldog brachycephalic	9	.450-1.000	.638	.689±.163		5.61	0.02*
Nonbrachycephalic	7	.626-1.052	.754	.768±.139	}	1.48	0.22
Bulldogs	19	.417-.935	.636	.609±.145		}	4.35
Non-bulldogs	16	.450-1.052	.708	.724±.153	}		4.42
Brachycephalic (inc. bulldog)	28	.417-1.000	.637	.629±.143		}	
Nonbrachycephalic	7	.626-1.052	.754	.768±.139			

Key: n – number in category
SD – standard deviation
H – rank sum statistic
P – probability (*significance level <0.05)

Figure 19 - Tableau des données et analyse statistiques du ratio TD/CD (40)

En ce qui concerne le TD/CD, il y a moins de différences entre les groupes : la seule différence significative de TD/CD est entre les Bulldogs et les non brachycéphales, celui des Bulldogs étant plus petit (figure 19). De plus d'après les tests statistiques, les corrélations entre le TD et le CD sont moins bonnes qu'entre le TD et le TI.

a.3. Conclusion

Selon Harvey, le meilleur moyen d'évaluer le diamètre trachéal est le rapport TD/TI qui est le rapport entre la lumière trachéale à l'entrée du thorax et l'entrée thoracique. Ce ratio est donc à privilégier par rapport au ratio TD/CD pour lequel les corrélations entre TD et CD sont moins fortes que TD et TI. Les valeurs de références sont résumées dans le tableau VI ci-dessous.

D'après le TD/TI, il existe une corrélation positive entre la masse corporelle du chien et son diamètre trachéal ; plus le chien est lourd, plus la trachée est large. La trachée des chiens de moins d'un an est proportionnellement plus petite que chez les chiens adultes, bien que l'âge ne soit pas corrélé à la taille de la trachée. Les Bulldogs ont une trachée significativement plus petite que les non brachycéphales, ainsi que les brachycéphales non Bulldogs. Celle des brachycéphales qui ne sont pas des Bulldogs est en général plus petite que les chiens non brachycéphales. Ainsi, le diamètre trachéal des Bulldogs, et dans une moindre mesure celui des brachycéphales non Bulldogs, est différent des non brachycéphales : seulement 31% des Bulldogs ont un TD/TI dans l'intervalle de données des non brachycéphales. Une petite trachée est donc « normale » chez les Bulldogs.

Tableau VI - Résumé des valeurs de ratio diamètre trachéal / entrée thoracique selon Harvey (40)

	Valeur moyenne	Valeur seuil
Bulldogs	0,127 ± 0.038	0,12
Brachycéphales non Bulldogs	0,16 ± 0,03	0,16
Non brachycéphales	0,20 ± 0,03	0,20

b. Un autre point de vue sur les mesures de diamètre trachéal en radiographie

b.1. Le diamètre trachéal selon la région de mesure

Une étude sur 81 chiens de petites races non brachycéphales a montré qu'il existait une différence significative du diamètre de la trachée selon l'endroit où on le mesurait (41). La trachée a un diamètre plus petit à l'entrée thoracique. Elle est en moyenne 20,9% plus petite que la trachée cervicale, et 10,9% plus petite que la trachée intra-thoracique. Il est donc intéressant de mesurer la trachée dans ces 3 régions (figure 20) :

- la trachée cervicale
- la trachée à l'entrée du thorax
- la trachée intra thoracique

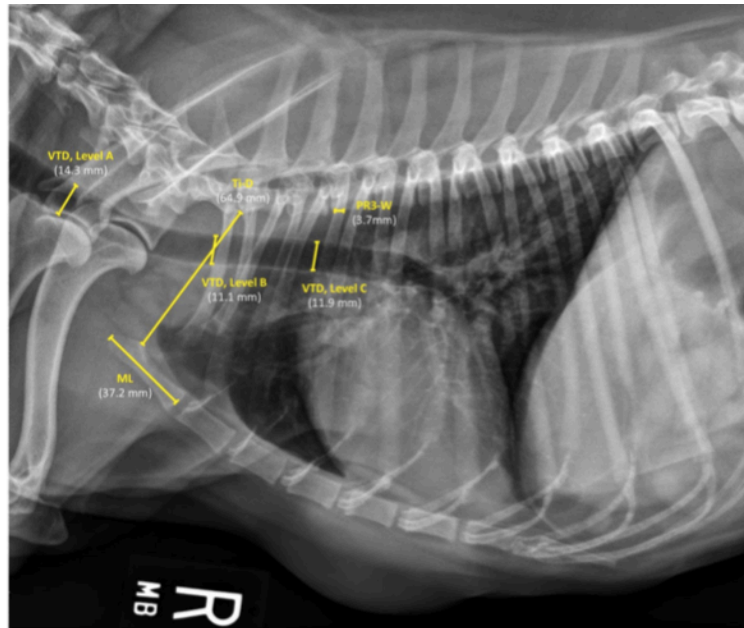


Figure 20 - Radiographie latérale droite d'un thorax montrant les 3 mesures de trachée nécessaires pour une évaluation (41) A : diamètre de la trachée cervicale B : diamètre de la trachée à l'entrée thoracique C : diamètre de la trachée intra-thoracique (41)

Cependant, une autre étude menée sur les grands chiens et a montré une moins grande différence entre les diamètres trachéaux cervical, intra-thoracique et d'entrée thoracique. Ce dernier n'est plus que 7,6% plus petit que l'intra thoracique et 5,7% plus petit que le cervical (3).

b.2. Le diamètre trachéal selon le cycle respiratoire

Le diamètre trachéal est inconstant selon la phase du cycle respiratoire selon certaines études (44). Le changement de la section transversale trachéale de l'inspiration à l'expiration serait de 24% chez les chiens en bonne santé lorsque le diamètre trachéal est évalué au scanner. Mais d'autres études ne sont pas concordantes et indiquent que le changement de diamètre selon la phase du cycle respiratoire n'est pas significatif. (33)(40)(45) Ainsi, même si la trachée est légèrement plus petite en inspiration, ce sont des variations infimes non significatives et qui ne modifient pas le passage de l'air.

b.3. Établissement d'un ratio standard

Le ratio diamètre trachéal sur entrée thoracique (TD/TI) est le plus couramment utilisé et a longtemps été la méthode de référence (40)(43)(45). Cependant il existe peu d'études sur la supériorité d'une méthode par rapport à l'autre et d'autres ratios ont été étudiés afin de pouvoir standardiser les mesures de diamètre trachéal.

Deux autres méthodes ont été proposées : la comparaison du diamètre trachéal à la longueur du manubrium sternal, ainsi qu'à la largeur de la 3^{ème} côte (figure 20) (41)(45). Peu d'études utilisent le manubrium sternal, cependant il a été montré une meilleure corrélation avec le diamètre trachéal que l'entrée thoracique ou la largeur de la 3^{ème} côte (41).

La largeur de la 3^{ème} côte (L3C) est une méthode utilisée depuis plus de temps et sur de plus nombreuses études (41)(45)(46). Mais de nombreuses différences ont été trouvées sur les valeurs de références (tableau VII). Plusieurs explications sont possibles notamment le fait que la trachée et la côte ne sont pas dans le même plan ce qui pourrait fausser les ratios. De plus, une très légère rotation du thorax modifie fortement la largeur de la côte. Cette méthode est donc assez discutée et laisse donc souvent sa place au ratio diamètre trachéal/entrée thoracique.

Tableau VII - Résumé des valeurs de ratio TD/L3C calculées et les seuils diagnostic d'hypoplasie dans 3 études

	Moyenne calculée	Valeur seuil d'hypoplasie	Nombre d'individus
Mostafa (41)	3,4 +/- 0,6	3,2	81
Coyne (45)	2,22 +/- 0,2	3	103
Ingman (46)	/	2	73

b.4. Définition de valeurs de référence de trachée

Plusieurs valeurs seuils existent pour définir la taille d'une trachée normale de celle d'une trachée atteinte d'hypoplasie. Harvey a défini à 0,20 le ratio diamètre trachéal/entrée thoracique moyen. Chez les Bulldogs, une trachée normale devrait avoir un ratio de $0,127 \pm 0,038$, $0,16 \pm 0,03$ pour les brachycéphales qui ne sont pas des Bulldogs, et chez les non brachycéphales de petite races $0,20 \pm 0,03$. En dessous de ces valeurs on peut poser le diagnostic d'hypoplasie. (40)

Pour Mostafa, (41) le ratio diamètre trachéal/entrée thoracique (T-Ti) est en moyenne de 0,19. Tout ratio inférieur à cela chez un chien non brachycéphale doit être considéré comme de l'hypoplasie trachéale. Le ratio diamètre trachéal/largeur 3^{ème} côte (PR3-TS) doit être supérieur à 3,2. Le ratio diamètre trachéal / manubrium sternal (M-Ti) doit être au-dessus de 0,43 en cervical, 0,34 en entrée de thorax et au-dessus de 0,38 en intra-thoracique.

Pour Sutter, le diagnostic d'hypoplasie peut être posé dès lors que la ration diamètre trachéal/largeur de la 3^{ème} côte est inférieur à 3, tandis que pour Coyne il doit être inférieur à 2.

Coyne a aussi travaillé avec le ratio TD/TI et a trouvé d'autres valeurs seuil de définition d'hypoplasie trachéale : 0,144 pour les Bulldogs, 0,21 pour les brachycéphales non Bulldogs, et 0,18 pour les non brachycéphales. Cependant cette dernière valeur est longuement discutée dans l'article, étant étonné qu'elle est inférieure à celle des brachycéphales. Cela peut notamment être expliqué par le faible effectif de la population étudiée : seulement 7 chiens.

III - Variation du diamètre trachéal

A/ Variation physiologique de la trachée au sein d'un même individu

1. Variation de position

La position de la trachée est très variable selon les conditions de l'examen. C'est pourquoi une position standard décrite précédemment a été décidée.

*La position de la tête :

Une flexion ventrale du cou conduit à un déplacement dorsal de la trachée alors qu'un cou trop étendu conduit à un déplacement ventral et un faux rétrécissement du diamètre à l'entrée thoracique (figure 21).

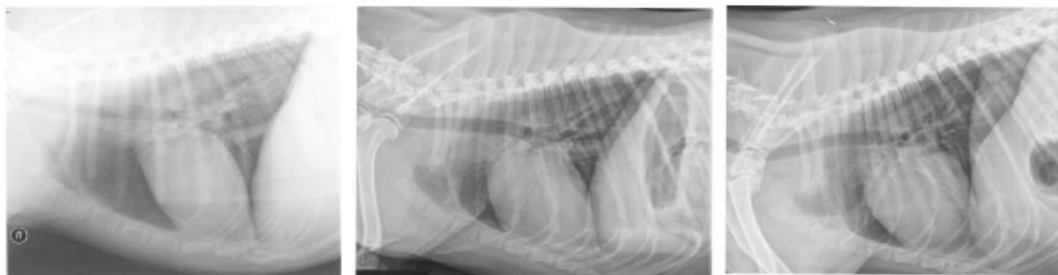


Figure 21 - Différences de position de la trachée en radiographie selon l'inclinaison de la tête de l'animal (18) (a) position idéale : tête légèrement tendue vers l'avant (b) tête fléchie : déviation dorsale de la trachée (c) tête trop tendue : déviation ventrale de la trachée et rétrécissement du diamètre trachéal à l'entrée thoracique

*Une rotation du thorax

En cas de rotation du thorax, la forme du cœur peut changer. De plus, la projection de la trachée est plus proche de celle du rachis ce qui peut mener à des erreurs d'interprétation, donnant une fausse déviation dorsale de la trachée. (19)

2. Variation de taille

Le diamètre ne semble pas être significativement affecté par la position de l'animal. (18). Il est constant du larynx jusqu'à la bifurcation bronchique, mais il est décrit un léger rétrécissement à l'entrée thoracique à cause de la déviation ventrale de la membrane trachéale dorsale due à l'inflexion de la tête.

En inspiration, il est noté un léger rétrécissement de la trachée cervicale et une légère augmentation de la trachée intra-thoracique si on compare à un cliché en expiration, mais cela ne doit pas être significatif chez un animal sain (17).

B/ Variations pathologiques de la trachée

L'interprétation d'une radiographie passe d'abord par une phase descriptive afin d'identifier tout ce qui pourrait être anormal. Ainsi, toute anomalie doit être classée comme un changement de l'aspect physiologique et ces changements peuvent être classés dans des catégories nommées les signes de Röntgen. Ils sont nommés ainsi du fait de la découverte des rayons X en 1895 par le physicien Wilhelm Röntgen. Les signes de Röntgen comportent ainsi la taille, la forme, les contours, le nombre, la position et l'opacité (16). Ainsi, classer les anomalies dans des catégories permet d'y associer des causes, et cela étant valable pour toutes les structures visibles en radiographie.

1. Changement de taille

Un changement de taille d'un organe affecte l'apparence de sa silhouette sur la radiographie et peut nécessiter plusieurs vues pour être apprécié car elle peut varier dans toutes les dimensions. Cependant, la taille de la trachée en radiographie s'apprécie principalement en vue latérale au vu de son anatomie.

L'augmentation du diamètre de la trachée est très rare et aucune affection causant cela n'est décrite. Nous allons donc décrire les principales affections entraînant une diminution du diamètre trachéal.

a. *Le collapsus trachéal*

Le collapsus trachéal est une diminution du diamètre de la trachée généralement en raison d'un aplatissement dorso-ventral des anneaux de la trachée associé à une protrusion de la membrane trachéale dans la lumière. C'est une cause fréquente de toux chez le chien. Il peut affecter la trachée cervicale, la trachée intra-thoracique ou les parois bronchiques. C'est une affection plutôt focale mais dans quelques cas la trachée entière peut être touchée. C'est une maladie dégénérative : avec l'âge le cartilage trachéal se ramollit en raison d'une réduction de glycosaminoglycane et sulfate de chondroïtine, ce qui entraîne une faiblesse et un aplatissement des anneaux trachéaux. Ceci entraîne un rétrécissement de la trachée chaque fois que la pression extra-luminale dépasse la pression intra-luminale, provoquant un collapsus des voies respiratoires et entravant le passage de l'air. Cliniquement cela se traduit par une toux persistante, sèche en « bruit de l'oie », une sensibilité trachéale et des difficultés respiratoires. Lorsque les bronches principales sont également impliquées, la lésion est appelée trachéobronchomalacie. Cette maladie dégénérative affecte principalement les animaux d'âge moyen, de races naines ou petites. Sont notamment surreprésentés les Yorkshire terriers, les loulous de Poméranie, les carlins, les caniches et les chihuahuas (20).

Il existe trois types de collapsus trachéal : le collapsus statique, le collapsus dynamique inspiratoire et le collapsus dynamique expiratoire. Le collapsus statique est présent tout le long du cycle respiratoire. Le collapsus inspiratoire se présente plutôt en région cervicale alors que le collapsus expiratoire se retrouve majoritairement en région intra-thoracique (figure 22). C'est une affection qui peut s'avérer être difficile à diagnostiquer en radiographie. Pour augmenter la sensibilité il faut ainsi faire un cliché en inspiration et un en expiration. La fluoroscopie peut être utilisée afin d'apprécier le diamètre de la trachée sur le cycle respiratoire entier.

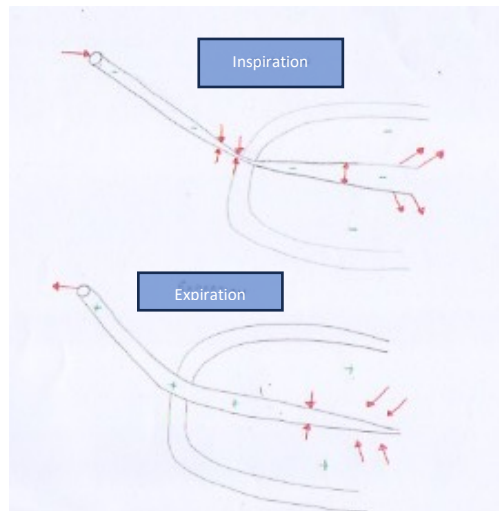


Figure 22 - Illustration schématique des changements dynamique du diamètre trachéal en cas de collapsus trachéal lors des phases inspiratoires et expiratoires d'après (19)

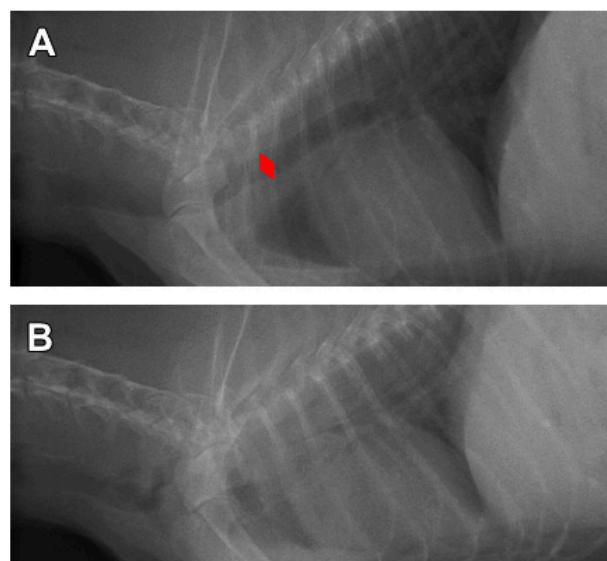


Figure 23 - Radiographies thoraciques d'un chien atteint d'un collapsus trachéal intra-thoracique prises en inspiration (A) et expiration (B) (20)

Les radiographies prises ci-dessus (figure 23) illustrent un collapsus trachéal intra-thoracique. En effet, lors de l'inspiration, la trachée est parfaitement visible (curseur rouge), tandis que la lumière trachéale disparaît presque entièrement en expiration. Pour diagnostiquer un collapsus trachéal, il faut donc voir une différence de diamètre à l'inspiration et à l'expiration.

b. La flaccidité trachéale

La flaccidité trachéale est la redondance de la membrane trachéale dorsale dans la trachée cervicale. Elle diminue le diamètre de la trachée, mais contrairement au collapsus trachéal, la lésion n'est pas dynamique et les animaux sont asymptomatiques. Ce sont souvent des découvertes fortuites lors de radiographies thoraciques. Pour différencier une flaccidité d'un collapsus trachéal en radiographie, il faut pouvoir distinguer la paroi dorsale de la trachée au-dessus de la bande tissulaire intraluminaire, qui correspond au bord dorsal des anneaux cartilagineux (24). Cette image atteste d'un diamètre des anneaux trachéaux conservés (figure 24).

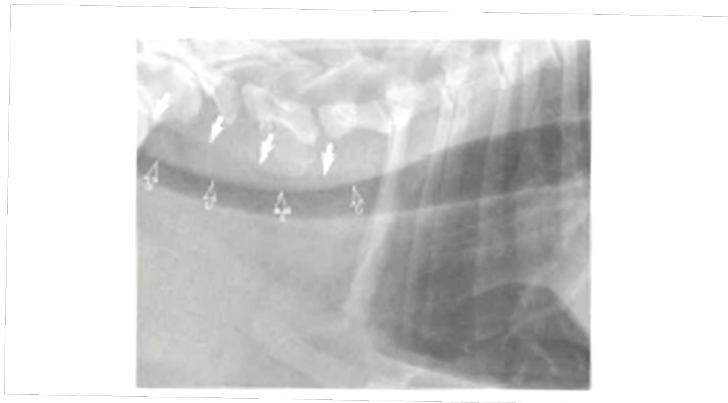


Figure 24 - Radiographie cervicale en vue latérale droite d'un chien atteint de flaccidité trachéale. La limite dorsale de la trachée est soulignée par les flèches pleines, la membrane trachéale redondante dans la lumière trachéale est indiquée par les flèches creuses (15)

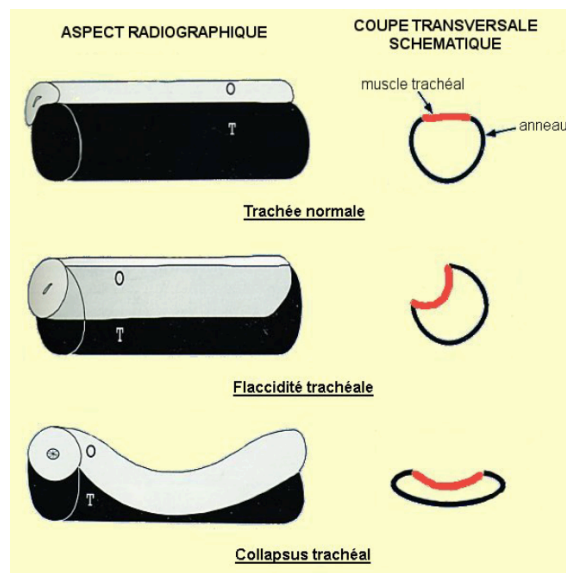


Figure 25 - Aspect radiographique et en coupe transversale de la trachée d'une trachée normale, d'une flaccidité trachéale, et d'un collapsus trachéal (47)

La figure 25 ci-dessus illustre la différence entre une flaccidité et un collapsus en coupe transversale et en vue latérale.

c. Hypoplasie trachéale, trachéite, intoxication aux anticoagulants

L'hypoplasie trachéale est une anomalie congénitale dans laquelle le diamètre de la trachée est réduit en permanence sur tout le long de son trajet. Les races prédisposées sont les brachycéphales tels que le bouledogue, le boxer et le boston terrier (18). Les signes d'appels sont des animaux de jeune âge qui présente des difficultés respiratoires et parfois des infections respiratoires récidivantes. Pour la diagnostiquer, plusieurs moyens sont possibles : radiographie, scanner, fluoroscopie ou encore bronchoscopie. La méthode la plus utilisée actuellement en médecine vétérinaire est la radiographie (41) (figure 26).



Figure 26 - Radiographie thoracique latérale droite montrant une hypoplasie trachéale chez un chiot bouledogue (18)

Une trachéite peut causer ces mêmes images : un rétrécissement généralisé de la lumière trachéale causé par un épaississement diffus de la muqueuse trachéale, mais c'est une affection acquise.

De même, un épaississement diffus des parois de la trachée peut être provoqué par une hémorragie péri-trachéale en cas d'ingestion de rodenticides (figure 27). Les signes radiographiques évoqués dans ces cas sont aussi un rétrécissement diffus de la lumière trachéale qui peut être associé à un dédoublement de la paroi dorsale avec l'apparition d'une bande d'opacité liquidienne en partie dorsale. Ces images correspondraient à une flaccidité de la membrane trachéale secondaire à des hémorragies membranaires ou médiastinales.



Figure 27 - Radiographie cervicale droite d'un chien présenté pour détresse respiratoire suite à l'ingestion de rodenticides. On voit une diminution du diamètre trachéal (tête de flèche) causé par une : redondance de la membrane trachéale (flèche) (26)

2. Changement d'opacité

Cinq opacités radiographiques sont décrites. Du plus au moins radio-opaques on retrouve : le métal, le minéral, les fluides et tissus mous, la graisse et les gaz (tableau VIII).

Tableau VIII - Apparence des différents matériaux visibles en radiographie (16)

Opacité	Densité (g/cm³)
Métal	8,7
Minéral	1,65
Tissu mou	1,04
Eau	1
Graisse	0,92
Gaz	0,001

Les changements d'opacité de la trachée dans son ensemble sont rares et sont plutôt focaux.

La trachéite peut causer une augmentation de l'épaisseur de la paroi trachéale ce qui conduit à une réduction de son diamètre. Mais elle peut aussi causer l'accumulation de sécrétions ce qui augmente l'opacité radiographique de la trachée, passant d'aérique à tissulaire/liquidien. (33)

a. Corps étranger trachéal

Les corps étrangers trachéaux sont rares. Ils sont inhalés le plus souvent lors de phase d'excitation de jeu ou lors d'un repas. La plupart sont facilement visibles en radiographie grâce au contraste fourni par l'air présent dans la trachée : os, jouets, caillou (figure 28) etc... Ils se logent pour la plupart à la bifurcation trachéo-bronchique, où le diamètre diminue (30). Cependant, certains matériaux sont difficilement visualisables à la radiographie et nécessitent donc un scanner ou encore une endoscopie pour les mettre en évidence. On peut retrouver notamment des corps étrangers végétaux (26). Ils sont le plus souvent logés dans la bronche souche droite mais peuvent s'arrêter dans la trachée s'ils sont d'une taille plus importante (27)(28)(29).

Les animaux présentant des corps étrangers trachéaux ont le plus souvent une clinique sévère très aigue avec une dyspnée importante et une toux d'apparition brutale. Certains animaux sont aussi présentés avec une toux chronique, essayant souvent des essais thérapeutiques à base d'antibiotiques et anti-inflammatoires infructueux.



Figure 28 - Radiographie thoracique latérale droite d'un chat présentant un corps étranger minéral (31)

b. Masses trachéales

Le diagnostic différentiel des masses trachéales murales inclut des granulomes, des polypes, des abcès et des tumeurs en majorité. Elles sont rares et souvent difficiles à diagnostiquer à la radiographie. Le scanner est souvent utilisé mais l'endoscopie reste le moyen le plus approprié pour une observation directe et permet de faire des prélèvements au besoin.

Les tumeurs primitives des voies respiratoires sont rares. Leur incidence est de 8,5 pour 100 000 chiens, et de 5,5 pour 100 000 chats (32). On retrouve des lymphomes, des carcinomes à cellules squameuses, des chondrosarcomes, des léiomyomes, des plasmocytomes ou encore des adénocarcinomes (18) (33). Elles sont généralement malignes, à l'exception des ostéochondromes bénins associés aux anneaux trachéaux chez les jeunes chiens.

En raison de l'occlusion partielle des voies respiratoires, une aggravation progressive de la dyspnée, une respiration sifflante, une toux et un effort expiratoire exagéré sont les signes cliniques les plus courants. Une détresse respiratoire sévère d'apparition aiguë peut être la principale plainte présentée.

Les chiens atteints de tumeurs de la trachée sont d'âge moyen à âgé, sans prédilection de sexe ou de race. Les chiens atteints d'ostéochondromes ont le plus souvent moins d'un an. (34)

Les signes radiographiques sont semblables pour toutes les masses quelle que soit leur nature : un rétrécissement de la lumière avec une extension intraluminaire de la paroi trachéale (figure 29). Les images peuvent être très focales, ou faire la largeur de plusieurs vertèbres selon l'étendue de la lésion.



Figure 29 - Radiographie cervicale latérale gauche chez un chien ayant un lipome trachéal. La radiographie montre une masse tissulaire intraluminaire de 14x32mm au niveau de la 5^e vertèbre cervicale. (35)

Ainsi on retrouve ce type d'images pour les tumeurs, les granulomes ou encore les abcès (figure 30) et il est impossible de faire la différence avec une simple radiographie. Cependant les abcès ou polypes trachéaux sont exceptionnels (38).



Figure 30 - Radiographie cervicale gauche d'un abcès de la membrane trachéale dorsale chez chien. On observe un rétrécissement du diamètre trachéal entre C5 et C7 (38)

Les granulomes se développent le plus souvent secondairement à un corps étranger trachéal, des mycobactéries, une procédure chirurgicale, ou encore à cause d'un parasite. Chez le chat, de rares cas de granulomes parasitaires dus à *Cuterebra spp* ont été décrits (36) (figure 31). Ces animaux présentaient une clinique assez frustrée avec une dyspnée inspiratoire et une légère toux sèche. A la radiographie d'un de ces chats, un élément tissulaire est identifiable dans la lumière dorsale de la trachée à l'entrée thoracique avec une perte de visualisation des parois trachéales à cet endroit. Seule l'endoscopie a pu déterminer la nature de cette anomalie radiographique et a révélé une larve de *Cuterebra spp*.

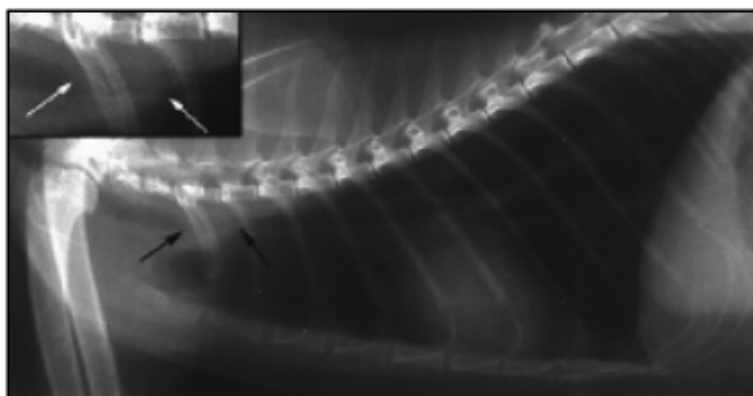


Figure 31 - Radiographie thoracique droite d'un chat ayant une larve de *Cuterebra spp* dans la trachée (flèches) (36)

Chez le chien, il existe des granulomes remplis de *Filaroides osleri* qui se logent dans la trachée. A la radiographie, seule une sténose est visible (37).

3. Changement de position

Un changement de position peut être primaire, dû à l'organe en lui-même, ou secondaire à une affection d'un organe à proximité. Les déplacements de la trachée sont essentiellement secondaires. En incidence latérale, seuls les déplacements dorso-ventraux sont visualisables.

a. Déplacement dorsal

Les causes de déplacement dorsal de la trachée sont nombreuses. On les regroupe en trois catégories selon si elle déplace la trachée dans le médiastin crânial, au niveau de la base du cœur, ou au niveau de la carina (tableau IX).

Tableau IX - Causes principales de déplacement dorsal de la trachée selon leur localisation (33) (39)

Localisation de la déviation	Médiastin crânial	Base du cœur	Carina
Étiologie	Lymphome Adénomégalie des nœuds lymphatiques médiastinaux Thymome Kyste médiastinal (chat) Obésité Abscès médiastinal Tumeur thyroïdienne ectopique	Tumeur de la base du cœur Adénomégalie des nœuds lymphatiques trachéo-bronchiques crâniens Cardiomégalie droite Élargissement des artères pulmonaires	Cardiomégalie gauche Adénomégalie des nœuds lymphatiques trachéo-bronchiques crâniens

Toute masse dans le médiastin crânial est capable de repousser dorsalement la trachée. On note parmi les étiologies les plus fréquentes des tumeurs comme le thymome ou encore le lymphome, des adénomégalies des nœuds lymphatiques médiastinaux ou encore des kystes médiastinaux, plutôt décrits chez le chat. L'accumulation de graisse dans le médiastin crânial des animaux obèses est aussi l'une des causes de déplacement dorsal de la trachée.

Les affections cardiaques sont aussi plutôt responsables de déplacement dorsal de la trachée. Une cardiomégalie droite repoussera plutôt la trachée au niveau de la base du cœur, alors qu'une cardiomégalie gauche la déplacera au niveau de la carina. Bien que rares, les tumeurs de la base du cœur sont aussi capables de repousser la trachée dorsalement.

Une adénomégalie des nœuds lymphatiques trachéo-bronchiques repousse plutôt ventralement la trachée au niveau de la carina mais il est possible que dans certains cas elle soit repoussée dorsalement.

b. Déplacement ventral

Les déplacements ventraux de la trachée sont plus rares (tableau X). Parmi les causes les plus fréquentes on peut trouver toutes les causes d'élargissement œsophagien : tumeur œsophagienne, mégacœsophage, diverticule œsophagien etc. On retrouve aussi toutes les tumeurs vertébrales, qu'elle soit neurogénique, osseuse ou musculaire. Certaines adénomégalies peuvent aussi déplacer ventralement la trachée si elles touchent les nœuds lymphatiques rétro-pharyngés ou trachéobronchiques.

Tableau X - Causes principales de déplacement ventral de la trachée selon leur localisation (33) (39)

Localisation de la déviation	Cervical	Médiastin crânial	Carina
Étiologie	Masse thyroïdienne Adénomégalie rétro-pharyngée Masse vertébrale/paravertébrale	Tumeur œsophagienne Diverticule œsophagien Tumeur neurogénique	Adénomégalie des nœuds lymphatiques trachéo-bronchiques

4. Changement de forme

a. Sténose

La sténose trachéale se manifeste par un rétrécissement focal de la trachée présent de manière permanente. En radiographie elle est identifiable par une bande tissulaire ventrale ou dorsale dans la lumière de la trachée (figure 32). La plupart du temps elle est d'origine inflammatoire : trachéite, intubation endo-trachéale avec une sonde non adaptée, complication d'une chirurgie trachéale, endoscopie ayant créé des lésions traumatiques, etc...

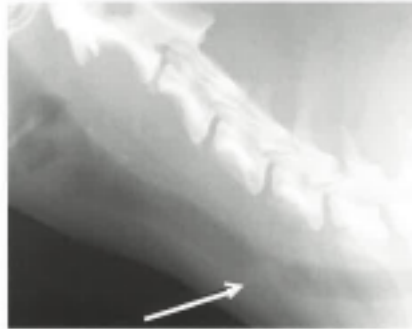


Figure 32 - Radiographie cervicale droite d'un chien présentant une sténose trachéale (18)

b. Rupture trachéale

La rupture trachéale est une affection rare qui est le plus souvent causée par un traumatisme, qu'il soit interne, par exemple lors d'une intubation endo-trachéale, ou externe (morsure, accident de la voie publique). La trachée cervicale étant moins protégée est la plus atteinte. Les signes cliniques dépendent de la taille et de la position de la brèche trachéale, allant d'un emphysème sous cutané jusqu'au pneumomédiastin voir pneumothorax pouvant entraîner des dyspnées sévères.

Le signe radiographique pathognomonique d'une rupture trachéale est une discontinuité de la trachée, cependant cela peut être difficile à identifier au vu de l'emphysème sous cutané et les lésions secondaires qui l'accompagne dans la plupart des cas (figure 33).

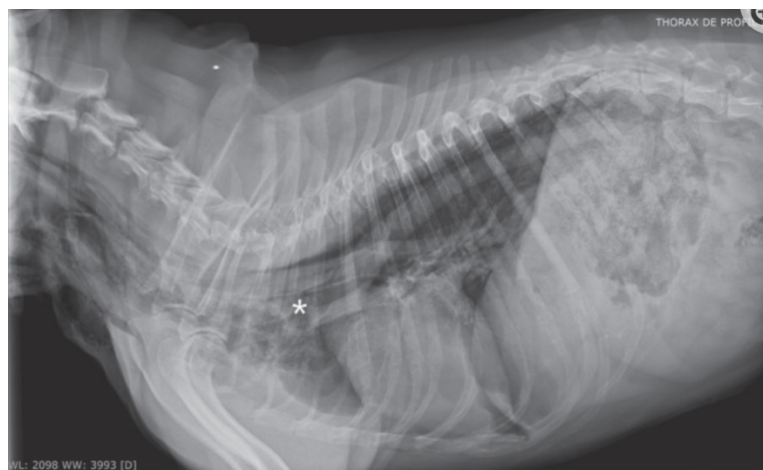


Figure 33 - Radiographie d'un chien atteint de rupture trachéale suite à une morsure au niveau du cou (50)

Encadré résumé :

La définition d'une trachée de taille normale se base actuellement sur l'établissement du ratio entre le diamètre trachéal à l'entrée du thorax, et le diamètre de l'entrée du thorax elle-même. Les valeurs de référence établies par HARVEY en 1982 fixent des seuils en dessous desquels l'animal est atteint d'hypoplasie trachéale. Pour un Bulldog, ce ratio doit être supérieur à 0,12, pour les brachycéphales non Bulldogs, il doit être supérieur à 0,16. Enfin, pour les chiens non brachycéphales, il doit être au-dessus de 0,20. Mais cette étude a été réalisée sur un nombre assez faible de cas et n'a fait que la distinction entre brachycéphales et non brachycéphales sans prendre en compte les autres morphotypes. De nouvelles études se penchent sur d'autres ratios, essayant de trouver de meilleures corrélations avec le diamètre trachéal. Ont notamment été trouvés des rapports avec la longueur du manubrium sternal ou encore la largeur de la 3^{ème} côte. Cependant ces études ont un recrutement trop faible et n'ont été faites que sur certains formats de chiens. Notre travail se propose donc d'étudier les différentes corrélations entre le diamètre de la trachée et les autres mesures radiographiques existantes, ainsi que les critères phénotypiques sur un panel de chiens plus large.

**DEUXIÈME PARTIE :
ÉTUDE EXPÉRIMENTALE**

I - Matériel et méthodes

A/ Recrutement de la population étudiée

1. Mode de recrutement

Cette étude rétrospective utilise des radiographies thoraciques réalisées au sein du centre hospitalier vétérinaire universitaire de Nantes (CHUV) provenant de chiens de tous les services.

Pour procéder à la sélection, une liste de candidat a été réalisée selon les critères d'inclusion qui suivent. Une fois cette pré-sélection faite, les radiographies thoraciques ont toutes été regardées et triées selon les critères d'exclusion présentés ci-dessous.

2. Critères d'inclusion

Le seul critère d'inclusion retenu pour cette étude est la race. Les précédentes études séparent toujours les résultats de mesures de trachée chez les brachycéphales, de celle des chiens non brachycéphales. Cependant, aucune étude n'a émis d'hypothèse sur l'influence du morphotype sur la taille de la trachée. C'est pourquoi nous allons étudier séparément le diamètre trachéal des brévilignes, médiolignes et longilignes. Parmi les brévilignes, les bouledogues ne seront pas étudiés, ayant déjà fait l'objet d'une thèse récemment (48). Une sélection des races les plus courantes et les plus représentées au CHUV a été faite selon les critères de la Société Centrale Canine (49). Cette classification (tableau XI) a été approuvée par un anatomiste éminent de l'école d'ONIRIS, qui possède une vaste expérience en tant que juge canin pour la Société Centrale Canine (SCC) et auteur du passage sur les différents morphotypes canins du livre *Le chien* de la SCC : Claude GUINTARD.

Tableau XI - Récapitulatif des races utilisées pour l'étude

	Longilignes	Médiolignes	Brévilignes
Petits	Whippet Lévrier italien Teckel Pinscher nain	Terriers Bichons Cotons Beagle Cavalier King Charles	Carlin Shih-tzu Lhasa Apso
Moyens	Grey hound Border Collie	Berger Australien Golden Retriever Labrador Retriever Flat Retriever	
Grands	Irish Wolfhound Barzoï Deerhound Lévrier Afghan	Bergers Setters Braques Bouvier Bernois	Rottweiler Dogue de Bordeaux Cane Corso

3. Critères d'exclusion

Deux critères principaux ont été utilisés pour exclure les individus de cette étude : le motif et la qualité de la radiographie.

Motif de la radiographie :

Seuls les clichés radiographiques sans anomalie de l'appareil respiratoire ont été retenus. Ainsi ont été exclus tous les animaux connus ou venus pour avoir affection respiratoire.

De plus, pour un souci d'uniformité et de simplification, seules les radiographies en incidence latérale droite ont été utilisées.

Qualité de la radiographie :

Afin de réduire au maximum les biais de mesure, la radiographie devait être de bonne qualité. Pour cela, nous nous sommes basés sur les critères précédemment cités : une bonne position de l'animal avec une absence de rotation du thorax, un cou ni trop tendu ni trop plié, et les membres thoraciques tirés vers l'avant. De plus, il fallait un cadrage suffisant pour pouvoir faire toutes les mesures expliquées ultérieurement. La limite crâniale de la radiographie devait donc être au minimum la 4^{ème} vertèbre cervicale, et la limite caudale la silhouette diaphragmatique. Enfin, les constantes devaient permettre une bonne interprétation du thorax, c'est-à-dire une radiographie nette et bien exposée.

B/ Mesures réalisées

Six mesures ont été réalisées sur chaque radiographie (figure 34) :

- TDa : le diamètre trachéal en région cervicale caudale
- TDb : le diamètre trachéal à l'entrée thoracique
- TDc : le diamètre trachéal en région intra-thoracique
- ET : la diamètre de l'entrée thoracique
- LM : la longueur du manubrium sternal
- L3C : la largeur du tiers proximal de la troisième côte

Les diamètres verticaux trachéaux étaient mesurés perpendiculairement aux parois de la trachée.

TDa : le diamètre vertical trachéal cervical caudal a été mesuré en regard du milieu du corps de la 5^{ème} vertèbre cervicale.

TDb : le diamètre vertical trachéal à l'entrée thoracique a été mesuré au niveau de la portion caudale de la 7^{ème} vertèbre cervicale.

TDc : le diamètre vertical trachéal intra-thoracique a été mesuré à mi-distance entre l'entrée thoracique et la carina, zone pouvant aller du milieu du corps de la 2^{ème} vertèbre thoracique au milieu de la 3^{ème} vertèbre thoracique.

LM : la longueur du manubrium sternal a été mesurée de son bord crânial à son bord caudal.

ET : l'entrée thoracique a été mesurée comme la distance s'étendant de la face cranio-ventrale de la 1ère vertèbre thoracique au manubrium cranio-dorsal à son point le plus haut, soit le point de distance minimale de l'entrée thoracique.

L3C : la largeur du tiers proximal de la troisième côte a quant à elle été mesurée le long de la face ventrale de la 3^{ème} vertèbre thoracique.

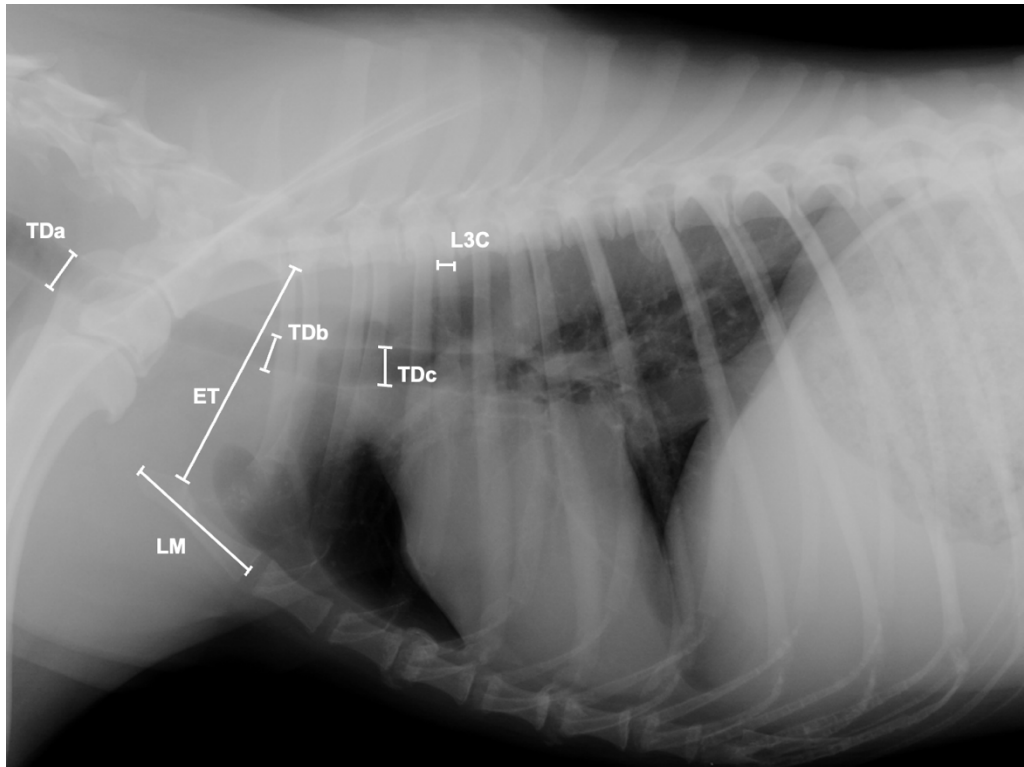


Figure 34 - Récapitulatif des mesures réalisées sur les radiographies thoraciques dans notre étude (41)

Ces mesures ont permis d'aboutir à des calculs de ratios :

TD/ET : diamètre trachéal divisé par le diamètre de l'entrée thoracique
TD/LM : diamètre trachéal divisé par la longueur du manubrium sternal
TD/L3C : diamètre trachéal divisé par la largeur du tiers proximal de la troisième côte

C/ Matériels

La sélection des animaux s'est faite grâce au logiciel de gestion de clientèle du CHUV : CLOVIS®. Afin d'étudier tous les bilans d'extension disponibles, nous avons extrait toutes les facturations d'animaux ayant réalisés 3 clichés radiographiques thoraciques. Puis pour visualiser les radiographies et réaliser les mesures associées, nous avons utilisé le logiciel de stockage d'imagerie du CHUV : SYNAPSE®.

D/ Analyse statistique

L'ensemble des données a été rassemblé et stocké dans un tableur fourni par le logiciel Microsoft Excel. L'analyse statistique a été entièrement réalisée avec le logiciel RStudio. Les intervalles de références ont été calculés par le logiciel RfValueAdvisor version 2.1.

Les tests utilisés dans notre étude sont les suivants :

- Test t indépendant ou test de Student : détermine s'il existe une différence significative entre les moyennes de deux échantillons indépendants
- Test de normalité de Shapiro-Wilk : évalue si un échantillon de données suit une distribution normale
- Test de Wilcoxon-Mann-Whitney : détermine s'il existe une différence significative entre les moyennes de deux échantillons indépendants lorsque les conditions ne permettent pas de réaliser un test t indépendant
- Analyse de variance mixte : étudier l'influence d'un paramètre sur un autre en prenant en compte les effets aléatoires dus à l'individu
- Régression linéaire simple : modéliser la relation linéaire entre deux variables indépendantes continues
- Régression linéaire multiple : modéliser la relation linéaire entre une variable continue et plusieurs variables indépendantes

Les tests ont été considérés comme significatifs lorsque la valeur p étaient inférieure à 5% ($p < 0,05$).

Les modèles linéaires ont été validés en vérifiant la normalité et l'indépendance des résidus.

II – Résultats

A/ Population recrutée

Au total, 177 animaux ont été étudiés de manière rétrospective. Les radiographies utilisées ont été réalisées entre 2018 et 2023 à l'école d'ONIRIS.

1. Selon la race

La plus grande catégorie de morphotype recrutée est celle des médiolignes. En effet, la plupart des races sont médiolignes et ce sont donc les plus représentés au CHUV. Ainsi, 129 chiens médiolignes ont été sélectionnés pour participer à cette étude.

Parmi les grandes races, 36 chiens ont été sélectionnés. La plupart sont des bergers (Allemand, Blanc Suisse, Belge Malinois, de Beauce), ainsi que des Bouvier Bernois, un Braque de Weimar, et des Setters (Gordon, Irlandais, Anglais) (figure 35).

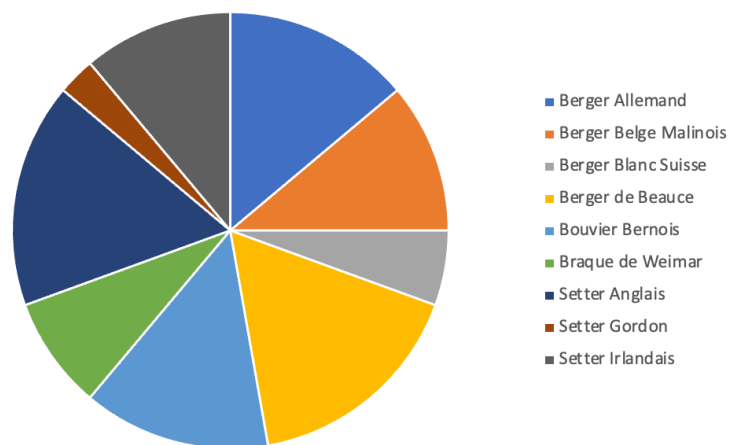


Figure 35 - Répartition des chiens médiolignes de grande taille

Les 50 chiens de taille moyenne ont été obtenus rapidement car les Labradors et Golden Retriever représentent une grande partie des chiens en consultation. Vingt-neuf Labrador Retriever, 12 Golden Retriever, ainsi que 6 Bergers Australien et 3 Flat Retriever ont été étudiés (figure 36).

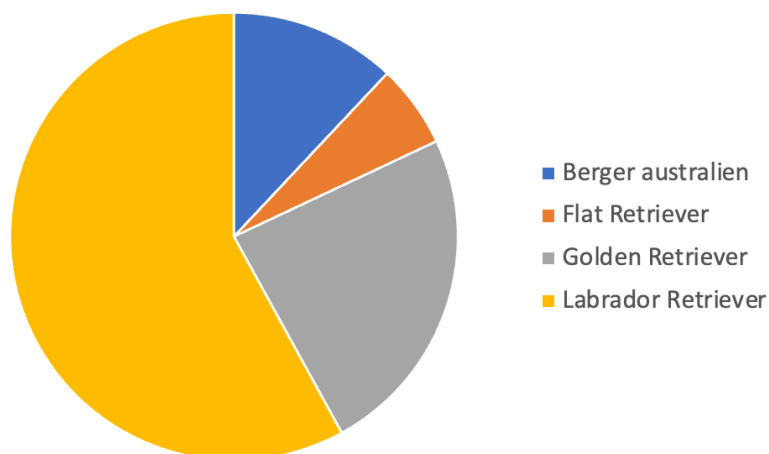


Figure 36 - Répartition des chiens médiolignes de grande moyenne

Chez les petites races, 43 chiens ont pu être recrutés. Parmi eux on retrouve des bichons, des cotons de Tuléar, des terriers (Cairn, Jack Russell, Fox, Scottish) des Cavaliers King Charles et des Beagle (figure 37).

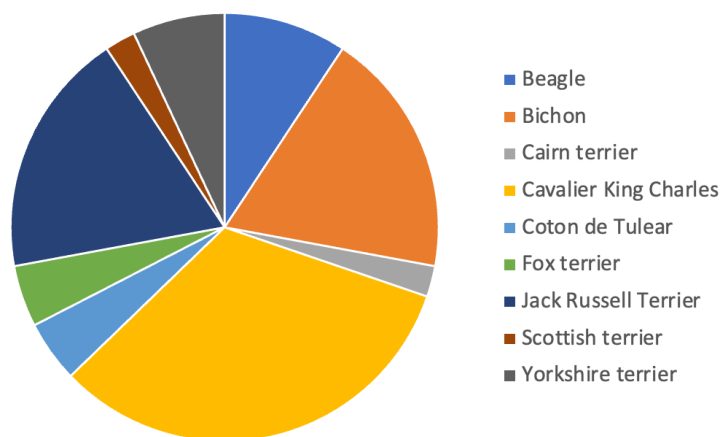


Figure 37 - Répartition des chiens médiolignes de petite taille

Les brévilignes sont assez peu représentés en clientèle, à l'exception des Bouledogues français, non inclus lors de cette thèse. Au total ce sont 36 chiens brévilignes qui représentent ce morphotype. Parmi les petits, 3 carlins, 8 Shih Tzu et 4 Lhassa Apso ont pu être étudiés (figure 38). Chez les grandes races, seuls 2 Rottweilers, 10 Cane Corso et 6 Dogue de Bordeaux ont été recrutés (figure 39).

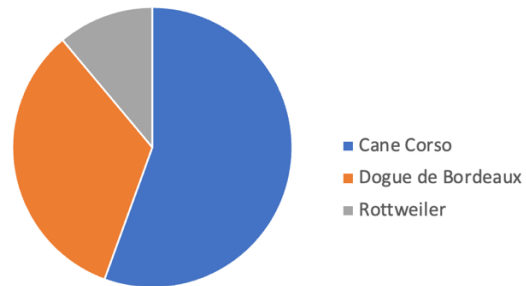
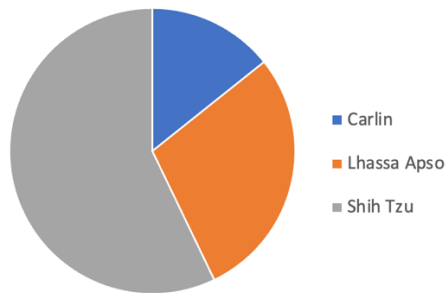


Figure 38 - Répartition des chiens brévilignes de petite taille **Figure 39** - Répartition des chiens brévilignes de grande taille

Pour les longilignes, seulement 12 individus ont pu être recrutés. Ces animaux sont très rares en clientèle et malgré le nombre important de cas passant au CHUV, seuls un petit échantillon de chiens longilignes est suivi régulièrement à l'école. Parmi eux, 12 réunissaient les critères pour être inclus dans l'étude. On trouve des teckels, des lévriers, et des border collie (figures 40 et 41). Parmi les grands, un seul lévrier Afghan a pu être intégrés à l'étude. Au vu de leur faible nombre, les longilignes ont été exclus de l'étude statistique et ne feront l'objet que de remarques qualitatives qui ne pourront être source de référence.

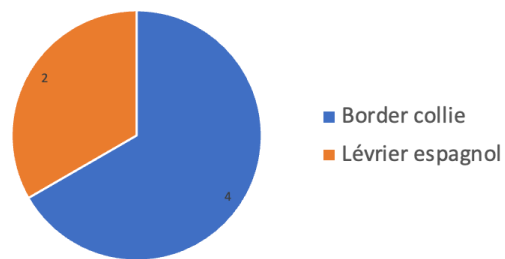
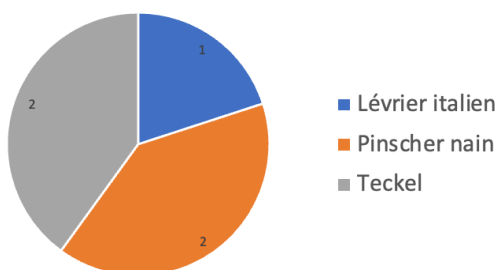


Figure 40 - Répartition des chiens longilignes de petite taille.

Figure 41 - Répartition des chiens longilignes de taille moyenne

2. Selon le motif

Comme expliqué dans la partie matériel et méthode, seuls les thorax sains ont été sélectionnés. Pour cela, la première catégorie explorée a été les bilans d'extension dans le cadre de recherche de métastases lors de cancer (figure 42). Parmi eux, la grande majorité des animaux a consulté pour tumeurs mammaires. C'est en effet la tumeur la plus fréquemment rencontrée au sein du CHUV. Elles représentent 34% de tous les animaux de cette étude, et 40% des bilans d'extension. Parmi les autres, on trouve toute sorte de tumeur dont la plupart de nature inconnue.

La deuxième catégorie de motif a été l'exploration des lésions pulmonaires chez les animaux atteints de maladie valvulaire dégénérative mitrale (MVDM). Trente animaux ont été recrutés grâce à une thèse qui réalisait des radiographies sur les animaux atteints de MVDM. Enfin, 2% des animaux ont un motif classé dans « Autres ». On retrouve un animal qui régurgitait et sur qui il était suspecté un méga-œsophage, un animal dont il fallait vérifier la position de la sonde naso-oesophagienne, un animal présentant une hypoprotéinémie et un chien atteint de polyarthrite. Tous ces animaux ne présentaient pas d'anomalie sur leur radiographie thoracique.

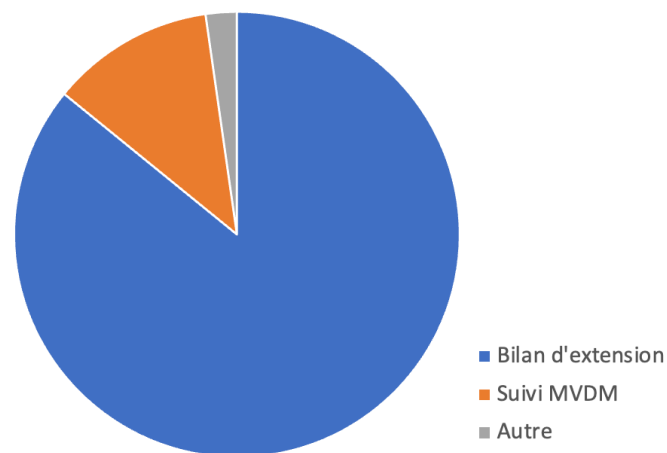


Figure 42 - Répartition des chiens recrutés selon leur motif de consultation

3. Selon l'âge

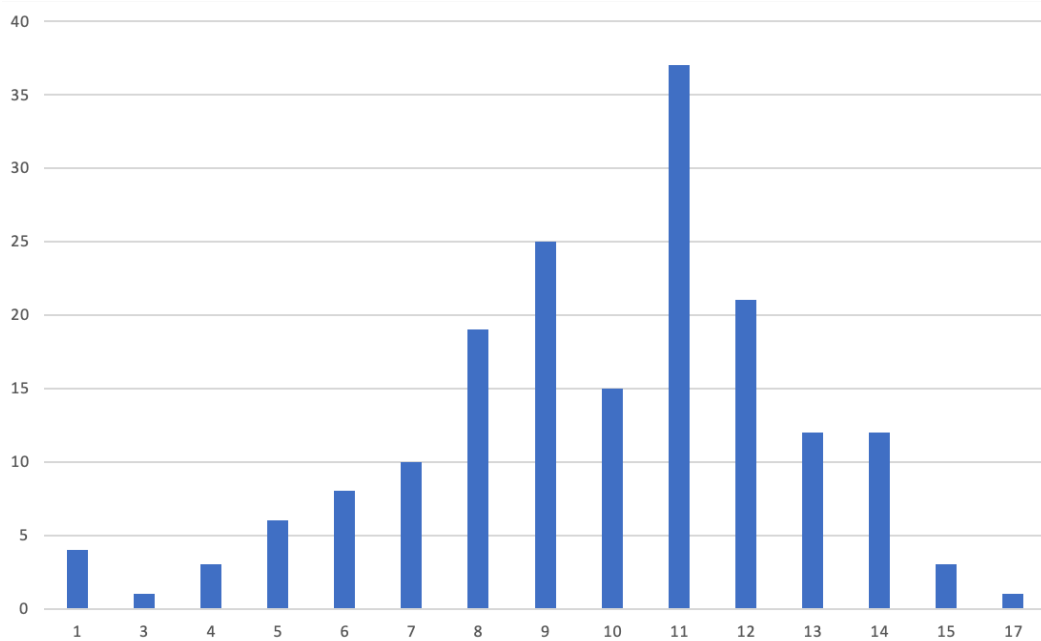


Figure 43 - Histogramme de la répartition des chiens en fonction de leur âge

Les animaux étudiés ont entre 1 et 17 ans (figure 43). La plupart des animaux sont assez âgés puisque 80% des chiens ont 8 ans ou plus. Ceci s'explique facilement par le fait que la plupart des radiographies étudiées sont des bilans d'extension de phénomène cancéreux, affection plutôt évocatrice d'animaux ayant un âge avancé.

4. Selon le sexe

77% des animaux sont des femelles (figure 44). Encore une fois cela peut s'expliquer par la sélection des motifs de consultation. Beaucoup de bilans d'extension sont des recherches de métastases d'une tumeur mammaire. Or la prévalence des tumeurs mammaires est beaucoup plus importante chez les femelles que chez les mâles.

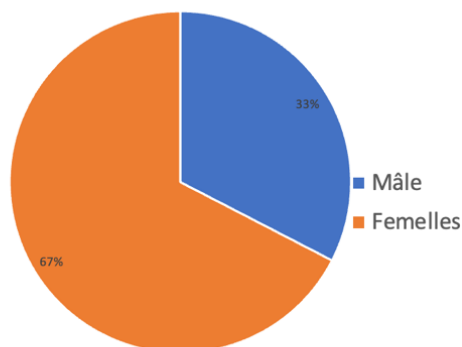


Figure 44 - Répartitions des animaux selon leur sexe

B/ Mesures de différences de taille de trachée

1. Selon la région

Afin d'identifier une potentielle variabilité du diamètre trachéal selon la région, la trachée a été mesurée à trois endroits différents : au niveau cervical, à l'entrée thoracique et en intra-thoracique.

En moyenne chez les chiens étudiés, le diamètre trachéal est de 14,5mm au niveau cervical, 13,40mm à l'entrée thoracique, et 14,38mm en intra-thoracique (figure 45).

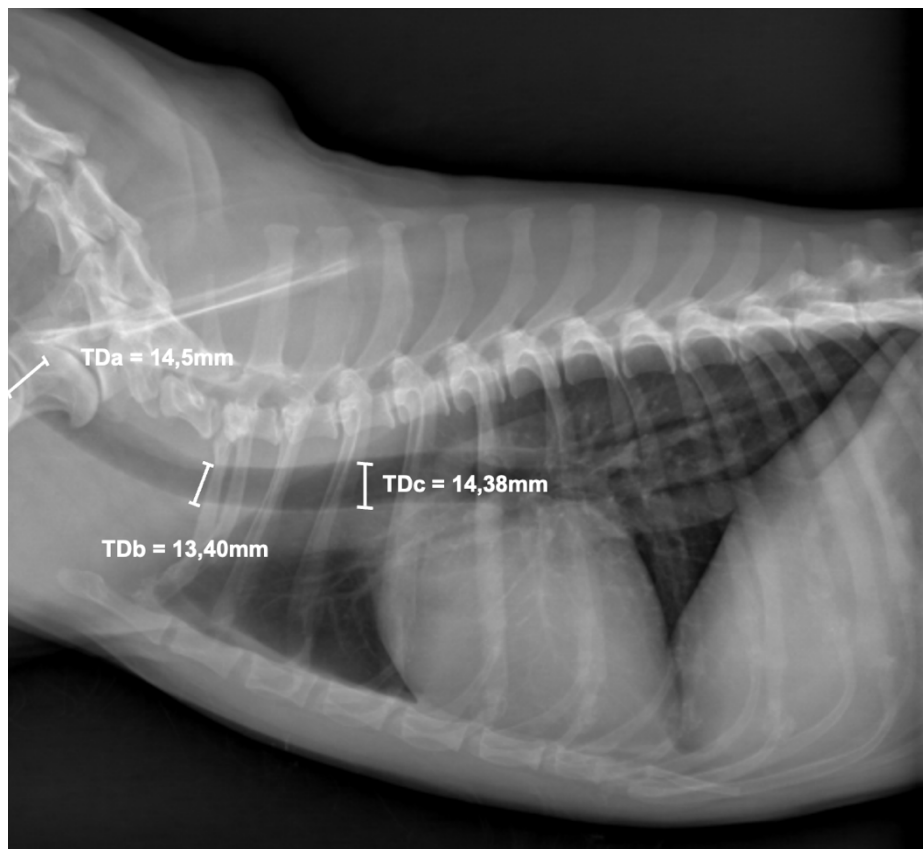


Figure 45 - Moyenne des diamètres trachéaux obtenus sur tous les chiens

En représentant le diamètre trachéal selon la région dans des boîtes à moustaches, on remarque rapidement que TDb est légèrement inférieur à TDa et TDc (figure 46).

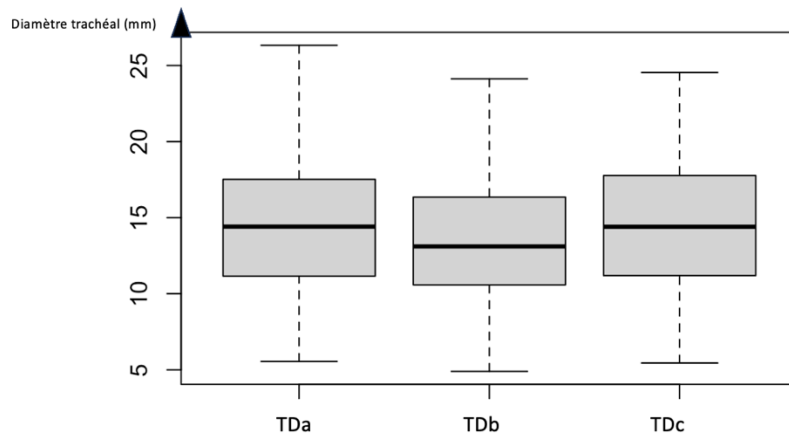


Figure 46 - Boîte à moustaches du diamètre trachéal selon la région

En comparant les moyennes deux à deux, il en sort quatre conclusions :

- Il n'y a aucune différence significative entre TDa et TDc
- TDb diffère significativement de TDa et de TDc
- TDb est significativement plus petit que TDa et TDc
- TDb est plus proche de TDc que TDa, autrement dit, le plus grand écart de diamètre se situe entre TDb et TDa

Dans la suite de cette étude, nous allons donc étudier TDb séparément de TDa et TDc. TDa et TDc ne présentent aucune différence significative, ce qui justifie l'étude d'un seul de ces diamètres par la suite de nos calculs. TDc a été préféré à TDa car c'est une valeur qui est présente sur toutes les radiographies thoraciques. En effet, beaucoup sont cadrées trop caudalement et ne permettent pas de visualiser la 5^{ème} vertèbre cervicale ce qui empêche la mesure de TDa.

2. Selon le morphotype

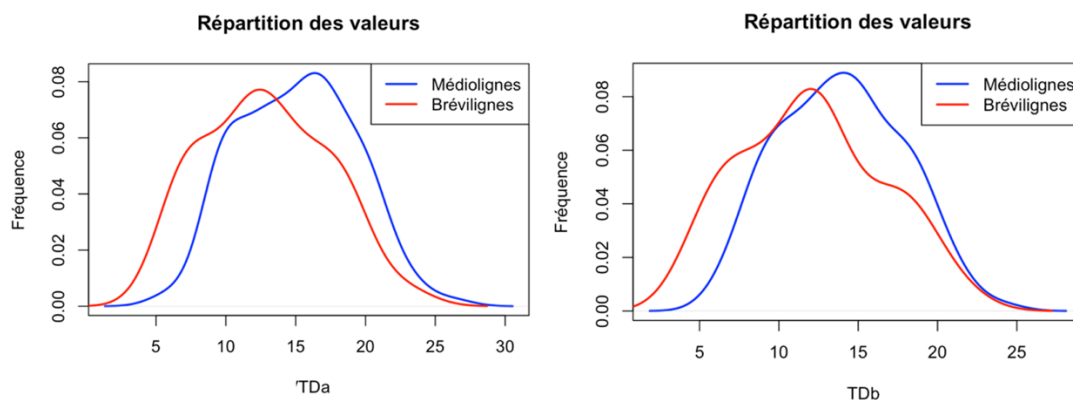


Figure 47 - Courbe de répartition des valeurs de diamètre trachéal chez les brévilignes et les médiolignes

D'après la courbe de répartition des valeurs, la tendance est que le diamètre trachéal est plus petit chez les brévilignes que les médiolignes (figure 47), mais afin de savoir si les ratios sont influencés par le morphotype, nous avons comparé deux à deux TD/ET, TD/LM et TD/L3C entre les brévilignes et les médiolignes.

a. TD/ET

Tableau XII - Moyenne des ratios TD/ET en fonction de la région et du morphotype

	Brévilignes	Médiolignes	Longilignes
B	0,17	0,21	0,19
C	0,18	0,22	0,20

Le tableau XII résume les moyennes des ratios TD/ET en B et en C selon le morphotype. Les valeurs pour les chiens longilignes sont données à titre indicatif mais ne peuvent être interprétées en raison du faible nombre d'animaux. D'après celui-ci, TD/ET est en moyenne au moins 0,03mm plus petit chez les brévilignes que les médiolignes.

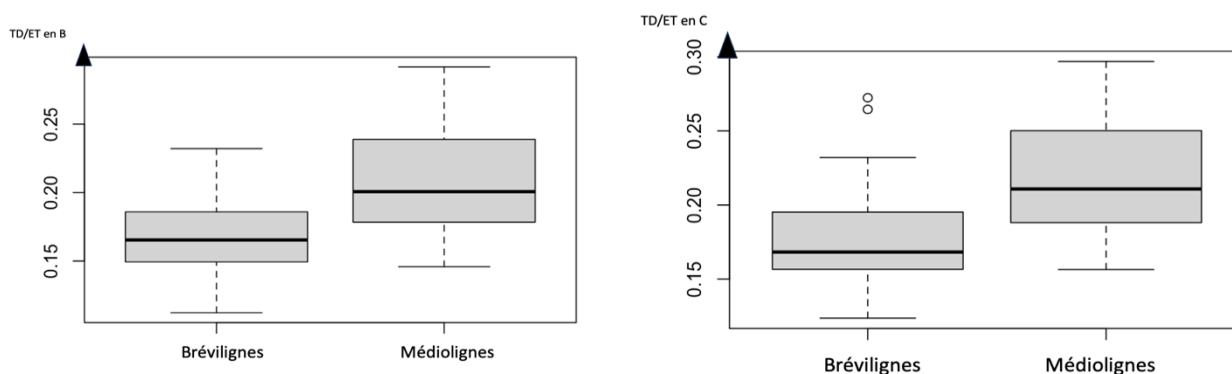


Figure 48 - Comparaison de TD/ET entre les brévilignes et les médiolignes en B (à gauche) et en C (à droite)

Un graphique en boîte à moustache qui compare le ratio TD/ET en B et en C des brévilignes aux médiolignes illustre la tendance du ratio à être plus petit chez les brévilignes que les médiolignes (figure 48). Ceci est confirmé par les tests statistiques qui affirment que TD/ET est significativement plus petit chez les brévilignes que chez les médiolignes : en C p-value = $5,925^{-6}$, en B p-value = $2,934^{-6}$.

b. TD/LM

Tableau XIII - Moyenne des ratios TD/LM en fonction de la région et du morphotype

	Brévilignes	Médiolignes	Longilignes
B	0,30	0,37	0,35
C	0,32	0,39	0,37

Le tableau XIII résume les moyennes des ratios TD/LM en B et en C selon le morphotype. D'après celui-ci, TD/LM est en moyenne au moins 0,07 mm plus petit chez les brévilignes que les médiolignes.

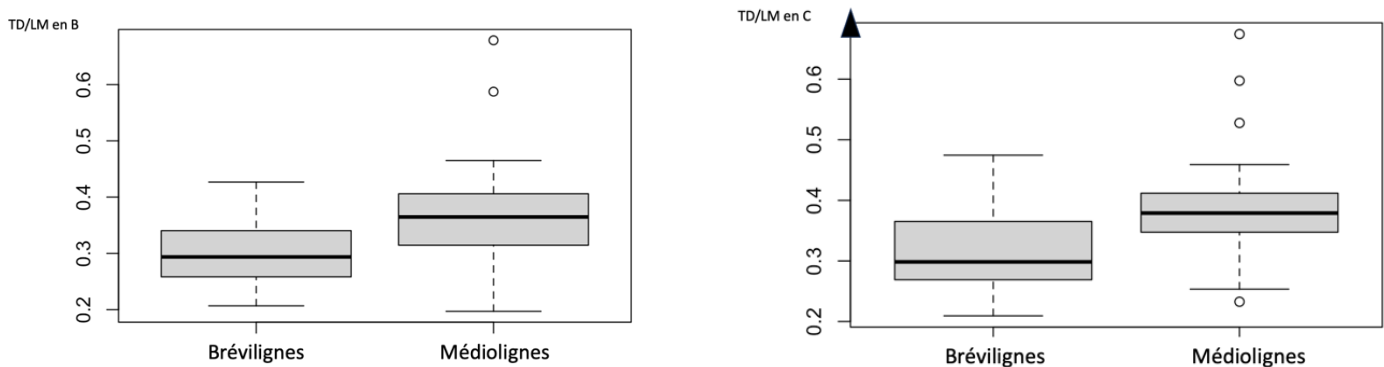


Figure 49 - Comparaison de TD/LM entre les brévilignes et les médiolignes en B (à gauche) et en C (à droite)

Encore une fois, TD/LM est visuellement inférieur chez les brévilignes par rapport aux médiolignes (figure 49), ce qui est confirmé par les tests statistiques : TD/LM est significativement plus petit chez les brévilignes que chez les médiolignes : en C $p\text{-value} = 2,102^{-4}$, en B $p\text{-value} = 1,282^{-4}$.

c. TD/L3C

Tableau XIV - Moyenne des ratios TD/L3C en fonction de la région et du morphotype

	Brévilignes	Médiolignes	Longilignes
B	2,34	2,66	2,41
C	2,48	2,78	2,61

Le tableau XIV résume les moyennes des ratios TD/L3C en B et en C selon le morphotype. D'après celui-ci, TD/L3C est en moyenne au moins 0,30 mm plus petit chez les brévilignes que les médiolignes.

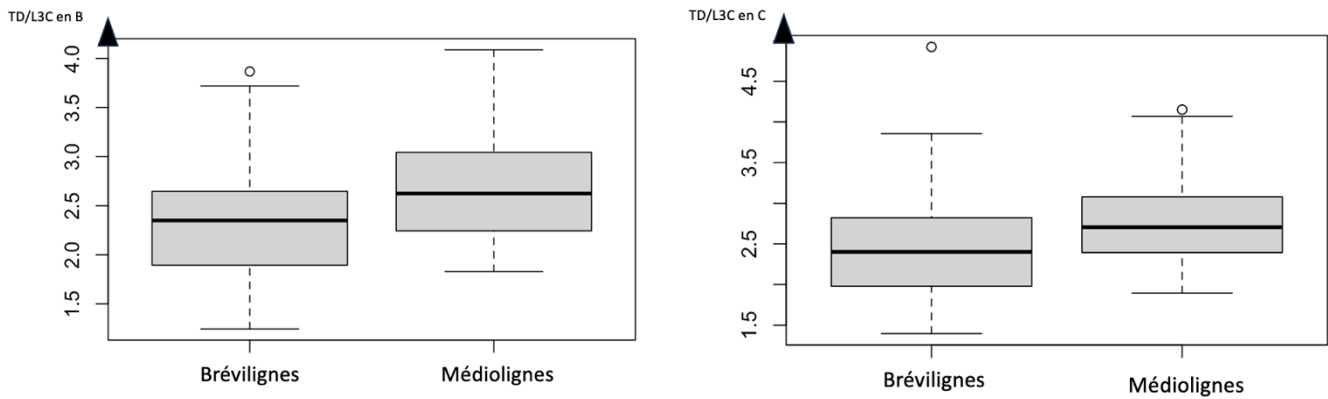


Figure 50 - Comparaison de TD/L3C entre les brévilignes et les médiolignes en B (à gauche) et en C (à droite)

De même, TD/L3C est significativement plus petit chez les brévilignes que chez les médiolignes d'après les tests statistiques (figure 50). Les tests statistiques indiquent une p-value de 0.04686 en C et 0.02225 en B.

3. Selon le sexe

Brévilignes

Chez les brévilignes, 15 mâles et 20 femelles ont été comparés lors de ces tests statistiques.

Que ce soit au niveau des diamètres trachéaux TDb et TDc, ou au niveau des ratios TD/ET, TD/LM et TD/L3C en B et en C, il n'y a aucune différence significative entre les mâles et les femelles. Ceci se remarque bien sur les courbes de densité de la figure 50 qui se superposent entre les deux sexes (figure 51). On peut donc affirmer que le sexe n'influence pas la taille de la trachée chez les brévilignes.

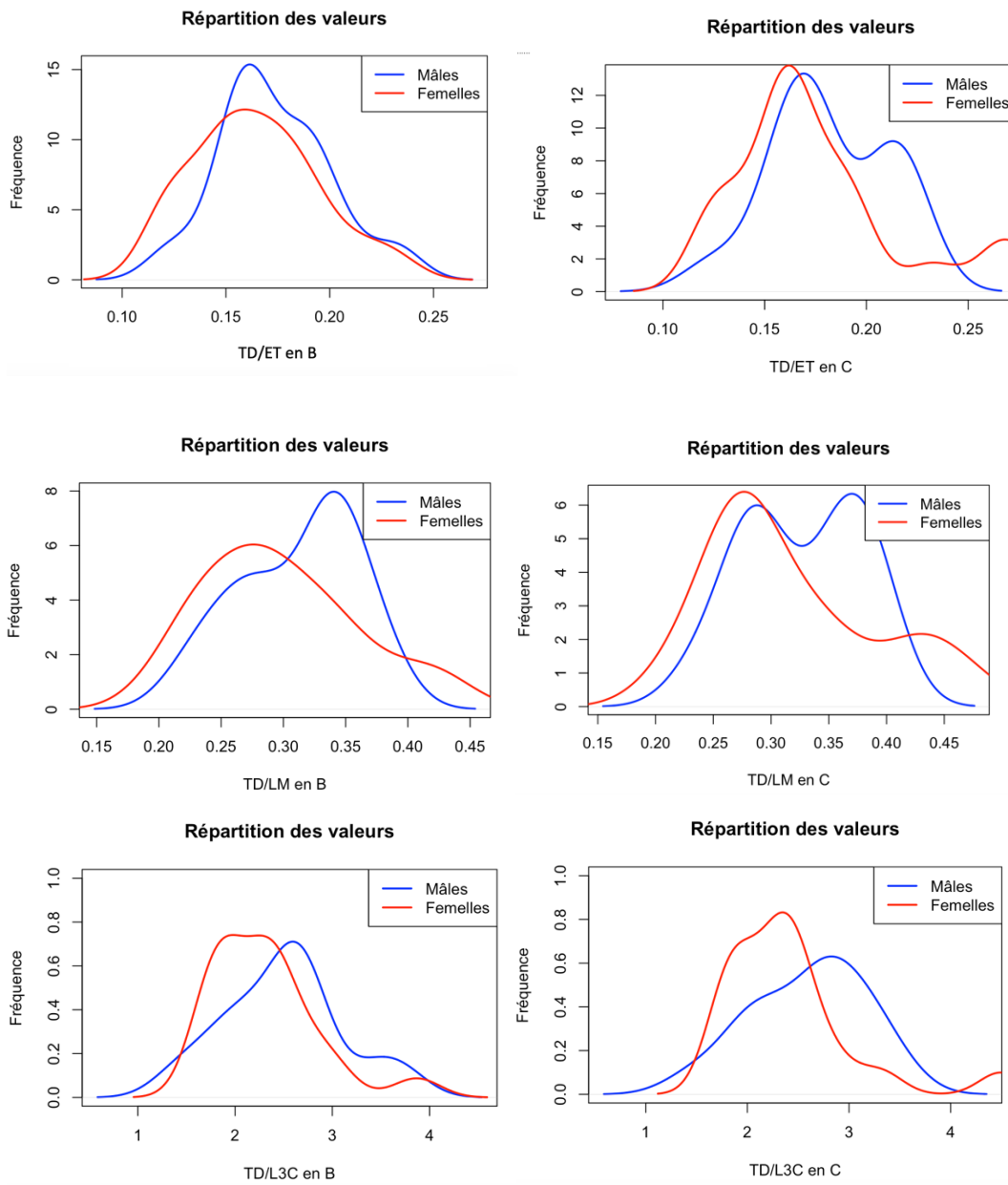


Figure 51 - Répartition des valeurs, courbes superposées des mâles et des femelles chez les brévilignes

Chez les médiolignes, 41 mâles et 90 femelles ont été étudiés. Afin de pouvoir évaluer l'influence du sexe chez les médiolignes, les tests ont été effectués en tirant au sort 41 femelles.

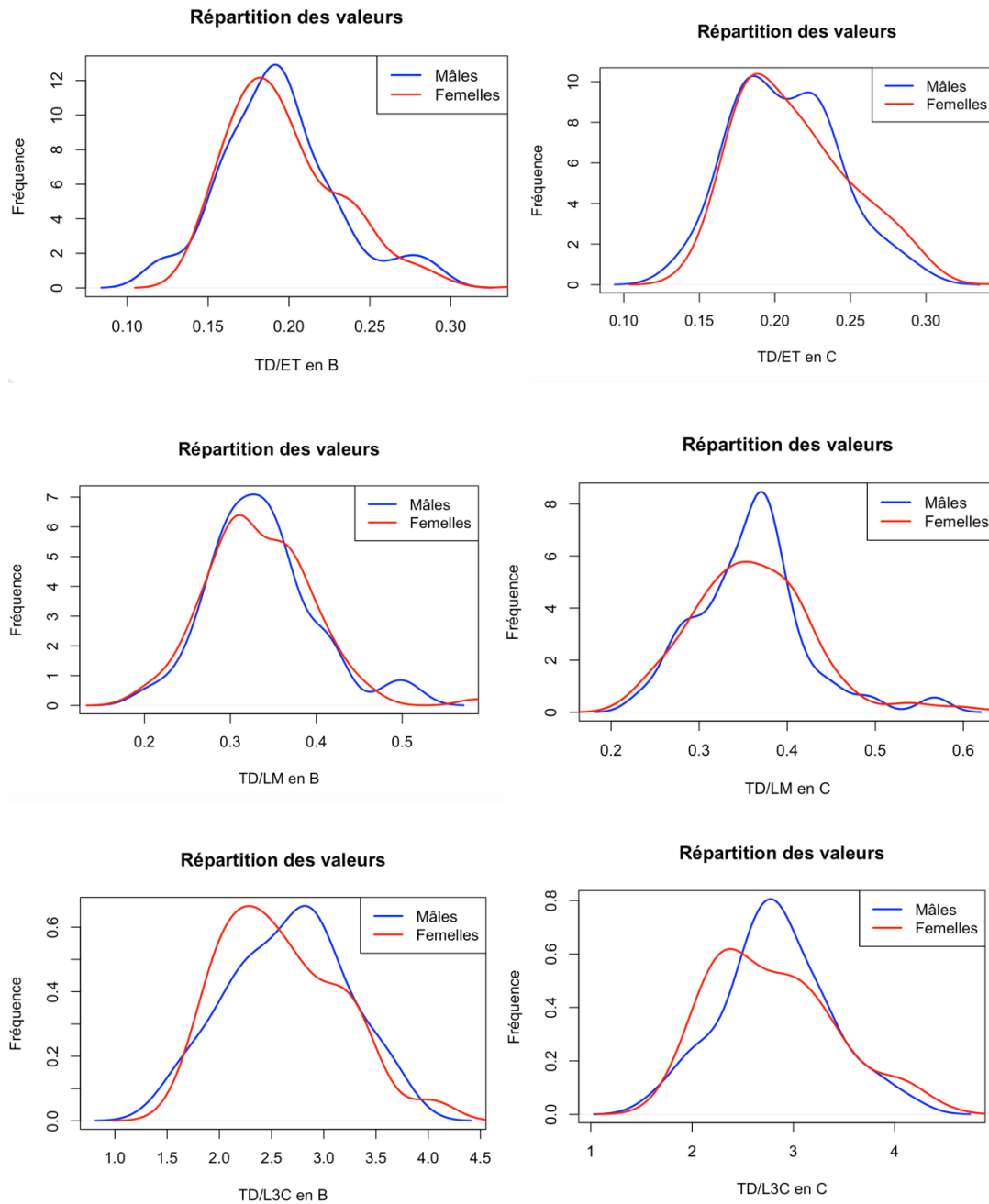


Figure 52 - Répartition des valeurs, courbes superposées des mâles et des femelles chez les brévilignes

Tout comme les brévilignes, aucune différence significative n'a été trouvée entre les mâles et les femelles que ce soit au niveau des diamètres trachéaux TDb et TDC, ou au niveau des ratios TD/ET, TD/LM et TD/L3C et B et en C (figure 52). Le sexe n'influence donc pas non plus la taille de la trachée chez les médiolignes.

C/ Influence des caractères phénotypiques

1. L'âge

Pour savoir si l'âge influe sur la taille de la trachée, nous avons tenté de créer des modèles de régression linéaire des différents ratios TD/ET, TD/LM et TD/L3C en B et en C en fonction de l'âge.

Médiolignes

Les nuages de points ci-dessous en figure 53 sont représentés les ratios en B et C en fonction de l'âge chez les médiolignes. A première vue, il ne semble pas y avoir de relation linéaire puisque les points ne s'alignent pas sur une droite mais forment plutôt un amas plus ou moins homogène.

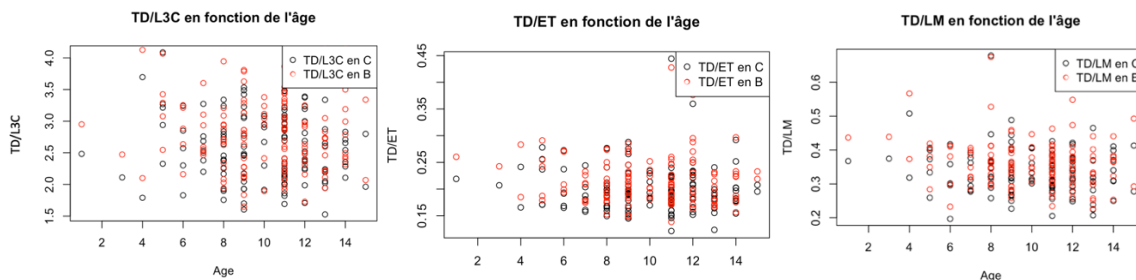


Figure 53 - Répartition des ratios en fonction de l'âge des chiens médiolignes

En effet d'après les tests statistiques, il n'existe pas de modèle linéaire assez puissant pour relier les ratios, que ce soit TD/LM, TD/ET ou TD/L3C, avec l'âge. La valeur p souhaitée en dessous de 0,05 s'est trouvée toujours au-dessus de 0,156.

La taille de la trachée n'est donc pas corrélée à l'âge de l'animal chez les chiens médiolignes.

Brévilignes

La figure 54 représente à nouveau les ratios en fonction de l'âge mais chez les chiens brévilignes. Les nuages de points sont moins fournis étant donné le nombre de chiens étudiés plus petit. En revanche la tendance est la même, les points ne s'alignent pas sur une droite ce qui laisse penser qu'il n'y a pas de corrélation linéaire entre les ratios et l'âge des chiens.

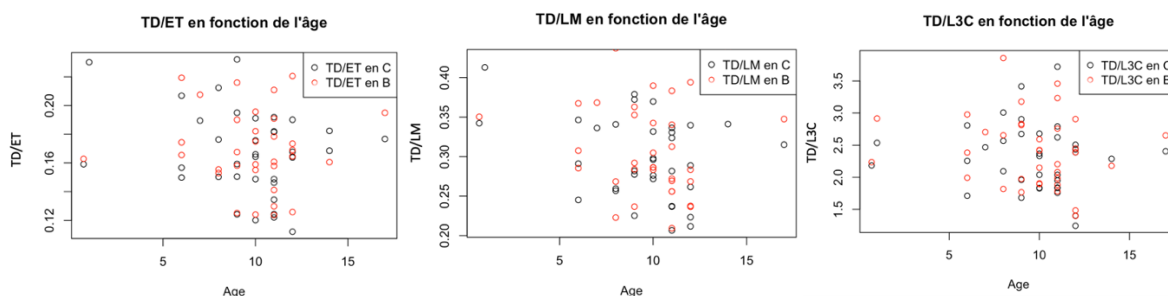


Figure 54 - Répartition des ratios en fonction de l'âge des chiens brévilignes

La valeur p étant supérieure à 0,05 dans tous les modèles linéaires proposés, il n'existe pas de corrélation satisfaisante entre les ratios et l'âge des chiens. On peut ainsi affirmer que l'âge n'influence pas non plus la taille de la trachée chez les chiens brévilignes.

2. Le poids

Il est logique de penser que plus le chien est grand, plus sa trachée l'est aussi. Afin de vérifier cela, des régressions linéaires simples ont permis de proposer des modèles et vérifier leur significativité. D'après les calculs, en effet il existe une forte corrélation linéaire entre la masse et le diamètre trachéal du chien, que ce soit chez les brévilignes, les médiolignes, en B ou en C. Le tableau XV résume les corrélations linéaires disponibles entre la masse et le diamètre trachéal.

Tableau XV - Résumé des corrélations linéaires entre la masse et les ratios, M = masse (kg)

	Avec TD _b	Avec TD _c
Brévilignes	$0,27 \times M + 5,66$	$0,30 \times M + 5,70$
Médiolignes	$0,26 \times M + 9,07$	$0,24 \times M + 8,37$

En revanche, aucun ratio n'est corrélé avec le poids. Peu importe le gabarit du chien, les proportions restent les mêmes entre le diamètre trachéal et l'entrée thoracique, la longueur du manubrium sternal et la largeur du tiers proximal de la 3^{ème} côte. Ainsi, la masse n'influence pas les ratios.

D/ Corrélation avec les autres mesures radiographiques thoraciques

Dans cette partie nous allons étudier les corrélations du diamètre trachéal avec les autres mesures réalisées sur les radiographies thoraciques grâce à l'établissement de régressions linéaires.

1. Trachée et entrée thoracique

Médiolignes

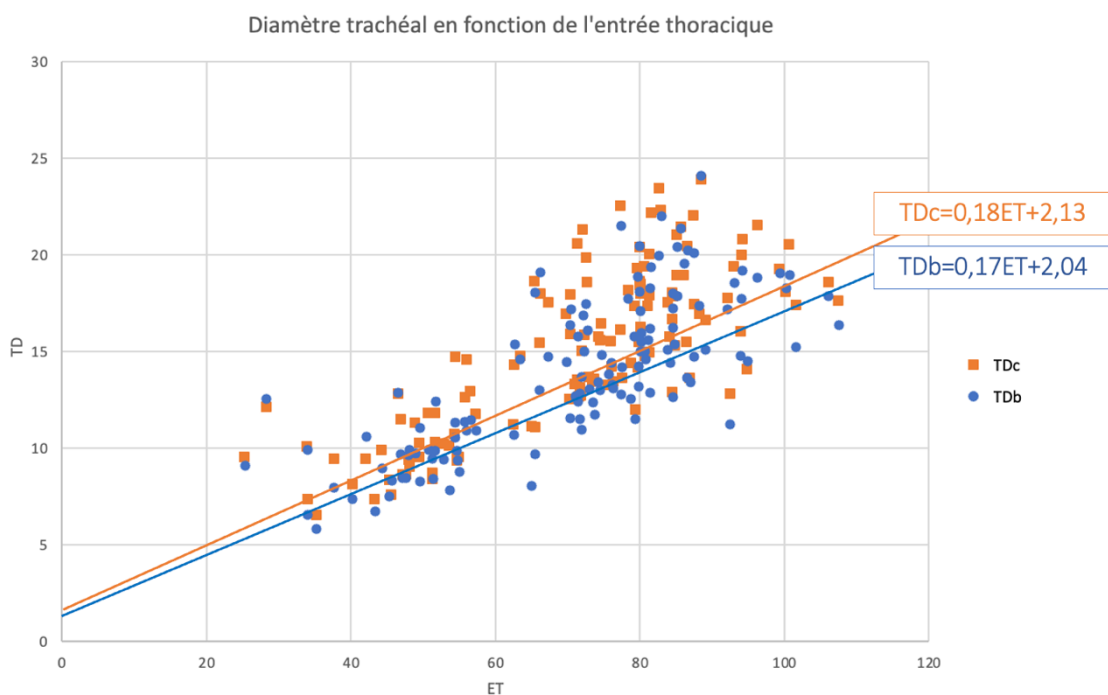


Figure 55 - Représentation graphique du diamètre trachéal en B et en C en fonction de l'entrée thoracique chez les médiolignes

Que ce soit TDb, ou TDc, tous deux sont très fortement corrélés avec l'entrée thoracique. La figure 55 illustre la proposition de modèle linéaire du diamètre trachéal en fonction de l'entrée, modèle validé par l'indépendance et la normalité des résidus. Ceci donne lieu à une formule prédictive du diamètre trachéal en fonction de l'entrée thoracique, selon la région où il est cherché :

$$TDb = 0,17 \times ET + 2,04$$
$$TDc = 0,18 \times ET + 2,13$$

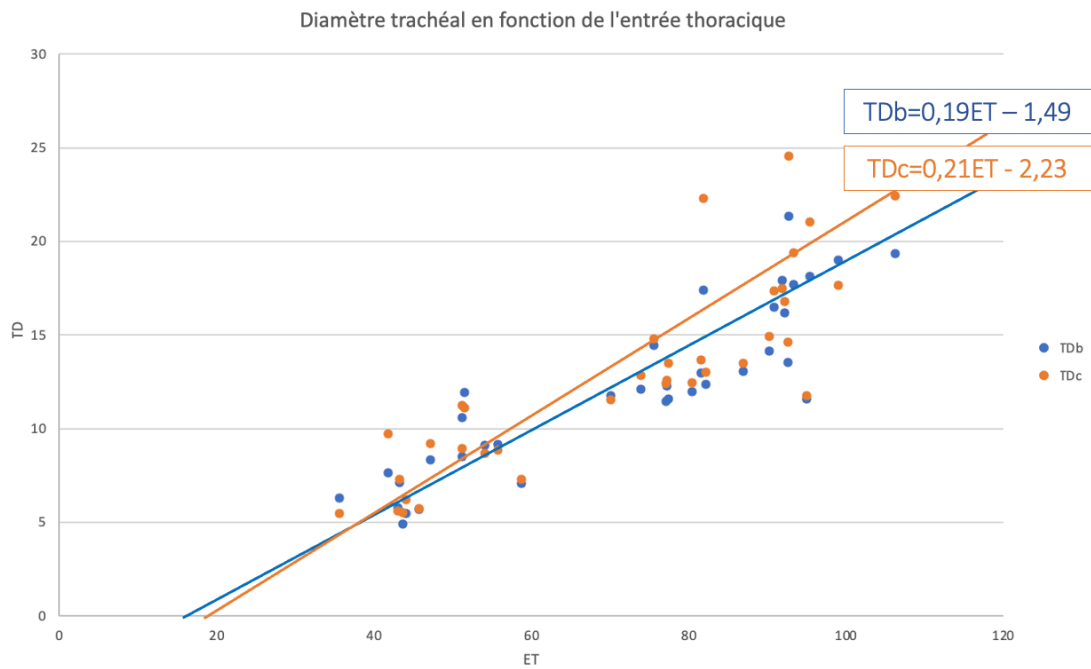


Figure 56 - Représentation graphique du diamètre trachéal en B et en C en fonction de l'entrée thoracique chez les brévilignes

De même que pour les médiolignes, TDb et TDc très fortement corrélés avec l'entrée thoracique. La figure 56 illustre la proposition de modèle linéaire correspondant, modèle validé par l'indépendance et la normalité des résidus. Ainsi ont été établies les formules suivantes :

$$TD_b = 0,19 \times ET - 1,49$$

$$TD_c = 0,21 \times ET - 2,23$$

2. Trachée et manubrium sternal

L'étude de la corrélation entre le diamètre trachéal et la longueur du manubrium sternal a permis de mettre en évidence une relation linéaire significative et ceci que ce soit pour les médiolignes ou les brévilignes. Les graphiques des diamètres trachéaux en fonction de la longueur du manubrium sternal montrent en effet une tendance très marquée à s'aligner sur une droite.

Médiolignes

La figure 57 illustre les relations linéaires entre TD et LM chez les médiolignes ce qui donne les formules suivantes :

$$TD_b = 0,26 \times LM + 3,05$$

$$TD_c = 0,28 \times LM + 3,18$$

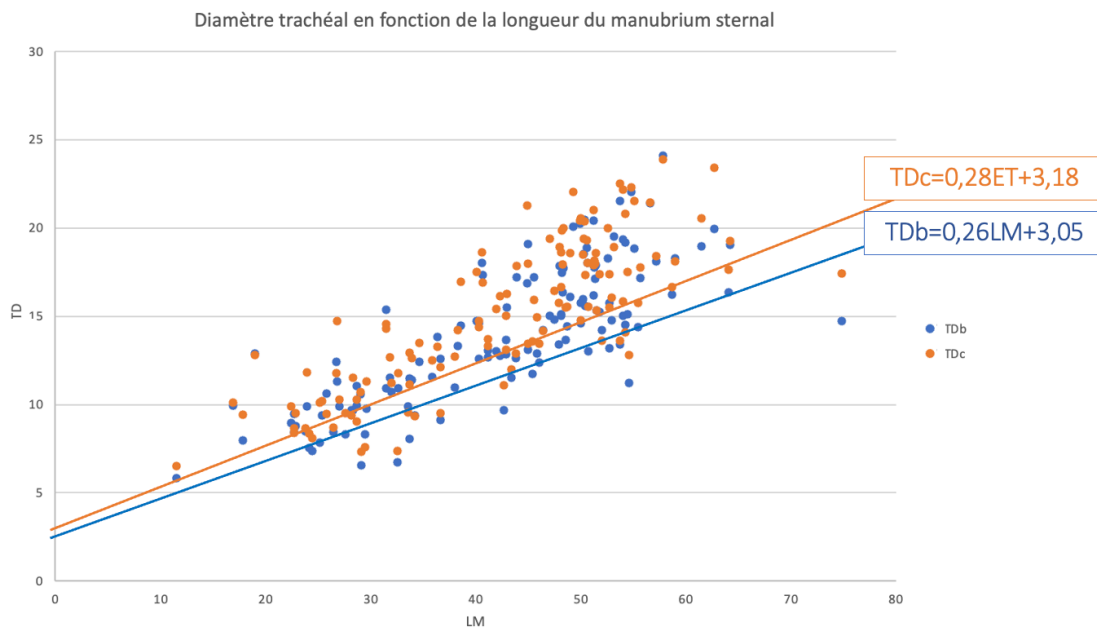


Figure 57 - Représentation graphique du diamètre trachéal en B et en C en fonction de la longueur du manubrium sternal chez les médiolignes

Brévilignes

La figure 58 montre quant à elle le diamètre trachéal en fonction de la longueur du manubrium sternal chez les brévilignes, ce qui aboutit aux formules suivantes :

$$TD_b = 0,27 \times LM + 0,94$$

$$TD_c = 0,31 \times LM + 0,39$$

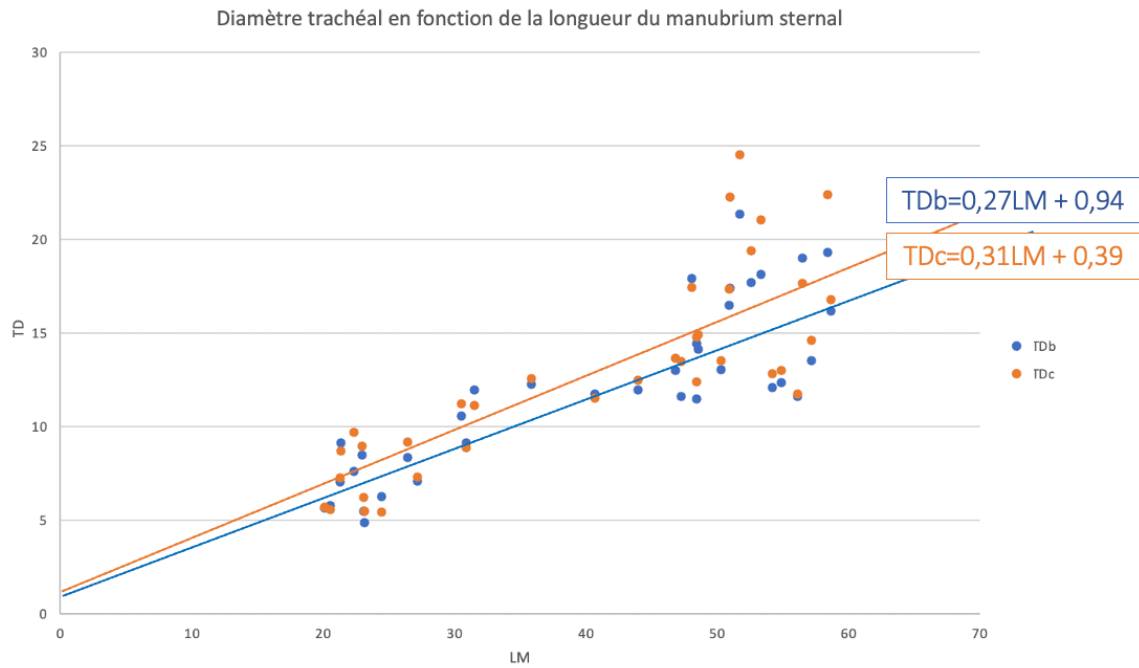


Figure 58 - Représentation graphique du diamètre trachéal en B et en C en fonction de la longueur du manubrium sternal chez les brévilignes

3. Trachée et largeur 3^{ème} côte

Quant à la largeur du tiers proximal de la 3^{ème} côte, elle est aussi corrélée linéairement de façon significative au diamètre trachéal, que ce soit en B ou en C.

Médiolignes

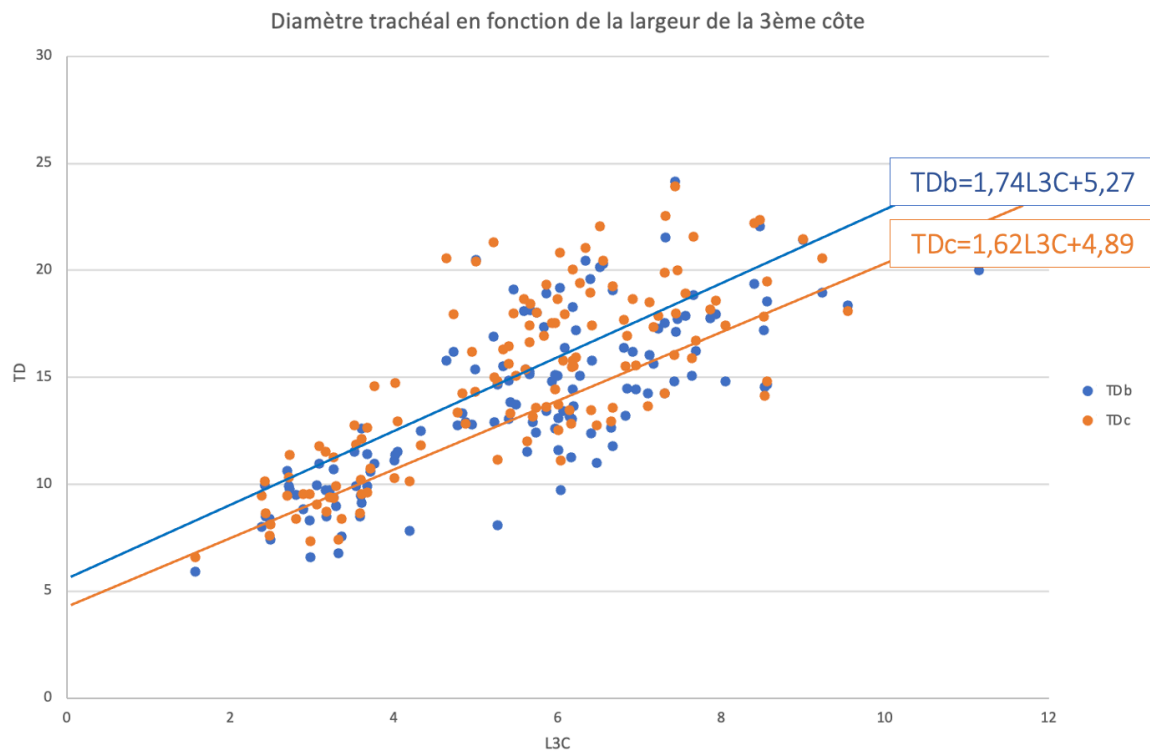


Figure 59 - Représentation graphique du diamètre trachéal en B et en C en fonction de la largeur de la 3^{ème} côte chez les médiolignes

Sont ainsi proposées comme relations linéaires chez les médiolignes (figure 59) :

$$TD_b = 1,74 \times L3C + 5,27$$

$$TD_c = 1,62 \times L3C + 4,89$$

Brévilignes

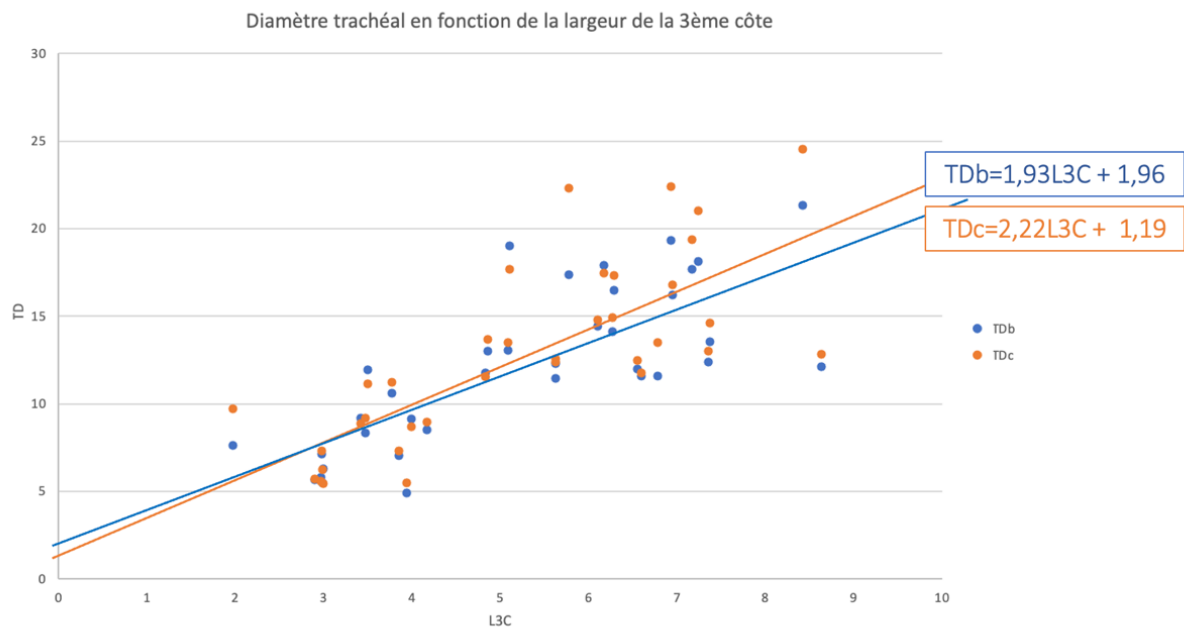


Figure 60 - Représentation graphique du diamètre trachéal en B et en C en fonction de la largeur de la 3ème côte chez les médiolignes

Chez les brévilignes, les modèles linéaires suivants ont été significativement approuvés (figure 60) :

$$TD_b = 1,93 \times L3C + 1,96$$

$$TD_c = 2,22 \times L3C + 1,19$$

E/ Établissement de valeurs de références

La suite de cette étude a consisté à chercher un intervalle de référence pour chaque ratio quand cela était possible.

En raison du nombre très réduit de chiens longilignes, le logiciel était en incapacité d'établir des valeurs de références.

Pour les médiolignes et les brévilignes, le logiciel propose plusieurs modèles et choisit le plus adapté selon les caractéristiques de l'échantillon. Ceci nous permet d'obtenir une courbe de distribution associée à des exemples d'intervalle de référence.

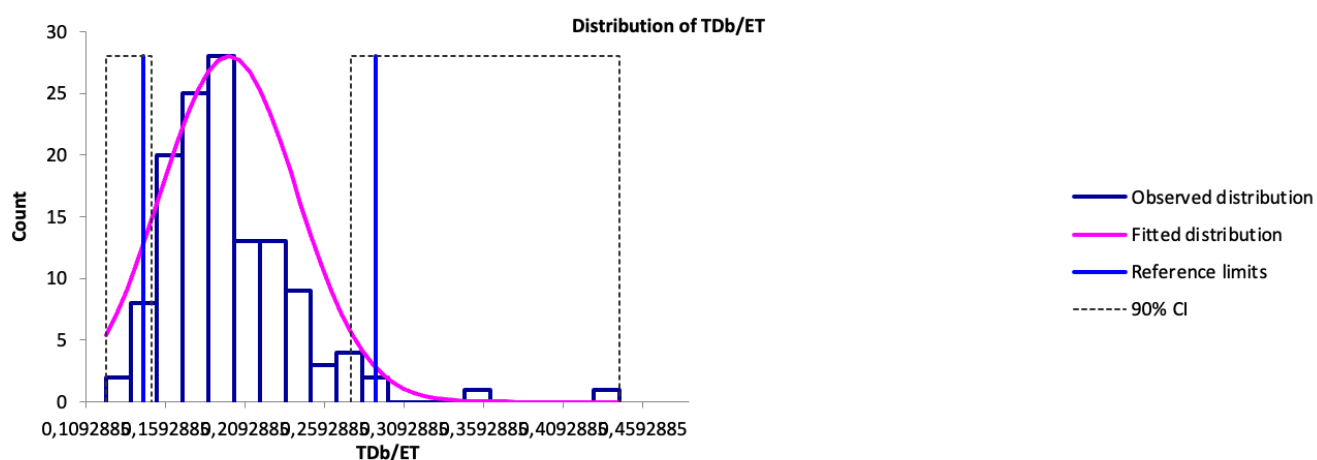


Figure 61 - Exemple d'une distribution associée à une proposition d'intervalle de référence proposé par RefValueAdvisor

Les résultats se présentent comme la figure 61 ci-dessus soit un histogramme de la distribution, une courbe de tendance et un intervalle de référence associé.

Les intervalles n'ont pas été calculés de la même manière chez les brévilignes que chez les médiolignes puisque le nombre de médiolignes était beaucoup plus grand que celui des brévilignes. Ceci a permis l'utilisation d'une méthode non paramétrique chez les médiolignes, ce qui n'a pas été possible chez les brévilignes dont les données ont été transformées avec un Box-Cox.

1. Ratio TD/ET

L'établissement d'intervalles de référence permet surtout d'avoir une limite inférieure pour une trachée normale. En effet, les affections causant une augmentation du diamètre de la trachée sont rarissimes alors qu'il est important de vérifier qu'une trachée ne soit pas trop étroite notamment dans la recherche d'hypoplasie. Le tableau XVI résume les intervalles trouvés pour le ratio TD/ET.

Tableau XVI - Intervalles de références des ratios TD/ET en B et en C chez les chiens brévilignes et médiolignes

	Brévilignes	Médiolignes
TD_b/ET	[0,11 ; 0,23]	[0,15 ; 0,29]
TD_c/ET	[0,12 ; 0,27]	[0,15 ; 0,30]

On obtient ainsi :

- TD/ET en B pour les brévilignes >0,11
- TD/ET en C pour les brévilignes >0,12
- TD/ET en B pour les médiolignes >0,15
- TD/ET en C pour les médiolignes >0,15

On retrouve comme calculés statistiquement précédemment des valeurs inférieures pour les brévilignes, ainsi que pour la région B par rapport à la région C, sauf pour les médiolignes où il n'y a pas de différence.

Ainsi on peut affirmer que si le rapport diamètre trachéal sur entrée thoracique doit être supérieur à 0,15 pour que la trachée ne soit pas hypoplasique chez les chiens médiolignes.

2. Ratio TD/LM

Pour le ratio TD/LM, le tableau XVII rassemble les intervalles de référence calculés par le logiciel.

Tableau XVII - Intervalles de références des ratios TD/LM en B et en C chez les chiens brévilignes et médiolignes

	Brévilignes	Médiolignes
TD_b/LM	[0,20 ; 0,43]	[0,21 ; 0,50]
TD_c/LM	[0,20 ; 0,48]	[0,24 ; 0,56]

Les intervalles sont un peu plus larges que pour TD/ET et on voit bien une différence au niveau des limites inférieures entre brévilignes et médiolignes. Pour être de taille normale, une trachée de bréviligne doit donc avoir un rapport TD/LM supérieur à 0,20.

Si on résume nous avons :

- TD/LM en B pour les brévilignes >0,20
- TD/LM en C pour les brévilignes >0,20
- TD/LM en B pour les médiolignes >0,21
- TD/LM en C pour les médiolignes >0,24

3. Ratio TD/L3C

Tableau XVIII - Intervalles de références des ratios TD/L3C en B et en C chez les chiens brévilignes et médiolignes

	Brévilignes	Médiolignes
TD_b/L3C	[1,35 ; 3,77]	[1,69 ; 3.87]
TD_c/L3C	[1,46 ; 4,33]	[1,85 ; 4.14]

Enfin, pour le ratio RD/L3C on obtient les valeurs suivantes :

- TD/L3C en B pour les brévilignes >1,35
- TD/L3C en C pour les brévilignes >1,46
- TD/L3C en B pour les médiolignes >1,69
- TD/L3C en C pour les médiolignes >1,85

Le tableau XVIII rassemble les intervalles de référence calculés pour le ratio TD/L3C. On peut voir que l'écart est plus grand entre les brévilignes et les médiolignes que pour les autres ratios. Par exemple pour un ratio TD/L3C mesuré en B, il doit être d'au moins 1,69 chez les médiolignes pour considérer la trachée comme de taille suffisante alors que pour les brévilignes il peut descendre jusqu'à 1,35.

En résumé, nous avons montré que :

- La taille de la trachée dépend de l'endroit où elle est mesurée : elle est de même taille en région cervicale et intra-thoracique, mais elle est significativement plus petite à l'entrée du thorax
- La trachée est significativement plus petite chez les brévilignes que chez les médiolignes
- La taille de la trachée n'est pas influencée par la taille ni par le sexe

De plus, des valeurs seuils ont été définies en dessous desquelles une trachée est considérée trop petite donc hypoplasique :

	Brévilignes		Médiolignes	
	B	C	B	C
TD/ET	0,11	0,12	0,15	0,15
TD/LM	0,20	0,20	0,21	0,24
TD/L3C	1,35	1,46	1,69	1,85

III - Discussion

A/ Les biais rencontrés lors de cette étude

En raison du nombre important de radiographies thoraciques réalisées au sein du CHUV, l'étude rétrospective a été le choix le plus judicieux afin d'avoir le plus de cas possibles. Cependant, seules les radiographies prises après 2018 ont pu être étudiées. En effet avant cette date elles n'étaient pas stockées sur le logiciel SYNAPSE. Ceci a donc réduit le nombre d'animaux pouvant être inclus dans cette thèse.

L'un des inconvénients d'une étude rétrospective est que la qualité des radiographies prises ne peut être homogénéisée, ce qui a aussi contribué à la diminution du nombre de cas. En effet, un certain nombre de radiographies a dû être écarté car elles ne permettaient pas une bonne visualisation des éléments osseux thoraciques. De plus, énormément de radiographies ne cadraient pas la 5^{ème} vertèbre cervicale ce qui a éliminé de nombreux animaux.

Les biais de mesures ont été minimisés du fait que toutes les mesures ont été réalisées par une seule personne et qu'elles ont été faites de manière systématique selon des critères bien précis expliqués dans le paragraphe I – B/. Cependant, plus les mesures sont petites moins elles sont précises. Les mesures de L3C ont ainsi été les plus délicates et ont nécessité le plus de temps afin d'obtenir les valeurs les plus représentatives possibles. Celles-ci ont aussi plus de biais que les autres en raison de la superposition des deux côtes, ce qui peut créer des difficultés à la mesure.

B/ Étude sur les longilignes

Cette thèse se proposait d'étudier les trois morphotypes existants : bréviligne, médioligne et longiligne. Cependant les longilignes sont très peu représentés au CHUV car il y a très peu de races longilignes. Ce sont surtout des lévriers, races qui sont peu vendues en France. Selon les statistiques du LOF, seuls 2966 lévriers y sont inscrits en 2022, toutes races confondues, contre par exemple 14948 Golden Retriever à eux seuls (51).

Les moyennes des ratios réalisés sur les brévilignes et les médiolignes montrent que la taille de la trachée des longilignes se rapprochent de celle des médiolignes plutôt que des brévilignes mais avec seulement 12 individus, il est impossible de tirer de conclusions de ces valeurs. Les publications ne s'attachent pas non plus à différencier les morphotypes lors des études de la trachée. Seuls les Bulldogs ou brachycéphales en général sont catégorisés à part (40)(41). De plus, le collapsus trachéal congénital est une affection à laquelle le lévrier Afghan et le Greyhound sont prédisposés mais aucune étude ne se porte sur le diamètre trachéal de ces chiens. Il serait donc intéressant de continuer ces travaux en différenciant le morphotype longiligne mais pour obtenir plus de cas, une étude prospective serait sûrement plus adaptée afin de réaliser une radiographie sur tous les longilignes présentés au CHUV.

C/ Comparaison aux données existantes

Le rapport TD/ET est utilisé depuis les années 1980 et fixe des limites de référence comprises entre 0,12 et 0,144 pour les Bulldogs, entre 0,16 et 0,21 pour les brachycéphales non Bulldogs, et entre 0,18 et 0,20 pour les non brachycéphales. Les études les plus récentes, qui prennent en compte la région de mesure, indiquent un minimum de 0,18 pour les non brachycéphales. Cependant, les valeurs de référence établies dans cette thèse suggèrent une limite inférieure de 0,11 à 0,12 pour les brévilignes en B et en C respectivement, et de 0,15 pour les médiolignes. En ce qui concerne le rapport TD/LM, les valeurs seuils établies dans les études les plus récentes étaient de 0,34 à l'entrée thoracique et de 0,38 en intra-thoracique pour les non brachycéphales, tandis que cette étude propose respectivement des valeurs de 0,21 et 0,24. Pour les brévilignes, ce rapport n'avait jamais été étudié auparavant, et une valeur de référence minimale de 0,20 est donc proposée. Enfin, en ce qui concerne le rapport TD/L3C, les seuils inférieurs étaient de 2 à 3,2 pour tous les chiens, alors qu'ils sont de 1,35 et 1,46 pour les brévilignes (B et C), ainsi que de 1,69 et 1,85 pour les médiolignes.

Nos valeurs sont donc toujours inférieures à ce qu'il a déjà été trouvée. Ces différences peuvent se faire sur la méthode de mesure bien qu'elle ait été transposée à partir de ce qu'il se faisait déjà. Nous avons en effet repris les protocoles proposés dans l'étude de Mostafa et al. mais nos mesures sont peut-être sous-estimées.

Les populations étant aussi différentes, on ne peut exclure des causes d'échantillonnage. Par exemple, parmi les 129 médiolignes utilisés dans cette thèse, le choix des races est très différent de ce que MOSTAFA a choisi d'étudier puisqu'il s'est concentré sur les petites races non brachycéphales, utilisant notamment des brévilignes et des médiolignes (87 chiens dont des Jack Russell Terrier, Schnauzer Terrier, Shiba Inu, chien chinois à crête, Caniche, Beagle, Teckel, Greyhound, Cocker, Corgi, Pinscher et Scottish Terrier). HARVEY n'a pas précisé les races sur lesquelles il a travaillé hors Bulldogs et COYNE n'a utilisé que des Boston terrier, Bulldogs et Boxer.

Enfin, une évolution des normes peut être évoquée par rapport aux études de 1980, mais cela est impossible par rapport aux dernières études datant de 2022. On peut donc se demander si nos valeurs limites inférieures sont assez discriminantes pour établir le diagnostic d'hypoplasie trachéale : en dessous on peut affirmer avec certitude que la trachée est de taille anormalement petite, mais qu'en est-il des animaux dont les valeurs de seuils se situent entre les valeurs trouvées dans cette thèse, et celles trouvées dans les études précédentes.

Quant à l'influence de l'âge et du sexe, il a été démontré statistiquement qu'ils n'influent aucunement le diamètre trachéal. Cela a été prouvé chez les brévilignes ainsi que chez les médiolignes, sur les valeurs absolues de diamètre trachéal et sur les ratios. Ceci est en accord avec les données trouvées par HARVEY qui indique n'avoir trouvé aucune différence significative entre les mâles et les femelles quant au rapport TD/ET, et COYNE qui ne trouve pas d'influence de l'âge sur les différents ratios. Cependant, ce dernier a trouvé une proportion plus importante d'hypoplasie trachéale entre mâles et femelles puisque 66% des animaux atteints étaient de sexe masculin. HARVEY a quant à lui trouvé que TD/ET était plus petit chez les chiens de moins de 1 an mais n'a pas trouvé de corrélation entre l'âge en mois jusqu'à 1 an et le TD/ET. Ceci n'a pas pu être vérifié dans notre étude car aucun animal en croissance n'a été étudié. Seul des animaux adultes dont l'âge était supérieur à 1 an font parti de l'étude. Il serait donc intéressant de poursuivre cette étude avec des animaux en croissance. Cependant la plupart des études ne s'attardent pas à étudier la différence du diamètre trachéal entre les mâles et les femelles ou selon l'âge.

Dans cette étude, il a été prouvé statistiquement que les chiens brévilignes avaient une trachée plus petite que les médiolignes, ce qui n'avait pas été établi jusque-là. En effet peu d'études compare la taille de la trachée des chiens en fonction de leur morphotype. HARVEY a mis en évidence que le rapport TD/ET était plus petit chez les brachycéphales comparé aux non brachycéphales, et encore plus petit chez les Bulldogs. On peut donc étendre maintenant tous les brévilignes le fait que la diamètre trachéal est plus petit pour ce morphotype.

CONCLUSION

La trachée fait partie de l'arbre respiratoire supérieur et est délimitée crânialement par le larynx, et caudalement par la carina. En dessous d'un certain diamètre, elle est considérée comme hypoplasique ce qui peut engendrer des difficultés respiratoires. La méthode la plus couramment utilisée pour étudier son diamètre est la radiographie thoracique et l'établissement d'un ratio par rapport à l'entrée thoracique. Cependant, les références utilisées sont souvent anciennes et il n'y a pas de consensus parmi les auteurs sur la méthode et les valeurs à utiliser. Au cours de ce travail, 177 chiens ont été étudiés en les classant selon leur morphotype. Malheureusement aucun résultat significatif n'a pu être donné sur les longilignes en raison de leur trop faible nombre. En revanche sur les médiolignes et les brévilignes, six mesures ont été réalisées sur chaque radiographie thoracique en vue latérale droite. Le diamètre trachéal a été mesuré sur trois régions différentes : en région cervicale, à l'entrée du thorax et en intra-thoracique. Les tests statistiques ont démontré que la taille de la trachée est significativement plus petite à l'entrée du thorax mais reste identique sur les autres régions. Ensuite, 3 autres valeurs ont été mesurées sur la radiographie du thorax afin de créer des ratios de standardisation : l'entrée du thorax, la longueur du manubrium sternal et la largeur de la 3ème côte. Ceci a permis d'établir des intervalles de référence pour chaque ration chaque médioligne et chaque région de la trachée. De plus, ont été étudiés plusieurs facteurs afin d'évaluer leur influence sur le diamètre trachéal. Il a été trouvé que le sexe et l'âge n'influençaient pas le diamètre trachéal mais qu'en revanche le morphotype était à prendre en compte. En effet, le diamètre trachéal est significativement plus petit chez les brévilignes que chez les médiolignes.

BIBLIOGRAPHIE

1. BARONE, Robert. *Anatomie comparée des mammifères domestiques, Tome trois, Splanchnologie, Appareil digestif, Appareil respiratoire*. Vigot, 1986. ISBN 978-2-7114-9046-2.
2. EVANS, Howard E. et LAHUNTA, Alexander de. *Miller's anatomy of the dog*, 4ème édition, ELSEVIER, 2013. ISBN 1-4377-0812-9.
3. DABANOĞLU, I., OCAL, M. K. et KARA, M. E. A quantitative study on the trachea of the dog. *Anatomia, Histologia, Embryologia*. Février 2001. Vol. 30, n° 1, pp. 57-59. DOI 10.1046/j.1439-0264.2001.00301.
4. LIEBICH, Hans-Georg. *Veterinary Histology of Domestic Mammals and Birds*. 5ème édition, 2019. ISBN 978-1-78918-009-1.
5. AVKI, Sirri, YIGITARSLAN, Kursad et OZGEL, Ozcan. Comparison of airway size with some phenotypic parameters in Dalmatian puppies : a practical method to estimate endotracheal tube size. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. Janvier 2006. Vol. 33, n° 1, pp. 24-27. DOI 10.1111/j.1467-2995.2005.00200.
6. WONG, W. T. et BROCK, K. A. Tracheal laceration from endotracheal intubation in a cat. *The Veterinary Record*. Juin 1994. Vol. 134, n° 24, pp. 622-624. DOI 10.1136/vr.134.24.622.
7. BROCK, Nancy. Questions about anesthetic equipment. *Can Vet Journal*. mai 1998. Vol. 39, pp. 311-312.
8. LISH, Jim, KO, Jeff C. H. et PAYTON, Mark E. Evaluation of two methods of endotracheal tube selection in dogs. *Journal of the American Animal Hospital Association*. 2008. Vol. 44, n° 5, pp. 236-242. DOI 10.5326/0440236.
9. BOLDER, P. M., HEALY, T. E., BOLDER, A. R., BEATTY, P. C. et KAY, B. The extra work of breathing through adult endotracheal tubes. *Anesthesia and Analgesia*. Août 1986. Vol. 65, n° 8, pp. 853-859.
10. KA, Grimm. *Veterinary Anesthesia and Analgesia, The fifth Edition of Lumb and Jones*. WILEY, 2015. ISBN 978-1-118-52623-1.
11. MANABE, Hitomi, MURAKAMI, Masahiro, KENDALL, Allison et FULKERSON, Caroline V. Tracheal stenosis following endotracheal intubation in a dog. *The Canadian Veterinary Journal*. Décembre 2021. Vol. 62, n° 12, pp. 1289-1291.
12. KAYE, Benjamin et al. Computed tomographic radiographic and endoscopic tracheal dimensions in English Bulldogs with grade 1 clinical signes of brachycephalic airway syndrome. *Veterinary Radiology & Ultrasound : The Official Journal of the American College of Veterinary Radiology and the International Veterinary Radiology Association*. 2015. Vol. 56, n° 6, pp. 609-616. DOI 10.1111/vru.12277.
13. MONTGOMERY, James E. et al. Comparison of radiography and computed tomography for determining tracheal diameter and length in dogs. *Veterinary surgery : VS*. Janvier 2015. Vol. 44, n° 1, pp. 114-118. DOI 10.1111/j.1532-950X.2014.12227.
14. LEITH, D. E. Mammalian tracheal dimensions: scaling and physiology. *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology*. Juillet 1983. Vol. 55, n° 1 Pt 1, pp. 196-200. DOI 10.1152/jappl.1983.55.1.196.
15. THRALL, Donald. *Atlas of Normal radiographic anatomy and anatomic variants in the dog and cat*. 2ème édition. ELSEVIER, 2016. ISBN 978-0-323-31225-7.

16. HOLLOWAY, Andrew et MCCONNELL, Fraser. *BSAVA Manual of Canine and Feline, Radiography and Radiology, A foundation manual*. BSAVA, 2013. ISBN 1-905319-44-4.
17. BROWN, Marg et BROWN, Lois. *Lavins' Radiography for Veterinary Techicians*. 6ème édition. ELSEVIER, 2017. ISBN 0-323-41367-6.
18. HECHT, Silke. *Diagnostic radiology in small animal practice*. 2ème édition. 2020. ISBN 978-1-78918-093-0.
19. O'BRIEN, Robert T. *Thoracic Radiology for the Small Animal Practitioner*. Made Easy Series, 2000. ISBN 978-1-893441-08-8.
20. MACREADY, Dawn M., JOHNSON, Lynelle R. et POLLARD, Rachel E. Fluoroscopic and radiographic evaluation of tracheal collapse in dogs : 62 cases (2001-2006). *Journal of the American Veterinary Medical Association*. Juin 2007. Vol. 230, n° 12, pp. 1870-1876. DOI 10.2460/javma.230.12.1870.
21. BELTRÁN, K. G., PASCON, J. P. E. et MISTIERI, M. L. A. Radiographic evaluation of tracheal collapse in dogs by compressive technique. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. Juillet 2020. Vol. 72, pp. 799-806. DOI 10.1590/1678-4162-11324.
22. MAGGIORE, Ann Della. Tracheal and airway collapse in dogs. *The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice*. Janvier 2014. Vol. 44, n° 1, pp. 117-127. DOI 10.1016/j.cvsm.2013.09.004.
23. JOHNSON, L.r. et POLLARD, R.e. Tracheal Collapse and Bronchomalacia in Dogs : 58 Cases (7/2001–1/2008). *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2010. Vol. 24, n° 2, pp. 298-305. DOI 10.1111/j.1939-1676.2009.0451.x.
24. RUEL, Yves. Flaccidité, collapsus, hypoplasie de la trachée chez le chien : comment les reconnaître par la radiographie. *Point vétérinaire*. 1996. Vol. 28, pp. 67-70.
25. BERRY, Clifford R., et al. Thoracic radiographic features of anticoagulant rodenticide toxicity in fourteen dogs. *Veterinary Radiology and Ultrasound*. Novembre 1993. Vol. 34, n° 6, pp. 391-396. DOI 10.1111/j.1740-8261.1993.tb02026.x.
26. FLAGEOLLET, J. et al. Bronchoscopic findings in dogs with bronchial vegetal foreign bodies: 84 cases (2010-2020). *Journal of Small Animal Practice*. Juin 2023. Vol. 64, n° 6, pp. 384-391. DOI 10.1111/jsap.13600.
27. LOTTI, U. et NIEBAUER, G.W. Tracheobronchial foreign bodies of plant origin in 153 hunting dogs. *Continuing Education*. 1992. pp. 900-905.
28. CERQUETELLA, Matteo, et al. Bronchial vegetal foreign bodies in the dog localization in 47 cases. *The Journal of Veterinary Medical Science*. Juillet 2013. Vol. 75, n° 7, pp. 959-962. DOI 10.1292/jvms.12-0494.
29. TENWOLDE, A. C., JOHNSON, L. R., HUNT, G. B., VERNAU, W. et ZWINGENBERGER, A. L. The role of bronchoscopy in foreign body removal in dogs and cats: 37 cases (2000-2008). *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2010. Vol. 24, n° 5, pp. 1063-1068. DOI 10.1111/j.1939-1676.2010.0580.x.
30. HOLLOWAY, Andrew et MCCONNELL, Fraser. *BSAVA Manual of Canine and Feline Radiography and Radiology, A foundation manual*. BSAVA, 2013. ISBN 1-905319-44-4.
31. CAGATAY, S., GOKCE, A.P. et YESILOVALI, G. Removal of a tracheal foreign body by intercostal thoracotomy in a cat. *Veterinárni medicína*. Septembre 2018. Vol. 63, n° 9, pp. 438-442. DOI 10.17221/75/2018-VETMED.

32. MARTEL, Pierre. *Encyclopédie vétérinaire*. Éditions scientifiques et médicales. ELSEVIER, 1992.
33. THRALL, Donald. *Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology*. 6ème édition. ELSEVIER, 2013. ISBN 978-1-4557-0365-4.
34. FOX, Leslie. *Canine Internal Medicine Secrets*. 2007. ISBN 978-1-56053-629-1.
35. Intraluminal tracheal lipoma as a rare cause of dyspnoea in a dog - PubMed. [en ligne]. [Consulté le 30 août 2023]. Disponible à l'adresse: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30261909/>
36. DVORAK, L. D., BAY, J. D., CROUCH, D. T. et CORWIN, R. M. Successful treatment of intratracheal cuterebrosis in two cats. *Journal of the American Animal Hospital Association*. 2000. Vol. 36, n° 4, pp. 304-308. DOI 10.5326/15473317-36-4-304.
37. KOTANI, T., HORIE, M., YAMAGUCHI, S., TSUKAMOTO, Y., ONISHI, T., OHASHI, F. et SAKUMA, S. Lungworm, *Filaroides osleri*, infection in a dog in Japan. *The Journal of Veterinary Medical Science*. Juin 1995. Vol. 57, n° 3, pp. 573-576. DOI 10.1292/jvms.57.573.
38. LYNCH, Alex M., O'TOOLE, Therese E., RUSH, John E., RONDEAU, Danielle, O'NEILL, Kelly et KUDEJ, Raymond K. Acute tracheal compression in a large breed dog due to a dorsal tracheal membrane abscess. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care (San Antonio, Tex.: 2001)*. 2015. Vol. 25, n° 6, pp. 795-800. DOI 10.1111/vec.12379.
39. VON PUCKLER, Kerstin. *Radiographie du thorax et de l'abdomen du chien et du chat, savoir réaliser et interpréter une radiographie*. Les Éditions du Point Vétérinaire. 2019. ISBN 978-2-86326-390-7.
40. HARVEY, C. et FINK, E. Tracheal diameter: analysis of radiographic measurements in brachycephalic and nonbrachycephalic dogs. *Journal of The American Animal Hospital Association*. 1982.
41. MOSTAFA, Ayman A. et BERRY, Clifford R. Radiographic vertical tracheal diameter assessment at different levels along the trachea as an alternative method for the evaluation of the tracheal diameter in non-brachycephalic small breed dogs. *BMC veterinary research*. Février 2022. Vol. 18, n° 1, pp. 61. DOI 10.1186/s12917-022-03160-4.
42. REGIER, Penny J., GROSSO, Federico Vilaplana, STONE, Hannah K. et VAN SANTEN, Edzard. Radiographic tracheal dimensions in brachycephalic breeds before and after surgical treatment for brachycephalic airway syndrome. *The Canadian Veterinary Journal*. Septembre 2020. Vol. 61, n° 9, pp. 971-976.
43. SUTER, PF, COLGROVE, DJ et EWING, GO. Congenital Hypoplasia of the Canine Trachea. *Journal of The American Animal Hospital Association*. 1972. Vol. 8, pp. 120-127.
44. LEONARD, Caroline D., JOHNSON, Lynelle R., BONADIO, Cecily M. et POLLARD, Rachel E. Changes in tracheal dimensions during inspiration and expiration in healthy dogs as detected via computed tomography. *American Journal of Veterinary Research*. Août 2009. Vol. 70, n° 8, pp. 986-991. DOI 10.2460/ajvr.70.8.986.
45. COYNE, B. E. et FINGLAND, R. B. Hypoplasia of the trachea in dogs : 103 cases (1974-1990). *Journal of the American Veterinary Medical Association*. Septembre 1992. Vol. 201, n° 5, pp. 768-772.
46. INGMAN, Jessica, NÄSLUND, Veronica et HANSSON, Kerstin. Comparison between tracheal ratio methods used by three observers at three occasions in English Bulldogs. *Acta Veterinaria Scandinavica*. Décembre 2014. Vol. 56, n° 1, pp. 79. DOI 10.1186/s13028-014-0079-6.
47. MAUREL, Guylaine. *Pathologie et chirurgie de la trachée chez les carnivores domestiques*. École Nationale Vétérinaire de Lyon, 2003.

48. PALMIER, Charlotte. *Les races canines brachycéphales : origines et enjeux*. ONIRIS, 2021.
49. SOCIÉTÉ CENTRALE CANINE. *Le Chien, Morphologie, Esthétique, Jugement*. Castor et Pollux, 2013. ISBN 2-35008-053-6.
50. FENET, Marion, GAILLARD, Elodie, CONCHOU, Fabrice, PAREDES, Gonzalo Polo, JOURDAN, Géraldine, DIQUELOU, Armelle et AUMANN, Marcel. Cervical tracheal rupture with persistence of a pseudotrachea in a dog. *The Canadian Veterinary Journal*. Août 2022. Vol. 63, n° 8, pp. 830-834.
51. SOCIÉTÉ CENTRALE CANINE. *Inscriptions des chiens de race au LOF en 2022 par groupe de race* [en ligne]. 2023. [Consulté le 5 juin 2023]. Disponible à l'adresse: <https://www.centrale-canine.fr/sites/default/files/2023-01/statistiques%20LOF%202022.pdf>
52. SPODNICK, G. J. et NWADIKE, B. S. Surgical management of extrathoracic tracheal collapse in two large-breed dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. Décembre 1997. Vol. 211, n° 12, pp. 1545-1548.
53. AUBRY, Mathilde, Marie. *L'influence de l'âge sur les mesures radiographiques du diamètre trachéal chez le chat en croissance*. ONIRIS, 2020.

Marie, Laura DEHAYE

TITRE DE LA THÈSE : Mesures radiographiques du diamètre trachéal canin : étude rétrospective menée chez 177 chiens

Radiographic measures of the tracheal diameter in dogs : retrospective study led on 177 dogs.

Thèse d'État de Doctorat Vétérinaire : Nantes, le 28 septembre 2023

RÉSUMÉ

La mesure du diamètre trachéal présente des enjeux majeurs tels que la détermination du diamètre de sonde endotrachéale ou encore le diagnostic d'hypoplasie trachéale. Cependant les valeurs de références sont anciennes ou reposent sur des études recrutant trop peu de candidats. Notre objectif a d'une part été d'établir des mesures de références de diamètre trachéal chez les chiens selon le morphotype de l'animal, ce qui a pu être réalisé sur les brévilignes et les médiolignes. Statistiquement, il a été démontré que le diamètre trachéal est plus petit chez les brévilignes que chez les médiolignes. Par ailleurs, le diamètre trachéal n'est pas constant et est significativement plus petit à l'entrée du thorax. D'autre part, diverses corrélations avec le diamètre trachéal ont été étudiées. Il a été mis en évidence que ni l'âge, ni le sexe ne joue sur le diamètre trachéal. En revanche il existe une forte corrélation avec des caractéristiques phénotypiques mesurées sur la radiographie thoracique ce qui a permis d'établir des ratios : le diamètre trachéal par rapport à l'entrée thoracique (TD/ET), à la longueur du manubrium sternal (TD/LM) et à la largeur de la 3^{ème} côte (TD/L3C).

MOTS CLÉS :

- Chiens
- Radiographie
- Trachée
- Hypoplasie

DATE DE SOUTENANCE : 28 septembre 202