

**VETAGRO SUP  
CAMPUS VETERINAIRE DE LYON**

Année 2012- Thèse n°

***EVALUATION ET EVOLUTION DE « L'INDICE DE  
BUCHANAN » CHEZ LE CHATON - ETUDE RETROSPECTIVE***

**THESE**

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I  
(Médecine - Pharmacie)  
et soutenue publiquement le 5 Décembre 2012  
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

*Coline MUSEL*  
Née le 13 Mars 1987  
à Echirolles



VetAgro Sup





**VETAGRO SUP  
CAMPUS VETERINAIRE DE LYON**

Année 2012- Thèse n°

***EVALUATION ET EVOLUTION DE « L'INDICE DE  
BUCHANAN » CHEZ LE CHATON - ETUDE RETROSPECTIVE***

**THESE**

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I

(Médecine - Pharmacie)

et soutenue publiquement le 5 Décembre 2012

pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

*Coline MUSEL*

Née le 13 Mars 1987

à Echirolles



VetAgro Sup





## ENSEIGNANTS DU CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE VETAGRO SUP

NOM	Prénom	Grade	Unité pédagogique
ALOGNINOUIWA	Théodore	Professeur 1ere cl	Pathologie du bétail
ALVES-DE-OLIVEIRA	Laurent	Maître de conférences hors cl	Gestion des élevages
ARCANGIOLI	Marie-Anne	Maître de conférences cl normale	Pathologie du bétail
ARTOIS	Marc	Professeur 1ere cl	Santé Publique et Vétérinaire
BECKER	Claire	Maître de conférences cl normale	Pathologie du bétail
BELLI	Patrick	Maître de conférences associé	Pathologie morphologique et clinique
BELLUCO	Sara	Maître de conférences cl normale	Pathologie morphologique et clinique
BENAMOU-SMITH	Agnès	Maître de conférences cl normale	Equine
BENOIT	Etienne	Professeur 1ere cl	Biologie fonctionnelle
BERNY	Philippe	Professeur 1ere cl	Biologie fonctionnelle
BONNET-GARIN	Jeanne-Marie	Professeur 2eme cl	Biologie fonctionnelle
BOULOCHER	Caroline	Maître de conférences cl normale	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
BOURDOISEAU	Gilles	Professeur 1ere cl	Santé Publique et Vétérinaire
BOURGOIN	Gilles	Maître de conférences cl normale	Santé Publique et Vétérinaire
BRUYERE	Pierre	Maître de conférences contractuel	Biotechnologies et pathologie de la reproduction
BUFF	Samuel	Maître de conférences cl normale	Biotechnologies et pathologie de la reproduction
BURONFOSSE	Thierry	Maître de conférences hors cl	Biologie fonctionnelle
CACHON	Thibaut	Maître de conférences contractuel	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
CADORE	Jean-Luc	Professeur 1ere cl	Pathologie médicale des animaux de compagnie
CALLAIT-CARDINAL	Marie-Pierre	Maître de conférences cl normale	Santé Publique et Vétérinaire
CAROZZO	Claude	Maître de conférences cl normale	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
CHABANNE	Luc	Professeur 1ere cl	Pathologie médicale des animaux de compagnie
CHALVET-MONFRAY	Karine	Maître de conférences hors cl	Biologie fonctionnelle
COMMUN	Loïc	Maître de conférences cl normale	Gestion des élevages
DELIGNETTE-MULLER	Marie-Laure	Professeur 2eme cl	Biologie fonctionnelle
DEMONT	Pierre	Professeur 2eme cl	Santé Publique et Vétérinaire
DESJARDINS-PESSON	Isabelle	Maître de conférences contractuel	Equine
DJELOUADJI	Zorée	Maître de conférences stagiaire	Santé Publique et Vétérinaire
ESCRIOU	Catherine	Maître de conférences cl normale	Pathologie médicale des animaux de compagnie
FAU	Didier	Professeur 1ere cl	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
FOURNEL	Corinne	Professeur 1ere cl	Pathologie morphologique et clinique
FRANCK	Michel	Professeur 1ere cl	Gestion des élevages
FRIKHA	Mohamed-Ridha	Maître de conférences cl normale	Pathologie du bétail

NOM	Prénom	Grade	Unité pédagogique
GANGL	Monica	Maître de conférences contractuel	Equine
GARNIER	François	Professeur 1ere cl	Biologie fonctionnelle
GENEVOIS	Jean-Pierre	Professeur cl ex	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
GILOT-FROMONT	Emmanuelle	Professeur 2eme cl	Biologie fonctionnelle
GONTHIER	Alain	Maître de conférences cl normale	Santé Publique et Vétérinaire
GRAIN	Françoise	Professeur 2eme cl	Gestion des élevages
GRANCHER	Denis	Maître de conférences hors cl	Gestion des élevages
GREZEL	Delphine	Maître de conférences cl normale	Santé Publique et Vétérinaire
GUERIN	Pierre	Professeur 2eme cl	Biotechnologies et pathologie de la reproduction
GUERIN-FAUBLEE	Véronique	Maître de conférences hors cl	Biologie fonctionnelle
HUGONNARD	Marine	Maître de conférences cl normale	Pathologie médicale des animaux de compagnie
JUNOT	Stéphane	Maître de conférences cl normale	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
KECK	Gérard	Professeur 1ere cl	Biologie fonctionnelle
KODJO	Angeli	Professeur 2eme cl	Santé Publique et Vétérinaire
LACHERETZ	Antoine	Professeur 1ere cl	Santé Publique et Vétérinaire
LAMBERT	Véronique	Maître de conférences cl normale	Gestion des élevages
LE GRAND	Dominique	Maître de conférences hors cl	Pathologie du bétail
LEBLOND	Agnès	Professeur 2eme cl	Santé Publique et Vétérinaire
LEFRANC POHL	Anne-Cécile	Maître de conférences cl normale	Biotechnologies et pathologie de la reproduction
LEPAGE	Olivier	Professeur 1ere cl	Equine
LOUZIER	Vanessa	Maître de conférences cl normale	Biologie fonctionnelle
MARCHAL	Thierry	Maître de conférences hors cl	Pathologie morphologique et clinique
MIALET	Sylvie	Inspecteur de la santé publique vétérinaire (ISPV) faisant fonction de Maître de conférences	Santé Publique et Vétérinaire
MOUNIER	Luc	Maître de conférences cl normale	Gestion des élevages
PEPIN	Michel	Professeur 1ere cl	Santé Publique et Vétérinaire
PIN	Didier	Maître de conférences cl normale	Pathologie morphologique et clinique
PONCE	Frédérique	Maître de conférences cl normale	Pathologie médicale des animaux de compagnie
PORTIER	Karine	Maître de conférences cl normale	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
PROUILLAC	Caroline	Maître de conférences cl normale	Biologie fonctionnelle
REMY	Denise	Professeur 2eme cl	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
ROGER	Thierry	Professeur 1ere cl	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
SABATIER	Philippe	Professeur 2eme cl	Biologie fonctionnelle
SAWAYA	Serge	Maître de conférences cl normale	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
SERGEANT	Delphine	Maître de conférences cl normale	Santé Publique et Vétérinaire
THIEBAULT	Jean-Jacques	Maître de conférences hors cl	Biologie fonctionnelle
VIGUIER	Eric	Professeur 1ere cl	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
VIRIEUX-WATRELOT	Dorothée	Maître de conférences contractuel	Pathologie morphologique et clinique
ZENNER	Lionel	Professeur 2eme cl	Santé Publique et Vétérinaire

## **Remerciements**

### **A Monsieur le Professeur François Cotton**

De la Faculté de Médecine de Lyon,

Pour nous avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse,

Hommages respectueux.

### **A Madame le Docteur Karine CHALVET-MONFRAY**

Du Campus Vétérinaire de Lyon

Qui nous a fait l'honneur d'encadrer et de soutenir ce travail

Pour sa disponibilité et son enthousiasme

Sincères remerciements

### **A Monsieur le Professeur Jean-Luc CADORE**

Du Campus Vétérinaire de Lyon

Qui nous a fait l'honneur de participer à notre jury de thèse

Sincères remerciements

### **A Madame le Docteur Juliette SONET**

Du Campus Vétérinaire de Lyon

Pour nous avoir encadré tout au long de l'élaboration de ce travail

Pour ses précieux conseils et sa patience

Qu'elle trouve en ces lignes l'expression de notre reconnaissance la plus sincère





## Table des matières

<b>INDEX DES FIGURES.....</b>	<b>10</b>
<b>INDEX DES ABRÉVIATIONS .....</b>	<b>11</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>13</b>
<b><i>PARTIE 1 : LE CŒUR DU CHAT, RAPPELS ANATOMIQUES ET RADIOGRAPHIQUES .....</i></b>	<b>15</b>
<b>I. RAPPELS ANATOMIQUES .....</b>	<b>17</b>
<b>A. Structures extra-thoraciques.....</b>	<b>17</b>
<b>B. Les poumons .....</b>	<b>21</b>
<b>C. L'arbre bronchique.....</b>	<b>22</b>
<b>D. Les plèvres .....</b>	<b>23</b>
<b>E. Le médiastin.....</b>	<b>23</b>
<b>F. Les principaux vaisseaux.....</b>	<b>24</b>
<b>G. Le cœur .....</b>	<b>26</b>
1. Conformation externe.....	27
2. Position .....	28
3. Le squelette du cœur .....	29
4. Les cavités .....	29
5. Irrigation sanguine .....	30
<b>II. ÉTUDE DE LA RADIOGRAPHIE THORACIQUE DU CHAT .....</b>	<b>31</b>
<b>A. Techniques de radiographie du thorax .....</b>	<b>31</b>
1. Préparation du patient.....	31
2. Marquage des clichés .....	31
3. Contention et positionnement .....	32
4. Les constantes.....	34
5. Phase respiratoire .....	36
6. Contrôle de la qualité du cliché .....	36
a) Positionnement .....	37
b) Phase respiratoire .....	37
<b>B. Anatomie radiographique normale du thorax .....</b>	<b>38</b>
1. Evaluation systématique .....	38
2. Les structures extra-thoraciques.....	39
a) Les structures osseuses .....	39
b) Le diaphragme.....	41

3.	Les structures thoraciques .....	42
a)	Le cœur .....	42
b)	Les poumons et l'arbre bronchique .....	45
c)	La trachée.....	45
d)	Les vaisseaux sanguins.....	46
e)	Les nœuds lymphatiques .....	49
f)	Le médiastin .....	49
g)	Les plèvres et l'espace pleural.....	49
4.	Variations normales du cliché radiographique .....	50
a)	Positionnement .....	50
b)	Constantes.....	50
c)	Expiration .....	50
d)	Individus obèses.....	51
e)	Individus âgés.....	52
f)	Race.....	52

## ***PARTIE 2 : ETUDE RETROSPECTIVE ..... 53***

### **I. ANIMAUX, MATÉRIEL ET MÉTHODES ..... 56**

#### **A. Animaux..... 56**

#### **B. Radiographies et mesures..... 56**

#### **C. Analyse statistique ..... 58**

### **II. RÉSULTATS..... 59**

#### **A. Distribution du VHS..... 59**

#### **B. Effet de l'âge sur le VHS ..... 60**

#### **C. Effet du sexe sur le VHS ..... 63**

### **III. DISCUSSION ET PERSPECTIVES..... 64**

#### **A. Caractère rétrospectif de l'étude..... 64**

#### **B. Conditions de l'étude..... 65**

1.	Les biais de recrutement.....	65
a)	Commémoratifs .....	65
b)	Anamnèse et examen clinique .....	66
(1)	Anomalies respiratoires.....	66
(2)	Souffle cardiaque.....	67
(3)	Anomalies sanguines.....	68
2.	Anesthésie .....	69
3.	Radiographies .....	71
4.	Observateurs.....	73
5.	Mesures .....	74

## **CONCLUSION.....78**

<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>79</b>
<b>ANNEXE.....</b>	<b>83</b>

## Index des figures

Figure 1 : Aspect ventral du sternum chez le chat [1].....	18
Figure 2 : Aspect latéral du squelette de la cavité thoracique chez le chat [1] .....	19
Figure 3 : Diaphragme - Face thoracique .....	20
Figure 4 : Incisure cardiaque droite [1] .....	22
Figure 5 : Conformation externe des gros vaisseaux et du cœur du chat - Face atriale [1] .....	25
Figure 6 : Conformation externe des gros vaisseaux et du cœur du chat - Face auriculaire [1] .....	26
Figure 7 : Position normale du cœur chez le chat - Vue latérale gauche [1] .....	28
Figure 8 : Cadrage pour une radiographie thoracique de profil – Vue chez le chien [7] .....	33
Figure 9 : Grille antidiffusante [7] .....	36
Figure 10 : Radiographie de profil du rachis thoracique chez le chat [7].....	39
Figure 11 : Radiographie thoracique de profil d'un chat européen mâle castré de 1 an – Visualisation des côtes (partie osseuse en bleu et cartilagineuse en jaune), du sternum (vert) qui se termine par l'appendice xiphoïde (rouge) [7] .....	40
Figure 12 : Radiographie thoracique de profil de chat - Visualisation du diaphragme (flèche blanche) mis en évidence par les poumons emplis d'air, la graisse rétrosternale crânialement et la graisse du ligament falciforme caudalement [7] .....	41
Figure 13 : Aspect normal du cœur d'un chat adulte sur une radiographie thoracique de profil [7].....	42
Figure 14 : Visualisation des cavités cardiaques sur une radiographie thoracique de profil (CrVC : veine cave crânial, RAu : auricule droite, RV : ventricule droit, LV : ventricule gauche, LA : atrium gauche, Ao : aorte, MPA: tronc artériel pulmonaire, CdVC : veine cave caudale [7] .....	43
Figure 15 : Horloge cardiaque - Vue de profil [7, 13].....	44
Figure 16 : Exemple de niveaux de mesures pour évaluer la taille des vaisseaux sur une radiographie thoracique de profil de chat. Flèche blanche, tiers proximal de la quatrième côte. Flèche noire, artère du lobe pulmonaire crânial droit [7] .....	46
Figure 17 : Visualisation de l'aorte (flèches orange) sur une radiographie thoracique de profil de chat [7] .....	47
Figure 18 : Visualisation du trajet normal de la veine cave caudale (flèches verte) sur une radiographie thoracique de profil de chat [7].....	48
Figure 19 : Radiographie thoracique de profil de chaton (6.5 mois) - Illustration de la méthode de Buchanan (VHS = 8.0 vertèbres) .....	58
Figure 20 : Répartition du VHS au sein de la population de chatons .....	59
Figure 21 : Répartition du VHS en fonction de l'âge (0 à 12 mois) .....	60
Figure 22 : Répartition du VHS en fonction de l'âge (3 à 12 mois) .....	62
Figure 23 : Répartition du VHS en fonction de l'âge chez les chatons mâles et femelles .....	63

## **Index des abréviations**

CMH : Cardiomyopathie hypertrophique

DV : dorso-ventral(e)

Ht : hématocrite

VD : ventro-dorsal(e)

VHS : Vertebral heart scale



# Introduction

Dans le but d'évaluer la taille de la silhouette cardiaque à la radiographie la méthode de mesure de Buchanan a été mise en place en 1991 pour l'espèce canine et adaptée en 2000 pour le chat avec la mise en évidence d'une valeur normale du VHS suite à une étude sur une centaine d'individus. Elle permet d'obtenir la taille relative du cœur et ainsi de comparer à une norme chiffrée unique des animaux de formats différents. Très utile pour des lecteurs peu habitués, elle peut s'avérer intéressante également pour des radiologues aguerris, notamment lors de suivis de la taille du cœur dans l'évolution de certaines affections.

Cette méthode couramment utilisée dans les écoles vétérinaires permet aux étudiants de s'habituer à interpréter la taille du cœur sur des radiographies thoraciques de profil pour des chats de tous âges et de tous formats. Cette méthode présente une limite concernant l'interprétation de la taille du cœur des chatons puisque l'expression « cardiomégalie liée à l'âge » est fréquemment retrouvée en conclusion d'interprétation. Cette expression scientifiquement fausse exprime le fait que l'indice de Buchanan mesuré chez ces chatons est supérieur à la norme connue pour l'adulte mais que leur appareil cardiovasculaire a néanmoins l'air sain.

Les objectifs de cette étude sont de déterminer si la taille relative normale du cœur des chatons est significativement plus grande que celles des individus adultes et le cas échéant de déterminer une norme pour les chatons et de trouver une formule permettant de connaître le VHS en fonction de l'âge du patient. Nous allons commencer par des rappels anatomiques et radiographiques du cœur du chat. Puis nous détaillerons l'étude rétrospective qui a été menée en terminant par une discussion incluant les perspectives ouvertes par cette étude.





***PARTIE 1 :***  
***Le cœur du chat,***  
***rappels anatomiques et***  
***radiographiques***



# I. Rappels anatomiques

La radiographie thoracique est un examen complémentaire qui permet entre autres une évaluation de la taille et de la forme du cœur de l'animal de son vivant. Cependant son interprétation nécessite une connaissance parfaite de l'anatomie de cet organe et des structures qui l'entourent. Un rappel de l'anatomie générale de la cavité thoracique précèdera une étude plus approfondie de l'anatomie du cœur lui-même, puis nous étudierons plus particulièrement leur aspect radiographique [1, 2, 3, 4].

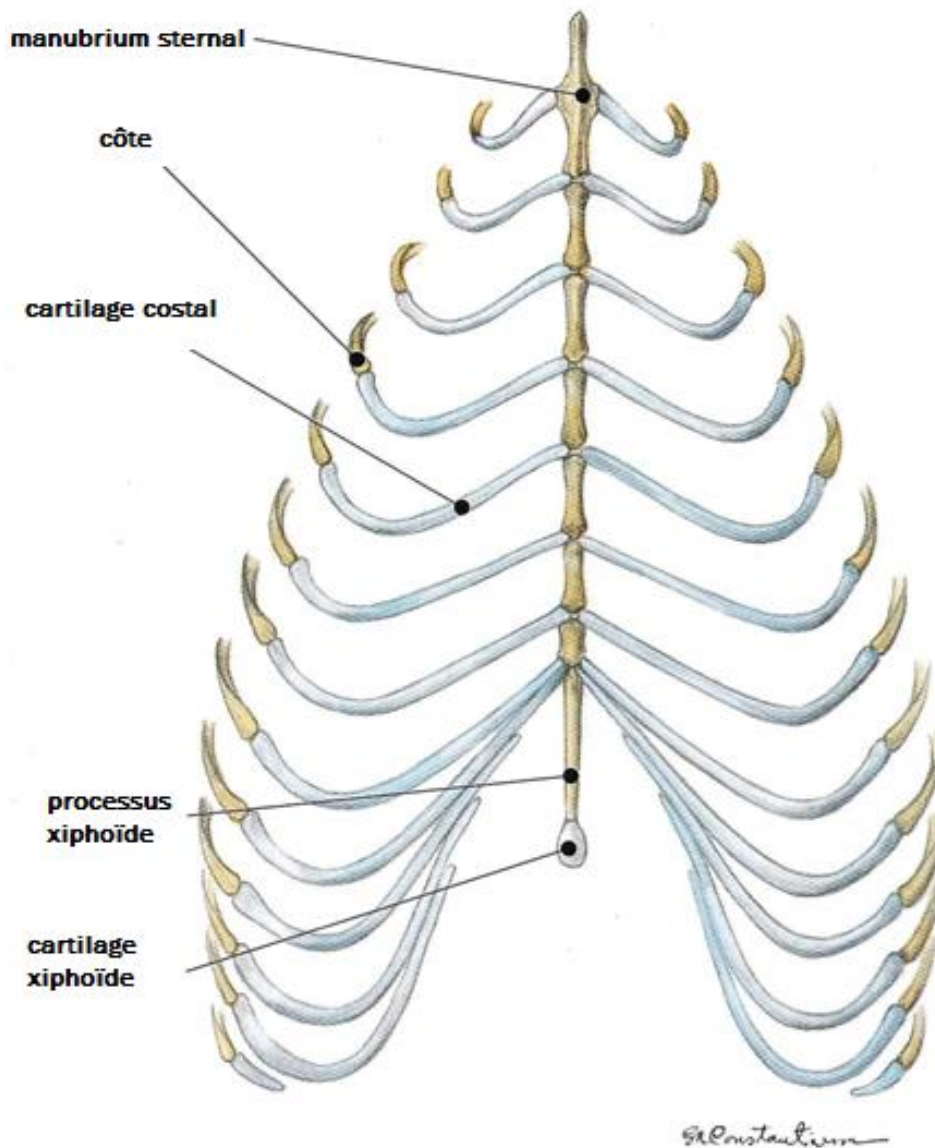
## A. *Structures extra-thoraciques*

La cavité thoracique présente crânialement une ouverture et non une paroi, appelée entrée du thorax ou de la poitrine. Elle est délimitée dorsalement par le corps de la première vertèbre thoracique, latéralement par la première paire de côte et ventralement par le manubrium sternal. L'ouverture est légèrement oblique ventro-caudalement et est divisée en deux étages : l'étage aérifère dorsal avec les muscles long du cou, l'œsophage et la trachée, et l'étage vasculaire ventral avec les racines de la veine cave crâniale et les troncs vasculaires sous-claviers.

Les parties latérales, dorsale et ventrale de la paroi de la cavité thoracique sont constituées notamment de structures osseuses : le sternum, les vertèbres thoraciques et les côtes.

Les vertèbres thoraciques, au nombre de 13 chez le chat, ont un corps allongé et arrondi, sans crêtes ventrales. Le profil de l'axe vertébral forme un S à concavité ventrale au niveau des premières vertèbres [1, 2, 3, 4, 5].

Le sternum, structure ventrale ostéo-cartilagineuse mince et très allongée, s'articule avec les cartilages costaux des côtes sternales (Cf. **Figure 1**). Il est formé crânialement d'un fin manubrium sternal, la première sternèbre, puis de 6 autres sternèbres, et se termine caudalement par le cartilage xiphoïde porté par le processus xiphoïde.



**Figure 1 : Aspect ventral du sternum chez le chat [1]**

Les côtes sont des os pairs courbés et allongés qui sont constitués d'une partie osseuse dorsale et d'une partie cartilagineuse ventrale. Le chat possède 13 paires de côtes. Les 9 premières paires sont sternales, tandis que les paires 10 à 13 sont asternales. Les cartilages costaux 10, 11 et 12 forment l'arc costal. La treizième paire peut ne pas avoir de cartilage costal, elle est dans ce cas dite flottante. Les parois osseuses sont complétées par des parois musculaires que nous ne détaillerons pas, du tissu graisseux sous-cutané et la peau (Cf. Figure 2).

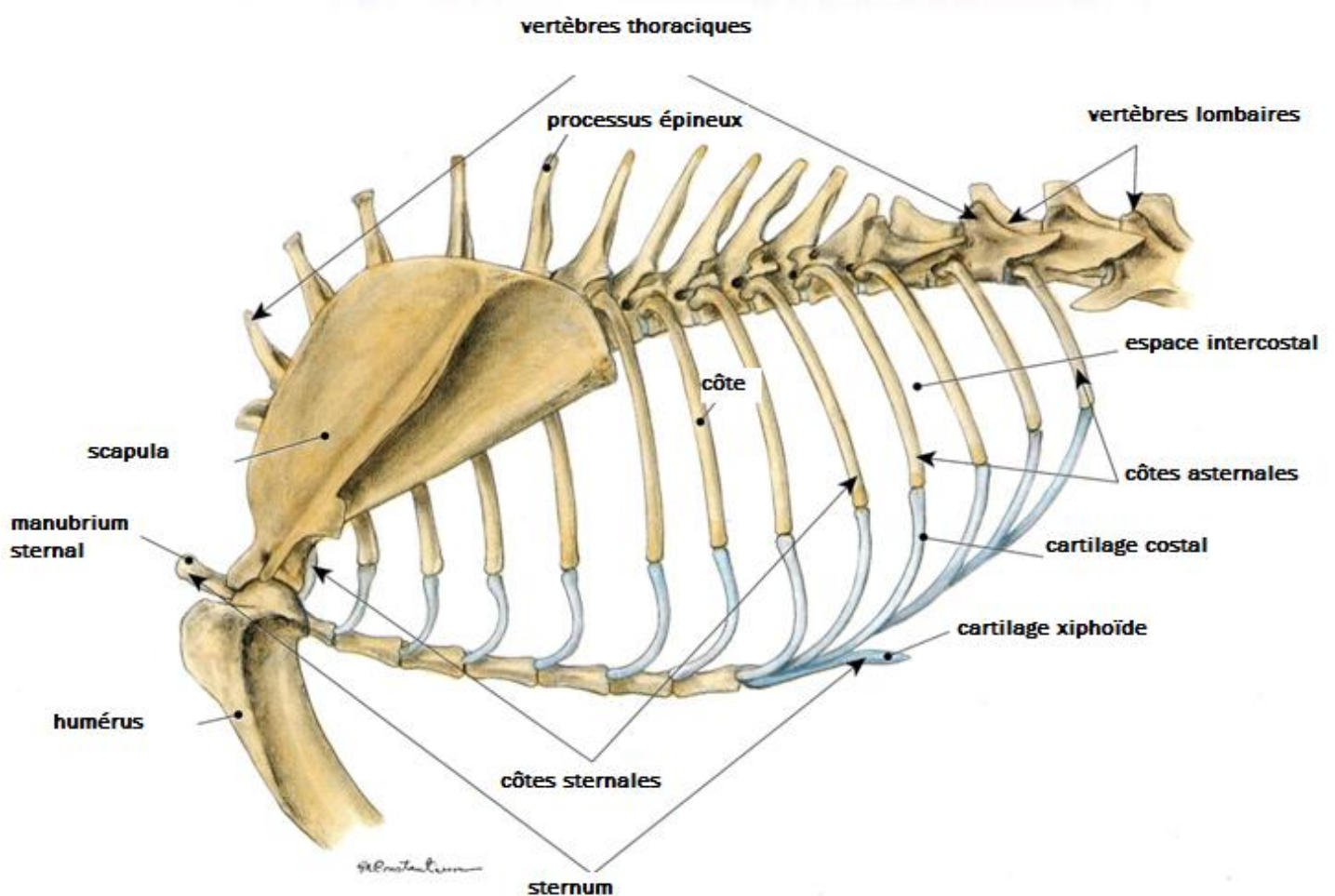
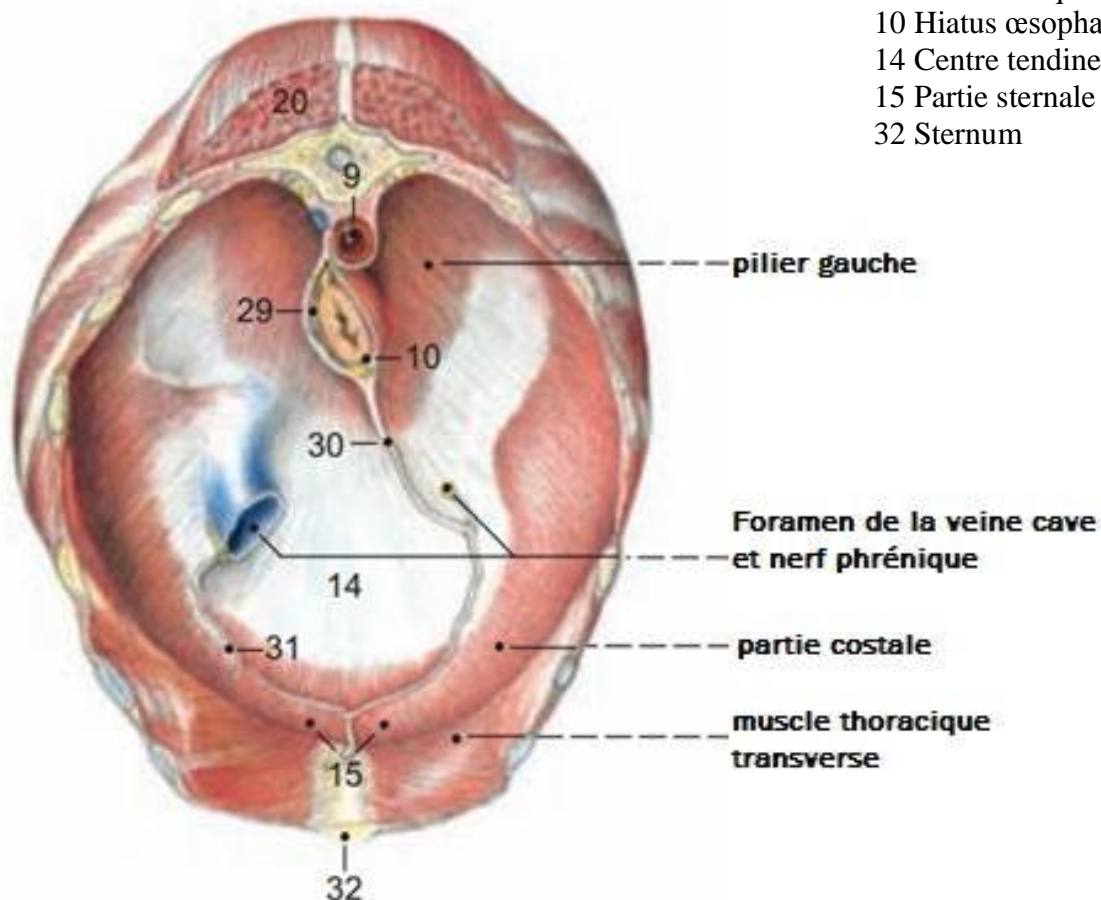


Figure 2 : Aspect latéral du squelette de la cavité thoracique chez le chat [1]

Le diaphragme, organe musculo-tendineux en forme de dôme, constitue la paroi caudale de la cavité thoracique (Cf. **Figure 3**). La convexité crâniale plutôt ventrale arrive pratiquement à mi-longueur du thorax. La partie tendineuse est centrale. La partie musculaire périphérique en forme de fer à cheval est divisée en parties sternale, costales et lombaire. La partie lombaire a deux piliers perforés par le hiatus œsophagien central, le hiatus aortique dorsal et le foramen de la veine cave ventral droit. Le diaphragme s'attache au sternum caudal puis le long du huitième cartilage costal et près des jonctions costochondrales des côtes 9 à 13, dorsalement les piliers lombaires droit et gauche s'attachent respectivement à la troisième vertèbre lombaire et à la quatrième vertèbre lombaire. Le foramen de la veine cave permet à cette dernière de traverser le diaphragme dans sa portion tendineuse, ventralement et à droite du hiatus œsophagien [1, 2, 3, 4, 5].

### Légende

- 9 Hiatus aortique
- 10 Hiatus œsophagien
- 14 Centre tendineux
- 15 Partie sternale
- 32 Sternum



**Figure 3 : Diaphragme - Face thoracique**

## *B. Les poumons*

Ce sont, avec le cœur, les principaux organes intra-thoraciques. Ils occupent la majeure partie du volume de la cavité thoracique.

Chez le chat la seule communication entre les héli-thorax gauche et droit se situe à la bifurcation trachéo-bronchique, les feuillets médiastinaux des plèvres n'offrant pas de communication.

Les poumons ont, en coupe para-sagittale, une forme triangulaire dont la base caudale repose contre le diaphragme. Chaque poumon présente trois faces : costale, médiastinale et diaphragmatique, unies par trois bords : dorsal, ventral et basal.

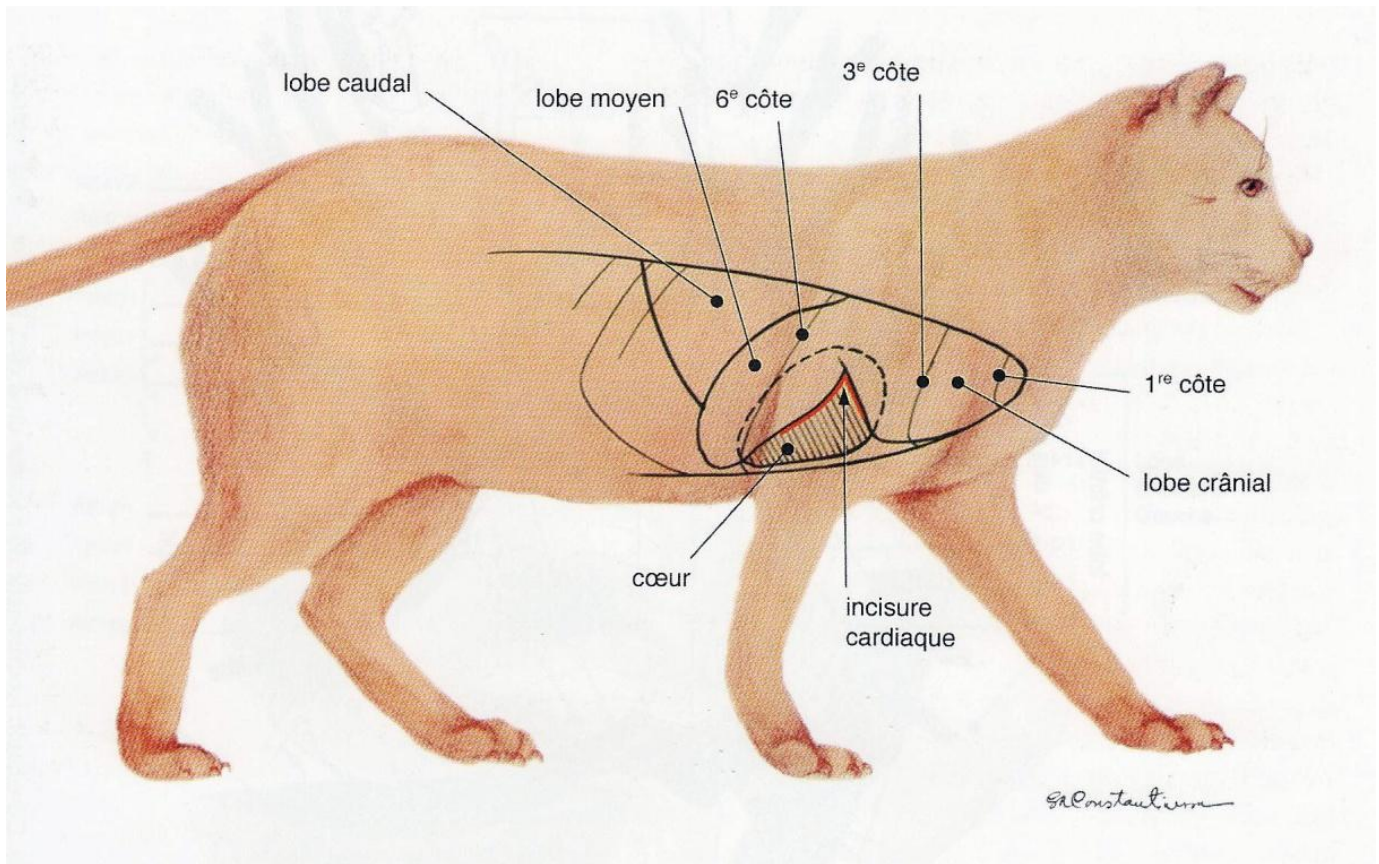
Le poumon gauche est constitué de deux lobes : le lobe crânial gauche se divise en parties crâniale et caudale et le lobe caudal gauche.

Le poumon droit est constitué de 4 lobes : le crânial droit, le moyen, le caudal droit, et l'accessoire.

Les lobes pulmonaires sont séparés les uns des autres par des scissures interlobaires.



Ainsi les poumons entourent le cœur, il existe toutefois deux espaces en forme de V qui ménagent une incisure cardiaque dessinée dans le bord ventral de chaque poumon, où le cœur est au contact de la paroi latérale de la cavité thoracique. L'incisure cardiaque à droite est entre les lobes crânial droit et moyen (Cf. **Figure 4**); elle se situe à gauche entre la partie crâniale et la partie caudale du lobe crânial [1, 2, 3, 4].



**Figure 4 : Incisure cardiaque droite [1]**

### *C. L'arbre bronchique*

Il présente une division dichotomique qui s'organise ainsi : les bronches principales droite et gauche immédiatement en arrière de la bifurcation trachéale, se divisent en bronches lobaires, chacune se dirigeant vers un lobe pulmonaire. Elles se divisent ensuite en bronches segmentaires, sous-segmentaires, bronchioles terminales et enfin bronchioles respiratoires. Les bronchioles respiratoires présentent encore une ou deux ramifications avant de mener aux sacs alvéolaires, composés d'alvéoles pulmonaires [1, 2, 3, 4].



## *D. Les plèvres*

Les plèvres sont les membranes séreuses des poumons. Chaque poumon possède sa plèvre séparée en deux feuillets, le feuillet viscéral ou plèvre viscérale et le feuillet pariétal ou plèvre pariétale.

Les feuillets sont séparés virtuellement par 1 à 3mL de liquide qui permet le glissement de l'un par rapport à l'autre. Cet espace virtuel, appelé espace pleural, n'est normalement pas visible en radiographie.

Les plèvres viscérales droite et gauche recouvrent entièrement les poumons et s'insinuent dans les scissures interlobaires. La plèvre viscérale est très adhérente au parenchyme pulmonaire duquel on ne peut pratiquement pas la séparer. La continuité entre plèvres viscérale et pariétale s'effectue au niveau du hile pulmonaire, on parle de ligne de réflexion.

Les plèvres pariétales recouvrent la face profonde de la cavité thoracique dont elles sont séparées par le fascia endothoracique. Chaque plèvre pariétale est formée de trois parties : costale, médiastinale et diaphragmatique, qui sont en continuité et forment les récessus pleuraux. Les plèvres pariétales droite et gauche s'adossent dans le plan médian pour former le médiastin [1, 2, 3, 4, 6].

## *E. Le médiastin*

Ce dernier sépare les deux héli-thorax et contient des structures digestives, respiratoires, cardio-vasculaires ainsi que des nœuds lymphatiques, des nerfs périphériques et le thymus chez les animaux jeunes. Il se subdivise en trois parties. Le médiastin crânial, légèrement dévié vers la gauche, contient la trachée, l'œsophage et la veine cave crâniale. Le médiastin moyen entre la quatrième et la septième côte, contient ventralement le cœur et dorsalement le hile pulmonaire. Le médiastin caudal très mince ventralement, contient dorsalement l'œsophage et la veine cave caudale qui cheminent à proximité jusqu'à traverser le diaphragme [1, 2, 3, 4, 6].

## *F. Les principaux vaisseaux*

Les vaisseaux de plus gros diamètre convergent au niveau de la base du cœur [1, 2, 3, 4].

- Le tronc pulmonaire sort du ventricule droit et se dirige crânio-dorsalement sur la gauche du plan médian, il se divise en artères pulmonaires gauche et droite (Cf. **Figure 6**). L'artère pulmonaire gauche passe ventralement à l'aorte thoracique descendante et rejoint le poumon gauche en passant dorsalement à la bronche lobaire crâniale gauche.

L'artère pulmonaire droite passe sous l'arc aortique, ventralement à la bronche lobaire crâniale droite puis parvient au poumon droit entre le lobe crânial et le lobe moyen.

- Les veines pulmonaires proviennent des poumons et se jettent dans l'atrium gauche (Cf. **Figure 5**, **Figure 6**). Elles se divisent en trois groupes :
  - Issues du lobe crânial droit et du lobe moyen
  - Issues du lobe crânial gauche
  - Issues des lobes caudaux droit et gauche et du lobe accessoire

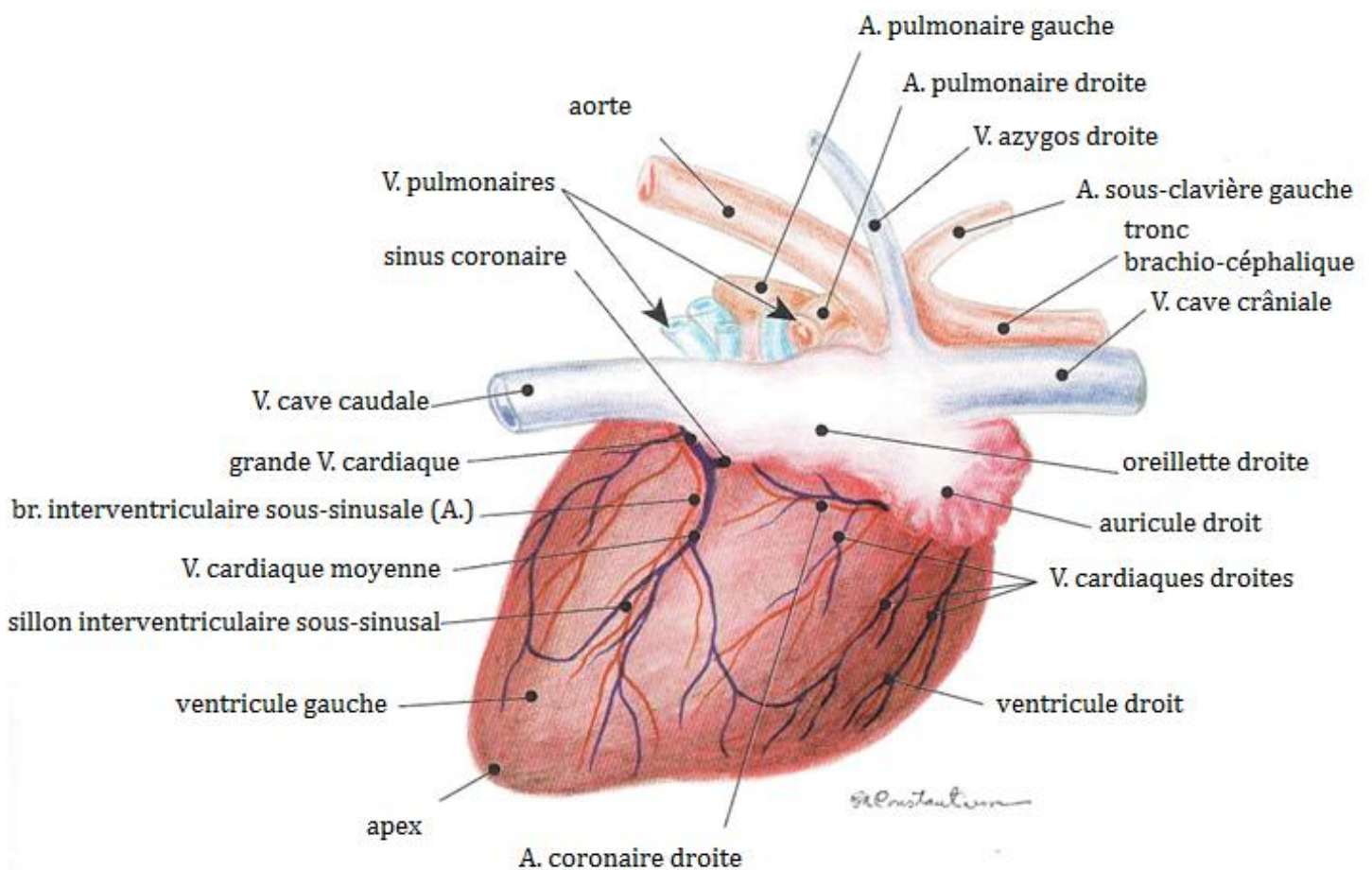
Il existe une variation, où la veine du lobe moyen droit suit le schéma des bronches et rejoint les veines des lobes caudaux.

- Les veines caves ramènent le sang de la circulation général à l'atrium droit (Cf. **Figure 5**, **Figure 6**). La veine cave caudale draine les membres postérieurs et la cavité abdominale. La veine cave crâniale draine les membres antérieurs et la tête.
- La veine azygos provient des premières veines lombaires, elle pénètre dans le thorax à travers le diaphragme par le hiatus aortique (Cf. **Figure 5**). Elle ramène le sang des veines bronchiales, broncho-œsophagiennes, œsophagiennes, intercostales et subcostales à l'atrium droit. Elle chemine directement ventralement à l'axe vertébral thoracique dont elle reçoit des affluents de chaque espace intervertébral [7].

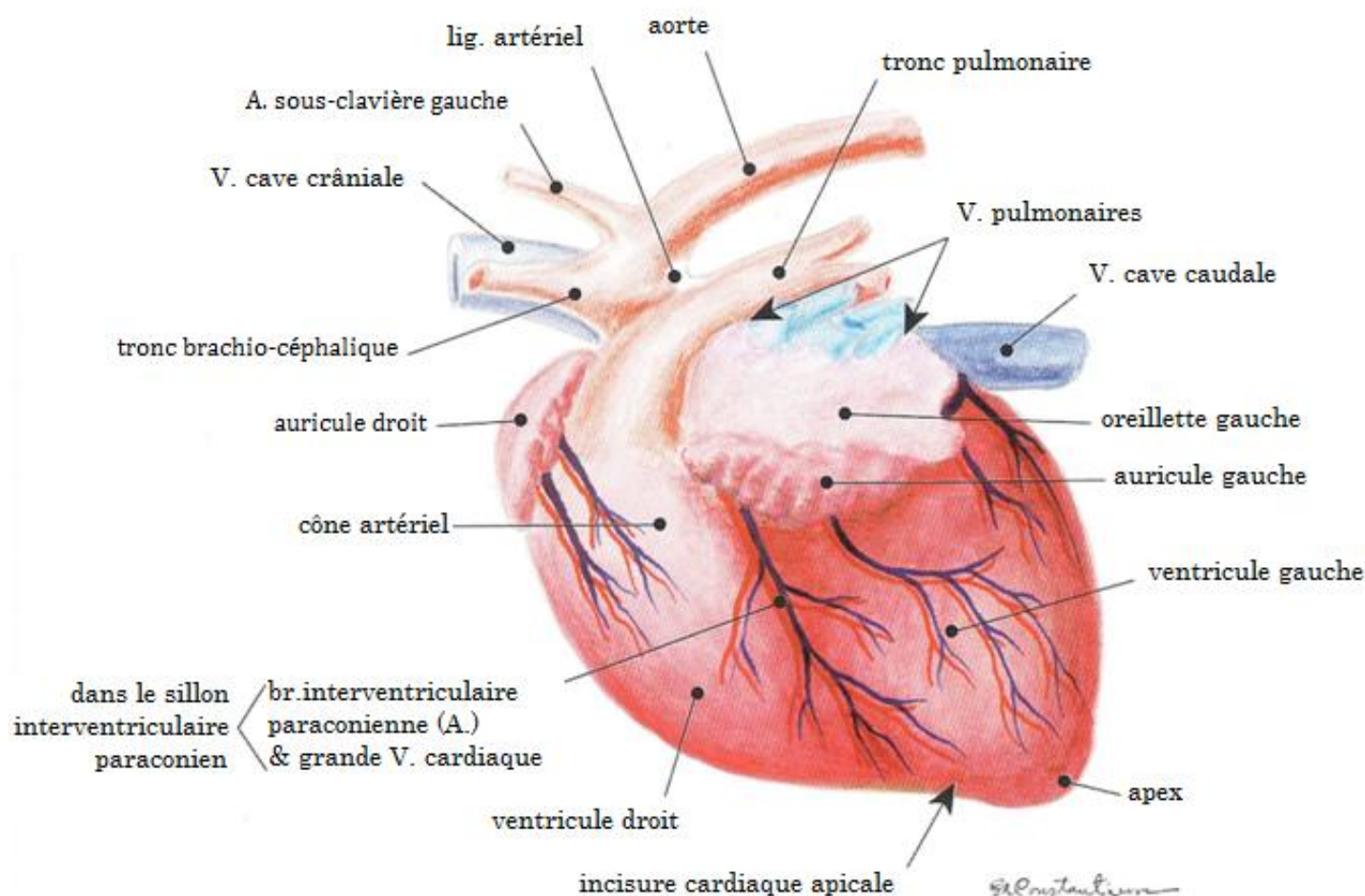
- L'aorte, tout d'abord appelée ascendante du fait de sa direction dorso-crâniale, provient du ventricule gauche. Elle se prolonge au-delà de l'artère brachiocéphalique par la crosse aortique, ou arc aortique, qui forme un angle très aigu et permet à l'aorte de s'orienter dorso-caudalement. Ainsi, après le ligament artériel qui la relie avec le tronc pulmonaire, l'aorte est dite descendante, elle chemine à gauche du rachis relativement parallèle à celui-ci (Cf. **Figure 5, Figure 6**).

Chez les jeunes chats la crosse aortique est souvent masquée par le tissu thymique.

- Le tronc brachiocéphalique naît à la base de l'aorte en regard du ligament artériel, il se dirige crânialement ventralement à la trachée et se divise en tronc bicarotidien et artère sous-clavière droite (Cf. **Figure 5, Figure 6**).



**Figure 5 : Conformation externe des gros vaisseaux et du cœur du chat - Face atriale [1]**



**Figure 6 : Conformation externe des gros vaisseaux et du cœur du chat - Face auriculaire [1]**

## *G. Le cœur*

Le cœur présente chez le chat une forme d'amande, dont la base est orientée dorso-crânialement et l'apex caudo-ventralement [8]. Le cœur du chat pèse environ 15 grammes et représente en moyenne 1/190 du poids du corps, cette proportion étant plus élevée chez les animaux sportifs. Les dimensions et le poids sont significativement plus élevés chez le mâle que chez la femelle, à la différence du ratio « poids du cœur/poids du corps » qui est quasiment identique entre les sexes [9, 10, 11]. Contrairement à l'espèce canine, le chat présente très peu de variations cardiaques interraciales. Ces variations sont plutôt individuelles et concernent majoritairement l'angle entre le grand axe cardiaque et le sternum plutôt que la forme du cœur [12].

Il se trouve dans le médiastin moyen, entouré et protégé par le péricarde, lui-même recouvert par la plèvre pariétale, appelée ici plèvre péricardique.

Le péricarde se compose d'un sac fibreux et d'un sac séreux. Le sac fibreux, externe, se poursuit dorsalement par la tunique des vaisseaux sanguins entrant ou sortant du cœur. Le sac séreux est formé d'une couche interne ou viscérale et d'une couche externe ou pariétale. Cette dernière tapisse la couche fibreuse et fusionne avec elle. La couche interne, également nommée épicarde, recouvre étroitement le myocarde.

La cavité virtuelle existant entre les deux couches séreuses se nomme cavité péricardique, elle est remplie d'une petite quantité de liquide péricardique [8].

## 1. Conformation externe

Le cœur possède 4 cavités principales. Les deux oreillettes sont situées à la base du cœur, et les deux ventricules sont situés ventralement et incluent l'apex (Cf. **Figure 5**, **Figure 6**).

Les oreillettes, ou atria, sont séparées des ventricules par le sillon coronaire, interrompu par le tronc pulmonaire. Les oreillettes sont séparées l'une de l'autre par un sillon vertical appelé sillon interatrial, visible sur le côté droit, ou côté atrial, du cœur. Chaque atrium se termine par un diverticule en cul-de-sac, l'auricule, incurvé autour de l'origine de l'aorte et du tronc pulmonaire ; les auricules sont observables sur le côté gauche, ou côté auriculaire, du cœur.

Les ventricules droit et gauche sont séparés par deux sillons longitudinaux issus du sillon coronaire et se dirigeant vers l'apex du cœur. A gauche se trouve le sillon interventriculaire paraconien, à droite le sillon interventriculaire sous-sinusal. L'apex du cœur appartient au ventricule gauche.

L'aorte prend naissance sur le ventricule gauche et le tronc pulmonaire sur le ventricule droit. Il existe peu après l'origine de ces artères un ligament artériel qui les relie, il correspond au vestige du canal artériel embryonnaire.

Les veines caves crâniale et caudale, la veine azygos, la veine oblique de l'oreillette gauche et les veines cardiaques débouchent dans l'atrium droit, les veines pulmonaires quant à elles débouchent dans l'atrium gauche [1, 2, 3, 4, 8].

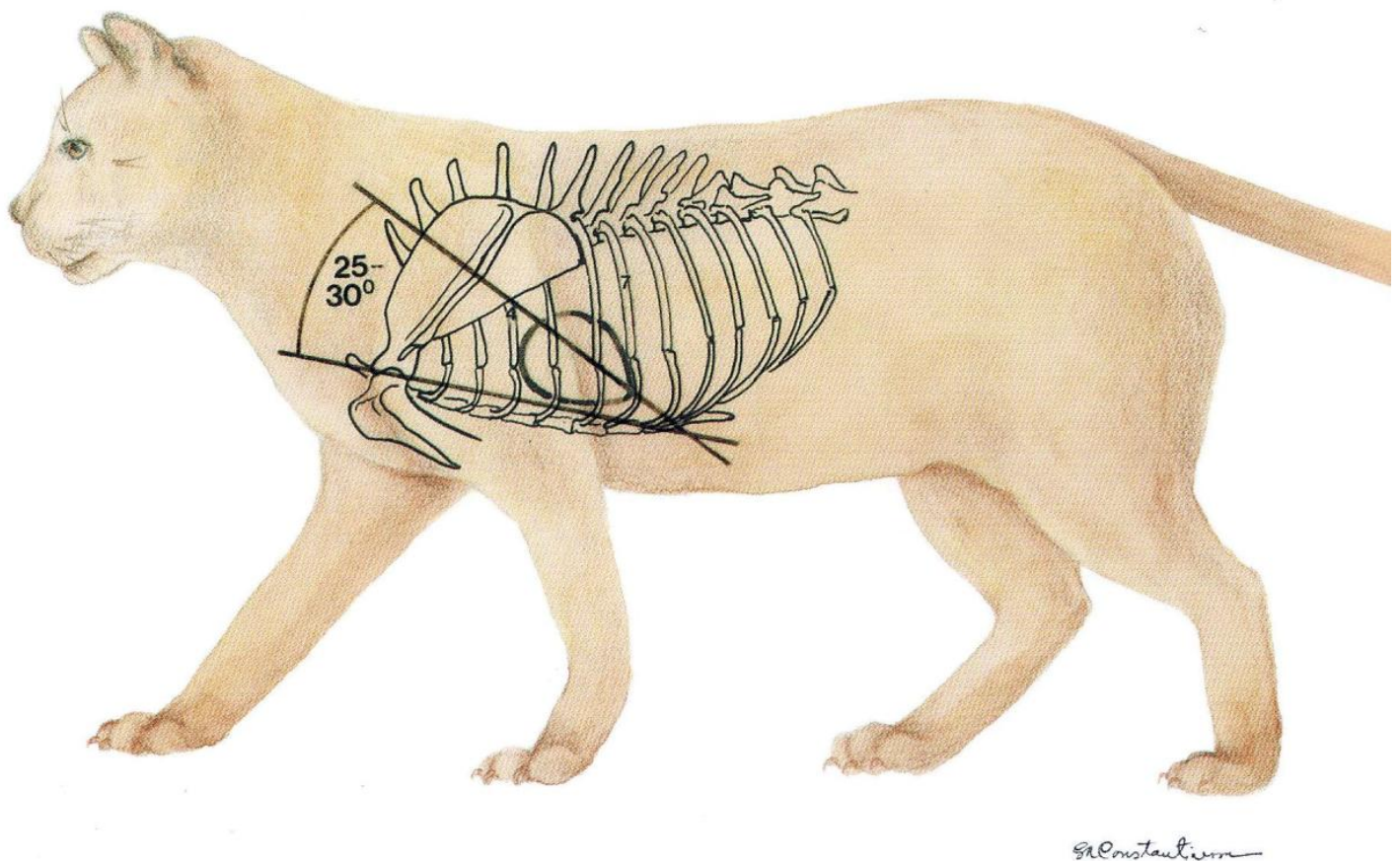
## 2. Position

La majeure partie du ventricule gauche et une petite partie du ventricule droit se situent sur la face auriculaire du cœur. C'est l'inverse sur la face atriale. Le bord crânial du cœur appartient au ventricule droit, le bord caudal au ventricule gauche.

L'angle entre le grand axe cardiaque et le sternum est de  $25^{\circ}$  à  $30^{\circ}$ , avec l'apex qui pointe ventralement vers le diaphragme (Cf. **Figure 7**). Chez le chat âgé cet angle diminue, le cœur devient plus incliné.

Les extrémités crâniale et caudale du cœur sont respectivement caudale à la quatrième côte et crâniale à la septième.

Observé de face, le cœur se situe majoritairement dans l'hémi-thorax gauche [1, 2, 3, 4, 8].



**Figure 7 : Position normale du cœur chez le chat - Vue latérale gauche [1]**



### 3. Le squelette du cœur

Fait de tissu conjonctif et de cartilage, il comprend 4 anneaux fibreux. Deux d'entre eux maintiennent ouvertes les communications atrio-ventriculaires et envoient des fibres vers les valves atrio-ventriculaires, ce sont les anneaux atrio-ventriculaires droit et gauche. Les deux autres anneaux fibreux se situent à la base du tronc pulmonaire et de l'aorte, ce sont les anneaux fibreux artériels [1, 2, 8].

### 4. Les cavités

L'endocarde recouvre l'intérieur de chaque cavité cardiaque et gomme toutes les irrégularités pariétales. La communication entre les 4 cavités cardiaque est délimitée par des structures particulières indispensables au bon fonctionnement de cet organe.

Les oreillettes droite et gauche sont séparées par le septum interatrial qui empêche tout échange sanguin entre elles. Au cours de la vie embryonnaire, ce septum n'est pas imperméable et permet une circulation entre les oreillettes par un orifice appelé trou de Botal, celui-ci se referme au plus tard une semaine après la naissance.

Les ventricules droit et gauche sont séparés par le septum interventriculaire, majoritairement musculaire, il est membraneux dans une petite portion dorsale. Il correspond sur la face externe du cœur aux sillons interventriculaires.

L'atrium droit communique avec le ventricule droit par l'orifice atrio-ventriculaire. Ces deux cavités sont séparées par la valve atrio-ventriculaire droite, ou valve tricuspide, dont l'ouverture dépend de la différence de pression sanguine entre les deux compartiments. Le tronc pulmonaire émerge d'une partie conique du ventricule droit, appelée cône artériel. L'orifice pulmonaire entre le cône et le tronc est fermé par la valve sigmoïde pulmonaire fixée à un anneau fibreux.

Le ventricule gauche et l'atrium gauche communiquent par l'orifice atrio-ventriculaire gauche fermé par la valve mitrale. L'aorte a pour origine le ventricule gauche. L'orifice aortique est entouré par un anneau fibreux qui permet l'attache de la valve sigmoïde aortique.

Les valves atrio-ventriculaires s'ouvrent pendant la systole auriculaire et se ferment au début de la systole ventriculaire, cette fermeture correspondant au premier bruit audible lors d'une auscultation cardiaque. Les valves sigmoïdes s'ouvrent pendant la systole ventriculaire et se ferment au début de la diastole ventriculaire, cela correspond au deuxième bruit cardiaque [1, 2, 3, 4, 8].

## 5. Irrigation sanguine

Les artères coronaires droite et gauche prennent naissance dans le bulbe aortique, dorsalement à la valve aortique, puis chaque artère se divise en segments situés dans les sillons interventriculaires. Le circuit veineux est composé de la grande veine cardiaque, la veine oblique de l'oreillette gauche, les veines cardiaques droites et les veines minimales du cœur (Cf. **Figure 5**, **Figure 6**) [1, 2, 3, 4, 8].



## II. Étude de la radiographie thoracique du chat

L'étude du cœur en radiographie est étroitement liée à l'étude des autres organes thoraciques. En effet certaines affections non cardiaques au départ peuvent avoir une influence sur l'étude du cœur. Soit car l'aspect radiographique de l'affection empêche la bonne visualisation du cœur, soit car l'affection entraîne une modification du cœur même et donc de son image radiographique. A l'inverse, les affections cardiaques s'accompagnent souvent de modifications des autres structures thoraciques telles que les poumons ou les vaisseaux. Il est donc indispensable pour réaliser une bonne évaluation de la silhouette cardiaque en radiographie, de l'intégrer à une interprétation globale du thorax [7, 13].

### A. *Techniques de radiographie du thorax*

#### 1. Préparation du patient

Il faut veiller à retirer les accessoires pouvant interférer avec l'image radiographique tels que les colliers et harnais.

Le pelage doit être sec et débarrassé de tous débris et substances pouvant créer des artefacts sur la radiographie. Il faut notamment bien essuyer le gel échographique et éviter de désinfecter la zone à radiographier avec un produit iodé comme la Bétadine®, avant de prendre le cliché.

Il faut également éviter la pose de pansement avant une radiographie [7, 13, 14].

#### 2. Marquage des clichés

Un cliché ne peut être correctement interprété que si l'orientation de l'animal est précisée, ceci est d'autant plus vrai que les organes et donc les repères anatomiques sont modifiés.

Des marqueurs métalliques droit (D) et gauche (G) sont utilisés aussi bien sur un cliché de face pour différencier la droite de la gauche que sur une vue latérale pour déterminer le décubitus de l'animal [7, 13, 14].

### 3. Contention et positionnement

L'immobilité est indispensable à la réalisation d'un cliché radiographique de bonne qualité pour éviter le flou cinétique, ceci fait de la contention un problème majeur en radiologie vétérinaire [15].

Les patients très calmes, sédatisés ou anesthésiés peuvent être maintenus en place par des sacs de sable, des liens, et des coussins de mousse. Cette technique a l'avantage de réduire l'exposition des vétérinaires ou de leurs assistants aux rayonnements ionisants. Cependant dans le cadre de la radiographie thoracique en France, l'anesthésie et la sédation sont proscrites du fait de la modification des images obtenues (diminution du volume pulmonaire, collapsus pulmonaire systématique en décubitus latéral, dilatation aérique de l'œsophage). Ainsi, à moins d'avoir un animal particulièrement calme ou faible, l'obtention de clichés du thorax nécessite l'intervention d'une ou plusieurs personnes pour la contention. Les personnes exposées aux rayons doivent porter un équipement de radioprotection adéquat : tablier, protège thyroïde, lunettes et gants plombés et se positionner le plus loin possible du tube.

Pour la radiographie thoracique de profil l'animal est maintenu en décubitus latéral. La taille du cœur est très similaire entre les décubitus droit et gauche, cependant il est préférable de conserver le même décubitus pour un animal donné [16]. Cette procédure standardisée permet de noter les modifications de la silhouette cardiaque qui diffèrent selon le décubitus [2, 17]. Le sternum doit être légèrement relevé pour limiter les rotations du thorax.

Les membres antérieurs sont tenus en extension non forcée vers l'avant pour éviter la superposition des muscles de l'épaule sur les structures thoraciques.

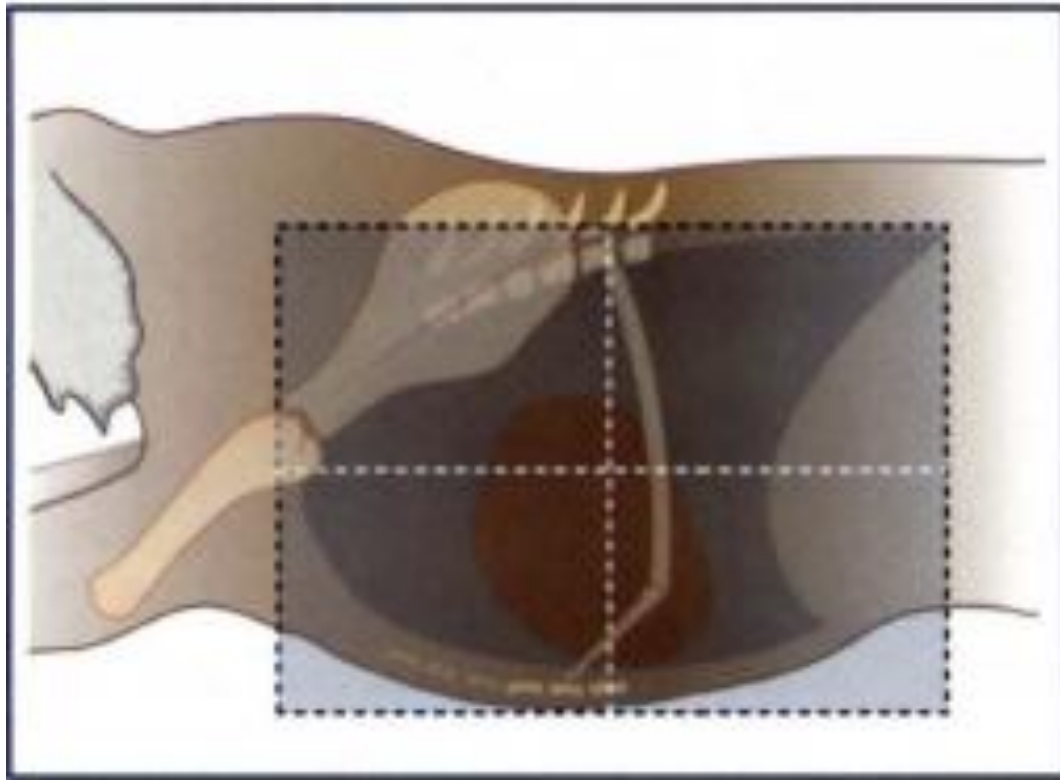
La tête de l'animal est placée entre les membres antérieurs, le cou doit être en extension afin d'éviter une flexion dorsale de la trachée à l'entrée de la poitrine.

Les membres postérieurs sont maintenus perpendiculairement à l'axe du corps ou sont étendus caudalement.

Un coussin de mousse peut être placé sous le sternum pour corriger une éventuelle rotation si l'animal est particulièrement levretté.

Le faisceau est centré à la limite caudale de la scapula, au tiers ventral du thorax. Le champ radiographique inclus ventralement l'appendice xiphoïde, et dorsalement les processus épineux des vertèbres thoraciques. Il est ouvert crânialement jusqu'à la partie crâniale de l'épaule, qui correspond à l'entrée de la poitrine et caudalement jusqu'à la dernière côte afin d'avoir la totalité des poumons et du diaphragme incluse dans le champ (Cf.

**Figure 8)** [7, 14].



**Figure 8 : Cadrage pour une radiographie thoracique de profil – Vue chez le chien [7]**

Pour effectuer un cliché radiographique de face, deux options sont possibles, l'animal peut être placé en décubitus ventral, incidence dorso-ventrale, ou en décubitus dorsal, incidence ventro-dorsale. Dans les deux cas le sternum et la colonne vertébrale doivent être parfaitement superposés.

En décubitus ventral, l'animal est placé en sphinx, les membres antérieurs peuvent être légèrement étendus crânialement, le carpe au niveau des oreilles. La tête est maintenue entre les membres, dans l'axe du corps. Les membres postérieurs sont en position fléchie physiologique. Cette incidence dorso-ventrale permet une meilleure visualisation de la forme du cœur [16], de l'horloge cardiaque et des vaisseaux lobaires caudaux. De plus elle a l'avantage d'être souvent mieux tolérée par les patients en détresse respiratoire.

Le décubitus dorsal, permet une meilleure visualisation des poumons mais entraîne un élargissement de la silhouette cardiaque car le cœur est plus éloigné de la cassette [16]. En

pratique, il peut être plus délicat à obtenir sans rotation chez des individus très maigres, et n'est pas recommandé en cas de détresse respiratoire. La tête est maintenue entre les membres antérieurs en extension, les membres postérieurs sont étendus caudalement dans l'axe du corps.

Pour ces deux projections le faisceau est centré à la limite caudale de la scapula, dans le plan médian. Le champ radiographique inclus latéralement les bords de la paroi de la cavité thoracique. Il est ouvert crânialement jusqu'à l'entrée de la poitrine et inclus caudalement la totalité du diaphragme [13, 14, 16].

#### 4. Les constantes

L'appareil radiographique est constitué d'un générateur qui produit des électrons. Les électrons, par une différence de potentiel de l'ordre du kV, sont accélérés et leur énergie est transformée au contact d'une cible en énergie X. La quantité d'électrons mis en jeu correspond à l'intensité, qui s'exprime en milliampères (mA). Il faut également prendre en compte le temps de pause, plus il est élevé plus il y a de rayons X émis. Ainsi le mA/s détermine la quantité de rayons X émis, et le kV détermine leur pouvoir de pénétration.

Les rayons X sont projetés sur la surface à radiographier, et selon sa densité et son épaisseur, les rayons X seront plus ou moins nombreux à la traverser.

En radiographie argentique, le film placé sous la surface radiographiée, contient des cristaux de bromure d'argent (AgBr), qui s'ionisent lorsqu'ils reçoivent des rayons X, créant un dépôt métallique d'argent de couleur noire. Selon la quantité de rayons reçus le film sera plus ou moins noir après la phase de révélation. La technologie permettant l'obtention des images en radiographie numérique ne sera pas détaillée.

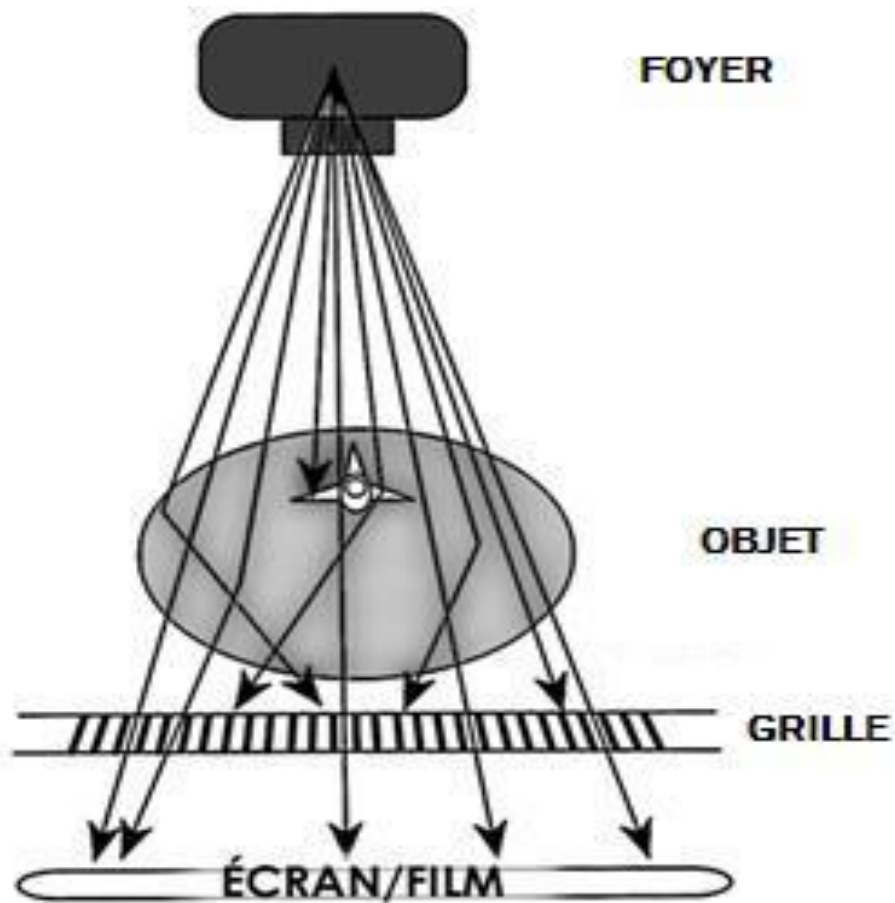
Le thorax, contenant essentiellement de l'air, est caractérisé par une densité faible, un bon contraste naturel et l'existence de mouvements respiratoires et cardiaques. Ce contraste naturel permet de visualiser facilement les structures intra-thoraciques d'opacité liquidienne telles que le cœur et les vaisseaux. La visualisation du champ pulmonaire, quant à elle, est optimisée par l'utilisation d'une tension élevée (90 à 120 kV) à l'origine d'un contraste faible. Les mouvements respiratoires créent un flou cinétique qui est limité par un temps de pose inférieur à 0,06s [14, 18].

Des tables de valeurs permettent de relier la taille de la structure à radiographier aux constantes radiographiques à utiliser selon la région anatomique concernée [14]. Pour une

taille identique les constantes à utiliser sont très différentes selon que la zone radiographiée est un membre, l'abdomen, le thorax ou la tête. Ainsi :

- pour la radiographie de profil il faut mesurer la plus grande largeur du thorax de l'animal.
- pour la radiographie de face il faut mesurer la plus grande hauteur du thorax, du sternum aux processus épineux des vertèbres thoraciques.

Deux techniques existent selon l'épaisseur de l'entité à radiographier. La technique directe c'est-à-dire sans utilisation de grille, s'emploie lorsque l'épaisseur est inférieure à 10 cm. La technique indirecte consiste en l'utilisation d'une grille antidiffusante placée entre l'objet à radiographier et la cassette (Cf. Figure 9). Elle est indispensable dès que l'objet à radiographier a une épaisseur supérieure à 10 cm. La grille absorbe une partie des rayons X diffusés et une partie des rayons X du faisceau primaire améliorant ainsi le contraste de la radiographie, cependant elle nécessite d'utiliser des constantes légèrement supérieures [14, 18].



**Figure 9 : Grille antidiffusante [7]**

## 5. Phase respiratoire

Le cliché doit être pris, si possible, en fin d'inspiration. Le poumon est alors rempli d'air et étendu au maximum physiologique, ceci donne le meilleur contraste et permet d'observer un maximum de détails, notamment concernant l'aspect du parenchyme pulmonaire et des vaisseaux sanguins.

De plus en fin d'inspiration le diaphragme est déplacé caudalement ce qui dégage l'extrémité caudale du cœur [7, 13, 14].

## 6. Contrôle de la qualité du cliché

Grâce à la radiographie numérique la qualité du cliché est très facilement modulable en post-traitement. Les notions de noircissement et de contraste n'ont plus lieu d'être. La résolution de l'image n'est pas une priorité sur un cliché thoracique, elle dépend principalement du flou cinétique dû à la respiration de l'animal. Reste à vérifier le positionnement et la phase respiratoire [7, 13, 14, 18].

### a) Positionnement

Le critère principal à vérifier est l'absence de rotation, il existe différents repères pour le vérifier [7, 13, 14].

Sur un cliché de profil :

- Les côtes s'arrêtent à la même hauteur et sont parallèles. La côte N d'un héli-thorax n'est pas superposée et ne dépasse pas la côte N+1 ou N-1 de l'autre héli-thorax.
- Les côtes ne dépassent pas la colonne vertébrale dorsalement
- La limite ventrale de l'arc costal ne dépasse pas le sternum

Sur un cliché de face :

- Le sternum et la colonne vertébrale sont alignés sur toute la longueur du thorax
- Les côtes sont symétriques
- La colonne vertébrale est en ligne droite

Il faut également vérifier que les membres masquent le moins possible la cavité thoracique [13, 14, 18].

## b) Phase respiratoire

L'animal doit si possible être en fin d'inspiration. Si cette condition n'est pas respectée, le tissu pulmonaire ne peut être correctement interprété.

Sur un cliché de profil, l'angle dorsal entre les poumons et le diaphragme doit être caudal à la dixième côte.

Sur un cliché de face l'angle entre les poumons et le diaphragme doit être caudal à la neuvième côte [13, 14, 18].

## *B. Anatomie radiographique normale du thorax*

La connaissance de l'image radiographique normale est essentielle pour être capable de différencier les variations physiologiques des anomalies. Nous allons décrire et étudier l'anatomie radiographique normale du thorax du chat, en se concentrant uniquement sur des radiographies thoraciques de profil. Les images utilisées pour illustrer notre propos sont des radiographies thoraciques de profil gauche de chat, sauf mention contraire. Les radiographies de face n'étant pas exploitées dans l'étude menée ci-après, nous les avons volontairement mises de côté [2, 7, 13].

### 1. Evaluation systématique

Commencer par orienter correctement la radiographie en plaçant la partie crâniale à gauche et l'axe vertébral en haut sur l'écran. L'utilisation d'un appareil numérique permet de moduler le contraste après la prise du cliché, en revanche le flou cinétique ne peut être éliminé, il faut vérifier que la radiographie est nette. Enfin il faut vérifier que le thorax n'est pas en rotation et que l'animal était en fin d'inspiration.

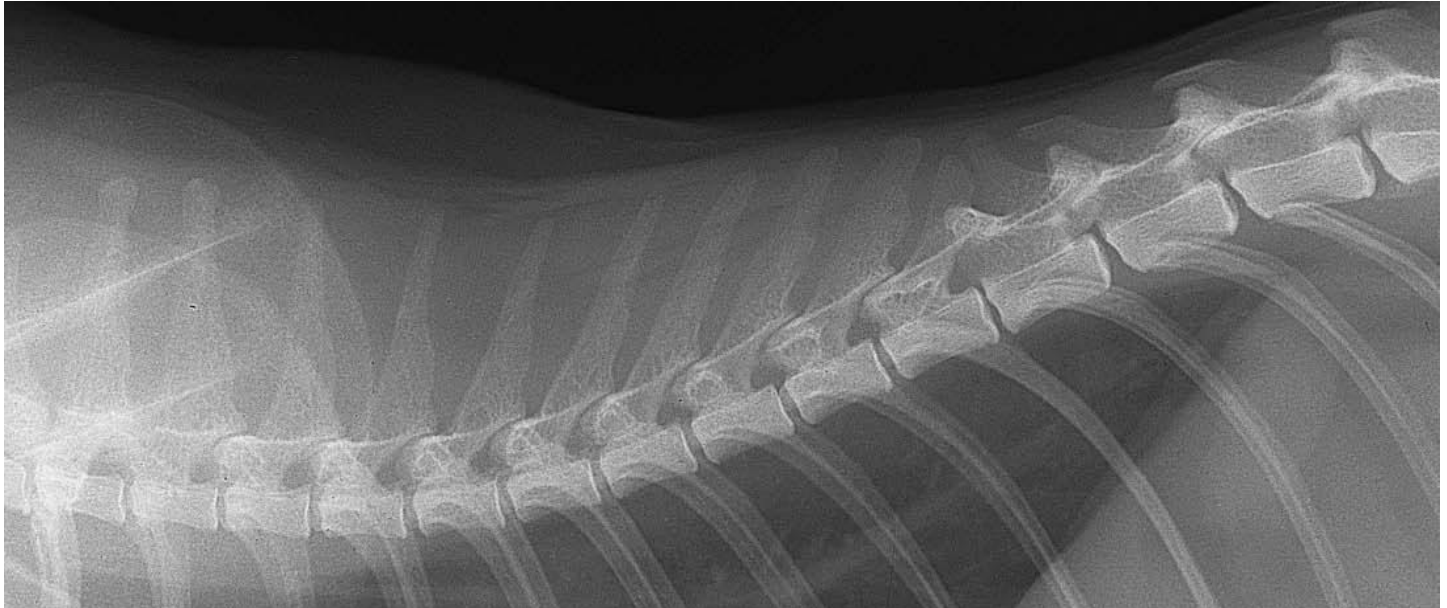
Vient ensuite la phase d'interprétation où l'on commence toujours par évaluer les structures extra-thoraciques avant les structures thoraciques [2, 7, 13].



## 2. Les structures extra-thoraciques

### a) Les structures osseuses

La colonne vertébrale est incurvée chez le chat et prend une forme de « S » (Cf. **Figure 10**). L'axe vertébral compte 13 vertèbres thoraciques dont le corps a une forme cylindrique. Les plateaux vertébraux sont plats et les espaces intervertébraux réguliers.

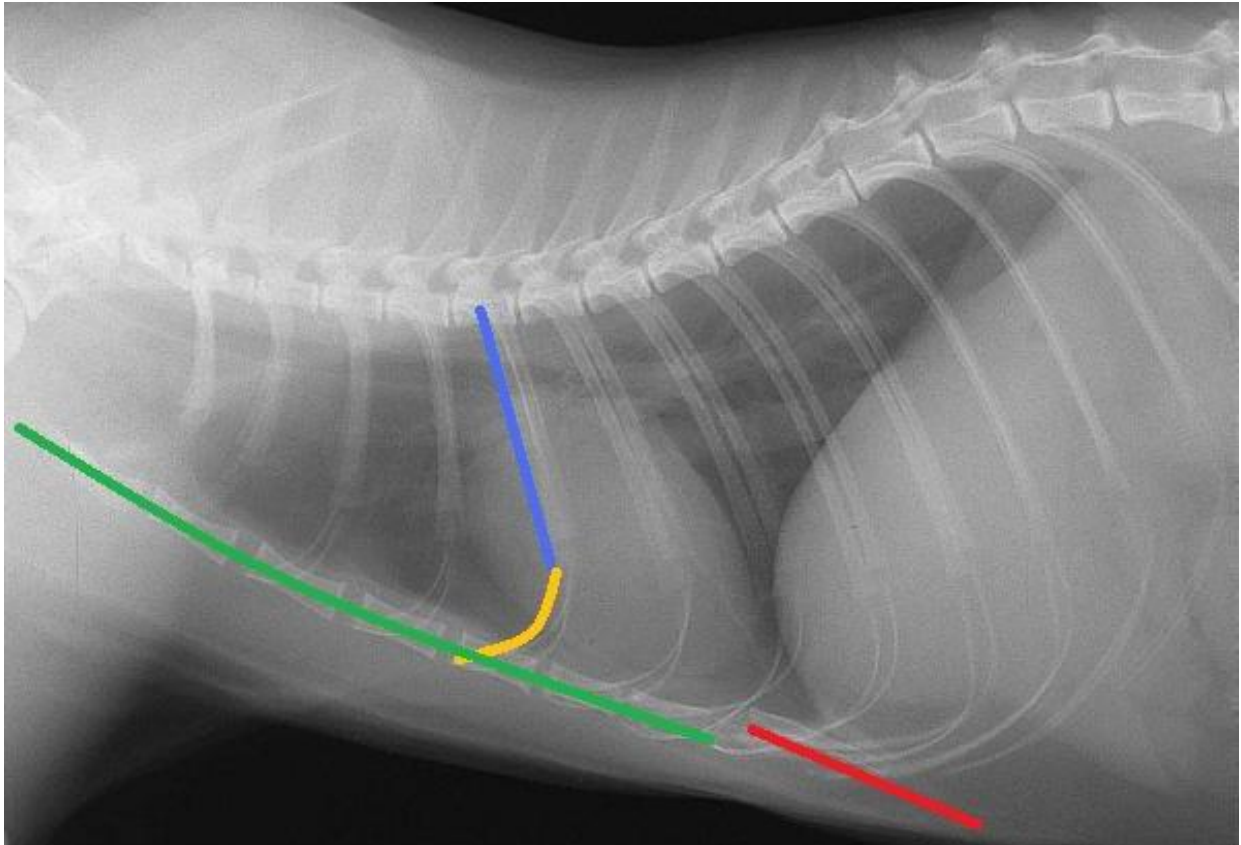


**Figure 10 : Radiographie de profil du rachis thoracique chez le chat [7]**

Les côtes sont souvent négligées au cours de l'interprétation, pourtant leur observation est indispensable à une lecture de qualité. Comme pour les autres structures il est important de vérifier le nombre, la localisation, la symétrie, ainsi que la forme et l'opacité. Les deux-tiers dorsaux sont larges et osseux tandis que le tiers ventral est fin et cartilagineux. Chez le chat elles apparaissent relativement fines sur un cliché (Cf.

**Figure 11).** Pour mieux les observer l'astuce est de regarder le cliché sous un angle inhabituel.

Le sternum est plus aplati que chez le chien [2, 7, 13].



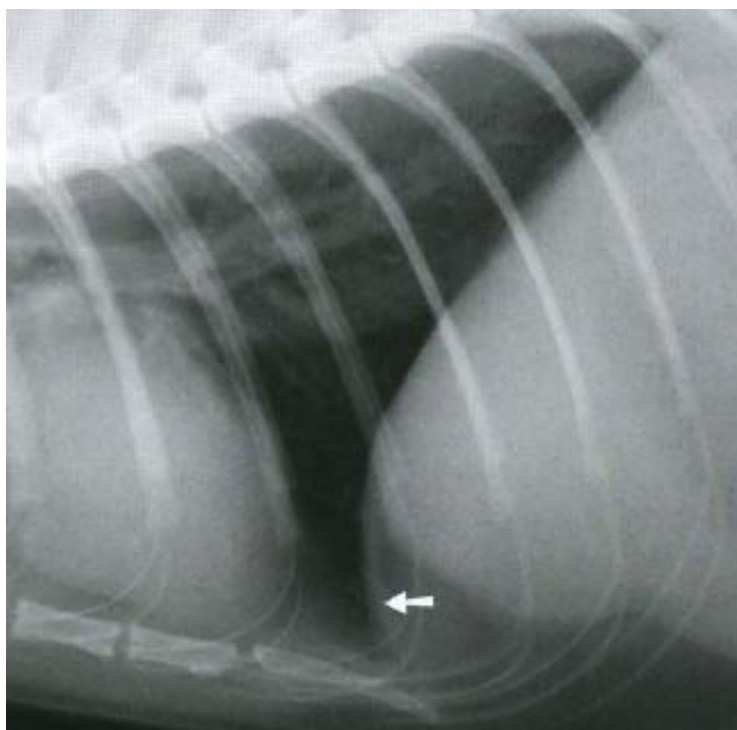
**Figure 11 : Radiographie thoracique de profil d'un chat européen mâle castré de 1 an – Visualisation des côtes (partie osseuse en bleu et cartilagineuse en jaune), du sternum (vert) qui se termine par l'appendice xiphoïde (rouge) [7]**

## b) Le diaphragme

En radiographie le diaphragme, limite postérieure du thorax, se voit comme l'interface entre les poumons remplis d'air et l'opacité liquidienne combinée du foie et du diaphragme [2, 7, 13].

Sur une radiographie thoracique de profil :

- Chez la plupart des chats le diaphragme ventral est visible comme une fine bande d'opacité liquidienne entre la graisse du ligament falciforme et la graisse rétro-sternale.
- En décubitus droit le pilier droit est plus crânial, et vice versa en décubitus gauche, ceci est dû au poids des organes abdominaux.
- Le pilier droit du diaphragme se repère en suivant la veine cave caudale qui le traverse par son foramen ventral droit.
- Le pilier gauche est souvent souligné par l'air contenu dans le fundus de l'estomac.
- En décubitus droit les piliers diaphragmatiques sont souvent parallèles alors qu'ils convergent ventralement en décubitus gauche.
- Les zones d'attache du diaphragme aux parois thoraciques forment des récessus costodiaphragmatiques dorsal, ventraux droit et gauche.



**Figure 12 : Radiographie thoracique de profil de chat - Visualisation du diaphragme (flèche blanche) mis en évidence par les poumons emplis d'air, la graisse rétrosternale crânialement et la graisse du ligament falciforme caudalement [7]**

### 3. Les structures thoraciques

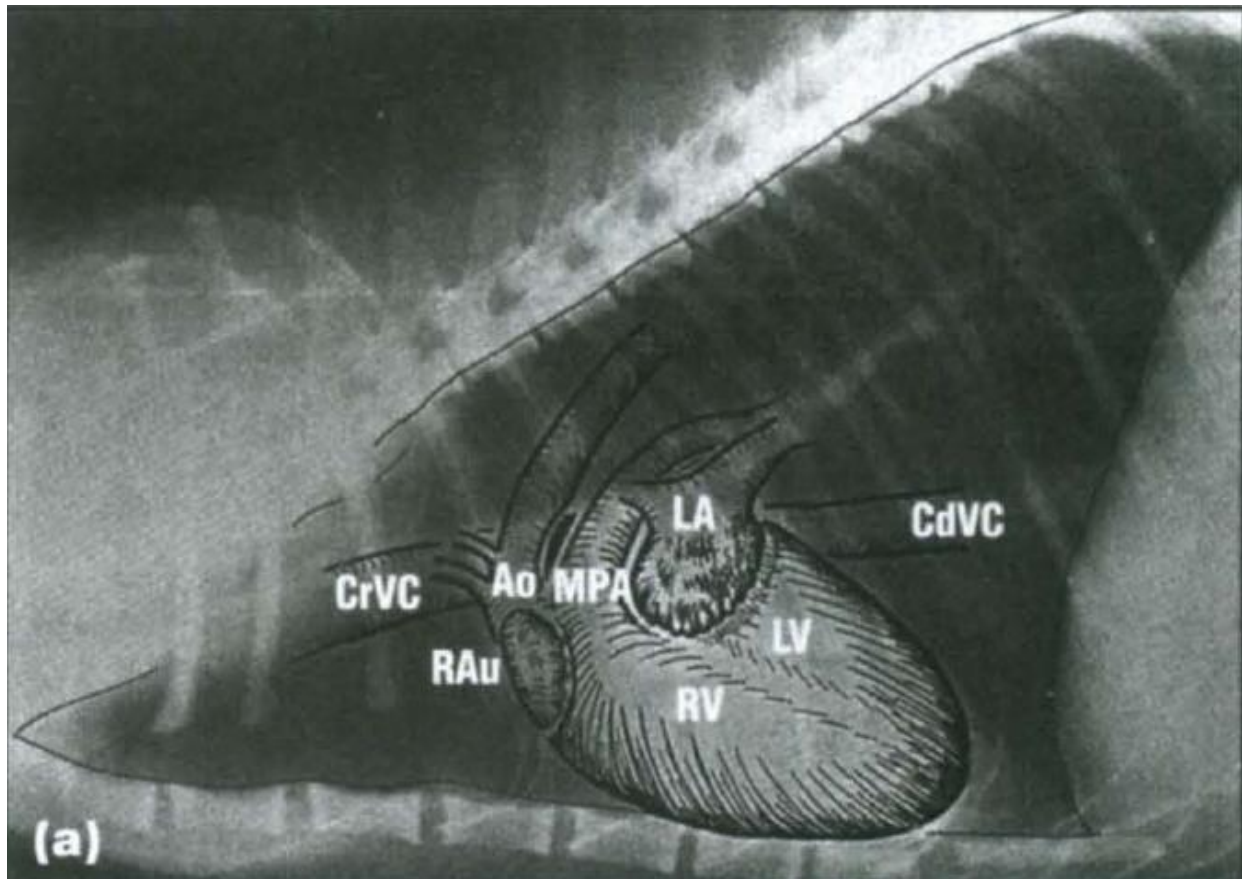
#### a) Le cœur

Dans le thorax le cœur est l'organe présentant l'opacité liquidienne la plus étendue (Cf. **Figure 13**). Les bords du cœur au sens strict ne sont pas visualisables en radiographie. En effet, le terme de silhouette cardiaque regroupe le cœur, le péricarde et le contenu péricardique et crânialement le départ de l'aorte et du tronc pulmonaire. Cependant, seule la base du cœur est réellement difficile à évaluer. En effet, c'est là que se trouvent les départs des grands vaisseaux ainsi que les nœuds lymphatiques péri-hilaires qui ont la même opacité que le cœur. Le reste du cœur est entouré du parenchyme pulmonaire dont l'opacité aérique permet un très bon contraste et une visualisation optimale de la silhouette cardiaque.



**Figure 13 : Aspect normal du cœur d'un chat adulte sur une radiographie thoracique de profil [7]**

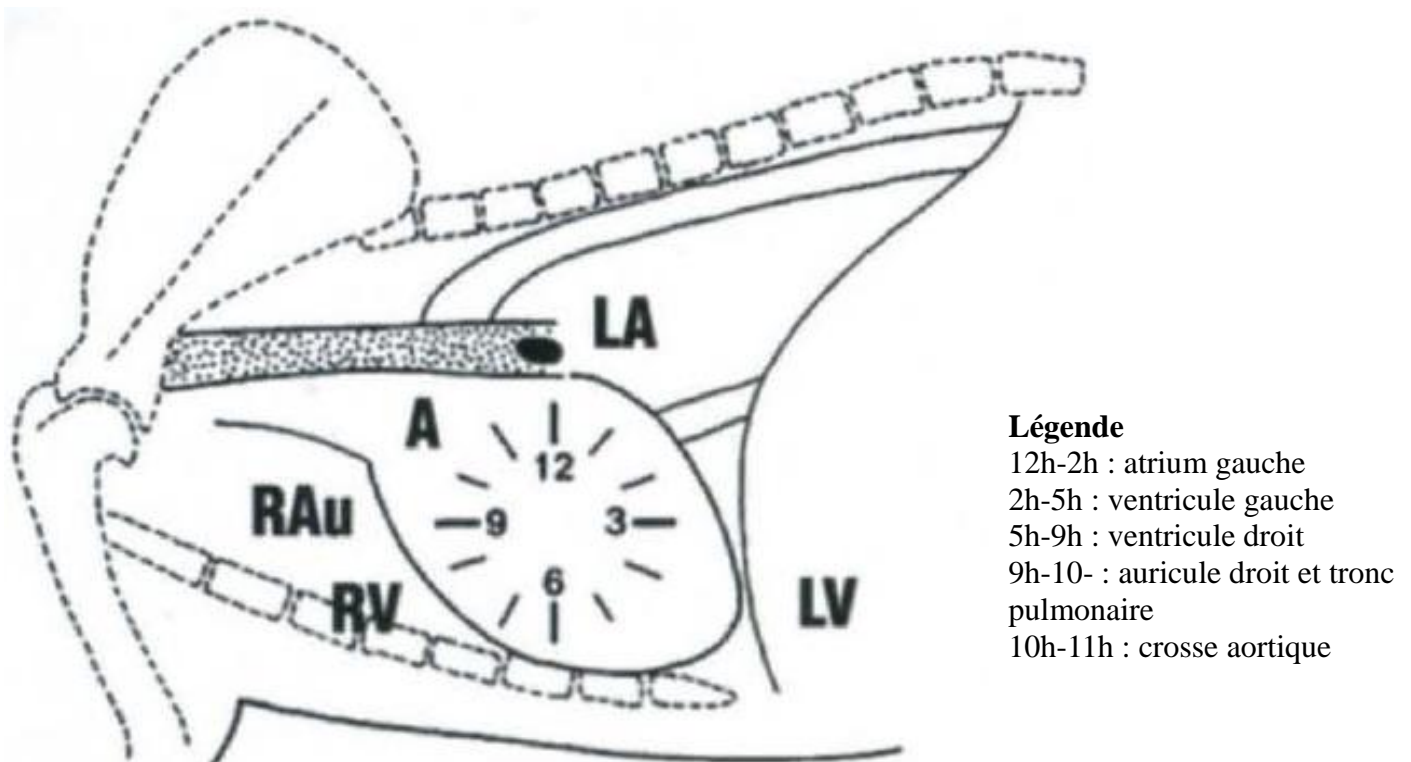
Le cœur repose dans le médiastin entre les espaces intercostaux 4 et 7. La partie plus large et plus dorsale correspond à la base, la partie plus fine et plus ventrale correspond à l'apex. Sur un cliché de profil l'apex est constitué par le septum interventriculaire (Cf. **Figure 14**).



**Figure 14 : Visualisation des cavités cardiaques sur une radiographie thoracique de profil (CrVC : veine cave crâniale, RAu : auricule droite, RV : ventricule droit, LV : ventricule gauche, LA : atrium gauche, Ao : aorte, MPA: tronc artériel pulmonaire, CdVC : veine cave caudale [7]**

En coupe transversale du thorax la plus grande largeur de la silhouette cardiaque représente environ 70% de la distance entre le sternum et l'axe vertébral [19].

Contrairement à l'échographie, la radiographie ne permet pas de distinguer avec précision la taille des différentes cavités composant le cœur cependant la connaissance de l'horloge cardiaque (Cf. **Figure 15**) et de l'orientation normale du cœur au sein du thorax permet d'évaluer l'élargissement de certaines cavités. La silhouette cardiaque peut être masquée partiellement par des structures d'opacité liquidienne (épanchement pleural ou présence d'intestins dans la cage thoracique lors de hernie diaphragmatique par exemple), cette anomalie est appelée signe de la silhouette positive avec le cœur [2, 7, 13].



**Figure 15 : Horloge cardiaque - Vue de profil [7, 13]**

## b) Les poumons et l'arbre bronchique

Les poumons apparaissent très foncés mais pas complètement noirs (Cf. **Figure 13**). En effet, bien que remplis d'air, ils sont tout de même constitués de parenchyme cellulaire et sont très vascularisés. Les vaisseaux pulmonaires de petite taille sont bien visibles grâce à l'air contenu dans les alvéoles. Il est important de connaître la localisation des différents lobes et des scissures qui les séparent. Le poumon droit est 25% plus volumineux que le poumon gauche à l'inspiration complète. Il peut même s'étendre ventralement sous la silhouette cardiaque et la décoller du diaphragme. La bande d'opacité aérique qui apparaît ainsi ne doit pas être confondue avec un pneumothorax, pour cela il faut remarquer les structures bronchovasculaires de très petite taille qui existent dans le parenchyme pulmonaire et qui ne sont pas observables lors de pneumothorax.

Les bronches apparaissent comme des structures tubulaires ou rondes d'opacité aérique, chacune étant accompagnée d'une veine et d'une artère pulmonaire qui la soulignent et forment une triade. Sur une vue de profil l'artère pulmonaire est dorsale à la bronche associée tandis que la veine pulmonaire est ventrale. La paroi des bronches est physiologiquement non visible à la radiographie [2, 7, 13].

## c) La trachée

Elle apparaît comme une épaisse bande d'opacité aérique qui chemine depuis le cou puis dans le médiastin crânial et se termine par la bifurcation trachéo-bronchique à la base du cœur (Cf. **Figure 13**). Ainsi la position de la trachée et de la bifurcation trachéo-bronchique peuvent aider à objectiver une augmentation de la taille de la silhouette cardiaque.

Physiologiquement la trachée est parallèle aux vertèbres cervicales, puis à l'entrée de la poitrine elle forme un angle d'environ 10 à 20° avec les vertèbres thoraciques, cet angle est assez similaire entre les différentes races de chat. Juste en amont de la bifurcation trachéo-bronchique la trachée présente une inflexion ventrale normale. Celle-ci peut disparaître en cas de cardiomégalie gauche.

La paroi de la trachée ne se distingue des tissus mous médiastinaux et cervicaux que si l'œsophage contient de l'air ou si les cartilages trachéaux sont minéralisés. Une minéralisation faible à modérée des cartilages trachéaux est normale chez les chats âgés [2, 7, 13].

Le diamètre trachéal s'évalue en calculant le rapport « largeur trachéale/largeur de l'entrée de la poitrine », physiologiquement compris entre 0.16 et 0.20 [19].

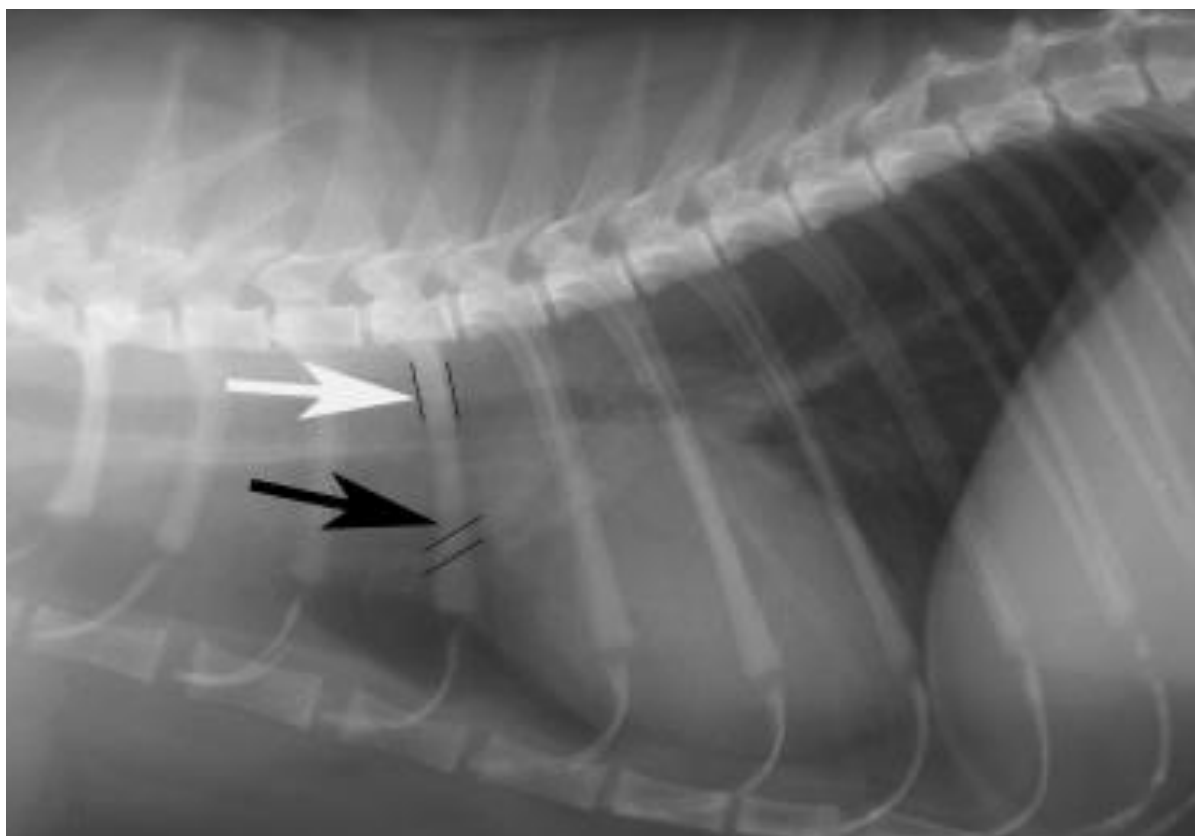


#### d) Les vaisseaux sanguins

L'aspect des vaisseaux sanguins thoraciques apporte des informations très utiles à l'investigation des maladies cardiovasculaires. Le diamètre des vaisseaux est un critère facile à évaluer qui varie souvent en cas de maladies cardiovasculaires. Ce sont notamment les vaisseaux pulmonaires qui sont utilisés pour cette évaluation [2, 7, 13] .

##### - Vaisseaux pulmonaires :

Ils ont un aspect de branchage d'opacité liquidienne ayant pour origine la région du hile et se dirigeant vers les lobes pulmonaires. L'artère pulmonaire droite s'observe ventralement à la bifurcation, la gauche se trouve dorsalement. L'artère et la veine d'une même triade ont approximativement le même diamètre. Sur un cliché de profil le diamètre des artères et veines du lobe pulmonaire crânial droit est inférieur à la largeur minimale de la troisième ou de la quatrième côte (Cf. **Figure 16**) [19]. Le diamètre moyen des veines pulmonaires chez le chat est de  $0.2 \pm 0.03\text{cm}$  [20].

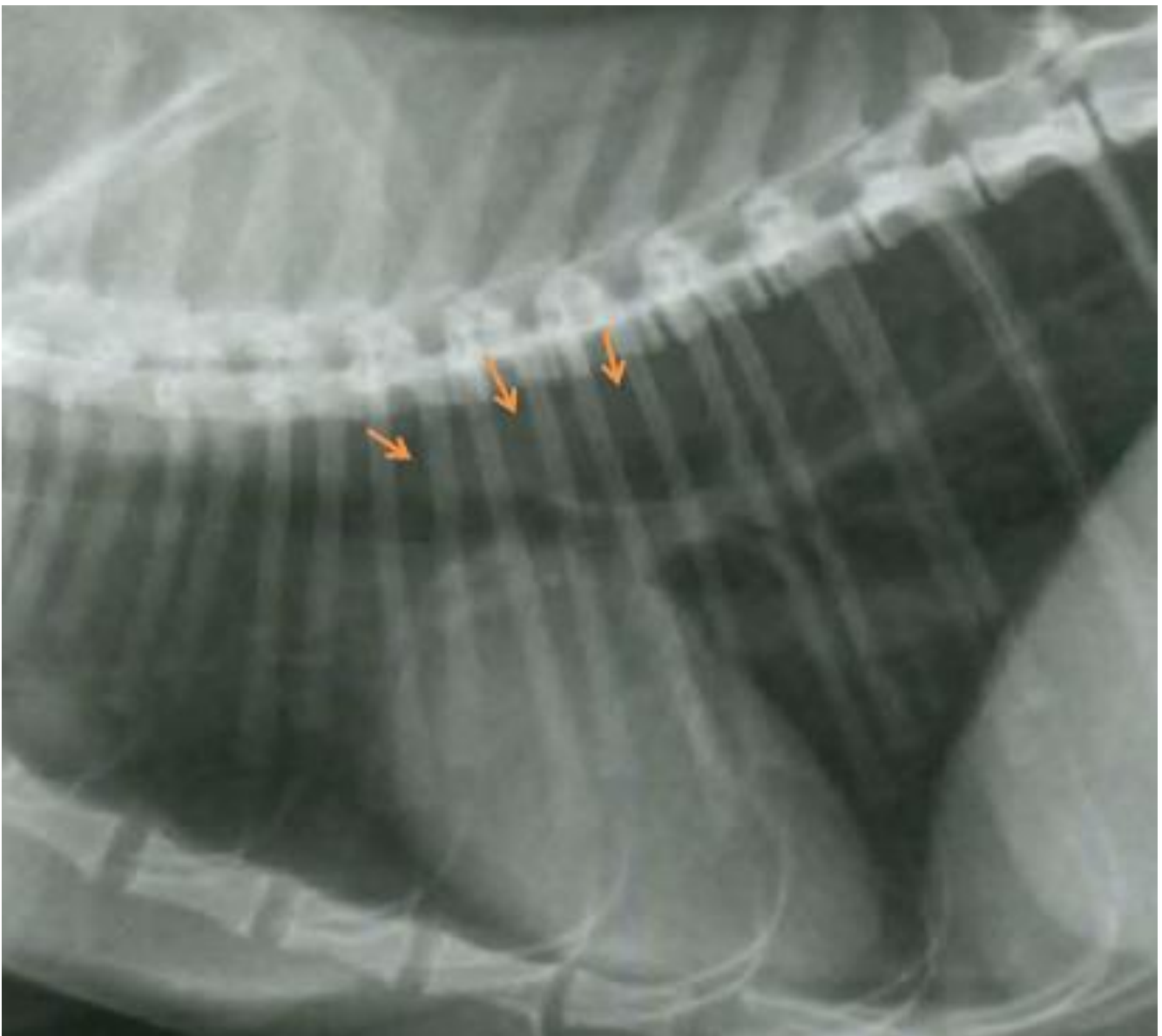


**Figure 16 : Exemple de niveaux de mesures pour évaluer la taille des vaisseaux sur une radiographie thoracique de profil de chat. Flèche blanche, tiers proximal de la quatrième côte. Flèche noire, artère du lobe pulmonaire crânial droit [7]**



- *Aorte :*

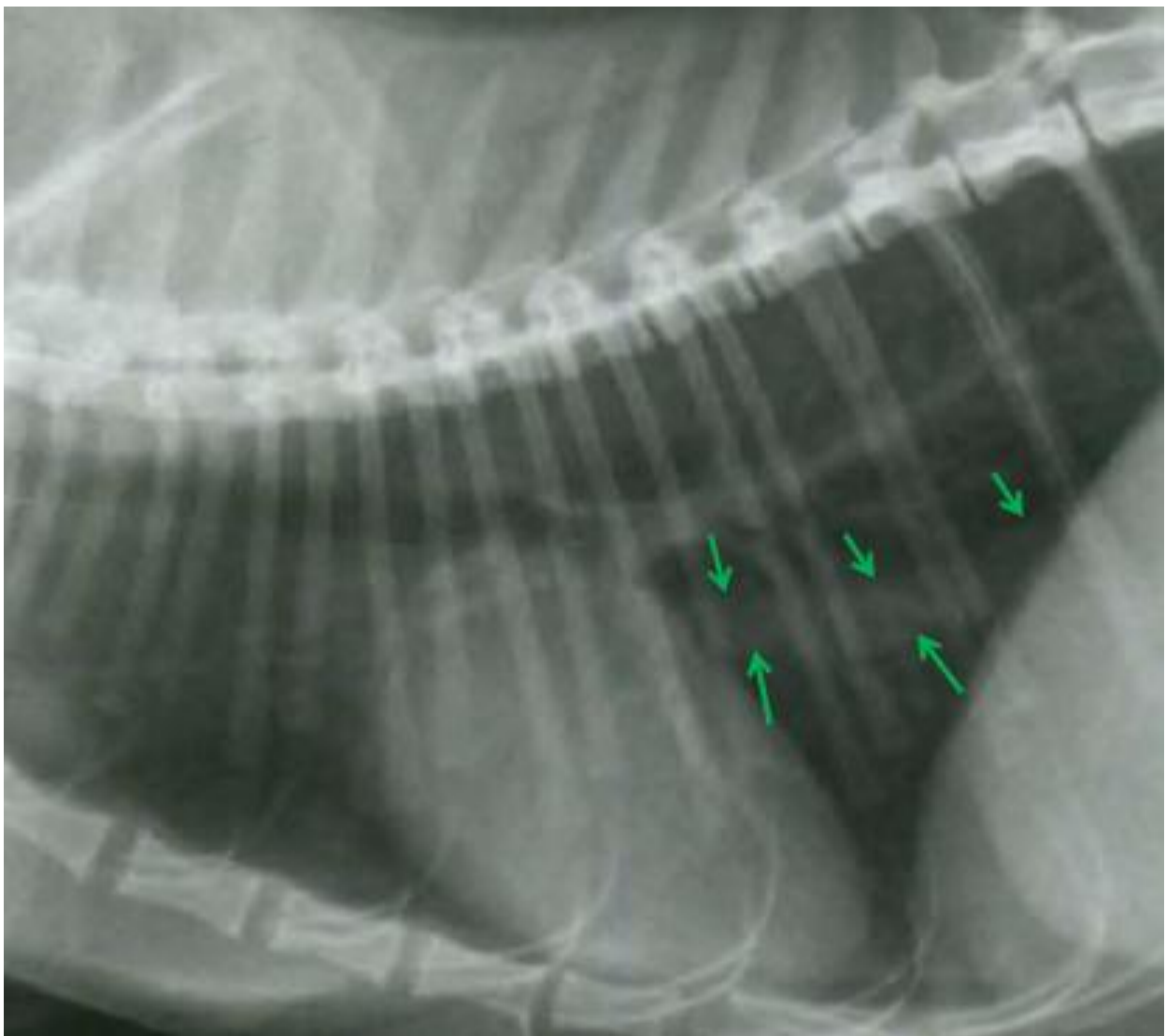
L'aorte ascendante appartient à la zone de la base du cœur et ne peut être clairement visualisée. La crosse aortique et l'aorte descendante sont bien identifiables (Cf. **Figure 17**). Le diamètre de l'aorte est similaire à la hauteur des corps vertébraux adjacents, il reste identique lors d'hypovolémie ou d'hypervolémie. L'aorte peut présenter un bombement à la jonction entre l'aorte ascendante et la crosse aortique chez le vieux chat. Une étude a recensé ce bombement chez 28% des chats âgés de plus de 10 ans.



**Figure 17 : Visualisation de l'aorte (flèches orange) sur une radiographie thoracique de profil de chat [7]**

- Veine cave caudale :

Elle pénètre dans le diaphragme par l'hémi-coupole diaphragmatique droite et constitue ainsi un point de repère pour déterminer le décubitus de l'animal au moment de la radiographie. La majeure partie de la portion thoracique de la veine cave caudale est facilement visible sur un cliché de profil (Cf. **Figure 18**). Elle croise le bord caudo-dorsal du ventricule gauche et se distingue souvent en superposition de la silhouette cardiaque sur une courte longueur. Le diamètre de la veine cave caudale est sujet à des variations marquées tant par l'évolution de la pression intra-thoracique au cours de la respiration et les stades du cycle cardiaque, que par des maladies cardiovasculaires ou une hypovolémie notamment.



**Figure 18 : Visualisation du trajet normal de la veine cave caudale (flèches verte) sur une radiographie thoracique de profil de chat [7]**

- *Veine cave crâniale :*

Elle appartient au médiastin crânial et en forme le bord ventral. Elle ne se distingue individuellement que s'il y a un pneumomédiastin.

- *Veine azygos :*

Plaquée le long de la colonne vertébrale thoracique, elle n'est visible que s'il y a un pneumomédiastin sévère.

- *Tronc pulmonaire*

Généralement non visible car superposé à la silhouette cardiaque, il peut parfois être observé comme une structure ronde d'opacité liquidienne juste ventralement à la bifurcation trachéo-bronchique, à ne pas confondre avec un nodule.

### e) Les nœuds lymphatiques

Structures d'opacité liquidienne, ils ne sont visibles que lors d'adénomégalie. Les nœuds lymphatiques péri-hilaires et para-sternaux sont les mieux visibles [2, 7, 13].

### f) Le médiastin

Le médiastin crânial s'observe entre les lobes pulmonaires crâniens gauche et droit, crânialement au cœur. Dans le médiastin crânial chez les jeunes le thymus est encore présent et de grande taille et peut-être visible à la radiographie. Il atteint sa taille maximale à 4 mois pour diminuer ensuite jusqu'à ne plus être visible autour de l'âge de 1 an. Chez le chaton il est particulièrement visible sur des clichés de face comme une opacité tissulaire crânioventrale au bord crânial du cœur en forme de voile de bateau. Un vestige du thymus peut occasionnellement être visible chez l'adulte comme une fine ligne radio-opaque à l'emplacement d'origine du thymus.

Le médiastin moyen correspond à l'emplacement du cœur.

Le médiastin caudal n'est normalement pas visible sur des radiographies de profil.

Le médiastin peut être anormalement élargi et visible chez des individus obèses [2, 7, 13].

### g) Les plèvres et l'espace pleural

Bien que contenant une petite quantité de fluide lubrifiant, l'espace pleural, tout comme les plèvres, n'est physiologiquement pas visible en radiographie [2, 7, 13].

## 4. Variations normales du cliché radiographique

### a) Positionnement

Une flexion du cou entraîne, sur un cliché de profil, un déplacement dorsal de la trachée à l'entrée de la poitrine à ne pas confondre avec une déviation due à une masse médiastinale. La vérification se fait en reprenant en cliché en prenant garde à bien étendre le cou de l'animal.

Sur un cliché de profil avec une rotation, la base du cœur apparaît plus grosse, ce qui mime un élargissement de l'atrium gauche ou une adénomégalie hilaire.

De même sur des clichés de face, une rotation du thorax mime un élargissement de certaines cavités cardiaques.

Lors de l'interprétation il est indispensable de vérifier l'absence de rotation, si tel n'est pas le cas refaire un cliché s'impose pour fournir une interprétation non biaisée par un mauvais positionnement [2, 7, 13].

### b) Constantes

La sous-exposition cause une augmentation de l'opacité pulmonaire.

Une mauvaise visualisation de la colonne vertébrale notamment au niveau de la scapula alerte le praticien. La sous-exposition est un problème commun chez les patients obèses si les constantes ne sont pas correctement ajustées [2, 7, 13].

### c) Expiration

Sur un cliché pris en expiration, l'opacité pulmonaire est augmentée. En effet moins il y a d'air dans les poumons plus l'opacité interstitielle est visible.

La superposition du diaphragme et de la partie caudale de la silhouette cardiaque, présente en cas d'expiration ou d'animal obèse, doit alerter le praticien lors de son interprétation et le pousser à reprendre un cliché [2, 7, 13].

#### d) Individus obèses

Les principales variations dues à l'obésité sont les suivantes [2, 7, 13] :

- Augmentation de l'opacité pulmonaire, principalement interstitielle. Ceci est dû à une expiration relative. En effet le poids de la masse graisseuse dans la paroi latérale de la cavité thoracique limite ses mouvements et la graisse intra-abdominale en grande quantité limite le déplacement caudal du diaphragme. Les kV doivent être augmentés de 10 à 15% par rapport à un patient de conformation normale avec les mêmes mesures.
- Augmentation apparente de la taille de la silhouette cardiaque, apparaissant parfois comme bilobée, par rapport au volume réduit des poumons.
- Augmentation de la taille de la silhouette cardiaque due à la présence de graisse dans le sac péricardique. Avec une radio argentique en diminuant les kV (65-70) et en augmentant les mA/S la différence entre le tissu cardiaque et la graisse peut se distinguer. Avec une radio numérique il suffit de modifier le noircissement en post-traitement.
- Elargissement lié à la présence de graisse.  
Cela peut mimer une masse médiastinale mais en général cet élargissement est à bords parallèles à l'axe médian sur une radiographie de face, contrairement à une masse dont la forme est aléatoire.  
L'élargissement du médiastin moyen peut également mimer un élargissement du cœur. Quant au médiastin caudal, son élargissement peut être confondu avec un épanchement pleural.
- Augmentation de la distance entre les lobes pulmonaires et entre les lobes et les parois latérales de la cavité thoracique. L'accumulation de graisse dans l'espace pleural et sur les bords de la cavité thoracique peut ressembler à un épanchement pleural.

#### e) Individus âgés

Les principales variations dues à l'âge avancé de l'animal sont les suivantes [2, 7, 13] :

- Augmentation de l'opacité pulmonaire (interstitielle et bronchique). L'opacité bronchique est due à une minéralisation dystrophique de la paroi des bronches. L'opacité interstitielle est vraisemblablement due à la mise en place de fibrose pulmonaire.
- Minéralisation des cartilages costaux et trachéaux.
- Modification de l'orientation du cœur, il apparaît plus couché sur le sternum. Ainsi la forme de la crosse aortique est exagérée sur les vues de face comme de profil.
- Epaississement des plèvres qui peut mimer un épanchement pleural minime.
- Beaucoup plus fréquent chez le chien : spondylose déformante et minéralisation des jonctions costochondrales.

Ces modifications de l'image radiographique communes chez le chat âgé sont anormales chez des chatons.

#### f) Race

Chez les chats la conformation est très similaire d'une race à l'autre. Il est en général accepté que les différences interraciales concernant la taille et la forme du cœur ne sont pas significatives [7].

***PARTIE 2 :***

***ETUDE RETROSPECTIVE***





Chez le chaton le rapport « poids du cœur / poids du corps » est inférieur à celui du chat adulte [9]. En revanche il semblerait que ce soit l'inverse en ce qui concerne la taille du cœur. En effet lors de l'interprétation de radiographies thoraciques la conclusion « cardiomégalie liée à l'âge », sous-entendu au jeune âge, est récurrente. Certains auteurs ont d'ailleurs remarqué, sans l'explorer, qu'il existait une différence entre le VHS des chatons et des chats adultes de leurs études [21, 22]. Cette étude rétrospective porte sur la mesure de la taille du cœur des chatons européens sur des clichés radiographiques de profil par la méthode de Buchanan. Cette méthode permet de mesurer la taille du cœur en fonction de la taille des vertèbres, appelée indice de Buchanan ou Vertebral Heart Scale (VHS). Elle s'applique facilement chez le chat, espèce pour laquelle le dimorphisme interracial est très limité concernant le thorax contrairement à l'espèce canine [16].

Les hypothèses que nous souhaitons vérifier au cours de l'étude sont : le VHS normal des chatons est significativement différent de celui des adultes et a tendance à diminuer au cours de la croissance de telle manière qu'une formule fournissant le VHS normal pour un âge donné peut être établie.

Nous tenons à préciser que cette étude a été réalisée avec la collaboration du Docteur Juliette Sonet qui a effectué la totalité des mesures.

# **I. Animaux, matériel et méthodes**

## **A. *Animaux***

Cette étude rétrospective regroupe 110 chatons, âgés de 0 à 12 mois, pour lesquels des radiographies thoraciques de profil ont été réalisées à l'Ecole Nationale Vétérinaire De Lyon entre 2005 et 2011.

Nous avons sélectionné uniquement les chatons de race européenne par soucis d'homogénéité de la population. Les chatons de race européenne dont l'anamnèse et l'examen clinique révélaient une affection cardiaque (bruit de galop, souffle, cardiomyopathie vérifiée...) ont été exclus. Les motifs de consultation et de réalisation de radiographies étaient variés (accident de la voie publique, parachutisme...), mais n'ont pas conduit directement à l'établissement de critères d'exclusion. Ainsi recrutés nous avons analysé les radiographies de 95 chatons.

## **B. *Radiographies et mesures***

Les radiographies avaient été réalisées sans anesthésie ni sédation sur des animaux placés en décubitus latéral droit avec une développeuse numérique qui a permis de les stocker en fichiers DICOM et de les exploiter avec le logiciel Osirix (World's fastest DICOM viewer, Pixmeo Sarl, version 3.8.1).

Tous les clichés ont été étudiés par le Docteur Sonet afin d'établir la liste définitive des images incluses dans l'étude. Les radiographies qui présentaient les critères d'exclusion suivants ont été éliminées de l'étude :

- Rotation du thorax
- Signe de la silhouette positive avec le cœur
- Phase respiratoire trop éloignée de la fin d'inspiration
- Lésion ou affection grave pouvant modifier la taille, la forme ou la position de la silhouette cardiaque

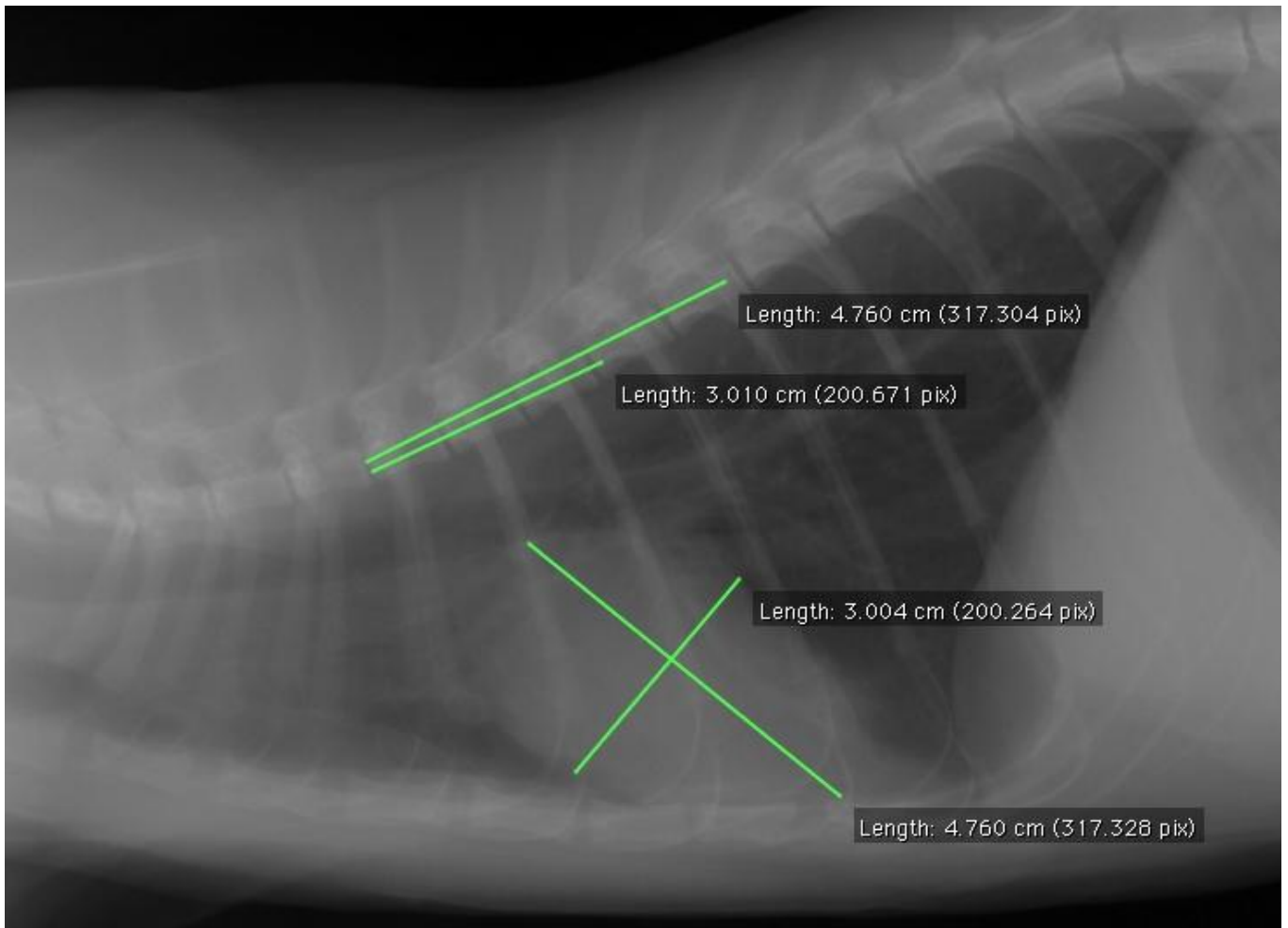
Le Docteur Sonet a ensuite mesuré le VHS pour chacun des 95 clichés intégrés à l'étude.

La méthode de Buchanan compare les dimensions cardiaques à la longueur des vertèbres thoraciques qui sont un indicateur de la taille de l'animal (Cf. **Figure 19**). Elle permet ainsi de s'affranchir de la taille de l'animal pour étudier la taille du cœur en utilisant la vertèbre comme unité de mesure. La mesure obtenue appelée VHS ou indice de Buchanan correspond à la taille relative du cœur.

La mesure du grand axe cardiaque va de l'apex à la base du cœur au niveau de la bifurcation trachéale et plus précisément à l'intersection du bord ventral de la trachée avec la veine pulmonaire apicale juste crâniale à la bifurcation trachéale. Cette dimension correspond aux longueurs du ventricule et de l'atrium gauches. Cette mesure en millimètres est ensuite reportée sur l'axe vertébral à partir du bord crânial de T4. La distance est estimée à 0.1 vertèbre près. Si le bout du curseur se situe dans un espace intervertébral il faut considérer qu'il s'arrête au bord caudal de la vertèbre précédente [23].

Le petit axe cardiaque perpendiculaire au grand axe correspond à la plus grande largeur du cœur, la limite caudale se situe en général au niveau du bord ventral de l'intersection de la veine cave caudale avec le bord caudal du cœur. Cette longueur est ensuite reportée sur l'axe vertébral en commençant au bord crânial de T4 également.

Le VHS est ensuite obtenu en additionnant les longueurs des deux axes. Le VHS moyen du chat adulte est de 7.5 vertèbres avec un écart-type de 0.3. La limite physiologique supérieure du VHS chez le chat adulte est de 8,0 vertèbres [23, 24].



**Figure 19 : Radiographie thoracique de profil de chaton (6.5 mois) - Illustration de la méthode de Buchanan (VHS = 8.0 vertèbres)**

### *C. Analyse statistique*

Une matrice ergonomique a été créée pour permettre une utilisation optimale des données. Le tableau s'est construit par ligne, avec une ligne par chaton et en colonne l'âge en mois, le VHS et le sexe (Cf. Annexe 1).

La distribution du VHS en fonction de l'âge a été étudiée à l'aide de Box-plot, Q-Q plot et d'un test de la normalité de Shapiro-Wilk à l'aide du logiciel R [25]. Des régressions linéaires ont été utilisées pour évaluer l'effet de l'âge et du sexe sur le VHS des chatons.

Enfin un modèle de prédiction a été établi à l'aide d'une régression linéaire.

## II. Résultats

Sur 110 radiographies thoraciques de profil analysées, 15 ont été éliminées car la méthode de Buchanan ne pouvait être appliquée à cause d'une mauvaise qualité radiographique. Ainsi notre échantillon final s'élève à 95 chatons pour lesquels le Docteur Sonet a mesuré le VHS.

### A. *Distribution du VHS*

Nous avons analysé la répartition du VHS au sein de la population de chatons à l'aide d'un test de la normalité de Shapiro-Wilk. En prenant la totalité de l'échantillon la répartition du VHS est significativement différente d'une loi normale ( $p=0.001363$ ). En revanche pour la population de chatons âgés de 3 à 12 mois la répartition du VHS n'est pas significativement différente ( $p>0.05$ ) d'une loi normale.

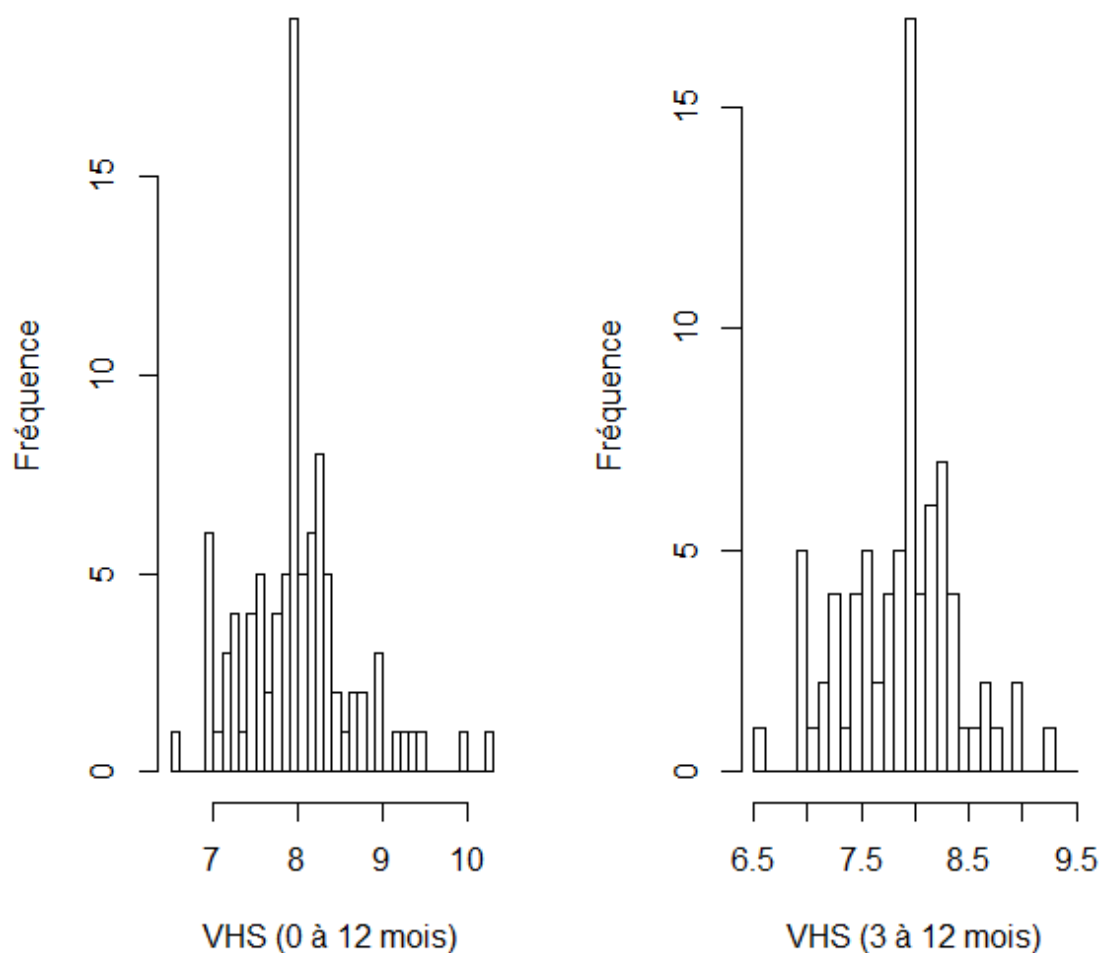
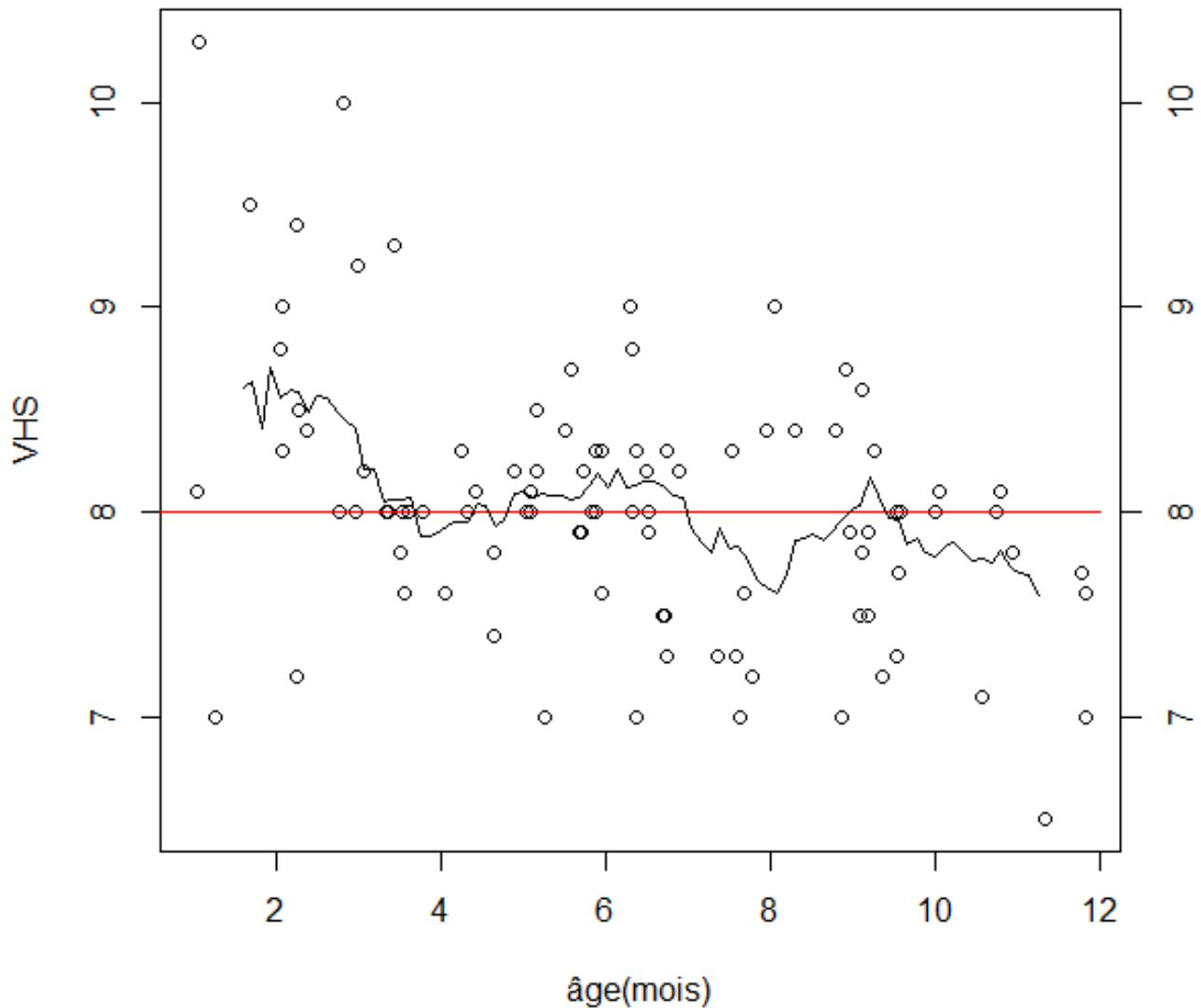


Figure 20 : Répartition du VHS au sein de la population de chatons

## B. Effet de l'âge sur le VHS

Nous avons tracé le diagramme de dispersion de la répartition du VHS en fonction de l'âge en mois pour la totalité de l'échantillon.



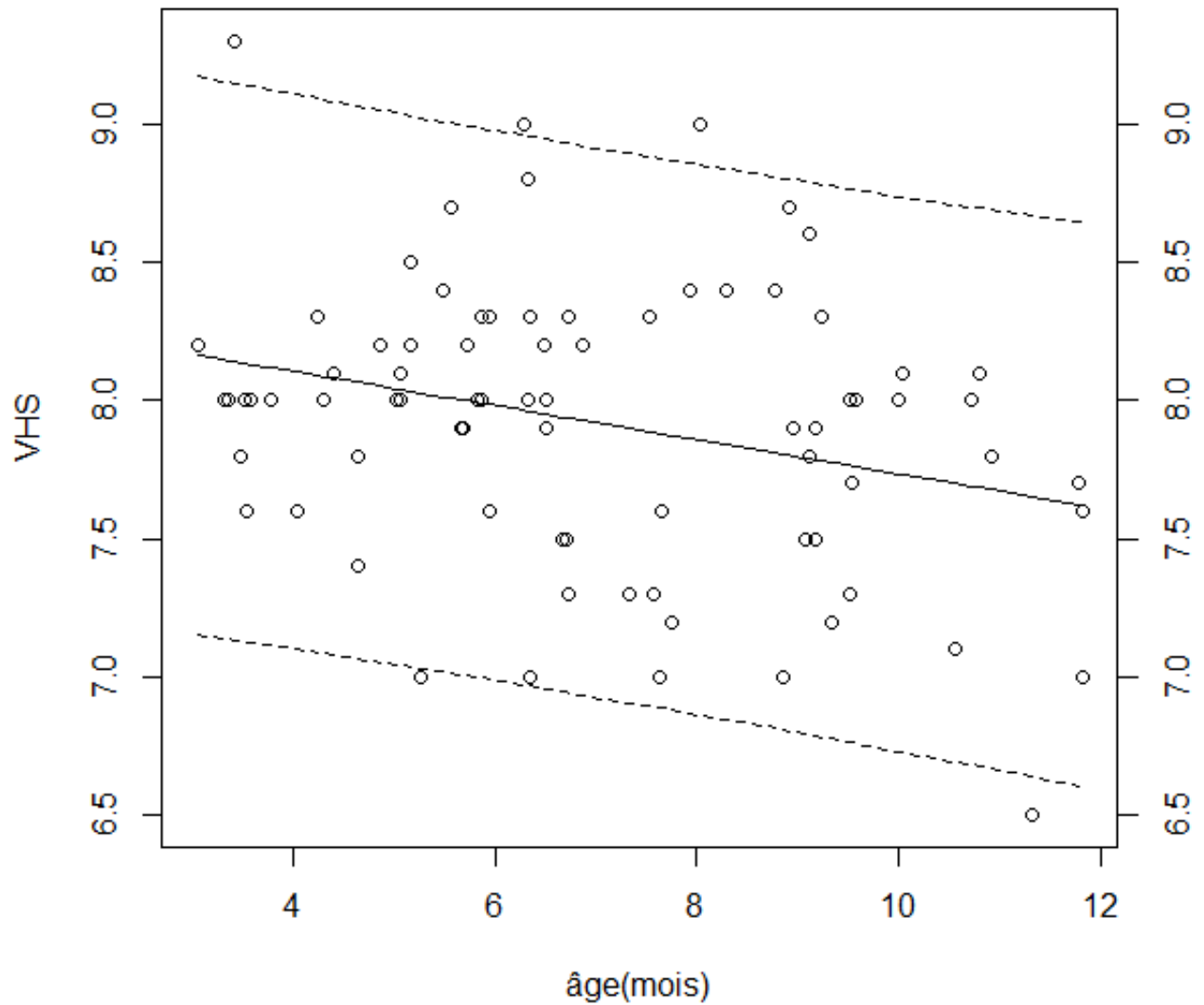
**Figure 21 : Répartition du VHS en fonction de l'âge (0 à 12 mois)**

En observant sur le graphique la répartition du VHS en fonction de l'âge des chatons, nous remarquons que la majorité des mesures sont supérieures ou égales à la valeur considérée pathologique chez l'adulte (segment rouge, VHS=8.0 vertèbres), en effet 62% des chatons ont un VHS supérieur ou égal à 8.0 vertèbres, ce qui appuie notre hypothèse d'une différence significative entre la taille relative du cœur des chatons et des chats adultes.

La répartition du VHS en fonction de l'âge présente une forte hétérosélasticité c'est-à-dire que la variance du VHS est très différente chez les chatons selon leur âge. La courbe noire qui représente la moyenne mobile des résultats montre tout de même une tendance à la diminution du VHS au cours de la croissance, ce qui confirme notre hypothèse de départ. La variabilité est maximale pour les 15 chatons âgés de 0 à 3 mois, les extrêmes étant 7 vertèbres et 10.3 vertèbres. En revanche entre 3 et 12 mois la variabilité est moindre et plus régulière dans le temps (homosélasticité).

Ainsi pour la classe d'âge de 0 à 3 mois il faut retenir qu'une moyenne du VHS n'est pas représentative de la variabilité cette méthode de mesure n'est pas fiable pour déterminer si la taille du cœur est normale. Nous suggérons qu'en cas de doute sur la taille du cœur lors de l'interprétation radiographique de chatons âgés de 0 à 3 mois d'autres examens complémentaires soient proposés, en tenant compte de l'anamnèse, des signes cliniques et de l'épidémiologie du patient.

L'analyse statistique des résultats se poursuit en prenant comme échantillon les chatons âgés de 3 à 12 mois. Nous avons tout d'abord calculé la moyenne (7.9 vertèbres) et l'écart-type (0.65 vertèbre) du VHS pour cette population. Cette fois la variabilité semble plus stable et nous avons tracé la droite de régression linéaire et l'intervalle de prédiction du modèle.



**Figure 22 : Répartition du VHS en fonction de l'âge (3 à 12 mois)**

Après vérification que 95% au moins des résidus étaient inclus ou très proches de ce modèle nous avons déterminé la formule rapprochée de l'intervalle de prédiction du VHS d'un chaton sain pour un âge donné :

$$VHS = 8.35 - 0.062X \pm 0.99 \text{ vertèbres}$$

(X : âge en mois)



### C. Effet du sexe sur le VHS

Dans l'établissement de sa méthode Buchanan ne sépare pas les mâles des femelles, pourtant le professeur Barone [9] nous rappelle que les dimensions du cœur sont significativement différentes entre les sexes à l'examen d'autopsie. Nous avons comparé le VHS des mâles et des femelles et avons conclu qu'il n'existe pas de différence significative entre les sexes, tout comme cela avait été vérifié chez le chien [16], ce qui concorde avec le fait que le ratio « poids du cœur/ poids du corps » est le même entre les sexes selon diverses études [10, 11].

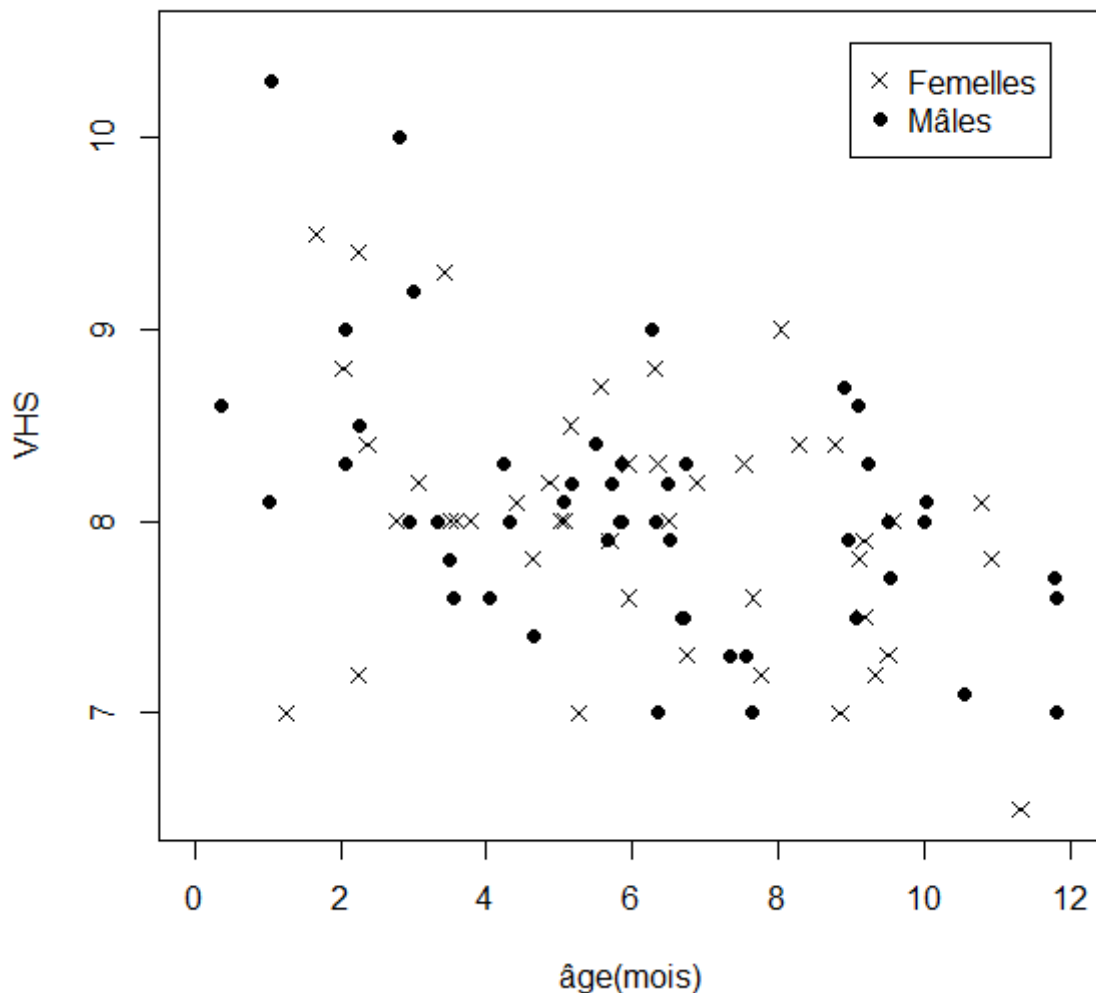


Figure 23 : Répartition du VHS en fonction de l'âge chez les chatons mâles et femelles

### III. Discussion et perspectives

Nous allons analyser et critiquer point par point l'étude menée précédemment afin d'en dégager les aspects positifs et d'envisager des solutions pour améliorer les aspects négatifs.

#### A. *Caractère rétrospectif de l'étude*

Le caractère rétrospectif de cette étude a été imposé par manque de temps. En effet le temps imparti restant lors du choix du sujet ne permettait pas la mise en place d'un protocole, le recrutement de l'échantillon et la réalisation des examens complémentaires nécessaires à la réalisation d'une étude prospective.

Grâce à la technologie numérique nous avons eu accès aisément à une base de données très étendue de radiographies thoraciques de profil de chatons. Cependant les dossiers manquaient de détails concernant l'examen de l'appareil cardiovasculaire, la fréquence, le rythme et la concordance avec le pouls fémoral n'étant pas systématiquement décrits, nous avons considéré que l'absence de renseignement était synonyme d'absence d'anomalie. Une étude prospective aurait permis la réalisation d'un électrocardiogramme et d'une échocardiographie pour chaque individu afin d'exclure de l'étude les chatons présentant des anomalies non détectables au cours de l'examen clinique ou grâce à la radiographie.

Une étude similaire a été menée chez 11 chiots en croissance afin de déterminer la taille relative de leur cœur et son évolution entre 3 mois et 3 ans. Les auteurs ont conclu que chez le chien il n'existe pas de différence significative entre la taille relative du cœur du chiot et celle de l'adulte et qu'elle ne varie pas au cours de la croissance [26]. Cette conclusion est étonnante compte-tenu de nos résultats chez le chaton, il est légitime de se demander si le nombre d'individus recrutés dans cette étude (11) offrent une puissance statistique appréciable.

## *B. Conditions de l'étude*

### 1. Les biais de recrutement

#### a) Commémoratifs

Cette étude rétrospective regroupe 95 chatons âgés de 0 à 12 mois qui ont été présentés en consultation à l'Ecole Vétérinaire de Lyon au cours de laquelle ils ont subi une radiographie thoracique de profil. L'amplitude d'âge a été choisie arbitrairement en nous basant sur le fait que chez le chat la taille adulte est considérée atteinte à 1 an, nous n'avons pas de références scientifiques pour appuyer ce choix.

En revanche, la croissance se termine après la puberté. Ainsi en nous basant sur différentes études [27, 28] la chatte a ses premières chaleurs en moyenne entre 8 et 10 mois, l'étendue allant de 4 à 21 mois [29]. Bien que ces chiffres concernent des femelles des diverses races il nous a semblé correct de les appliquer à la race européenne et comme la croissance se poursuit au-delà des chaleurs nous avons recruté les chatons au-delà de l'âge de la puberté. Celle-ci n'étant pas clairement définie chez le chat mâle, nous avons choisi d'appliquer le même barème d'âge que pour le recrutement des femelles. Ainsi, les chatons ont été recrutés jusqu'à 12 mois non inclus.

Cette limite des 12 mois comme date de fin de croissance n'ayant pas d'origine scientifiquement justifiée il serait intéressant de réaliser une étude prospective afin de tracer la courbe de croissance moyenne du chat européen pour vérifier si elle s'arrête bien à 12 mois en moyenne.

Une étude réalisée en 2004 [30] montre que la date des premières chaleurs chez la chatte est très variable selon la période de naissance. Des chattes nées entre mars et juin ont leur chaleurs  $345 \pm 9.5$  jours, soit environ 11.5 mois après leur naissance, alors que pour des chattes nées entre Juillet et Octobre les premières chaleurs se déclenchent soit à 8 mois en moyenne, soit à plus d'un an et demi. Il n'existe pas à notre connaissance d'étude concernant la corrélation entre les premières chaleurs et la croissance dans l'espèce féline, cependant s'il existe une corrélation alors il faudrait inclure dans une étude prospective les chattes n'ayant pas eu leurs premières chaleurs car elles seraient susceptibles d'être encore en croissance.

Les chatons n'étant pas de race européenne ont été exclus de l'étude dans le but d'avoir une population la plus homogène possible concernant la conformation et la croissance. Contrairement aux chiens ces critères varient très peu d'une race à l'autre, mais ce choix a été fait dans le but de limiter les variations et de simplifier l'analyse statistique. Les chatons de races croisées ont été également éliminés dans ce souci d'homogénéité.

## b) Anamnèse et examen clinique

### (1) *Anomalies respiratoires*

L'anamnèse et l'examen clinique ne révèlent aucune anomalie cardiaque. En revanche des anomalies respiratoires dues au traumatisme sont fréquentes et il est très probable que de nombreuses radiographies n'aient pas été prises en fin d'inspiration et qu'elles montrent des anomalies de l'appareil respiratoire. Cependant les affections qui n'étaient pas à l'origine de modifications radiographiques empêchant la lecture des paramètres étudiés n'ont pas été prises en compte en tant que critères d'exclusions. Ceci diffère des études réalisées chez le chien [16] et le chat [24] où les individus incluent dans l'étude ne présentaient pas d'affection respiratoire et où les radiographies thoraciques ne présentaient pas d'anomalie. Il serait intéressant de réaliser une étude prospective avec des objectifs similaires à la nôtre en recrutant des chatons apparemment sains et ne présentant pas d'anomalie radiographique, en proposant par exemple aux étudiants et employés de l'Ecole Vétérinaire, comme cela a été fait à l'université de Virginia-Maryland [31], et aux propriétaires qui amènent leurs chats au service de vaccination de réaliser gratuitement un bilan cardiologique.

## (2) Souffle cardiaque

Une étude réalisée en 2009 [31], répertorie dans une population de 103 chats apparemment sains le nombre de chats ayant un souffle cardiaque audible à l'auscultation et parmi ceux-là lesquels présentent une cardiomyopathie, et parmi les chats n'ayant pas de souffle audible à l'auscultation, ceux qui présentent une cardiomyopathie. Les résultats obtenus montrent que seuls 31% des chats ayant un souffle audible à l'auscultation présentent une cardiomyopathie, et que 17% des chats n'ayant pas de souffle présentent des signes de cardiomyopathie à l'échocardiographie. Ainsi le recrutement de notre étude basé uniquement sur un examen clinique ne révélant pas d'anomalies cardiovasculaires ne semble pas approprié à l'épidémiologie réelle des cardiomyopathies chez le chat. Cependant cette étude a été réalisée chez des chats de tous âges et seuls 6 individus parmi 103 avaient moins de 1 an. La relation entre la classe d'âge et le pourcentage de souffles et de cardiomyopathies n'est pas précisée dans les résultats, il est possible que chez les chats les plus jeunes ces anomalies soient plus rares notamment si la maladie ne s'est pas encore développée.

Cette étude rejoint celle réalisée en 2004 par Côté et al. [32] qui ont mis en évidence que 20% de la population féline apparemment saine présentait un souffle cardiaque contre 15.5% lors de l'étude réalisée par Paige et al. [31]. En revanche parmi les 22 chats de l'étude de Côté et al. présentant un souffle, seuls 7 ont subi une échocardiographie et sur ces 7 individus 6 (85.7%) présentaient des signes de maladies cardiovasculaires. Cette proportion nettement supérieure à celle de l'étude de Paige et al. [31] n'est *a priori* pas représentative de la réalité car seuls 31.8% des chats atteints d'un souffle ont subi une échocardiographie. Les conclusions très inquiétantes tirées de l'étude de Côté et al. ne semblent donc pas justifiées.

Il faut néanmoins retenir qu'un pourcentage non négligeable de chats est atteint de maladies cardiovasculaires à un stade clinique latent et que parfois aucun symptôme n'est observé avant une mort subite de l'animal [33]. La question d'un dépistage plus systématique se pose étant donné le coût de l'échocardiographie et d'un traitement à vie. Le fait que l'âge moyen des chats lors de la mort subite ne soit pas précisé et que ces animaux vivent sans aucun symptôme possiblement jusqu'à un âge avancé nous pousseraient plutôt à recommander un examen cardiaque approfondi uniquement à des propriétaires très inquiets et bien sûr aux propriétaires de chats dont la race est connue pour sa haute prévalence de maladie cardiovasculaire, telles le Maine Coon et le Ragdoll.

### (3) *Anomalies sanguines*

Ces paramètres n'ont pas été pris en compte lors du recrutement des individus alors que la littérature a montré que certains paramètres sanguins pouvaient avoir une influence non négligeable sur la taille du cœur.

#### (a) Anémie

Un cas clinique de chaton présentant une cardiomégalie suite à une anémie sévère a été publié en 1993 [34]. Ce cas est extrême mais il illustre la nécessité d'éliminer de l'étude les chatons ayant présenté un épisode d'anémie sévère dans les semaines précédentes puisque pour ce chaton un mois après l'épisode d'anémie sévère une cardiomégalie modérée persistait à la radiographie.

De plus une étude réalisée en 2010 [35] a mis en évidence une surcharge du cœur gauche chez des chats atteints d'anémie depuis plus de 24 heures, l'étiologie de l'anémie n'étant pas une perte sanguine d'origine traumatique. L'intensité de la surcharge est directement liée à l'intensité de l'anémie, ainsi les animaux atteints d'anémie sévère ( $Ht < 18\%$ ) présentent un VHS égal à 9.1 vertèbres en moyenne contre 8.2 vertèbres pour les animaux atteints d'anémie modérée. Ces valeurs ne sont pas significativement différentes de la valeur supérieure de la normale de 8.5 vertèbres selon les auteurs. L'origine de cette valeur supérieure n'est pas connue et diffère de la valeur de 8.0 vertèbres proposée par Litster et Buchanan [24]. Les radiographies étaient disponibles pour seulement 5 chats moyennement anémiés et 7 chats sévèrement anémiés et il n'est pas précisé dans l'étude si les radiographies thoraciques étudiées sont des vues de face ou de profil. Nous retiendrons que les animaux atteints d'anémie ont tendance à présenter des signes de surcharge du cœur gauche et ainsi une augmentation du VHS liée à la sévérité de l'anémie.

Afin de limiter encore les biais dus aux individus lors de la réalisation d'une étude prospective il faudrait éliminer les chatons présentant une anémie ( $Ht < 24\%$ ) au moment de la réalisation des radiographies et les chatons ayant présenté une anémie dans les semaines précédant l'étude. Ce dernier point étant complexe puisqu'il nécessite une anamnèse très détaillée de la part du propriétaire et que si l'anémie n'a pas été détectée mais a existé elle peut tout de même être à l'origine d'une modification persistante de la taille du cœur.

## (b) Pertes sanguines et perfusion

La taille et la forme du cœur du chat sont sujettes à des variations au cours du cycle cardiaque, le cœur du chat apparaît plus large en diastole et occupant une aire plus grande alors qu'en systole il apparaît plus long. Cependant ces variations sont subtiles et ne mènent pas à suspecter une cardiomégalie en diastole si elle n'est pas suspectée en systole également [36]. En revanche le volume sanguin circulant a une influence plus marquée sur la taille du cœur. Ainsi une hypovolémie pourrait réduire la taille du cœur et masquer une cardiomégalie. Alors qu'une hypervolémie peut mimer une cardiomégalie [12].

Dans notre étude de nombreux chatons étaient polytraumatisés et avaient possiblement subis des pertes sanguines importantes ou été abondamment perfusés, ces critères n'ayant pas été pris en compte au cours de la sélection des individus, il est possible qu'un certain nombre des chatons inclus dans l'étude auraient dû être exclus.

## 2. Anesthésie

Les radiographies ont été réalisées sans anesthésie ni sédation. En effet lors d'anesthésie, l'animal est en décubitus latéral prolongé ce qui entraîne une dilatation aérique de l'œsophage, une diminution du volume pulmonaire et surtout une atélectasie du côté où l'animal est couché ce qui modifie significativement l'interprétation des radiographies, en modifiant notamment l'aspect du parenchyme pulmonaire et la position du cœur.

Cependant dans les pays anglo-saxons, les règles de radioprotection sont très respectées et aucune personne n'est présente dans la pièce lors de la prise de clichés ce qui impose la sédation ou l'anesthésie de tous les animaux quelle que soit la zone radiographiée. Ce type de pratique nous démontre qu'il est possible d'effectuer des radiographies thoraciques sous anesthésie.

Il serait intéressant de mesurer le temps moyen de développement de l'atélectasie au cours d'une anesthésie afin d'être en mesure de l'utiliser dans les meilleures conditions même pour des radiographies thoraciques.

D'autant que chez le chat, on rencontre régulièrement des problèmes pour la contention et cela peut amener à retirer de l'étude un pourcentage non négligeable d'individus. Par exemple en 2009 Christopher Paige a retiré 29 individus de son étude soit 20%, pour cause de résistance à la contention [31].

Diverses études ont été menées chez l'homme afin d'évaluer les facteurs favorisant le développement de l'atélectasie et les moyens de le limiter, ainsi que des méthodes pour la réduire une fois existante.

En 1993 une étude menée chez 16 adultes avec des poumons sains avait pour but de trouver une méthode permettant de diminuer voire supprimer l'atélectasie formée au cours de l'induction d'une anesthésie générale. Les chercheurs ont ainsi montré qu'avec une pression insufflée de 40 cmH<sub>2</sub>O (29.4 mmHg) pendant 15 secondes l'atélectasie développée au moment de l'induction était virtuellement supprimée [37]. En 1999, une équipe de chercheurs a même montré que la ré-expansion du tissu pulmonaire avait lieu principalement pendant les 7 à 8 premières secondes d'insufflation, ce qui permet de réduire les risques cardiovasculaires encourus lors d'insufflation prolongée [38].

Après regonflement du tissu pulmonaire par la méthode précédente, il a été montré que l'atélectasie se reforme plus lentement si l'air utilisé contient 30% de dioxygène dans de l'azote que s'il est composé de 100% de dioxygène. L'objectif de l'étude réalisée en 1996 par Rothen et al. [39] était d'évaluer si la formation précoce d'atélectasie au cours de l'induction d'une anesthésie générale pouvait être diminuée en utilisant de l'air contenant 30% de dioxygène dans de l'azote. En menant cette étude chez 24 patients adultes avec des poumons sains, les résultats montrent que la formation précoce d'atélectasie peut être évitée au moins en partie en utilisant de l'air pauvre en dioxygène [39, 40]

Grâce à l'utilisation simultanée de ces méthodes l'atélectasie est très nettement voire totalement diminuée chez l'homme et n'est ainsi plus visible sur des radiographies thoraciques mais seulement grâce au scanner [41].

Concernant le développement de l'atélectasie chez le chat, une équipe de chercheurs a évalué 4 protocoles de ventilation avec une anesthésie générale unique. Il semblerait qu'aucun des 4 protocoles ne permettent une réduction satisfaisante de l'atélectasie, cependant deux protocoles semblent plus satisfaisant en regard de la qualité de l'image et de la stabilité hémodynamique des sujets. A la connaissance des auteurs de cette étude, il n'existe pas de recherche portant sur la pression inspiratoire nécessaire à la réouverture des voies respiratoires chez le chat [42].



Il serait intéressant de rechercher des méthodes réduisant suffisamment l'atélectasie pour qu'elle ne soit plus un problème lors de l'interprétation de radiographies thoraciques et que l'on puisse utiliser l'anesthésie ou la sédation pour résoudre systématiquement les problèmes liés à la contention.

### 3. Radiographies

La radiographie thoracique constitue une première technique d'imagerie aisée à réaliser dans la pratique courante, peu onéreuse, qui permet de détecter une dilatation du cœur et plus précisément d'une portion anatomique donnée. Toutefois, la précision du diagnostic concernant des affections cardiaques est réduite car on ne peut apprécier que les limites externes de l'organe de façon statique. De plus la radiographie donne accès à la silhouette cardiaque et pas véritablement aux contours du cœur seul. Lors de l'interprétation il faut garder à l'esprit que les modifications éventuelles observées peuvent concerner le cœur mais aussi les autres structures qui composent la silhouette cardiaque [3].

La radiographie thoracique est un des examens complémentaires de choix dans l'évaluation d'affections cardio-pulmonaires. Elle permet d'apprécier la forme et la taille de la silhouette cardiaque, d'observer les anomalies dans le parenchyme pulmonaire, les plèvres et le médiastin et les voies respiratoires, de connaître le degré d'insuffisance cardiaque, d'évaluer indirectement la circulation cardio-pulmonaire et de révéler des atteintes non cardiaques. Bien que la plupart des maladies cardio-pulmonaires se manifestent avec des signes cliniques identiques (dyspnée, toux, cyanose...), une origine cardiaque peut le plus souvent se différencier d'une atteinte des voies respiratoires grâce à une radiographie thoracique. Ceci est à garder à l'esprit plus particulièrement quand l'anamnèse et l'examen clinique ne fournissent pas d'informations suffisamment spécifiques pour établir le diagnostic. De plus l'examen radiographique peut donner des informations qui poussent le clinicien à proposer d'autres examens complémentaires qui ne seraient pas justifiés au premier abord [12].

Bien que l'échocardiographie fournisse des informations essentielles sur l'anatomie interne et le fonctionnement du cœur, elle ne peut pas se substituer à la radiographie pour l'évaluation des patients dyspnéiques ou qui toussent. De plus la radiographie permet d'évaluer certains signes hémodynamiques de décompensation cardiaque, fournit des informations concernant l'appareil respiratoire et peut amener à observer des anomalies d'origine extra-cardiaque.

Intérêts de la radiographie thoracique en cardiologie [43] :

- Rechercher une anomalie cardiaque en évaluant la taille, la forme et la position du cœur
- Effectuer un suivi de la taille du cœur dans l'évolution d'une maladie ou pour évaluer l'efficacité d'un traitement [16]. Par exemple dans le suivi de chats atteints d'hyperthyroïdie, la radiographie du thorax est utilisée pour suivre l'évolution de la taille globale du cœur au cours du traitement [44].
- Evaluer l'ensemble de la cage thoracique
- Rechercher les conséquences extra-cardiaques d'une affection cardiaque. Par exemple en mesurant le diamètre moyen des veines pulmonaires, celui-ci étant significativement plus grand chez des chats atteints de CMH [20], ou en recherchant des signes d'œdème pulmonaire cardiogénique débutant (plages d'opacification alvéolaire).
- Rechercher une affection extra-cardiaque susceptible de provoquer un trouble cardiaque secondaire

Nous n'avons réalisé les mesures que sur des radiographies de profil car le VHS est mesuré sur cette vue. En revanche l'évaluation globale de la silhouette cardiaque et du thorax n'est possible que sur deux vues différentes avec de préférence une vue de face et une vue de profil. Il serait intéressant de réaliser les mesures sur des radiographies de face également afin de vérifier s'il y a corrélation entre VHS de face et de profil, en prenant soin de les faire sur une orientation fixe car selon certaines études l'orientation DV ou VD entraîne des modifications sur les clichés dont certaines concernant le cœur [45].

Le diagnostic radiographique de cardiomyopathie repose sur l'observation de signes tels que la modification de la taille et de la forme de la silhouette cardiaque et des vaisseaux pulmonaires et la présence d'œdème pulmonaire ou d'ascite [46]. Cependant en l'absence d'insuffisance cardiaque congestive seules les modifications concernant le cœur sont observables. D'après certaines études le meilleur moyen d'évaluer la silhouette cardiaque est de comparer le cliché étudié à celui d'un animal de même race considéré sain [12].

De plus, il faut garder à l'esprit qu'un cœur de taille normale n'élimine pas l'existence d'une affection cardiaque. Ceci est vrai notamment lors de CMH où une hypertrophie significative peut être présente sans modifier pour autant la taille du cœur. Ainsi lors de l'interprétation radiographique d'un cliché thoracique il est indispensable d'observer avec soin les contours du cœur en plus de mesurer le VHS pour une recherche efficace d'affection cardiaque [16].

#### 4. Observateurs

Pour notre étude nous avons choisi d'avoir un observateur unique des radiographies, le Docteur Juliette Sonet, dans le but de faciliter les analyses statistiques. Cependant plusieurs études montrent que la variabilité entre les différents observateurs est limitée et peut le plus souvent être négligée [47, 48].

D'après une étude menée chez le chien en 2005 les résultats de l'application de la méthode de Buchanan sont indépendants de l'expérience de la personne qui les applique, en revanche il existe une variabilité entre des individus d'expérience égale concernant les points de repères des mesures des axes cardiaque et la manière de les reporter sur l'axe vertébral. Cette variabilité est plus marquée au sein du groupe d'étudiants en cinquième année, groupe le moins expérimenté, principalement car un des étudiants obtenait systématiquement des valeurs de VHS plus basse que les autres et après vérification c'est en fait la mesure du grand axe cardiaque qui était plus courte que les autres. Il semblerait qu'il avait un point de repère de la limite supérieure plus ventral que les autres [49].

Un des avantages de la méthode de Buchanan est sa reproductibilité entre différents observateurs. En revanche bien que la précision soit similaire entre les observateurs certains ont tendance à surévaluer la taille de la silhouette cardiaque et d'autres à la sous-évaluer. Cette variation est due notamment aux biais liés à l'observateur. Deux biais principaux sont reconnus : la connaissance de la prévalence de l'affection suspectée et l'impact possible de la conclusion d'interprétation sur la prise en charge du patient. Ainsi si la prévalence d'une maladie est élevée la tendance à surévaluer la taille de la silhouette cardiaque permet de ne pas oublier un individu atteint. Au contraire si l'observateur qui suspecte une maladie à faible prévalence a tendance à surévaluer la taille de la silhouette cardiaque il risque de proposer des examens complémentaires inutiles à des nombreux patients. Nous tenons donc à rappeler que la méthode de Buchanan bien que très utile ne peut se substituer à l'expérience d'un observateur aguerri [48].

## 5. Mesures

Les deux objectifs de la méthode de Buchanan sont de mettre en évidence une cardiomégalie et d'effectuer un suivi de la taille du cœur chez un animal donné [16].

Après analyse statistique des résultats nous avons montré que pour des chatons âgés de 3 à 12 mois le VHS moyen est égal à 8.0 vertèbres avec un écart-type de 0.64 vertèbre. Cet écart-type élevé traduit notamment la variabilité qui existe entre les chatons les plus jeunes et les plus vieux, mais aussi la variabilité qui existe pour des chats du même âge. Ainsi, cette moyenne n'est pas très représentative de l'évolution du VHS au cours de la croissance. Nous avons trop peu de mesures pour proposer une moyenne pour des tranches d'âges mensuelles, en revanche nous pouvons proposer aux praticiens d'utiliser la formule déterminée par régression linéaire.

Il serait intéressant d'étudier le VHS des chatons en effectuant des mesures tous les mois entre 0 et 12 mois afin d'évaluer les tendances individuelles. Par exemple pour voir si un chaton dont le VHS est très élevé aura tendance à avoir un VHS adulte dans les valeurs supérieures de la normale voire supérieur à la normale.

Chez le chien une étude a été menée pour établir l'influence du VHS sur la précision de l'établissement du diagnostic radiographique d'une maladie cardiaque [46]. Les auteurs ont montré que la précision du diagnostic d'affection cardiaque était modérément améliorée grâce à la mesure du VHS. Ce manque de précision peut s'expliquer notamment par l'existence d'une grande variabilité de conformation cardio-thoracique entre les races au sein de l'espèce canine. En effet la valeur du VHS normal est la même pour toutes les races alors que la forme, la taille et la position du cœur sont très variables.

Une étude avec les mêmes objectifs pourrait être menée chez le chat, espèce pour laquelle cette variabilité de conformation est négligeable.

Il serait intéressant d'étudier la corrélation entre un VHS élevé ou supérieur à la normale en l'absence de signes cliniques et une cardiomyopathie avérée grâce à un examen d'échocardiographie. Tout comme cette étude réalisée en 2001 chez des enfants qui vise à estimer la corrélation entre cardiomégalie observée à la radiographie et cardiomégalie vérifiée par examen d'échocardiographie. Ainsi, chez l'enfant la probabilité de voir une augmentation de la taille du cœur sur une radiographie thoracique quand elle est observable à l'échocardiographie est de 58.8%, cette sensibilité est très moyenne. En revanche, la spécificité est bonne, en effet la probabilité de trouver le cœur normal sur une radiographie thoracique quand il est normal à l'échocardiographie est de 92.3% [50].



## CONCLUSION

Les intérêts de la méthode de Buchanan sont d'objectiver une cardiomégalie et d'effectuer un suivi de la taille du cœur pour un animal donné. Les principaux objectifs de notre travail étaient de mettre en évidence que l'indice de Buchanan, ou VHS (Vertebral Heart Scale), des chatons âgés de 0 à 12 mois est significativement différent de celui des chats adultes et qu'il est ainsi nécessaire de déterminer une norme propre au chaton. Pour cela nous avons réalisé une étude rétrospective sur 95 chatons recrutés entre 2005 et 2011.


Nous avons mis en évidence que pour des chatons âgés de 0 à 3 mois le VHS est très variable et nous avons préféré ne pas établir d'estimation compte tenu de cette variabilité et des effectifs obtenus. En revanche, pour les chatons âgés de 3 à 12 mois la variabilité est moindre et régulière dans le temps. Nous avons ainsi pu établir la moyenne (7.9 vertèbres) et l'écart-type (0.65 vertèbre) du VHS pour des individus sains et la formule rapprochée de l'intervalle de prédiction du VHS en fonction de l'âge qui peut être utilisée pour plus de précision :

$$VHS = 8.35 - 0.062X \pm 0.99 \text{ vertèbres (X : âge en mois)}$$

La portée de cette étude est limitée par les biais de recrutement qui peuvent entraîner l'inclusion dans l'étude d'individus dont la taille de la silhouette cardiaque est modifiée. Elle constitue cependant une première approche dans l'adaptation de la méthode de Buchanan au chaton européen. Une étude prospective ayant les mêmes objectifs permettrait d'éliminer un certain nombre de biais et d'obtenir des résultats plus sûrement exploitables. En attendant, il est tout à fait possible d'utiliser nos résultats préliminaires.

Thèse de Mme Coline MUSEL.

Le Professeur responsable  
VetAgro Sup campus vétérinaire



CHALVET-MON FRAY

Vu et permis d'imprimer  
Lyon, le 14 NOV. 2012  
Pour le Président de l'Université,  
Le Président du Comité de Coordination des Etudes Médicales,  
Professeur F.N GILLY



Le Directeur général  
VetAgro Sup  
Par délégation  
Pr F. Grain - DEVE



VetAgro Sup  
Campus Vétérinaire  
Le Président de la thèse



F. Grain  
COTTON





# BIBLIOGRAPHIE

- [1] G. M. Constantinescu, Guide pratique d'anatomie du chien et du chat, 2005, pp. 161-197.
- [2] A. Coulson et N. Lewis, Atlas d'anatomie radiographique du chien et du chat, 2010, pp. 520-542.
- [3] N. George, *Etude des spécificités anatomiques, radiographiques et échographiques du coeur du chat*, 1998.
- [4] L. Hudson et W. Hamilton, Atlas of Feline Anatomy for Veterinarians, 1993, pp. 77-112.
- [5] A. Schevénement, *Choix comparatif d'une technique d'investigation par imagerie médicale des tumeurs intra-thoraciques chez le chien*, 2010.
- [6] C. Boulocher, *Imagerie du thorax - Plèvres et médiastin*, 2010.
- [7] T. Schwarz et V. Johnson, BSAVA Manual of Canine and Feline Thoracic Imaging, 2008.
- [8] A. Kallassy, *Echocardiographie du chat : réalisation d'un support informatique à visée pédagogique*, 2011.
- [9] R. Barone, Anatomie comparée des mammifères domestiques, Tome 5, Angiologie, 1996, pp. 17-97.
- [10] D. R. Joseph, The ratio between the heart-weight and body-weight in various animals, 1908.
- [11] S. Liu, «Postmortem examination of the heart,» *Vet Clin North Am*, pp. 379-394, 1983.
- [12] P. Lord et P. Suter, «Radiology,» chez *Textbook of Canine and Feline Cardiology*, 1999, pp. 107-129.
- [13] R. T. O'Brien, Thoracic Radiology for the Small Animal Practitioner, 2001, pp. 3-91.
- [14] P. Barthez, Technique en Radiologie des Petits Animaux, 1997.
- [15] M. Sirois, E. Anthony et D. Mauragis, Handbook of Radiographic Positioning for Veterinary Technicians, 2010.
- [16] J. W. Buchanan et J. Bücheler, «Vertebral scale system to measure canine heart size in radiographs,» *JAVMA*, vol. 206, n° 12, pp. 194-199, 1995.
- [17] A. Greco et al, «Effect of left VS. right recumbency on the vertebral heart score in normal dogs,» *Veterinary Radiology & Ultrasound*, vol. 49, n° 15, pp. 454-455, 2008.
- [18] P. Barthez, « L'installation radiologique,» chez *Les indispensables de l'animal de*

compagnie - Cardiologie, 2001, pp. 39-45.

- [19] J. M. Owens et D. N. 1. Biery, *Radiographic Interpretation for the Small Animal Clinician*, 1999.
- [20] N. J. Hayward et al., «The radiographic appearance of the pulmonary vasculature in the cat,» *Veterinary Radiology & Ultrasound*, vol. 45, n° %16, pp. 501-504, 2004.
- [21] A. Ghadiri, R. Avizeh, A. Rasekh et A. Yadegari, «Radiographic measurement of vertebral heart size in healthy stray cats,» *Journal of Feline Medicine and Surgery*, vol. 10, pp. 61-65, 2008.
- [22] L. Gaschen et al., «Cardiomyopathy in Dystrophin-Deficient Hypertrophic Feline Muscular Dystrophy,» *J Vet Intern Med*, vol. 13, pp. 346-356, 1993.
- [23] N. E. Ahlberg et al, «Radiographic heart-volume estimation in normal cats,» *Veterinary Radiology*, n° %130, pp. 253-260, 1989.
- [24] A. L. Litster et J. W. Buchanan, «Vertebral scale system to measure heart size in radiographs of cats,» *JAVMA*, vol. 216, n° %12, pp. 210-214, 2000.
- [25] *R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing..*
- [26] M. M. Sleeper et J. W. Buchanan, «Vertebral scale system to measure heart size in growing puppies,» *JAVMA*, vol. 219, n° %11, pp. 57-59, 2001.
- [27] J. E. Jemmett et J. M. Evans, «A survey of sexual behaviour and reproduction of female cats,» *Journal of Small Animal Practice*, vol. 18, n° %11, pp. 31-37, 1977.
- [28] T. Tsutsui et G. H. Stabenfeldt, «Biology of ovarian cycles, pregnancy and pseudopregnancy in the domestic cat,» *Journal of reproduction and fertility. Supplement*, vol. 47, pp. 29-35, 1993.
- [29] R. C. Povey, «Reproduction in the Pedigree Female Cat. A survey of Breeders,» *The Canadian Veterinary Journal*, vol. 19, n° %18, pp. 207-213, 1978.
- [30] T. Tsutsui et al, «Breeding Season in Female Cats Acclimated Under a Natural Photoperiod and Interval Until Puberty,» *Journal of Veterinary Medical Science*, vol. 66, n° %19, pp. 1129-1132, 2004.
- [31] C. F. Paige et al., «Prevalence of cardiomyopathy in apparently healthy cats,» *JAVMA*, vol. 234, pp. 1398-1403, 2009.
- [32] E. Côté et al., «Assessment of the prevalence of heart murmurs in overtly healthy cats,» *JAVMA*, vol. 225, n° %13, pp. 384-388, 2004.

- [33] P. Lord et al., «Radiographic and Hemodynamic Evaluation of Cardiomyopathy and Thromboembolism in the Cat,» *JAVMA*, vol. 164, n° %12, pp. 154-165, 1974.
- [34] W. Yaphé, S. Giovengo et S. Moise, «Severe cardiomegaly secondary to anemia in a kitten,» *JAVMA*, vol. 202, n° %16, pp. 961-964, 1993.
- [35] H. E. Wilson et al., «Signs of left heart volume overload in severely anaemic cats,» *Journal of Feline Medicine and Surgery*, vol. 12, n° %112, pp. 904-909, 2010.
- [36] R. L. Toal et al., «Influence of cardiac cycle on the radiographic appearance of the feline heart,» *Veterinary Radiology*, vol. 26, n° %12, pp. 63-69, 1985.
- [37] H. U. Rothen et al., « Re-expansion of atelectasis during general anaesthesia : a computed tomography study,» *British Journal of Anaesthesia*, vol. 71, n° %16, pp. 788-795, 1993.
- [38] H. U. Rothen et al., «Dynamics of re-expansion of atelectasis during general anaesthesia,» *British Journal of Anaesthesia*, vol. 82, n° %14, pp. 551-556, 1999.
- [39] H. U. Rothen et al., «Atelectasis and pulmonary shunting during induction of general anaesthesia - can they be avoided?,» *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, vol. 40, n° %15, pp. 524-529, 1996.
- [40] G. Hedenstierna et L. Edmark, «The effects of anesthesia and muscle paralysis on the respiratory system,» *Intensive Care Medicine*, vol. 31, n° %110, pp. 1327-1335, 2005.
- [41] C. Prys-Roberts et al., «Radiologically undetectable pulmonary collapse in the supine position,» *The Lancet*, vol. 290, n° %17512, pp. 399-401, 1967.
- [42] N. Henao-Guerrero et al., «Comparison of four ventilatory protocols for computed tomography of the thorax in healthy cats,» *Am J Vet Res*, vol. 73, n° %15, pp. 646-653, 2012.
- [43] Y. Ruel, «Lecture et interprétation du cliché thoracique en cardiologie,» *Les indispensables de l'animal de compagnie - Cardiologie*, pp. 113-117, 2001.
- [44] S. N. Moise, «Echocardiographic, electrocardiographic, and radiographic detection of cardiomegaly in hyperthyroid cats,» *Am J Vet Res*, vol. 7, pp. 1487-1494, 1986.
- [45] C. H. Carlisle et D. E. Thrall, «A Comparison of Normal Feline Thoracic Radiographs Made in Dorsal Versus Ventral Recumbency,» *Veterinary Radiology*, vol. 23, n° %11, pp. 3-9, 1982.
- [46] C. R. Lamb et al., « Assessment of the value of the vertebral heart scale in the

- radiographic diagnosis of cardiac disease in dogs,» *Veterinary Record*, vol. 146, pp. 687-690, 2000.
- [47] H. Nakayama, T. Nakayama et R. Hamlin, «Correlation of Cardiac Enlargement as Assessed by Vertebral Heart Size and Echocardiographic and Electrocardiographic Findings in Dogs with Evolving Cardiomegaly Due to Rapid Ventricular Pacing,» *Journal of Veterinary Internal Medicine* , vol. 15, n° %13, pp. 217-221, 2001.
- [48] J. A. Wortman et al., «Receiver operating characteristic curve analysis of the utility of thoracic radiographs for the diagnosis of feline cardiac disease,» *Veterinary Radiology*, vol. 28, n° %14, pp. 121-126, 1987.
- [49] K. Hansson et al., « Interobserver variability of vertebral heart size measurements in dogs with normal and enlarged hearts,» *Veterinary Radiology & Ultrasound*, vol. 46, n° %12, pp. 122-130, 2005.
- [50] G. M. Satou et e. al, « Heart size on chest x-ray as a predictor of cardiac enlargement by echocardiography in children,» *Pediatric Cardiology*, vol. 22, n° %13, pp. 218-222, 2001.

# ANNEXE

Annexe 1: Tableau récapitulatif des résultats des mesures

chatons	mois	VHS	sexe	chatons	mois	VHS	sexe	chatons	mois	VHS	sexe
1	11.32	6.5	F	41	3.52	8.0	F	81	5.16	8.5	F
2	1.25	7.0	F	42	3.59	8.0	F	82	9.11	8.6	M
3	5.26	7.0	F	43	3.78	8.0	F	83	5.56	8.7	F
4	6.35	7.0	M	44	4.31	8.0	M	84	8.91	8.7	M
5	7.63	7.0	M	45	5.03	8.0	F	85	2.04	8.8	F
6	8.85	7.0	F	46	5.07	8.0	F	86	6.32	8.8	F
7	11.81	7.0	M	47	5.82	8.0	M	87	2.07	9.0	M
8	10.56	7.1	M	48	5.86	8.0	M	88	6.28	9.0	M
9	2.24	7.2	F	49	6.32	8.0	M	89	8.03	9.0	F
10	7.76	7.2	F	50	6.51	8.0	F	90	2.99	9.2	M
11	9.34	7.2	F	51	6.51	8.0	F	91	3.42	9.3	F
12	6.74	7.3	F	52	9.51	8.0	M	92	2.24	9.4	F
13	7.34	7.3	M	53	9.57	8.0	F	93	1.68	9.5	F
14	7.57	7.3	M	54	10	8.0	M	94	2.8	10.0	M
15	9.51	7.3	F	55	10.72	8.0	F	95	1.05	10.3	M
16	4.64	7.4	M	56	1.02	8.1	M				
17	6.68	7.5	M	57	4.41	8.1	F				
18	6.71	7.5	M	58	5.07	8.1	M				
19	9.08	7.5	M	59	10.03	8.1	M				
20	9.18	7.5	F	60	10.79	8.1	F				
21	3.55	7.6	M	61	3.06	8.2	F				
22	4.05	7.6	M	62	4.87	8.2	F				
23	5.95	7.6	F	63	5.16	8.2	M				
24	7.66	7.6	F	64	5.72	8.2	M				
25	11.81	7.6	M	65	6.48	8.2	M				
26	9.54	7.7	M	66	6.88	8.2	F				
27	11.78	7.7	M	67	2.07	8.3	M				
28	3.49	7.8	M	68	4.24	8.3	M				
29	4.64	7.8	F	69	5.86	8.3	M				
30	9.11	7.8	F	70	5.95	8.3	F				
31	10.92	7.8	F	71	6.35	8.3	F				
32	5.66	7.9	M	72	6.74	8.3	M				
33	5.69	7.9	F	73	7.53	8.3	F				
34	6.51	7.9	M	74	9.24	8.3	M				
35	8.95	7.9	M	75	2.37	8.4	F				
36	9.18	7.9	F	76	5.49	8.4	M				
37	3.32	8.0	M	77	7.93	8.4	M				
38	3.36	8.0	M	78	8.29	8.4	F				
39	2.76	8.0	F	79	8.78	8.4	F				
40	2.96	8.0	M	80	2.27	8.5	M				





**MUSEL Coline**

**Evaluation et évolution de « l'indice de Buchanan » chez le chaton – Etude rétrospective**

**Thèse d'Etat de Doctorat Vétérinaire : Lyon, le 05 Décembre 2012**

**RESUME :**

La méthode de Buchanan permet d'objectiver une cardiomégalie et d'effectuer un suivi de la taille du cœur chez un individu donné. Les objectifs de ce travail étaient de montrer que l'indice de Buchanan, ou VHS, des chatons est significativement différent de celui des adultes et de mettre en évidence une formule de calcul du VHS dépendant de l'âge.

Ce travail présente dans un premier temps les rappels anatomiques et radiographiques essentiels à une bonne évaluation radiographique de la silhouette cardiaque du chat. Dans un second temps l'étude rétrospective présente l'application de la méthode de Buchanan sur 95 radiographies thoraciques de profil de chatons. Après avoir étudié à l'aide d'analyses statistiques l'influence de l'âge et du sexe des individus sur le VHS nous avons établi une formule permettant d'obtenir le VHS normal pour un âge X (mois) donné :

$$VHS = 8.35 - 0.062X \pm 0.99 \text{ vertèbres}$$

Pour finir nous avons proposé des perspectives d'amélioration à notre étude.

**MOTS CLES :**

- cœur
- chaton
- indice de Buchanan
- radiographie

**JURY :**

Président : Monsieur le Professeur François Cotton

1er Assesseur : Madame le Professeur Karine Chalvet-Monfray

2ème Assesseur : Monsieur le Professeur Jean-Luc Cadoré

**DATE DE SOUTENANCE : 5 décembre 2012**

**ADRESSE DE L'AUTEUR :**

**350 route de la Sure  
38140 La Murette**