



OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible

This is an author's version published in: <https://oatao.univ-toulouse.fr/27396/>

Laheranne Martinez, Magalie . *Apport de la tomodensitométrie sur le diagnostic cytologique des épanchements thoraciques chez le chien et le chat : étude rétrospective sur 24 cas.* Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2020, 126 p.

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: tech-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr

APPORT DE LA TOMODENSITOMETRIE SUR LE DIAGNOSTIC CYTOLOGIQUE DES EPANCHEMENTS THORACIQUES CHEZ LE CHIEN ET LE CHAT : ETUDE RETROSPECTIVE SUR 24 CAS

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

*présentée et soutenue publiquement
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

par

LAHERANNE MARTINEZ Magalie

Née, le 06/06/1994 à BAYONNE (64)

Directeur de thèse : M. Fabrice CONCHOU

JURY

PRESIDENTE :
Mme Isabelle BERRY

Professeure à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :
M. Fabrice CONCHOU
M. Giovanni MOGICATO

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE
Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

APPORT DE LA TOMODENSITOMETRIE SUR LE DIAGNOSTIC CYTOLOGIQUE DES EPANCHEMENTS THORACIQUES CHEZ LE CHIEN ET LE CHAT : ETUDE RETROSPECTIVE SUR 24 CAS

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

*présentée et soutenue publiquement
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

par

LAHERANNE MARTINEZ Magalie

Née, le 06/06/1994 à BAYONNE (64)

Directeur de thèse : M. Fabrice CONCHOU

JURY

PRESIDENTE :
Mme Isabelle BERRY

Professeure à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :
M. Fabrice CONCHOU
M. Giovanni MOGICATO

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE
Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation
ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

Directeur : Professeur Pierre SANS

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

- M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*
- M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Pharmacologie - Thérapeutique*
- Mme **CHASTANT-MAILLARD Sylvie**, *Pathologie de la Reproduction*
- Mme **CLAUW Martine**, *Pharmacie-Toxicologie*
- M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, Statistiques, Modélisation*
- M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie Pathologique*
- M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*
- Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la Reproduction, Endocrinologie*
- M. **PETIT Claude**, (Emérite) - *Pharmacie et Toxicologie*
- M. **SCHELCHER François**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*

PROFESSEURS 1° CLASSE

- M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et Industrie des aliments*
- Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, Anatomie pathologique*
- M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et Industrie des aliments d'Origine animale*
- Mme **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie Vétérinaire*
- M. **DUCOS Alain**, *Zootechne*
- M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **GUERIN Jean-Luc**, *Aviculture et pathologie aviaire*
- Mme **HAGEN-PICARD, Nicole**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
- M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et Thérapeutique*
- M. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **TRUMEL Catherine**, *Biologie Médicale Animale et Comparée*

PROFESSEURS 2° CLASSE

- Mme **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
- Mme **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
- M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
- Mme **LACROUX Caroline**, *Anatomie Pathologique, animaux d'élevage*
- Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*
- M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des Ruminants*
- Mme **MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation*
- M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, Imagerie médicale*
- Mme **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles et porcins*
- M. **RABOISSON Didier**, *Médecine de population et Économie de la santé animale*

PROFESSEURS CERTIFIES DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

- Mme **MICHAUD Françoise**, *Professeur d'Anglais*
- M. **SEVERAC Benoît**, *Professeur d'Anglais*

MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE

- M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la Reproduction*
Mme **CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*
M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et Mathématiques*
M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*
Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*
M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et Infectiologie*

MAITRES DE CONFERENCES (classe normale)

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*
Mme **BENNIS-BRET Lydie**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*
Mme **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
Mme **BOUHSIRA Emilie**, *Parasitologie, maladies parasitaires*
M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*
M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
Mme **DANIELS Hélène**, *Immunologie- Bactériologie-Pathologie infectieuse*
Mme **DAVID Laure**, *Hygiène et Industrie des aliments*
Mme **DEVIERS Alexandra**, *Anatomie-Imagerie*
M. **DIDIMO IMAZAKI Pedro**, *Hygiène et Industrie des aliments*
M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophthalmologie vétérinaire et comparée*
Mme **FERRAN Aude**, *Physiologie*
Mme **GRANAT Fanny**, *Biologie médicale animale*
Mme **JOURDAN Géraldine**, *Anesthésie - Analgésie*
Mme **LALLEMAND Elodie**, *Chirurgie des Equidés*
Mme **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*
M. **LE LOC'H Guillaume**, *Médecine zoologique et santé de la faune sauvage*
M. **LHERMIE Guillaume**, *Economie de la santé animale*
M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie Chirurgicale*
Mme **MILA Hanna**, *Elevage des carnivores domestiques*
M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction*
Mme **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
M. **VERGNE Timothée**, *Santé publique vétérinaire – Maladies animales règlementées*
Mme **WASET-SZKUTA Agnès**, *Production et pathologie porcine*

CHARGES D'ENSEIGNEMENT CONTRACTUELS

- M. **BOLON Pierrick**, *Production et pathologie aviaire*
M. **LEYNAUD Vincent**, *Médecine interne*
Mme **ROBIN Marie-Claire**, *Ophthalmologie*
Mme **TOUSSAIN Marion**, *Pathologie des équidés*

ENSEIGNANT DE PREMIERE ANNEE COMMUNE AUX ETUDES VETERINAIRES

- Mme **GAUCHARD Cécile**, *Biologie-écologie-santé*

ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS

- Mme **BLONDEL Margaux**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
M. **CARTIAUX Benjamin**, *Anatomie-Imagerie médicale*
M. **COMBARROS-GARCIA Daniel**, *Dermatologie vétérinaire*
M. **GAIDE Nicolas**, *Histologie, Anatomie Pathologique*
M. **JOUSSERAND Nicolas**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
M. **LESUEUR Jérémy**, *Gestion de la santé des ruminants – Médecine collective de précision*
M. **TOUITOU Florian**, *Alimentation animale*

Remerciements

À ce jury de thèse,

Madame la Professeure Isabelle BERRY,

Professeure à la Faculté de Médecine de Rangueil,

Praticien hospitalier,

Biophysique, Imagerie médicale

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

Mes hommages respectueux.

Monsieur le Docteur Fabrice CONCHOU

Maître de Conférences à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse,

Imagerie médicale,

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la direction de cette thèse et m'avoir accompagnée et conseillée dans la réalisation de ce travail.

Qu'il rencontre ici l'expression de ma profonde gratitude.

Monsieur le Docteur Giovanni MOGICATO

Maître de Conférences à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse,

Anatomie, Imagerie médicale,

Pour avoir accepté le rôle d'assesseur de cette thèse.

Pour l'intérêt porté à ce travail.

Mes sincères remerciements.

À l'ensemble des personnes ayant contribué à la réalisation de ce travail,

Au Docteur Florence THIERRY,

Pour son aide, ses conseils et le partage des données ayant permis cette étude,

Sincères remerciements.

Table des matières

Remerciements	5
Liste des figures	10
Liste des tableaux	11
Liste des photos	11
Liste des abréviations	12
Introduction	13
Partie 1 : Étude bibliographique	15
1. Les épanchements thoraciques pleuraux chez le chien et le chat	15
1.1. Rappels anatomiques	15
1.1.1. Les plèvres.....	15
1.1.2. La cavité pleurale.....	19
1.2. La clinique.....	22
1.3. Les mécanismes de formation - physiopathologie	23
1.4. Les causes.....	24
1.5. Les examens complémentaires.....	27
1.6. Les différents types d'épanchements et leurs caractéristiques	29
1.6.1. Les transsudats.....	30
1.6.1.1. Les transsudats purs.....	30
1.6.1.2. Les transsudats modifiés	31
1.6.2. Les exsudats	32
1.6.2.1. Exsudats septiques	32
1.6.2.2. Exsudats aseptiques.....	34
1.6.3. Autres épanchements	35
1.6.3.1. Chylothorax	35
1.6.3.2. Hémothorax.....	37
1.6.3.3. Épanchement cancéreux	38
1.6.3.4. Bilothorax.....	38
2. La tomодensitométrie	43
2.1. Principes de la tomодensitométrie.....	43
2.1.1. Introduction	43
2.1.2. Bases physiques.....	43
2.1.2.1. Le rayon X	44
2.1.2.2. Interactions rayons X-matière.....	44
2.1.3. Rappel Unités Hounsfield	45
2.2. Fonctionnement du scanner	46
2.2.1. L'appareil.....	46
2.2.1.1. Évolution historique.....	46
2.2.1.2. Éléments constitutifs	50
2.2.2. Les réglages	51
2.3. Qualité de l'image et artefacts	51
2.3.1. Qualité de l'image	51
2.3.2. Artefacts	52
2.4. Avantages et inconvénients de la tomодensitométrie.....	52
2.4.1. Les avantages	52

2.4.2.	Les inconvénients	53
2.5.	Les images normales	53
2.5.1.	Images tomodensitométriques normales du chat	54
2.5.1.1.	Images thoraciques en fenêtre osseuse	54
2.5.1.2.	Images thoraciques en fenêtre médiastinale	55
2.5.2.	Images tomodensitométriques normales du chien	56
2.5.2.1.	Images thoraciques en fenêtre pulmonaire	56
2.5.2.2.	Images thoraciques en fenêtre médiastinale	57
3.	Intérêts de la tomodensitométrie pour le diagnostic des épanchements thoraciques	59
3.1.	Chez l'Homme.....	59
3.2.	Chez les chiens et chats.....	61
3.3.	Première étude : Woods et al.	63
3.3.1.	Contexte	63
3.3.2.	Objectifs	63
3.3.3.	Matériel et méthodes.....	63
3.3.4.	Résultats	65
3.3.5.	Discussion.....	66
3.4.	Deuxième étude : Watton et al.	69
3.4.1.	Contexte	69
3.4.2.	Objectifs	69
3.4.3.	Matériels et méthodes.....	69
3.4.4.	Résultats	70
3.4.5.	Discussion.....	71
3.5.	Résultats globaux des deux études	74
Partie 2 :	Étude rétrospective	75
1.	Contexte	75
2.	Objectifs	76
3.	Matériels et méthodes	76
3.1.	Conception de l'étude et sélection des cas	76
3.1.1.	Critères d'inclusion	76
3.1.2.	Critères d'exclusion	77
3.2.	Analyse des images tomodensitométriques	77
3.2.1.	Acquisition des images tomodensitométriques	77
3.2.2.	Reuves des images tomodensitométriques.....	78
3.2.2.1.	Caractérisation de l'épanchement pleural	78
3.2.2.2.	Mesures des densités.....	78
3.2.2.3.	Signes tomodensitométriques étudiés	80
3.3.	Evaluation cytologique.....	81
3.4.	Analyse statistique.....	82
4.	Résultats	83
4.1.	Description de la population étudiée.....	83
4.2.	Types d'épanchements pleuraux	85
4.3.	Laps de temps entre l'acquisition tomodensitométrique et la cytoponction.....	86
4.4.	Quantification de l'épanchement pleural	86
4.5.	Densités et types d'épanchements	90
4.6.	Densités et zone dépendante	93
4.7.	Étude de critères tomodensitométriques	96
5.	Discussion	101

5.1.	Population étudiée.....	101
5.1.1.	Espèce.....	101
5.1.2.	Statut reproducteur.....	101
5.1.3.	Âge et races.....	102
5.2.	Types d'épanchements pleuraux.....	102
5.3.	Quantification de l'épanchement pleural.....	103
5.4.	Comparaison des résultats à l'étude de Woods et al.....	104
5.5.	Comparaison des résultats à l'étude de Watton et al.....	105
5.5.1.	Epaississement de plèvre.....	105
5.5.2.	Invasion de la paroi thoracique.....	105
5.6.	Les limites de cette étude.....	106
5.6.1.	Récupération des données et effectif limité.....	106
5.6.2.	Cytologies et examens tomodensitométriques.....	107
5.6.2.1.	Cytologies.....	107
5.6.2.2.	Examens tomodensitométriques.....	108
5.6.3.	Analyses des examens tomodensitométriques.....	108
	Conclusion.....	109
	Bibliographie.....	111
	Annexes.....	117

Table des illustrations

Liste des figures

Figure 1 : Structure histologique de la plèvre	15
Figure 2 : Distribution de la plèvre et du péricarde sur une coupe longitudinale de thorax	16
Figure 3 : Schéma de coupe transversale de thorax de chien	17
Figure 4 : Circulation du liquide pleural au sein de la cavité pleurale	21
Figure 5 : Représentation tridimensionnelle puis bidimensionnelle d'une coupe d'organisme	43
Figure 6 : Valeur des unités Hounsfield selon les tissus et conversion en échelle de gris	45
Figure 7 : Principe des scanners de 1 ^{ère} génération	46
Figure 8 : Principe des scanners de 2 nd génération	47
Figure 9 : Principe des scanners de 3 ^{ème} génération	47
Figure 10 : Principe des scanners de 4 ^{ème} génération	48
Figure 11 : Influence du pas sur la dose de rayons X reçue	48
Figure 12 : Scanner multicoupe à 16 rangées de capteurs	49
Figure 13 : Scanner multicoupe à réseau de détection modulable constitué de 8 rangées dont la largeur augmente en périphérie	49
Figure 14 : Les différents composants d'un scanner	50
Figure 15 : Scanner thoracique au niveau de la deuxième vertèbre thoracique	54
Figure 16 : Scanner thoracique au niveau de la sixième vertèbre thoracique	54
Figure 17 : Scanner thoracique au niveau de la dixième vertèbre thoracique	54
Figure 18 : Scanner thoracique au niveau de la deuxième vertèbre thoracique	55
Figure 19 : Scanner thoracique au niveau de la sixième vertèbre thoracique	55
Figure 20 : Scanner thoracique au niveau de la onzième vertèbre thoracique	55
Figure 21 : Scanner thoracique au niveau de la deuxième vertèbre thoracique	56
Figure 22 : Scanner thoracique au niveau de la septième vertèbre thoracique	56
Figure 23 : Scanner thoracique au niveau de la douzième vertèbre thoracique	56
Figure 24 : Scanner thoracique au niveau de la première vertèbre thoracique	57
Figure 25 : Scanner thoracique au niveau de la septième vertèbre thoracique	57
Figure 26 : Scanner thoracique au niveau de la onzième vertèbre thoracique	57
Figure 27 : Répartition des cas selon l'espèce et l'établissement	83
Figure 28 : Répartition des cas selon leur sexe et statut reproducteur	83
Figure 29 : Répartition des cas de chiens (A) et de chats (B) selon leur catégorie d'âge	84
Figure 30 : Répartition des cas de chiens en fonction de leur format de poids	85
Figure 31 : Nombre des différents types d'épanchements chez les chiens et chats de l'étude	85
Figure 32 : Nombre de jours entre l'acquisition tomodensitométriques et la cytoponction	86
Figure 33 : Répartition des cas selon la quantité d'épanchement	87
Figure 34 : Nombre de cas répartis selon la quantité d'épanchement présente chez les chiens et chats de l'étude	87
Figure 35 : Densités en unités Hounsfield des différents types d'épanchements chez les cas de chiens (Valeurs moyenne, médiane, extrêmes et 1 ^{er} et 3 ^{ème} quartiles)	91
Figure 36 : Ensemble des 3 valeurs de densité en unités Hounsfield mesurées pour chaque cas de chiens	91
Figure 37 : Densités en unités Hounsfield des différents types d'épanchements chez les cas de chats (Valeurs moyenne, médiane, extrêmes et 1 ^{er} et 3 ^{ème} quartiles)	92
Figure 38 : Ensemble des 3 valeurs de densité en unités Hounsfield mesurées pour chaque cas de chats	92
Figure 39 : Valeurs moyennes globales de densité entre les zones dépendante et non dépendante chez le chien et le chat	93
Figure 40 : Ensemble des moyennes des valeurs de densité en unités Hounsfield mesurées en zones dépendante, moyenne et non dépendante chez les chiens	93

Figure 41 : Densités moyenne, extrêmes et 1 ^{er} et 3 ^{ème} quartiles en unités Hounsfield selon les zones dépendante, moyenne et non dépendante et selon les types d'épanchements chez le chien	94
Figure 42 : Ensemble des moyennes des valeurs de densité en unités Hounsfield mesurées en zones dépendante, moyenne et non dépendante chez les chiens	94
Figure 43 : Densités moyenne, extrêmes et 1 ^{er} et 3 ^{ème} quartiles en unités Hounsfield selon les zones dépendante, moyenne et non dépendante et selon les types d'épanchements chez le chien	95
Figure 44 : Présence d'épaississement pleural parmi les cas d'épanchements inflammatoires et tumoraux chez le chien.....	96
Figure 45 : Localisation de l'épaississement pleural parmi les cas d'épanchements inflammatoires et tumoraux chez le chien.....	97
Figure 46 : Mesure de l'épaisseur maximale de la plèvre épaissie parmi les cas d'épanchements inflammatoires et tumoraux chez le chien	97
Figure 47 : Invasion de la paroi thoracique parmi les cas d'épanchements inflammatoires et tumoraux chez le chien	98
Figure 48 : Présence d'épaississement pleural parmi les cas d'épanchements inflammatoires et tumoraux chez le chat.....	99
Figure 49 : Localisation de l'épaississement pleural parmi les cas d'épanchements inflammatoires et tumoraux chez le chat.....	100
Figure 50 : Mesure de l'épaisseur maximale de la plèvre épaissie parmi les cas d'épanchements inflammatoires et tumoraux chez le chat	100

Liste des tableaux

Tableau 1 : Causes principales de transsudat.....	24
Tableau 2 : Causes principales des exsudats	25
Tableau 3 : Causes principales d'épanchements particuliers	26
Tableau 4 : Critères de Light chez l'homme (le chat ; le chien)	29
Tableau 5 : Germes les plus fréquemment isolés lors de pyothorax.....	34
Tableau 6 : Bilan des causes et des caractéristiques pour les différents types d'épanchements	40
Tableau 7 : Classification des types d'épanchements selon leurs caractéristiques.....	64
Tableau 8 : Critères caractéristiques des différents types d'épanchements	81

Liste des photos

Photo 1 : Macrophages basophiles et vacuolisés	21
Photo 2 : Cellule mésothéliale normale	21
Photo 3 : Radiographie thoracique en vue de profil droit chez un chat avec un épanchement chyleux	28
Photo 4 : Cytologie d'un transsudat pur.....	30
Photo 5 : Cytologie d'un transsudat modifié.....	31
Photo 6 : Cytologie d'un exsudat septique pleural chez un chien.....	33
Photo 7 : Cytologie après centrifugation d'un liquide d'épanchement de chat atteint de PIF.....	35
Photo 8 : Aspect macroscopique d'un chylothorax de chat	35
Photo 9 : Cytologie d'un chylothorax chez un chat	36
Photo 10 : Cytologie d'un hémothorax chez un chien	37
Photo 11 : Cytologie d'un épanchement thoracique cancéreux suite à un lymphome chez un chien. .	38
Photo 12 : Exemple de mesures sur la coupe transversale au niveau de T9 du cas 2 des chiens.....	79
Photo 13 : Exemple de mesure sur la coupe transversale au niveau de T9 du cas 13 des chiens.....	79
Photo 14 : Exemple de mesure d'épaississement pleural (plèvre diaphragmatique) sur la coupe transversale au niveau de T11 du cas 3 des chiens.....	80
Photo 15 : Coupe transversale au niveau de T9 du cas 15 des chiens.....	88
Photo 16 : Coupe transversale au niveau de T4 du cas 11 des chiens.....	88
Photo 17 : Coupe transversale au niveau de T6 du cas 2 des chats	89
Photo 18 : Coupe transversale au niveau de T9 du cas 4 des chats	89
Photo 19 : Coupe transversale au niveau de T12 du cas 9 des chiens.....	98

Liste des abréviations

Chol : Cholestérol

EDTA : acide éthylène-diamine-tétraacétique

Ht : Hématocrite

HU : Unités Hounsfield

LDH : Lactate Deshydrogénase

mmHg : millimètres de mercure

PIF : Péritonite infectieuse féline

T-FAST : thoracic focused assessment with sonography for trauma, triage, and tracking

TG : triglycérides

UI : Unités Internationales

Introduction

La cavité thoracique contient deux plèvres distinctes, une droite et une gauche, séparées en leur centre par le médiastin. Chaque plèvre est composée d'une portion pariétale (médiastinale, diaphragmatique, costale) et d'une portion viscérale recouvrant le parenchyme pulmonaire. L'espace pleural est un espace virtuel, situé entre les plèvres pariétales et viscérales, qui contient une quantité limitée de fluide. (Thrall 2018) Cela permet de diminuer les frictions au cours des mouvements respiratoires. (Epstein, Balsa 2020) Des fenestrations présentes au niveau du médiastin sont à l'origine d'une communication entre les deux espaces pleuraux. (Thrall 2018)

La formation du liquide pleural est régie par la loi de Starling et son élimination a lieu principalement par drainage lymphatique. Un épanchement pleural correspond à une accumulation excessive de fluide au sein de la cavité pleurale. Celle-ci peut avoir lieu lorsque la pression hydrostatique ou que la perméabilité des capillaires augmentent ou encore lorsque la pression oncotique des capillaires diminue. (Epstein, Balsa 2020) Le liquide s'accumule alors dans l'espace pleural à l'insu de l'espace aérien pulmonaire entraînant une atélectasie pulmonaire. (Chevassus à l'Antoine 2004)

Les épanchements pleuraux sont un problème clinique commun causé par un large spectre d'étiologies. (Woods et al. 2018) Leur diagnostic peut être effectué rapidement à l'aide d'une échographie ou d'une radiographie thoracique. (Beatty, Barrs 2010) La catégorisation définitive de l'épanchement pleural en transsudat, transsudat modifié ou exsudat, avec des sous types comme l'hémithorax et les chylothorax, est obtenue par analyse cytologique du liquide d'épanchement prélevé par thoracocentèse. (Woods et al. 2018) Cependant cette technique est parfois contre-indiquée. C'est par exemple le cas lors de troubles de la coagulation, de faibles volumes d'épanchement ou encore lors d'infections cutanées au niveau du site de ponction. (Nandalur et al. 2005 ; Abramowitz et al. 2009) Il serait donc intéressant de trouver un examen complémentaire alternatif non invasif qui permettrait de différencier les types d'épanchements lorsqu'une thoracocentèse ne peut être effectuée.

En cas de doute, le scanner, examen complémentaire de seconde intention, permet de confirmer le diagnostic mais aussi d'analyser les parties molles juxta-pleurales, la plèvre, le parenchyme pulmonaire et ainsi d'orienter l'étiologie. (Pastré et al. 2015) La possibilité d'obtenir des informations supplémentaires sur la nature de l'épanchement pleural grâce aux données du scanner pourrait améliorer la prise en charge de l'animal à un moment plus précoce. (Woods et al. 2018)

Les objectifs de ce travail sont dans un premier temps de comparer la densité tomodynamométrique des différents types d'épanchements pleuraux chez le chien et le chat, puis lorsque cela est possible, de comparer celles entre les parties dépendante et non dépendante de l'épanchement. Enfin, la présence de certains signes tomodynamométriques, tels qu'un épaissement pleural ou l'invasion de la paroi thoracique, a été étudiée afin de déterminer une possible correspondance avec le type d'épanchement.

Partie 1 : Étude bibliographique

1. Les épanchements thoraciques pleuraux chez le chien et le chat

1.1. Rappels anatomiques

1.1.1. Les plèvres

La plèvre est une séreuse : il s'agit d'une membrane d'origine mésodermique d'environ 20 à 25 micromètres d'épaisseur. (Monnet 2017) Elle est constituée d'une unique couche de cellules mésothéliales unies par des jonctions serrées, d'une lame basale et d'une couche de tissu conjonctif (une couche superficielle de fibres élastiques et une couche profonde de fibres de collagène). (Figure 1) (Chevassus à l'Antoine, 2004 ; Monnet, 2017 ; Christie, 2010)

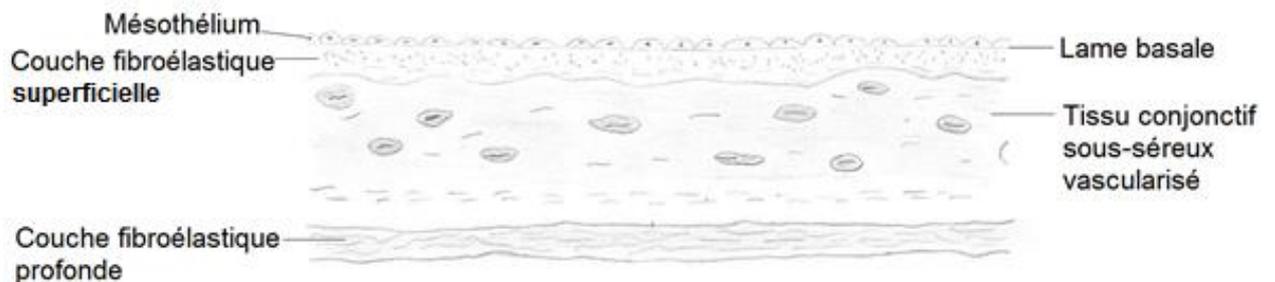


Figure 1 : Structure histologique de la plèvre
(d'après Cadoré, Jongh, 1995)

La plèvre est composée de deux feuillets qui se rejoignent au niveau du hile des poumons : un feuillet viscéral qui recouvre les poumons et un feuillet pariétal tapissant la paroi thoracique interne (plèvre costale), le diaphragme (plèvre diaphragmatique) et le médiastin (plèvre médiastinale). (Figure 2) (Chevassus à l'Antoine, 2004 ; Monnet, 2017 ; Sahn, 2012)

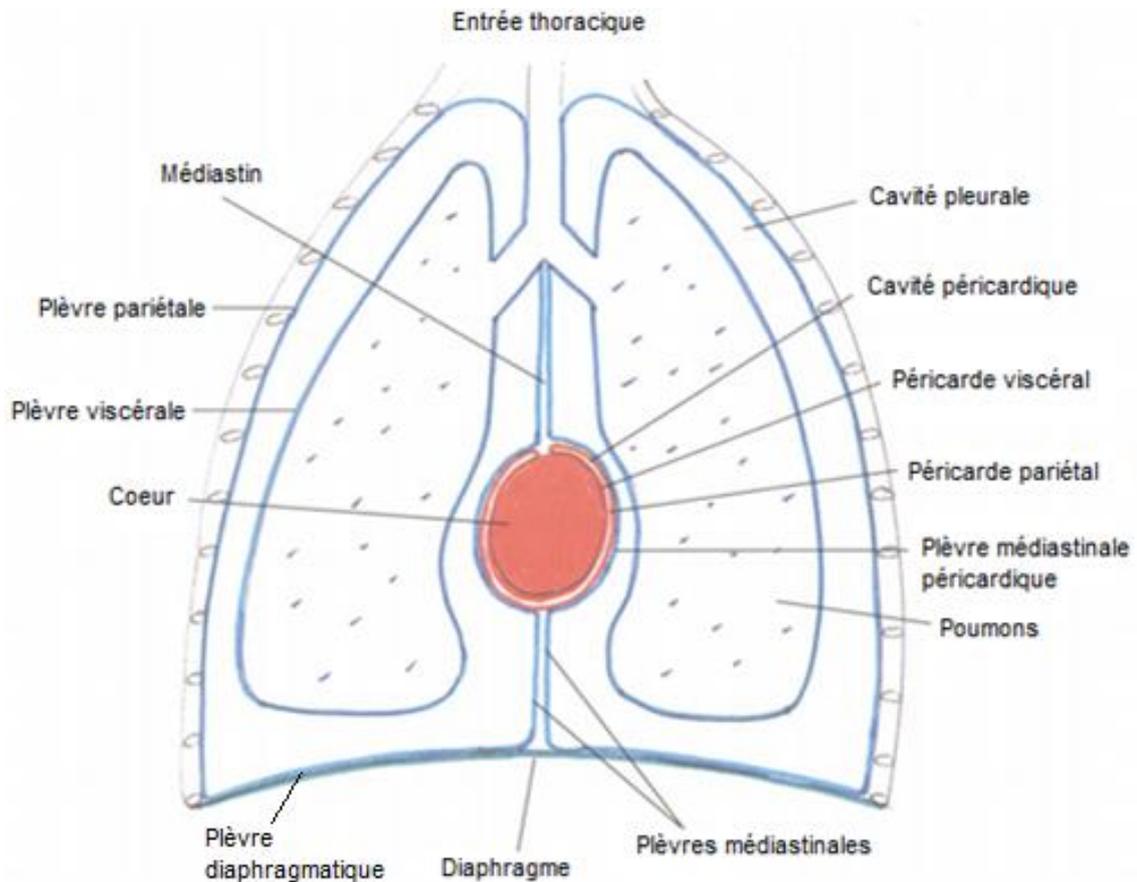


Figure 2 : Distribution de la plèvre et du péricarde sur une coupe longitudinale de thorax (d'après Dugdale, 2000)

Chaque poumon possède sa propre plèvre. Les deux plèvres, droite et gauche, sont séparées par le médiastin mais il semblerait que, chez certains individus, elles soient en contact direct au niveau du médiastin caudal ventral notamment. Des fenestrations présentes à cet endroit expliqueraient la bilatéralité des épanchements. Cependant celles-ci peuvent être bouchées par du matériel (lobe pulmonaire, cellules cancéreuses, cellules inflammatoires...) à l'origine d'atteinte unilatérale. (Figure 3) (Chevassus à l'Antoine, 2004 ; Epstein, Balsa, 2020 ; Murphy, Papisoulitis 2011)

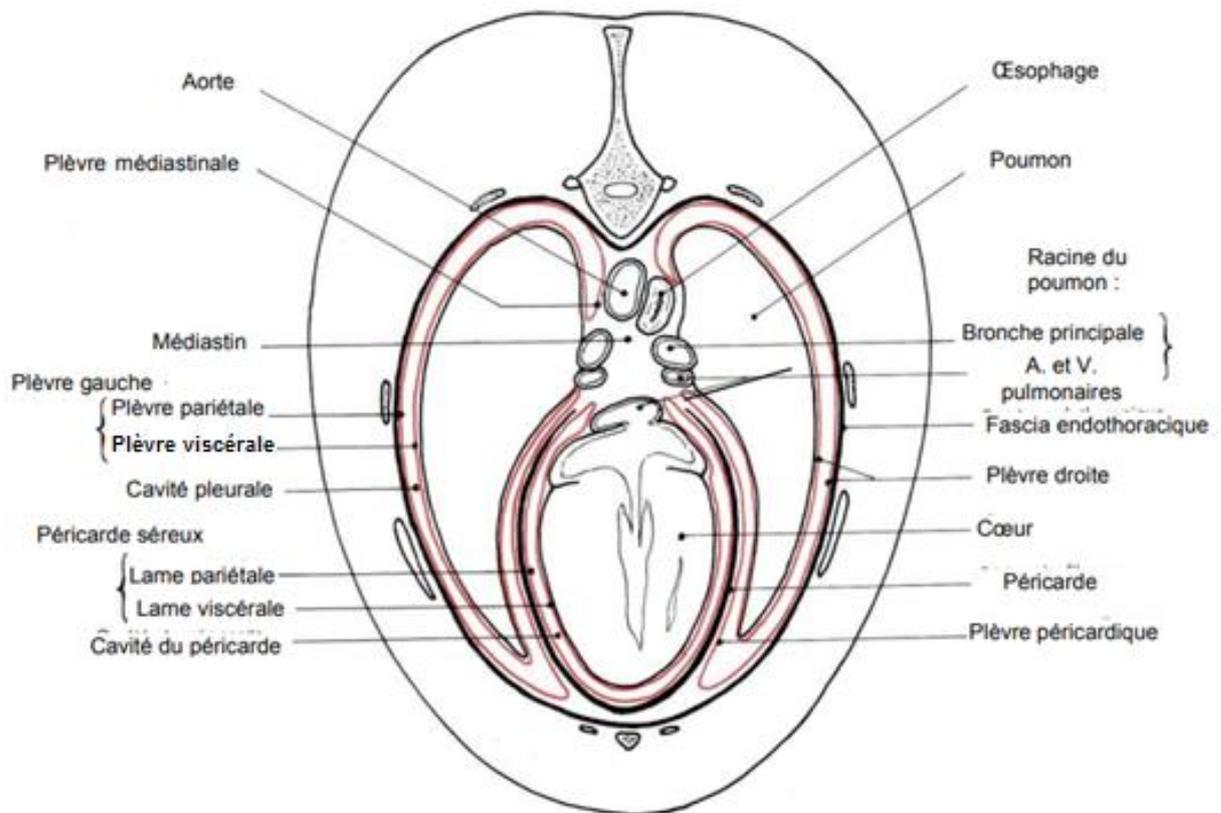


Figure 3 : Schéma de coupe transversale de thorax de chien
(Collin 2003)

La plèvre pariétale est alimentée par des capillaires provenant de la circulation systémique (sous-divisions des artères intercostales ; artères phréniques et musculophréniques supérieures pour la plèvre diaphragmatique et artère péricardiophrénique pour la plèvre médiastinale) contrairement à ceux de la plèvre viscérale qui proviennent de la circulation pulmonaire. La plèvre est dotée d'un réseau lymphatique complexe. La partie pariétale est composée de lacunes abouchant dans l'espace pleural par des pores de 2 à 6 micromètres. La partie viscérale est drainée vers les noeuds lymphatiques hilaires. (Monnet, 2017 ; Christie, 2010 ; Sahn, 1990)

Chaque portion de plèvre est innervée par des nerfs différents : intercostaux pour la plèvre costale, phréniques pour les plèvres médiastinale ou diaphragmatique. (Chevassus à l'Antoine 2004)

1.1.2. La cavité pleurale

La cavité pleurale est un espace virtuel situé entre les deux feuillets (pariétal et viscéral). La pression pleurale (755 mmHg) est inférieure de 4-5 mmHg en moyenne à la pression atmosphérique et donc à celle des alvéoles (760 mmHg). Le gradient de pression constamment négatif entre les deux zones (intrapleurale et alvéolaire) permet de maintenir le déploiement maximal des poumons. (Dugdale 2000 ; Chevassus à l'Antoine 2004)

Du liquide est présent physiologiquement en faible quantité dans la cavité pleurale (environ 0,1-0,3 mL/kg respectivement chez le chien et le chat). (Epstein, Balsa 2020) Ce film lubrifiant, réparti de façon homogène sur les plèvres, est à l'origine de la cohésion entre les deux feuillets mais surtout de leur faculté de glissement pour permettre les mouvements cardiaques et respiratoires et pour diminuer les frictions. (Chevassus à l'Antoine 2004 ; Monnet 2017)

Il s'agit de transsudat pur formé en permanence au niveau de la plèvre pariétale et résultant de l'ultrafiltration du sang des artères intercostales principalement. La loi de Starling régit les mouvements de liquide entre le compartiment sanguin et pleural. (Agostoni, Zocchi 2007 ; Lai-Fook 2004 ; Murphy, Papasouliotis 2011)

Rappel de la loi de Starling : (Lai-Fook 2004)

$$Q = LA [(P_c - P_{pl}) - \sigma(\pi_c - \pi_{pl})]$$

Q : taux de filtration à travers les couches endothéliales-mésothéliales, flux

L : conductivité hydrique ou perméabilité de la membrane

A : surface d'échange

LA : coefficient de filtration

P : pression hydrostatique

c : capillaires

pl : liquide pleural

σ : coefficient de réflexion relatif aux protéines

π : pression oncotique

La pression hydrostatique des capillaires systémiques est de 30 cm d'eau, ce qui est nettement supérieure à celle des capillaires pulmonaires (11 cm d'eau) : le liquide circule des capillaires thoraciques vers ceux viscéraux. (Gamet, Savary-Bataille 2008)

Les mouvements de soluté à travers la barrière endothélio-mésothéliale est régi par l'équation de flux de solutés. (Lai-Fook 2004)

Rappel de l'équation de flux de solutés :

$$Q_s = C_m (1 - \sigma_d) Q_b + DA (C_c - C_{pl})/l$$

Q_s : flux massique d'un soluté

C_m : concentration moyenne d'un soluté dans la membrane

σ_d : coefficient de réflexion de la traînée du soluté

Q_b : taux de filtration de fluide à travers les couches endothélio-mésothéliales

D : coefficient de diffusion apparent

A : surface totale de la membrane

C : concentration du soluté (c : capillaires ; pl : liquide pleural)

l : épaisseur de la membrane

Le premier terme de l'équation reflète le flux d'un soluté lié aux forces de Starling alors que le second est lié à la diffusion du soluté.

Divers mécanismes complètent l'élimination du fluide. Le drainage des grosses particules se fait principalement par le système lymphatique pariétal à travers les pores. Une absorption couplée à des solutés assure un drainage actif du liquide pleural restant via les cellules mésothéliales. Enfin, il existe une élimination par transcytose. Le liquide est acheminé par le canal thoracique jusqu'au sang dans la veine cave crâniale et l'atrium droit. (Figure 4) (Gamet, Savary-Bataille, 2008 ; Monnet, 2017 ; Zoia et al., 2020 ; Agostoni, Zocchi, 2007)

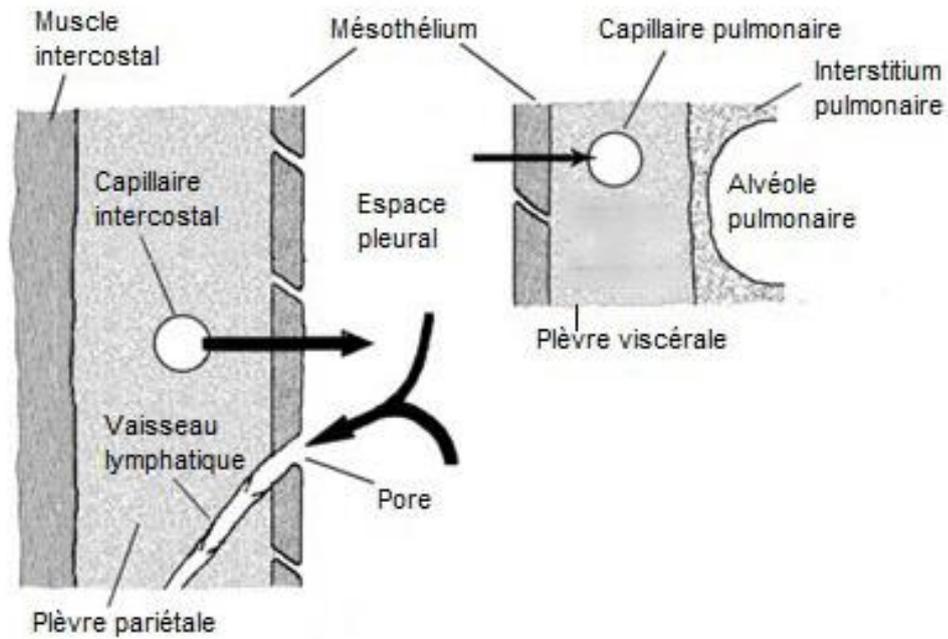


Figure 4 : Circulation du liquide pleural au sein de la cavité pleurale
(Lai-Fook 2004)

Physiologiquement, la concentration protéique du liquide est de 10-15 g/L et est inférieure à 25 g/L. Elle est principalement liée à la présence d'albumine mais aussi de fibronectine. Le liquide contient peu de cellules (< 3000/ μ L) dont la majorité sont des macrophages (Photo 1) et des cellules mésothéliales (Photo 2). On peut également retrouver des petits lymphocytes et quelques neutrophiles. La densité est inférieure à 1,015. (Chevassus à l'Antoine 2004 ; Dunn, Villiers 1998 ; Rebar 2010)

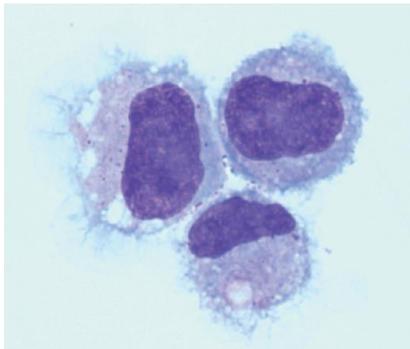


Photo 1 : Macrophages basophiles et vacuolisés
(Rebar 2010)

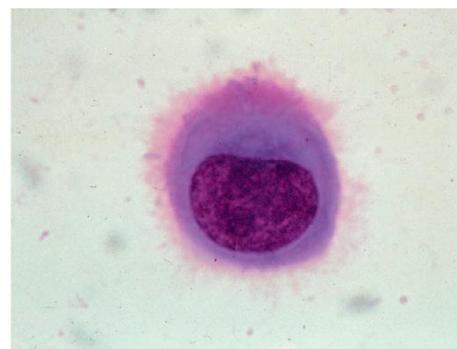


Photo 2 : Cellule mésothéliale normale
(Rebar 2010)

1.2. La clinique

Un épanchement pleural peut être asymptomatique. L'intensité des signes cliniques dépend du volume et de la nature de l'épanchement, de la vitesse d'apparition mais aussi de la présence concomitante de troubles métaboliques et de la cause sous-jacente de l'épanchement. (Pastré et al. 2015 ; Chevassus à l'Antoine 2004 ; Murphy, Papasouliotis 2011)

Il empêche le bon fonctionnement de la fonction ventilatoire. Le liquide s'accumule dans l'espace pleural à l'insu de l'espace aérien pulmonaire. Ceci entraîne une atélectasie pulmonaire : les poumons ne peuvent plus se remplir correctement et une dyspnée restrictive se développe. Ainsi, lors d'un syndrome d'épanchement pleural, il est possible d'observer une intolérance à l'effort, de la toux, une tachypnée voire le plus souvent une polypnée. L'animal se met en position d'orthopnée : décubitus sternal avec une respiration bouche ouverte, le cou tendu et les coudes en abduction. Les efforts inspiratoires sont souvent augmentés (tirage costal, effort musculaire compensatoire) et associés à un effort abdominal marqué (expiration forcée) et/ou une discordance. Des bruits respiratoires supérieurs ne sont pour autant pas toujours audibles. Une cyanose est parfois observable. Une inflammation des plèvres entraîne également des douleurs ou des hyperesthésies cutanées. D'autres signes peuvent être rapportés par le propriétaire tels qu'une léthargie ou une perte de poids, ou objectivés lors de l'examen clinique tels que l'hyperthermie. (Murphy, Papasouliotis 2011 ; Pastré et al. 2015 ; Chevassus à l'Antoine 2004 ; Gamet, Savary-Bataille 2008)

Chez le chat, les signes cliniques apparaissent à partir de 30 mL/kg et sont marqués à 60 mL/kg. (Beatty, Barrs 2010) De même, chez le chien, une dyspnée est observée avec environ 30 mL/kg de liquide et elle devient majeure à partir de 50-60 mL/kg. (Crowe 1988)

A l'auscultation thoracique, les bruits cardiaques sont diminués tout comme les bruits respiratoires en région ventrale. Ceci est lié à l'accumulation ventrale du fluide du fait de la gravité. La percussion thoracique a une sonorité plus matte au niveau de la localisation de l'épanchement. Cependant sa réalisation est laborieuse lorsque l'animal est en dyspnée ou non coopératif. (Chevassus à l'Antoine 2004 ; Murphy, Papasouliotis 2011)

D'autres signes peuvent être caractéristiques. Par exemple, lors d'une insuffisance cardiaque congestive, qui peut être la cause d'un épanchement pleural, on observe une distension des veines jugulaires avec un pouls rétrograde visible au-dessus du tiers inférieur de la gouttière jugulaire. Lorsqu'une personne appuie dans la région abdominale crâniale, un reflux hépato-jugulaire survient. Le pouls rétrograde jugulaire est moins significatif chez le chat car il occupe physiologiquement toute la moitié inférieure. De plus, une distension jugulaire peut être liée à l'épanchement thoracique lui-même. (Gamet, Savary-Bataille, 2008 ; Murphy, Papasouliotis, 2011 ; Chevassus à l'Antoine, 2004)

Des œdèmes périphériques sous-cutanés sont évocateurs d'une hypoprotéinémie et donc possiblement d'un hydrothorax. Ils peuvent également être liés à une insuffisance cardiaque droite ou globale et être accompagnés d'un transsudat modifié. (Chevassus à l'Antoine, 2004)

1.3. Les mécanismes de formation - physiopathologie

Lors d'un déséquilibre entre la formation du liquide pleural et son élimination, un épanchement pleural se forme. Il existe sept mécanismes à l'origine d'un tel phénomène (Pastré et al. 2015 ; Chevassus à l'Antoine 2004 ; Dunn, Villiers 1998 ; Sahn 2012 ; Murphy, Papasouliotis 2011 ; Zoia et al. 2020 ; Monnet 2017) :

- Une baisse de la pression oncotique : elle entraîne une baisse de la réabsorption au niveau des capillaires veineux.
- Une hausse de la pression hydrostatique systémique (donc du gradient de pression hydrostatique) ou pulmonaire : elle est à l'origine d'une augmentation de la filtration au niveau des capillaires artériels ou d'une baisse de l'élimination.
- Une hausse de la perméabilité des capillaires ou de la membrane basale liée à une inflammation : elle autorise ainsi une fuite plus élevée de liquide.
- Une obstruction lymphatique souvent liée à une pathologie néoplasique
- Une rupture de conduits ou de vaisseaux sanguins intra-thoraciques
- Une baisse de la pression intra-pleurale liée à une atélectasie
- Un passage de liquide depuis la cavité abdominale lors d'ascite

Un ou plusieurs de ces mécanismes peuvent être à l'origine de la formation d'un épanchement pleural. (Chevassus à l'Antoine 2004 ; Zoia et al. 2009)

1.4. Les causes

Une baisse de pression oncotique entraîne la formation d'un transsudat pur alors qu'une hausse de pression hydrostatique donne lieu à un transsudat modifié. Les causes sont listées dans le tableau 1 qui suit.

Tableau 1 : Causes principales de transsudat
(Dunn, Villiers 1998 ; Murphy, Papasouliotis 2011 ; Chevassus à l'Antoine 2004)

Épanchement	Étiologie
Transsudat pur	<p>Hypoprotéinémie <10 g/L ou hypoalbuminémie <15 g/L voire 10 g/L chez le chat, liées à :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Un excès de fuite protéique</u> : syndrome néphrotique, entéropathie exsudative, brûlures étendues, 3^{ème} secteur - <u>Un défaut de synthèse protéique</u> : insuffisance hépatique (cirrhose, malformations congénitales, hépatite chronique) - <u>Une insuffisance d'apport protéique</u> : malnutrition, malassimilation, malabsorption, parasitisme massif (anecdotique) <p>Compression de veines et du système lymphatique : hernie diaphragmatique (occasionnel)</p> <p>Dans l'ordre croissant, on retrouve le plus souvent le syndrome néphrotique, l'insuffisance hépatique chronique et l'entéropathie.</p>
Transsudat modifié	<p>Hypertension portale :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Pré-hépatique</u> : obstruction ou compression de la veine porte (rare) - <u>Hépatique</u> : cirrhose, fibrose, néoplasie hépatique, inflammation - <u>Post-hépatique</u> : <ul style="list-style-type: none"> Insuffisance cardiaque congestive droite (sténose pulmonaire, dysplasie ou insuffisance tricuspidiennne, cardiomyopathie dystrophique ou gauche, néoplasie, parasite, péricardite constrictive) Épanchement péricardique (néoplasie, insuffisance cardiaque, idiopathique, PIF, toxoplasmose) Problème de la veine cave caudale ou des veines sus-hépatiques (thrombus, néoplasie, fibrose, dirofilariose, atrésie/plicature de paroi, kyste, granulome, abcès, hernie diaphragmatique) Thromboembolie pulmonaire Torsion de lobe

Lors d'inflammation, il y a formation d'exsudat. Les étiologies varient selon s'il y a contamination par des agents pathogènes ou non. (Tableau 2)

Tableau 2 : Causes principales des exsudats

(Dunn, Villiers 1998 ; Murphy, Papasouliotis 2011 ; Chevassus à l'Antoine 2004)

Épanchement	Étiologie
Exsudat non septique	PIF, infiltration tumorale, présence de substance irritante (bile), inflammation systémique, pancréatite, réaction allergique/anaphylactique, drainage à répétition
Exsudat septique	<p><u>Chien :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Corps étranger migrant (souvent végétal, inhalé ou par voie sous cutanée) → Germes anaérobies : <i>Nocardia asteroides</i>, <i>Actinomyces</i>, <i>Bacterioides</i>, <i>Fusobacterium</i>,... - Blessure pénétrante par morsure - Voie hématogène - Perforation œsophagienne → Entérobactéries : <i>Escherichia coli</i>, <i>Proteus</i>, <i>Klebsiella</i>, <i>Salmonella</i>... - Migration parasitaire - Chirurgie thoracique ou thoracocentèse - Progression de discospondylite et néoplasie thoracique avec abcédation. <p><u>Chat :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Blessure pénétrante par morsure → Germes aérobies : <i>Pasteurella multocida</i> - Propagation parapneumonique - Corps étranger migrant → Germes anaérobies - Voie hématogène - Bacille tuberculeux (rare, suite à contamination humaine) - Extension d'un processus infectieux adjacent (poumon, œsophage, médiastin, cou, côte, vertèbre...)

Certains épanchements sont dus à des causes plus spécifiques. (Tableau 3)

Tableau 3 : Causes principales d'épanchements particuliers

(Dunn, Villiers 1998 ; Murphy, Papasouliotis 2011 ; Chevassus à l'Antoine 2004 ; Monnet 2017)

Épanchement	Étiologie
Chylothorax	<p><u>Causes primaires :</u> Absence ou malformation des vaisseaux lymphatiques (anecdotique)</p> <p><u>Causes secondaires :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Lymphangiectasie : obstruction lymphatique d'origine inflammatoire, tumorale ou idiopathique ; obstruction veineuse à proximité de l'arrivée du canal thoracique lors d'insuffisance cardiaque congestive droite ou de compression de grosses veines thoraciques - Maladie cardiaque ou péricardique, vers cardiaques - Thrombose de la veine cave crâniale - Néoplasie du médiastin crânial (thymome) - Traumatisme (rare, déchirure très étendue) - Autres : PIF, tuberculose, pancréatite, mycoses, torsion de lobe pulmonaire
Hémothorax	<ul style="list-style-type: none"> - Traumatisme : accident de la voie publique, thoracotomie, chirurgies thoraciques autres - Troubles de l'hémostase : intoxication aux antivitamines K, thrombopénies, thromboses - Néoplasie : hémangiosarcome, mésothéliome, carcinome métastatique, ostéosarcome, carcinome pulmonaire, phéochromocytome - Causes infectieuses : <i>streptococcus equi subspecies zooepidemicus</i>, <i>angiostrongylus vasorum</i>, <i>spirocerca lupi</i>, <i>dirofilaria immitis</i> - Autres : torsion de lobe, pancréatite
Épanchement tumoral	<p>Adénocarcinome primitif du poumon, mésothéliome (inhalation d'amiante, pesticides), lymphome, métastases en « semaille », carcinome, tumeur pariétale de la veine porte ou de la veine cave caudale, néoplasie hépatique ou pancréatique, hémangiosarcome de l'atrium droit, chémodectome, lymphosarcome médiastinal, adénocarcinome bronchiolaire ou thyroïdien</p>

Les étiologies sont diverses. Pourtant, une dizaine de causes représentent 90% des cas. Parmi elles, on retrouve les insuffisances cardiaques congestives, les pneumopathies infectieuses, les néoplasies et l'embolie pulmonaire. (Pastré et al. 2015)

Chez le chat, 88 à 100% des épanchements sont dus à une insuffisance cardiaque (gauche plus que droite), un pyothorax, une néoplasie ou une infection à PIF. (Beatty, Barrs 2010)

1.5. Les examens complémentaires

Une échographie thoracique et notamment une T-FAST peut être utilisée pour confirmer la présence d'épanchement. Elle peut servir de guide pour la cytoponction surtout lorsque le volume est faible ou lorsqu'il y a des adhérences lors d'épanchement chronique. Une échographie approfondie peut mettre en évidence des dysfonctions cardiaques, des épanchements péricardiques ou encore des torsions de lobe, des hernies diaphragmatique ou médiastinale...Une consolidation du parenchyme pulmonaire peut s'observer lors de tumeur, d'abcès, de granulome, d'atélectasie ou de torsion de lobe. (Gamet, Savary-Bataille 2008 ; Murphy, Papasouliotis 2011)

Une cytoponction pleurale doit être pratiquée chez tous les animaux atteints d'épanchement pleural sauf en cas de décompensation cardiaque, d'hernie diaphragmatique, de troubles de l'hémostase, d'une infection cutanée en regard du lieu de ponction ou encore d'épanchement de moins de 1 cm sur une radiographie de face. Lors de suspicion d'hémothorax ou d'empyème celle-ci doit être effectuée en urgence pour confirmer le diagnostic. (Pastré et al. 2015 ; Ettinger et al. 2017)

Le fluide récupéré via thoracocentèse (environ 2-3 mL) doit être collecté dans un tube EDTA afin de mesurer les protéines totales, la densité et de déterminer la numération et le type de population cellulaire. Un prélèvement sur tube stérile et sur tube hépariné peut être effectué afin de procéder à des examens bactériologiques et biochimiques supplémentaires. (Dunn, Villiers 1998) Un frottis doit être effectué immédiatement avant et après centrifugation pour un examen du culot. (Rebar 2010)

La radiographie thoracique est un autre moyen simple de confirmer la présence d'épanchement cependant l'animal doit être stable. En effet, il y a un risque de décompensation brutale suite à un stress trop élevé et surtout lors de vue ventro-dorsale qui permet pourtant une détection plus sensible lors de faible volume. Une fois l'animal stabilisé, la radiographie en vue dorso-ventrale peut être effectuée et si besoin les vues latérales et ventro-dorsale. La présence de scissures interlobaires, le décollement des lobes pulmonaires de la paroi avec une bande d'opacité liquidienne, le déplacement dorsal de la trachée et la perte de visualisation de la silhouette cardiaque sont des signes d'épanchement pleural. (Photo 3) La radiographie permet aussi de vérifier l'efficacité du drainage après une cytoponction. (Gamet, Savary-Bataille, 2008 ; Murphy, Papasouliotis, 2011 ; Monnet, 2017 ; Beatty, Barrs, 2010)

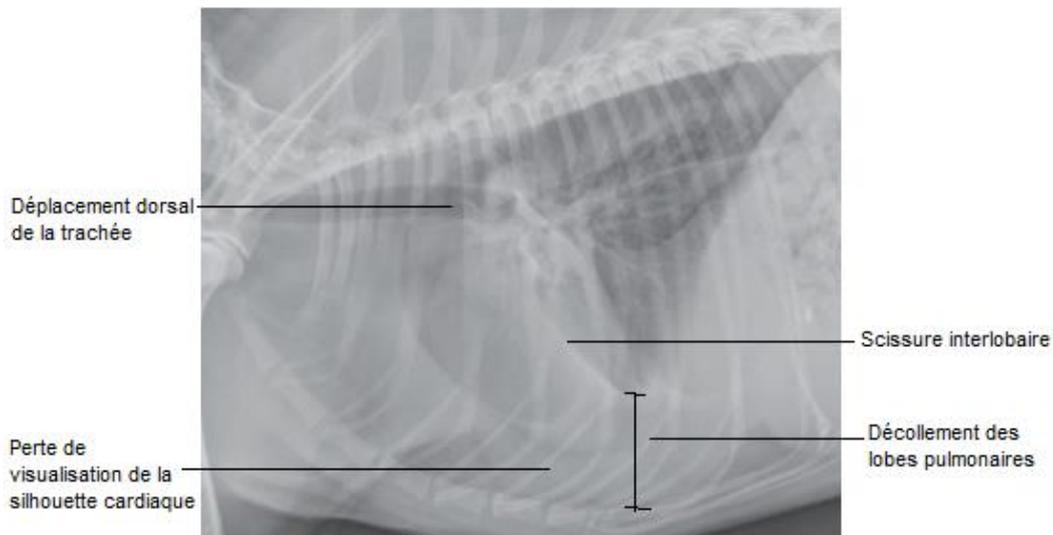


Photo 3 : Radiographie thoracique en vue de profil droit chez un chat avec un épanchement chyleux (Johnson 2020)

Sur une vue de profil, l'angle lombo-diaphragmatique est agrandi (Rault 2005)

La tomodensitométrie est également fréquemment utilisée lors d'atteintes thoraciques. Elle permet d'étudier la localisation et la quantité de l'épanchement pleural et les lésions de l'espace pleural. (Ohlerth, Scharf 2007 ; Samii et al. 1998)

Enfin, il est possible d'explorer la cavité thoracique par thoracoscopie. Cela permet aussi de faire des biopsies. (Gamet, Savary-Bataille 2008)

1.6. Les différents types d'épanchements et leurs caractéristiques

En médecine humaine, les épanchements sont classés en deux types : transsudats et exsudats. Les critères de Light (Tableau 4) permettent de les différencier en utilisant la concentration pleurale en lactate déshydrogénase (LDH), le ratio LDH pleurale sur LDH sanguine et le ratio protéines totales pleurales sur protéines totales sanguines. Cette classification induit parfois en erreur en classant des transsudats en exsudats principalement chez les patients atteints d'une insuffisance cardiaque congestive ayant reçus des diurétiques. Dans ce cas, le gradient d'albumine entre le sang et l'épanchement peut être étudié. D'autres critères sont parfois utilisés tels que la concentration pleurale en protéines, en cholestérol ou en cellules nucléées et le ratio en cholestérol. (Zoia, Drigo 2016 ; Light 2002 ; Heffner et al. 1997 ; Light 1992)

En médecine vétérinaire, on différencie le plus souvent trois types : les transsudats, les transsudats modifiés et les exsudats. D'autres types d'épanchements sont mis à part. Ils sont distingués selon leurs caractéristiques cytologiques et biochimiques telles que le taux en protéines totales et la concentration totale en cellules nucléées. (McGavin, Zachary 2006 ; Chevassus à l'Antoine 2004) Des études sont en cours afin d'utiliser la concentration pleurale en LDH pour classifier le type d'épanchement chez le chien et le chat. (Tableau 4) (Zoia et al. 2009 ; 2020)

Tableau 4 : Critères de Light chez l'homme (le chat ; le chien)
(Zoia, Drigo, 2016 ; Çullu et al., 2014 ; Light, 1992)

Type d'épanchement	LDH épanchement	LDH pleurale/sérum	Protéines totales pleurales/sérum
Transsudat	≤ 200 UI/L (≤ 226 ; ≤ 100)	$\leq 0,6$ ($\leq 0,62$)	$\leq 0,5$ ($\leq 0,56$)
Exsudat	> 200 UI/L (> 226 ; > 100) $> 2/3$ de la limite supérieure	$> 0,6$ ($> 0,62$)	$> 0,5$ ($< 0,56$)

1.6.1. Les transsudats

Lors de baisse de pression oncotique et/ou de hausse de pression hydrostatique sans inflammation pariétale, l'excès de liquide pleural est passif. Il s'agit de transsudat. Il en existe deux catégories : purs ou modifiés. Le type d'épanchement le plus retrouvé est le transsudat modifié. (Chevassus à l'Antoine 2004 ; Epstein, Balsa 2020)

1.6.1.1. Les transsudats purs

Le transsudat pur est une accumulation de liquide pleural : on parle aussi d'hydrothorax. Il s'agit d'un liquide séreux, translucide et d'aspect aqueux. Un transsudat pur a une densité inférieure à 1,015 (entre 1,005 et 1,020), une concentration en protéines faible (<25 g/L) tout comme sa concentration cellulaire (<500-5000 cellules/ μ L, 1000 en moyenne) principalement liée à des cellules mésothéliales et des macrophages. (Photo 4) (Dunn, Villiers, 1998 ; Chevassus à l'Antoine, 2004)

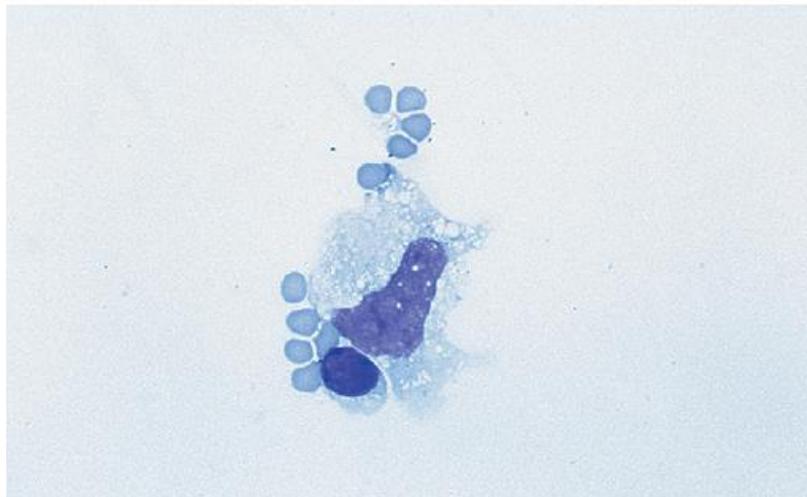


Photo 4 : Cytologie d'un transsudat pur

Présence d'un macrophage, d'un petit lymphocyte et de globules rouges. (Rebar 2010)

1.6.1.2. Les transsudats modifiés

Les transsudats modifiés sont les plus compliqués à diagnostiquer. En effet, bien que la cause principale soit une hausse de la pression hydrostatique sanguine post-sinusoïdale, il peut également s'agir d'un processus inflammatoire en début d'évolution ou de l'évolution chronique d'un transsudat pur. (Chevassus à l'Antoine 2004 ; Zoia et al. 2009 ; Gamet, Savary-Bataille 2008)

En effet, lors de chronicité, les transsudats purs deviennent des transsudats modifiés : le taux de protéines augmente de par la plus grande perméabilité des vaisseaux sanguins et lymphatiques. L'accumulation de fluide entraîne une inflammation du mésothélium et des cellules mésothéliales se retrouvent en plus dans l'épanchement après exfoliation. (Dunn, Villiers 1998)

L'aspect macroscopique du transsudat modifié est variable : il est le plus souvent séro-hémorragique et stérile. La densité est comprise entre 1,015-1,030. Pour ce qui est des concentrations protéique et cellulaire, elles sont intermédiaires entre celles d'un transsudat pur et d'un exsudat. Elles se trouvent respectivement entre 25 et 75 g/L et entre 1500 et 7000 cellules/ μ L. A la cytologie, on retrouve quelques hématies et polynucléaires neutrophiles ajoutés aux cellules mésothéliales et aux macrophages. (Photo 5) (Chevassus à l'Antoine 2004 ; Dunn, Villiers 1998)

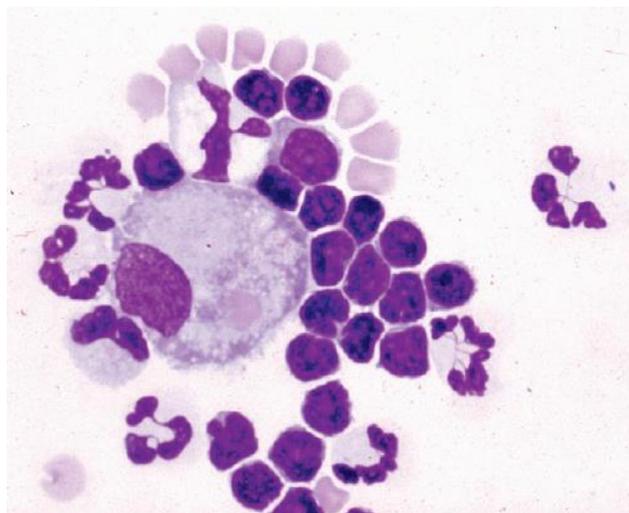


Photo 5 : Cytologie d'un transsudat modifié

Présence d'un macrophage, de nombreux petits lymphocytes, de neutrophiles non dégénérés et de globules rouges. (Rebar 2010)

1.6.2. Les exsudats

Une inflammation des séreuses est à l'origine de la synthèse de cytokines et de médiateurs vasoactifs qui conduisent à une hausse de perméabilité des capillaires et entraînent la formation d'un exsudat. (Epstein, Balsa 2020) Au niveau thoracique, on distingue deux types d'inflammation de la plèvre : les pleurésies sèches et les pleurésies exsudatives. Une pleurésie peut être à l'origine d'une douleur en regard de l'inflammation ou dans une zone projetée. C'est le cas lors d'inflammation de la plèvre diaphragmatique où le nerf phrénique peut être irrité et entraîner une cervicalgie. (Chevassus à l'Antoine 2004)

L'épanchement est actif : il y a fuite de liquide riche en protéines et en cellules inflammatoires. Le liquide d'épanchement est trouble et opaque dû aux nombreux polynucléaires neutrophiles. La densité est élevée, souvent supérieure à 1,030. Le liquide est riche en protéines (>25-30 g/L) et en cellules (>7 000-10 000 voire 30 000 cellules/ μ L). (Epstein, Balsa 2020 ; Chevassus à l'Antoine 2004) Chez les patients en hypoprotéinémie, il est possible d'utiliser le ratio protéines de l'épanchement sur protéines sériques qui sera alors plus interprétable. Il est en général supérieur à 0,56. (Zoia, Drigo 2016) La LDH est une enzyme cytoplasmique présente dans une grande majorité des cellules. Elle est libérée lors de lyse ou de lésion cellulaire. Sa concentration est donc plus élevée lors de formation d'exsudat où a lieu une lyse de globules blancs, de cellules néoplasiques ou de cellules mésothéliales. (Zoia et al. 2009 ; 2020) La valeur limite est d'environ 220 UI/L chez le chat et 100 UI/L chez le chien. (Zoia, Drigo 2016 ; Zoia et al. 2020) Le rapport LDH pleurale sur LDH sérique est supérieur à 0,60 chez le chat. (Zoia, Drigo 2016) Pour finir, ils peuvent être septiques ou non. (Chevassus à l'Antoine 2004)

1.6.2.1. Exsudats septiques

Il s'agit de pyothorax lorsque l'exsudat septique se collecte dans la cavité pleurale. A l'examen clinique, un syndrome fébrile peut être mis en évidence avec anorexie, asthénie, hyperthermie et leucocytose sanguine. Ils sont parfois compliqués d'une septicémie ou d'adhérences entre les deux feuillets. (Chevassus à l'Antoine 2004 ; Epstein, Balsa 2020)

Le liquide est purulent : épais, jaune sale avec parfois une odeur nauséabonde en présence de bactéries anaérobiques telles que *Fusobactérium* ou *Bacteroides* qui

sont à l'origine d'une formation d'amines volatiles et d'acide gras. La thoracocentèse peut être infructueuse du fait de la forte viscosité du liquide. À la cytologie, les polynucléaires neutrophiles dégénérés sont majoritaires mais avec la chronicité, le nombre de macrophages augmente. (Photo 6) Le fond de lame apparaît sale suite à la lyse des polynucléaires. Il est possible d'observer des germes (bactéries ou champignons) à l'objectif à immersion. Des cultures bactériennes peuvent être effectuées. En cas d'absence de bactéries ou d'autres agents pathogènes, il n'est pas possible de conclure. (Chevassus à l'Antoine 2004 ; Epstein, Balsa 2020 ; Gamet, Savary-Bataille 2008)

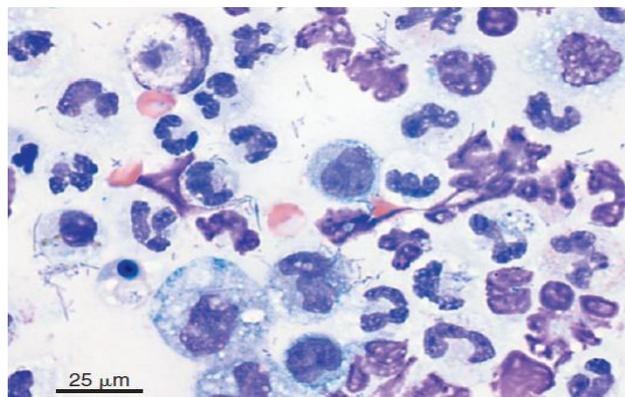


Photo 6 : Cytologie d'un exsudat septique pleural chez un chien
Nombreux neutrophiles dégénérés et macrophages mousseux. (Rebar 2010)

Chez le chat sont souvent mises en cause les *Pasteurella* alors que chez le chien il s'agit de *Pasteurella*, d'Entérobactéries, de bactéries anaérobies et d'*Actinomyces/Nocardia*. La liste des germes les plus fréquents est présentée dans le tableau 5. De longs filaments bactériens suggèrent la présence d'*Actinomyces* ou *Nocardia* souvent associées à des végétaux migrants. Leur mise en culture est difficile. (Chevassus à l'Antoine 2004 ; Epstein, Balsa 2020)

Une exception existe lors d'infection par *Nocardia* ou *Actinomyces* qui sont à l'origine d'un liquide riche en macrophages et globules rouges avec des neutrophiles non dégénérés. L'épanchement se trouve sous forme de liquide sanguinolent avec des granules jaunâtres appelés « grains de soufre » en suspension. (Chevassus à l'Antoine 2004 ; Epstein, Balsa 2020 ; McGavin, Zachary 2006)

Ainsi, les critères en faveur d'un processus septique sont : la présence de bactéries sur la cytologie de l'épanchement, une culture bactérienne positive ou une inflammation pyogranulomateuse identifiée en cas d'histopathologie. (Swinbourne et al. 2011)

D'autres critères peuvent être évalués tels que le pH ($\leq 6,9$) et la concentration en glucose (<1.7 mmol/L). (Beatty, Barrs 2010)

Tableau 5 : Germes les plus fréquemment isolés lors de pyothorax
(Epstein, Balsa 2020 ; Rault 2005)

Types	Bactéries
Aérobies	<i>Pasteurella multocida</i> (principalement pour le chat) <i>Escherichia coli</i> <i>Streptococcus spp. bêta hémolytique</i> <i>Staphylococcus spp.</i> <i>Corynebacterium spp</i> (seulement chien) <i>Klebsiella spp.</i> <i>Pseudomonas spp</i> <i>Proteus</i> <i>Enterobacter spp</i>
Anaérobies	<i>Peptostreptococcus</i> <i>Bactéroides spp.</i> <i>Fusobacterium spp</i> <i>Actinomyces</i> <i>Porphyromonas spp</i> <i>Prevotella spp</i>
Autres	<i>Mycoplasma</i> (chat seulement) <i>Cryptococcus, Candida, Blastomyces</i> (rares)

1.6.2.2. Exsudats aseptiques

Le liquide apparaît séro-hémorragique ou séro-fibrineux. Il est constitué de nombreux polynucléaires neutrophiles non dégénérés, sans bactéries. (Chevassus à l'Antoine 2004 ; Dunn, Villiers 1998)

La péritonite infectieuse féline est un cas particulier : l'épanchement est alors jaune citrin, d'aspect visqueux et filant. La densité est comprise entre 1,017 et 1,047. C'est un liquide riche en protéines ($>35 - 80$ g/L) et en globulines (> 50 g/L) mais avec une concentration cellulaire variable (500-50 000 cellules/ μ L). Les cellules sont majoritairement des neutrophiles non dégénérés et des macrophages. (Photo 7) Le

rapport albumine sur globuline est inférieur à 0,40-0,45. Il est également possible de rechercher le titre en anticorps qui devrait être supérieur à 1 : 1280 ou de mesurer la concentration en alpha-1-glycoprotéine acide. (Chevassus à l'Antoine, 2004 ; Zoia et al., 2009 ; Dunn, Villiers, 1998 ; Ettinger et al., 2017 ; Murphy, Papasouliotis, 2011)

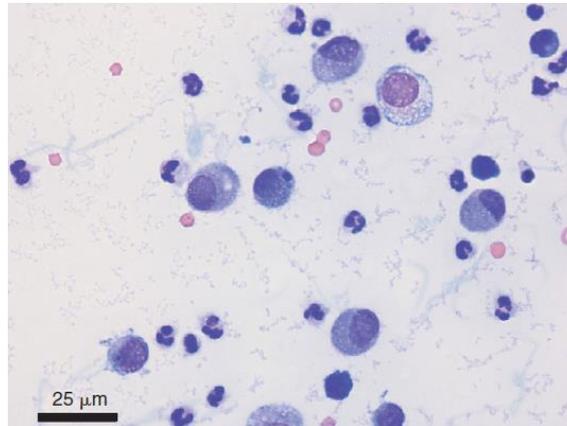


Photo 7 : Cytologie après centrifugation d'un liquide d'épanchement de chat atteint de PIF
Présence de macrophages modérément basophiles, de neutrophiles non dégénérés. Le fond contient des protéines basophiles et de la fibrine. (Rebar 2010)

1.6.3. Autres épanchements

1.6.3.1. Chylothorax

En cas d'obstructions ou de lésions du système lymphatique, il y a formation d'un chylothorax d'aspect blanc laiteux voire lait fraise. (Photo 8) Il s'agit de l'accumulation de lymphe au sein de la cavité pleurale. (Pastré et al. 2015 ; Chevassus à l'Antoine 2004 ; Epstein, Balsa 2020)



Photo 8 : Aspect macroscopique d'un chylothorax de chat
(Rebar 2010)

Leur survenue est très rare. Ils se localisent plus dans l'espace pleural que dans l'espace péritonéal. Ils peuvent être uni- ou bi-latéraux. Les animaux à thorax profond (lévriers afghans, shiba inus, siamois, himalayens) semblent être prédisposés. (Chevassus à l'Antoine 2004)

La densité du liquide d'épanchement est difficilement mesurable au réfractomètre du fait de l'opacité mais semble faible (1,010 – 1,050). La concentration protéique est comprise entre 25 et 60 g/L et la concentration cellulaire entre 1000 et 5000 cellules/ μ L. Les petits lymphocytes sont majoritaires mais des globules lipidiques (chylomicrons) et parfois des globules rouges sont également visibles. (Photo 9) C'est un liquide riche en triglycérides (90-100 mg/dL, généralement au moins trois fois plus que dans le sang) et pauvre en cholestérol avec un ratio cholestérol sur triglycéride inférieur à 1. La mise en évidence de triglycérides peut être faite à l'aide d'une coloration au rouge Soudan (les chylomicrons apparaissent rouge-orangés) ou d'une extraction à l'éther, au chloroforme ou à l'éthanol. En effet, les chylomicrons sont dissouts par l'éther ce qui rend le liquide moins trouble. (Gamet, Savary-Bataille 2008)

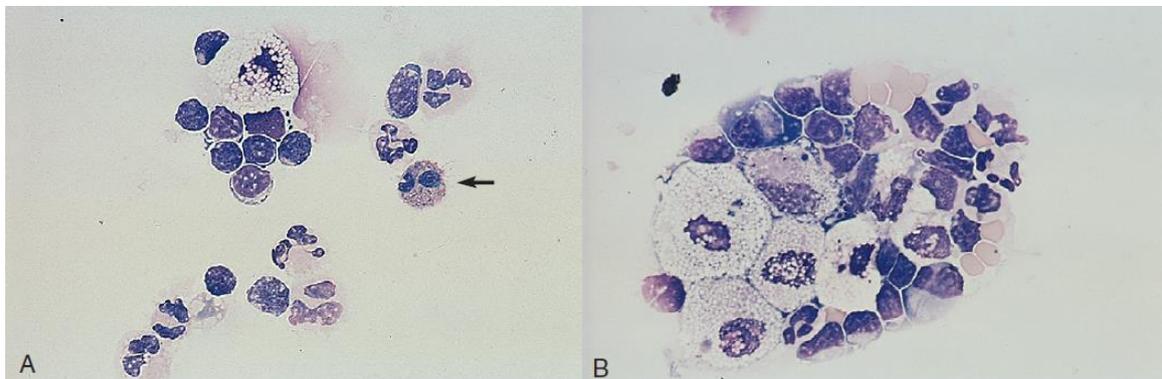


Photo 9 : Cytologie d'un chylothorax chez un chat

A. Présence de petits lymphocytes, de neutrophiles, d'un éosinophile (flèche) et d'un gros macrophage. B. Présence de vacuoles lipidiques au sein des macrophages, de petits lymphocytes, de neutrophiles et de quelques globules rouges. (Rebar 2010)

Il est important de ne pas les confondre avec des épanchements chyliformes (ou pseudochylothorax) qui sont associés à des inflammations chroniques ou à une cardiomyopathie dilatée chez le chat. Ces derniers sont pauvres en triglycérides et riches en cholestérol avec une prédominance cellulaire de lymphocytes ou neutrophiles. Leur distinction peut être difficile en cas de chronicité de chylothorax : le nombre de neutrophiles non dégénérés et de monocytes augmente avec le temps et le nombre de lymphocytes diminue. Des macrophages en faible nombre peuvent également être présents. (Chevassus à l'Antoine, 2004 ; Zoia et al., 2009 ; Epstein, Balsa, 2020 ; Dunn, Villiers, 1998 ; Murphy, Papasouliotis, 2011 ; Gamet, Savary-Bataille, 2008 ; Beatty, Barrs, 2010)

1.6.3.2. Hémothorax

Un hémothorax s'accompagne d'anémie et donc de fatigue, léthargie, pâleur des muqueuses et parfois de choc hypovolémique et d'hypothermie. Un aspect uniformément sanglant oriente vers un hémothorax. Le sang ne coagule pas du fait des propriétés fibrinolytiques des séreuses et de l'absence de plaquettes. (Pastré et al. 2015) La densité est très élevée, nettement supérieure à 1,030. La population cellulaire (1 000- 20 000 cellules/ μ L) est constituée principalement de globules rouges et possiblement de plaquettes en phase précoce. (Photo 10) L'observation d'érythrophagocytoses oriente vers un phénomène chronique. Il n'y a pas vraiment de valeur standard décrite en médecine vétérinaire concernant l'hématocrite de l'épanchement. Il peut être défini à 25 ou 50% de l'hématocrite périphérique.

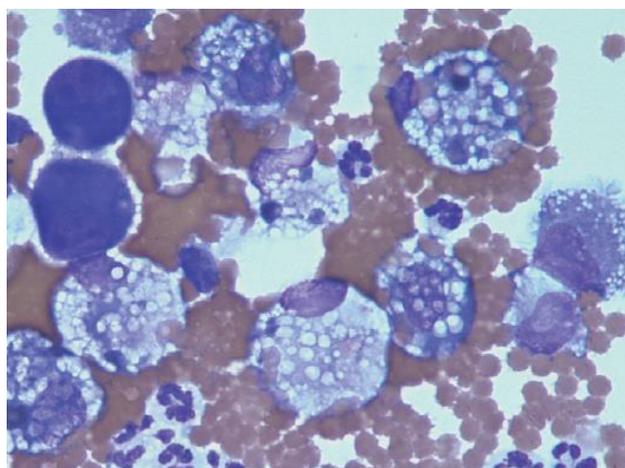


Photo 10 : Cytologie d'un hémothorax chez un chien

Macrophages vacuolisés avec hémosidérine, quelques neutrophiles non dégénérés, deux cellules mésothéliales réactives. Nombreux érythrocytes et figures d'érythrophagocytose. (Rebar 2010)

Lors de traumatismes, une coagulation sanguine de l'hémothorax est possible par libération de thromboplastine tissulaire. Le caillot sanguin est lysé en 7-10 jours. (Rault 2005)

Lors de saignement pur et actif, l'hématocrite augmente ou est le même que celui du sang périphérique. D'autres critères permettent de le différencier d'une hémorragie iatrogène causée par la thoracocentèse : en effet, il n'y a alors pas de figure d'érythrophagocytoses et présence de plaquettes. Une auto-résorption est possible. (Chevassus à l'Antoine, 2004 ; Dunn, Villiers, 1998 ; Murphy, Papasouliotis, 2011 ; Briola et al., 2019 ; Zoia et al., 2020 ; Monnet, 2017)

1.6.3.3. Épanchement cancéreux

Il s'agit du second type le plus fréquent chez les carnivores. Les cancers peuvent entraîner la formation d'un épanchement mixte avec transsudation, exsudation, exfoliation et hémorragie. Si le cancer infiltre les séreuses – cas des mésothéliomes, il y a inflammation et donc formation d'un exsudat avec présence de cellules cancéreuses. (Photo 11) S'il entraîne la compression de vaisseaux, l'épanchement sera un transsudat modifié voire un chylothorax. Enfin, une tumeur avec une forte vascularisation ou une forte infiltration de vaisseaux ou d'organes vascularisés peut être à l'origine d'un hémothorax. (Chevassus à l'Antoine 2004)

La présence d'éosinophiles supérieure à 10% dans un épanchement oriente le diagnostic vers un processus néoplasique. (Murphy, Papasouliotis 2011) A noter que l'absence de cellules néoplasiques à la cytologie n'exclue pas la possibilité tumorale. (Dunn, Villiers 1998)

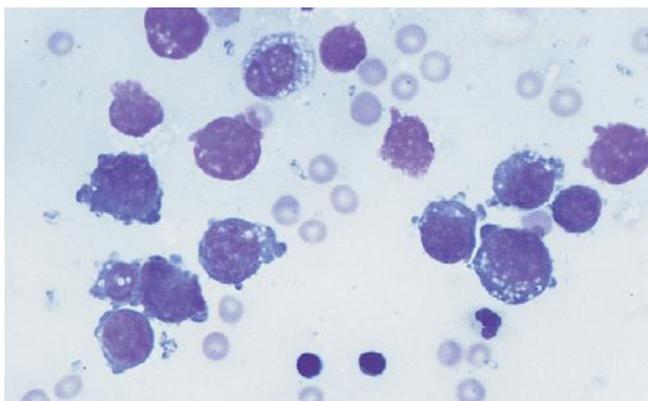


Photo 11 : Cytologie d'un épanchement thoracique cancéreux suite à un lymphome chez un chien.

Cellules rondes avec un fort rapport nucléo-cytoplasmique et un cytoplasme légèrement vacuolisé. Présence de deux petits lymphocytes et d'un neutrophile. (Rebar 2010)

D'autres critères peuvent être évalués. Le pH est neutre à élevé (>7,4) et le taux de glucose est bas (0,5-4,5 mmol/L). (Beatty, Barrs 2010)

1.6.3.4. Bilothonax

Il s'agit d'un type rare d'épanchement, tant chez les animaux de compagnie que chez les humains. Il se forme lors de fistule pleurobiliaire ou lors d'épanchement bilieux abdominal. Le ratio bilirubine pleurale sur bilirubine sérique est alors supérieur à 1. (Epstein, Balsa 2020)

Il est important de préciser que tout épanchement chronique sera à l'origine d'une inflammation cellulaire des plèvres, notamment de la couche interne – le mésothélium – et donc d'un exsudat. Cette réaction mésothéliale conduit à une hyperplasie, une fibrose et une desquamation cellulaire qui peut également être confondue avec un processus tumoral. La chronicité de l'épanchement est donc d'une importance primordiale dans le diagnostic. (Chevassus à l'Antoine 2004 ; Dunn, Villiers 1998 ; McGavin, Zachary 2006)

Le tableau 6 présente un bilan des causes et des caractéristiques pour les différents types d'épanchements.

Tableau 6 : Bilan des causes et des caractéristiques pour les différents types d'épanchements

	Causes	Aspect macroscopique	Densité	Protéines totales	Cellularité	Types cellulaires	Autres
Transsudat pur	Baisse de la pression oncotique, Hypoalbuminémie	Translucide, aspect aqueux	<1,015	<25 g/L	<1000 cellules/ μ L	Macrophages, cellules mésothéliales, quelques petits lymphocytes et polynucléaires neutrophiles	Hypoalbuminémie le plus souvent <10-15 g/L
Transsudat modifié	Hausse de la pression vasculaire hydrostatique, Transsudat chronique, Début de processus inflammatoire, Maladie cardiaque, Néoplasie, Hypertension portale souvent suite à une cardiopathie droite ou à une compression vasculaire	Séreux à séro-hémorragique le plus souvent	1,015 - 1,030	25 - 75 g/L	1500-7000 cellules/ μ L	Cellules mésothéliales réactives, macrophages, polynucléaires neutrophiles non dégénérés (<30%), quelques hématies	
Exsudat aseptique	Hausse de la perméabilité vasculaire	Trouble, opaque, séro-hémorragique /fibrineux	>1,030	>30 g/L	>7000 cellules/ μ L	Polynucléaires neutrophiles peu ou pas dégénérés	Protéines pleurales/sériques>0,56 ; LDH pleurale/sérique>0,60 LDH>225 UI/L (chat)
Exsudat septique	Bactérie, champignon, virus, protozoaire, helminthe. Morsure, plaie pénétrante, Corps étranger inhalé, ponction, rupture oesophagienne, pneumonie, hématogène. Chien : corps étranger Chat : morsure	Trouble, opaque, épais, jaune sale	>1,030	>30 g/L	>7000 cellules/ μ L	Polynucléaires neutrophiles dégénérés majoritairement, bactéries libres ou phagocytées	Protéines pleurales/sériques>0,56 ; LDH pleurale/sérique>0,60 LDH>225 UI/L (chat) ; pH \leq 7,2 pCO ₂ >55mmHg glucose <1,7 mmol/L lactate >5,5 mmol/L lors d'infection bactérienne

PIF	Coronavirus muté	Jaune citrin, visqueux, filant	1,017-1,047	>35 g/L	500 - 50 000 cellules/ μ L	Neutrophiles non dégénérés, quelques macrophages, parfois des lymphocytes	Globulines >50 g/L Albumine/globuline<0,40-0,45 Titre en anticorps >1 : 1280
Chylothorax	Obstruction ou lésions du système lymphatique	Blanc laiteux plus ou moins rosé	1,010 – 1,050	Variable ; 25 – 60 g/L	Variable ; 1000 – 5000 cellules/ μ L	Petits lymphocytes, parfois quelques lymphocytes réactionnels, Chronique : neutrophiles, monocytes	Présence de chylomicrons Triglycérides pleuraux/sériques>3 Cholestérol/Triglycéride<1 Triglycérides>100mg/dL
Hémothorax	Traumatisme, coagulopathie, néoplasie, torsion de lobe	Sanguinolent, rouge	>1,030	>30 g/L	Variable ; 1 000 – 20 000 cellules/ μ L	Globules rouges, macrophages (érythrophagocytose ou sidérophage), absence de plaquettes	Absence de coagulation, Ht >25% Ht sanguin
Néoplasie	Lymphome, adénocarcinome, carcinome, mésothéliome...	Translucide à trouble, possible hémorragie		>25 g/L	Variable	Cellules tumorales	Polynucléaires éosinophiles > 10% pH>7,4 Glucose <0,5-4,5 mmol/L

2. La tomodensitométrie

2.1. Principes de la tomodensitométrie

2.1.1. Introduction

La tomodensitométrie consiste en une radiographie tridimensionnelle. (Ohlerth, Scharf 2007) Elle a été inventée il y a quelques années par Godfrey N. Hounsfield, ingénieur anglais qui a déposé un premier brevet de scanner (Computerized Transversal Axial Tomography) en 1972. Le principe de base est le suivant : après traversée d'un organisme vivant, les valeurs de variations d'absorption de rayons X sont traduites à l'aide d'un système de calcul matriciel en données numériques dans le but de créer une image transversale en coupe. (Sophie 2014 ; Goldman 2007)

2.1.2. Bases physiques

Les principes physiques de base sont les mêmes que ceux de la radiographie. Des rayons X sont projetés sur le patient et traversent les différents tissus qui en absorbent une partie. L'intensité des rayons X résiduels est mesurée ce qui permet de créer une image de projection. L'absorption des rayons est proportionnelle au coefficient linéaire d'atténuation de chaque tissu et de l'épaisseur traversée. Plus le tissu est dense, plus l'absorption est grande. Pour chaque tranche de tissu, chaque élément de volume appelé « voxel » est transcrit en une moyenne relative d'absorption de rayon X selon un niveau de gris. (Figure 5) (Ohlerth, Scharf 2007 ; Goldman 2007) Deux points diffèrent par rapport à la radiographie : la détection ne se fait plus sur un film mais par des capteurs électroniques et il n'y a plus superposition des structures mais une vue de tous les éléments de l'organisme. (Sophie 2014 ; Schevenement 2010)

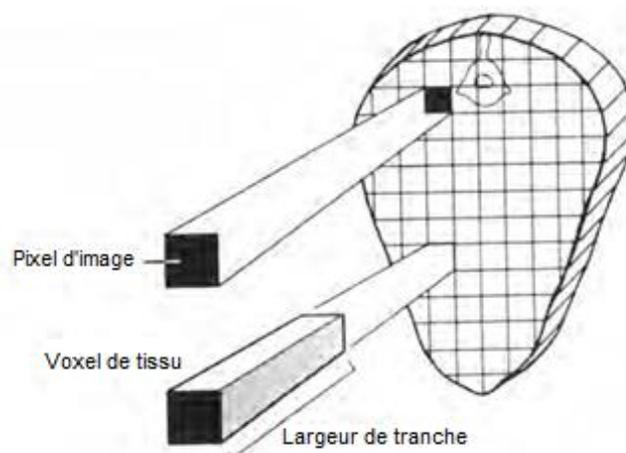


Figure 5 : Représentation tridimensionnelle puis bidimensionnelle d'une coupe d'organisme
(Hathcock, Stickle 1993)

2.1.2.1. Le rayon X

Il s'agit d'une émission d'énergie propagée sous forme d'onde. Il existe deux modèles du rayon X : un modèle d'onde électromagnétique – énergie circulant selon deux champs (électrique et magnétique) perpendiculaires oscillants en phase – ou un modèle de photon – particules de masse nulle non chargées se déplaçant à la vitesse de la lumière et transportant une énergie E ($E=hv$, h : constante de Planck, v : fréquence). Les rayons X sont ionisants : ils ont la capacité d'arracher un électron des couches internes des atomes. Cette caractéristique les rend nocifs d'où la nécessité d'une réglementation très importante. (Sophie 2014)

2.1.2.2. Interactions rayons X-matière

Les rayons X interagissent avec la matière de deux façons :

- L'effet photoélectrique : À proximité d'une couche profonde d'un atome, le rayon X éjecte un électron et est absorbé. L'énergie cinétique de l'électron éjecté est constituée du surplus d'énergie de l'absorption. Un électron d'une couche plus externe va venir combler la couche interne et est ainsi à l'origine d'un rayon X de faible énergie. Il y a donc arrêt du rayon X et formation d'un photoélectron néfaste pour l'organisme. Cette réaction a lieu lorsque le numéro atomique de l'atome est élevé ou lorsque les rayons X émis sont de faible énergie. L'effet photoélectrique est à l'origine du contraste. (Sophie 2014)
- L'effet Compton : Il a lieu lorsque le rayon X initial a une énergie élevée. Une faible partie de cette énergie entraîne l'éjection d'un électron d'une couche superficielle mais le rayon X persiste avec une trajectoire déviée et une énergie inférieure. Cet effet dépend uniquement de la densité de la matière. C'est l'effet dominant dans un organisme lors de rayonnement à forte énergie. La quantité des rayons diffusés est proportionnelle à l'énergie initiale des rayons, à l'épaisseur traversée et à la taille du cadre. Il est à l'origine d'un voile qui noircit l'image finale mais qui diminue le contraste. (Sophie 2014)

Ainsi, soit le rayon X traverse simplement la matière, soit il est absorbé, soit il est dévié et forme un rayon diffus. (Sophie 2014)

2.1.3. Rappel Unités Hounsfield

Les unités Hounsfield correspondent à la valeur moyenne d'atténuation des rayons X d'une unité de volume de tissu. Elles sont calculées de la façon suivante :

Valeur d'unités Hounsfield d'un voxel = $[K \times (u_{\text{voxel}} - u_{\text{eau}})] / u_{\text{eau}}$. u est le coefficient d'atténuation et K une constante égale à 1 000 ou 1 024. (Goldman 2007)

Elles sont traduites en unité d'image de tons gris (32-64 nuances) dans une matrice bidimensionnelle. L'échelle s'étend de -1000 HU à +3000 HU. (Figure 6)

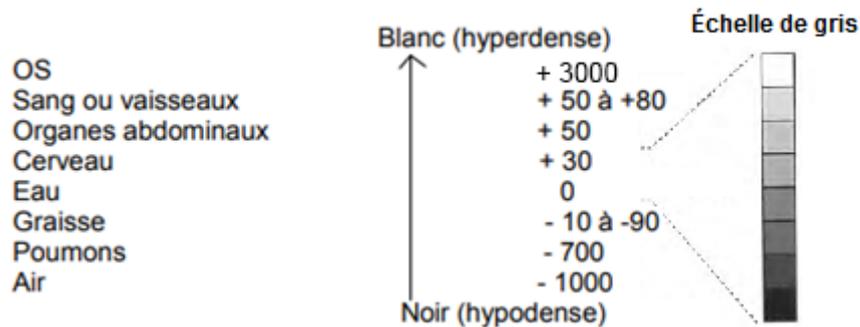


Figure 6 : Valeur des unités Hounsfield selon les tissus et conversion en échelle de gris
(Schevenement, 2010 ; Hathcock, Stickle 1993 ; Bibb 2015)

L'eau - n'atténuant que très peu les rayons - a une valeur de 0 HU. L'air, qui se traduit par du noir, a une valeur de -1000 HU et l'os par du blanc avec une valeur de +700 à +3000 HU. (Goldman 2007 ; Schevenement 2010 ; Bibb 2015) Un pixel blanc résulte d'une forte atténuation alors qu'un pixel noir traduit une absence d'atténuation. Seuls environ 20 nuances de gris sont distinguables simultanément par l'Homme. La résolution de contraste consiste à regrouper des nuances en niveaux de gris. Une faible partie de l'échelle est alors sélectionnée : une fenêtre est appliquée selon le tissu d'intérêt. Il existe deux paramètres : la largeur de fenêtre qui correspond aux unités Hounsfield extrêmes représentées par l'échelle de gris et le niveau qui est la couleur centrale devant être réglé selon le tissu d'intérêt. Pour différencier des éléments de densités proches autrement dit avoir un bon contraste, la largeur de la fenêtre doit être étroite. Pour une fenêtre tissu mou, la largeur recommandée est de 40-50 HU et le niveau de 400-500 HU alors que pour le tissu pulmonaire la largeur est de 1000-1 500 HU et le niveau de - 500 à - 700 HU. (Sophie, 2014 ; Ohlerth, Scharf, 2007 ; Goldman, 2007 ; Griffin, Primack, 2001)

Pour la cavité thoracique, il existe 3 fenêtres principales : la fenêtre médiastinale (niveau = 0 HU, largeur = 400 HU), la fenêtre pulmonaire (niveau = - 800 HU, largeur = 800 HU) et la fenêtre bronchique (niveau = 400 HU, largeur = 1200 HU). (Schevenement 2010)

Les unités Hounsfield permettent de comparer les valeurs obtenues avec celles obtenues physiologiquement pour le tissu pulmonaire : la valeur moyenne décrite est d'environ - 700 HU au scanner hélicoïdal. (Ohlerth, Scharf 2007) Elle semble diminuer de crânial en caudal et de ventral en dorsal. (Henninger 2003)

2.2. Fonctionnement du scanner

2.2.1. L'appareil

2.2.1.1. Évolution historique

Les premiers scanners étaient composés d'un seul tube à rayons X et d'un seul capteur opposé de manière fixe. Le sujet est étudié par tranche dont l'épaisseur est définie par la largeur du faisceau de rayons X. Le tube et le récepteur effectuent une translation c'est-à-dire un mouvement linéaire dans le sens du plan. Lors d'une translation, 160 déplacements avec mesures sont effectués par le tube. L'ensemble de ses mesures forment une vue. (Figure 7) Le couple tube-récepteur subit ensuite une rotation de 1° avant d'effectuer une nouvelle translation et ainsi de suite jusqu'à effectuer des vues sur 180°. 3 à 5 minutes sont nécessaires pour obtenir une image de section de tissu. (Ohlerth, Scharf 2007 ; Goldman 2007)

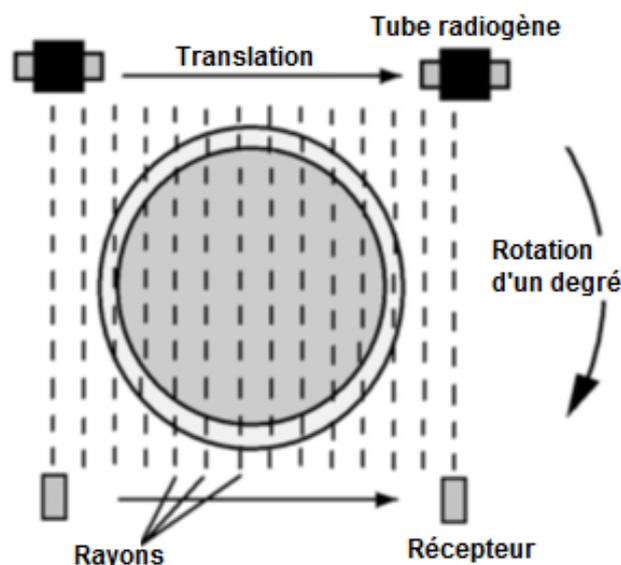


Figure 7 : Principe des scanners de 1^{ère} génération
(Goldman 2007)

La deuxième génération arrivée en 1972 est formée de faisceaux de tubes associés à un réseau de détecteurs ce qui permet de réduire le temps de numérisation. (Figure 8) Si N est le nombre de faisceaux de tubes alors le temps initial d'acquisition est réduit de $1/N$. Des associations de 20 émetteurs font rapidement apparition, réduisant le temps à 20 secondes ou moins. (Ohlerth, Scharf 2007 ; Goldman 2007)

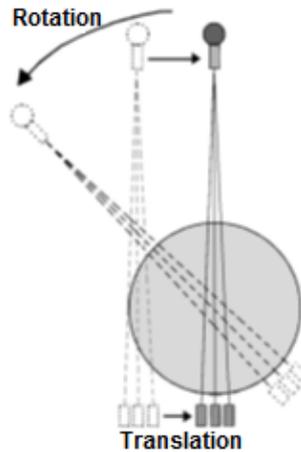


Figure 8 : Principe des scanners de 2nd génération
(Goldman 2007)

En 1975 pour la troisième génération de scanner, le tube et les détecteurs, fixés sur un portique situé autour du patient à 360°, tournent simultanément. Le mouvement de translation est supprimé grâce à un faisceau initial couvrant la largeur entière du patient et l'augmentation du nombre de récepteurs. (Figure 9) Le temps d'acquisition est de 5 secondes. Le phénomène de dispersion est cependant plus élevé qu'avec les premières générations. Il est tout de même moindre qu'en radiographie du fait de la faible épaisseur du faisceau et est limité par des cloisons au niveau des détecteurs. (Ohlerth, Scharf 2007 ; Goldman 2007)

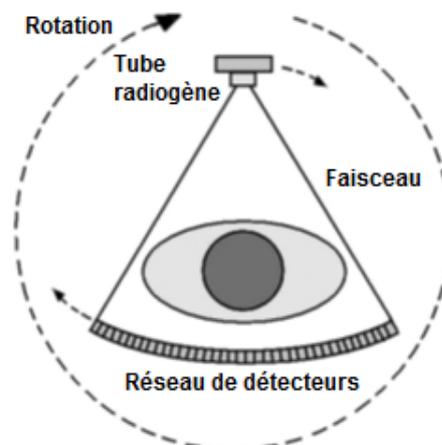


Figure 9 : Principe des scanners de 3^{ème} génération
(Goldman 2007)

Des milliers de récepteurs sont fixés à 360° sur la machine qui entoure le patient pour les scanners de quatrième génération apparus en 1976. Ainsi, seul le tube effectue une rotation de 360°. (Figure 10) Le temps d'acquisition par tranche est réduit à 1 seconde. (Ohlerth, Scharf 2007 ; Goldman 2007)

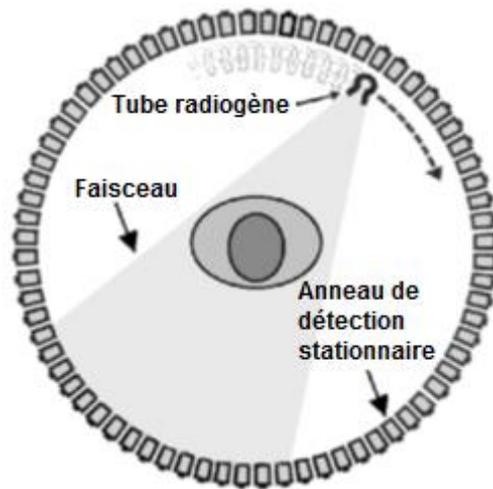


Figure 10 : Principe des scanners de 4^{ème} génération
(Goldman 2007)

Dans les années 1990 arrive la translation du patient à l'intérieur de la machine avec une rotation constante de l'émetteur et des récepteurs. Il s'agit des scanners hélicoïdaux. Un nouveau paramètre entre en jeu : le pas. Il est défini par la distance parcourue par la table en un tour par rapport à l'épaisseur de coupe. Si l'épaisseur des coupes est de 1 cm et que la table avance de 1 cm en un tour alors le pas est de 1 et l'acquisition est continue. Si l'épaisseur est supérieure à l'avancée ($\text{pas} < 1$) alors il existe un recouvrement et une surirradiation. Si elle est inférieure ($\text{pas} > 1$), il existe une omission. (Figure 11) Le pas choisi est en général entre 1 et 1,5. Plus il est élevé plus il peut y avoir des erreurs d'interpolation. (Ohlerth, Scharf 2007 ; Goldman 2007 ; Blum et al. 2020)

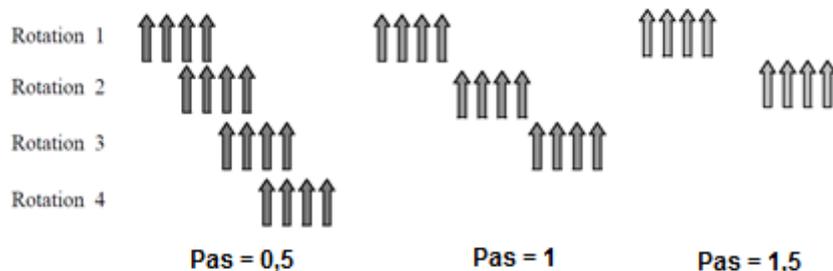


Figure 11 : Influence du pas sur la dose de rayons X reçue
(Blum et al. 2020)

Ils sont équipés d'une unique rangée de détecteurs (monobarrette). L'acquisition des images d'un organe ou d'un segment anatomique peut être effectuée en moins de 20 secondes. (Blum et al. 2020)

Depuis fin 1998, un dernier type de scanner est apparu : les multicoupes. Ils possèdent un nouveau système de détection où les détecteurs sont disposés sur plusieurs rangées. (Figures 12 et 13) On parle de scanners multibarrettes. Ils ont plusieurs avantages supplémentaires : la vitesse est quatre fois plus rapide (un tour en 0,5 secondes), les résolutions temporelle et spatiale sont meilleures et l'épaisseur de coupe peut être choisie ultérieurement à l'acquisition. (Blum et al. 2020)

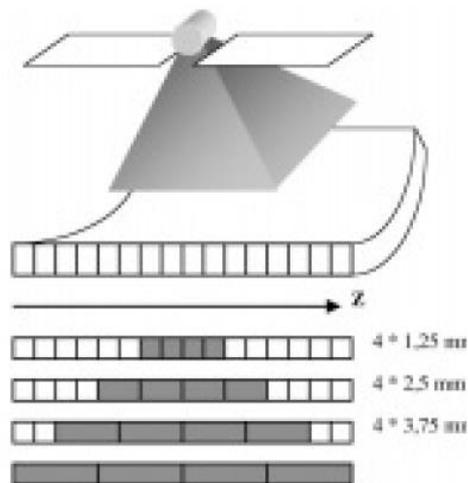


Figure 12 : Scanner multicoupes à 16 rangées de capteurs
(Blum et al. 2020)

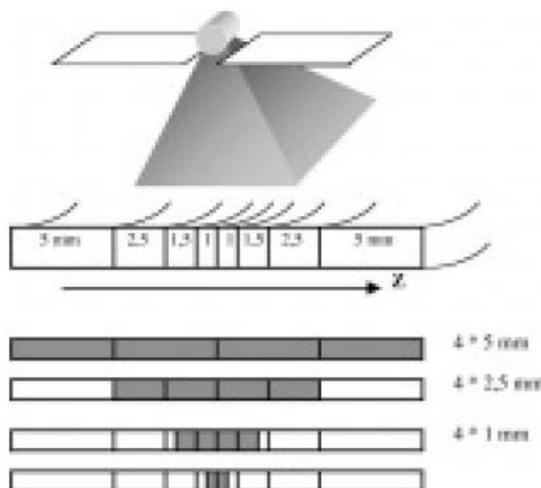


Figure 13 : Scanner multicoupes à réseau de détection modulable constitué de 8 rangées dont la largeur augmente en périphérie
(Blum et al. 2020)

2.2.1.2. Eléments constitutifs

Un scanner comprend ainsi trois éléments (Figure 14) :

- Un portique : anneau avec un tube à rayons X opposé à des capteurs. L'ensemble effectue une rotation de 360° à vitesse constante. Le tube radiogène est formé d'une ampoule de verre mise sous vide, insensible aux variations de température et aux rayons X. Il contient une cathode – filament de tungstène spiralé – et une anode – surface métallique oblique. Le filament est chauffé entraînant la formation d'électrons dirigés vers l'anode et accélérés par une différence de potentiel élevée provenant d'un générateur haute tension. Les électrons arrivent au niveau du foyer de l'anode où sont produits les rayons X. Les capteurs recueillent les rayons X résiduels après traversée du patient afin de calculer le coefficient d'atténuation μ ($\mu = \log(I_x/I_0)$, I_0 : intensité initiale, I_x : intensité après traversée de matière).
- Un ordinateur : traitement des données brutes des capteurs, transformées en images. L'animal est décomposé en éléments volumiques (« voxels ») dont la taille dépend de l'épaisseur de la coupe et du nombre de pixels. Un pixel correspond à la moyenne des éléments d'un voxel. Les rayons X sont convertis en signaux électriques par les détecteurs et traduits ensuite en données numériques.
- Une console : choix des paramètres, contrôle du portique, visualisation des images sous forme de pixels dans l'échelle des gris.

L'animal est allongé sur une table se déplaçant horizontalement à l'intérieur du portique. L'immobilité étant nécessaire durant tout l'examen, l'animal est anesthésié. (Sophie 2014)

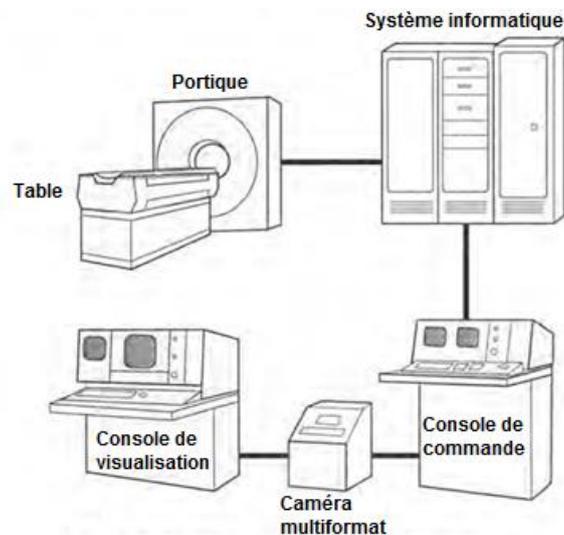


Figure 14 : Les différents composants d'un scanner
(Hathcock, Stickle 1993)

2.2.2. Les réglages

Les réglages contiennent de nombreux paramètres : (Sophie 2014)

- La tension appliquée au niveau du tube radiogène en kV : si elle augmente, le contraste diminue.
- Le temps d'exposition exprimé en secondes : plus le temps est long, plus la quantité de rayons X émis et reçus est grande.
- L'intensité du courant (différence de potentiel au niveau du tube radiogène) : plus elle est forte, plus le nombre de rayons X émis augmente.
- Le nombre de coupes et leur espacement dépendant de la région étudiée. Selon l'espacement, il peut y avoir des zones non étudiées ou une superposition ou continuité des coupes.
- La direction des coupes
- L'épaisseur des coupes : comprise entre 1 à 10 millimètres. Une coupe fine est plus précise mais de moins bonne qualité.
- Le champ : diamètre de la tranche anatomique visualisée sur l'image. La définition de l'image est meilleure si le champ est limité.

2.3. Qualité de l'image et artefacts

2.3.1. Qualité de l'image

La qualité de l'image est évaluée avant interprétation. Il y a quatre critères principaux. Le rapport signal sur bruit doit être le plus grand possible : le bruit est à l'origine d'une diminution de contraste et de résolution spatiale. Il est limité par une augmentation de la quantité de rayons X émis détectés. La résolution en contraste est le plus faible contraste de densité décelable : plus elle est grande, plus il est possible de différencier deux structures de densité proche. Elle varie de façon inverse à l'épaisseur de coupe. La résolution spatiale traduit le plus petit détail visible et dépend du voxel, de l'épaisseur des coupes, du champ et de la matrice. Le dernier critère est l'épaisseur des coupes : des coupes fines permettent d'obtenir une bonne résolution spatiale mais nécessitent une augmentation de la quantité de rayons X émis afin d'augmenter le rapport signal/bruit. Elles sont à l'origine d'une diminution de la résolution en contraste. (Sophie 2014 ; Goldman 2007)

2.3.2. Artefacts

Les artefacts sont des formations parasites de l'image. (Sophie 2014)

Les objets métalliques ont un coefficient d'absorption élevé. Ils sont à l'origine d'une image en étoile avec des traits irradiants depuis leur localisation, de zones noires ou brillantes. (Sophie 2014 ; De Rycke et al. 2005)

Lors de mouvements de l'animal pendant l'acquisition des images, un artefact de mouvements se crée à l'origine de flou cinétique. Pour le minimiser, il faut un temps d'acquisition court. Il est également possible d'appliquer une ventilation forcée intermittente à pression positive afin de réduire les mouvements respiratoires. Enfin, les scanners hélicoïdaux permettent de minimiser cet artefact. (Sophie 2014 ; De Rycke et al. 2005)

Pour les troisièmes générations, les artefacts circulaires sont dus à une défaillance des détecteurs. Ils entraînent l'apparition de stries concentriques. (Sophie 2014 ; De Rycke et al. 2005 ; Hathcock, Stickle 1993)

Enfin les artefacts de volume partiel reflètent la présence de deux structures de densités très différentes dans un même voxel : la valeur Hounsfield moyenne ne correspond pas à la réalité. (Sophie 2014 ; De Rycke et al. 2005)

D'autres artefacts existent tels que l'effet de durcissement du faisceau (à l'interface haute-faible densité), les artefacts d' « aliasing » ou ceux liés à des objets extérieurs au champ de scanner (tubulures de perfusion...) à l'origine de stries. (Hathcock, Stickle 1993)

2.4. Avantages et inconvénients de la tomodensitométrie

2.4.1. Les avantages

Le scanner permet une désuperposition des structures et possède une bonne résolution en contraste. Ceci permet de distinguer les structures vasculaires, parenchymateuses, liquidiennes et bronchiques au niveau thoracique. Des changements minimes de taille, forme, contours et position sont identifiables. De plus c'est un examen rapide : environ 150 coupes par hélice sont acquises. (Sophie 2014 ; De Rycke et al. 2005) Il s'agit d'un examen complémentaire non invasif. (Rivero et al. 2005)

La détection précoce de lésions est possible. En effet, le scanner permet d'identifier des nodules de plus petite taille que la radiographie. Au niveau thoracique, cela permet de déceler le développement de métastases plus rapidement et donc d'avoir un meilleur pronostic. (Schevenement 2010)

2.4.2. Les inconvénients

Les inconvénients du scanner sont divers et variés. C'est un examen qui peut être effectué uniquement si l'animal est en état de recevoir une anesthésie. De plus, les mouvements respiratoires, cardiaques ou digestifs entraînent un flou cinétique. Le positionnement de l'animal est également important afin d'obtenir les meilleures images possibles. Cet examen est soumis aux règles de la radioprotection. Le facteur limitant majeur à la tomodensitométrie reste son coût relativement élevé et sa disponibilité. (Sophie 2014 ; Rivero et al. 2005) Enfin, l'interprétation des images peut s'avérer complexe. (Schevenement 2010)

2.5. Les images normales

De nombreux auteurs ont décrit l'anatomie physiologique du chien et du chat grâce à l'utilisation de la tomodensitométrie. (Ohlerth, Scharf 2007)

Des exemples d'images tomodensitométriques thoraciques normales du chien et du chat sont exposés ci-après. (Figures 15 à 26)

2.5.1. Images tomodensitométriques normales du chat

2.5.1.1. Images thoraciques en fenêtre osseuse

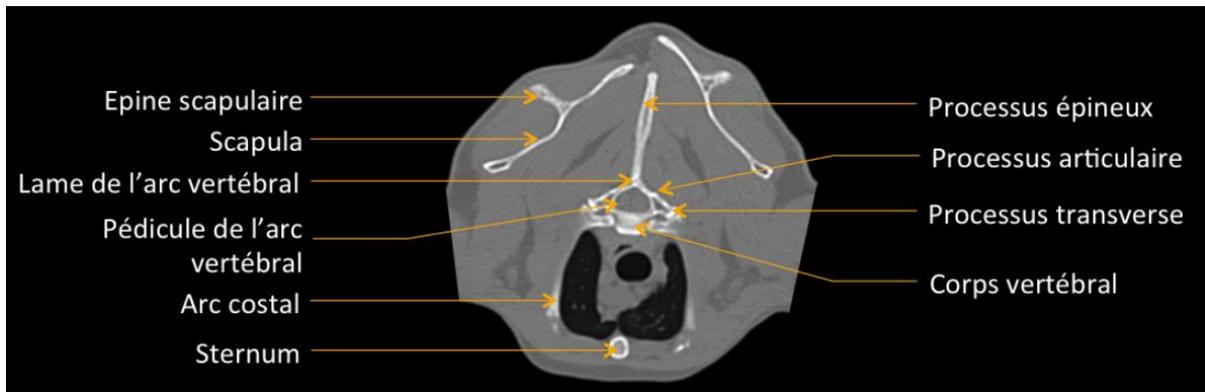


Figure 15 : Scanner thoracique au niveau de la deuxième vertèbre thoracique
(Sophie 2014)

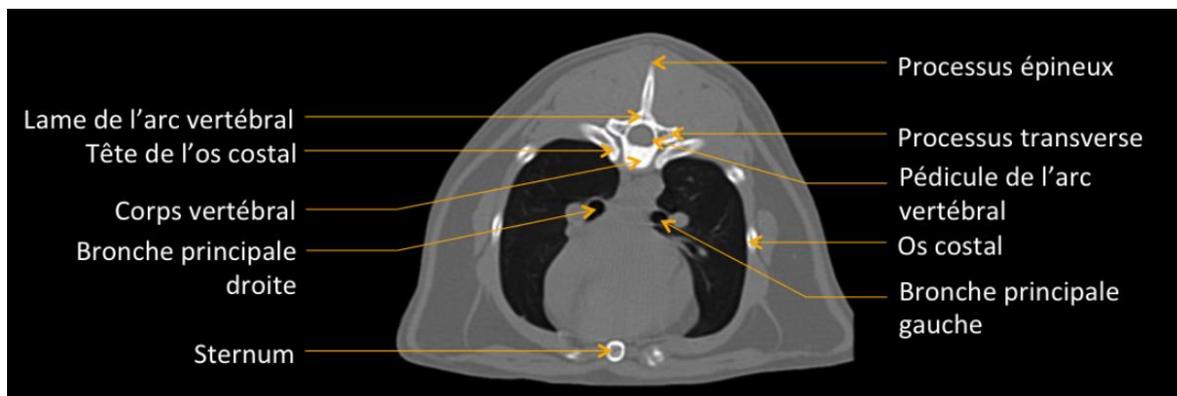


Figure 16 : Scanner thoracique au niveau de la sixième vertèbre thoracique
(Sophie 2014)

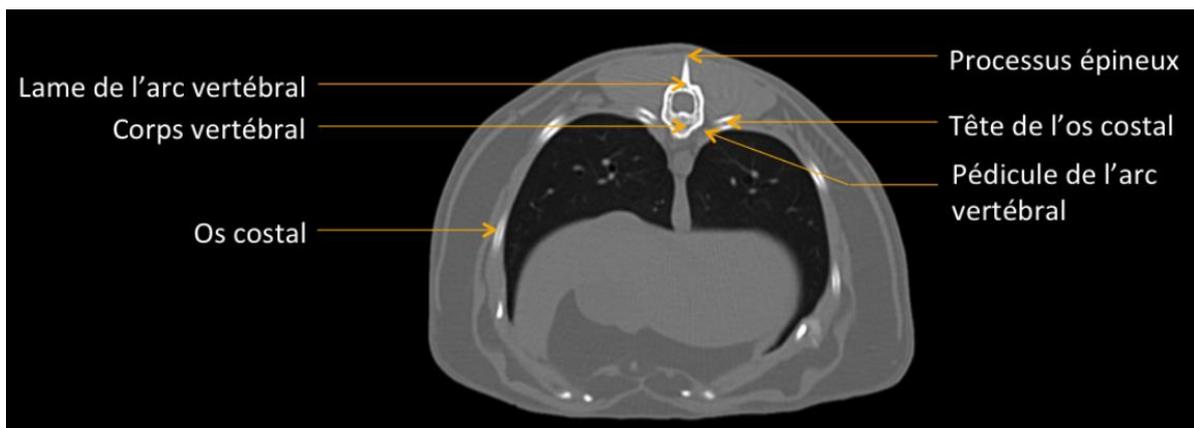


Figure 17 : Scanner thoracique au niveau de la dixième vertèbre thoracique
(Sophie 2014)

2.5.1.2. Images thoraciques en fenêtre médiastinale

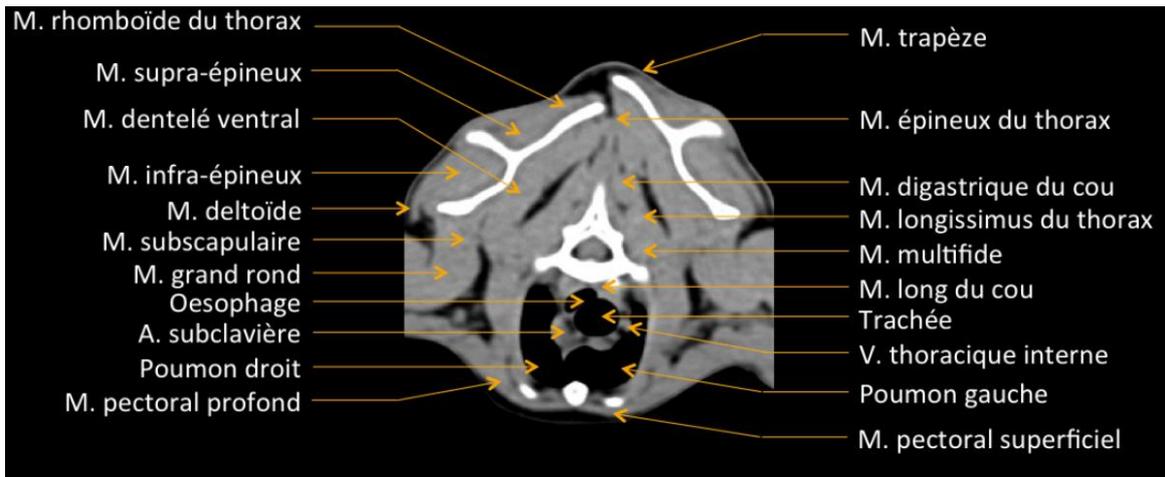


Figure 18 : Scanner thoracique au niveau de la deuxième vertèbre thoracique
(Sophie 2014)

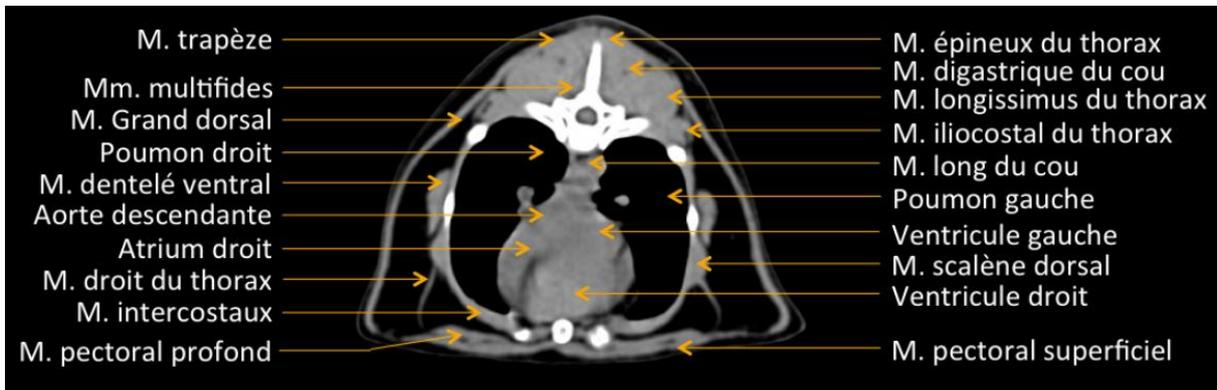


Figure 19 : Scanner thoracique au niveau de la sixième vertèbre thoracique
(Sophie 2014)

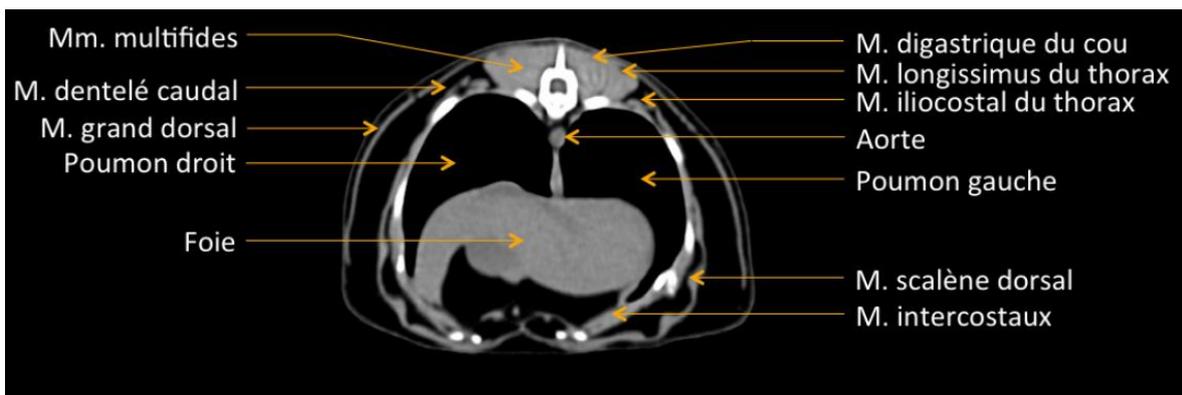


Figure 20 : Scanner thoracique au niveau de la onzième vertèbre thoracique
(Sophie 2014)

2.5.2. Images tomodensitométriques normales du chien

2.5.2.1. Images thoraciques en fenêtre pulmonaire

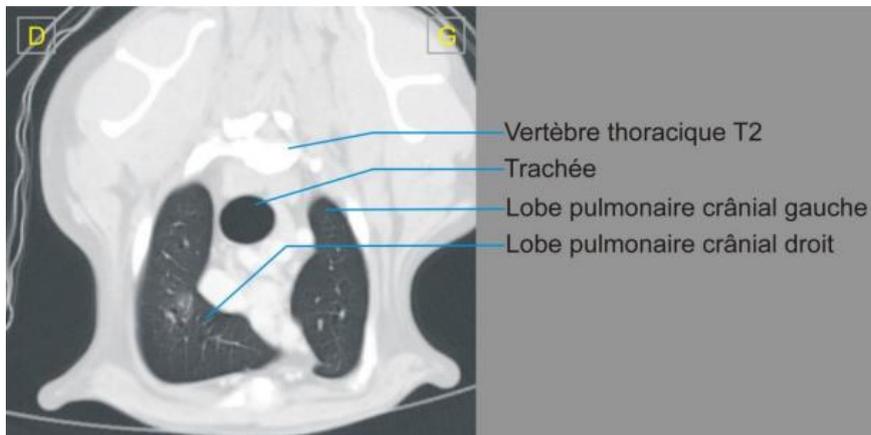


Figure 21 : Scanner thoracique au niveau de la deuxième vertèbre thoracique
(Schevenement 2010)

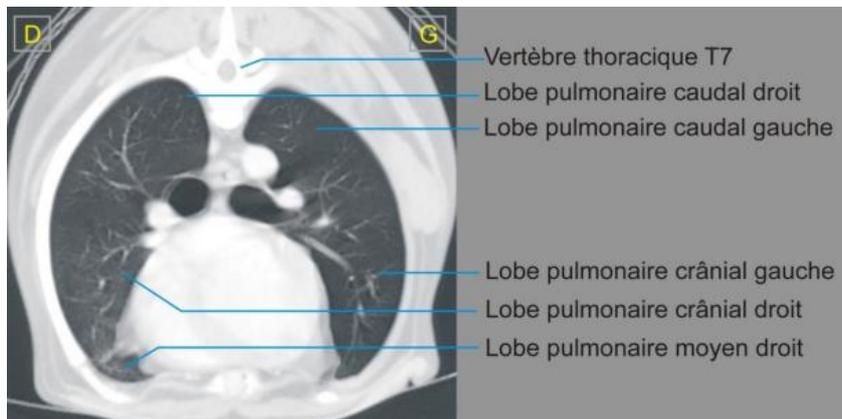


Figure 22 : Scanner thoracique au niveau de la septième vertèbre thoracique
(Schevenement 2010)

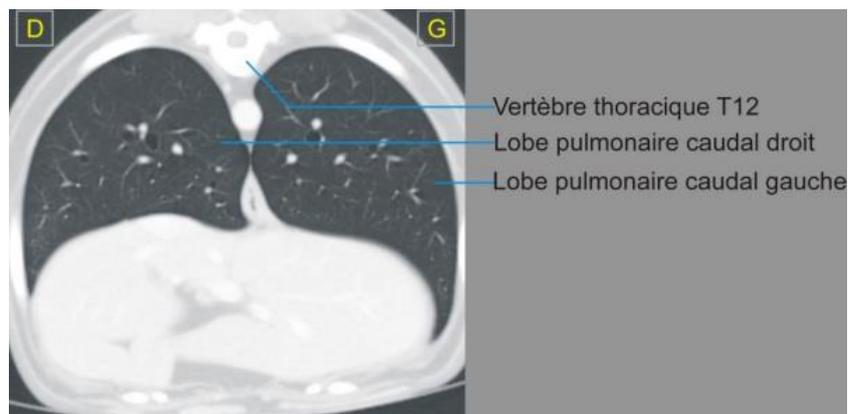


Figure 23 : Scanner thoracique au niveau de la douzième vertèbre thoracique
(Schevenement 2010)

2.5.2.2. Images thoraciques en fenêtre médiastinale

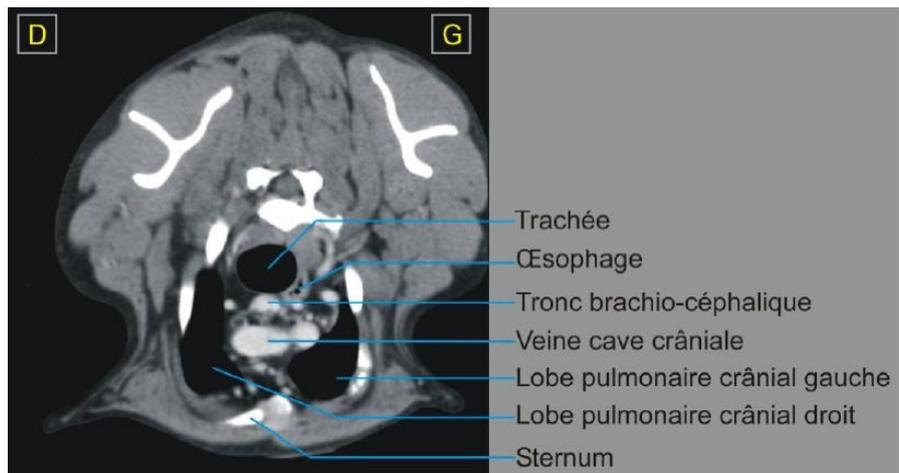


Figure 24 : Scanner thoracique au niveau de la première vertèbre thoracique (Schevenement 2010)

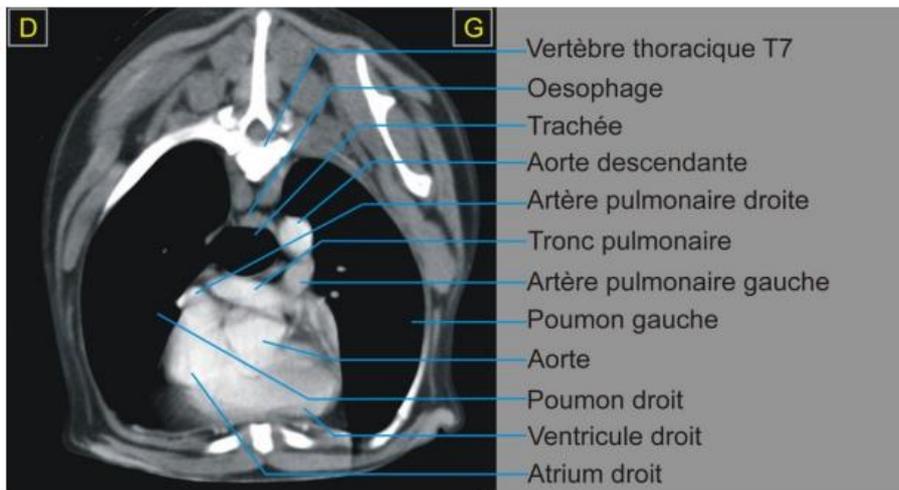


Figure 25 : Scanner thoracique au niveau de la septième vertèbre thoracique (Schevenement 2010)

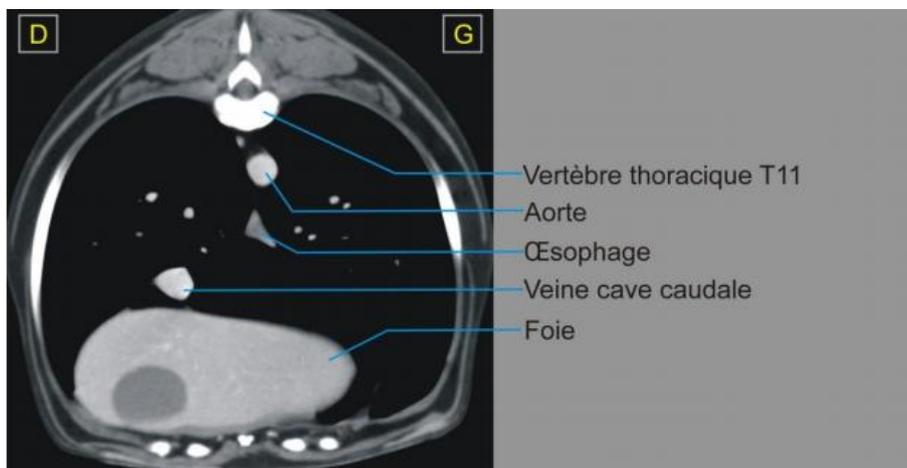


Figure 26 : Scanner thoracique au niveau de la onzième vertèbre thoracique (Schevenement 2010)

3. Intérêts de la tomodensitométrie pour le diagnostic des épanchements thoraciques

La tomodensitométrie est fréquemment utilisée lors d'atteintes thoraciques tant en médecine humaine qu'en médecine vétérinaire. Elle permet la détection de lésions pulmonaires, la différenciation entre masse et épanchement médiastinal ou pleural, l'évaluation des parois thoraciques et médiastinales, la mise en évidence de corps étrangers ou encore la réalisation guidée de ponctions à l'aiguille fine et de biopsies intra-thoraciques. (Ohlerth, Scharf 2007 ; Samii et al. 1998) Chez l'Homme, les pathologies pleurales liées à des néoplasies, pneumonies et empyèmes peuvent ainsi être évaluées. (Briola et al. 2019) Chez les animaux, elle est particulièrement utile pour déterminer la nécessité d'une chirurgie lors d'anomalies extra-pulmonaires. (Epstein, Balsa 2020)

Cette thèse se base principalement sur les résultats obtenus lors de deux travaux de recherche passés, publiés dans les articles « *Hounsfield units are a useful predictor of pleural effusion cytological type in dogs but not in cats* » et « *Can malignant and inflammatory pleural effusions in dogs be distinguished using computed tomography?* » respectivement menés par Woods et al. et Watton et al.. Ces derniers seront détaillés par la suite.

3.1. Chez l'Homme

Des études ont été conduites afin d'étudier les densités des différents types d'épanchements traduites en valeurs d'unités Hounsfield notamment par Nandalur R. et al.. Dans leurs travaux, les exsudats ont des densités significativement supérieures à celles des transsudats avec des moyennes respectives de 17,1 HU et 12,5 HU. La valeur seuil permettant de les distinguer est de 13,4 HU avec une sensibilité de 83,2% et une spécificité de 70,5%. De plus, il existe une corrélation positive significative, même si modeste, entre les densités et les marqueurs de Light que sont le ratio protéines pleurales sur sanguines et les protéines totales pleurales. Cependant, ils ne conseillent pas d'utiliser ces critères pour déterminer la nature de l'épanchement pleural du fait de la faible précision. (Nandalur et al. 2005)

Dans une autre étude menée par Abramowitz et al., les densités ne sont pas un critère permettant de distinguer transsudat et exsudat. (Abramowitz et al. 2009)

D'autres critères sont observés à la tomodensitométrie et pourraient être caractéristiques d'un certain type d'épanchement.

Ainsi, d'après Aquino et al., un épaississement de la plèvre pariétale est spécifique d'un exsudat à 96% avec une sensibilité de 61% et une valeur prédictive positive de 97%. De plus, un épaississement et une hausse de la densité du gras extrapleurale sont en faveur d'une inflammation pleurale ou d'une infection, donc par extension d'un exsudat. (Aquino et al. 1994) Dans leur étude, Arenas-Jiménez et al. concluent que les épanchements avec une localisation précise sont spécifiques des exsudats tout comme les nodules sur la surface pleurale, les épaississements pleuraux et le gras extrapleurale de densité augmentée. Lors d'exsudat, l'épaississement pleural concerne préférentiellement la plèvre viscérale. Enfin, une consolidation pulmonaire est plus fréquente lors d'épanchements d'origine infectieuse. (Arenas-Jiménez et al. 2000)

Les nodules ou l'épaississement nodulaire au niveau de la plèvre diaphragmatique, médiastinale ou viscérale sont spécifiques aux épanchements d'origine tumorale. De plus, la visualisation de masses pulmonaires, de nœuds lymphatiques médiastinaux augmentés, de masses sur la paroi thoracique, de nodules pulmonaires multiples ou de nodules hépatiques oriente le diagnostic vers un épanchement d'origine tumorale. (Arenas-Jiménez et al. 2000) La distinction entre épanchements d'origine tumorale ou non tumorale peut également se faire grâce à l'observation d'un épaississement pleural médiastinal préférentiellement, d'un épaississement supérieur à 1 centimètre de la plèvre pariétale ou d'un épaississement circonférentiel pleural avec une spécificité de 78-100% pour une origine tumorale. (Reetz et al. 2019)

Cependant, il existe des recoupements entre ses critères : par exemple, il est possible de retrouver un épaississement circonférentiel pleural aussi dans le cas d'empyème. (Reetz et al. 2019) Pour différencier empyème (parapneumonie compliquée avec présence de pus et culture positive) et épanchements parapneumoniques (associés à une pneumonie, un abcès pulmonaire, ou bronchiectasie), il est possible d'étudier l'épaississement pleural diaphragmatique, médiastinal, viscéral et circonférentiel, la présence d'une localisation liquidienne précise et la hausse de densité du gras extrapleurale. Ils sont en faveur d'un empyème. (Arenas-Jiménez et al. 2000)

3.2. Chez les chiens et chats

La tomodynamométrie est utilisée pour étudier la localisation et la quantité de l'épanchement pleural et les lésions de l'espace pleural. Elle est sensible pour la détection d'un épanchement mais pas forcément pour déterminer sa localisation. Des épaissements de plèvre, des anomalies du parenchyme pulmonaire peuvent également être objectivés. Si une chirurgie est nécessaire, par exemple en cas de pyothorax, les images obtenues par tomodynamométrie permettent au chirurgien de repérer préalablement les lieux d'atteintes pulmonaires. Cependant, certaines lésions peuvent passer inaperçues d'où l'importance d'une exploration globale de la cavité thoracique et du parenchyme pulmonaire en chirurgie. Des atteintes médiastinales sont décelables : adénomégalie, épanchement, ... notamment après injection de produit de contraste. L'administration d'un produit de contraste peut aussi être utile pour une meilleure identification de nodules pleuraux et d'un épaissement des plèvres. (Swinbourne et al. 2011 ; Briola et al. 2019 ; Reetz et al. 2012)

Pour ce qui est de la distinction des types d'épanchements grâce à leurs densités, il semblerait que lors d'exsudats (4-33 HU, moyenne 12,5 HU) elles soient supérieures à celles de transsudats (2-15 HU, moyenne 5 HU). Le critère discriminant en faveur d'un exsudat est alors une valeur supérieure à 15 HU. (Çullu et al. 2014)

Dans l'étude conduite par Briola et al., la moyenne des densités est respectivement de 19,22 HU, 10,26 HU, 31,65 HU et 11,20 HU pour les exsudats inflammatoires, les chylothorax, les hémothorax et les transsudats. Les transsudats et les chylothorax ne peuvent être distingués ainsi. Les densités diffèrent significativement entre les hémothorax et les chylothorax ou les transsudats ainsi qu'entre les exsudats et transsudats. Les exsudats ont une densité moyenne supérieure aux transsudats mais il existe ici aussi une trop grande superposition possible. Les associations chylothorax avec transsudats et exsudats avec hémothorax peuvent être différenciées via une valeur seuil de densité de 12,15 HU avec une sensibilité de 94% et une spécificité de 78%. Enfin, une valeur supérieure à 34,68 HU permet de distinguer les hémothorax des exsudats avec une sensibilité de 96% et une spécificité de 95%. De plus, il existe une corrélation entre les densités moyennes et les caractéristiques du fluide (globules rouges, cellules nucléées totales, triglycérides, concentration en protéines totales). La tomodynamométrie pourrait donc être utile pour une orientation diagnostique avant la thoracocentèse ou pour les patients ne pouvant pas y avoir recourt. (Briola et al. 2019)

Cependant du fait de recouvrement des intervalles, l'anamnèse, l'examen clinique et les radiographies doivent être pris en compte. (Çullu et al. 2014)

Chez des animaux âgés atteints d'un épanchement pleural, un épaissement nodulaire de la plèvre diaphragmatique, des masses pleurales costales et des masses pulmonaires orientent le diagnostic vers une cause néoplasique. Les nodules sur la plèvre diaphragmatique sont beaucoup moins fréquents que ceux sur la plèvre costale ou médiastinale (respectivement 33%, 53% et 53% chez le chien) lors d'un épanchement tumoral. Cependant ils sont plus spécifiques. Les masses pleurales costales sont aussi des anomalies peu fréquentes (13% pour les chiens, 9% pour les chats) et peuvent également être présentes lors de pyothorax. L'utilité du scanner est donc limitée en pratique pour déterminer une origine tumorale. (Reetz et al. 2019)

Chez le chien, les anomalies de la plèvre costale et les masses pulmonaires sont plus associées à des causes néoplasiques d'épanchements ou à des pyothorax. A l'inverse les anomalies de la plèvre costale et les adénomégalies sternales sont rarement présentes lors de transsudats. (Reetz et al. 2019)

De façon générale, les exsudats présentent plus fréquemment plusieurs compartiments et des épaissements pleuraux notamment lors de pyothorax. (Çullu et al. 2014)

Il existe néanmoins de nombreux recoupements entre les différents types d'épanchements d'où la nécessité d'autres examens complémentaires pour déterminer la nature de l'épanchement. Par exemple, un épaissement pleural pulmonaire peut être observé lors de pyothorax, chylothorax ou encore d'épanchement tumoral. Une invasion de la paroi thoracique bien que rare peut être liée à un pyothorax, un chylothorax, un hémithorax ou un épanchement tumoral. (Reetz et al. 2019)

3.3. Première étude : Woods et al.

3.3.1. Contexte

Toutes les catégories d'épanchements pleuraux présentent une densité semblable à celle des tissus mous au scanner. Des mesures quantitatives utilisant l'unité Hounsfield ont le potentiel d'apporter des informations supplémentaires concernant la nature du fluide de façon non invasive. Des études menées chez les humains ont montré que la densité pourrait être utile dans la différenciation des exsudats et des transsudats. Cependant une grande superposition existe entre les deux catégories et elles ne pourraient donc pas être utilisée seule.

3.3.2. Objectifs

Le but de cette étude rétrospective est de comparer les valeurs de densité de différentes catégories d'épanchement pleural chez le chien et le chat, d'évaluer les possibles correspondances entre des paramètres cytologiques spécifiques et les densités ainsi que d'évaluer les différences de ces valeurs entre les zones gravito-dépendante et non dépendante.

Plusieurs hypothèses se posent :

- Les mêmes résultats de valeur de densité seront obtenus entre le chien et le chat et seront différents pour chaque type d'épanchement.
- Une hausse de la concentration en cellules et en protéines sera associée à une hausse de densité.
- La région gravito-dépendante de l'épanchement présentera une densité plus élevée que la région non dépendante et ce de par la sédimentation des cellules et des protéines.

3.3.3. Matériel et méthodes

L'étude analytique rétrospective a été réalisée à l'hôpital universitaire vétérinaire William R. Pritchard à Davis en Californie, entre janvier 2000 et janvier 2016. Au total, 111 patients ont été retenus dont 74 chiens et 37 chats : ils avaient passé un scanner thoracique ayant révélé la présence d'un épanchement sur au moins 5 images transverses consécutives. Le diagnostic exact a été établi par un pathologiste boardé suite à une cytologie effectuée après thoracocentèse. Lorsque plus de 16 jours se sont écoulés entre le scanner et l'évaluation cytologique, les cas sont exclus.

Les images scanners ont été interprétées par un seul imageur, résident en radiologie de 3ème année, non informé de la conclusion cytologique de la cytoponction. Pour chaque cas, afin de mesurer des valeurs de densité en pré-contraste, trois images ont été sélectionnées, séparées d'au moins une tranche. Lorsque cela était possible, les images étaient choisies en région thoracique crâniale, moyenne et caudale. Pour chacune de ces trois images, la région circulaire ou ovoïde recouvrant la plus grande surface de zone d'épanchement présente un intérêt pour la mesure de la densité. Elle est donc annotée. L'interprète place alors trois autres zones d'intérêt : une dans la région non dépendante de l'épanchement, une au milieu et enfin une en région dépendante. Ces trois dernières régions ne peuvent pas être déterminées dans les cas de faible quantité de fluide.

Un résident en pathologie de première année et un vétérinaire pathologiste boardé ont revu les rapports de cytologie. Les épanchements sont classés en exsudat, transsudat, transsudat modifié, hémothorax ou chylothorax selon les caractéristiques suivantes. (Tableau 7) En cas de doutes, les échantillons sont réévalués.

Tableau 7 : Classification des types d'épanchements selon leurs caractéristiques

Type d'épanchement	Caractéristiques
Transsudat	Concentration en protéines ≤ 25 g/L Cellules nucléées totales $\leq 1500/\mu\text{L}$
Transsudat modifié	$25 \text{ g/L} < \text{Concentration en protéines} \leq 45 \text{ g/L}$ $1500/\mu\text{L} < \text{Cellules nucléées totales} \leq 5000/\mu\text{L}$
Exsudat	Concentration en protéines > 45 g/L Cellules nucléées totales $> 5\ 000/\mu\text{L}$
Chylothorax	Opaque, laiteux et/ou rose Ne s'éclaircissant pas après centrifugation Présence de gouttelettes lipidiques et petits lymphocytes Triglycérides : Concentration pleurale $>$ sérique
Hémothorax	Globules rouges $> 500\ 000/\mu\text{L}$ Macrophages contenant des érythrocytes et de l'hémossidérine (sans jeunes plaquettes)

La valeur de densité de chaque cas utilisée pour les analyses statistiques est la valeur moyenne des régions circulaires ou ovoïdes d'intérêt des trois images sélectionnées. Des statistiques ont été effectuées pour les 5 types d'épanchements et les deux espèces (chien et chat). La normalité a ainsi été évaluée. Le test de Student a permis de comparer les types d'épanchements entre le chien et le chat. Le test de comparaison multiple de Tukey a été appliqué entre les résultats des différents types d'épanchements pour chaque espèce. Enfin les valeurs des densités entre les zones dépendante et non dépendante d'une même image ont été analysées via le test des rangs signés de Wilcoxon.

Une corrélation entre la densité et la concentration en protéines totales, la concentration totale en cellules nucléées ou en globules rouges a été évaluée à l'aide d'une régression linéaire. Une distribution des différents types a été effectuée en regroupant les cas avec des valeurs de densité inférieures à 10 HU, puis en classe de 5 HU soit 10-15, 15-20, 20-25 HU, puis des valeurs supérieures à 25 HU. Un test du Chi 2 a été appliqué pour mettre en évidence une éventuelle association entre les groupes d'atténuation ainsi créés et les types d'épanchements.

3.3.4. Résultats

Sur les 111 patients retenus, 44 étaient atteints d'un exsudat (13 chats, 31 chiens), 5 d'un transsudat (1 chat, 4 chiens), 19 d'un transsudat modifié (9 chats, 10 chiens), 11 d'un hémothorax (11 chiens) et enfin 32 d'un chylothorax (14 chats, 18 chiens). En moyenne, le temps entre le scanner et la cytoponction était de 2,6 jours. Il a été de plus de 7 jours pour 8 cas dont un cas de transsudat chez un chien avec un laps de temps de 16 jours. Dans 90 cas, l'épanchement pleural était assez volumineux pour permettre de délimiter une zone dépendante et une indépendante afin de comparer les densités.

Chez le chien, la valeur de densité est significativement différente entre le groupe chylothorax (6,1 HU en moyenne) – transsudat (5,6 HU) et le groupe exsudat (20,3 HU) – hémothorax (21,4 HU). Aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les valeurs d'un transsudat modifié et les autres types d'épanchements chez le chien. Les densités dans le cas de chylothorax de chat sont significativement plus élevées que chez le chien (11,6 HU contre 6,1 HU). La tendance inverse semble s'observer dans le cas des exsudats. Les zones dépendantes ou non présentent une différence de densité significative tout type confondu (15,4 HU vs 13,3 HU). Cette

différence reste valable uniquement dans le cas du chylothorax (9,2 HU vs 3,2 HU). De plus, une faible corrélation linéaire existe chez le chien entre la valeur de densité et la concentration totale en protéines, mais aussi le nombre total de globules rouges ou de cellules nucléées.

La classification selon la densité n'a été effectuée que chez le chien étant donné qu'aucunes différences ou corrélations significatives n'ont été mises en évidence chez le chat. Pour les densités inférieures à 5 HU, l'épanchement est le plus souvent un chylothorax et pour celles supérieures à 25 HU, il s'agit le plus souvent d'un exsudat.

Ainsi, pour l'espèce canine, les densités permettent d'identifier le plus probablement les chylothorax ou les transsudats et plus modérément les exsudats et transsudats et ne sont pas utiles pour les transsudats modifiés. C'est en regroupant les exsudats, transsudats modifiés et hémothorax que les meilleurs résultats sont obtenus pour les différencier de chylothorax ou de transsudats. Les chylothorax et transsudats sont identifiés avec une sensibilité de 100% et une spécificité de 69,2% pour des valeurs de densité inférieures à 14 HU. Pour des valeurs supérieures à 14 HU, les exsudats, transsudats modifiés et hémothorax peuvent être identifiés avec une spécificité de 100% et une sensibilité de 69,2%. Si l'on exclue les chylothorax et les hémothorax, les densités permettent de différencier uniquement modérément les transsudats et transsudats modifiés des exsudats. Les valeurs supérieures à 9,8 HU confèrent une sensibilité de 80,7% et une spécificité de 61,5%.

3.3.5. Discussion

Cette étude conforte l'hypothèse qu'il existe une différence de densité selon le type d'épanchement pleural chez le chien. Ce n'est cependant pas le cas chez le chat. Les valeurs sont plus élevées pour les exsudats et les hémothorax comparés aux transsudats et aux chylothorax. Il n'est pas possible de distinguer les transsudats modifiés des autres catégories. Dans le cas de chylothorax, la région dépendante présente des valeurs plus grandes que celle non dépendante. Enfin, toujours pour l'espèce canine uniquement, une faible corrélation existe entre les densités et la concentration en protéines totales et en cellules.

Les mêmes critères cytologiques sont utilisés pour définir le type d'épanchement chez le chien et le chat. Pourtant, il semble y avoir une grande différence quant aux densités entre les deux espèces. Dans cette étude, la concentration en protéines

totales et en cellules de l'épanchement est plus élevée chez le chat que chez le chien. Ce résultat peut être dû à un risque d'erreur plus grand lors des mesures du fait de la plus petite taille de l'animal ou encore du nombre plus faible de cas, excepté pour les chylothorax et exsudats.

Comme pour l'Homme, les valeurs de densités sont plus grandes dans les cas d'exsudats par rapport aux transsudats chez le chien. Les types d'épanchements entre les humains et les chiens ou les chats ne sont pas classés de la même façon ce qui rend difficile d'autres comparaisons. Un recoupement des valeurs entre les différents types est tout de même commun à toutes les espèces : ce critère ne peut donc pas être utilisé seul pour déterminer la catégorie d'épanchement. Cela peut toutefois orienter le diagnostic.

Outre l'influence de la concentration en protéines totales ou en cellules, d'autres paramètres n'ont pas été pris en compte. Cela peut être l'origine de la faible corrélation trouvée entre ces concentrations et les valeurs de densité. En effet, la concentration en lipides, la présence de solides ou encore les interactions moléculaires complexes peuvent modifier la densité de l'épanchement. Ainsi, la présence de globules gras dans les chylothorax entraîne une valeur plus faible d'unités Hounsfield.

Les chylothorax et les transsudats ont tous des valeurs inférieures à 14 unités Hounsfield. Ainsi, il est peu probable qu'il s'agisse d'un chylothorax ou d'un transsudat si les valeurs sont supérieures à 14 HU. De même, pour une valeur moyenne inférieure à 5 HU, l'épanchement est un chylothorax avec une probabilité de 61,5% ou encore pour une valeur supérieure à 25 HU, il s'agit d'un exsudat à 78,6%.

Une des limites de cette étude est le faible nombre de patients inclus pour les cas de transsudats. Cela peut s'expliquer par le fait que des moyens plus simples peuvent être utilisés pour le diagnostic. En effet, un transsudat s'explique par une baisse de la pression oncotique, une hausse de la pression hydrostatique ou par la présence de tumeurs. Des paramètres biochimiques peuvent suffire à le mettre en évidence tels que l'hypoalbuminémie. Lorsque le processus devient chronique, l'inflammation s'accroît et donne lieu à un transsudat modifié. Ainsi, cela laisse à penser que le temps entre la cytologie et le scanner aurait pu affecter les paramètres cytologiques et donc la densité de l'épanchement. Ce laps de temps est de 7 jours maximum dans la

plupart des cas, réduisant ainsi au minimum son influence. Le patient avec un délai supérieur à 16 jours a été gardé car il s'agit d'un cas de transsudat canin qui est rare.

Du fait de sa rétrospection, cette étude connaît d'autres biais tels que le positionnement de l'animal lors du scanner, l'épaisseur des tranches d'images scanner, ..., qui varient. Cela peut modifier l'homogénéité du fluide. Cependant, l'étude est ainsi plus proche de la réalité. (Woods et al. 2018)

3.4. Deuxième étude : Watton et al.

3.4.1. Contexte

Chez l'Homme, lors d'une suspicion de néoplasie pleurale, la tomodensitométrie est la première méthode d'investigation utilisée. L'origine de la présence d'un épanchement (tumorale ou inflammatoire) peut ainsi être investiguée. Cependant, son intérêt chez le chien est peu connu. Une analyse cytologique du fluide pleural est nécessaire pour la plupart des cas mais la cytologie seule peut être insuffisante notamment lorsque du sang, un taux de protéines modéré ainsi qu'un contenu cellulaire non spécifique sont présents. Il peut s'agir d'un processus néoplasique, inflammatoire ou issu de conditions idiopathiques.

3.4.2. Objectifs

Le but de cette étude est d'identifier des signes tomographiques qui permettraient de distinguer les épanchements tumoraux de ceux d'origine inflammatoire.

3.4.3. Matériels et méthodes

Pour cette étude, les dossiers médicaux sont issus de l'hôpital «the Queen Mother Hospital for Animals » (QMHA) des années 2010 à 2016. Les chiens atteints d'un épanchement pleural ayant passé des scanners avec et sans produit de contraste et pour lesquels il y a eu un diagnostic cytologique ou histopathologique néoplasique ou inflammatoire de l'épanchement – au total 52 – sont inclus dans cette étude. Ne sont pas compris : les chiens avec des tumeurs primitives affectant des structures thoraciques non pleurales et ceux avec un corps étranger thoracique migrant.

Les diagnostics sont effectués par un vétérinaire pathologiste spécialisé de la manière suivante :

- Tumeur pleurale maligne : résultats de cytologie ou d'histologie avec morphologie cellulaire caractéristique d'une néoplasie plus ou moins immunocytochimie ou immunohistochimie ciblant la vimentine et cytokératine.
- Pyothorax : preuve cytologique d'une infection bactérienne suppurée de l'épanchement avec ou sans culture positive.
- Chylothorax : présence de petits lymphocytes principalement et concentration en triglycérides supérieure à 2,84 mmol/L.

Les cas sont retenus uniquement si les images ont été acquises avec le même scanner par le même radiologiste et interprétées sur le même écran. Les scanners où trop de flou de mouvement est présent sont exclus. Les paramètres optimaux sont une acquisition hélicoïdale avec une épaisseur de tranche jusqu'à 3 mm, un algorithme de reconstruction de fréquence moyenne (fenêtre tissus mous). Les images après injection de produit de contraste sont acquises 60 secondes après le début de l'injection (2 mL/kg de iohexol 300 mg/mL en intraveineuse). Les images scanners ainsi retenues sont réévaluées sans que l'imageur ne connaisse l'anamnèse, les commémoratifs et le diagnostic.

Les signes étudiés sont les épanchements péricardiques / pleuraux / médiastinaux et leur distribution, la présence d'épaississement pleural classée par site et morphologie (diffus, lobaire, nodulaire, masse, calcifié), la présence d'un pannus (tissu fibrovasculaire dans la cavité pleurale) ou de lymphadénopathies médiastinales, l'invasion de la paroi thoracique (épaississement des muscles intercostaux ou perte des couches de gras intermusculaires ou strie dans le gras intercostal / sous-cutanée ou une réaction périostée ou lyse des côtés / sternum). L'atténuation moyenne du contraste par le liquide est mesurée au niveau d'une seule région circulaire choisie au niveau de la plus grande collection de fluide sur les images pré contraste. Certaines données sont subjectives comme le volume de fluide, la quantité de pannus, le degré de lymphadénopathie (0= absent, 1= un peu, 2 = marqué).

Les résultats sont interprétés à l'aide des Test de Fischer, de Mann-Whitney et sont significatifs si $p < 0.05$.

3.4.4. Résultats

Parmi les 52 chiens inclus dans cette étude, 24 sont des femelles dont 14 stérilisées et 28 sont des mâles dont 18 stérilisés. Ils font partis de 22 races pédigrées et 6 croisées. 20 présentent un épanchement d'origine néoplasique (13 mésothéliomes, 6 carcinomes, 1 lymphome) et 32 d'origine inflammatoire (18 pyothorax, 14 chylothorax). Le diagnostic de mésothéliome a été effectué par histologie pour 8 chiens, par immunohistochimie pour un chien, par immunocytochimie pour un autre et par cytologie pour les trois derniers. Les diagnostics de carcinome ou lymphome ont été obtenus par cytologie. La moyenne d'âge est de 4,9 ans (allant de 1,3 à 13 ans) pour les chiens avec une inflammation pleurale contre 8,5 ans (de 4 à 12,8 ans) pour les chiens avec une tumeur pleurale maligne.

Pour les chiens atteints d'un processus tumoral, l'épaississement de la plèvre est le signe le plus fréquemment observé alors qu'il s'agit d'une hypertrophie des nœuds lymphatiques médiastinaux pour les chiens atteints d'une inflammation.

Un épaississement pleural (65% contre 34%), plus particulièrement de la plèvre pariétale seulement (65% contre 13%) et plus marqué (3 mm contre 0 mm) est observé lors de tumeur plus que lors d'inflammation. L'invasion de la paroi thoracique est observée uniquement chez les chiens avec un épanchement pleural malin. Pour un phénomène inflammatoire, un épaississement de la plèvre viscérale est plus souvent retrouvé. Le critère d'un épaississement pleural supérieur à 1 centimètre n'est pas associable à une origine tumorale. Les critères basés sur le volume, la distribution et l'atténuation du fluide, le degré d'atténuation moyenne, le nombre de pannus, la prévalence d'adénopathie médiastinale ou de nodules pulmonaires ne sont pas significatifs. Les causes de présence de nodules pulmonaires chez le chien atteint d'un phénomène pleural inflammatoire n'ont pas été déterminées mais aucun n'avait de signes de tumeur maligne affectant une structure non thoracique.

3.4.5. Discussion

Dans cette étude, les caractéristiques observées sur les images scanner se recoupent entre les animaux atteints d'épanchements pleuraux d'origine inflammatoire ou tumorale : un épaississement pleural peut se retrouver dans les deux cas, comme en humaine.

Le critère le plus en faveur d'une origine tumorale ici, est l'invasion de la paroi thoracique. Cependant, cela n'a été observé que dans 15% des cas pour les mésothéliomes : ce n'est donc pas sensible. De plus, du fait du faible nombre de chiens touchés, la signification statistique est faible. Un épaississement pleural uniquement pariétal semble également être en faveur d'un pronostic tumoral. Ce signe est observé chez 45% des chiens avec un épanchement d'origine tumorale contre 3% pour une origine inflammatoire. Enfin, un épaississement plus grand serait également un critère discriminant. A l'opposé, un épaississement de la plèvre viscérale seulement, est observé chez 10% des cas tumoraux contre 31% des cas inflammatoires bien que cette différence ne soit pas significative. La présence d'un épaississement nodulaire ou encore de lésions calcifiées ne permet pas de différencier l'origine de l'épanchement. Dans le cas de mésothéliomes, les foyers de calcification ou

d'ossification ne sont pas rencontrés fréquemment. Ce n'est donc pas un signe d'une grande valeur diagnostique.

Chez l'homme, une plèvre physiologique est trop fine pour être visible à la tomodensitométrie. Il en est de même chez le chien. Ainsi, il est considéré qu'un épaissement pleural existe dès lors qu'une ligne hyperdense est observée à la limite d'une collection liquidienne pleurale sur les images scanners post contraste et ce même lorsque l'épaisseur ou l'atténuation de cette ligne ne peut être mesurée. Ceci est également plus facilement visible chez les animaux avec un pneumothorax.

Les mécanismes à l'origine des épanchements sont les mêmes : ils sont liés à une augmentation de perméabilité de la microcirculation pleurale, une insuffisance de drainage lymphatique de la cavité pleurale par des tumeurs ou de la fibrose obstruant les vaisseaux lymphatiques. La présence d'un drain de thoracotomie peut aussi induire un épanchement pleural avec des surinfections secondaires possibles.

Une asymétrie marquée de la distribution liquidienne du fluide a été observée uniquement dans les cas inflammatoires et également dans les cas de pyothorax dans une étude précédente. Cela peut être lié à une diminution de la circulation du fluide due à une viscosité plus grande et/ou une obstruction des voies de circulation normales par de la fibrine. Lors d'une inflammation, l'organisation de caillots de fibrine avec développement de capillaires et migration de fibroblastes ont lieu dans les sept jours.

Le terme pannus est utilisé pour désigner un tissu fibrovasculaire formant une masse sur des structures comme la cornée lors d'inflammation mais également pour le tissu qui remplace les caillots de fibrine chez le chien avec un épanchement pleural inflammatoire. Sur les images scanner, une mise en évidence se fait après injection intraveineuse de produit de contraste. On le distingue d'un véritable épaissement pleural lorsqu'il se retrouve dans la cavité pleurale sans contact avec les plèvres. Cependant, il est possible que certaines masses d'origine néoplasique aient été confondues avec des pannus et inversement. L'échographie peut alors permettre de faire la différence : un pannus apparait mobile mais le diagnostic ne peut se faire lorsque la masse est non mobile.

Lorsqu'aucune tumeur primaire ne peut être trouvée en extra thoracique, le diagnostic d'un épanchement pleural tumoral est plus complexe. Lors de carcinome pleural, une tumeur primitive pulmonaire ou abdominale se retrouve souvent, contrairement au mésothéliome : ainsi, ce dernier est le plus difficile à diagnostiquer. Dans cette étude, seulement 3 diagnostics de mésothéliome ont été effectués grâce à une unique cytologie. La plupart des cas nécessitent des tests immunologiques ou des examens histologiques. Cette étude pourrait apporter de nouvelles informations pour distinguer les mésothéliomes.

Pour limiter les biais lors de la lecture des images, celles avec des masses intra thoraciques ou des corps étrangers, suggérant une origine respectivement tumorale et inflammatoire, ont été exclues. La principale limite de cette étude est le faible nombre de cas final : il est difficile de trouver un grand nombre de chiens avec une tumeur pleurale primitive. L'estimation de la prévalence de critères observés sur les images scanner est donc imprécise et ainsi la signification statistique est diminuée.

Le diagnostic des processus tumoraux à l'origine d'un épanchement pleural est complexe alors que leur pronostic est défavorable. Il semblerait qu'il soit augmenté grâce à de récentes avancées telles que les ports pleuraux et la chimiothérapie intra cavitaire. Un diagnostic définitif de mésothéliome nécessite parfois une biopsie pleurale par thoracoscopie ou thoracotomie, procédures invasives qui pourraient être favorisée par l'absence d'un appui de l'imagerie. (Watton et al. 2017)

3.5. Résultats globaux des deux études

Les valeurs de densité permettent d'orienter le diagnostic de l'épanchement chez le chien et non chez le chat. La présence de protéines ou encore de cellules entraîne une atténuation de l'image. D'autres facteurs non évalués encore pourraient être également en cause. Il n'y a pas de différences entre la région dépendante et non dépendante excepté dans le cas de chylothorax. Enfin, les transsudats et les chylothorax peuvent être distingués par des valeurs inférieures à 14 unités Hounsfield.

Même s'il y a beaucoup de signes communs entre les chiens ayant des épanchements néoplasiques ou inflammatoires, un épaississement marqué de la plèvre pariétale uniquement ainsi qu'une invasion de la paroi thoracique sont en faveur d'une néoplasie et ces critères pourraient aider à choisir des tests diagnostiques plus appropriés.

Partie 2 : Étude rétrospective

1. Contexte

Le diagnostic cytologique des épanchements pleuraux s'effectue habituellement à l'aide d'une thoracocentèse. Cependant cette technique, qui peut avoir lieu également sous contrôle échographique, est parfois à l'origine de complications telles que la formation d'un pneumothorax, d'un hématome ou d'une hémorragie, de lacérations ou de mort subite suite à un trop grand stress. (Ettinger et al. 2017) La toux est une autre complication possible bien que rare. Enfin, la thoracocentèse étant un procédé invasif, elle peut être douloureuse. Elle est contre-indiquée en cas de troubles de la coagulation, de faible volume d'épanchement, de ventilation mécanique ou encore lors d'infections cutanées au niveau du site de ponction. (Nandalur et al. 2005 ; Abramowitz et al. 2009) Il serait donc intéressant de trouver un examen complémentaire alternatif non invasif qui permettrait de différencier les types d'épanchements lorsqu'une thoracocentèse ne peut être effectuée.

Nous avons vu que la radiographie permet de mettre en évidence les épanchements pleuraux lors de volume suffisant. L'échographie est l'examen complémentaire de choix pour leur étude. (Schevenement 2010)

La tomodensitométrie est fréquemment utilisée lors d'atteintes thoraciques tant en médecine humaine qu'en médecine vétérinaire. Elle est particulièrement utile pour déterminer la nécessité d'une chirurgie chez les animaux avec une anomalie extrapulmonaire, la présence d'abcès pulmonaires ou de corps étrangers migrants. (Epstein, Balsa 2020) Elle est indiquée également pour le diagnostic et la localisation de tumeurs ou encore pour des bilans d'extension. Si une lésion est identifiée, les relations spatiales sont caractérisées : délimitation, rapport avec les structures voisines... (Sophie 2014) Le scanner permet aussi d'objectiver la présence d'un épanchement pleural parfois de faible quantité et peut être utilisé pour les caractériser : il est possible d'observer des cloisonnements, de trouver une zone idéale de ponction...(Schevenement 2010)

Ainsi, la tomodensitométrie pourrait être une solution d'orientation diagnostique des épanchements pleuraux alternative à la thoracocentèse.

2. Objectifs

Le premier objectif de cette étude est de comparer les densités (exprimées en unité Hounsfield) de différents types d'épanchements pleuraux (transsudat, transsudat modifié, exsudat, chylothorax, hémothorax) chez le chien et le chat. Lorsque cela est possible, le deuxième objectif est de comparer les densités entre les parties dépendante et non dépendante de l'épanchement. Le troisième objectif est d'identifier la présence d'épaississement pleural ou d'invasion de la paroi thoracique qui permettrait de différencier les épanchements d'origine néoplasique des épanchements inflammatoires (chylothorax et pyothorax).

Après l'étude bibliographique effectuée, les hypothèses principales sont :

- 1) Chez le chien, les densités sont plus élevées pour les exsudats du fait de leur cellularité et de leur taux en protéines plus importants.
- 2) Une différence de densité entre les parties dépendante et non dépendante de l'épanchement est visible uniquement lors de chylothorax.
- 3) Un épaississement marqué de la plèvre pariétale uniquement ainsi qu'une invasion de la paroi thoracique orientent vers une origine néoplasique.

3. Matériels et méthodes

3.1. Conception de l'étude et sélection des cas

Notre étude est une étude multicentrique qui a consisté en l'analyse rétrospectives d'exams tomodensitométriques effectués au sein de la clinique Vétérinaire Occitanie (Vet'Occitanie) à Toulouse entre mars 2019 et août 2020 et au sein du Centre Hospitalier Universitaire Vétérinaire de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (CHUV de l'ENVT) entre mars 2016 et novembre 2020.

Pour chaque animal, la race, l'âge, le statut reproducteur et le poids sont récoltés sur les logiciels des deux structures (respectivement Vet'up® et Clovis®).

3.1.1. Critères d'inclusion

La liste des scanners effectués durant ces différentes périodes a été étudiée afin de sélectionner dans un premier temps les scanners de chiens et chats où ont été mis en évidence un épanchement pleural. Le Dr. Florence THIERRY a répertorié les scanners faits à la clinique Vet'Occitanie grâce au logiciel Vet'up®. La collecte des

cas de l'ENVT a été réalisée grâce au logiciel Clovis ®, base de données principale du CHUV. Une acquisition avec et sans produit de contraste est également recherchée de préférence. Les différents cas sélectionnés sont inclus dans l'étude lorsqu'une analyse cytologique de l'épanchement pleural est disponible ou qu'une description de ce dernier est présente dans le compte rendu du dossier de l'animal. Sont également inclus les cas où une cytoponction de masse thoracique a pu orienter le diagnostic vers une origine tumorale.

3.1.2. Critères d'exclusion

Lorsque le laps de temps entre l'acquisition tomодensitométrique et l'examen du liquide ou de la masse thoracique excède 16 jours ou lorsque la quantité d'épanchement est visible sur moins de 5 images transverses consécutives, le cas est exclu de l'étude. La présence de corps étranger migrant est également un critère d'exclusion.

3.2. Analyse des images tomодensitométriques

3.2.1. Acquisition des images tomодensitométriques

Les examens tomодensitométriques ont été effectués à l'aide d'un scanner Phillips Brilliance 16 barrettes avant mars 2020 puis avec un scanner Toshiba Lightning Aquilion 84 barrettes au sein de la clinique Vet'Occitanie et avec un scanner multicoups Optima General Electric Bright speed 16 barrettes au CHUV de l'ENVT.

Les paramètres d'acquisition étaient les suivants : 120 kVp et 120 mAs pour les chiens de grand format et de format moyen et 120 kVp et 110 mAs pour les chiens de petit format et les chats. Une matrice 512 x 512 a été utilisée pour la lecture des examens avec une fenêtre de 18 cm à 65 cm de longueur pour les chiens et de 18 à 32 cm pour les chats, dépendant de la taille des patients. L'épaisseur de coupe est comprise entre 1 et 2 mm. Un algorithme de reconstruction en fenêtre pulmonaire, parenchymateuse et osseuse avant injection de produit de contraste et en fenêtre parenchymateuse après injection de produit de contraste est disponible.

L'acquisition post-contraste était effectuée environ 60 secondes après injection de produit de contraste iodé (Omnipaque ®, iohexol 300 mg/mL, 2mL/kg) de façon manuelle puis avec injecteur automatique après mars 2020 au sein de la clinique Vet'Occitanie et avec un injecteur automatique pour tous les cas du CHUV.

3.2.2. Revues des images tomodensitométriques

Les revues des scanners et les différentes mesures de cette étude ont été effectuées en plan transverse à l'aveugle (sans connaissance des commémoratifs et des résultats d'analyse des épanchements ou des masses) et de façon aléatoire à l'aide du logiciel Horos ®, principal logiciel de traitement des données d'imagerie médicale disponible à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse. Dans les cas où la distinction entre l'épanchement et les tissus mous environnants est douteuse, une comparaison entre l'acquisition pré et post-contraste et entre les différents plans de reconstruction (transversal, longitudinal et dorsal) est utilisée pour limiter les risques d'erreur.

3.2.2.1. Caractérisation de l'épanchement pleural

Une quantification subjective de l'épanchement pleural est d'abord effectuée de la façon suivante : 0 = discrète, 1 = modérée, 2 = marquée, 3 = sévère. Il est ensuite décrit selon sa localisation : crânial, moyen et/ou caudal ; droit, gauche ou bilatéral ; compartimenté ou non.

3.2.2.2. Mesures des densités

Les mesures des densités ont été faites en pré contraste. Lorsque cela est possible, 3 images séparées d'au moins deux tranches ont été sélectionnées. Ces 3 images sont situées dans l'idéal en région crâniale, moyenne et caudale dans une partie où le plus grand volume d'épanchement est visualisé. Une région d'intérêt circulaire ou ovoïde est placée sur chacune des images ainsi sélectionnées de façon à inclure un maximum d'épanchement pleural. Les régions d'intérêt le permettant sont ensuite utilisées pour identifier trois autres zones d'intérêt situées respectivement en zone dépendante, moyenne et non dépendante. (Photo 12) La zone dépendante correspond à la partie de l'épanchement la plus dépendante de la gravité c'est-à-dire la plus proche de la table de scanner.

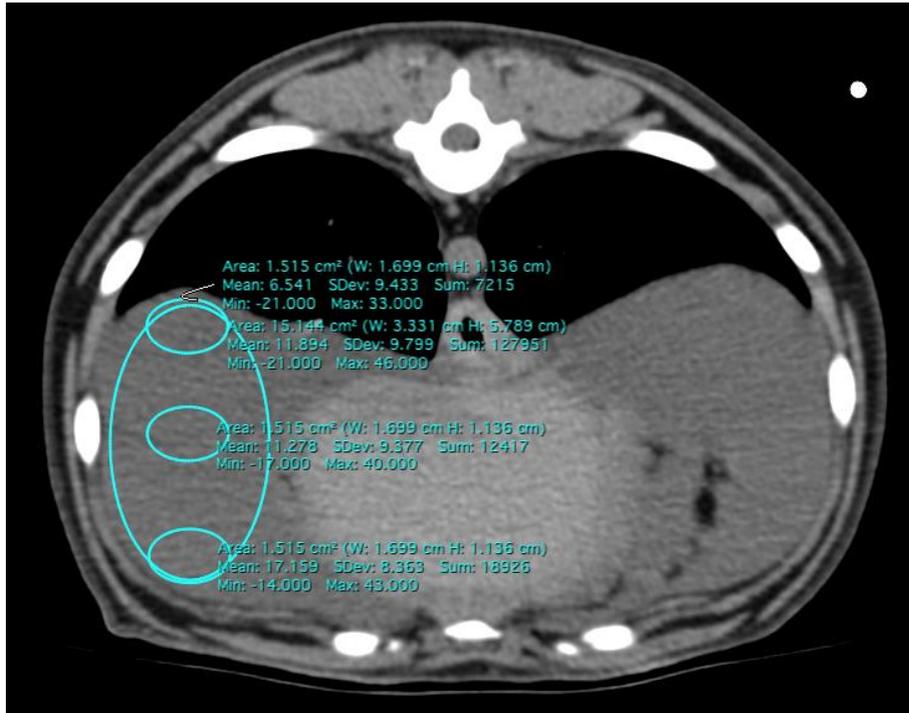


Photo 12 : Exemple de mesures sur la coupe transversale au niveau de T9 du cas 2 des chiens

Lorsque la quantité d'épanchement pleural est discrète et que la réalisation d'une région d'intérêt ovoïde n'est pas possible, les mesures sont réalisées uniquement avec un point. Dans ce cas de configuration, les différentes zones – dépendante, moyenne et non dépendante – ne sont pas étudiées. (Photo 13)



Photo 13 : Exemple de mesure sur la coupe transversale au niveau de T9 du cas 13 des chiens

La valeur de densité globale de l'épanchement retenue pour chaque cas correspond à la moyenne des trois régions d'intérêt ovoïde ou des points sélectionnés. Les valeurs de densité des zones dépendante, moyenne et non dépendante utilisées sont les moyennes de chaque zone pour chaque cas.

3.2.2.3. Signes tomодensitométriques étudiés

On considère comme épaissement pleural la présence d'une fine ligne blanche plus ou moins régulière séparée des côtes sous-jacentes, des muscles intercostaux ou des muscles sous costaux. (Griffin, Primack 2001)

Lorsqu'un épaissement de la plèvre est observé celui-ci est localisé (viscéral, pariétal (costal, diaphragmatique, médiastinal) ou circonférentiel) et mesuré lorsque cela est possible. (Photo 14)



Photo 14 : Exemple de mesure d'épaississement pleural (plèvre diaphragmatique) sur la coupe transversale au niveau de T11 du cas 3 des chiens

Une invasion de la paroi thoracique est caractérisée par un épaissement des muscles intercostaux, par une perte des couches de gras intermusculaires, par la présence de stries dans le gras intercostal et/ou sous-cutané, par l'observation d'une réaction périostée ou une lyse des côtes ou du sternum.

3.3. Evaluation cytologique

Pour les cas récoltés à la clinique Vet'Occitanie, les examens des épanchements pleuraux ou des cytoponctions de masse disponibles ont été effectués par des laboratoires extérieurs. Pour les cas où aucune cytologie n'est disponible, un examen qualitatif ou succin fait par les cliniciens est présent dans le compte rendu du logiciel Vet'up®. Pour tous les cas provenant du CHUV de l'ENVT, un examen cytologique de l'épanchement pleural a été effectué au laboratoire central par un étudiant en Diplôme d'Ecole en biologie médicale et validé par un résident ou un vétérinaire boardé en biologie médicale.

Ces éléments permettent de classer les épanchements en 5 types (transsudat, transsudat modifié, exsudat, hémothorax et chylothorax) selon les caractéristiques présentées ci-dessous. (Tableau 8) Les cas où une origine tumorale a été diagnostiquée sont classés comme exsudat.

	Aspect global	Protéines totales (g/L)	Cellularité (/μL)	Autres critères
Transsudat pur	Translucide	<25	≤1000-1500	
Transsudat modifié	Jaune à séro-hémorragique	≥25	1000 - 5000	
Exsudat	Trouble	≥30	>5000	
Hémothorax	Sanguinolent, fond hémorragique			GR>500 000/μL Macrophages phagocytaires Absence de plaquettes neuves Ht _{sang} = Ht _{épanchement}
Chylothorax	Opaque, laiteux, rosé			Vacuoles lipidiques Petits lymphocytes Macrophages spumeux [TG] _{épanchement} >[TG] _{sang} [Chol] _{épanchement} <[TG] _{épanchement} [TG] _{épanchement} >100mg/dL

Tableau 8 : Critères caractéristiques des différents types d'épanchements
Ht = hématocrite ; TG = triglycérides ; Chol = Cholestérol

3.4. Analyse statistique

Les statistiques descriptives et figures présentées par la suite ont été réalisées grâce au logiciel MICROSOFT EXCEL ®.

4. Résultats

4.1. Description de la population étudiée

Au total, 24 animaux ont été inclus dans notre étude dont 18 chiens (75%) et 6 chats (25%). 16 cas (66,7%) proviennent de la clinique Vet'Occitanie (11 chiens et 5 chats) et 8 cas (33,3%) du CHUV de l'ENVT (7 chiens et 1 chat). (Figure 27)

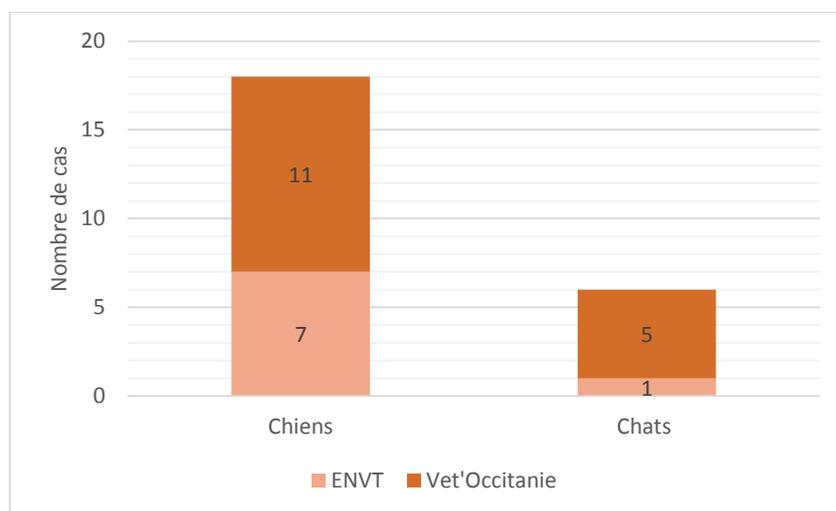


Figure 27 : Répartition des cas selon l'espèce et l'établissement

La population compte 10 femelles (41,7%) dont 8 chiens et 2 chats et 14 mâles (58,3%) dont 10 chiens et 4 chats. Parmi les 18 chiens inclus, 8 (44,4%) sont des femelles dont 5 (62,5%) stérilisées et 3 (37,5%) entières et 10 (55,6%) sont des mâles dont 3 (30%) stérilisés et 7 (70%) entiers. Parmi les 6 chats inclus, 2 (33,3%) sont des femelles et 4 (66,7%) sont des mâles. Tous les chats sont stérilisés (100%). (Figure 28)

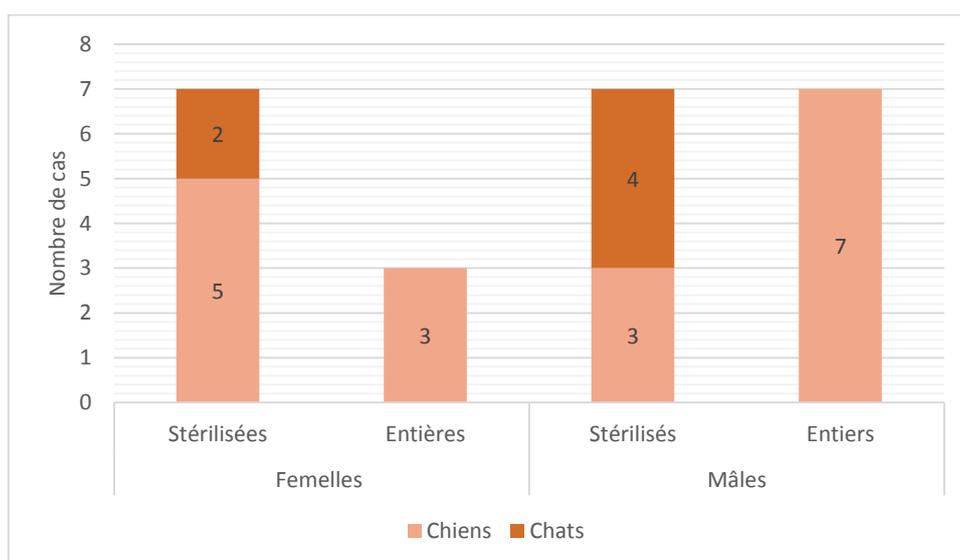


Figure 28 : Répartition des cas selon leur sexe et statut reproducteur

L'âge moyen est de 6 ans et 10 mois +/- 3 ans et 5 mois pour les chiens et 8 ans et 6 mois +/- 4 ans et 2 mois pour les chats, avec une fourchette entre 1 et 12 ans et 4 et 15 ans respectivement.

La classification des chiens selon leur âge a été faite en fonction de leur gabarit (petit, moyen ou grand chien). (Annexe 1) Les chiens adultes et les chiens de 3^{ème} et 4^{ème} âge sont majoritaires avec pour chaque classe 7 cas sur 18 (38,9%). Il y a ensuite autant de jeunes adultes que de seniors (2/18 ; 11,1%). Aucun cas de chiot (<1an) n'est répertorié. (Figure 29.A)

La population de chats présente un âge assez varié avec principalement des chats adultes âgés de 2 à 6 ans (3/6, 50%). Les catégories de chats matures (6 à 10 ans), seniors (11 à 14 ans) et gériatriques (>15 ans) sont chacune représentées par un unique cas (16,6%). Aucun chaton ou chat catégorisé en junior (< 2ans) n'est présent dans cette étude. (Figure 29.B)

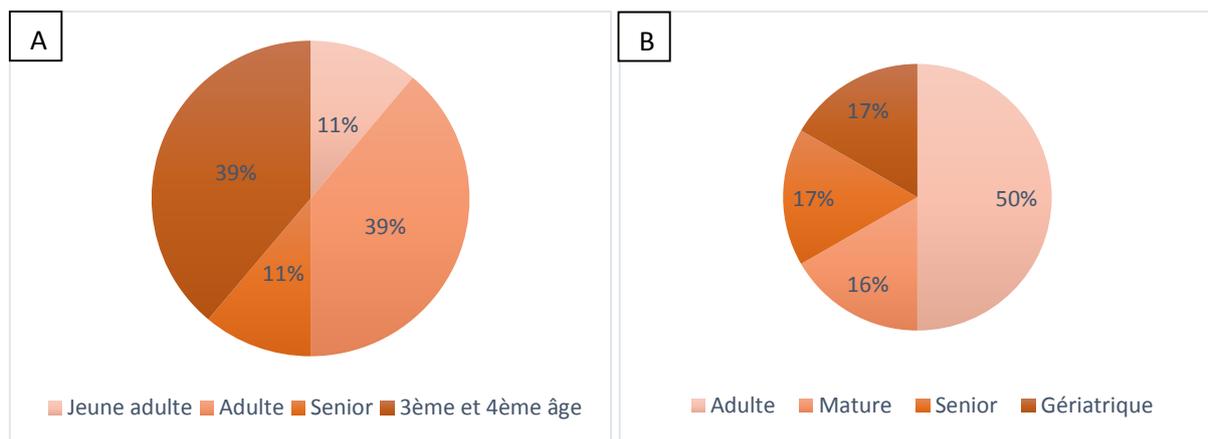


Figure 29 : Répartition des cas de chiens (A) et de chats (B) selon leur catégorie d'âge

Les races de chien sont diverses avec 3 (16,75%) bouledogues français, 2 (11,1%) bergers de Beauce et 2 (11,1%) setters anglais puis un cas (5,55%) pour chaque race suivante : shih-tsu, bichon, pointer anglais, barzoï, fox terrier, matin espagnol, carlin, épagneul breton, coton de Tuléar, labrador retriever et un croisé border collie-berger australien. Pour les chats, il y a 5 chats de type européen (83,3%) et 1 persan (16,7%).

Le poids moyen est de 21,17 kg +/- 13,1 kg pour les chiens et 4,77 kg +/- 1,53 kg pour les chats avec une échelle variant de 4,2 à 45 kg et de 2,8 à 6,5 kg respectivement.

La catégorie de race la plus représentée chez les chiens est celle des races moyennes (10 à 25 kg) avec 7 cas (38,9%) puis les chiens de petit format (inférieur à 10 kg) avec 5 cas (27,7%) et enfin les chiens de grande race (26 à 39 kg) et de race géante (>40 kg) avec respectivement 3 cas (16,7%). (Figure 30)

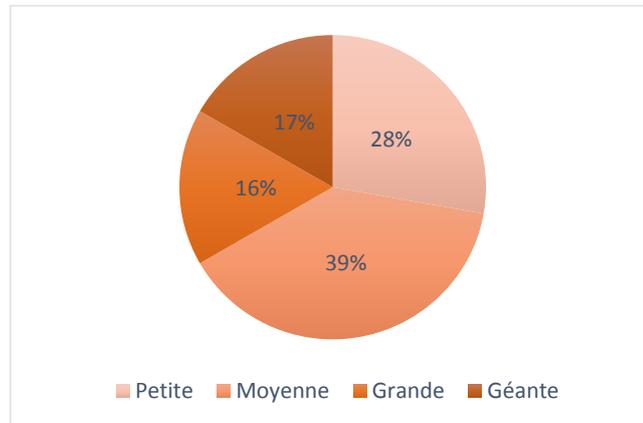


Figure 30 : Répartition des cas de chiens en fonction de leur format de poids

4.2. Types d'épanchements pleuraux

Concernant les épanchements pleuraux, 12 sont des exsudats (50%) dont 5 pyothorax (20,8%) et 7 exsudats tumoraux (29,2%), 6 sont des chylothorax (25%), 3 sont des transsudats modifiés (12,5%) et 2 sont des hémothorax (8,3%). Un seul épanchement a été classé en transsudat pur (4,2%). Le type d'épanchement le plus représenté chez les chiens est l'exsudat avec 55,5% des cas (10/18), puis les chylothorax avec 3 cas sur 18 (16,7%), suivis des hémothorax et des transsudats modifiés avec 2 cas sur 18 (11,1%) et enfin un unique cas de transsudat pur (5,6%). Chez les chats, 50% des épanchements sont des chylothorax (3 cas) puis 2 cas sont des exsudats (33,3%) et enfin un cas est un transsudat modifié (16,7%). (Figure 31)

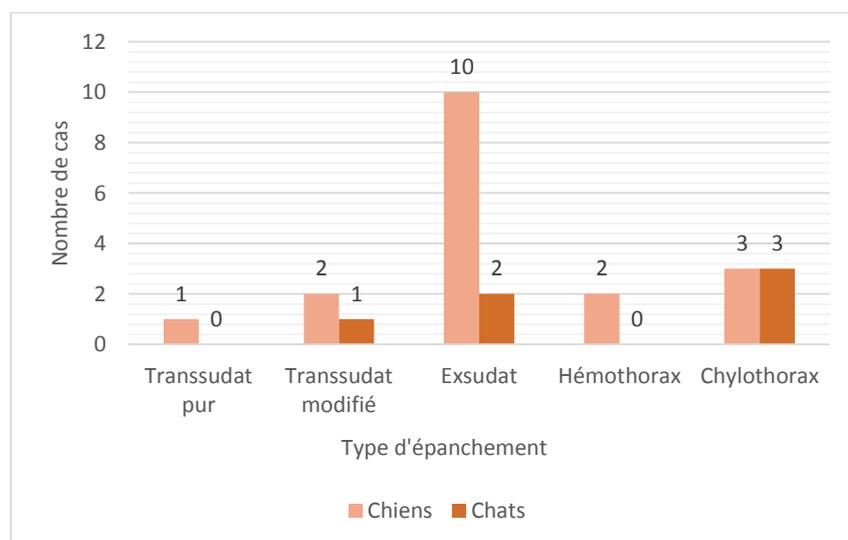


Figure 31 : Nombre des différents types d'épanchements chez les chiens et chats de l'étude

4.3. Laps de temps entre l'acquisition tomodensitométrique et la cytoponction

Le temps moyen entre l'examen tomodensitométrique et la cytoponction de l'épanchement ou de la masse est de 1,21 jours, avec un minimum de 0 jour et un maximum de 8 jours. Un seul cas de chien présente un délai supérieur à 7 jours. (Figure 32)

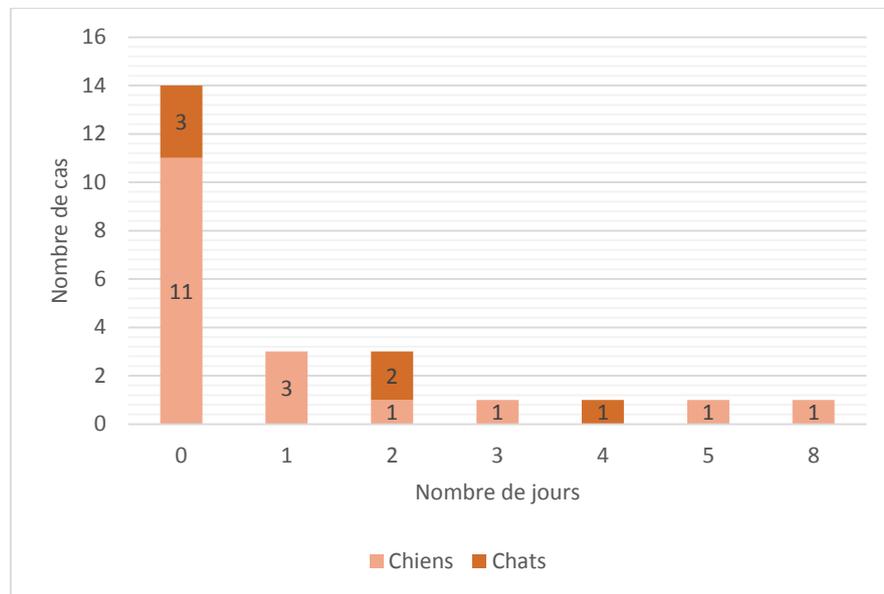


Figure 32 : Nombre de jours entre l'acquisition tomodensitométriques et la cytoponction

100% des cas issus du CHUV de l'ENVT ont une cytologie disponible. 6 cytologies d'épanchements (37,5%) et 5 cytologies de masse (31,25%) ont été récupérées à la clinique Vet'Occitanie. Pour les 5 cas restants (31,25%), le type d'épanchement a été déterminé grâce aux compte rendus disponibles dans le logiciel Vet'up®.

L'ensemble des données est répertorié dans les annexes 2, 3, 4 et 5.

4.4. Quantification de l'épanchement pleural

La quantification de l'épanchement pleural a été la première étape d'analyse des images tomodensitométriques. Dans 11 cas (45,9%), la quantité d'épanchement est modérée et dans 5 cas (20,8%) elle est discrète. Elle est considérée comme marquée et sévère dans 4 cas (16,65%). (Figure 33)

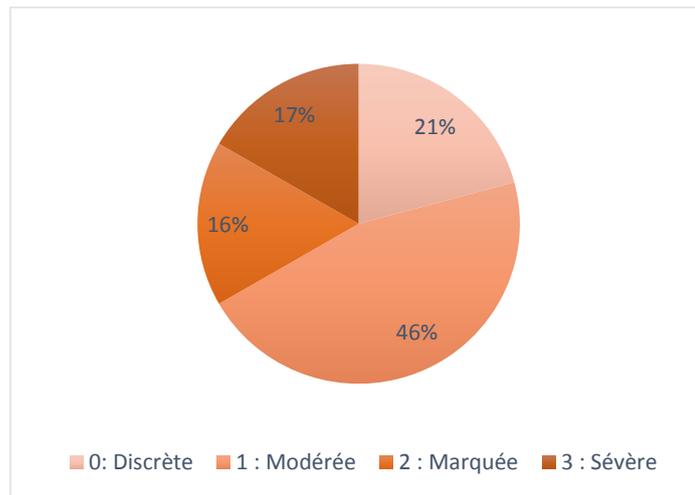


Figure 33 : Répartition des cas selon la quantité d'épanchement

Chez les chiens, la quantité d'épanchement pleural est le plus souvent modérée (9/18, 50%). Elle est discrète dans 4 cas (22,2%), sévère dans 3 cas (16,7%) et marquée dans 2 cas (11,1%). Chez le chat, la quantité d'épanchement est marquée ou modérée dans 2 cas (33,3%) et discrète ou sévère dans un seul cas (16,7%). (Figure 34)

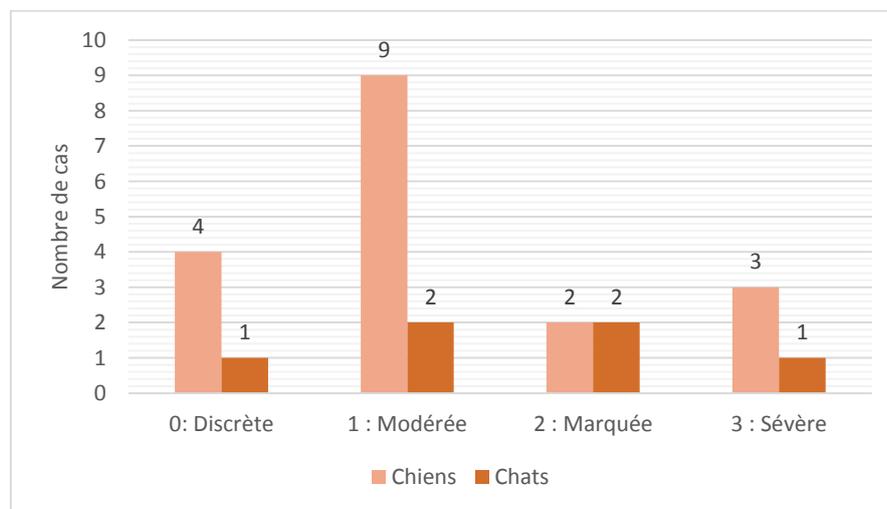


Figure 34 : Nombre de cas répartis selon la quantité d'épanchement présente chez les chiens et chats de l'étude

Dans 19 cas (79,2%) (14 chiens et 5 chats, tous les cas sauf ceux avec une quantité d'épanchement discrète), la quantité d'épanchement est suffisante pour permettre de distinguer les régions dépendante et non dépendante.

Des exemples de classification de la quantité d'épanchement pleurale sont visibles ci-après. (Photos 15 à 18)



Photo 15 : Coupe transversale au niveau de T9 du cas 15 des chiens
L'épanchement pleural (*) est quantifié comme discret (note 0).

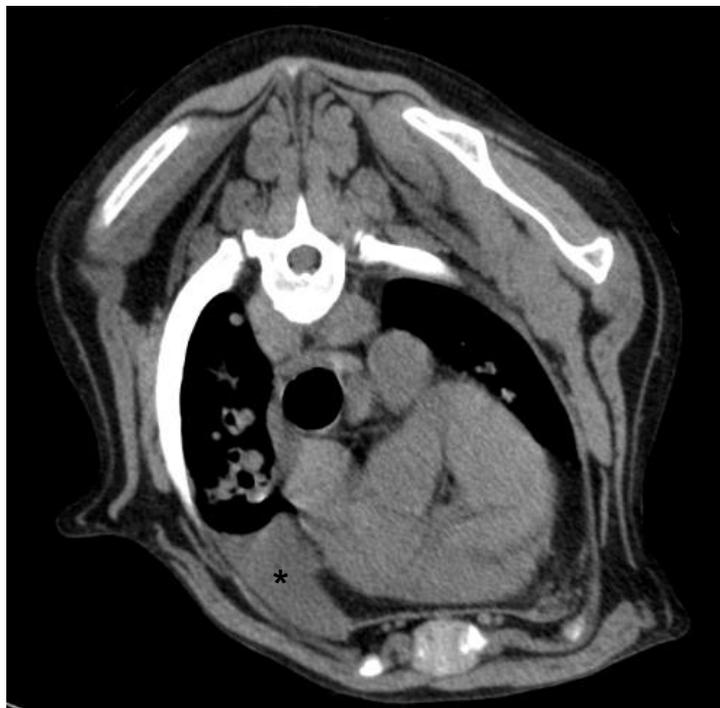


Photo 16 : Coupe transversale au niveau de T4 du cas 11 des chiens
L'épanchement pleural (*) est considéré comme modéré (note 1).

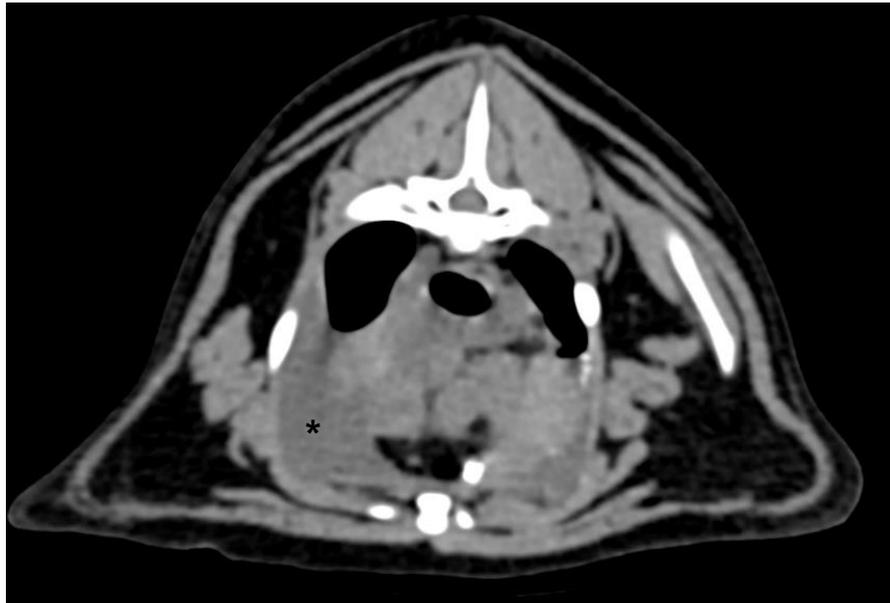


Photo 17 : Coupe transversale au niveau de T6 du cas 2 des chats
L'épanchement pleural (*) est noté comme marqué (note 2).

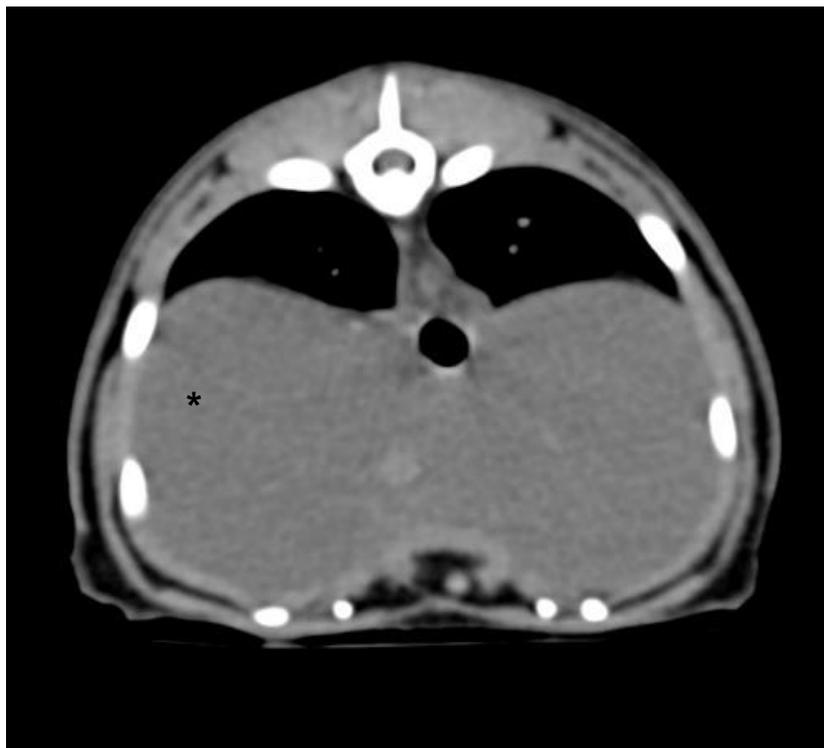


Photo 18 : Coupe transversale au niveau de T9 du cas 4 des chats
L'épanchement pleural (*) est quantifié comme étant sévère (note 3).

Aucune particularité quant à la localisation de l'épanchement n'a été relevée.

Les données analysées sont répertoriées dans les annexes 6 et 7.

4.5. Densités et types d'épanchements

Les chylothorax de cette étude présentent une valeur de densité moyenne de 12,93 HU +/- 2,58 HU [8,32 – 17,81 HU] pour les chiens (3 cas) et de 15,91 HU +/- 1,21 HU [14,61 – 17 HU] pour les chats (3 cas).

La valeur moyenne de densité des exsudats (pyothorax et épanchements tumoraux) est de 24,61 HU +/- 5,64 HU [15,33 - 34,75 HU] pour les 10 chiens concernés et de 42,57 HU +/- 1,07 HU [41,81 - 43,33 HU] pour les 2 chats de l'étude.

Les cas d'hémithorax (2 chiens) présentent une densité de 28,47 HU +/- 4,61 HU [25,20 - 31,73 HU].

Les transsudats modifiés, présents chez deux chiens et un chat, ont une valeur moyenne de densité respective de 16,60 HU +/- 1,84 HU [15,30 – 17,90 HU] et de 19,60 HU.

Enfin, un seul transsudat pur a été répertorié dans cette étude rétrospective. Il s'agit d'un chien matin espagnol femelle stérilisée de 1 an (cas 12). La valeur moyenne de densité de l'épanchement est de 14,95 HU.

Pour les chiens, il semble bien y avoir une différence significative entre les densités des chylothorax-transsudat pur et celles des exsudats-hémithorax. Globalement, les exsudats et hémithorax présentent une densité élevée, avec une moyenne respective de 24,61 HU et 28,47 HU contrairement aux chylothorax et au cas de transsudat pur avec une moyenne respective de 12,93 HU et de 14,95 HU. Les transsudats modifiés semblent avoir une densité intermédiaire avec une moyenne de 16,6 HU. (Figures 35 et 36)

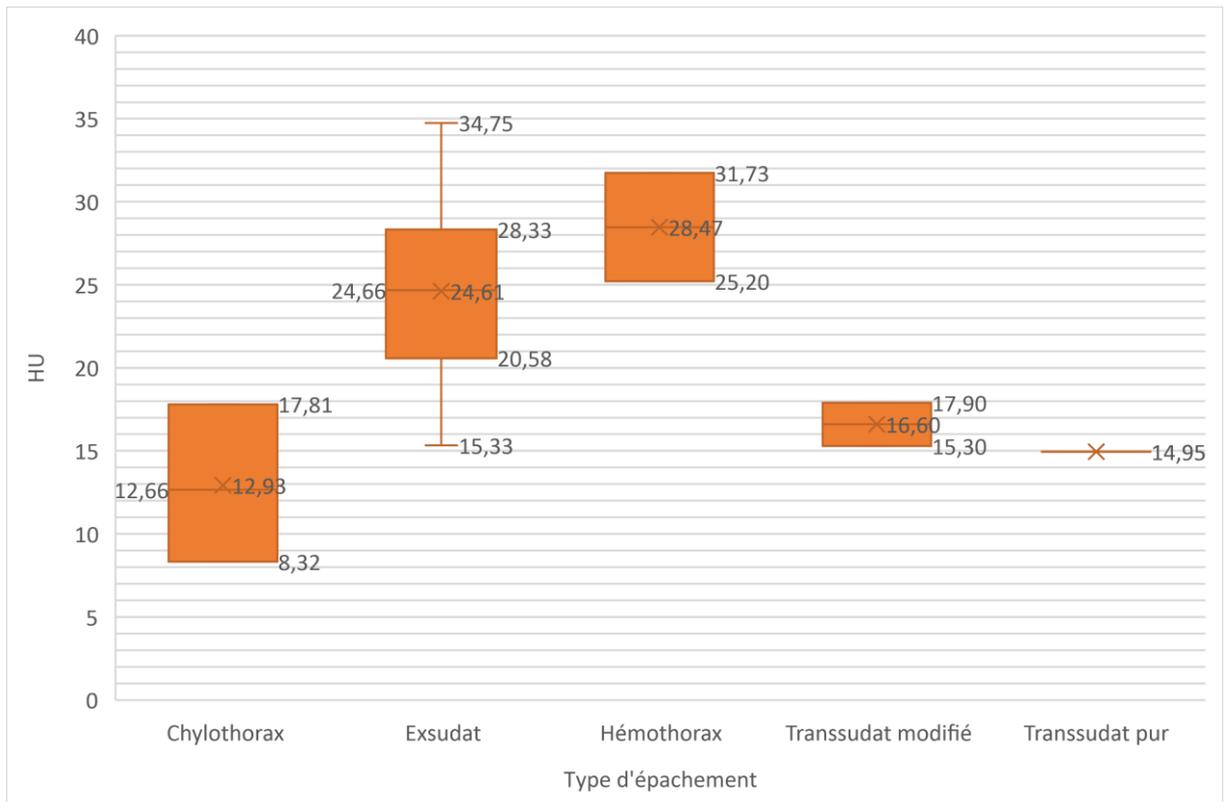


Figure 35 : Densités en unités Hounsfield des différents types d'épanchements chez les cas de chiens (Valeurs moyenne, médiane, extrêmes et 1^{er} et 3^{ème} quartiles)

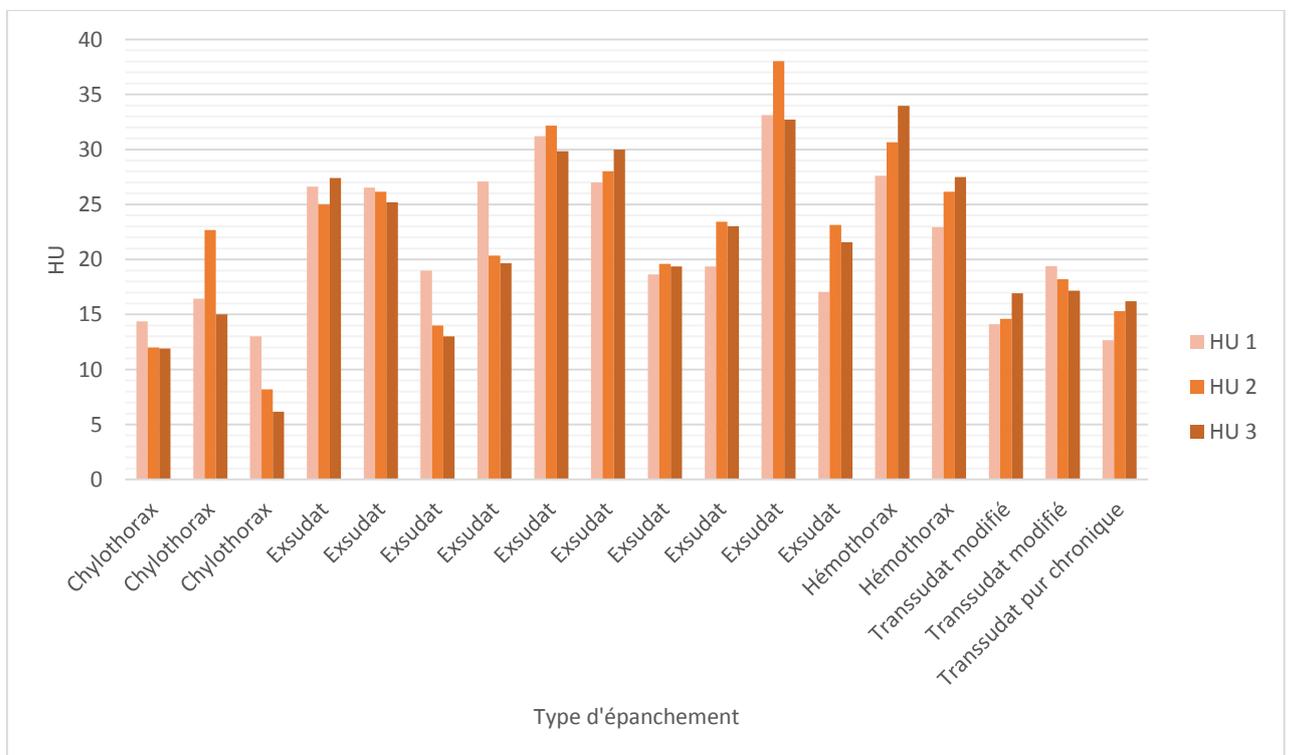


Figure 36 : Ensemble des 3 valeurs de densité en unités Hounsfield mesurées pour chaque cas de chiens

Pour les chats, les résultats des quelques cas affichent la même tendance. Les chylothorax ont des valeurs discrètement supérieures mais qui restent inférieures à celles des exsudats avec des valeurs moyennes de densité de 15,91 HU et de 42,57 HU respectivement. Le cas de transsudat modifié présente également une densité intermédiaire de 19,60 HU. (Figures 37 et 38)

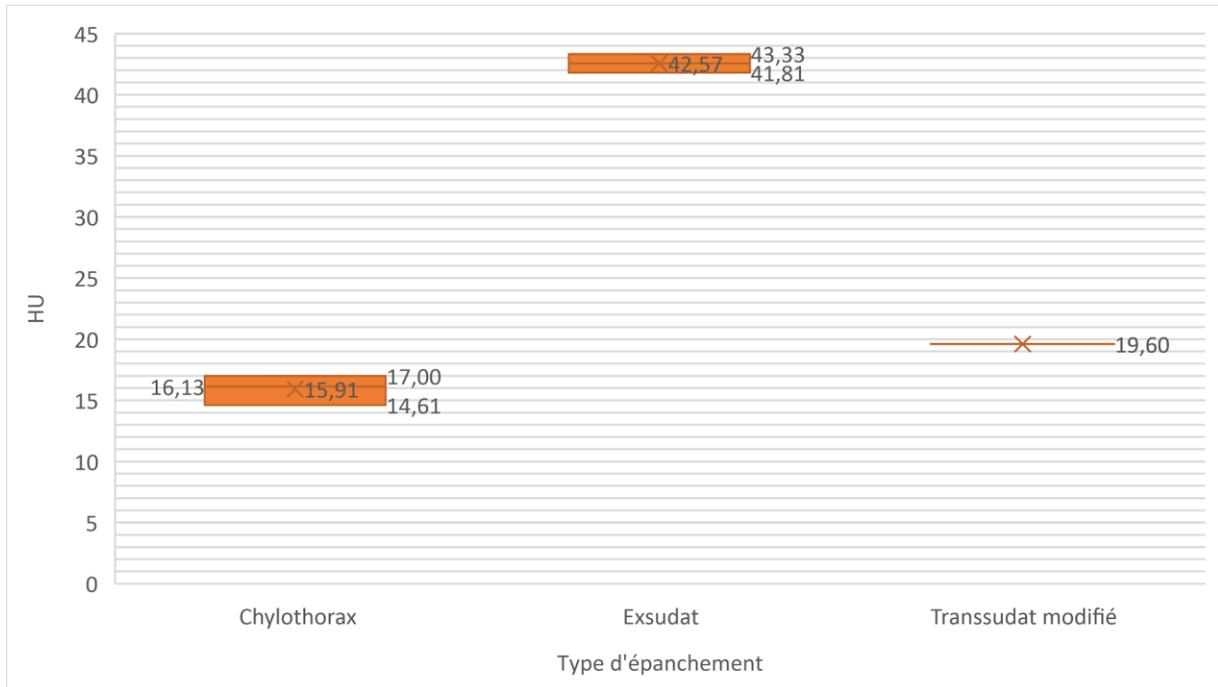


Figure 37 : Densités en unités Hounsfield des différents types d'épanchements chez les cas de chats (Valeurs moyenne, médiane, extrêmes et 1^{er} et 3^{ème} quartiles)

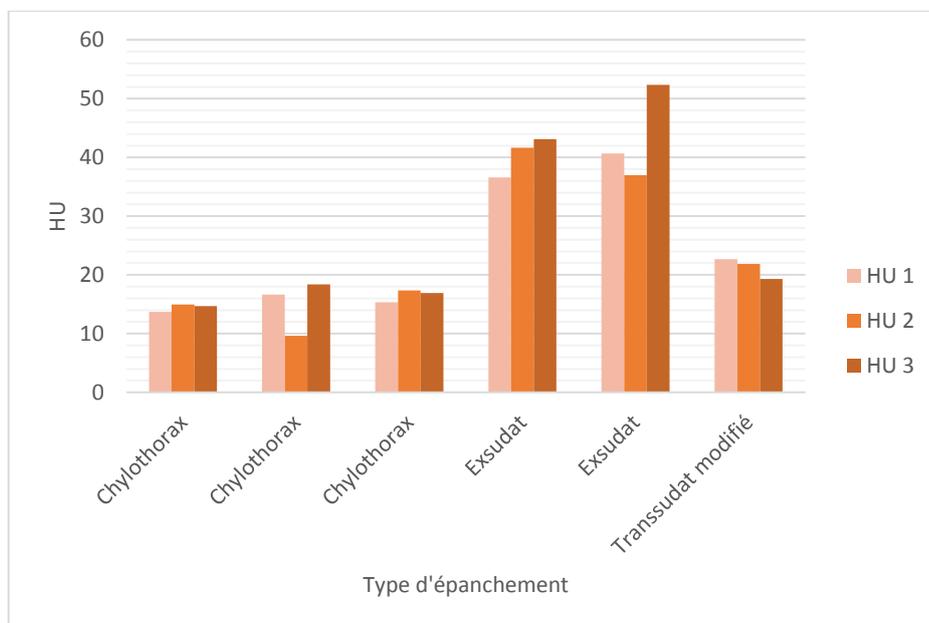


Figure 38 : Ensemble des 3 valeurs de densité en unités Hounsfield mesurées pour chaque cas de chats

Les annexes 6 et 7 présentent les différentes valeurs obtenues.

4.6. Densités et zone dépendante

Comme dit précédemment, une étude de la sédimentation supposée a pu être effectuée dans 19 cas sur les 24 récoltés (79,2%). Ces 19 cas, comprennent 14 chiens (73,7%) et 5 chats (26,3%).

De façon globale, aucune différence de densité n'est observée entre les différentes zones chez le chien. Chez le chat, la densité des épanchements semble supérieure en zone dépendante. (Figure 39)

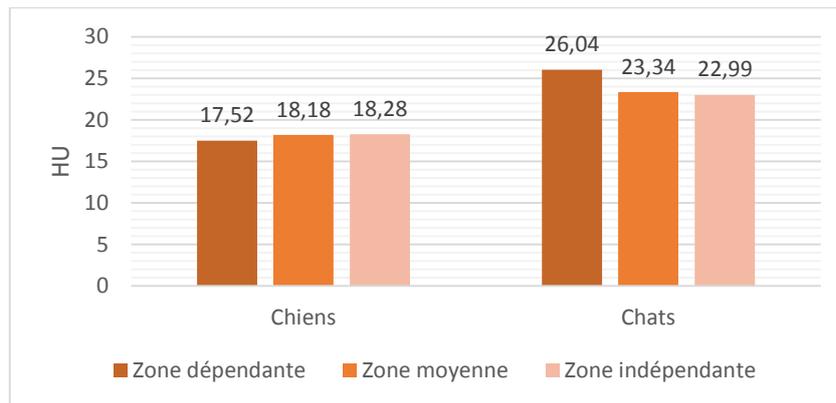


Figure 39 : Valeurs moyennes globales de densité entre les zones dépendante et non dépendante chez le chien et le chat

Pour les chiens, la différence entre zone dépendante et non dépendante a pu être étudiée pour 2 cas (14,3 %) de chylothorax sur 3, 7 cas (50 %) d'exsudat sur 10, les 2 cas (14,3%) d'hémothorax, les 2 cas (14,3 %) de transsudat modifié et sur l'unique cas (7,1%) de transsudat pur présent dans cette étude. (Figure 40)

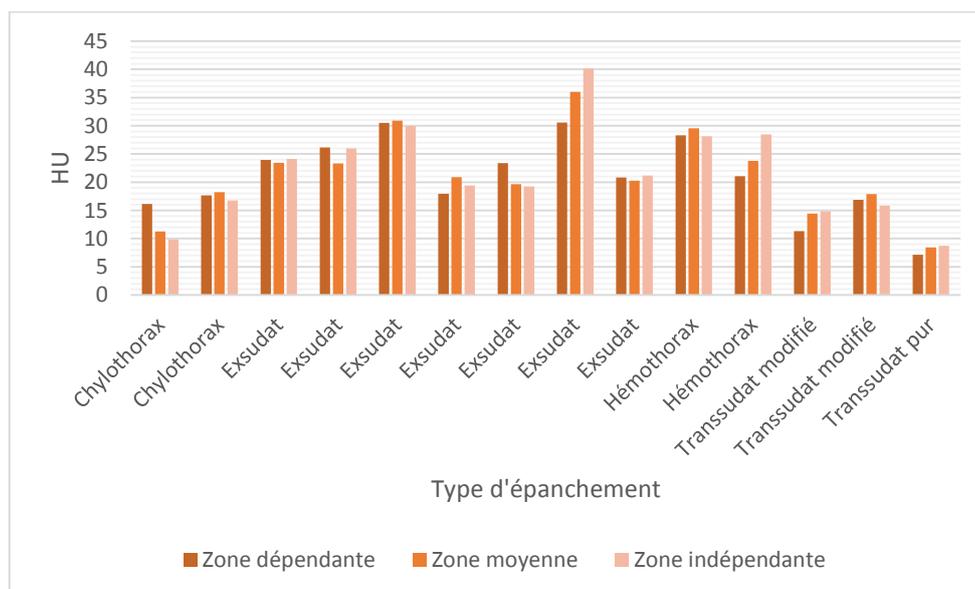


Figure 40 : Ensemble des moyennes des valeurs de densité en unités Hounsfield mesurées en zones dépendante, moyenne et non dépendante chez les chiens

Il semble que les densités soient supérieures en zone dépendante par rapport à la zone non dépendante dans le cas des chylothorax. Pour les exsudats, il ne semble pas y avoir de différences. Pour les hémothorax, les transsudats modifiés et le cas de transsudat pur, les valeurs de densité semblent être plus élevées en zone non dépendante qu'en zone dépendante. (Figure 41)

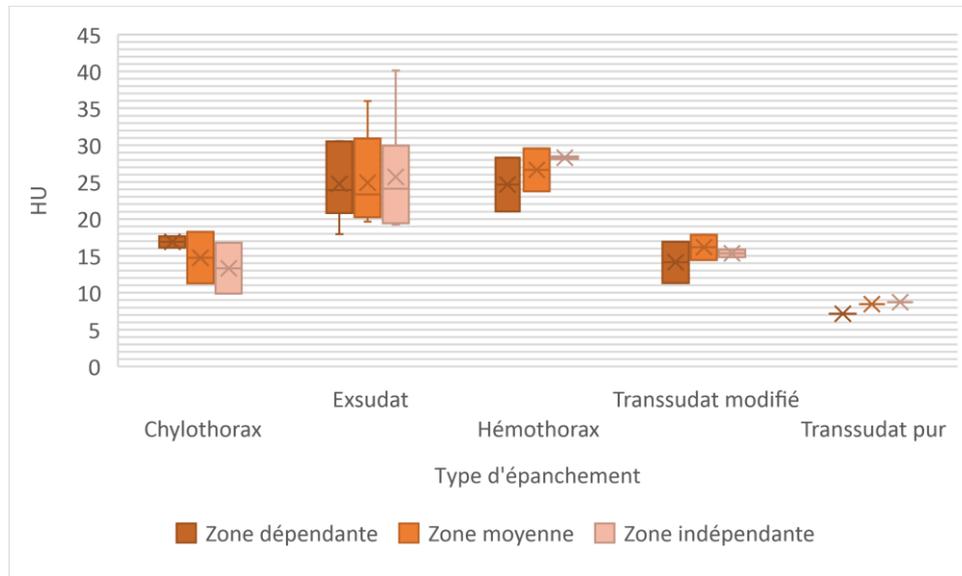


Figure 41 : Densités moyenne, extrêmes et 1^{er} et 3^{ème} quartiles en unités Hounsfield selon les zones dépendante, moyenne et non dépendante et selon les types d'épanchements chez le chien

Pour les chats, l'étude de la différence entre zones dépendante et non dépendante a pu être effectuée sur les 3 cas de chylothorax (60%), sur 1 des deux cas d'exsudat (20%) et sur l'unique cas de transsudat modifié (20%). (Figure 42)

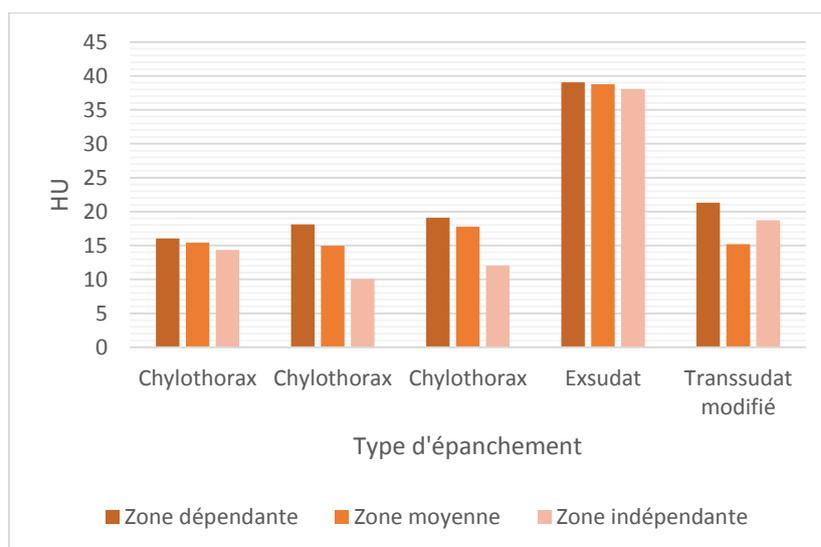


Figure 42 : Ensemble des moyennes des valeurs de densité en unités Hounsfield mesurées en zones dépendante, moyenne et non dépendante chez les chiens

Les densités sont globalement plus élevées en zone dépendante comparé à la zone non dépendante pour tous les types d'épanchements. (Figure 43)

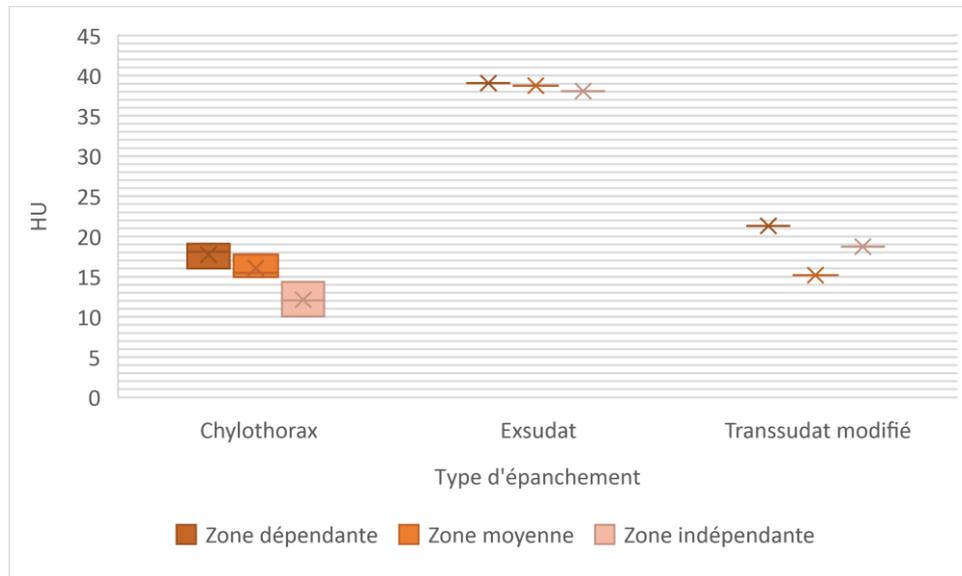


Figure 43 : Densités moyenne, extrêmes et 1^{er} et 3^{ème} quartiles en unités Hounsfield selon les zones dépendante, moyenne et non dépendante et selon les types d'épanchements chez le chien

Les valeurs des zones dépendante, moyenne et non dépendante sont exposées dans les annexes 8 et 9.

4.7. Étude de critères tomodensitométriques

L'étude des critères de tomodensitométrie a été effectuée sur les cas d'épanchements d'origine inflammatoire (chylothorax et pyothorax) et d'origine tumorale. Les résultats sont résumés dans les annexes 10 et 11.

Sur les 18 cas de chiens de cette étude, 7 (38,9%) présentent un épanchement d'origine inflammatoire dont 3 chylothorax (16,7%) et 4 pyothorax (22,2%) et 6 (33,3%) un épanchement d'origine tumorale.

Parmi ces cas, 3 cas d'épanchements de type inflammatoire sur 7 (42,9%) et 4 cas d'épanchements de type tumoral sur 6 (66,7%) sont associés à un épaissement de plèvre. (Figure 44)

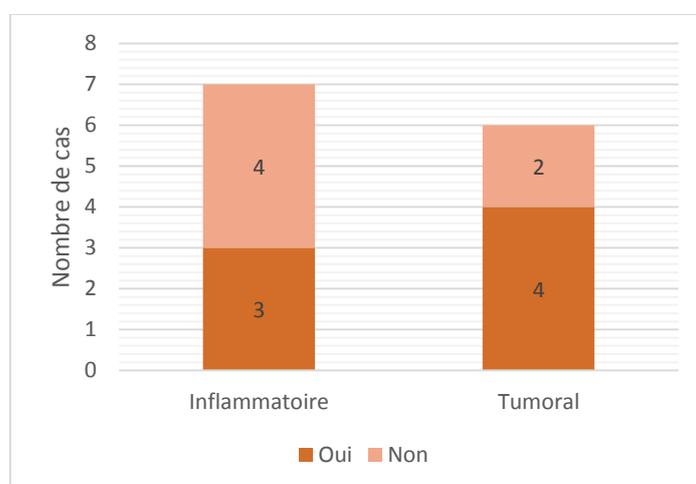


Figure 44 : Présence d'épaississement pleural parmi les cas d'épanchements inflammatoires et tumoraux chez le chien

Pour les cas de type inflammatoire, l'épaississement pleural se trouve au niveau costal pour 2 cas (66,7%) et au niveau médiastinal pour 1 cas (33,3%). On note également un épaissement de la plèvre viscérale ou de la plèvre diaphragmatique pour les cas où la plèvre costale est épaissie (33,3%). Pour les cas de type tumoral, l'épaississement pleural se situe au niveau de la plèvre costale pour tous les cas (100%). (Figure 45)

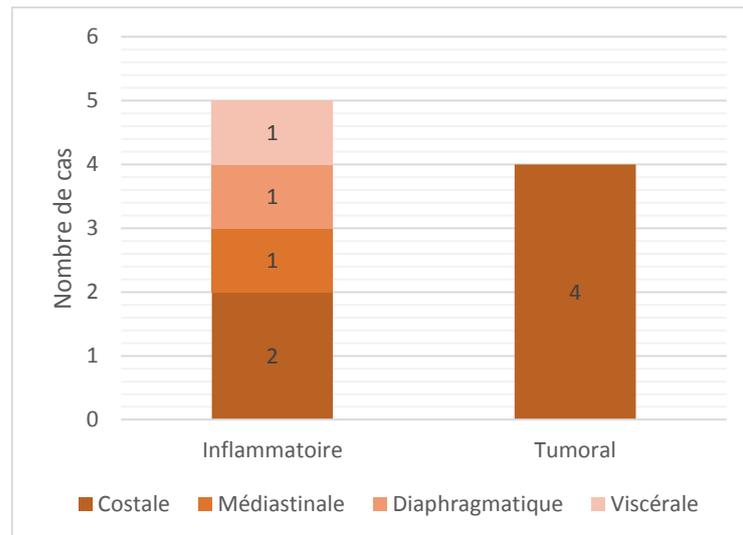


Figure 45 : Localisation de l'épaississement pleural parmi les cas d'épanchements inflammatoires et tumoraux chez le chien

En moyenne, l'épaississement pleural est de 3,06 mm [2,16 – 4,01] pour les épanchements inflammatoires et de 3,13 mm [1,56 – 6,12] pour les épanchements tumoraux. Il n'y a pas de différence significative entre les deux types. (Figure 46)

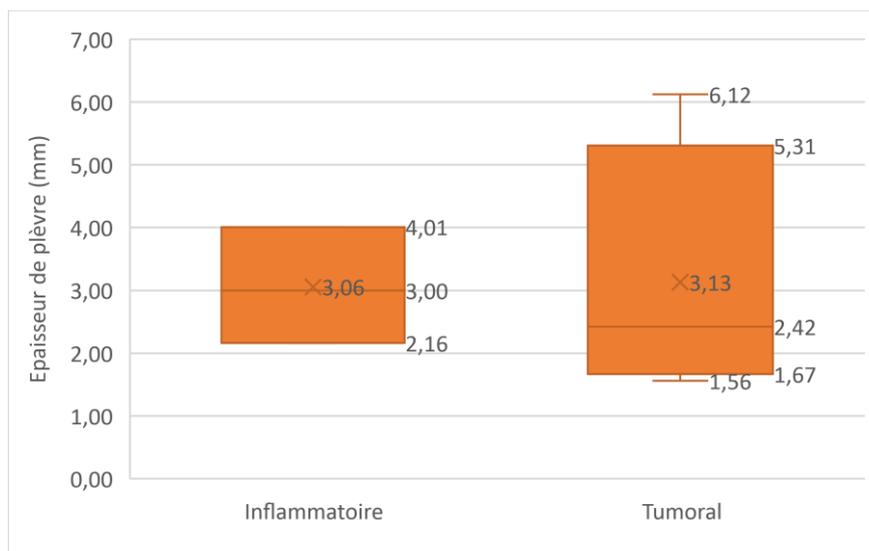


Figure 46 : Mesure de l'épaisseur maximale de la plèvre épaissie parmi les cas d'épanchements inflammatoires et tumoraux chez le chien

Enfin, on observe une invasion de la paroi thoracique pour 1 cas d'épanchement inflammatoire (14,3%) et pour 1 cas d'épanchement tumoral (16,7%). (Figure 47)

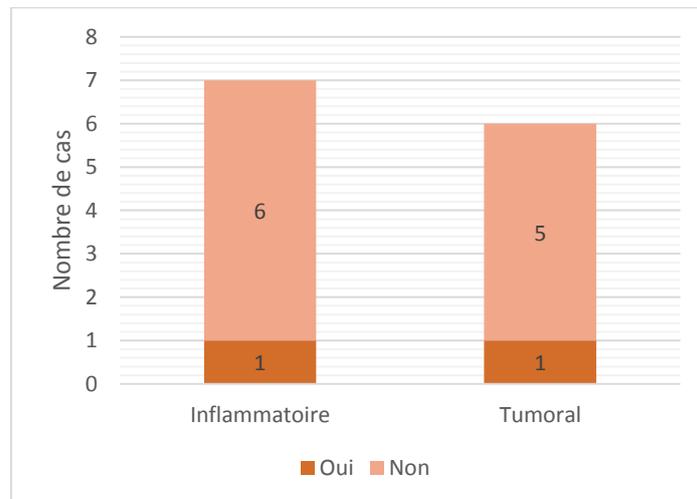


Figure 47 : Invasion de la paroi thoracique parmi les cas d'épanchements inflammatoires et tumoraux chez le chien

Dans les deux cas, il s'agit d'une atteinte de côte avec respectivement une réaction périostée au niveau de la tête de la 12^{ème} côte gauche et une lyse des 2^{ème} et 3^{ème} côtes gauches. (Photos 19 et 20)



Photo 19 : Coupe transversale au niveau de T12 du cas 9 des chiens

On observe une réaction périostée au niveau de la tête de la 12^{ème} côte gauche.

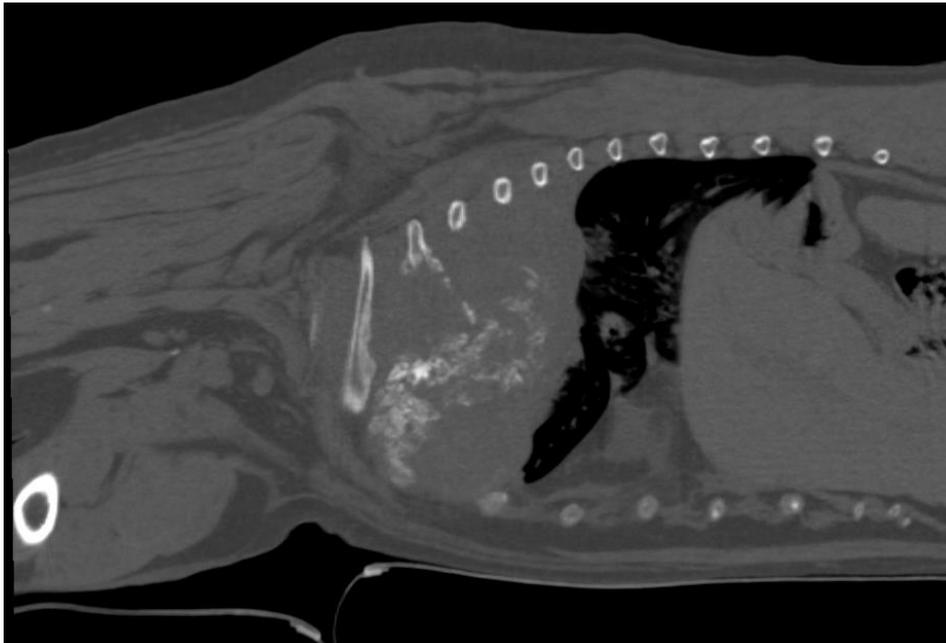


Photo 20 : Coupe longitudinale thoracique du cas 15 des chiens

On observe une lyse des 2^{ème} et 3^{ème} côtes gauches.

Sur les 6 cas de chats de cette étude, 4 (66,7%) présentent un épanchement d'origine inflammatoire dont 3 chylothorax (50%) et 1 pyothorax (16,7%) et 1 (16,7%) un épanchement d'origine tumorale.

Tous les cas (100%) présentent un épaissement de plèvre notable. (Figure 48)

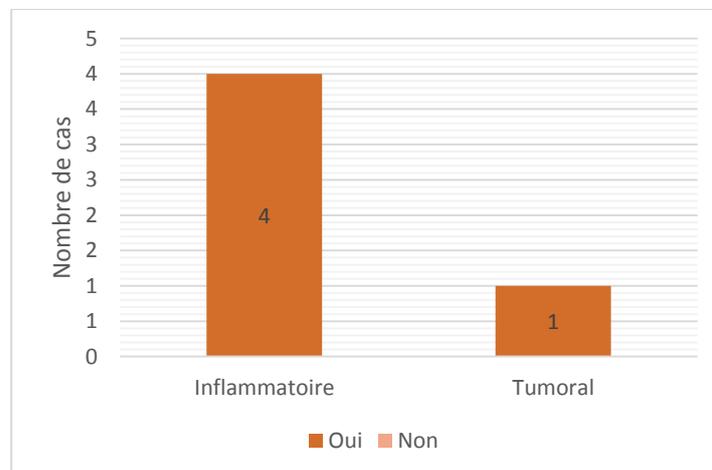


Figure 48 : Présence d'épaississement pleural parmi les cas d'épanchements inflammatoires et tumoraux chez le chat

Pour les cas de type inflammatoire, l'épaississement pleural se trouve au niveau costal pour 3 cas (75%) et au niveau diaphragmatique pour 1 cas (25%). Pour l'unique cas de type tumoral, l'épaississement pleural se situe au niveau de la plèvre médiastinale. (Figure 49)

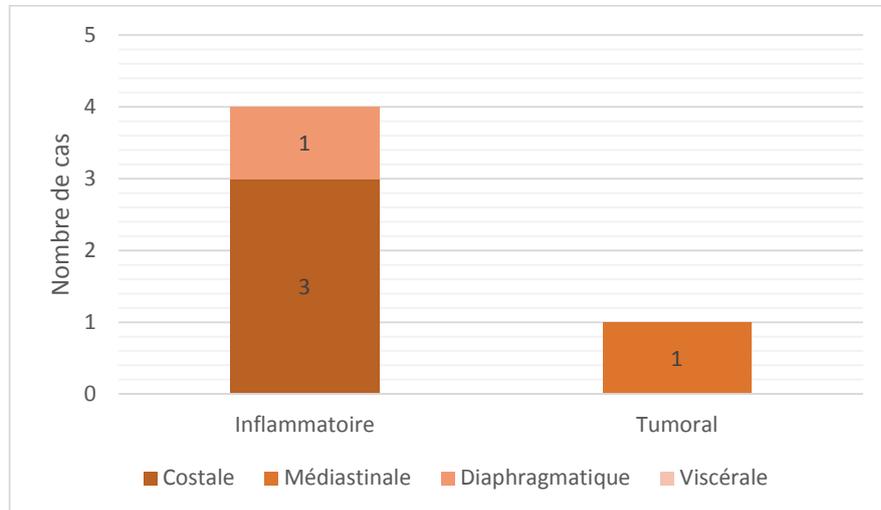


Figure 49 : Localisation de l'épaississement pleural parmi les cas d'épanchements inflammatoires et tumoraux chez le chat

En moyenne, l'épaississement pleural est de 2,41 mm [1,73 – 2,86] pour les épanchements inflammatoires et de 1,92 mm pour le cas d'épanchement tumoral. (Figure 50)

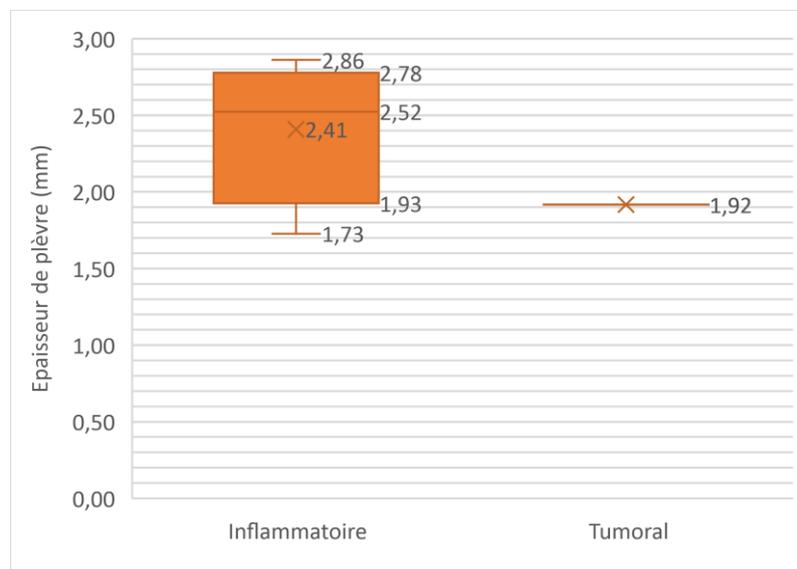


Figure 50 : Mesure de l'épaisseur maximale de la plèvre épaissie parmi les cas d'épanchements inflammatoires et tumoraux chez le chat

Enfin, aucun cas d'invasion de la paroi thoracique n'a été observé chez le chat.

5. Discussion

Dans cette étude rétrospective, 24 cas d'épanchements pleuraux chez des chiens et chats ayant passés un scanner ont été recensés à la clinique Vétérinaire Occitanie et au Centre Hospitalier Universitaire Vétérinaire de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse respectivement entre mars 2019 et août 2020, et mars 2016 et novembre 2020.

5.1. Population étudiée

5.1.1. Espèce

Au sein de notre population d'étude, les chiens sont 3 fois plus nombreux que les chats. Ceci peut être lié au fait qu'il est plus difficile de déceler précocement les signes cliniques chez le chat du fait qu'ils soient des animaux avec plus de liberté et moins médicalisés que les chiens. En effet, dans l'enquête menée en 2020 par Ipsos pour Royal Canin, 81% des chiens sont vaccinés et 56% ont un bilan de santé annuel contre 57% et 37% des chats. (SantéVet 2020) 75% des propriétaires de chiens vont entre 1 à 2 fois par an chez le vétérinaire pour des checkups contre seulement 50% des propriétaires de chats. (Ipsos 2020) De plus, ces derniers (15%) sont plus enclins à choisir l'euthanasie face à des frais vétérinaires élevés contre 5% des propriétaires de chiens. (SantéVet 2020)

5.1.2. Statut reproducteur

Dans notre étude, seulement 44,4% des chiens sont stérilisés (5 femelles sur 8 (62,5%) et 3 mâles sur 10 (30%)) alors que tous les chats le sont (100%). Ces résultats sont cohérents avec l'enquête effectuée en 2020 par Ipsos. Dans cette enquête menée en France, 54% de chiens et 88% des chats sont stérilisés. (Ipsos 2020) Dans une autre enquête réalisée en 2018 par la Facco (Fédération des Fabricants d'Aliments pour Chiens Chats Oiseaux), 48,3% des chiens femelles sont stérilisées et 25,2% des mâles sont castrés alors que chez le chat, 74,5% des femelles et 80,6% des mâles sont stérilisés. (SantéVet 2018) Ainsi, malgré le faible nombre d'individus inclus, la population d'étude semble être plutôt représentative de la population globale au niveau du statut reproducteur.

5.1.3. Âge et races

Les causes d'épanchements pleuraux sont diverses comme présenté dans la partie bibliographique. Il ne semble alors pas possible d'établir des critères épidémiologiques. Ceci explique la variété de race et d'âge des patients. En effet, chez les chiens et les chats de cette étude, l'âge est très variable, respectivement de 1 à 12 ans et de 4 à 15 ans. Tout de même aucun chiot ou chaton n'a été inclus. A noter que la classification des chiens selon leur âge a été faite en fonction de leur gabarit (petit, moyen ou grand chien). (Annexes 1 et 2)

Les épanchements d'origine tumorale sont présents chez 2 chiens adultes, 2 de 3^{ème} âge et 2 de catégorie « sénior » ainsi que chez un chat de catégorie gériatrique. Dans l'étude de Janus et al., les tumeurs cardiaques primitives des chiens étaient diagnostiquées dans 76,4% des cas chez des chiens âgés de 7 à 15 ans. (Janus et al. 2016) Les épanchements d'origine tumorale semblent plutôt se trouver chez des animaux adultes et plus âgés.

5.2. Types d'épanchements pleuraux

Les types d'épanchements pleuraux ont été choisis en fonction de l'étude de Woods et al. afin de pouvoir comparer au mieux les résultats. Les exsudats regroupent donc les pyothorax et les épanchements d'origine tumorale. Ainsi, cette catégorie est majoritairement représentée (50%) tout comme dans leur étude. En distinguant les pyothorax (5 cas) et les exsudats d'origine tumorale (7 cas), les différents types d'épanchements auraient été répartis de façon plus homogène. Les cas de chylothorax sont ensuite les seconds types d'épanchements les plus fréquents puis les cas de transsudats modifiés et d'hémithorax, qui sont plus rares. La répartition des différents types d'épanchements est semblable à celle de l'étude de Woods et al. appuyant la représentativité de notre étude.

Pour finir, un seul cas de transsudat pur a été inclus ce qui est cohérent avec le fait qu'ils soient très rares. En effet, ils deviennent très rapidement des transsudats modifiés de par l'inflammation qu'ils engendrent lorsqu'ils sont chroniques. De plus, le scanner est moins indiqué dans ce cas. De fait, ils sont dus à une baisse de pression oncotique, une hausse de pression hydrostatique ou une origine tumorale. Ces causes peuvent être investiguées à l'aide de techniques moins onéreuses telles qu'une simple prise de sang, une radiographie ou une échographie. (Woods et al. 2018)

Du fait du laps de temps supérieur à 1 jour, certains transsudats modifiés peuvent en réalité être des transsudats purs à la base. Sur les 3 cas de transsudats modifiés de cette étude, deux ont un laps de temps entre la cytoponction et le scanner parmi les plus élevés avec une durée de 4 et 5 jours. Toutefois, les cytoponctions d'épanchements ou de masse sont en moyenne effectuées dans un délai de 1 jour avant ou après le scanner. Dans leur étude, Woods et al. considèrent qu'un laps de temps inférieur à 7 jours n'a que très peu interféré dans les résultats. Ainsi, nous pouvons estimer que le laps de temps entre ces examens n'a pas eu ou a eu peu d'influence sur les résultats de notre étude.

5.3. Quantification de l'épanchement pleural

Dans 16 cas sur 24 (66,7%), la quantité d'épanchement pleural est discrète (5/24) à modérée (11/24). La mesure de densité pour ces cas a pu être biaisée par la grande proximité de structures adjacentes notamment pour les cas avec une quantité discrète d'épanchement pour lesquels la mesure a alors été faite avec un unique point pour limiter ce biais. Cependant le fait de n'utiliser qu'un seul point diminue la représentativité de cette mesure qui n'est alors pas une mesure globale de l'épanchement.

Si l'on considère un écart supérieur à 5 HU entre deux des trois valeurs de densité obtenues comme possible erreur de mesure, on note que cela est vrai pour 4/5 cas (80%) avec une quantité d'épanchement pleural discrète, pour 4/11 cas (36,4%), 1/4 cas (25%) et 1/4 cas (25%) avec respectivement une quantité d'épanchement pleural modérée, marquée et sévère. Ces résultats semblent cohérents avec l'hypothèse que la faible présence d'épanchement pleural est à l'origine d'une mesure plus imprécise.

Les épanchements pleuraux discrets sont plus compliqués à ponctionner en routine. L'orientation cytologique de ces derniers par l'examen tomodensitométrique est ainsi d'autant plus intéressante. Pourtant, la réalisation de cette étude montre que la mesure de leur densité ne s'avère pas évidente.

Pour les cas avec une quantité d'épanchement pleural modérée, une région d'intérêt ovoïde a tout de même pu être effectuée et l'utilisation des images post-contraste disponibles a permis de limiter l'inclusion de structures tissulaires adjacentes à l'épanchement au sein de la région. Dans 5/11 cas (45,5%), les différentes zones (dépendante, milieu, non dépendante) n'ont pas pu être identifiées sur les 3 images. Il

est légitime de se demander si les autres cas (54,5%) ne seraient alors pas des épanchements pleuraux en quantité marquée plutôt que modérée. En effet, la quantification est faite de façon subjective et la limite entre une quantité modérée et marquée est parfois difficilement discernable.

5.4. Comparaison des résultats à l'étude de Woods et al.

Chez le chien, les résultats de notre étude semblent conforter ceux de l'étude de Woods et al. (Woods et al. 2018) En effet, les exsudats et les hémothorax ont des valeurs moyennes de densité (24,61 HU et 28,47 HU) supérieures aux transsudats purs et aux chylothorax (14,95 HU et 12,93 HU). En revanche, il existe des recouvrements trop importants des valeurs de densité moyennes des transsudats modifiés avec les autres types. De plus, pour les chylothorax, les valeurs de densité en zone dépendante sont discrètement plus élevées qu'en zone non dépendante.

Contrairement à l'étude de Woods et al., cette tendance semble se retrouver pour les quelques cas de chats présents dans notre étude. De plus, les valeurs de densité en zone dépendante sont globalement plus élevées qu'en zone non dépendante pour tous les types d'épanchements. Enfin, les valeurs de densité chez le chat tendent à être plus élevées que chez le chien, ce qui serait en accord avec le fait que les épanchements chez les chats aient des concentrations protéiques et cellulaires supérieures. Cependant, la population de chats étant très faible, ces résultats sont à prendre avec précaution.

Chez le chien, la valeur seuil de notre étude apparaît plus élevée (18 HU) que dans l'étude de Woods et al. (14 HU) : tous les chylothorax et les transsudats purs de notre étude ont des densités en deçà de cette valeur. Chez le chat, la valeur seuil peut également être définie à 18 HU. En effet, tous les cas de chylothorax ont des densités inférieures ou égales à 17 HU.

Une valeur seuil de 18 HU a une sensibilité de 100% et une spécificité de 93% pour les chylothorax-transsudats chez le chien et le chat si on le compare aux exsudats-hémothorax et de 100% et 82% si on les compare aux exsudats-hémothorax-transsudats modifiés. Ainsi, au-delà de cette mesure seuil, les chylothorax et transsudats purs sont peu probables.

5.5. Comparaison des résultats à l'étude de Watton et al.

5.5.1. Epaissement de plèvre

Un épaissement pleural est observé dans les cas d'épanchements de type inflammatoire et de type tumoral sans différence significative dans notre étude. Chez le chien, l'épaississement pleural se trouve uniquement au niveau de la plèvre costale lorsque l'épanchement est d'origine tumorale. Chez le chat, l'épaississement pleural de l'unique cas de type tumoral se trouve au niveau de la plèvre médiastinale alors que les cas d'épanchements d'origine inflammatoire présentent un épaissement de la plèvre costale dans 3 cas et de la plèvre diaphragmatique dans un cas. Dans l'étude de Watton et al., un épaissement de la plèvre pariétale sans atteinte de la plèvre viscérale est observé chez 45% des chiens avec un épanchement pleural d'origine tumorale contre 3% des chiens avec une pleurite. La caractéristique commune entre cette étude et la nôtre est que lors d'épanchement de type tumoral il semble que la plèvre viscérale ne soit pas épaissie.

Il n'y a pas de différence significative au niveau de la moyenne des mesures de la plèvre épaissie. Cependant, pour un cas d'épanchement de type tumoral la mesure est largement supérieure aux autres (6,12 mm).

5.5.2. Invasion de la paroi thoracique

Une invasion de la paroi thoracique n'est notée que pour deux cas de chiens. Il s'agit d'un cas d'épanchement de type inflammatoire avec une réaction périostée au niveau de la tête de la 12^{ème} côte gauche et d'un cas d'épanchement de type tumoral avec une lyse de la 2^{ème} et 3^{ème} côte gauche. Ainsi, cela ne permet pas dans notre étude de distinguer les différents types d'épanchements.

Globalement, l'épaississement de la plèvre pariétale et l'invasion de la paroi thoracique ne permettent pas de distinguer les épanchements de type inflammatoire et tumoral dans notre étude.

5.6. Les limites de cette étude

Les principales limites de cette étude sont liées au caractère rétrospectif.

5.6.1. Récupération des données et effectif limité

La recherche des cas a été compliquée. Le Dr. Florence THIERRY a répertorié les cas de la clinique vétérinaire Occitanie grâce à des mots clés au sein du logiciel Vet'up ®. Celle au sein du CHUV de l'ENVT a été effectuée grâce au logiciel Clovis ® (où sont répertoriés les compte-rendus de consultation, d'hospitalisation et des différents résultats d'analyses des patients), soit en regardant la conclusion des comptes rendus de scanner puis en regardant s'il y avait une cytologie d'épanchement pleural, soit en recherchant la présence d'un examen cytologique d'épanchement pleural puis s'il y avait un compte rendu scanner associé. Cependant, les mots clés ne sont pas toujours présents dans les conclusions des cas de Vet'Occitanie ou certains compte-rendus ont pu être mal répertoriés sur Clovis ® empêchant ainsi d'inclure les cas dans cette étude. De plus, un grand nombre d'examen tomodensitométrique n'était plus disponible diminuant ainsi considérablement le nombre de cas disponibles.

En recherchant les cas ayant eu une cytologie d'épanchement pleural sur la période étudiée au sein du CHUV, il s'est avéré que beaucoup d'animaux sont morts assez rapidement après leur hospitalisation. En effet, beaucoup d'animaux déclarent tardivement des signes cliniques alarmants pour les propriétaires, ce qui retarde leur prise en charge. Un grand nombre de diagnostics étaient tumoraux, réduisant ainsi le pronostic vital de l'animal. Dans ce contexte, l'examen scanner est donc très peu effectué. De plus, certains propriétaires peuvent être réticents face au prix relativement élevé d'un scanner qui est d'environ 350€ selon le gabarit de l'animal. Enfin, la thoracocentèse est rarement impossible et celle-ci oriente le diagnostic tout en permettant un traitement thérapeutique en soulageant l'animal. (Silverstein 2015)

Ainsi, le nombre de cas inclus dans cette étude est considéré comme faible et la puissance statistique en est diminuée. En conséquence, les résultats exposés doivent être modérés.

5.6.2. Cytologies et examens tomodensitométriques

Beaucoup de facteurs liés à l'examen cytologique ou tomodensitométrique n'ont pas pu être contrôlés. La gestion des cas ne s'effectue pas de la même façon au sein des différentes structures. La clinique vétérinaire Occitanie est une structure de référés alors que le CHUV de l'ENVT est à la fois une structure de référés et un centre universitaire : les deux structures n'ont donc pas la même façon de travailler.

5.6.2.1. Cytologies

Une cytologie de l'épanchement n'a été disponible que pour 14 cas (58,3%). Certains épanchements ont alors pu être mal catégorisés. Il y a plusieurs explications à cela.

De nombreux animaux sont référés uniquement pour effectuer un scanner plus ou moins une chirurgie à la clinique Vet'Occitanie. Il est probable que la cytologie ait été faite préalablement par le vétérinaire traitant et celle-ci n'est donc pas disponible. Au contraire, des cytologies sont toujours effectuées par le laboratoire central lors de la détection d'un épanchement chez les patients présentés au CHUV.

Certaines données médicales sont incomplètes, notamment au niveau de la cytologie des épanchements qui est un élément clé de l'étude. Le choix a été fait de classer les épanchements pleuraux avec présence de tumeur en exsudat pour pouvoir inclure plus de cas. Pourtant, les tumeurs peuvent engendrer tout type d'épanchement. Il est possible que certains exsudats étaient en réalité des transsudats modifiés et moins probablement des transsudats purs. Cependant, ceci n'influence pas réellement les résultats de l'étude étant donné que le résultat principal permet de distinguer les chylothorax et les transsudats purs.

Enfin, afin de limiter tout changement dans le type d'épanchement, l'idéal serait d'avoir une cytologie de l'épanchement thoracique le même jour que l'acquisition du scanner. Dans cette étude, la grande majorité des cytologies (83,3%) ont été effectuées dans les 2 jours avant ou après l'examen tomodensitométrique. Les cas où ce laps de temps est supérieur à 2 jours sont 1 hémithorax sur 2, 2 transsudats modifiés sur 3 et l'unique cas de transsudat pur de cette étude. Le fait d'inclure ces résultats nous a permis d'avoir un plus grand nombre de cas pour ces catégories qui sont peu représentées.

5.6.2.2. Examens tomodensitométriques

Les manipulateurs radiographiques ne sont pas les mêmes selon les structures, ce qui peut influencer le positionnement du patient ou encore les méthodes d'acquisition. Par exemple, le cas 1 des chiens étant comateux, l'acquisition s'est faite en décubitus latéral gauche lors de l'acquisition. Les mesures entre les zones dépendante et non dépendante ont donc été effectuées en zone latérale et médiale plutôt qu'en zone ventrale et dorsale.

De plus, les images tomodensitométriques proviennent de scanners différents, la résolution n'est donc pas la même. L'épaisseur de tranches est également différente.

Pour finir, le moins de flou de mouvement possible est préférable pour l'interprétation des scanners thoraciques. Pour cela, l'idéal est d'effectuer une insufflation forcée lors de l'acquisition ce qui n'est pas toujours le cas ici.

5.6.3. Analyses des examens tomodensitométriques

L'analyse des examens tomodensitométriques doit être faite dans l'idéal par le même imageur avec le même écran ce qui est le cas dans notre étude. Ceci permet de limiter les biais liés à la subjectivité des mesures et à la variation de qualité des écrans sur lesquelles les images sont interprétées.

L'expérience de l'imageur est non négligeable pour l'interprétation des images tomodensitométriques. Plus l'imageur est expérimenté, plus les risques d'erreur lors des mesures de densité et la possibilité de non visualisation de lésions sont réduits. Ces risques ont été limités avec l'utilisation des acquisitions post-contrastes et de différents plans de coupes en cas de doutes.

Enfin, la répétabilité et la reproductibilité des mesures auraient pu être étudiées. Pour cela, il aurait été intéressant de réitérer les mesures à la fois par le même imageur mais aussi par un autre imageur afin de comparer les différents résultats.

Conclusion

Les épanchements pleuraux des chiens et des chats sont de causes très variées. Une thoracocentèse est habituellement effectuée et permet à la fois un diagnostic cytologique et un traitement thérapeutique de l'animal. Il existe cependant des complications (pneumothorax, hématome ou hémorragie, lacérations...) et des contre-indications (troubles de la coagulation, faible volume d'épanchement, infections cutanées au niveau du site de ponction...) Le scanner apparaît donc comme un examen complémentaire non invasif alternatif intéressant qui permettrait de différencier les types d'épanchements lorsqu'une thoracocentèse ne peut être effectuée.

Dans cette étude sur 18 chiens et 6 chats, les chylothorax et les transsudats purs ont une densité faible contrairement aux hémothorax et aux exsudats pour lesquels la densité est élevée. Chez le chien, la zone dépendante de l'épanchement a une densité plus élevée que la zone non dépendante uniquement dans le cas de chylothorax. Ni un épaissement de la plèvre ni une invasion de la paroi thoracique ne permet de distinguer un épanchement inflammatoire d'un épanchement d'origine tumorale. Du fait du faible nombre de cas inclus, ces résultats sont à prendre avec précaution. Ils sont toutefois cohérents avec les études précédentes.

Ainsi, les densités (exprimées en unités Hounsfield) ne peuvent être utilisées seules comme outil diagnostique cytologique des épanchements pleuraux chez le chien et le chat. Elles peuvent cependant permettre d'orienter le diagnostic vers un transsudat pur ou un chylothorax lorsque la densité est faible ou vers un hémothorax ou un exsudat lorsque la densité est élevée. Une densité supérieure à 18 HU permet d'écartier de façon quasi certaine un transsudat pur ou un chylothorax avec une sensibilité de 100% et une spécificité de 93%.

Une étude prospective incluant un nombre significatif de cas serait intéressante afin d'établir un protocole strict et d'obtenir des résultats statistiquement interprétables.

AGREMENT SCIENTIFIQUE

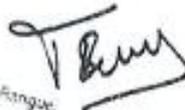
En vue de l'obtention du permis d'imprimer de la thèse de doctorat vétérinaire

Je soussigné, Fabrice CONCHOU, Enseignant-chercheur, de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse, directeur de thèse, certifie avoir examiné la thèse de **LAHERANNE MARTINEZ Magalie** intitulée « **Apport de la tomодensitométrie sur le diagnostic cytologique des épanchements thoraciques chez le chien et le chat : étude rétrospective sur 24 cas** » et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

Fait à Toulouse, le 24/11/2020
Enseignant-chercheur de l'École Nationale
Vétérinaire de Toulouse
Docteur Fabrice CONCHOU



Vu :
La Présidente du jury
Professeure Isabelle BERRY



Faculté de Médecine Vétérinaire
8, rue de la Motte
31062 TOULOUSE Cedex 9

Vu :
Le Directeur de l'École Nationale
Vétérinaire de Toulouse
M. Pierre SANS



Vu et autorisation de l'impression :
Le Président de l'Université Paul Sabatier
M. Jean-Marc BROTO

Le Président de l'Université Paul Sabatier,
par délégation,
Vice-Président de la CRVU
Fabrice BERRY



Mme LAHERANNE MARTINEZ Magalie
a été admis(e) sur concours en : 2015
a obtenu son diplôme d'études fondamentales vétérinaires le: 09/07/2019
a validé son année d'approfondissement le: 06/11/2020
n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.

Bibliographie

- ABRAMOWITZ, Yigal, SIMANOVSKY, Natalia, GOLDSTEIN, Michael S. et HILLER, Nurith, 2009. Pleural Effusion: Characterization with CT Attenuation Values and CT Appearance. In : *American Journal of Roentgenology*. 1 mars 2009. Vol. 192, n° 3, pp. 618-623. DOI 10.2214/AJR.08.1286.
- AGOSTONI, Emilio et ZOCCHI, Luciano, 2007. Pleural liquid and its exchanges. In : *Respiratory Physiology & Neurobiology*. 15 décembre 2007. Vol. 159, n° 3, pp. 311-323. DOI 10.1016/j.resp.2007.07.002.
- AQUINO, S L, WEBB, W R et GUSHIKEN, B J, 1994. Pleural exudates and transudates: diagnosis with contrast-enhanced CT. In : *Radiology*. 1 septembre 1994. Vol. 192, n° 3, pp. 803-808. DOI 10.1148/radiology.192.3.8058951.
- ARENAS-JIMÉNEZ, J., ALONSO-CHARTERINA, S., SÁNCHEZ-PAYÁ, J., FERNÁNDEZ-LATORRE, F., GIL-SÁNCHEZ, S. et LLORET-LLORENS, M., 2000. Evaluation of CT findings for diagnosis of pleural effusions. In : *European Radiology*. 2000. Vol. 10, n° 4, pp. 681-690. DOI 10.1007/s003300050984.
- BEATTY, Julia et BARRS, Vanessa, 2010. Pleural effusion in the cat: A practical approach to determining aetiology. In : *Journal of Feline Medicine & Surgery*. 1 septembre 2010. Vol. 12, n° 9, pp. 693-707. DOI 10.1016/j.jfms.2010.07.013.
- BIBB, Richard, 2015. *Medical Modelling - The Application of Advanced Design and Rapid Prototyping Techniques in Medicine*. Second Edition. S.l. : Elsevier. ISBN 978-1-78242-300-3.
- BLUM, A, WALTER, F et LUDIG, T, 2020. SCANNERS MULTICOUPES : PRINCIPES ET NOUVELLES APPLICATIONS SCANOGRAPHIQUES. In : *J Radiol*. 2020. pp. 18.
- BRIOLA, Chiara, ZOIA, Andrea, ROCCHI, Paola, CALDIN, Marco et BERTOLINI, Giovanna, 2019. Computed tomography attenuation value for the characterization of pleural effusions in dogs: A cross-sectional study in 58 dogs. In : *Research in Veterinary Science*. 1 juin 2019. Vol. 124, pp. 357-365. DOI 10.1016/j.rvsc.2019.04.024.
- CADORÉ, JL et JONGH, O, 1995. Pleurésies et épanchements pleuraux chez le chat. In : *Le Point vétérinaire: revue d'enseignement post-universitaire et de formation permanente*. 1995. n° 27, pp. 163-169.
- CHEVASSUS À L'ANTOINE, Fleur, 2004. *Les Epanchements thoraciques et abdominaux du chien et du chat: étiologie et pathogénie (étude bibliographique)*. S.l. : sn. 6609-2004-149
- CHRISTIE, Neil A., 2010. Management of Pleural Space: Effusions and Empyema. In : *Surgical Clinics of North America*. 1 octobre 2010. Vol. 90, n° 5, pp. 919-934. DOI 10.1016/j.suc.2010.07.003.
- CLINIQUE VÉTÉRINAIRE DES HUTINS, 2017. Clinique vétérinaire des Hutins, Mon chien prend de l'âge. In : [en ligne]. 21 mars 2017. [Consulté le 28 novembre 2020]. Disponible à l'adresse : http://www.clinique-veterinaire-des-hutins.com/fiches_thematiques/mon-chien-prend-de-lage_2261.aspx.
- COLLIN, Bernard, 2003. *Anatomie du chien*. Derouaux-ordina. Liège : s.n.
- CROWE, D. T., 1988. *Help for the patient with thoracic hemorrhage*. S.l. : s.n. Vet Med.

- ÇULLU, Neşat, KALEMCI, Serdar, KARAKAŞ, Ömer, ESER, İrfan, YALÇIN, Funda, BOYACI, Fatima Nurefşan et KARAKAŞ, Ekrem, 2014. Efficacy of CT in diagnosis of transudates and exudates in patients with pleural effusion. In : *Diagnostic and Interventional Radiology*. 2014. Vol. 20, n° 2, pp. 116-120. DOI 10.5152/dir.2013.13066.
- DE RYCKE, Lieve M., GIELEN, Ingrid M., SIMOENS, Paul J. et VAN BREE, Henri, 2005. Computed tomography and cross-sectional anatomy of the thorax in clinically normal dogs. In : *American Journal of Veterinary Research*. 1 mars 2005. Vol. 66, n° 3, pp. 512-524. DOI 10.2460/ajvr.2005.66.512.
- DUGDALE, A., 2000. Chest drains and drainage techniques. In : *In Practice*. 1 janvier 2000. Vol. 22, n° 1, pp. 2-15. DOI 10.1136/inpract.22.1.2.
- DUNN, John et VILLIERS, Elizabeth, 1998. Cytological and biochemical assessment of pleural and peritoneal effusions. In : *In Practice*. 1 octobre 1998. Vol. 20, n° 9, pp. 501-505. DOI 10.1136/inpract.20.9.501.
- EPSTEIN, Steven E. et BALSA, Ingrid M., 2020. Canine and Feline Exudative Pleural Diseases. In : *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 1 mars 2020. Vol. 50, n° 2, pp. 467-487. DOI 10.1016/j.cvsm.2019.10.008.
- ETTINGER, Stephen J., FELDMAN, Edward C. et COTE, Etienne, 2017. *Textbook of Veterinary Internal Medicine - eBook*. S.l. : Elsevier Health Sciences. ISBN 978-0-323-31239-4.
- GAMET, Yvan et SAVARY-BATAILLE, Karine, 2008. Conduite diagnostique face à un épanchement pleural. In : *Le Point vétérinaire: revue d'enseignement post-universitaire et de formation permanente*. 1 septembre 2008. n° 288.
- GOLDMAN, L. W., 2007. Principles of CT and CT Technology. In : *Journal of Nuclear Medicine Technology*. 1 septembre 2007. Vol. 35, n° 3, pp. 115-128. DOI 10.2967/jnmt.107.042978.
- GRIFFIN, Christopher B. et PRIMACK, Steven L., 2001. HIGH-RESOLUTION CT: Normal Anatomy, Techniques, and Pitfalls. In : *Radiologic Clinics of North America*. 1 novembre 2001. Vol. 39, n° 6, pp. 1073-1090. DOI 10.1016/S0033-8389(05)70332-8.
- HATHCOCK, John T. et STICKLE, Russ L., 1993. Principles and Concepts of Computed Tomography. In : *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 1 mars 1993. Vol. 23, n° 2, pp. 399-415. DOI 10.1016/S0195-5616(93)50034-7.
- HEFFNER, John E., BROWN, Lee K. et BARBIERI, Celia A., 1997. Diagnostic Value of Tests That Discriminate Between Exudative and Transudative Pleural Effusions. In : *CHEST*. 1 avril 1997. Vol. 111, n° 4, pp. 970-980. DOI 10.1378/chest.111.4.970.
- HENNINGER, W., 2003. Use of computed tomography in the diseased feline thorax. In : *Journal of Small Animal Practice*. 2003. Vol. 44, n° 2, pp. 56-64. DOI 10.1111/j.1748-5827.2003.tb00121.x.
- IPSOS, 2020. Les Français et leurs animaux de compagnie. In : *Ipsos* [en ligne]. 16 juin 2020. [Consulté le 28 novembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.ipsos.com/fr-fr/les-francais-et-leurs-animaux-de-compagnie>.
- JANUS, Izabela, NOWAK, Marcin, NOSZCZYK-NOWAK, Agnieszka, CIAPUTA, Rafał, KANDEFER-GOLA, Małgorzata, PASŁAWSKA, Urszula, SAPIERZYŃSKI, Rafał, ŁOPUSZYŃSKI, Wojciech et OTROCKA-

- DOMAGAŁA, Iwona, 2016. Epidemiological and pathological features of primary cardiac tumours in dogs from Poland in 1970–2014. In : *Acta Veterinaria Hungarica*. mars 2016. Vol. 64, n° 1, pp. 90-102. DOI 10.1556/004.2016.010.
- JOHNSON, Lynelle R., 2020. *Canine and Feline Respiratory Medicine. Second Edition*. Second Edition. S.l. : s.n.
- LAI-FOOK, Stephen J., 2004. Pleural Mechanics and Fluid Exchange. In : *Physiological Reviews*. 1 avril 2004. Vol. 84, n° 2, pp. 385-410. DOI 10.1152/physrev.00026.2003.
- LIGHT, Richard W., 1992. Pleural diseases. In : *Disease-a-Month*. 1 mai 1992. Vol. 38, n° 5, pp. 266-331. DOI 10.1016/0011-5029(92)90007-C.
- LIGHT, Richard W., 2002. Clinical practice. Pleural effusion. In : *The New England Journal of Medicine*. 20 juin 2002. Vol. 346, n° 25, pp. 1971-1977. DOI 10.1056/NEJMcp010731.
- MCGAVIN, M. Donald et ZACHARY, James F., 2006. *Pathologic Basis of Veterinary Disease*. S.l. : Elsevier Health Sciences. ISBN 978-0-323-05826-1.
- MONNET, Eric, 2017. Pleural Effusions. In : *Small Animal Thoracic Surgery* [en ligne]. S.l. : John Wiley & Sons, Ltd. pp. 77-87. [Consulté le 24 avril 2020]. ISBN 978-1-118-94342-7. Disponible à l'adresse : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781118943427.ch9>.
- MURPHY, Kate et PAPASOULIOTIS, Kostas, 2011. Pleural effusions in dogs and cats: 1. Diagnostic investigation. In : *In Practice*. 1 octobre 2011. Vol. 33, n° 9, pp. 462-469. DOI 10.1136/inp.d6057.
- NANDALUR, Kiran R., HARDIE, Andrew H., BOLLAMPALLY, Sirisha R., PARMAR, Jaywant P. et HAGSPIEL, Klaus D., 2005. Accuracy of Computed Tomography Attenuation Values in the Characterization of Pleural Fluid: An ROC Study¹. In : *Academic Radiology*. 1 août 2005. Vol. 12, n° 8, pp. 987-991. DOI 10.1016/j.acra.2005.05.002.
- OHLERTH, Stefanie et SCHARF, Gernot, 2007. Computed tomography in small animals – Basic principles and state of the art applications. In : *The Veterinary Journal*. 1 mars 2007. Vol. 173, n° 2, pp. 254-271. DOI 10.1016/j.tvjl.2005.12.014.
- PASTRÉ, J., ROUSSEL, S., ISRAËL BIET, D. et SANCHEZ, O., 2015. Orientation diagnostique et conduite à tenir devant un épanchement pleural. In : *La Revue de Médecine Interne*. 1 avril 2015. Vol. 36, n° 4, pp. 248-255. DOI 10.1016/j.revmed.2014.10.360.
- RAULT, Brigitte, 2005. *Traumatismes thoraciques par morsure chez les carnivores domestiques : approche diagnostique et thérapeutique*. S.l. : s.n.
- REBAR, Alan H., 2010. Body Cavity Fluids. In : *Canine and Feline Cytology (second edition)*. S.l. : s.n.
- REETZ, Jennifer A., BUZA, Elizabeth L. et KRICK, Erika L., 2012. Ct Features of Pleural Masses and Nodules. In : *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 2012. Vol. 53, n° 2, pp. 121-127. DOI 10.1111/j.1740-8261.2011.01883.x.
- REETZ, Jennifer A., SURAN, Jantra N., ZWINGENBERGER, Allison L. et STEFANOVSKI, Darko, 2019. Nodules and masses are associated with malignant pleural effusion in dogs and cats but many other intrathoracic CT features are poor predictors of the effusion type. In : *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 2019. Vol. 60, n° 3, pp. 289-299. DOI 10.1111/vru.12706.

RIVERO, M. A., RAMÍREZ, J. A., VÁZQUEZ, J. M., GIL, F., RAMÍREZ, G. et ARENCIBIA, A., 2005. Normal Anatomical Imaging of the Thorax in Three Dogs: Computed Tomography and Macroscopic Cross Sections with Vascular Injection. In : *Anatomia, Histologia, Embryologia*. 2005. Vol. 34, n° 4, pp. 215-219. DOI 10.1111/j.1439-0264.2005.00596.x.

SAHN, Steven A., 1990. The Pathophysiology of Pleural Effusions. In : *Annual Review of Medicine*. 1990. Vol. 41, n° 1, pp. 7-13. DOI 10.1146/annurev.me.41.020190.000255.

SAHN, Steven A., 2012. The Pleura. In : *American Review of Respiratory Disease* [en ligne]. 17 décembre 2012. [Consulté le 28 mars 2020]. DOI 10.1164/ajrccm/138.1.184. Disponible à l'adresse : <https://www.atsjournals.org/doi/pdf/10.1164/ajrccm/138.1.184>. world

SAMII, Valerie F., BILLER, David S. et KOBLIK, Philip D., 1998. Normal Cross-Sectional Anatomy of the Feline Thorax and Abdomen: Comparison of Computed Tomography and Cadaver Anatomy. In : *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 1998. Vol. 39, n° 6, pp. 504-511. DOI 10.1111/j.1740-8261.1998.tb01640.x.

SANTÉVET, 2018. Faut-il faire castrer son chien ou son chat ? In : *SantéVet* [en ligne]. 13 avril 2018. [Consulté le 28 novembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.santevet.com/articles/faut-il-faire-castrer-son-chien-ou-son-chat>.

SANTÉVET, 2020. Comment les Français vivent avec leurs animaux en 2020 ? In : *SantéVet* [en ligne]. 6 juillet 2020. [Consulté le 28 novembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.santevet.com/articles/comment-les-francais-vivent-avec-leurs-animaux-en-2020>.

SCHEVENEMENT, Aurélie, 2010. *Choix comparatif d'une technique d'investigation par imagerie médicale des tumeurs intra-thoraciques chez le chien*. S.l. : s.n.

SILVERSTEIN, Deborah C., 2015. *Small Animal Critical Care Medicine*. 2nd Edition. S.l. : Elsevier. ISBN 978-1-4557-0306-7.

SOPHIE, Plauzolles, 2014. Mise au point d'un atlas en ligne d'images tomographiques normales du thorax du chat. In : . 2014. pp. 45.

SWINBOURNE, F., BAINES, E. A., BAINES, S. J. et HALFACREE, Z. J., 2011. Computed tomographic findings in canine pyothorax and correlation with findings at exploratory thoracotomy. In : *Journal of Small Animal Practice*. 2011. Vol. 52, n° 4, pp. 203-208. DOI 10.1111/j.1748-5827.2011.01051.x.

THRALL, Donald E., 2018. *Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology*. SEVENTH EDITION. S.l. : Elsevier. ISBN 978-0-323-48247-9.

WATTON, Thom C., LARA-GARCIA, Ana et LAMB, Christopher R., 2017. Can malignant and inflammatory pleural effusions in dogs be distinguished using computed tomography? In : *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 2017. Vol. 58, n° 5, pp. 535-541. DOI 10.1111/vru.12534.

WOODS, Sarah J., SPRIET, Mathieu, SAFRA, Noa, CISSELL, Derek D. et BORJESSON, Dori L., 2018. Hounsfield units are a useful predictor of pleural effusion cytological type in dogs but not in cats. In : *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 2018. Vol. 59, n° 4, pp. 405-411. DOI 10.1111/vru.12618.

ZOIA, Andrea et DRIGO, Michele, 2016. Diagnostic value of Light's criteria and albumin gradient in classifying the pathophysiology of pleural effusion formation in cats. In : *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 2016. Vol. 18, n° 8, pp. 666-672. DOI 10.1177/1098612X15592170.

ZOIA, Andrea, PETINI, Matteo, RIGHETTI, Danila, CALDIN, Marco et DRIGO, Michele, 2020. Discriminating transudates and exudates in dogs with pleural effusion: diagnostic utility of simplified Light's criteria compared with traditional veterinary classification. In : *Veterinary Record* [en ligne]. 3 février 2020. [Consulté le 24 mars 2020]. DOI 10.1136/vr.105650. Disponible à l'adresse : <https://veterinaryrecord.bmj.com/content/early/2020/02/03/vr.105650>.

ZOIA, Andrea, SLATER, Linda A., HELLER, Jane, CONNOLLY, David J. et CHURCH, David B., 2009. A new approach to pleural effusion in cats: markers for distinguishing transudates from exudates. In : *Journal of Feline Medicine & Surgery*. 1 octobre 2009. Vol. 11, n° 10, pp. 847-855. DOI 10.1016/j.jfms.2009.04.005.

Annexes

Âge du chien	ÉQUIVALENT HUMAIN		
	Petites races	Races moyennes	Grandes races
6 mois	15	10	8
1 an	20	18	14
2 ans	28	27	22
3 ans	32	33	31
4 ans	36	39	40
5 ans	40	45	49
6 ans	44	51	58
7 ans	48	57	67
8 ans	52	63	76
9 ans	56	69	85
10 ans	60	75	96
11 ans	64	81	100
12 ans	68	87	
13 ans	72	93	
14 ans	76	99	
15 ans	80		
16 ans	84		
17 ans	88		
18 ans	92		
19 ans	96		
20 ans	100		



TRANCHES D'ÂGE	Adulte	3 ^{ème} âge
Jeune adulte	Senior	4 ^{ème} âge

Annexe 1 : Classification des chiens par catégorie d'âge en fonction de leur gabarit
(Clinique vétérinaire des Hutins 2017)

Cas N°	Race	Sexe	Poids (kg)	Âge (ans)	Type d'épanchement	Durée cyto-scan (jours)	Lieu
1	Beauceron	Mâle castré	31,8	8,5	Hémothorax	8	ENVT
2	Bouledogue Français	Femelle stérilisée	10,7	10	Chylothorax	0	ENVT
3	Bouledogue Français	Femelle stérilisée	12,9	9	Transsudat modifié	5	ENVT
4	Setter Anglais	Femelle entière	17,5	9,5	Pyothorax	0	ENVT
5	Bichon	Femelle stérilisée	5,4	5	Transsudat modifié	1	ENVT
6	Setter Anglais	Mâle entier	21	1,5	Pyothorax	0	ENVT
7	Pointer Anglais	Mâle entier	27,2	4	Pyothorax	1	ENVT
8	Barzoi	Mâle entier	43	8	Chylothorax	0	Vet'Occitanie
9	Beauceron	Femelle entière	40	3	Pyothorax	0	Vet'Occitanie
10	Fox terrier	Femelle stérilisée	9,5	12	Exsudat, tumoral	0	Vet'Occitanie
11	Berger australien x Border collie	Mâle entier	26	11	Exsudat, tumoral	2	Vet'Occitanie
12	Matin Espagnol	Femelle stérilisée	45	1	Transsudat pur	3	Vet'Occitanie
13	Bouledogue Français	Mâle entier	19,2	4	Exsudat, tumoral	1	Vet'Occitanie
14	Carlin	Mâle castré	8,6	3	Chylothorax	0	Vet'Occitanie
15	Epagneul breton	Mâle castré	21	10	Exsudat, tumoral	0	Vet'Occitanie
16	Shih-Tzu	Femelle entière	7	7	Exsudat, tumoral	0	Vet'Occitanie
17	Coton de Tulear	Mâle entier	4,2	9	Exsudat, tumoral	0	Vet'Occitanie
18	Labrador retriever	Mâle entier	31	7,5	Hémothorax	0	Vet'Occitanie

Annexe 2 : Tableau général des cas de chiens inclus dans l'étude

Cas N°	Race	Sexe	Poids (kg)	Âge (ans)	Type d'épanchement	Durée cyto-scan (jours)	Lieu
1	Européen	Mâle castré	5,85	12	Chylothorax	2	ENVT
2	Européen	Mâle castré	6,5	4	Chylothorax	0	Vet'Occitanie
3	Européen	Femelle stérilisée	6	6	Transsudat modifié	4	Vet'Occitanie
4	Européen	Mâle castré	3,5	6	Chylothorax	0	Vet'Occitanie
5	Européen	Mâle castré	4	8	Pyothorax	2	Vet'Occitanie
6	Persan	Femelle stérilisée	2,8	15	Exsudat, tumoral	0	Vet'Occitanie

Annexe 3 : Tableau général des cas de chats inclus dans l'étude

Cas N°	Type de prélèvement	Aspect de l'épanchement	Protéines Totales (g/L)	Cellularité (/µL)	Autres	Type d'épanchement	Lieu
1	Épanchement pleural	Hémorragique	68	8110	Fond très hémorragique, parsemé d'agrégats plaquettaires. Neutrophiles 69%, Band cells 1%, Lymphocytes 24%, Eosinophiles 3%, Macrophages 3%	Hémothorax	ENVT
2	Épanchement pleural	Lait fraise	60	9600	Neutrophiles 67% , Macrophages 26% Triglycérides plasma : 0,7 mmol/L Triglycérides épanchement : 24,6 mmol/L	Chylothorax	ENVT
3	Épanchement pleural	Jaune pâle, trouble	24	1380	Neutrophiles 10%, Macrophages 52%, Lymphocytes 38%	Transsudat modifié	ENVT
4	Épanchement pleural	Très trouble, rouge, viscosité diminuée	31	166,94 x 10 ³	Neutrophiles 82%, Macrophages 15%, Lymphocytes 3% Neutrophiles dégénérés et/ou phagocytaires de bactéries (coques et bacilles), Macrophages activés et phagocytaires (de corps tingibles, d'hématies et bactéries) Microhématocrite : 7%	Pyothorax	ENVT
5	Épanchement pleural	Séro-hémorragique, trouble, couleur rouge "fluo"	26	5660	Neutrophiles 68%, Monocytes/macrophages 30%, Lymphocytes 2%	Transsudat modifié	ENVT
6	Épanchement pleural			Très élevée	Neutrophiles majoritaires. Nombreux bacilles et coques, parfois phagocytés dans les neutrophiles Macrophages réactionnels	Pyothorax	ENVT
7	Épanchement pleural	Hémorragique	14	152 x 10 ³	Très importante population inflammatoire constituée de nombreux neutrophiles dégénérés et phagocytaires de bactéries (coques + suspicion de bacilles), et de quelques macrophages très actifs	Pyothorax	ENVT
8	Épanchement pleural	Liquide blanchâtre-laiteux			Lymphocytes nombreux, Quelques neutrophiles	Chylothorax	Vet'Occitanie
9	Épanchement pleural		48	Très élevée	Neutrophiles lobés abondants, Macrophages activés plus rares. Absence de micro-organisme identifié.	Pyothorax	Vet'Occitanie

Cas N°	Type de prélèvement	Aspect de l'épanchement	Protéines Totales (g/L)	Cellularité (/μL)	Autres	Type d'épanchement	Lieu
10	Masse pulmonaire			Très élevée	Fond de frottis hémorragique et nécrotique. Nombreux amas de cellules épithéliales cohésives présentant des atypies marquées.	Exsudat, tumoral	Vet'Occitanie
	Épanchement pleural		39	Très élevée	Fond de frottis hémorragique, peu inflammatoire mais nécrotique. Nombreuses cellules épithéliales isolées ou groupées en amas, présentant des atypies cytonucléaires très marquées.		
11	Épanchement pleural			Très élevée	Polynucléaires neutrophiles et quelques macrophages. Population de cellules atypiques dense.	Exsudat, tumoral	Vet'Occitanie
12	Épanchement pleural	Eau de roche	0	180	Neutrophiles 85%, Eosinophiles 1%, Lymphocytes 2%, Macrophages 12%. Infiltrat inflammatoire peu abondant.	Transsudat pur	Vet'Occitanie
13	Masse médiastinale				Cellules fusiformes dénuées d'atypies à critères cytologiques faibles de malignité. Compatible avec un thymome, de type A.	Exsudat, tumoral	Vet'Occitanie
14	Épanchement pleural	Liquide blanc laiteux			Absence de cytologie	Chylothorax	Vet'Occitanie
15	Masse intrathoracique				La cytologie est en faveur d'un chondrosarcome	Exsudat, tumoral	Vet'Occitanie
16	Masse médiastinale				La cytologie est en faveur d'une lésion tumorale avec présence de zones nécrotico-hémorragiques orientant prioritairement vers une tumeur de la série histiocytaire ou apparentée. Le différentiel inclut un carcinome anaplasique.	Exsudat, tumoral	Vet'Occitanie
17	Masse pulmonaire				La cytologie est en faveur d'un processus carcinomateux.	Exsudat, tumoral	Vet'Occitanie
18	Épanchement pleural	Sang en nature			Absence de cytologie	Hémothorax	Vet'Occitanie

Annexe 4 : Tableau de l'ensemble des cytologies ou informations d'orientation diagnostique pour le type d'épanchement chez les chiens

Cas N°	Type de prélèvement	Aspect de l'épanchement	Protéines Totales (g/L)	Cellularité (/µL)	Autres	Type d'épanchement	Lieu
1	Épanchement pleural	Blanc laiteux		1,57 x 10 ³	Neutrophiles 53%, Lymphocytes 34%, Macrophages 12%	Chylothorax	ENVT
2	Épanchement pleural				Cholestérol épanchement = 0,2 g/L ; Triglycérides épanchement >3,75 g/L	Chylothorax	Vet'Occitanie
3	Épanchement pleural	Séro-hémorragique	37	15 200	Neutrophiles 38%, Eosinophiles 1%, Lymphocytes 61% : petits lymphocytes et plus rares cellules lymphoïdes blastiques et plasmocytes.	Transsudat modifié	Vet'Occitanie
4	Épanchement pleural	Lait-fraise non odorant			Absence de cytologie.	Chylothorax	Vet'Occitanie
5	Abcès pulmonaire				Macrophages nombreux, pneumocytes de type II et granulocytes neutrophiles. Pleurite nécrosante focale et inflammation sous-jacente à nette prédominance de macrophages et granulocytes. Mise en culture anaérobie : Positive après 4 jours Mise en culture aérobie après enrichissement : Négative après 48h. Germe identifié : Bacteroides spp.	Pyothorax	Vet'Occitanie
6	Épanchement pleural				Retrait de 90 ml d'exsudat au sein de l'espace pleural. Bilan d'extension de tumeurs mammaires.	Exsudat, tumoral	Vet'Occitanie

Annexe 5 : Tableau de l'ensemble des cytologies ou informations d'orientation diagnostique pour le type d'épanchement chez les chats

Cas N°	Quantité d'épanchement	Localisation de l'épanchement	HU moyenne 1	HU moyenne 2	HU moyenne 3	HU moyenne globale
1	3	Crânial à caudal, plutôt à gauche en caudal mais couché en latéral, non compartimenté	27,60	30,66	33,95	31,73
2	3	Crânial à caudal, bilatéral symétrique, non compartimenté	14,37	12,00	11,89	12,66
3	2	Crânial > caudal, bilatéral, plus à droite, non compartimenté	14,13	14,62	16,94	15,30
4	1	Crânial à caudal, plus marqué à gauche, non compartimenté	18,65	19,60	19,37	18,95
5	1	Crânial à caudal, droite > gauche, non compartimenté	19,40	18,19	17,16	17,90
6	2	Crânial à caudal, bilatéral symétrique, non compartimenté	19,37	23,43	23,03	22,25
7	1	Plus marqué en crânial et caudal droit, ventral caudal à gauche, non compartimenté	33,13	38,03	32,72	34,75
8	1	Crânial > caudal, bilatéral symétrique, non compartimenté	16,44	22,66	15,01	17,81
9	1	Crânial à caudal, symétrique, non compartimenté	17,05	23,14	21,58	21,12
10	1	Crânial et caudal, latéralisé à gauche, non compartimenté	26,63	24,99	27,42	26,54
11	1	Plutôt crânial, gauche > droite, non compartimenté	26,55	26,14	25,21	26,02
12	1	Crânial à caudal, bilatéral, non compartimenté	12,68	15,32	16,21	14,95
13	0	Caudal droit, latéralisé, non compartimenté	19,00	14,00	13,00	15,33
14	0	Crânial ventral, bilatérale, non compartimenté	13,00	8,20	6,17	8,32
15	0	Caudal, gauche, non compartimenté	27,09	20,36	19,64	23,30
16	1	Crânial à caudal, bilatéral, non compartimenté	31,19	32,17	29,83	30,17
17	0	Bilatéral, localisé	27,00	28,00	30,00	27,71
18	3	Crânial < caudal, bilatéral symétrique, non compartimenté	22,93	26,14	27,50	25,20

Annexe 6 : Quantification, localisation et densités en unités Hounsfield de l'épanchement pleural des cas de chiens de l'étude

Cas N°	Quantité d'épanchement	Localisation de l'épanchement	HU moyenne 1	HU moyenne 2	HU moyenne 3	HU moyenne globale
1	2	Crânial à caudal, bilatéral, non compartimenté	13,74	14,94	14,72	14,61
2	2	Crânial à caudal, bilatéral, non compartimenté	16,64	9,63	18,38	16,13
3	1	Caudal > crânial, bilatéral, non compartimenté	22,66	21,85	19,31	19,60
4	3	Caudal > crânial, bilatéral, non compartimenté	15,33	17,37	16,91	17,00
5	0	Crânial > caudal, bilatéral, non compartimenté	40,66	37,00	52,33	43,33
6	1	Crânial à caudal, plus marqué à droite, non compartimenté	36,61	41,66	43,10	41,81

Annexe 7 : Quantification, localisation et densités en unités Hounsfield de l'épanchement pleural des cas de chats de l'étude

Cas N°	HU dépendante	HU milieu	HU indépendante	T°x	HU dépendante	HU milieu	HU indépendante	T°x	HU dépendante	HU milieu	HU indépendante	T°x
1	30,31	33,75	27,06	T8	29,20	27,13	28,36	T7	25,46	27,79	28,98	T4
2	17,16	11,28	6,54	T9	16,55	12,10	12,97	T2	14,66	10,42	10,12	T6
3	11,31	13,71	21,10	T6	10,29	15,84	9,54	T2	12,39	13,80	13,84	T8
4	17,96	20,86	19,42	T2								
5	15,79	17,64	13,96	T9	18,64	18,79	16,23	T2	16,24	17,19	17,38	T6
6	24,57	21,82	24,72	T6	18,92	17,54	18,73	T2	26,63	19,49	14,24	T7
7	30,95	33,17	38,61	T6	30,15	38,78	41,70	T5				
8	14,27	16,40	11,02	T3	18,02	17,08	14,93	T1	20,69	21,23	24,37	T2
9	29,86	22,93	25,49	T4	16,31	16,54	17,07	T2	16,31	21,28	20,91	T9
10	26,01	27,29	27,42	T9	23,33	22,07	23,93	T3	22,46	21,00	20,98	T8
11	28,32	26,37	30,56	T4	23,68	22,41	25,59	T2	26,52	21,14	21,77	T5
12	13,68	13,61	13,60	T6	0,60	3,26	3,85	T5				
16	29,23	30,26	28,73	T9	31,80	31,53	31,17	T4				
18	20,39	22,90	25,37	T9	21,25	25,26	28,20	T10	21,45	23,16	31,81	T11

Annexe 8 : Mesures des densités en zones dépendante, moyenne et indépendante selon la coupe transversale (vertèbre thoracique : T°x) et selon les chiens inclus dans l'étude

Cas N°	HU dépendante	HU milieu	HU indépendante	T°x	HU dépendante	HU milieu	HU indépendante	T°x	HU dépendante	HU milieu	HU indépendante	T°x
1	17,64	15,68	15,24	8	14,11	15,78	13,67	4	16,32	14,87	14,13	7
2	20,92	18,39	10,74	9	16,91	14,87	8,80	7	16,44	11,63	10,61	6
3	21,32	15,20	18,74	8								
4	20,17	18,25	10,07	9	20,17	18,25	10,07	11	16,95	16,82	15,93	5
6	42,58	42,70	34,30	9	40,74	42,97	45,02	11	33,88	30,61	34,92	5

Annexe 9 : Mesures des densités en zones dépendante, moyenne et indépendante selon la coupe transversale (vertèbre thoracique : T°x) et selon les chats inclus dans l'étude

N° Cas	Épaississement de plèvre	Localisation de l'épaississement	Mesure de la plèvre (mm)	Invasion de la paroi thoracique
2	Oui	Costale, Viscérale	3,00	Non
4	Non			Non
6	Oui	Médiastinale	2,16	Non
7	Non			Non
8	Non			Non
9	Oui	Costale, Diaphragmatique	4,01	Oui
10	Oui	Costale	2,86	Non
11	Non			Non
13	Oui	Costale	6,12	Non
14	Non			Non
15	Non			Oui
16	Oui	Costale	1,99	Non
17	Oui	Costale	1,56	Non

Annexe 10 : Tableau des signes tomodynamométriques étudiés chez les cas de chiens inclus dans cette étude

N° Cas	Épaississement de plèvre	Localisation de l'épaississement	Mesure de la plèvre (mm)	Invasion de la paroi thoracique
1	Oui	Diaphragmatique	2,86	Non
2	Oui	Costale	2,53	Non
4	Oui	Costale	2,52	Non
5	Oui	Costale	1,73	Non
6	Oui	Médiastinale	1,92	Non

Annexe 11 : Tableaux des signes tomodynamométriques étudiés chez les cas de chats inclus dans cette étude

Toulouse, 2020

AUTEUR : LAHERANNE MARTINEZ Magalie

TITRE : APPORT DE LA TOMODENSITOMETRIE SUR LE DIAGNOSTIC CYTOLOGIQUE DES EPANCHEMENTS THORACIQUES CHEZ LE CHIEN ET LE CHAT : ETUDE RETROSPECTIVE SUR 24 CAS

RESUME : Les objectifs de ce travail sont de comparer les densités des différents types d'épanchements pleuraux puis celles entre les parties dépendante et non dépendante de l'épanchement. Enfin, la présence d'un épaissement pleural et/ou de l'invasion de la paroi thoracique a été étudiée. Cette étude rétrospective inclue 18 chiens et 6 chats ayant passé un examen tomодensitométrique sur lequel a été identifié un épanchement pleural. Les chylothorax et les transsudats purs semblent avoir des densités inférieures aux hémothorax et exsudats. Chez les chiens, la zone dépendante présente une densité supérieure à celle non dépendante dans les cas de chylothorax et inversement pour les hémothorax, les transsudats modifiés et purs. Chez les chats, les densités sont globalement plus élevées en zone dépendante. Aucune correspondance n'a été mise en évidence entre les signes tomодensitométriques étudiés et une origine tumorale de l'épanchement.

MOTS CLES : épanchement pleural, tomодensitométrie, unités Hounsfield, chiens, chats

TITLE : CONTRIBUTION OF TOMODENSITOMETRY TO THE CYTOLOGICAL DIAGNOSIS OF THORACIC EFFUSIONS IN DOGS AND CATS: A RETROSPECTIVE STUDY OF 24 CASES

ABSTRACT : The aims of this work are to compare the densities of the different types of pleural effusions and then those between the dependent and non-dependent parts of the effusion. Finally, the presence of pleural thickening and/or invasion of the chest wall was investigated. This retrospective study included 18 dogs and 6 cats that had undergone a CT scan on which a pleural effusion was identified. Chylothorax and pure transsudates appear to have lower densities than hemothorax and exudates. In dogs, the dependent zone has a higher density value than the non-dependent zone for chylothorax and conversely for hemothorax, modified and pure transsudates. In cats, densities are generally higher in the dependent zone. No correspondence was found between the CT signs studied and a tumor origin of the effusion.

KEYWORDS : pleural effusion, CT scan, Hounsfield units, dogs, cats