



<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON

Année 2025 - Thèse n° 155

**ÉLABORATION D'UN SUPPORT NUMÉRIQUE A DESTINATION DES ÉTUDIANTS
VÉTÉRINAIRES, SOUS FORME DE QUESTIONNAIRE INTERACTIF, PERMETTANT
D'ACQUÉRIR LES BASES DE LA RADIOLOGIE THORACIQUE DANS L'ESPÈCE
CANINE**

THESE

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

Et soutenue publiquement le 18 décembre 2025
Pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

TOURNIAIRE Océane

CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON

Année 2025 - Thèse n° 155

**ÉLABORATION D'UN SUPPORT NUMÉRIQUE A DESTINATION DES ÉTUDIANTS
VÉTÉRINAIRES, SOUS FORME DE QUESTIONNAIRE INTERACTIF, PERMETTANT
D'ACQUÉRIR LES BASES DE LA RADIOLOGIE THORACIQUE DANS L'ESPÈCE
CANINE**

THESE

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

Et soutenue publiquement le 18 décembre 2025
Pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

TOURNIAIRE Océane

Liste des enseignants

NOM	Prénom	Statut
ABITBOL	Marie	Professeur
ALVES DE OLIVEIRA	Laurent	Maître de conférences
ARCANGIOLI	Marie-Anne	Professeur
BARRETT	Laura	Maître de conférences
AYRAL	Florence	Maître de conférences
BECKER	Claire	Professeur
BELLUCO	Sara	Professeur
BENAMOU - SMITH	Agnès	Maître de conférences
BERNY	Philippe	Professeur
BLONDEL	Margaux	Maître de conférences
BONNET	Jeanne-Marie	Professeur Émérite
BOURGOIN	Gilles	Maître de conférences
BRASSARD	Colline	Maître de conférences
BRUTO	Maxime	Maître de conférences
BRUYERE	Pierre	Professeur
BUFF	Samuel	Professeur
BURONFOSSE	Thierry	Professeur
CACHON	Thibaut	Maître de conférences
CADORE	Jean-Luc	Professeur Émérite
CALLAIT-CARDINAL	Marie-Pierre	Professeur
CANNON	Leah	Maître de conférences
CHABANNE	Luc	Professeur
CHALVET-MONFRAY	Karine	Professeur
CHANOIT	Guillaume	Professeur
CHETOT	Thomas	Maître de conférences
DE BOYER DES ROCHES	Alice	Professeur
DELIGNETTE-MULLER	Marie-Laure	Professeur
DJELOUADJI	Zorée	Professeur
ESCRIOU	Catherine	Maître de conférences
GALIA	Wessam	Maître de conférences
GILLET	Benoit	Maître de conférences
GILOT	Emmanuelle	Professeur
GONTHIER	Alain	Maître de conférences
HUGONNARD	Marine	Maître de conférences
HUMBERT	Alexandre	Maître de conférences Stagiaire
JUNOT	Stéphane	Professeur
KHOSH NEVIS	Mehrdad	Maître de conférences

KIM	Mark	Maître de conférences Stagiaire
KODJO	Angeli	Professeur
KRAFFT	Émilie	Maître de conférences
LAABERKI	Maria-Halima	Professeur
LE GRAND	Dominique	Professeur
LEBLOND	Agnès	Professeur
LEDOUX	Dorothée	Maître de conférences
LEFEBVRE	Sébastien	Maître de conférences
LEGROS	Vincent	Maître de conférences
LEPAGE	Olivier	Professeur
LOUZIER	Vanessa	Professeur
LURIER	Thibaut	Maître de conférences
MAGNIN	Mathieu	Maître de conférences
MARCHAL	Thierry	Professeur
MOSCA	Marion	Maître de conférences
MOUNIER	Luc	Professeur
PEROZ	Carole	Maître de conférences
PIN	Didier	Professeur
PONCE	Frédérique	Professeur
PORPHYRE	Thibaud	Professeur Stagiaire
PORSMOQUER	Charles	Maître de conférences Stagiaire
PORTIER	Karine	Professeur
POUZOT-NEVORET	Céline	Professeur
PROUILLAC	Caroline	Professeur
RACHED	Antoine	Maître de conférences
REMY	Denise	Professeur
RENE MARTELLET	Magalie	Maître de conférences
ROGER	Thierry	Professeur
SAWAYA	Serge	Maître de conférences
SCHRAMME	Michaël	Professeur
SERGEANTET	Delphine	Professeur
STORCK	Fanny	Professeur
TORTEREAU	Antonin	Maître de conférences
VICTONI	Tatiana	Maître de conférences
ZENNER	Lionel	Professeur

(Version du 20.11.2025)

Remerciements au jury

À Monsieur le Professeur Jean-Luc CADORÉ,

Professeur Émérite de VetAgro-Sup, Campus vétérinaire de Lyon,

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

Pour votre engagement envers les étudiants de cette école,

Mes hommages respectueux.

À Madame la Docteure Émilie SÉGARD-WEISSE,

Ingénieur de Recherche,

Cheffe du service d'imagerie de VetAgro-Sup, Campus vétérinaire de Lyon,

Pour avoir accepté d'encadrer ce projet qui me tenait à cœur,

Pour votre aide précieuse et votre compréhension,

Mes remerciements les plus sincères.

À Madame la Professeure Céline POUZOT-NÉVORET,

Professeure en Urgences et Soins Intensifs,

Cheffe de Service - SIAMU de VetAgro-Sup, Campus vétérinaire de Lyon,

Pour avoir accepté de faire partie de ce jury et de juger ce travail,

Mes sincères remerciements

Table des matières

Liste des figures	9
Liste des tableaux	13
Liste des abréviations	15
INTRODUCTION	17
Partie 1 : La radiographie thoracique canine : technique et images normales.....	19
I. Les grands principes de la formation de l'image radiographique	19
A. La formation de l'image radiographique	19
1. Qu'est-ce qu'un rayon X	19
2. Formation des rayons X	20
3. Interaction des rayons X avec la matière et formation de l'image radiographique	22
4. Délimitation de la zone radiographiée grâce au collimateur	23
5. Les systèmes de détection de l'image	24
6. Effets biologiques des radiations et notions de radioprotection.....	24
B. Acquisition de l'image radiographique thoracique chez le chien	26
1. Les paramètres d'acquisition	26
2. Les incidences radiographiques	26
II. L'anatomie radiographique du thorax dans l'espèce canine	32
A. Le système cardio-vasculaire	32
1. La silhouette cardiaque	32
2. Le système vasculaire	34
B. Le système respiratoire	37
1. La trachée et les bronches	37
2. Les poumons	38
3. Le diaphragme : un muscle de la paroi thoracique permettant le bon fonctionnement de la fonction respiratoire	40
4. Espace pleural	42
C. Les structures médiastinales	42
1. Le médiastin	42
2. Le système lymphatique	45
3. L'œsophage	47
D. Les différents types de thorax chez le chien en radiographie	48
1. Conformation de type bréviligne	48
2. Conformation de type médioligne	49
3. Conformation de type longiligne	50
Partie 2 : L'apport de la radiographie dans la démarche diagnostique des principales affections de la région thoracique chez le chien : reconnaître les images anormales.	51
I. Les affections de la cavité thoracique : les hernies diaphragmatiques	51
II. Les affections du système cardio-vasculaire	52
A. Le cœur	52
1. Cardiomégalie globale	52
2. Augmentation localisée de la taille de la silhouette cardiaque.	54
3. L'épanchement péricardique	57
B. Anomalies des gros vaisseaux sanguins	59

1.	Dilatation de l'arc aortique	59
2.	Dilatation du tronc pulmonaire	60
3.	Élargissement de la taille de la veine cave caudale	60
4.	Diminution de la taille de la veine cave caudale	61
III.	Les affections du système respiratoire	61
A.	L'espace pleural	61
1.	Le pneumothorax.....	61
2.	L'épanchement pleural	62
B.	Les voies aériennes et parenchyme pulmonaire	68
1.	La trachée	68
2.	Le parenchyme pulmonaire	69
3.	Cas particuliers de lésions pulmonaires à connaître	80
V.	Les affections du médiastin.....	87
A.	Le pneumomédiastin.....	87
B.	Les adénomégalies thoraciques.....	88
C.	Les affections de l'œsophage.....	93
1.	Le mégaoesophage.....	93
2.	Le corps étranger œsophagien	95
	Partie 3 : Module d'exercice en radiographie thoracique chez le chien.....	97
I.	Objectifs généraux et justification de la création d'un support numérique d'apprentissage.....	97
A.	Contenu actuel de la formation en radiographie thoracique chez le chien jusqu'en 5^{ème} année 97	
B.	Le concept d'apprentissage actif	100
C.	La place d'un module d'exercice en radiologie thoracique chez le chien dans l'enseignement actuel	101
II.	Origine des données utilisées	104
A.	Construction de la base de données	104
B.	Construction des cas cliniques : exemple du CAS n°1 du module d'exercice	106
III.	Moyens informatiques utilisés	122
A.	Choix du support numérique	122
1.	Choix du public visé par le module d'exercice	122
2.	Le logiciel Opale, un outil pour les enseignants.....	122
B.	Le module d'exercice.....	123
C.	Discussion sur le module	123
	Conclusion	125
	Bibliographie.....	127

Liste des figures

FIGURE 1 : TOUTE ONDE ELECTROMAGNETIQUE SE CARACTERISE PAR UNE LONGUEUR D'ONDE λ = DISTANCE ENTRE DEUX CRETES, ET UNE FREQUENCE F = NOMBRE DE CRETE PAR UNITE DE TEMPS. λ ET F CARACTERISENT L'ONDE ELECTROMAGNETIQUE. ON APPELLE VITESSE DE L'ONDE LA CONSTANCE $C = F \times \lambda$.	19
FIGURE 2: SCHEMA EXPLICATIF DE LA COMPOSITION D'UNE MACHINE A RAYONS X	21
FIGURE 3: PHOTOS DES POSITIONNEMENTS : (A) DORSO-VENTRAL / (B) LATERAL (ICI DROIT) / (C) VENTRO-DORSAL	29
FIGURE 4: SCHEMA REPRESENTANT UNE NON SUPERPOSITION CORRECTE DES COTES A LEUR BASE EN RADIOGRAPHIE THORACIQUE ..	30
FIGURE 5 : RADIOGRAPHIE DE THORAX VUE LATERALE GAUCHE AVEC DELIMITATION DE LA SILHOUETTE CARDIAQUE (FLECHES NOIRES).	32
FIGURE 6 : REPRESENTATION DES REGIONS DE LA SILHOUETTE CARDIAQUE AVEC L' "HORLOGE CARDIAQUE" EN VUE DORSO-VENTRAL.	33
FIGURE 7 : REPRESENTATION DES REGIONS DE LA SILHOUETTE CARDIAQUE EN RADIOGRAPHIE LATERALE AVEC L' « HORLOGE CARDIAQUE ».	34
FIGURE 8: RADIOGRAPHIE DE PROFIL DU THORAX D'UN CHIEN. ON VISUALISE L'AORTE EN ROUGE ET LA VEINE CAVE CAUDALE EN BLEU. LA LIGNE BLANCHE MARQUE LE CONTOUR VENTRAL DU MEDIASTIN CRANIAL QUI EST FORME PAR LA VEINE CAVE CRANIALE	35
FIGURE 9 : RADIOGRAPHIES DE FACE DORSO-VENTRALE DU THORAX D'UN CHIEN. LA VEINE CAVE CAUDALE EST EN BLEU. LA LIMITE LATERALE GAUCHE DE L'AORTE SE VISUALISE PAR LE TRAIT EN ROUGE.	35
FIGURE 10 : AGRANDISSEMENT D'UNE RADIOGRAPHIE DE PROFIL DU THORAX D'UN CHIEN PERMETTANT DE VISUALISER LES ARTERES ET VEINES PULMONAIRES DES LOBES PULMONAIRES CRANIAUX. MISE EN EVIDENCE SUR LA RADIOGRAPHIE DE DROITE DE L'ARTERE PULMONAIRE EN ROUGE ET DE LA VEINE PULMONAIRE EN BLEU.	36
FIGURE 11 : SCHEMA D'UNE ARTERE (A) CROISANT LA 9EME COTE (R9) EN RADIOGRAPHIE THORACIQUE EN VUE DORSO-VENTRALE.	37
FIGURE 12 : RADIOGRAPHIE LATERAL GAUCHE DE THORAX. LA TRACHEE (ENTOUREE PAR LES FLECHES NOIR) ET LA BIFURCATION TRACHEALE (CERCLE VERT) SONT MISES EN EVIDENCE.	38
FIGURE 13 : SCHEMA MONTRANT LES AIRES DE PROJECTION DES LOBES PULMONAIRES VISUALISES SUR UNE INCIDENCE DE FACE DU THORAX D'UN CHIEN.	39
FIGURE 14 : SCHEMA MONTRANT LES AIRES DE PROJECTION DES LOBES PULMONAIRES SUR UNE INCIDENCE LATERALE DU THORAX D'UN CHIEN	39
FIGURE 15 : SCHEMA DE REPRESENTATION RADIOGRAPHIQUE DU DIAPHRAGME SELON L'INCIDENCE RADIOGRAPHIQUE	40
FIGURE 16: APPARENCE RADIOGRAPHIQUE DU MEDIASTIN CRANIAL SUR UNE RADIOGRAPHIE EN VUE LATERALE DROITE (A GAUCHE) ET ANNOTATION DES LIMITES LATERALES DU MEDIASTIN CRANIAL SUR UNE RADIOGRAPHIE EN VUE DE FACE (A DROITE).	43
FIGURE 17: APPARENCE RADIOGRAPHIQUE DU MEDIASTIN CAUDAL SUR UNE RADIOGRAPHIE THORACIQUE EN VUE DE FACE : PLI DU MEDIASTIN CAUDO-VENTRAL (FLECHES ROUGES) ET VEINE CAVE CAUDALE (FLECHE VERTE).	44
FIGURE 18: APPARENCE RADIOGRAPHIQUE DU MEDIASTIN EN VUE LATERALE (A) ET DORSO-VENTRALE (B).	45
FIGURE 19 : RADIOGRAPHIE D'UN THORAX DE CHIEN, VUE LATERALE GAUCHE (A GAUCHE) ET VUE DORSO-VENTRALE (A DROITE) AVEC INDICATION DES LOCALISATIONS DES NŒUDS LYMPHATIQUES THORACIQUES	46
FIGURE 20 : RADIOGRAPHIE D'UN JEUNE CHIEN AVEC UN THYMUS VISIBLE A LA RADIOGRAPHIE.	46

FIGURE 21: PARTIE D'UNE RADIOGRAPHIE LATÉRALE DROITE DE THORAX AVEC IDENTIFICATION DE LA BANDE OESOPHAGO-TRACHEALE	47
FIGURE 22: RADIOGRAPHIES DE THORAX D'UN CHIEN DE CONFORMATION BRÉVILIGNE EN VUE LATÉRALE GAUCHE (A GAUCHE) ET EN VUE DE FACE (A DROITE).....	48
FIGURE 23: RADIOGRAPHIES DE THORAX D'UN CHIEN DE CONFORMATION MÉDIOLIGNE EN VUE LATÉRALE DROITE (A GAUCHE) ET EN VUE DE FACE (A DROITE) :	49
FIGURE 24 : RADIOGRAPHIES DE THORAX D'UN CHIEN DE CONFORMATION LONGILIGNE EN VUE LATÉRALE GAUCHE (A GAUCHE) ET EN VUE DE FACE (A DROITE) : LA SILHOUETTE CARDIAQUE OCCUPE 2,5 ESPACES INTERCOSTAUX (DOUBLE FLECHE ROUGE).	50
FIGURE 25 : MESURE DU VHS SUR UNE RADIOGRAPHIE THORACIQUE DE PROFIL GAUCHE (INDICE DE BUCHANAN)	53
FIGURE 26 : SCHEMA DE LA SILHOUETTE CARDIAQUE EN RADIOGRAPHIE THORACIQUE LORS D'UNE DILATATION ATRIALE ET VENTRICULAIRE DROITE EN VUE LATÉRALE DROITE (A) ET EN VUE DORSO VENTRALE (B).....	54
FIGURE 27 : SCHEMA DE LA SILHOUETTE CARDIAQUE EN RADIOGRAPHIE THORACIQUE LORS D'UNE DILATATION ATRIALE ET VENTRICULAIRE EN VUE LATÉRALE DROITE (A) ET EN VUE DORSO VENTRALE (B)	56
FIGURE 28 : RADIOGRAPHIE THORACIQUE DE FACE (EN VUE VENTRO-DORSALE) D'UN CHIEN AVEC UNE DILATATION ATRIALE GAUCHE.....	56
FIGURE 29 : RADIOGRAPHIE DE PROFIL DU THORAX D'UN CHIEN AVEC UNE DILATATION ATRIALE GAUCHE	57
FIGURE 30 : SCHEMA DE LA SILHOUETTE CARDIAQUE EN RADIOGRAPHIE THORACIQUE LORS D'ÉPANCHEMENT PERICARDIQUE EN VUE LATÉRALE (A) ET DORSO-VENTRALE (B)	58
FIGURE 31 : RADIOGRAPHIE DE THORAX D'UN CHIEN PRÉSENTANT UN ÉPANCHEMENT PERICARDIQUE EN VUE LATÉRALE A GAUCHE ET DE FACE A DROITE.	58
FIGURE 32 : SCHEMA D'UNE RADIOGRAPHIE DE THORAX D'UN CHIEN AVEC UNE DILATATION DE L'ARC AORTIQUE EN VUE LATÉRALE (A) ET DE FACE (B).....	59
FIGURE 33: RADIOGRAPHIE THORACIQUE D'UN CHIEN AVEC UNE DILATATION DE L'ARC AORTIQUE EN VUE DE PROFIL (A) ET DE FACE (DORSO-VENTRALE) (B).	59
FIGURE 34 : SCHEMA D'UNE RADIOGRAPHIE DE THORAX EN VUE DE FACE (DORSO-VENTRALE) D'UN CHIEN AVEC UNE DILATATION DU TRONC PULMONAIRE.	60
FIGURE 35 : RADIOGRAPHIE DE THORAX EN VUE DORSO-VENTRALE D'UN CHIEN AVEC UNE DILATATION DU TRONC PULMONAIRE	60
FIGURE 36: RADIOGRAPHIE THORACIQUE DE PROFIL D'UN CHIEN PRÉSENTANT UN PNEUMOTHORAX.	62
FIGURE 37 : SCHEMA EXPLICATIF DE L'ÉPANCHEMENT PLEURAL ET LA VISUALISATION DE LA SILHOUETTE CARDIAQUE SELON L'INCIDENCE RADIOGRAPHIQUE ;	63
FIGURE 38 : RADIOGRAPHIE THORACIQUE DE PROFIL D'UN CHIEN GOLDEN RETRIEVER DE 9 ANS PRÉSENTANT UN ÉPANCHEMENT PLEURAL HÉMORRAGIQUE (HÉMOTHORAX) IMPORTANT SECONDAIRE AU SAIGNEMENT D'UNE MASSE CARDIAQUE.	64
FIGURE 39 : RADIOGRAPHIE THORACIQUE DE FACE D'UNE CHIENNE CROISÉE ENTIÈRE DE 4 MOIS PRÉSENTANT UN ÉPANCHEMENT PLEURAL HÉMORRAGIQUE (HÉMOTHORAX) DISCRET SECONDAIRE À UNE INTOXICATION AUX ANTIVITAMINES K.....	65
FIGURE 40 : RADIOGRAPHIE THORACIQUE DE PROFIL D'UN CHIEN PRÉSENTANT UNE REDONDANCE DE LA MEMBRANE TRACHEALE.	68
FIGURE 41 : RADIOGRAPHIE THORACIQUE DE PROFIL D'UNE CHIENNE CANICHE STÉRILISÉE DE 11 ANS PRÉSENTANT UN COLLAPSUS TRACHEAL	69

FIGURE 42 : REPRESENTATION SCHEMATIQUE DE L'IMAGE RADIOGRAPHIQUE NORMALE DU PARENCHYME PULMONAIRE.....	70
FIGURE 43 : REPRESENTATION SCHEMATIQUE DE L'OPACIFICATION BRONCHIQUE EN COUPE LONGITUDINALE ET TRANSVERSE	72
FIGURE 44 : IMAGES RADIOGRAPHIQUES FOCALISEES SUR LA PARTIE CAUDALE DU CHAMP PULMONAIRE D'UN CHIEN PRESENTANT UNE OPACIFICATION BRONCHIQUE.	72
FIGURE 45 : : REPRESENTATION SCHEMATIQUE DE L'OPACIFICATION ALVEOLAIRE EN COUPE LONGITUDINALE ET TRANSVERSE	74
FIGURE 46 : RADIOGRAPHIES D'UN CHIEN CROISE DE 4 ANS PRESENTANT UNE PNEUMONIE PAR ASPIRATION.	75
FIGURE 47 : REPRESENTATION SCHEMATIQUE DE DIFFERENTS TYPES D'OPACIFICATION INTERSTITIELLE NON STRUCTUREE DIFFUSE (A), LINEAIRE (B) ET MILIAIRE (C)	76
FIGURE 48 : AGRANDISSEMENT D'UNE RADIOGRAPHIE THORACIQUE DE PROFIL D'UN CHIEN AVEC UNE OPACIFICATION INTERSTITIELLE NON STRUCTUREE	77
FIGURE 49 : RADIOGRAPHIE THORACIQUE DE PROFIL D'UN CHIEN AGE DE 11 ANS AVEC UNE OPACIFICATION INTERSTITIELLE NON STRUCTUREE DE TYPE MILIAIRE	78
FIGURE 50: RADIOGRAPHIE THORACIQUE D'UN CHIEN AVEC DE MULTIPLES MASSES ET NODULES D'OPACITE TISSULAIRE	79
FIGURE 51 : RADIOGRAPHIE THORACIQUE DE FACE D'UN CHIEN PRESENTANT UNE IMPORTANTE ATELECTASIE DES LOBES PULMONAIRES GAUCHES.	81
FIGURE 52 : RADIOGRAPHIE THORACIQUE DE FACE D'UN CHIEN PRESENTANT UNE TORSION DE LOBE.....	83
FIGURE 53 : RADIOGRAPHIES THORACIQUES [(A) EN VUE LATÉRALE DROITE (B) EN VUE LATÉRALE GAUCHE (C) EN VUE DE FACE] D'UN CHIEN CROISE DE 6 ANS PRESENTANT UNE BRONCHOPNEUMONIE PAR FAUSSE DEGLUTITION.....	84
FIGURE 54 : SCHEMA D'UN PNEUMO MEDIASTIN MONTRANT UN AUGMENTATION DU CONTRASTE MEDIASTINAL AVEC LA VISUALISATION DE LA VEINE AZYGOS (Az), DE L'ŒSOPHAGE NOTAMMENT (Oes) ET DES VAISSEAUX DU MEDIASTIN CRANIAL....	88
FIGURE 55 : : RADIOGRAPHIE DE THORAX EN VUE LATÉRALE DROITE D'UN GRIFFON MALE ENTIER DE 1 AN ET DEMI PRESENTANT UN PNEUMOMEDIASTIN.	88
FIGURE 56:RADIOGRAPHIE THORACIQUE EN VUE (A) DE FACE (B) LATÉRALE GAUCHE (C) LATÉRALE DROITE D'UNE CHIENNE ENTIERE CANE CORSO DE 8 ANS PRESENTANT UNE ADENOMEGALIE STERNALE	90
FIGURE 57 : RADIOGRAPHIE THORACIQUE LATÉRALE GAUCHE D'UN CHIEN MALE ENTIER BERGER AUSTRALIEN DE 11 ANS PRESENTANT UNE ADENOMEGALIE MEDIASTINALE CRANIALE.....	91
FIGURE 58 : RADIOGRAPHIE THORACIQUE EN VUE (A) DE FACE (B) LATÉRALE GAUCHE D'UN CHIEN MALE ENTIER BERGER AUSTRALIEN DE 11 ANS PRESENTANT UNE ADENOMEGALIE TRACHEOBRONCHIQUE.....	92
FIGURE 59 : SCHEMA D'UNE RADIOGRAPHIE D'UN CHIEN PRESENTANT UN MEGAOESOPHAGE (DILATATION GENERALISEE DE L'ŒSOPHAGE PAR UN CONTENU AERIQUE OU DE TYPE « INGESTA ») EN VUE LATÉRALE (A) ET DE FACE (B).	93
FIGURE 60 : RADIOGRAPHIE THORACIQUE EN VUE DE FACE (A GAUCHE) ET LATÉRALE GAUCHE (A DROITE) D'UNE CHIENNE STERILISEE BEAUCERON DE 13 ANS MONTRANT UNE DILATATION GENERALISEE DE L'ŒSOPHAGE PAR UN CONTENU LIQUIDIEN.	94
FIGURE 61 RADIOGRAPHIE THORACIQUE EN VUE LATÉRALE DROITE D'UN CHIEN MALE ENTIER AMERICAN STAFFORDSHIRE TERRIER DE 14 ANS MONTRANT UNE DILATATION GENERALISEE DE L'ŒSOPHAGE PAR UN CONTENU AERIQUE.	94
FIGURE 62 : ILLUSTRATION DU CAS 1 DU MODULE D'EXERCICE : TEQUILA, UNE BRONCHOPNEUMONIE PAR FAUSSE DEGLUTITION SECONDAIRE A UN MEGAOESOPHAGE.....	121

Liste des tableaux

<i>TABLEAU I: REPRESENTATION DES STRUCTURES THORACIQUES SUR UNE VUE DE FACE CHEZ LE CHIEN EN FONCTION DU TYPE D'INCIDENCE REALISEE</i>	<i>27</i>
<i>TABLEAU II: REPRESENTATION DES STRUCTURES THORACIQUES SUR UNE VUE DE PROFIL CHEZ LE CHIEN EN FONCTION DU TYPE D'INCIDENCE REALISEE</i>	<i>28</i>
<i>TABLEAU III : RECOMMANDATIONS DE POSITIONNEMENT POUR LES INCIDENCES RADIOGRAPHIQUES DE LA CAVITE THORACIQUE CHEZ LE CHIEN</i>	<i>29</i>
<i>TABLEAU IV: CRITERES DE QUALITE DES CLICHES RADIOGRAPHIQUES DU THORAX</i>	<i>30</i>
<i>TABLEAU V: INDICATIONS ET CONTRE-INDICATIONS EVENTUELLES DES DIFFERENTES INCIDENCES RADIOGRAPHIQUES THORACIQUES CHEZ LE CHIEN</i>	<i>31</i>
<i>TABLEAU VI: TABLEAU RECAPITULATIF DE LA FORME DU DIAPHRAGME EN RADIOGRAPHIE THORACIQUE SE LES INCIDENCES</i>	<i>41</i>
<i>TABLEAU VII : EXEMPLES DE VALEURS PUBLIEES D'INDICE DE BUCHANAN EN FONCTION DE LA RACE DE CHIEN</i>	<i>53</i>
<i>TABLEAU VIII: SIGNES RADIOGRAPHIQUES POSSIBLEMENT RENCONTRES LORS DE CARDIOMEGALIE DROITE</i>	<i>54</i>
<i>TABLEAU IX : SIGNES RADIOGRAPHIQUES POSSIBLEMENT RENCONTRES LORS DE CARDIOMEGALIE GAUCHE</i>	<i>55</i>
<i>TABLEAU X : SIGNES RADIOGRAPHIQUES POSSIBLEMENT RENCONTRES LORS D'EPANCHEMENT PERICARDIQUE IMPORTANT</i>	<i>58</i>
<i>TABLEAU XI: SIGNES RADIOGRAPHIQUES POSSIBLES LORS D'EPANCHEMENT PLEURAL</i>	<i>63</i>
<i>TABLEAU XII : DIAGNOSTIC DIFFERENTIEL DES MASSES ET NODULES EN FONCTION DE S'ILS SONT UNIQUES OU MULTIPLES DANS LE PARENCHYME PULMONAIRE</i>	<i>80</i>
<i>TABLEAU XIII : SIGNES RADIOGRAPHIQUES, LOCALISATIONS PREFERENTIELLES, ET CAUSES POSSIBLES LORS D'CEDEME PULMONAIRE CARDIOGENIQUE</i>	<i>85</i>
<i>TABLEAU XIV: SIGNES RADIOGRAPHIQUES, LOCALISATIONS PREFERENTIELLES, ET DIAGNOSTIC DIFFERENTIEL POSSIBLE LORS D'CEDEME PULMONAIRE NON CARDIOGENIQUE</i>	<i>86</i>
<i>TABLEAU XV : SIGNES RADIOGRAPHIQUES POSSIBLES LORS D'UNE ADENOMEGALIE STERNALE CHEZ LE CHIEN SELON L'INCIDENCE RADIOGRAPHIQUE</i>	<i>89</i>
<i>TABLEAU XVI : SIGNES RADIOGRAPHIQUES POSSIBLE LORS D'ADENOMEGALIE MEDIASTINALE CRANIALE CHEZ LE CHIEN SELON L'INCIDENCE RADIOGRAPHIQUE</i>	<i>91</i>
<i>TABLEAU XVII: SIGNES RADIOGRAPHIQUES POSSIBLES LORS D'ADENOMEGALIE TRACHEO-BRONCHIQUE CHEZ LE CHIEN SELON L'INCIDENCE RADIOGRAPHIQUE</i>	<i>92</i>
<i>TABLEAU XVIII : SIGNES RADIOGRAPHIQUES POSSIBLES LORS D'UN MEGA ŒSOPHAGE CHEZ LE CHIEN SELON L'INCIDENCE RADIOGRAPHIQUE</i>	<i>93</i>

<i>TABLEAU XIX: OBJECTIFS PEDAGOGIQUES DE L'ENSEIGNEMENT DE L'ANATOMIE THORACIQUE EN RADIOGRAPHIE THORACIQUE CHEZ LE CHIEN</i>	<i>98</i>
<i>TABLEAU XX: OBJECTIFS PEDAGOGIQUES DE L'ENSEIGNEMENT DES RADIOGRAPHIES THORACIQUES ANORMALES CHEZ LE CHIEN</i>	<i>99</i>
<i>TABLEAU XXI : AUTRES OBJECTIFS PEDAGOGIQUES DE L'ENSEIGNEMENT EN RADIOGRAPHIE THORACIQUE CHEZ LE CHIEN</i>	<i>100</i>
<i>TABLEAU XXII : OBJECTIFS PEDAGOGIQUES DE LA ROTATION D'IMAGERIE ET LEURS MODES D'EVALUATION EN FONCTION DE L'ANNEE UNIVERSITAIRE</i>	<i>100</i>
<i>TABLEAU XXIII : SYNTHESE DES PRINCIPALES METHODES D'APPRENTISSAGE ACTIF</i>	<i>101</i>
<i>TABLEAU XXIV: OBJECTIFS PEDAGOGIQUES DU MODULE D'EXERCICE CONCERNANT L'ANATOMIE THORACIQUE EN RADIOGRAPHIE</i>	<i>102</i>
<i>TABLEAU XXV : OBJECTIFS PEDAGOGIQUE DU MODULE D'EXERCICE DE L'IMAGE RADIOGRAPHIQUE ANORMALE CHEZ LE CHIEN.</i>	<i>103</i>
<i>TABLEAU XXVI : TABLEAU RECAPITULATIF DES CAS CLINIQUE AVEC LEUR NOM, LEUR RACE ET ME DIAGNOSTIC FINAL</i>	<i>104</i>

Liste des abréviations

mA : milli ampérage

ms : millisecondes

kV : kilovoltage

kVp : kilovoltage crête

INTRODUCTION

Savoir réaliser et interpréter une radiographie thoracique fait partie des compétences à acquérir lors du cursus vétérinaire. En effet, elles font partie intégrante de l'enseignement d'imagerie à Vetagro-Sup. Bien que très complet, l'enseignement en imagerie manque de pratique dans l'interprétation des radiographies. Cette interprétation est pourtant essentielle une fois intégrée dans le monde professionnel vétérinaire afin de pouvoir poser des diagnostics.

Ce projet de fin d'études porte donc sur l'apprentissage de ces interprétations radiographiques. Seule la radiographie thoracique chez le chien a été traitée. En effet, cette région est celle qui est la plus fréquemment radiographiée en pratique clinique, il est donc important que les étudiants maîtrisent cette région en radiographie.

Afin d'acquérir les compétences en interprétation radiographique thoracique canine, un module d'exercice contenant au total 35 cas cliniques a été réalisé au cours de cette thèse et monté avec le logiciel « Opale » pour le rendre accessible sur des plateformes en ligne, notamment la plateforme qu'utilise Vetagro-Sup pour la diffusion de son enseignement : Moodle.

Les deux premières parties de ce manuscrit représentent une synthèse des données théoriques à maîtriser pour s'exercer sur le module et à laquelle l'étudiant pourra se référer facilement. La première partie porte sur les techniques de radiographie et les radiographies thoraciques normales du chien. La deuxième, quant à elle, porte sur la reconnaissance des images radiographiques thoraciques anormales ainsi que leur diagnostic différentiel. Puis une troisième partie présentera l'intérêt du module d'exercice ainsi que sa composition et son insertion dans l'enseignement d'imagerie.

Partie 1 : La radiographie thoracique canine : technique et images normales

I. Les grands principes de la formation de l'image radiographique

A. La formation de l'image radiographique

La formation de l'image radiographique repose sur l'interaction des rayons X avec la matière.

1. Qu'est-ce qu'un rayon X

En physique classique, les rayons X sont des ondes électromagnétiques de hautes fréquences et énergies (Jossier et al., 2013), qui se déplacent aussi bien dans le vide que dans la matière. Les ondes électromagnétiques sont caractérisées par un champ électrique et un champ magnétique plans perpendiculaires l'un de l'autre comme on peut le visualiser Figure 1 (Thrall, 2017). Cette onde est caractérisée par deux paramètres fondamentaux : la fréquence f (en Hz) et la longueur d'onde λ (en mètres). La vitesse de propagation C du rayonnement électromagnétique est constante et égale au produit de la fréquence par la longueur d'onde : $C = f \times \lambda$.

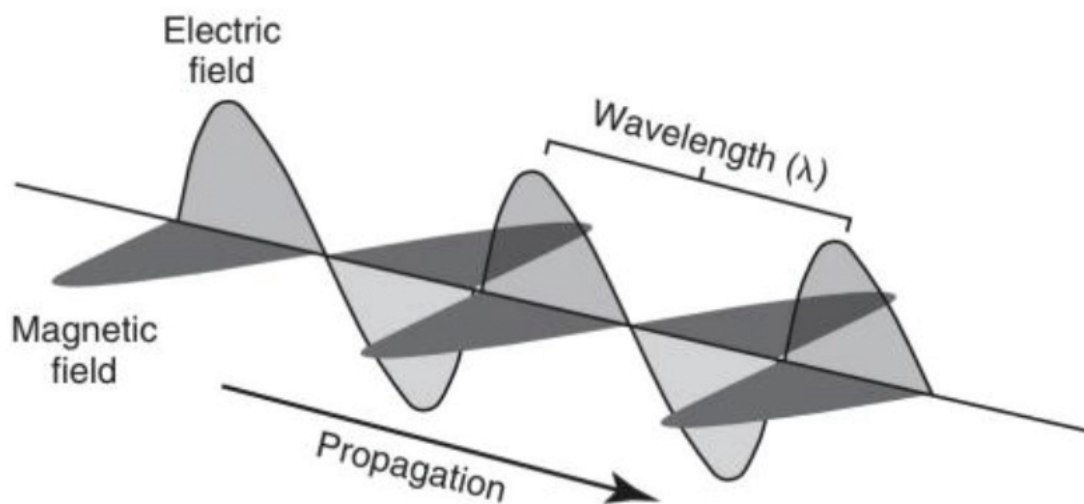


Figure 1 : Toute onde électromagnétique se caractérise par une longueur d'onde λ = distance entre deux crêtes, et une fréquence f = nombre de crête par unité de temps. λ et f caractérisent l'onde électromagnétique. On appelle vitesse de l'onde la constante $C = f \times \lambda$. (Source: Thrall, 2017)

2. Formation des rayons X

La matière est constituée de molécules, elles-mêmes formées par l'association d'un ou plusieurs atomes, identiques ou de nature différente. Selon le modèle atomique classique de Bohr, chaque atome est composé d'un noyau central, contenant des protons et des neutrons, autour duquel gravitent un ou plusieurs électrons organisés en couches électroniques.

a) Principe général

La production de rayons X résulte d'une interaction énergétique intense entre des électrons possédant une énergie cinétique élevée et une cible métallique de densité et de numéro atomique élevés, généralement du tungstène. Lors de l'impact de ces électrons sur la cible, deux types de rayonnements X peuvent être générés: le rayonnement de freinage et le rayonnement caractéristique (Thrall, 2017). Le principal mode de formation du faisceau de rayons X utilisé en radiologie repose sur le rayonnement de freinage (Thrall, 2017)(Bezak et al., 2021) aussi appelé émission générale car c'est celle qui représente la plus grande part du rayonnement. **Le rayonnement caractéristique**, est émis lorsqu'un électron incident éjecte un électron d'une couche électronique interne de l'atome de la cible (généralement la couche K). Un électron provenant d'une couche supérieure comble alors la vacance électronique, libérant un rayon X. **Le rayonnement de freinage (Bremsstrahlung)**, quant à lui, survient lorsque les électrons incidents sont ralentis ou déviés par le champ électrique du noyau atomique de la cible. Cette interaction provoque une perte d'énergie, partiellement convertie en rayons X (environ 1%), tandis que la majeure partie (près de 99%) est dissipée sous forme de chaleur. Le rendement net de production des rayons X de la machine est ainsi très faible.

b) Formation des rayons X grâce à l'appareil à rayons X

L'appareil à rayons X est l'outil qui nous permet de former des rayons X en radiographie. Il est composé d'un tube radiogène et d'un générateur (Thrall, 2017). En effet, les rayons X sont produits lorsque des électrons à haute vitesse percutent un métal. En radiographie, ce phénomène se déroule dans un environnement contrôlé, celui du tube à rayons X. Ce dernier fonctionne grâce à un générateur. Ce tube est constitué d'une enveloppe en verre renfermant deux éléments essentiels : une cathode, comportant un filament métallique chauffé chargé négativement, et une anode, constituée d'une cible métallique chargée positivement. Le tube à rayons X schématisé dans la Figure 2 permet ainsi, grâce au générateur, l'accélération des électrons depuis leur point d'émission au niveau du filament, jusqu'à leur impact sur la cible métallique (anode), où se produit l'émission des rayons X (Thrall, 2017).

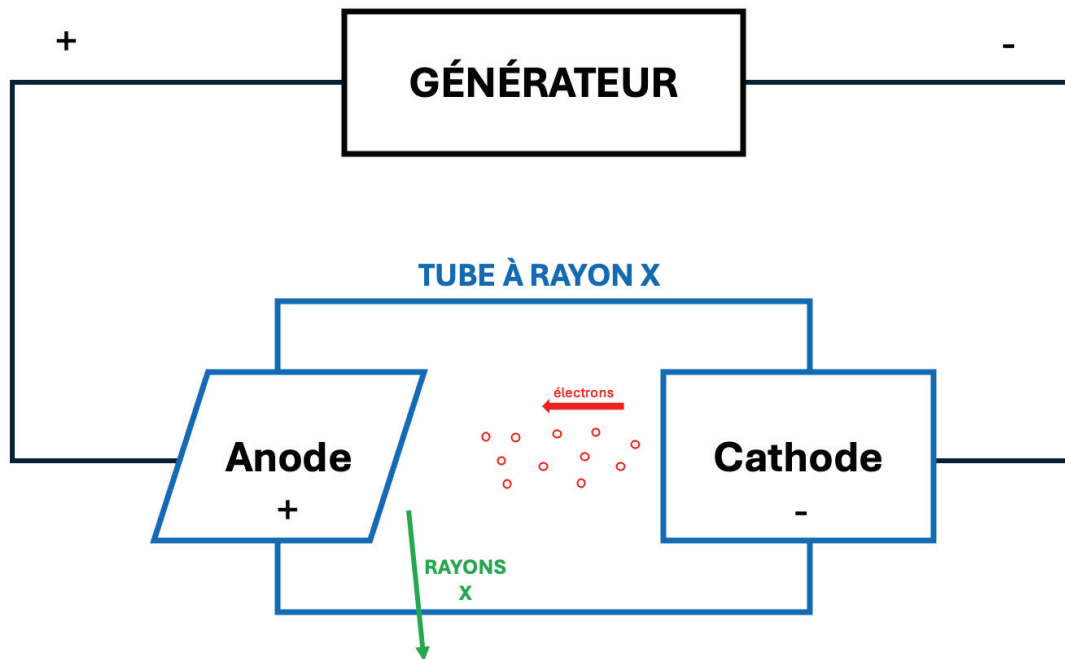


Figure 2: Schéma explicatif de la composition d'une machine à Rayons X

En radiologie vétérinaire, il existe 2 types de tube radiogène : ceux avec une anode rotative et ceux avec une anode fixe. Aujourd'hui, l'anode rotative est la plus répandue car c'est celle qui est la plus performante dans le temps et dont le vieillissement est plus tardif que l'anode fixe qui elle s'use plus rapidement (Thrall, 2017).

c) Spécificité des rayons X produits par l'appareil à rayon X

Pour créer une source d'électrons, un courant électrique est appliqué au filament du tube à rayons X, ce qui élève sa température, de manière similaire à celle utilisée pour chauffer le filament d'une ampoule à incandescence. Le chauffage permet aux électrons de « s'échapper » de la surface du filament, formant ainsi un nuage d'électrons libres, chargés négativement. La quantité d'électrons ainsi libérée est directement proportionnelle à l'intensité du courant traversant le filament, laquelle est contrôlée par le réglage du milli ampérage (mA) sur le panneau de commande de l'appareil radiographique. Les électrons produits au niveau du filament sont ensuite accélérés vers une cible métallique en appliquant une différence de potentiel entre le filament et la cible. Étant donné que les électrons sont chargés négativement, ils sont attirés vers la cible lorsque celle-ci est chargée positivement par rapport au filament (les charges opposées s'attirent). L'énergie des rayons X produits dépend directement de l'énergie des électrons qui frappent la cible. Cette énergie est contrôlée par la tension appliquée entre le filament et la cible, réglée à l'aide du kVp (kilovoltage crête) sur le panneau de commande de l'appareil à rayon x. En augmentant le kVp, on accroît la différence de potentiel entre le filament et la cible, ce qui permet aux électrons d'atteindre des vitesses plus élevées, donc de posséder une énergie cinétique plus

importante lorsqu'ils percutent la cible. Des électrons plus énergétiques peuvent ainsi produire des rayons X de plus haute énergie (Thrall, 2017).

Ainsi, les caractéristiques du faisceau de rayons X émis dépendent des paramètres de contrôle de l'appareil radiographique, réglés par l'opérateur au moment de la prise de la radiographie. Pour cela on fait varier (Jossier et al., 2013):

- **La tension** (différence de potentiel entre l'anode et la cathode en kilovoltage) : elle contrôle l'accélération des électrons et permet de déterminer la vitesse avec laquelle les électrons vont rentrer en contact avec l'anode. Une augmentation de la tension induit une augmentation de la quantité de rayons X produite, et une augmentation de leur énergie moyenne, et donc de leur capacité de pénétration dans la matière.
- **L'intensité** du flux d'électrons du faisceau : elle peut être modifiée en faisant varier les milliampères (mA). L'intensité du courant traversant le tube permet de contrôler le débit de rayons X, sans avoir d'influence sur leur énergie individuelle.
- **Le temps d'exposition** en millisecondes (ms) définit la durée d'émission du faisceau.

3. Interaction des rayons X avec la matière et formation de l'image radiographique

Lorsqu'un rayon X traverse de la matière il va subir une atténuation. L'atténuation est la réduction du nombre de rayons X résultant de leur absorption ou de leur déviation dans la matière. En effet, lorsque les rayons X rencontrent de la matière, trois principales interactions peuvent se produire (Thrall, 2017) :

- **La transmission** (aussi appelé la diffusion cohérente) : Elle se produit lorsqu'un rayon X interagit avec un atome sans être absorbé, et sans modification de son énergie. Seule la direction du rayon est modifiée. Ce phénomène concerne une faible proportion des rayons X incidents, environ **5 %** de ceux qui frappent le patient.
- **L'effet photoélectrique** (aussi appelé l'absorption) : il se produit lorsqu'un rayon X incident est entièrement absorbé par un atome des tissus
- **La diffusion Compton** : elle se produit lorsqu'un rayon X incident entre en collision avec un électron appartenant à une couche périphérique d'un atome des tissus biologiques. Cet électron est alors « éjecté » de sa couche électronique, tandis que le rayon X est dévié selon **un angle différent** de sa trajectoire initiale, et avec une énergie plus faible. Cette diffusion pose par ailleurs un problème en termes de radioprotection : les rayons X diffusés peuvent augmenter l'exposition du personnel médical et détériorer la qualité de l'image en créant un voile, réduisant ainsi la netteté de la radiographie.

La formation de l'image radiographique repose sur la variation d'absorption du faisceau de rayons X entre les différents tissus, due notamment à l'effet photoélectrique, mais également aux rayons transmis et de ceux issus de la diffusion Compton. Le degré d'absorption (ou d'atténuation) des rayons X par un tissu particulier dépend de :

- L'épaisseur du tissu : plus le tissu est épais, plus il absorbe des rayons X.
- La composition des tissus
 - La densité : Plus la densité du tissu est élevée, plus les rayons X sont absorbés.
 - Le numéro atomique : plus le numéro atomique de la matière est élevé, plus la matière absorbe les rayons X.
- L'énergie des rayons X incidents : Plus la différence de potentiel imposée par le générateur (Kv) est élevée, plus grand est le pouvoir de pénétration des rayons X et donc plus faible est l'absorption de ces derniers.

Ainsi le niveau de gris visible dans une zone du film correspond à la somme des atténuations élémentaires engendrées par les corps successivement traversés. Par exemple, les tissus denses, comme les os, apparaissent plus clairs sur l'image car ils absorbent plus de rayons, tandis que les tissus plus mous, comme les muscles et les organes, apparaissent plus sombres (BARTHEZ, 1997).

En pratique, 5 catégories d'opacité sont discernées à la radiographie. Par ordre d'opacité aux rayons X décroissante, on distingue :

- ▶ Le métal
- ▶ L'os/les minéralisations
- ▶ Les liquides (dont les tissus mous font partie)
- ▶ La graisse
- ▶ L'air

4. Délimitation de la zone radiographiée grâce au collimateur

Pour obtenir une image radiographique correctement cadrée, il est nécessaire de délimiter la zone à radiographier afin que les rayons se concentrent sur cette zone. Pour cela, on utilise un collimateur (Thrall, 2017). Son rôle est d'orienter les rayons X sortant du tube radiogène afin de ne laisser passer que ceux qui sont nécessaires. Le collimateur est composé de 4 lames métalliques (également appelées diaphragmes) stoppant les rayons X, déposées de chaque côté de la fenêtre de sortie de l'appareil à rayons X. Les mouvements des lames opposées sont synchrones lors de la manipulation. Le rôle des diaphragmes est de déterminer le champ rectangulaire d'irradiation et ainsi de limiter le rayonnement diffusé.

5. Les systèmes de détection de l'image

Après les différentes absorptions par les objets traversés, les rayons X, d'intensités différentes, permettent la formation de l'image radiographique grâce à des systèmes de détection de l'image. Ces systèmes reçoivent les différentes intensités de rayons X et les transforment en une nuance de gris proportionnelle à l'intensité reçue.

Actuellement deux principaux types de systèmes de radiographie numérique sont utilisés en médecine vétérinaire :

1. **Les écrans radio luminescents à mémoire (ERLM)**, qui sont les plus anciens et tendent à disparaître
2. **Les capteurs plans** (directs, indirects) qui sont désormais les plus utilisés. Développés au début des années 1990, ils sont les détecteurs à rayons X les plus aboutis. Ils ne nécessitent pas de développeuse. Ils utilisent des plaques de détection numérique qui peuvent être sans fil ou reliées à l'ordinateur via un câble. Ils peuvent être intégrés dans la table à rayons X.

Bien que très ancienne, la radiologie conventionnelle reste un excellent détecteur, qui a très bien fonctionné pendant longtemps, mais qui a été désormais complètement remplacé par la radiologie numérique (Thrall, 2017).

6. Effets biologiques des radiations et notions de radioprotection

Les rayons X ont une courte longueur d'onde, une fréquence élevée et une énergie relativement élevée. Cette importante énergie transportée présente certains risques.

a) Les risques de l'exposition aux rayons X

Le risque principal lors de l'exposition aux rayons X est l'ionisation.

L'ionisation se produit lorsqu'un électron est éjecté d'un atome, par exemple par absorption d'un rayon X. Cela crée une paire d'ions : un électron libre (chargé négativement) et un atome ionisé (chargé positivement). Par conséquent, lorsque les rayons X pénètrent dans un organisme vivant, ils peuvent provoquer des ionisations des différents constituants de la cellule (comme les protéines ou les membranes) mais les effets délétères sont principalement causés par l'action directe (mécanisme mineur) ou indirecte (mécanisme majeur) des électrons sur les molécules d'ADN.

Cette ionisation de l'ADN entraîne des risques tels que (Thrall, 2017):

- Des mutations génétiques/héréditaires
- Des avortements ou anomalies fœtales

- Une augmentation de la susceptibilité aux maladies ou réduction de l'espérance de vie
- Un effet cancérogène
- Des cataractes

Ces risques biologiques des rayonnements peuvent être classés en deux grandes catégories (Thrall, 2017) selon les effets dont ils sont responsables :

1. **Les effets déterministes** : ils présentent un seuil de dose en dessous duquel aucun effet n'est observé. Au-delà de ce seuil, la sévérité de l'effet augmente avec la dose reçue (la cataracte radio-induite est un exemple type).
2. **Les effets stochastiques (ou aléatoires)** : ils n'ont pas de seuil de dose. Cela signifie que tout niveau d'exposition, même très faible, peut potentiellement provoquer un effet, bien que la gravité de l'effet soit indépendante de la dose (l'apparition d'un cancer radio-induit en est l'exemple type)

Il est donc obligatoire de protéger les opérateurs lors de la réalisation d'un examen radiographique, et de respecter les bonnes pratiques lors de l'acquisition des clichés.

b) La radioprotection

D'après l'Autorité de Sûreté Nucléaire et de Radioprotection (ASNR), la radioprotection recouvre l'ensemble des mesures prises pour assurer la protection de l'homme et de son environnement contre les effets des rayonnements ionisants.

En radiologie diagnostique, il existe trois sources principales de rayonnement susceptibles d'exposer les opérateurs (Sutton et al., 2012):

1. **Le faisceau primaire** : ce sont les rayons X focalisés sur le patient
2. **Le rayonnement diffusé** : rayonnement X qui, lors de l'interaction du faisceau de rayons X primaire avec le patient, est diffusé du patient vers son environnement (secondairement à l'effet Compton)
3. **Le rayonnement de fuite** : rayonnement X qui émane du boîtier de protection du tube à rayons X dans d'autres directions que le faisceau de rayons X primaire pendant l'exposition.

Lors de la réalisation des examens radiographiques des carnivores domestiques, les « bonnes pratiques » et le matériel de radioprotection permettent de réduire l'exposition aux rayons X des opérateurs. Le matériau le plus utilisé en radioprotection est le plomb car il arrête les rayons X. Toutefois, à aucun moment, aucune partie de la personne assurant la contention de l'animal ne doit être placée dans le faisceau primaire, même si elle est protégée par des vêtements en plomb.

Le matériel de radioprotection nécessaire en pratique pour le personnel vétérinaire (BARTHEZ, 1997) sont :

- Des lunettes plombées

- Un tablier de plomb
- Des gants de plomb
- Un protège thyroïde en plomb

B. Acquisition de l'image radiographique thoracique chez le chien

1. Les paramètres d'acquisition

Pour une obtenir une image thoracique de chien de bonne qualité, les paramètres suivants sont recommandés (BARTHEZ, 1997) :

- Temps de pose court
- Tension élevée
- Grille si épaisseur > 10cm

Le moment d'acquisition est très important pour la qualité de l'image. La plupart du temps, on réalisera les clichés en phase inspiratoire (fin d'inspiration) afin que les poumons soient bien insufflés.

Cependant, il existe certains cas particuliers pour lesquels l'acquisition en expiration est recommandée. En effet les radiographies thoraciques prises en expiration permettent notamment (Thrall, 2017):

- De mettre en évidence une absence de modification du volume pulmonaire (lors de contexte de la fibrose pulmonaire par exemple), en comparant ces clichés expiratoires avec ceux réalisés en inspiration
- D'évaluer la rigidité des différents segments des voies aériennes par les jeux des modifications des pressions externes (collapsus bronchique, trachéal ou bronchiectasie par exemple)
- De mieux voir les lésions cavitaires aériques / bulles pulmonaires en augmentant l'opacité du tissu pulmonaire environnant.

2. Les incidences radiographiques

L'examen radiographique thoracique de base chez le chien doit comprendre deux clichés latéraux (gauche et droit), ainsi qu'un cliché de face (ventro-dorsale ou dorso-ventrale). Il est important que toute la cavité thoracique soit incluse dans l'image. Le champ de vue doit s'étendre de la partie la plus crâniale de la cavité thoracique, jusqu'à quelques centimètres derrière la dernière côte (Thrall, 2017).

a) Les différentes vues radiographiques

Selon l'incidence radiographique réalisée, les structures thoraciques ne seront pas visualisées de la même manière. L'intégralité des représentations des structures thoraciques est résumée dans les tableaux I et II .

Tableau I: Représentation des structures thoraciques sur une vue de face chez le chien en fonction du type d'incidence réalisée (Thrall, 2017) (SCHWARZ & JOHNSON, 2008)

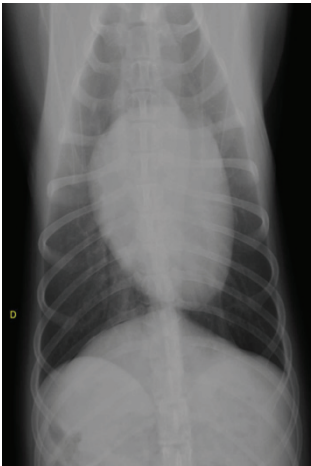
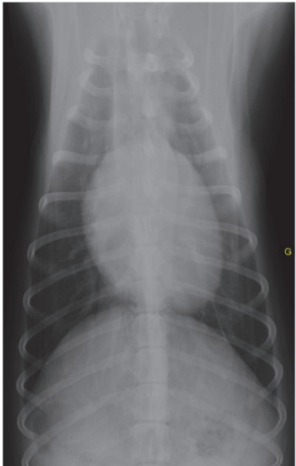
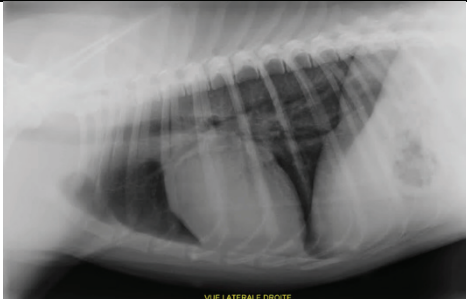
Structures	Vue ventro-dorsale	Vue dorso-ventrale
Diaphragme	Image tripartite « en oreilles de Mickey »	Image en dôme
Poumons	Lobe accessoire mieux visible	Mieux pour la partie dorsale des lobes pulmonaires
		Lobe accessoire moins bien aéré
	Risque d'atélectasie	Risque d'atélectasie moindre
Silhouette cardiaque	Allongée	Forme plus ovale Incidence « de référence » pour l'évaluation du cœur
	Aspect possiblement renflé du tronc pulmonaire	
Vaisseaux pulmonaires des lobes caudaux	Moins visibles que sur la vue dorso-ventrale	Bien visibles
Radiographie	 (Source : VetagroSup)	 (Source : VetagroSup)

Tableau II: Représentation des structures thoraciques sur une vue de profil chez le chien en fonction du type d'incidence réalisée (Thrall, 2017) (SCHWARZ & JOHNSON, 2008)

Structures	Vue latérale droite	Vue latérale gauche
Diaphragme	Hémi-coupes diaphragmatiques parallèles	Hémi-coupes diaphragmatiques « en Y »
Poumons	Lobes pulmonaires gauches mieux visibles	Lobes pulmonaires droits mieux visibles
	Atélectasie des lobes pulmonaires gauches	Atélectasie des lobes pulmonaires droits
Veine cave caudale	Entre dans l'hémi-coupole la plus crâniale (droite)	Se superpose à l'hémi-coupole crâniale (gauche) pour entrer dans l'hémi-coupole caudale (droite)
Silhouette cardiaque	Forme plus ovale Incidence « de référence » pour l'évaluation du cœur	Aspect plus arrondi de la silhouette cardiaque
Vaisseaux pulmonaires des lobes crâniens	Superposition des vaisseaux pour les lobes pulmonaires droit et gauche, rendant leur interprétation difficile	Meilleure vue pour évaluer les vaisseaux pulmonaires du lobe pulmonaire crânial droit
Radiographie	 (Source : VetagroSup)	 (Source : VetagroSup)

b) Positionnement du chien pour la réalisation des différentes vues

Selon l'incidence radiographique voulu, le chien doit être positionné différemment. L'intégralité des recommandations de positionnement selon (BARTHEZ, 1997) est récapitulée dans le tableau III.

Tableau III : Recommandations de positionnement pour les incidences radiographiques de la cavité thoracique chez le chien (BARTHEZ, 1997)

Incidence radiographique	Latérale droite <i>(voir (A) de la figure 3)</i>	Latérale gauche <i>(voir (A) de la figure 3)</i>	Ventro-dorsale <i>(voir (C) de la figure 3)</i>	Dorso-ventrale <i>(voir (B) de la figure 3)</i>
Positionnement	Décubitus latéral droit	Décubitus latéral gauche	Décubitus dorsal	Décubitus sterno-abdominal
	Cou en extension			Cou en flexion
	Membres thoraciques en extension étendus vers l'avant (Thrall, 2017)			
	Coussin de mousse sous le sternum pour corriger une éventuelle rotation		Coussin de mousse pour corriger une éventuelle rotation	
	Faisceau de rayons X centré à la limite caudale de la scapula, au tiers ventral du thorax		Faisceau de rayons X centré en partie caudale des scapulas sur la ligne médiane	
	Champ ouvert jusqu'en partie crâniale de l'épaule		Champ ouvert jusqu'en partie crânial de l'épaule	
	Champ ouvert pour inclure le sternum			

Par ailleurs, quelle que soit l'incidence, il est nécessaire de latéraliser le cliché en mettant un marqueur « Gauche » ou « Droite » sur le côté de l'animal et dans le champ de tir des rayons.



Figure 3: Photos des positionnements : (A) dorso-ventral / (B) Latéral (ici droit) / (C) ventro-dorsal (Source : Vetagro-Sup)

Une fois les clichés réalisés, on peut apprécier la qualité des clichés selon les critères du tableau IV

Tableau IV: Critères de qualité des clichés radiographiques du thorax (BARTHEZ, 1997)

Incidence radiographique	Latérale droite	Latérale gauche	Ventro-dorsale	Dorso-ventrale
Critères de qualité	Ensemble du thorax contenu sur le cliché			
	Radiographie centrée sur la bifurcation trachéo-bronchique		Symétrie des 2 hémithorax	
	Superposition des côtes à leur base (Voir figure 4)		Superposition des vertèbres et des sternèbres	
	Membres thoraciques non superposés à la crâniale du thorax			
	Diaphragme superposé à la 12 ^{ème} ou 13 ^{ème} vertèbre thoracique (si cliché pris en fin d'inspiration)		Diaphragme superposé à la 9 ^{ème} ou 10 ^{ème} vertèbre thoracique (si cliché pris en fin d'inspiration)	
	Bon contraste => Visualisation des 4 opacités : Minérale, graisseuse, liquidienne et aérique			



Figure 4: Schéma représentant une NON superposition correcte des côtes à leur base en radiographie thoracique (BARTHEZ, 1997)

c) Choix des vues réalisées

Connaitre les avantages et les limites des différentes incidences pour visualiser certaines structures et/ou lésions est important pour choisir correctement le protocole à mettre en œuvre lors d'un examen radiographique de la cavité thoracique (voir tableau V). En raison de l'atélectasie des lobes pulmonaires déclives, certaines lésions de petites tailles ne sont visibles que sur l'une des incidences latérales, et pas sur la vue de face. Ainsi, pour évaluer l'intégralité des poumons, il est recommandé de réaliser une incidence latérale droite, gauche et dorso-ventrale ou ventro-dorsale (soit 3 incidences).

Tableau V: Indications et contre-indications éventuelles des différentes incidences radiographiques thoraciques chez le chien (BARTHEZ, 1997)

Incidence radiographique	Latérale droite	Latérale gauche	Ventro-dorsale	Dorso-ventrale
Indications	Meilleure visualisation des lésions siégeant dans les lobes pulmonaires gauches.	Meilleure visualisation des lésions siégeant dans les lobes pulmonaires droits.	Meilleure visualisation des lésions siégeant dans le lobe accessoire	Meilleure visualisation des lésions siégeant dans les lobes caudaux
	Meilleure visualisation d'un collapsus trachéal ou bronchique si cliché prit en fin d'expiration		Meilleure visualisation d'un épanchement pleural	
	Évaluation de la silhouette cardiaque		Difficulté à obtenir une vue dorso-ventrale.	Évaluation de la silhouette cardiaque et des vaisseaux pulmonaires des lobes caudaux
Contre-indications	Aucune		Détresse respiratoire	

Les vues de face doivent être acquises en premier afin d'éviter l'atélectasie causée par le décubitus latéral du patient (Thrall, 2017).

En pratique, il est recommandé de réaliser les 2 vues latérales et une vue de face, soit **3 vues, à minima**. En effet, selon l'article de (Ober & Barber, 2006), les lésions pulmonaires interstitielles structurées seraient significativement mieux diagnostiquées avec 3 vues plutôt qu'avec seulement 2 vues. Donc lorsqu'on fait des radiographies thoraciques chez un chien, pour apprécier les poumons dans leur globalité, il est nécessaire de réaliser 3 vues radiographiques. Cependant, concernant le diagnostic de hernie diaphragmatique, une vue latérale et une vue de face semblent recommandées par (Hyun, 2019).

II. L'anatomie radiographique du thorax dans l'espèce canine

A. Le système cardio-vasculaire

1. La silhouette cardiaque

a) Généralités

L'image du cœur sur une radiographie est appelée « silhouette cardiaque ». En effet, les contours exacts du cœur ne peuvent être définis sur un cliché radiographique (image en deux dimensions et donc superposition des structures) et on conseille l'emploi du terme **silhouette cardiaque** qui correspond à l'évaluation du cœur, du péricarde, de son éventuel contenu (graisse/liquide) et des gros vaisseaux (aorte, tronc pulmonaire) comme une seule structure (Thrall, 2017) (SCHWARZ & JOHNSON, 2008).

Sur une vue latérale, la silhouette cardiaque se trouve entre les troisièmes et sixièmes espaces intercostaux et occupe approximativement deux tiers de la hauteur du médiastin moyen (SCHWARZ & JOHNSON, 2008). On le repère sur la radiographie de thorax ci-dessous entouré par des flèches (voir figure 5).

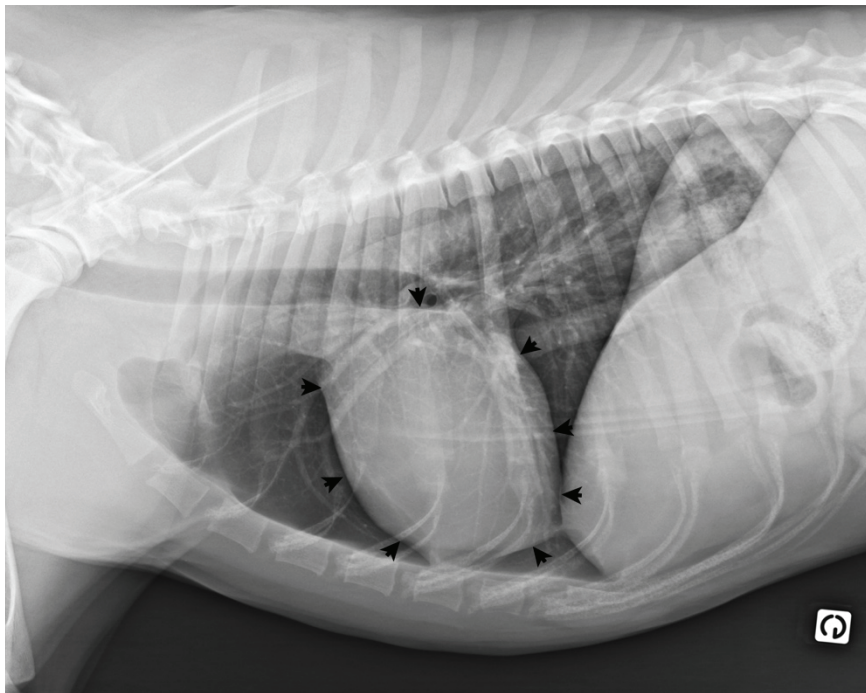


Figure 5 : Radiographie de thorax vue latérale gauche avec délimitation de la silhouette cardiaque (flèches noires).
(Source : Vetagro-Sup)

Sur une vue de face, la largeur de la silhouette cardiaque (SCHWARZ & JOHNSON, 2008):

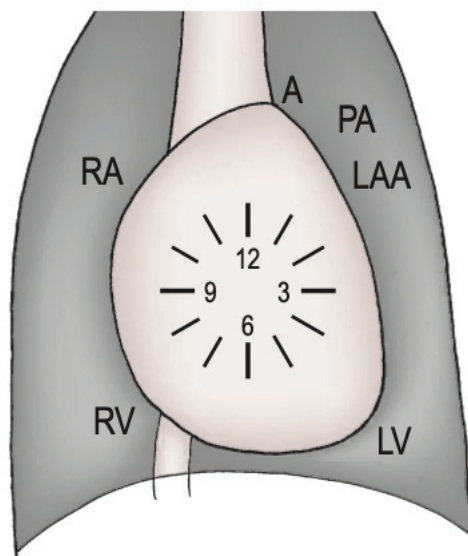
- Occupe entre 60% et 65% de la largeur du thorax sur une **vue dorso-ventrale**.
- Occupe au maximum les deux tiers de la largeur thoracique au point le plus large de la silhouette cardiaque sur une **vue ventro-dorsale**.

b) Identification des structures cardiaque – l'horloge cardiaque

Pour repérer les différentes structures du cœur, on utilise ce qu'on appelle l'« horloge cardiaque ». Elle permet de situer, sur une radiographie thoracique d'incidence latérale droite et dorso-ventrale, la région de projection de/du :

- L'aorte ascendante
- Tronc pulmonaire
- L'auricule gauche
- Ventricule gauche
- Ventricule droit
- L'atrium droit

En effet, les différentes parties de la silhouette cardiaque sont représentées sur les figures 6 et 7 (Dennis et al., 2010) .



Légende :

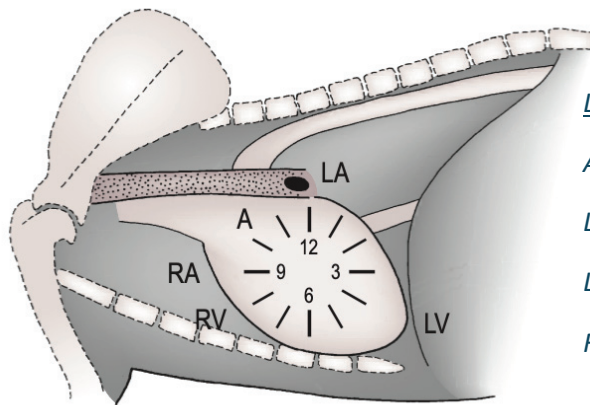
A = Aorte → 11h-1h

PA= Tronc pulmonaire → 1h-2h

LAA= Auricule gauche → 2h-3h

LV= Ventricule gauche → 3h-5h

Figure 6 (Dennis et al., 2010): Représentation des régions de la silhouette cardiaque avec l' "horloge cardiaque" en vue dorso-ventrale. On retrouve de 11h à 1h la région de l'aorte, de 1h à 2h la région du tronc pulmonaire, de 2h à 3h la région de l'auricule gauche, de 3h à 5h la région du ventricule gauche, de 5h à 9h la région de ventricule droit et de 9h à 11h la région de l'atrium droit.



Légende :

A = Arc aortique → 10h-11h

LA= Atrium gauche → 12h-2h

LV= Ventricule gauche → 2h-5h

RV= Ventricule droit → 5h-9h

Figure 7 (Dennis et al., 2010) : Représentation des régions de la silhouette cardiaque en radiographie latérale avec l'« horloge cardiaque ». On retrouve de 12h à 2h l'atrium gauche, de 2h à 5h la région du ventricule gauche, de 5h à 9h la région du ventricule droit, de 9h à 10h la région du tronc pulmonaire et de l'auricule droit et de 10h à 11h la région de l'arc aortique

2. Le système vasculaire

a) Généralités

De nombreux vaisseaux sanguins peuvent être observés sur les clichés radiographiques de la cavité thoracique d'un chien.

On distingue 2 types de vaisseaux sanguins :

- ▶ Les gros vaisseaux principaux (Aorte, Veines Caves Caudale et Crâniale, Veine Azygos)
- ▶ Les vaisseaux pulmonaires dont l'image est tubulaire ou nodulaire selon l'axe de projection

b) Localisation de l'aorte et des veines caves

Sur une radiographie thoracique de profil, il est possible d'identifier certaines structures vasculaires majeures, notamment la veine cave caudale, l'aorte, ainsi que les veines et artères pulmonaires associées aux lobes pulmonaires crâniaux (voir figure 8).

La veine cave crâniale, en revanche, n'est généralement pas individualisable sur les clichés standards, sauf en présence d'un pneumomédiastin. Elle participe néanmoins à la délimitation de la bordure ventrale du médiastin crânial (voir figure 8).

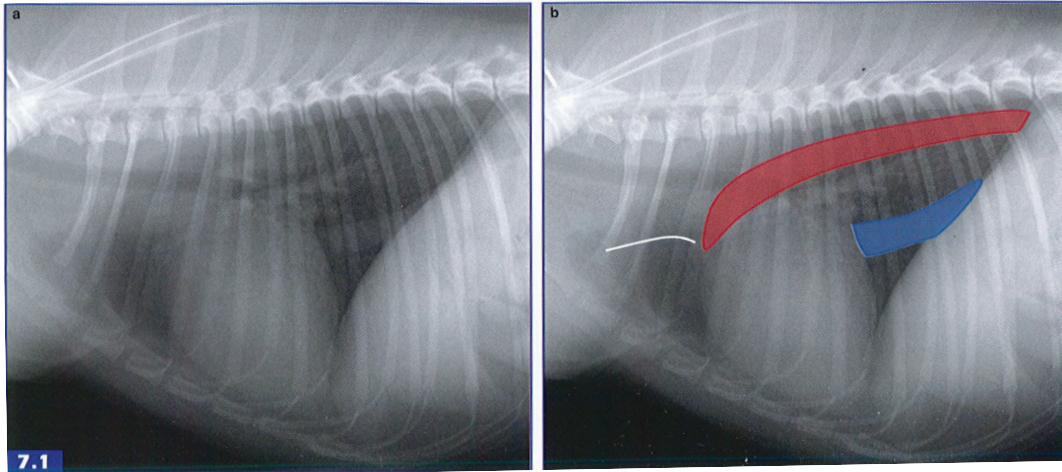


Figure 8: Radiographie de profil du thorax d'un chien. On visualise l'aorte en rouge et la veine cave caudale en bleu. La ligne blanche marque le contour ventral du médiastin crânial qui est formé par la veine cave crâniale (Pückler, 2021)

Sur une incidence de face (vue dorso-ventrale ou ventro-dorsale), la veine cave caudale est identifiable, de même que le bord latéral gauche de l'aorte (voir figure 9).

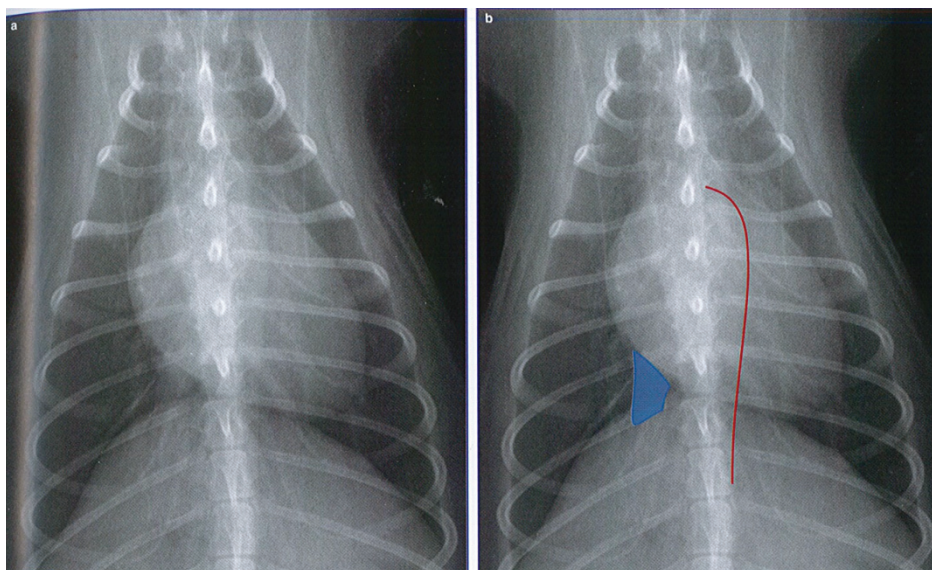


Figure 9 (Pückler, 2021): Radiographies de face dorso-ventrale du thorax d'un chien. La veine cave caudale est en bleu. La limite latérale gauche de l'aorte se visualise par le trait en rouge.

De plus, la veine azygos, située dorsalement à l'aorte descendante sur une radiographie de vue latérale n'est visible qu'en cas de pneumomédiastin et sera décrite plus tard.

c) Localisation des artères et veines pulmonaires

L'apparence radiographique d'un vaisseau pulmonaire varie en fonction de son orientation par rapport à l'incidence du faisceau radiographique. Ainsi, lorsqu'il est sectionné transversalement, le vaisseau pulmonaire se présente sous la forme d'une structure nodulaire, tandis qu'en coupe longitudinale, il apparaît sous l'aspect d'une structure tubulaire (comme sur la figure 10).

Par ailleurs, sur une radiographie thoracique d'incidence latérale, **les veines et artères pulmonaires des lobes pulmonaires crâniaux** sont généralement discernables tandis que sur les incidences de face (ventro-dorsale ou dorso-ventrale), **ce sont principalement les vaisseaux des lobes pulmonaires caudaux** qui sont visibles. Indépendamment du lobe considéré, la disposition anatomique reste constante (Thrall, 2017) :

- Sur une vue de profil : les veines pulmonaires sont situées en position ventrale par rapport à leur bronche correspondante, tandis que les artères pulmonaires occupent une position dorsale (voir figure 10).
- Sur une vue de face : les veines pulmonaires sont situées en position médiale par rapport à leur bronche correspondante, tandis que les artères pulmonaires occupent une position latérale

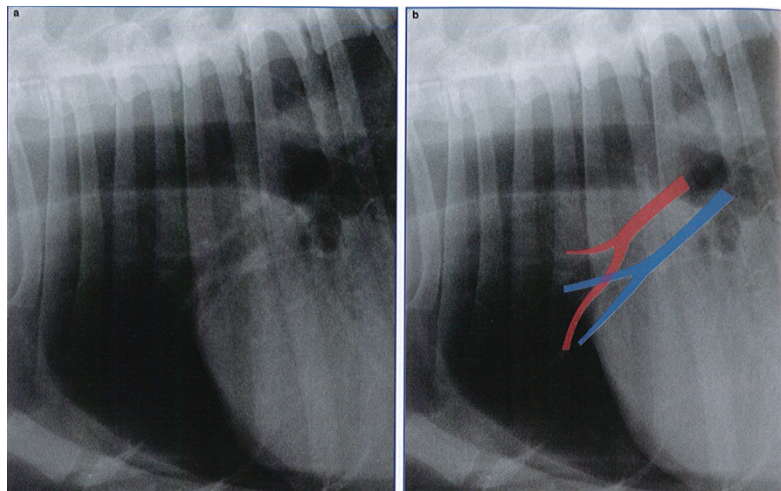


Figure 10 (Pückler, 2021) : Agrandissement d'une radiographie de profil du thorax d'un chien permettant de visualiser les artères et veines pulmonaires des lobes pulmonaires crâniaux. Mise en évidence sur la radiographie de droite de l'artère pulmonaire en rouge et de la veine pulmonaire en bleu.

d) Tailles des principaux vaisseaux sanguins du thorax

Des normes existent concernant le diamètre des principaux vaisseaux sanguins visibles sur les radiographies thoraciques. Ces valeurs permettent d'évaluer la normalité ou non de la vascularisation thoracique en radiographie.

1. Taille de la veine cave caudale

Le diamètre de la veine cave caudale est considéré comme normal si (SCHWARZ & JOHNSON, 2008) :

- En vue latérale : il est inférieur à 1,5 fois le diamètre de l'aorte descendante (en prenant pour diamètre de la veine cave caudale le diamètre le plus grand non superposé au cœur).
- En vue de face : il est inférieur à 3,5 fois le diamètre de la 4^{ème} côte droite ventrale à la vertèbre.

2. Taille des artères et veines pulmonaires

Tout d'abord, la taille des veines et des artères des lobes pulmonaires doit être identique (SCHWARZ & JOHNSON, 2008). Cependant, il est possible d'évaluer leur diamètre.

En effet, le diamètre des artères et des veines des **lobes pulmonaires caudaux** est considéré normal s'il n'excède pas la largeur de la 9^{ème} côte, au niveau de l'intersection de ces structures (voir figure 11) (Thrall, 2017).

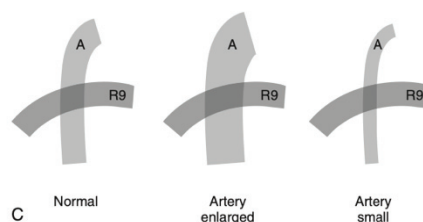


Figure 11 (Thrall, 2017) : Schéma d'une artère (A) croisant la 9^{ème} côte (R9) en radiographie thoracique en vue dorso-ventrale.

D'autre part le diamètre des artères et des veines pulmonaires des **lobes pulmonaires crâniens** est considéré normal si le ratio entre le diamètre de l'artère ou de la veine pulmonaire et le diamètre de la 4^{ème} côte est compris entre 0,26 et 1,2. Au-dessus le vaisseau est de taille augmentée et en dessous de taille diminuée. (SCHWARZ & JOHNSON, 2008)

B. Le système respiratoire

1. La trachée et les bronches

La trachée est identifiable en radiographie thoracique sous la forme d'une structure tubulaire d'opacité aérique. Elle peut être suivie jusqu'à sa bifurcation au niveau de la carène bronchique.

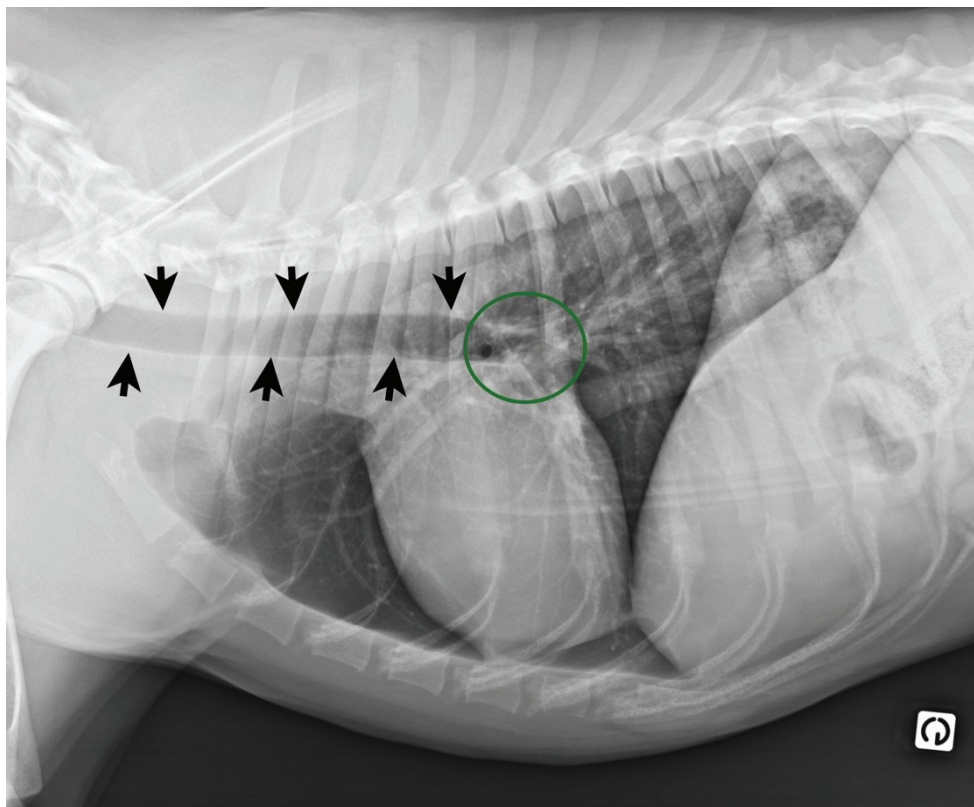


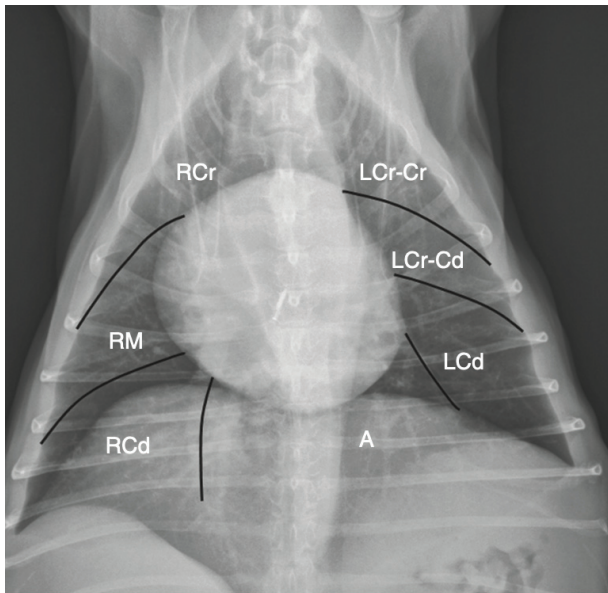
Figure 12 : Radiographie latéral gauche de thorax. La trachée (entourée par les flèches noir) et la bifurcation trachéale (cercle vert) sont mises en évidence. (Source : Vetagro-Sup)

2. Les poumons

En radiographie thoracique, les contours précis des lobes pulmonaires ne sont pas individualisables en l'absence d'anomalie de l'espace pleural. Ainsi, on définit des aires de projection des lobes pulmonaires en fonction de l'incidence radiographique.

Sur une vue ventro-dorsale on distingue donc les lobes pulmonaires suivant (voir figure 13) (Thrall, 2017):

- Le crânial gauche (partie crâniale et caudale)
- Le caudal gauche
- L'accessoire
- Le moyen
- Le crânial droit



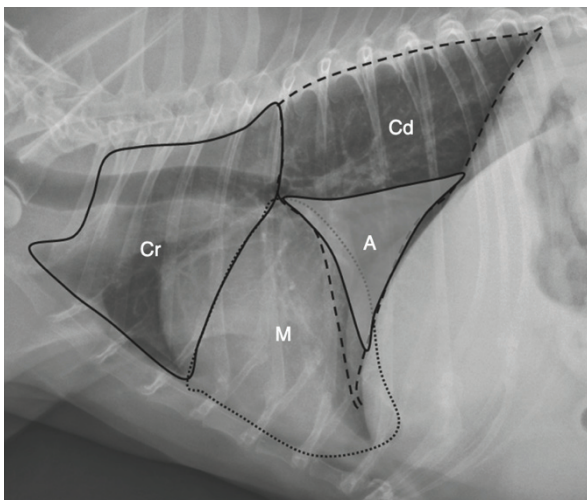
Légende :

- LCr = Lobe crânial Gauche
 - LCr-Cr = Partie crâniale du Lobe crânial Gauche
 - LCr-Cd = Partie caudale du Lobe crânial Gauche
- LCd = Lobe caudale Gauche
- A = Lobe accessoire
- RCr = Lobe crânial Droit
- RM = Lobe moyen (Droit)
- RCd = Lobe caudal Droit

Figure 13 (Thrall, 2017): Schéma montrant les aires de projection des lobes pulmonaires visualisés sur une incidence de face du thorax d'un chien.

Alors qu'en vue latérale, les lobes crâniaux et les lobes caudaux se superposent, on pourra donc distinguer les lobes pulmonaires suivants (voir figure 14) (Thrall, 2017):

- Les crâniaux
- Les caudaux
- L'accessoire
- Le moyen droit



Légende :

- Cr = Lobe crânial (droit & gauche)
- Cd = Lobe caudale (droit & gauche)
- A = Lobe accessoire
- M = Lobe moyen (Droit)

Figure 14 (Thrall, 2017): Schéma montrant les aires de projection des lobes pulmonaires sur une incidence latérale du thorax d'un chien

3. Le diaphragme : un muscle de la paroi thoracique permettant le bon fonctionnement de la fonction respiratoire

Le diaphragme est une structure musculo-tendineuse qui sépare la cavité thoracique de la cavité abdominale. Il fait partie intégrante de la paroi thoracique. Selon l'incidence réalisée, l'aspect radiographique du diaphragme sera différent (voir figure 15 et tableau VI).

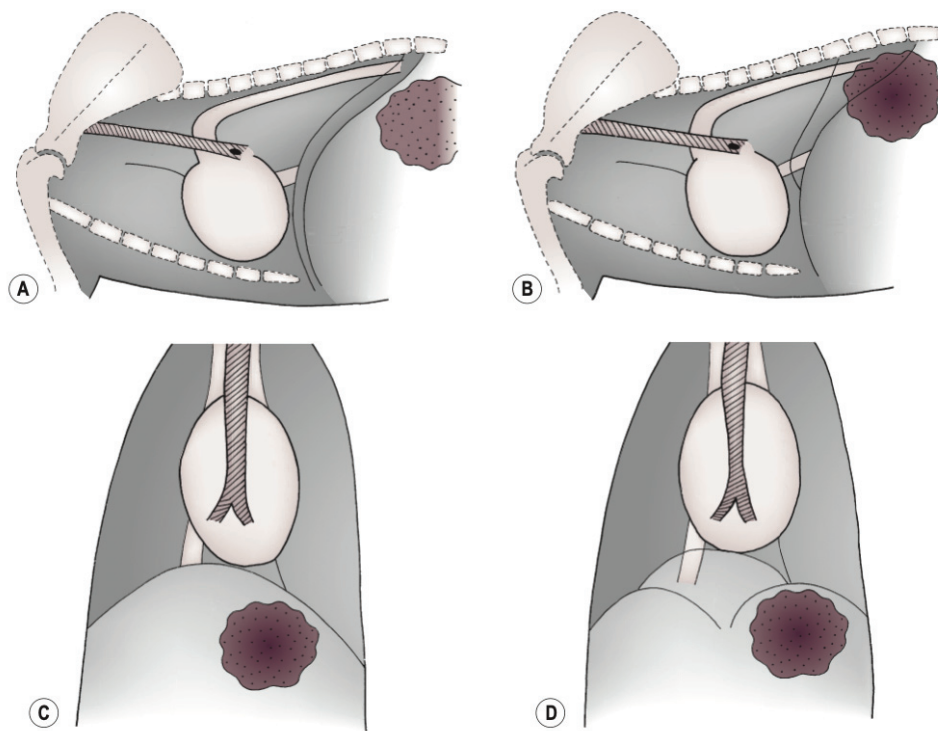
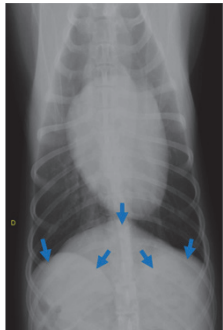
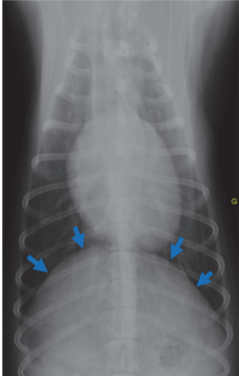
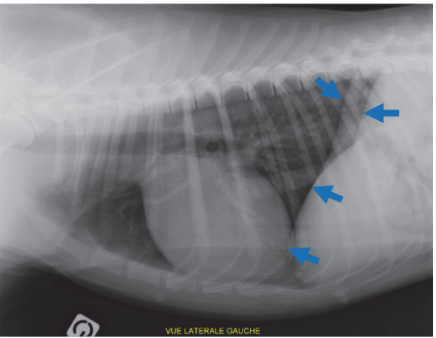
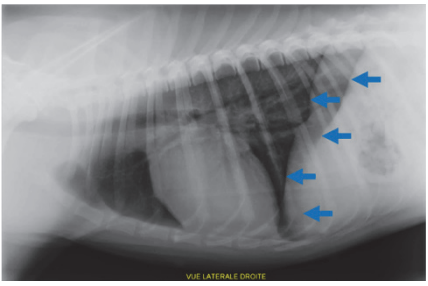


Figure 15 (Dennis et al., 2010) : Schéma de représentation radiographique du diaphragme selon l'incidence radiographique : Différentes vues : A = Vue latérale droite avec hémicoupoles diaphragmatiques parallèles / B = Vue latérale gauche avec hémicoupoles diaphragmatiques en « Y » / C = Vue dorso-ventrale avec un diaphragme en forme de « dôme » / D = Vue ventro-dorsale avec un diaphragme en « en oreilles de Mickey »

Tableau VI: Tableau récapitulatif de la forme du diaphragme en radiographie thoracique selon les incidences

	Description forme du diaphragme	Radiographie du thorax (Les flèches bleues indiquent le diaphragme)
Vue ventro-dorsale	Image tripartite « en oreilles de Mickey »	
Vue dorso-ventrale	Image en « dôme »	
Vue latérale gauche	Hémi-coupoles diaphragmatiques « en Y »	 VUE LATÉRALE GAUCHE
Vue latérale droite	Hémi-coupoles diaphragmatiques parallèles	 VUE LATÉRALE DROITE

4. Espace pleural

L'espace pleural est défini par l'espace entre la plèvre pariétale et la plèvre viscérale. Cet espace est rempli d'une très petite quantité de liquide qui permet le glissement d'une plèvre avec l'autre lors des mouvements respiratoires des poumons. Les plèvres sont des structures très fines, et elles sont étroitement apposées. De ce fait, **l'espace pleural est considéré virtuel chez un animal normal, et n'est donc normalement pas visualisable** à la radiographie sauf en cas de présence anormale de liquide (épanchement pleural) ou d'air (pneumothorax) dans cet espace (Thrall, 2017).

Toutefois, de fines lignes opaques d'épaisseur régulière sont parfois observées entre les lobes pulmonaires sur les incidences radiographiques du thorax des chiens. En effet, la plèvre de l'espace interlobaire devient visible quand elle est parfaitement tangentielle au faisceau de rayons X. Ainsi, les fines lignes pleurales opaques sus-décrites ne sont présentes que sur une seule incidence dans ce contexte.

Il n'est pas possible de déterminer avec certitude si cette fine ligne pleurale opaque observée sur un cliché radiographique du thorax correspond à une plèvre normale ou discrètement épaissie (ex : fibrose liée à l'âge), mais généralement cette observation radiographique est considérée sans signification clinique (Thrall, 2017).

C. Les structures médiastinales

1. Le médiastin

Le médiastin se situe dans la cavité thoracique depuis l'entrée du thorax jusqu'au diaphragme. Il est limité dorsalement par la colonne vertébrale et ventralement par le sternum. C'est un espace délimité par les feuillets médiastinaux de la plèvre, situés dans la partie centrale de la cavité thoracique, et qui divise le thorax en deux moitiés. Il n'est pas un espace fermé. En effet, il communique crânialement avec les plans fasciaux du cou par l'intermédiaire des structures médiastinales passant par l'entrée thoracique (telles que l'œsophage, la trachée et certains vaisseaux importants) et caudalement, avec l'espace rétropéritonéal par le hiatus aortique (Thrall, 2017). Il contient de nombreuses structures importantes telles que le cœur, les vaisseaux sanguins, la trachée, l'œsophage et les nœuds lymphatiques thoraciques.

Le médiastin est classiquement divisé en 3 régions principales (Thrall, 2017):

- Le médiastin crânial
- Le médiastin moyen
- Le médiastin caudal

Chacune de ces régions peut être subdivisée en ventral /dorsal

a) Le médiastin crânial

Le médiastin crânial contient notamment (SCHWARZ & JOHNSON, 2008) :

- La veine cave crâniale
- La trachée
- L'œsophage
- Les nœuds lymphatiques médiastinaux crâniiaux et le sternal

Sur une **vue de profil**, la partie dorsale du médiastin crânial forme une zone d'opacité liquidienne homogène au sein de laquelle la transparence tubulaire de la trachée est visible. Le bord ventral de cette partie dorsale du médiastin crânial est constitué par le bord ventral de la veine cave crâniale (voir Figure 16).

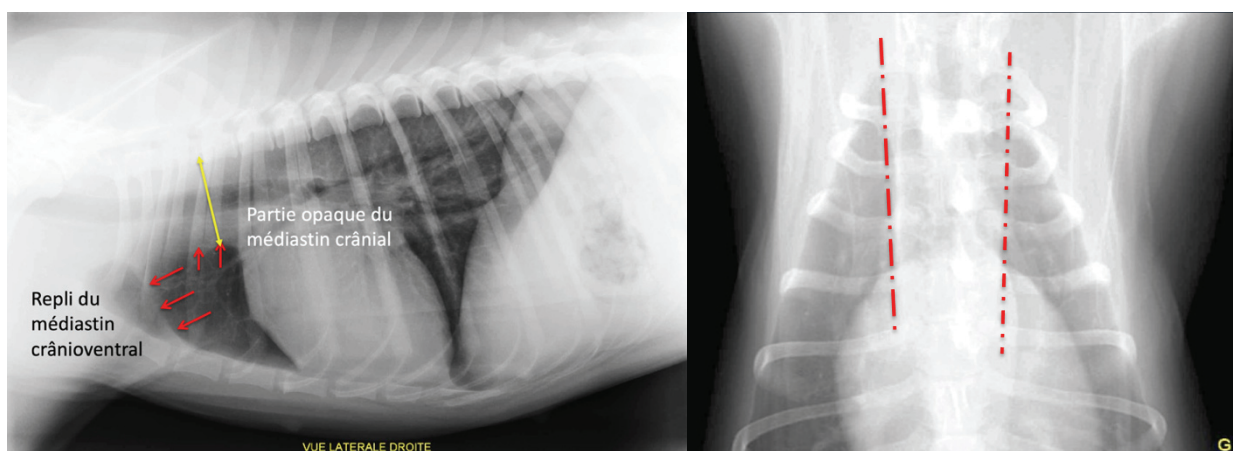


Figure 16: Apparence radiographique du médiastin crânial sur une radiographie en vue latérale droite (à gauche) et annotation des limites latérales du médiastin crânial sur une radiographie en vue de face (à droite). (Source : Vetagro-Sup)

Sur une **vue de face**, la largeur du médiastin crânial (bande opaque située sur la figure 16 entre les pointillés rouges) ne doit pas **excéder 2 fois la largeur de la colonne thoracique** (SCHWARZ & JOHNSON, 2008).

Cependant, en fonction de l'état d'embonpoint de l'animal, l'épaisseur du médiastin crânial peut varier d'un individu à l'autre (Thrall, 2017). En effet, les animaux obèses ou les races brachycéphales présentent des dépôts graisseux plus importants ce qui peut entraîner un élargissement du médiastin sur les vues de faces (SCHWARZ & JOHNSON, 2008).

b) Le médiastin moyen

Le médiastin moyen contient notamment le cœur, la bifurcation trachéale, les nœuds lymphatiques trachéobronchiques et l'œsophage.

c) Le médiastin caudal

Le médiastin caudal contient notamment (SCHWARZ & JOHNSON, 2008):

- L'aorte
- L'œsophage
- La veine cave caudale.

Sur une vue de face on pourra identifier (SCHWARZ & JOHNSON, 2008) :

- Le repli du médiastin caudo-ventral apparaît comme une fine ligne opaque à gauche du plan médian, joignant l'apex cardiaque au diaphragme (flèches rouges sur la figure 17 et (c) sur la figure 18 ci-dessous).
- La veine cave caudale (flèche verte sur la figure 17 ci-dessous)

Sur une vue de profil, on pourra identifier (SCHWARZ & JOHNSON, 2008) :

- La veine cave caudal
- L'œsophage (parfois)

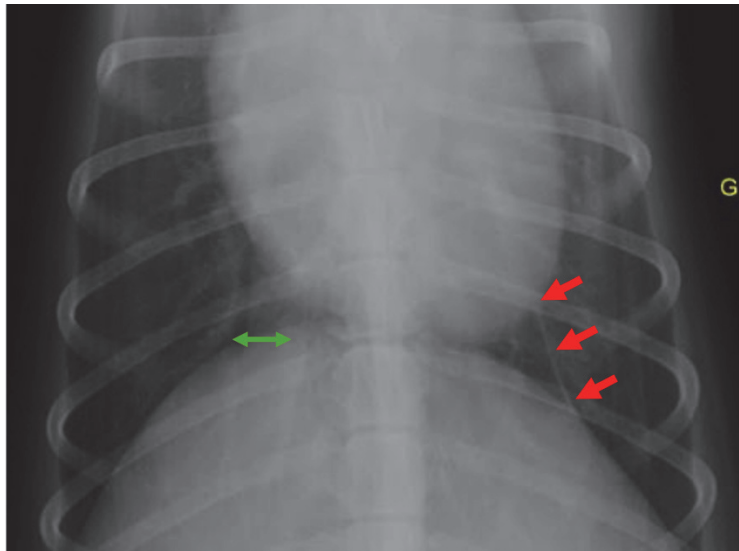


Figure 17: Apparence radiographique du médiastin caudal sur une radiographie thoracique en vue de face : pli du médiastin caudo-ventral (flèches rouges) et veine cave caudale (flèche verte)

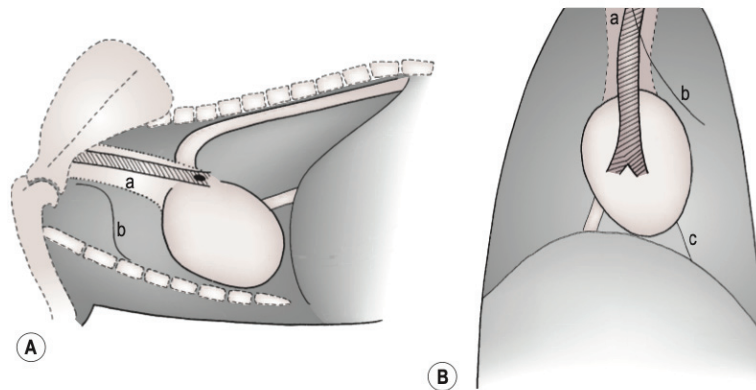


Figure 18 (Dennis et al., 2010): Apparence radiographique du médiastin en vue latérale (A) et dorso-ventrale (B).
a = médiastin crânial (contient les vaisseaux sanguins, l'œsophage, la trachée, et les nœuds lymphatique) ; b = repli du médiastin cranio-ventral ; c = repli du médiastin caudo-ventral.

d) Organes médiastinaux identifiables en radiographie thoracique

Parmi tous les organes siégeant dans le médiastin, seul le cœur, la trachée, la veine cave caudale, l'aorte et, chez les jeunes animaux, le thymus sont normalement visibles. Il arrive parfois qu'une partie de l'œsophage normal soit visible. Les autres structures médiastinales ne sont pas visibles normalement (Thrall, 2017).

2. Le système lymphatique

a) Les nœuds lymphatiques

Dans le thorax, on retrouve certains nœuds lymphatiques. Ils sont tous situés dans le médiastin.

Il en existe 3 types :

- Les nœuds lymphatiques **trachéo-bronchiques** situés en région péri-hilaire (en violet sur la figure). Il en existe 3 : Le trachéobronchique droit, gauche (localisés de part et d'autre des bronches souches) et le trachéobronchique moyen (localisé entre les 2 bronche souches)
- Les nœud lymphatiques **sternaux** : Les chiens en ont généralement 2 : un latéral droit et un gauche situés dorsalement a la deuxième sternèbre mais il arrive parfois qu'il y en ait seulement un qui est alors dans le plan médian (en rouge sur la figure 19) (Thrall, 2017)
- Les nœuds lymphatiques **médiastinaux crâniaux** : situés dans le médiastin crânial (en bleu) dont le nombre est variable (Thrall, 2017)

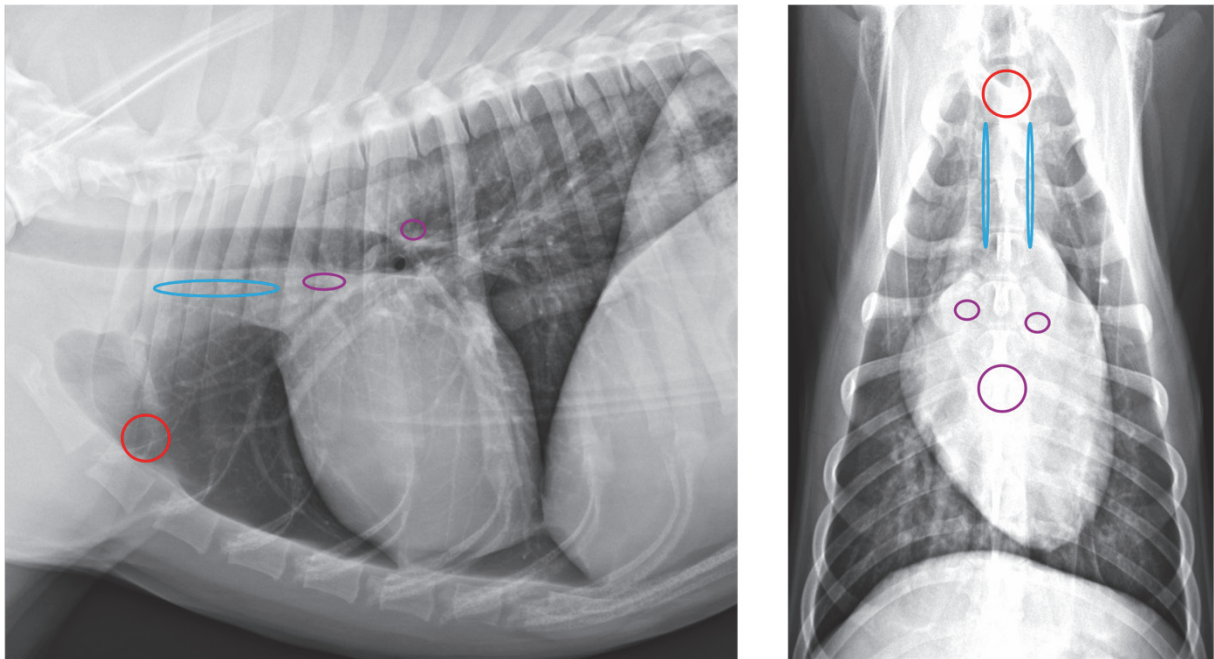


Figure 19 : Radiographie d'un thorax de chien, vue latérale gauche (à gauche) et vue dorso-ventrale (à droite) avec indication des localisations des nœuds lymphatiques thoraciques : Bleu : Nœuds lymphatiques médiastinaux crâniens / Rouge : Nœud lymphatique sternal / Violet : Nœuds lymphatiques trachéo- bronchiques. (Source : Vetagro-Sup)

b) Le thymus

Le thymus, présent uniquement chez les jeunes chiens jusqu'à l'âge de 6 mois, est un organe lymphoïde situé dans le médiastin crânial. (SCHWARZ & JOHNSON, 2008) (voir figure 20)

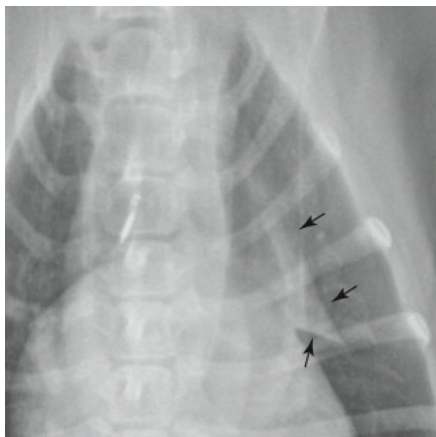


Figure 20 (Thrall, 2017) : Radiographie d'un jeune chien avec un thymus visible à la radiographie (flèches noires).

3. L'œsophage

a) Visualisation de l'œsophage en radiographie thoracique

L'œsophage n'est généralement pas visible sur une radiographie thoracique sans préparation (Dennis et al., 2010). Lors de la présence d'une petite quantité d'air dans la partie crâniale l'œsophage thoracique (secondaire par exemple à une anesthésie, ou à l'excitation de l'animal), ce dernier peut être visualisé.

De plus, la présence de liquide dans la partie caudale de l'œsophage peut permettre en partie sa visualisation par une bande d'opacité liquidienne entre l'aorte et la veine cave caudale sur une vue latérale (Thrall, 2017).

b) Le signe de la bande œsophago-trachéale, une image construite par la superposition de la trachée et de l'œsophage.

Le **signe de la bande œsophago-trachéale** (légendé dans la figure 21) est une bande d'opacité liquidienne formée par la somme de la face ventrale de la paroi œsophagienne et de la face dorsale de la paroi trachéale, chacune étant délimitée par le gaz présent dans leur lumière respective. Le signe de la bande œsophago-trachéale est parfois également appelé signe de la bande trachéo-œsophagienne ou signe de la bande œsophagienne (Thrall, 2017)

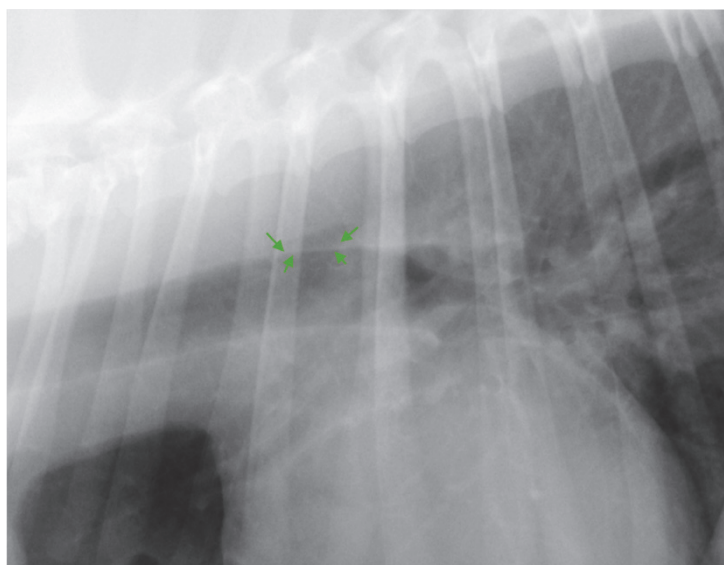


Figure 21: Partie d'une radiographie latérale droite de thorax avec identification de la bande œsophago-trachéale (flèches vertes). (Source : Vetagro-Sup)

D. Les différents types de thorax chez le chien en radiographie

En fonction de la conformation thoracique du chien, la forme et la taille de la silhouette cardiaque varient beaucoup ainsi que celle du médiastin. Il existe 3 grands types de morphologie de la cavité thoracique : brévilignes, médiolignes et longilignes (SCHWARZ & JOHNSON, 2008).

1. Conformation de type bréviligne

Cette conformation de thorax correspond à un **thorax dit « large »**. On retrouve par exemple dans cette catégorie les races telles que le Bulldog, Shi-Tzu ou Mastiff (SCHWARZ & JOHNSON, 2008).

Sur la **vue de profil**, la silhouette cardiaque a une **forme globuleuse**, elle occupe environ **3,5 espaces intercostaux** et son contact sternal est important. La trachée est presque parallèle à la colonne vertébrale. Sur la **vue de face** les ventricules ont des contours arrondis et l'apex se trouve latéralisé à gauche (voir figure 22) (SCHWARZ & JOHNSON, 2008).

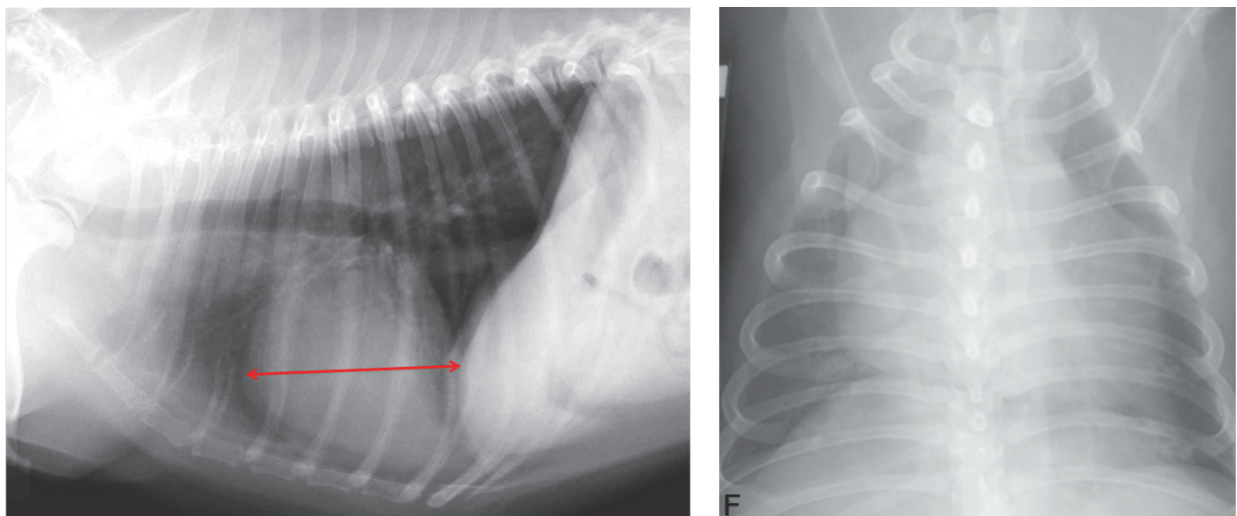


Figure 22: Radiographies de thorax d'un chien de conformation bréviligne en vue latérale gauche (à gauche) et en vue de face (à droite) : La silhouette cardiaque occupe 3,5 espaces intercostaux (double flèche rouge). (Source : Vetagro-Sup)

2. Conformation de type médioligne

Cette conformation de thorax correspond à un thorax dit « intermédiaire ». On retrouve par exemple dans cette catégorie les races telles que le Labrador, Berger Allemand et le Boxer (voir figure 23) (SCHWARZ & JOHNSON, 2008).

Sur la **vue de profil**, la silhouette cardiaque a une forme **ovoïde** et elle occupe environ **3 espaces intercostaux**. Sur la **vue de face** la silhouette cardiaque est également **ovoïde** et l'apex se trouve discrètement latéralisé à gauche (voir figure 23)(SCHWARZ & JOHNSON, 2008).

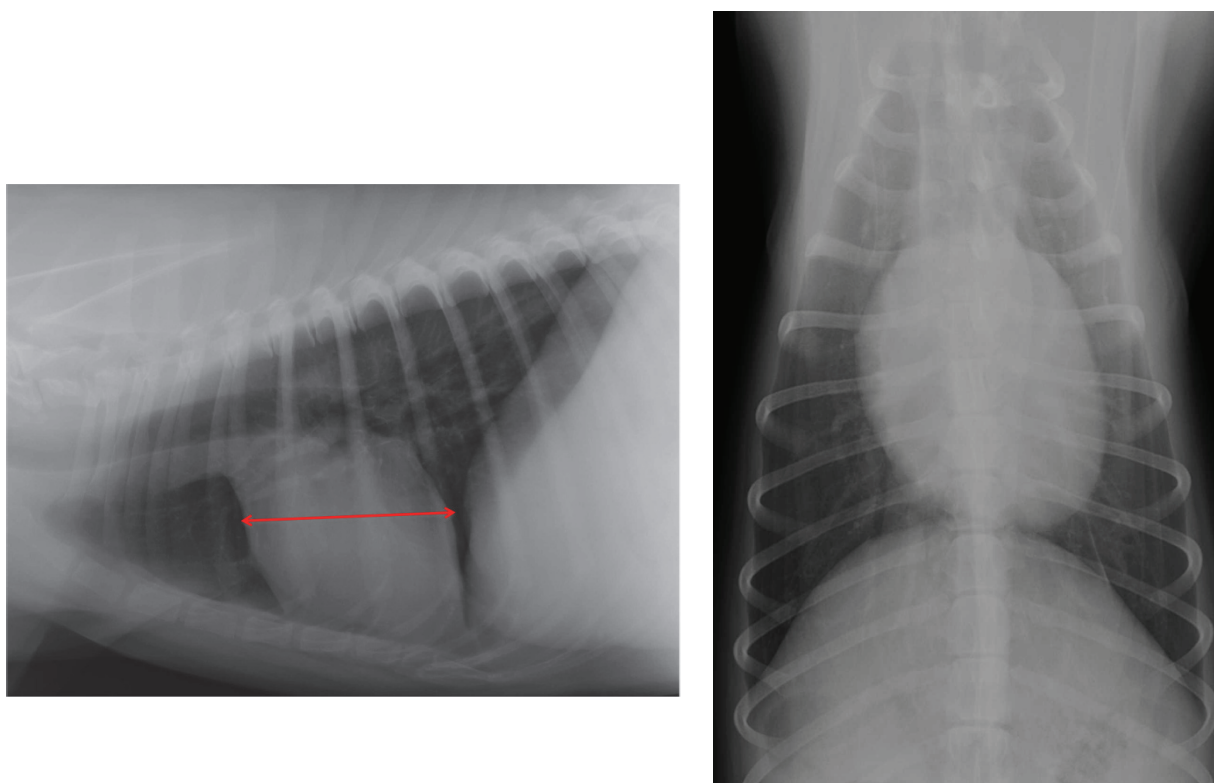


Figure 23: Radiographies de thorax d'un chien de conformation médioligne en vue latérale droite (à gauche) et en vue de face (à droite) : La silhouette cardiaque occupe 3 espaces intercostaux (double flèche rouge). (Source : Vetagro-Sup)

3. Conformation de type longiligne

Cette conformation de thorax correspond à un thorax dit « haut et étroit ». On retrouve par exemple dans cette catégorie les races telles que le Lévrier, Greyhound, Whippet, Setter ou le Colley (SCHWARZ & JOHNSON, 2008).

Sur la **vue de profil**, la silhouette cardiaque a une forme **effilée**, une position très **verticale**, elle occupe environ **2,5 espaces intercostaux** et son contact sternal est faible.

Sur la **vue de face** la silhouette cardiaque a un aspect **rond** et l'apex est proche du plan médian (voir figure 24) (SCHWARZ & JOHNSON, 2008).

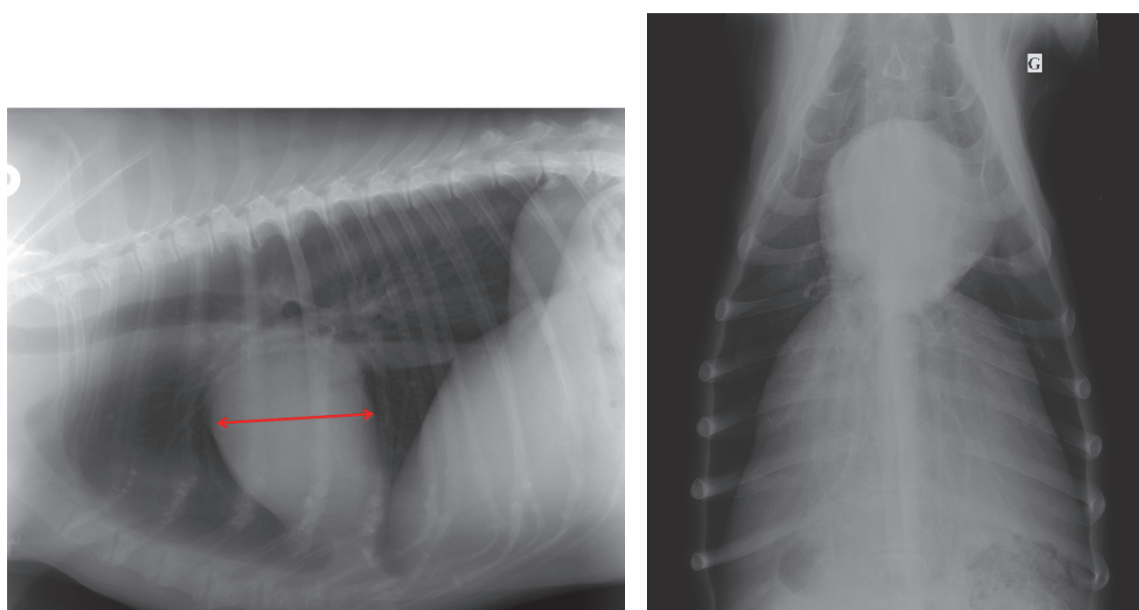


Figure 24 : Radiographies de thorax d'un chien de conformation longiligne en vue latérale gauche (à gauche) et en vue de face (à droite) : La silhouette cardiaque occupe 2,5 espaces intercostaux (double flèche rouge). (Source : Vetagro Sup)

Partie 2 : L'apport de la radiographie dans la démarche diagnostique des principales affections de la région thoracique chez le chien : reconnaître les images anormales.

I. Les affections de la cavité thoracique : les hernies diaphragmatiques

Parmi les affections de la cavité thoracique les plus fréquentes, on peut citer les hernies diaphragmatiques.

Les hernies diaphragmatiques peuvent être d'origine traumatique ou bien congénitale. Il s'agit d'un passage d'une partie des organes abdominaux dans la cavité thoracique au travers du diaphragme.

Les hernies diaphragmatiques congénitales sont fréquentes. Il en existe plusieurs types (SCHWARZ & JOHNSON, 2008):

- Les hernies diaphragmatiques ventrales
- Les hernies hiatales
- Les hernies intra médiastinales paraoesophagiennes
- Les hernies péritonéo péricardiques
- Les hernies diaphragmatiques hiatales aortiques.

Cependant, ce sont les **hernies diaphragmatiques traumatiques** (rupture du diaphragme) qui sont le plus souvent observées en pratique.

Parmi les signes radiographiques possibles lors d'une hernie diaphragmatique traumatique, on retrouve (SCHWARZ & JOHNSON, 2008) :

- Perte ou modification du contour du diaphragme
- Effacement et/ou déplacement dorsal de la silhouette cardiaque
- Augmentation de l'opacité de la cavité thoracique ventrale, avec ou sans élévation de la trachée et/ou de la silhouette cardiaque
- Déplacement du médiastin
- Présence de structures tubulaires remplies de gaz et/ou d'opacités minérales ponctuées, suggérant la présence du tractus gastro-intestinal rempli d'ingesta dans la cavité thoracique
- Un épanchement pleural peut être présent et masquer des organes parenchymateux herniés
- Affaissement (atélectasie) d'un lobe pulmonaire.

II. Les affections du système cardio-vasculaire

A. Le cœur

1. Cardiomégalie globale

Il existe plusieurs façons d'évaluer la normalité de la taille de la silhouette cardiaque, permettant ainsi de savoir si l'animal présente une cardiomégalie ou non. Toutefois, il faut garder à l'esprit que l'évaluation de la taille du cœur sur un examen radiographique est difficile, peu précise et spécifique, et ne permet pas de différencier la dilatation des cavités cardiaques des épaissements du myocarde. D'autre part, une image radiographique normale de la silhouette cardiaque ne permet pas d'exclure la présence d'une cardiopathie. L'examen de choix reste l'échocardiographie (SCHWARZ & JOHNSON, 2008).

a) Les différentes techniques d'évaluations de la taille du cœur

Lorsque l'évaluation subjective de la taille de la silhouette cardiaque conduit à suspecter une cardiomégalie, il est possible de s'appuyer sur différentes mesures.

Sur les vues de profil, on peut évaluer (SCHWARZ & JOHNSON, 2008):

- L'espace qu'occupe le cœur en comptant les « espace intercostaux » : voir *Partie 1.II.D) Les différents types de thorax* pour les valeurs tolérées d'espace intercostaux selon le type de thorax
- La longueur du cœur (de l'apex à la base) : elle doit représenter environ 70 % de la distance dorso-ventrale de la cavité thoracique

Sur les vues de face, on peut évaluer la largeur de la silhouette cardiaque : voir *Partie 1.II.A.1) La silhouette cardiaque*. Un dépassement de la largeur usuelle nous mène à suspecter une cardiomégalie.

Bien que les mesures citées précédemment sont faciles à réaliser, elles ne sont pas très précises. C'est pourquoi on préfère se référer à **l'indice de Buchanan** pour évaluer la taille de la silhouette cardiaque.

b) Le VHS et le diagnostic de cardiomégalie.

Le VHS (Vertebral Heart Size, soit le score vertébral) (Coulson & Lewis, 2008), également appelé « **Indice de Buchanan** », égal à la somme de L (longueur entre le bord ventral de la bronche souche principale gauche et l'extrémité du bord ventral de la silhouette cardiaque) et W (la plus grande largeur de la silhouette cardiaque perpendiculaire à L) . Cette mesure est rapportée parallèlement à la colonne vertébrale

à partir du bord crânial de la vertèbre thoracique 4 puis est comparée au nombre de corps vertébraux qu'elle représente (voir Figure 25).

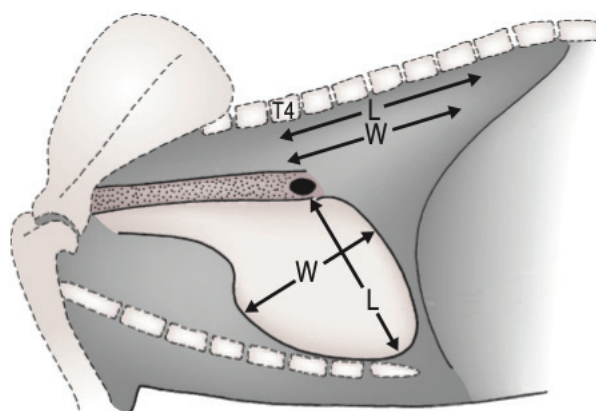


Figure 25 : Mesure du VHS sur une radiographie thoracique de profil gauche (indice de Buchanan) avec L (la longueur maximale du cœur (entre le bord ventral de la bronche souche principale gauche et l'extrémité du bord ventral de la silhouette cardiaque) et W (la plus grande largeur de la silhouette cardiaque perpendiculaire à L). T4 = Vertèbre thoracique 4 (Dennis *et al.*, 2010)

Chez le chien, l'indice de Buchanan (VHS) est normalement de $9,7 \pm 0,5$ corps vertébraux. Cela signifie qu'un VHS supérieur à 10,6 corps vertébraux est signe d'une cardiomégalie (Buchanan & Bücheler, 1995).

Cependant, il existe une différence de cette norme selon la race de chien résumé dans le tableau VII.

Tableau VII : Exemples de valeurs publiées d'indice de Buchanan en fonction de la race de chien (Lamb *et al.*, 2001) (Jepsen-Grant *et al.*, 2013) (Bodh *et al.*, 2016)

Race	Normes d'indice de Buchanan en décubitus latéral droit	Etude
Beagle	$10,5 \pm 0,4$	Kraetschmer <i>et al.</i> , 2008
Berger Allemand	$9,7 \pm 0,8$	Lamb <i>et al.</i> , 2001
Boston Terrier	$11,7 \pm 1,4$	Jepsen-Grant, Pollard et Johnson, 2012
Boxer	$11,6 \pm 0,8$	Lamb <i>et al.</i> , 2001
Bouledogue anglais	$12,7 \pm 1,7$	Jepsen-Grant, Pollard et Johnson, 2012
Carlin	$10,7 \pm 0,9$	Jepsen-Grant, Pollard et Johnson, 2012
Cavalier King Charles	$10,6 \pm 0,5$	Lamb <i>et al.</i> , 2001
Dachshund	$9,7 \pm 0,5$	Jepsen-Grant, Pollard et Johnson, 2012
Greyhound	$10,5 \pm 0,1$	Marin <i>et al.</i> , 2007
Labrador Retriever	$10,39 \pm 0,05$	Jepsen-Grant, Pollard et Johnson, 2012
Lhasa Apso	$9,6 \pm 0,8$	Jepsen-Grant, Pollard et Johnson, 2012
Rottweiler	$9,8 \pm 0,1$	Marin <i>et al.</i> , 2007
Shih Tzu	$9,5 \pm 0,6$	Jepsen-Grant, Pollard et Johnson, 2012
Yorkshire	$9,7 \pm 0,5$	Lamb <i>et al.</i> , 2001

Par exemple, pour un Beagle en bonne santé, l'indice de Buchanan (VHS) peut varier entre 10,1 et 10,9 corps vertébraux. Au-delà de 10,9 corps vertébraux, le chien présente une cardiomégalie (voir *Tableau VII*).

2. Augmentation localisée de la taille de la silhouette cardiaque.

a) Signes de cardiomégalie droite

Une cardiomégalie droite est caractérisée par une augmentation de la taille du ventricule et/ou de l'atrium droit. Les signes radiographiques de ces augmentations localisées sont résumés dans le Tableau VIII et schématisés dans la figure 26.

Tableau VIII: Signes radiographiques possiblement rencontrés lors de cardiomégalie droite (SCHWARZ & JOHNSON, 2008)(Dennis et al., 2010)

Signes radiographiques de :	Vue latérale	Vue dorso-ventrale
Augmentation de la taille du ventricule droit	- Contact silhouette cardiaque/ sternum augmenté - Rotation caudo-dorsale de l'apex du cœur - Bord crânio-ventral du cœur arrondi - Plus de 2/3 de la silhouette cardiaque situé crânialement à la ligne apicobasilaire (de l'apex à la bifurcation trachéobronchique) -Déplacement dorsal de la trachée (parfois)	- Déplacement à gauche de l'apex - Forme en « D inversé » - Diminution de la distance entre la silhouette cardiaque et la paroi thoracique
Dilatation de l'atrium droit	- Bombement de la zone entre 9h et 10h - Déplacement dorsal de la trachée (parfois)	- Bombement de la zone entre 9h et 11h - Augmentation du diamètre de la Veine cave caudale (parfois)

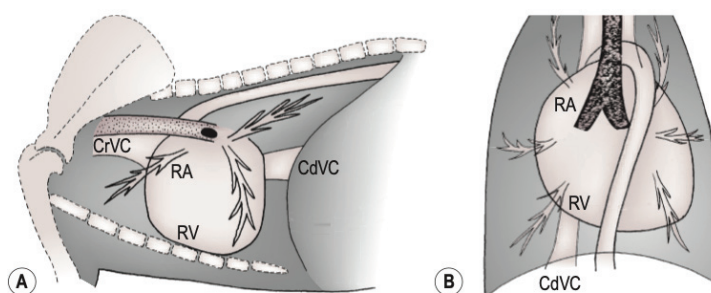


Figure 26 (Dennis et al., 2010): Schéma de la silhouette cardiaque en radiographie thoracique lors d'une dilatation atriale et ventriculaire droite en vue latérale droite (A) et en vue dorso ventrale (B) RA =Atrium droit ; RV = Ventricule droit ; CrVC = Veine cave crâniale ; CdVC = Veine cave caudale

Parmi les causes possibles d'une augmentation de la taille du cœur droit on peut citer (Thrall, 2017) :

- Les congénitales :
 - La sténose pulmonaire
 - Le shunt ventriculaire de gauche à droite.
 - La dysplasie tricuspideenne
- Les acquises :
 - L'insuffisance tricuspideenne
 - La dirofilariose (à l'origine d'une hypertension pulmonaire)

b) Signes de cardiomégalie gauche

Une cardiomégalie gauche est caractérisée par augmentation de la taille du ventricule et/ou de l'atrium gauche. L'augmentation de la taille de l'atrium gauche est probablement la cardiomégalie localisée la plus fréquemment observée en pratique clinique.

Les signes radiographiques de ces augmentations localisées sont résumés dans le Tableau IX et schématisés dans la figure 27 ci-dessous :

Tableau IX : Signes radiographiques possiblement rencontrés lors de cardiomégalie gauche (SCHWARZ & JOHNSON, 2008) (Dennis et al., 2010)

Signes radiographiques :	Vues latérales	Vue dorso-ventrale
Augmentation de la taille du ventricule gauche	- Déplacement dorsal de la trachée - Contour caudal de la silhouette cardiaque plus rectiligne	- Augmentation de la taille de la silhouette cardiaque - Déplacement vers l'hémithorax gauche de l'apex de la silhouette cardiaque - Arrondissement des bords de l'apex
Dilatation de l'atrium gauche	- Bombement de l'aire de projection de l'atrium gauche sur la silhouette cardiaque (de 12h à 2h) (voir figure 29) - Déplacement dorsal de la bronche souche gauche, parfois « pincement » de celle-ci par compression (voir figure 29)	- Écartement des bronches souches caudales par une image d'opacité liquidienne arrondie à convexité caudale - Occasionnellement, bombement de la région de l'auricule gauche entre 2h et 3h (Voir figure 28)
	- Dilatation des veines pulmonaire (voir figure 29)	

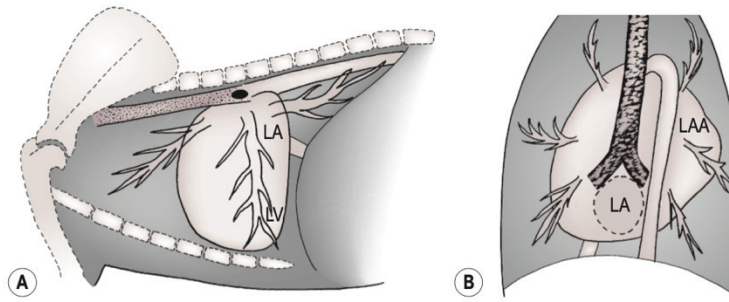


Figure 27 (Dennis et al., 2010) : Schéma de la silhouette cardiaque en radiographie thoracique lors d'une dilatation atriale et ventriculaire en vue latérale droite (A) et en vue dorso ventrale (B) : LA = Atrium gauche ; LAA = Auricule gauche ; LV = Ventricule gauche

Sur la vue de profil, la silhouette cardiaque est plus verticale, et on remarque un bombement au niveau de de l'atrium gauche. Sur la vue de face, l'apex du cœur est déplacé vers la droite, un bombement au niveau de la localisation de l'auricule gauche est présente, et le bombement de l'atrium gauche forme une image de « jambe de cowboy » avec les bronches.

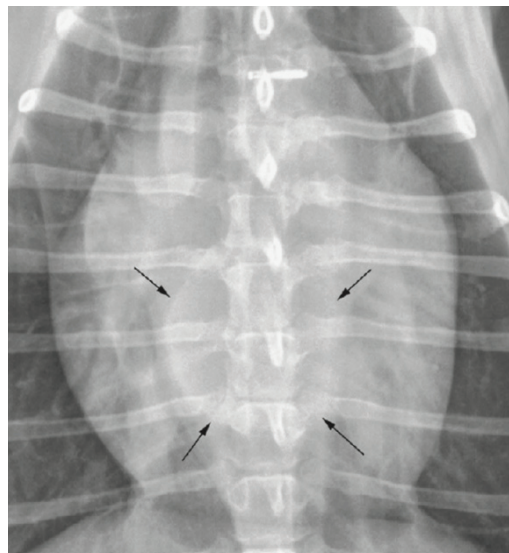


Figure 28 (Thrall, 2017) : Radiographie thoracique de face (en vue ventro-dorsale) d'un chien avec une dilatation atriale gauche montrant une image arrondie d'opacité liquidienne, à convexité caudale, entre les bronches souches des lobes caudaux.

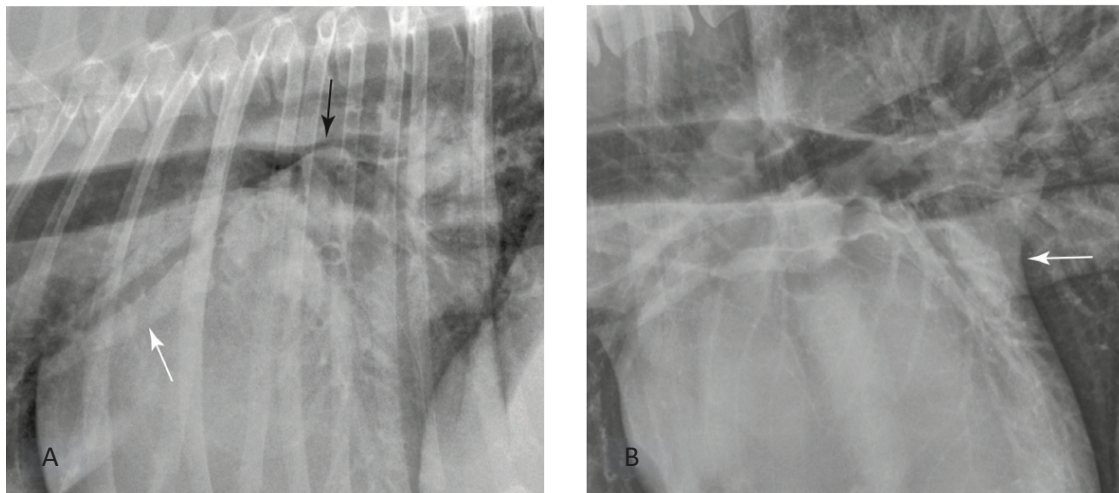


Figure 29 (Thrall, 2017): Radiographie de profil du thorax d'un chien avec une dilatation atriale gauche où l'on peut voir:
 (A) Une compression de la bronche souche gauche (flèche noire) ainsi qu'une dilatation des veines pulmonaires (flèche blanche)
 (B) Un bombement de l'atrium gauche (flèche blanche)

Parmi les causes possibles d'une cardiomégalie gauche, on peut citer (Thrall, 2017):

- Les congénitales :
 - La persistance du canal artériel
 - Un shunt ventriculaire gauche- droite
 - Sténose aortique
- Les acquises :
 - Une insuffisance mitrale
 - Une hypertrophie ventriculaire gauche – cardiomyopathie dilatée

3. L'épanchement péricardique

Un épanchement péricardique est une augmentation de la quantité de liquide dans la cavité péricardique. L'apparence radiographique dépend avant tout de la quantité d'épanchement péricardique. Si l'épanchement péricardique est très modéré, il ne pourra pas être mis en évidence sur un examen radiographique.

Les signes radiographiques pouvant être observés lorsque l'épanchement péricardique est important sont récapitulés dans le tableau X (Thrall, 2017).

Tableau X : **Signes radiographiques** possiblement rencontrés lors d'épanchement péricardique important (Thrall, 2017)

	Vues latérales	Vues de face
Signes radiographiques	Élargissement et arrondissement de la silhouette cardiaque (aspect globuleux)	
	Contact entre les bords de la silhouette cardiaque et les parois thoraciques (en cas d'épanchement très sévère)	
	Contours de la silhouette cardiaque particulièrement nets (pas/peu de déplacements au cours du cycle cardiaque)	

Ces signes radiographiques sont illustrés sur les figures 30 et 31 ci-dessous.

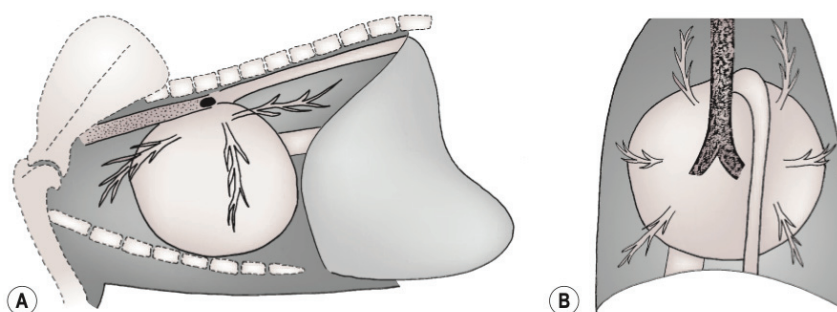


Figure 30 (Dennis et al., 2010) : Schéma de la silhouette cardiaque en radiographie thoracique lors d'épanchement péricardique en vue latérale (A) et dorso-ventrale (B)

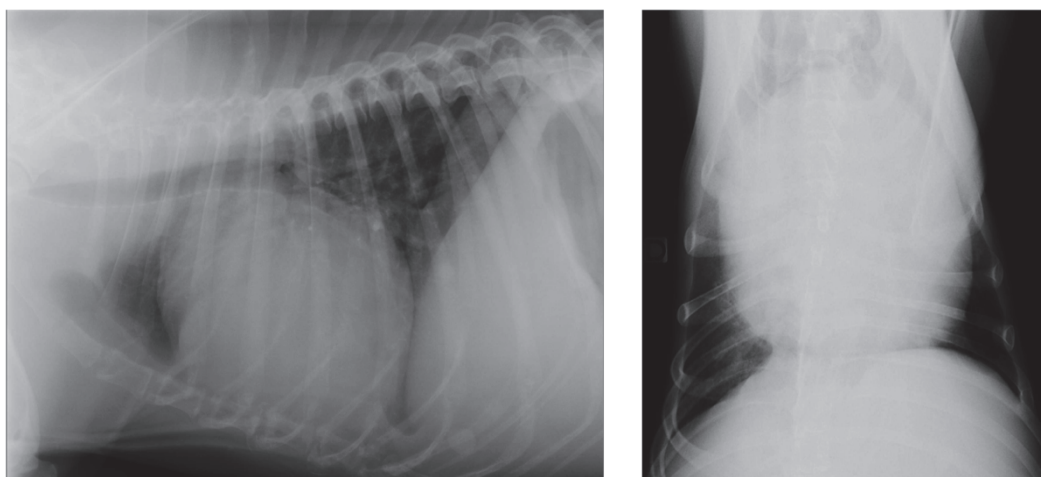


Figure 31 : Radiographie de thorax d'un chien présentant un épanchement péricardique en vue latérale à gauche et de face à droite. La silhouette cardiaque a une forme « globuleuse », ses contours sont nets et ses bords sont anormalement en contact avec la paroi thoracique. (Source : Vetagro-Sup)

Parmi les causes possibles d'épanchement péricardique les plus fréquentes on retrouve (SCHWARZ & JOHNSON, 2008):

- **Les néoplasiques** : L'hémangiosarcome, les tumeurs de la base du cœur, le mésothéliome, etc
- **L'idiopathique**
- **L'insuffisance cardiaque congestive**

B. Anomalies des gros vaisseaux sanguins

1. Dilatation de l'arc aortique

Les signes radiographiques que l'on peut observer lors de dilatation de l'arc aortique, sont (Dennis et al., 2010) (voir figure 32 et 33):

- **Vue de profil** : Un bombement de son aire de projection, soit entre 10h et 11h
- **Vue dorso-ventrale** : un bombement de son aire de projection, soit entre 11h et 1h sur la vue dorso-ventrale, donnant une impression d'élargissement du médiastin crânial.

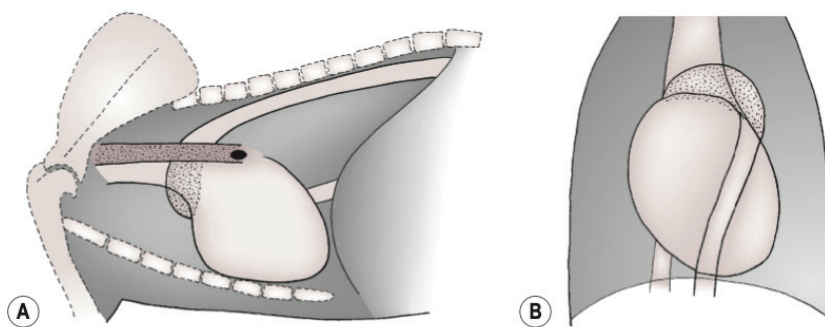


Figure 32 : schéma d'une radiographie de thorax d'un chien avec une dilatation de l'arc aortique en vue latérale (A) et de face (B) (Dennis et al., 2010)

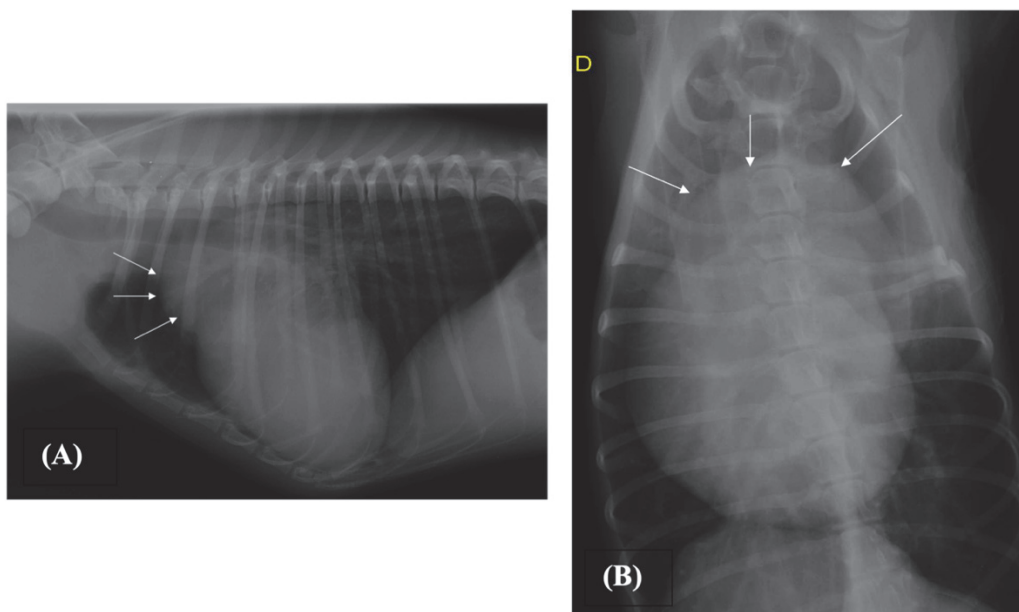


Figure 33: Radiographie thoracique d'un chien avec une dilatation de l'arc aortique en vue de profil (A) et de face (dorso-ventrale) (B). (Source : Vetagro-Sup)

Parmi les causes de dilatation de l'arc aortique, on peut citer (Dennis et al., 2010) :

- La sténose aortique
- La persistance du canal artériel
- Le chémodectome
- L'anévrisme

2. Dilatation du tronc pulmonaire

Lors d'une dilatation du tronc pulmonaire, à la radiographie, on pourra voir sur la vue de face un renflement de la silhouette cardiaque entre 1h et 2h (voir figures 34 et 35).

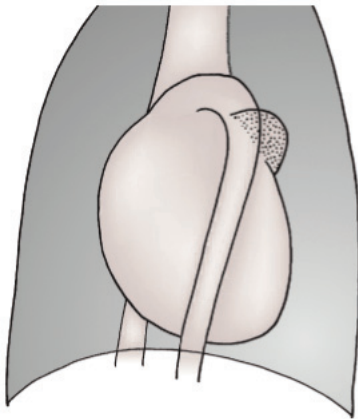


Figure 34 (Dennis et al., 2010) : Schéma d'une radiographie de thorax en vue de face (dorso-ventrale) d'un chien avec une dilatation du tronc pulmonaire.

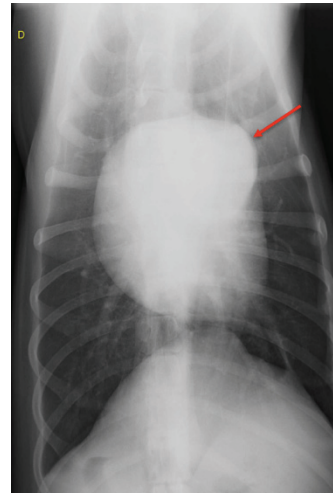


Figure 35 : Radiographie de thorax en vue dorso-ventrale d'un chien avec une dilatation du tronc pulmonaire (Source : Vetgaro-Sup)

Parmi les causes d'augmentation de la taille du tronc pulmonaire, on peut citer (Dennis et al., 2010) :

- Une **hypertension pulmonaire** (dirofilariose, angiostrongylose)
- Une sténose pulmonaire (dilatation post-sténotique)
- Une **augmentation du volume circulant** (contexte des « shunt gauche droit » : persistance du canal artériel, communication inter-ventriculaire, communication inter-atriale)

3. Élargissement de la taille de la veine cave caudale

La veine cave caudale est notamment considérée comme élargie si son **diamètre est 1,5 fois plus grand que le diamètre de l'aorte descendante** (en prenant pour diamètre de la VCC le diamètre le plus grand non superposé au cœur) (Thrall, 2017)

Parmi les causes d'augmentation de la taille de la veine cave caudale, on peut citer (Dennis et al., 2010):

- Une insuffisance cardiaque droite (dans la majorité des cas)
- Une tamponnade cardiaque
- Une péricardite constrictive
- Une obstruction de la veine cave caudale
- Une obstruction des veines hépatiques jusqu'à l'atrium droit (syndrome de Budd Chiari) sont également des causes possibles de son augmentation de taille.

4. Diminution de la taille de la veine cave caudale

Une diminution de la taille de la veine cave caudale est souvent accompagnée d'une réduction de la taille du cœur (microcardie), d'une diminution de la taille des vaisseaux pulmonaires, et dans les cas extrêmes d'une diminution de la taille de l'aorte (Dennis et al., 2010).

Une **diminution de la taille de la veine cave caudale** peut être observée secondairement à (SCHWARZ & JOHNSON, 2008) (Dennis et al., 2010):

- Une variation physiologique au cours du cycle cardiaque (artéfactuelle)
- Une hyperinsufflation pulmonaire (artéfactuelle).
- État de choc
- Déshydratation sévère
- Une hypovolémie (animal en choc suite à un AVP par exemple : hémorragie interne)
- Une maladie d'Addison (hypoadrénocorticisme)

III. Les affections du système respiratoire

A. L'espace pleural

1. Le pneumothorax

Lors de pneumothorax, de l'air (en quantité variable) est présent dans l'espace pleural.

Les signes radiographiques qu'on peut avoir lors d'un pneumothorax sont (Thrall, 2017) :

- Sur les **vues de profil** : Un déplacement dorsal du cœur, avec une bande d'opacité aérique sans marquage vasculaire pulmonaire séparant la silhouette cardiaque du sternum (flèches rouges sur la figure 36).
- Sur les **vues de face et de profil** : Une rétraction des lobes pulmonaires avec séparation de la paroi thoracique, du diaphragme et de la colonne par un espace d'opacité aérique sans marquage vasculaire pulmonaire (flèches bleues sur la figure 36)

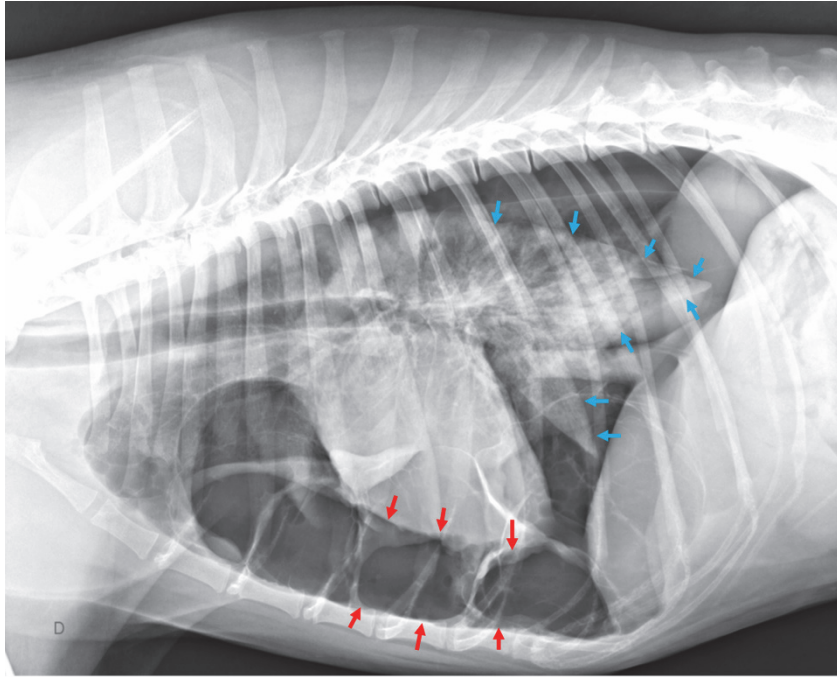


Figure 36: Radiographie thoracique de profil d'un chien présentant un pneumothorax. Les flèches rouges délimitent la bande d'opacité aérienne séparant la silhouette cardiaque du sternum. Les flèches bleues délimitent un lobe pulmonaire caudal collabé séparé du diaphragme et de la paroi thoracique par une opacité aérienne. (Source : Vetagro-Sup)

Parmi les causes de pneumothorax, on peut citer (SCHWARZ & JOHNSON, 2008) (Thrall, 2017) :

- Une **déchirure pulmonaire** impliquant la plèvre viscérale (lors d'un traumatisme notamment)
- Une **déchirure de la paroi thoracique** (lors de morsure, plaie par balle, AVP, etc),
- Une extension d'un pneumo médiastin dans l'espace pleural
- La rupture d'une masse pulmonaire caverneuse (lors d'abcès, tumeur, parasitisme...)
- Du **gaz provenant de l'abdomen** (lors de certaines hernies diaphragmatiques) ou iatrogène (lors de thoracocentèse ou acte chirurgical par exemple).

2. L'épanchement pleural

Lors d'épanchement pleural, une quantité anormalement élevée de liquide est présente dans l'espace pleural. La nature du liquide accumulé (transsudat, transsudat modifié, exsudat, sang ou chyle) dépend évidemment de l'affection causale.

L'épanchement pleural est le plus souvent libre, c'est-à-dire que le liquide d'épanchement circule librement dans l'espace pleural. Ainsi, la position de l'animal au moment de l'acquisition des clichés, et la quantité de liquide accumulé sont des facteurs influant beaucoup l'aspect radiographique de l'épanchement pleural (voir figure 37) (Dennis et al., 2010). Par exemple, le cœur sera moins visible en vue dorso-ventrale qu'en vue ventro-dorsale.

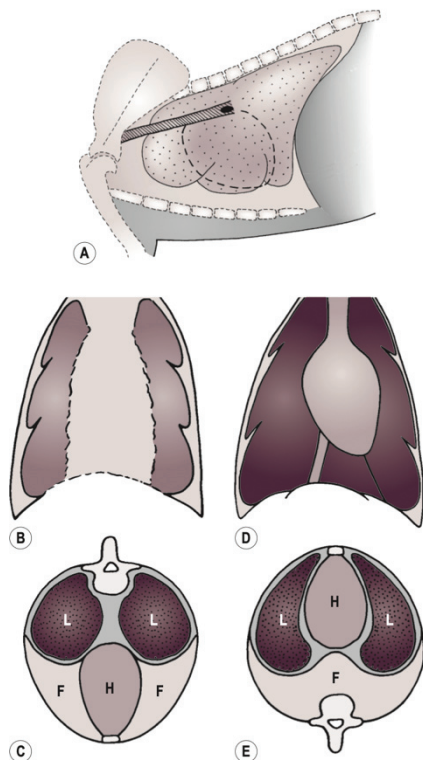


Figure 37 : schéma explicatif de l'épanchement pleural et la visualisation de la silhouette cardiaque selon l'incidence radiographique (Dennis et al., 2010) ;

En vue latérale (A) les délimitations de la silhouette cardiaque peuvent être effacées et les poumons entourés par du liquide se rétractent ; En vue dorso-ventrale, (B) le liquide de l'épanchement se retrouve en position ventrale (C) et les poumons sont poussés en région dorsale par effet de la gravité, la silhouette cardiaque est donc partiellement ou totalement effacée sur cette vue selon la quantité de liquide présent dans l'espace pleural ; En vue ventro-dorsale (D) l'animal est sur le dos, les fluides se retrouvent donc par gravité en région dorsale alors que le cœur et les poumon se retrouvent en région ventrale, la silhouette cardiaque est donc plus visible sur cette incidence.

Les signes radiographiques que l'on peut retrouver lors d'épanchement pleural sont récapitulés dans le Tableau XI selon l'incidence radiographique et ses **principales causes** sont récapitulées dans le Tableau XII.

Tableau XI: Signes radiographiques possibles lors d'épanchement pleural (Thrall, 2017)(SCHWARZ & JOHNSON, 2008)

	Vues latérales	Vue ventro-dorsale
Signes radiographiques	Effacement de la délimitation ventrale du diaphragme (voir figure 38)	
	Rétraction des lobes pulmonaires et présence d'une bande d'opacité liquidienne entre le bord des poumons et la paroi costale) (voir figure 38)	
	Scissures interlobaires : bandes très fines d'opacité liquidienne permettant de discerner la délimitation entre les lobes pulmonaires (voir figure 38 et 39)	
	Effacement partiel ou total de la silhouette cardiaque (voir figure 38)	

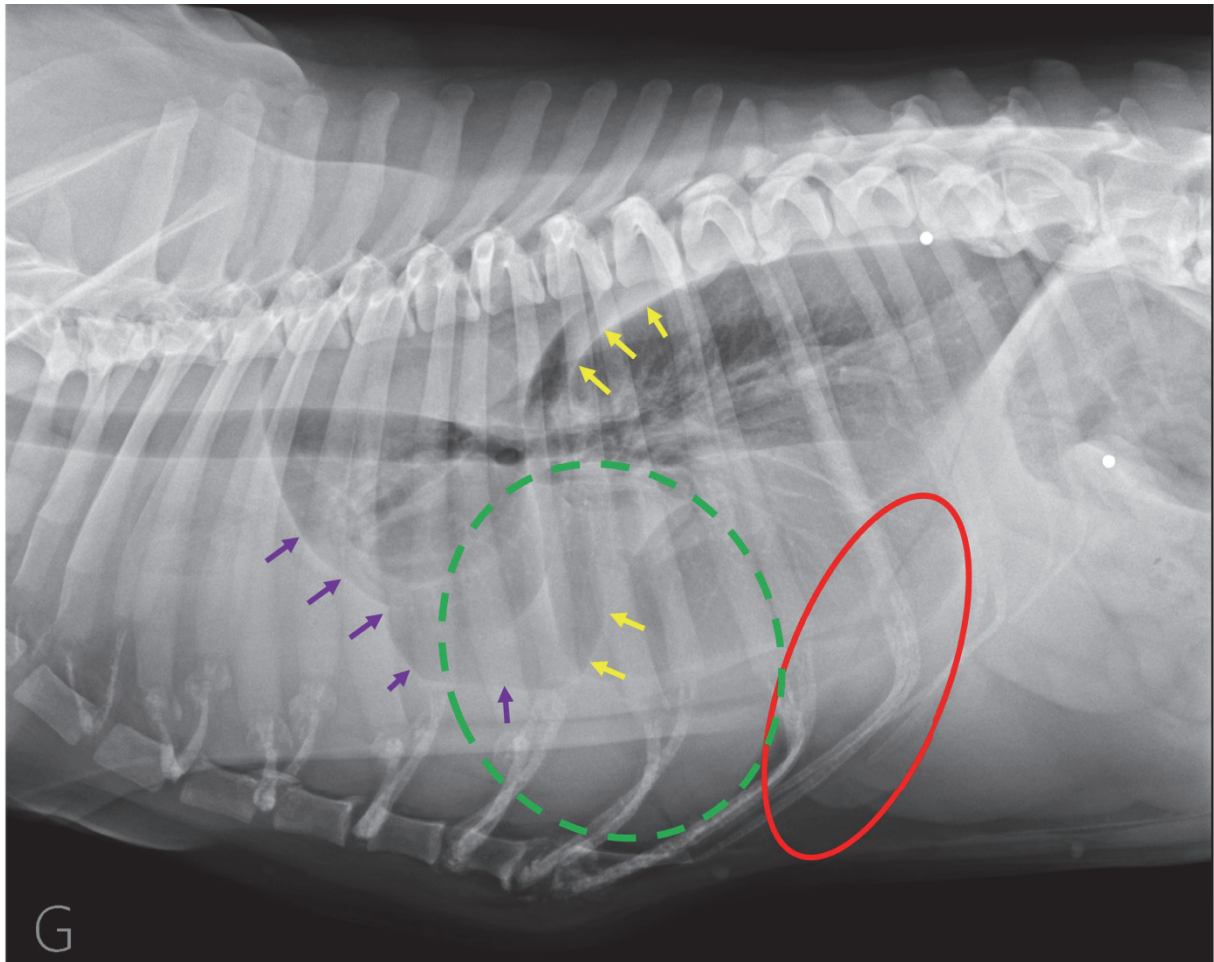


Figure 38 : Radiographie thoracique de profil d'un chien Golden Retriever de 9 ans présentant un épanchement pleural hémorragique (hémothorax) important secondaire au saignement d'une masse cardiaque.

Le **cercle rouge** entoure l'emplacement théorique de la délimitation ventrale du diaphragme (ici complètement effacée). Le **cercle en pointillés verts** entoure l'emplacement théorique de la silhouette cardiaque (ici complètement effacée). Les **flèches jaunes** indiquent les scissures interlobaires. Les **flèches violettes** délimitent les lobes pulmonaires crâniens (ici retractés)
(Source : Vetagro-Sup)

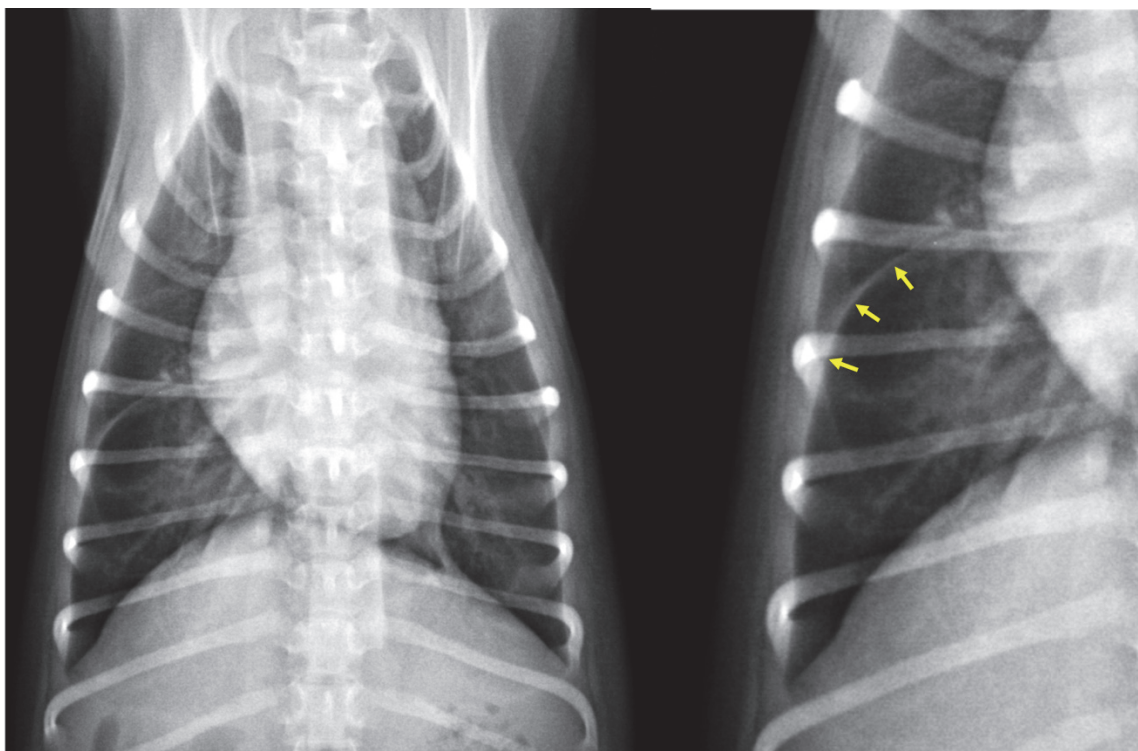


Figure 39 : Radiographie thoracique de face d'une chienne croisée entière de 4 mois présentant un épanchement pleural hémorragique (hémothorax) discret secondairement à une intoxication aux antivitamines K. Les **flèches jaunes** indiquent une scissure interlobaire. (Source : Vetagro-Sup)

Tableau XI : Définitions et causes des différents types d'épanchements pleuraux selon leur nature (SCHWARZ & JOHNSON, 2008)

Type d'épanchement	Transsudat vérifiable	Transsudat modifié	Exsudat	Pyo-thorax	Hémothorax	Chylothorax	Pseudo chylothorax
Définition - Cellularité (en /uL) - Protéines (en g/L)	Épanchement secondaire à une hypoprotéïnémie dans la circulation sanguine <i>Cellularité <1000</i> <i>Protéines <25</i> <i>Densité <1,018</i>	Transsudat altéré par la présence de cellules non inflammatoires <i>1000<Cellularité <7000</i> <i>25<Protéines<50</i> <i>1,0184<Densité<1,025</i>	Épanchement inflammatoire (stérile ou septique) <i>Cellularité > 7000</i> <i>Protéines > 30</i> <i>Densité > 1,025</i>	Exsudat septique par contamination	Accumulation de sang dans l'espace pleural	Accumulation de chyle dans l'espace pleural	Épanchement pleural qui contient des produits de dégradation des lipides
Causes possibles lors d'épanchement pleural	Hypoprotéïnémie (lors d'entéropathie chronique, néphropathie, maladie hépatique chronique ou malnutrition sévère)	Hypertension systémique (secondaire à une insuffisance cardiaque droite)	Pneumonie	Traumatisme			Infections pleurales de bas grade
		Réduction du drainage lymphatique ou veineux (en cas de masse médiastinale par exemple)	Tumeur pulmonaire ou pleurale				Néoplasique intrathoracique
		Fuite de protéines lors de hernie diaphragmatique chronique	Maladie auto-immune	Rupture médiastinale (par exemple de l'œsophage)	Torsion pulmonaire	Masse médiastinale	Épanchement de longue date
		Augmentation de la pression		Extension d'une	Involution thymique	Thrombose de la veine cave	

			hydrostatique pleurale lors d'atélectasie par exemple	Affection granulomateuse pulmonaire	affection respiratoire			
					latrogène (lors de chirurgie par exemple)	Infarctus pulmonaire	Maladie cardiaque	
							Vers cardiaques	

B. Les voies aériennes et parenchyme pulmonaire

1. La trachée

a) Redondance de la membrane trachéale dorsale

La « redondance de la membrane trachéale dorsale » est très fréquente, notamment chez les petites races. C'est l'une des causes les plus fréquentes de diminution du diamètre trachéal (Maï, 2003).

Sur une radiographie thoracique de profil on peut observer une **bande d'opacité liquidienne dans la partie dorsale** de la trachée (voir flèches bleues figure 40). En effet, le muscle s'affaisse dans la lumière trachéale, parfois l'œsophage aussi (Maï, 2003). Si elle est observée, en l'absence d'autre anomalie de la trachée, chez des chiens de grande race ou de petites races asymptomatiques, cette opacification de la partie dorsale de la trachée à la jonction cervico-thoracique est généralement considérée sans signification clinique (Thrall, 2017).

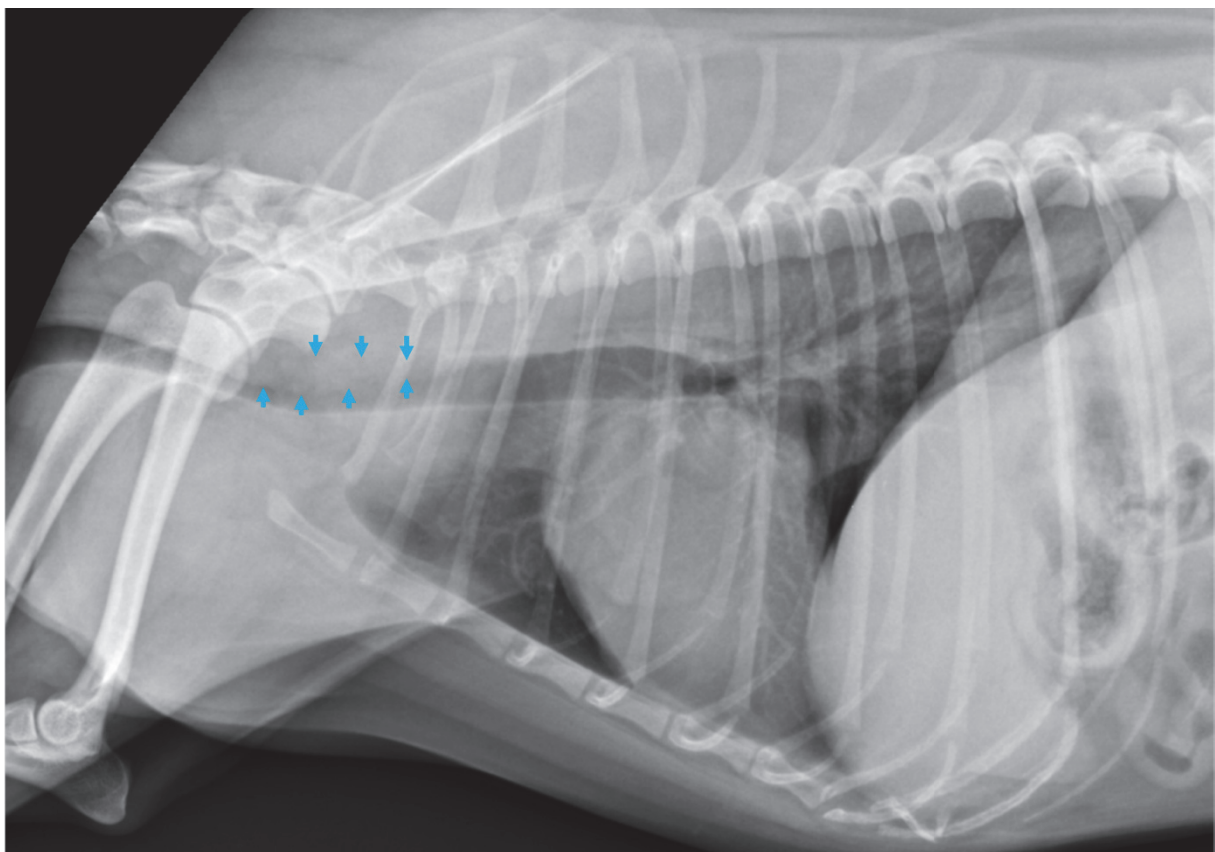


Figure 40 : Radiographie thoracique de profil d'un chien présentant une redondance de la membrane trachéale. Les **flèches bleues** délimitent la bande d'opacité liquidienne dans la partie dorsale de la trachée. (Source : Vetagro-Sup)

b) Collapsus trachéal

Le collapsus trachéal est une maladie dégénérative des anneaux cartilagineux trachéaux liée à l'âge ou bien congénitale (Maï, 2003) qu'on retrouve chez les petites races de chien et les races naines. (SCHWARZ & JOHNSON, 2008). Le collapsus peut concerner l'ensemble de la trachée ou seulement un segment. Les segments les plus touchés se situent à la jonction cervico-thoracique ou en région thoracique distale jusqu'à la bifurcation trachéobronchique (Maï, 2003).

Pour diagnostiquer cette maladie, l'examen de choix reste l'endoscopie car elle permet de voir la dynamique de la lumière intratrachéale. Cependant, en première intention, il est possible de réaliser des radiographies thoraciques et cervicales **latérales** en phase inspiratoire et expiratoire (Thrall, 2017). En effet, pour visualiser des signes de collapsus extra thoracique il est recommandé de réaliser la radiographie en inspiration, alors que pour le collapsus intra thoracique ce sera en expiration (Maï, 2003).

Le signe radiographique d'un collapsus trachéal intrathoracique est un **rétrécissement du diamètre trachéal** sur une partie ou la totalité de la longueur de la trachée intrathoracique. (Maï, 2003)

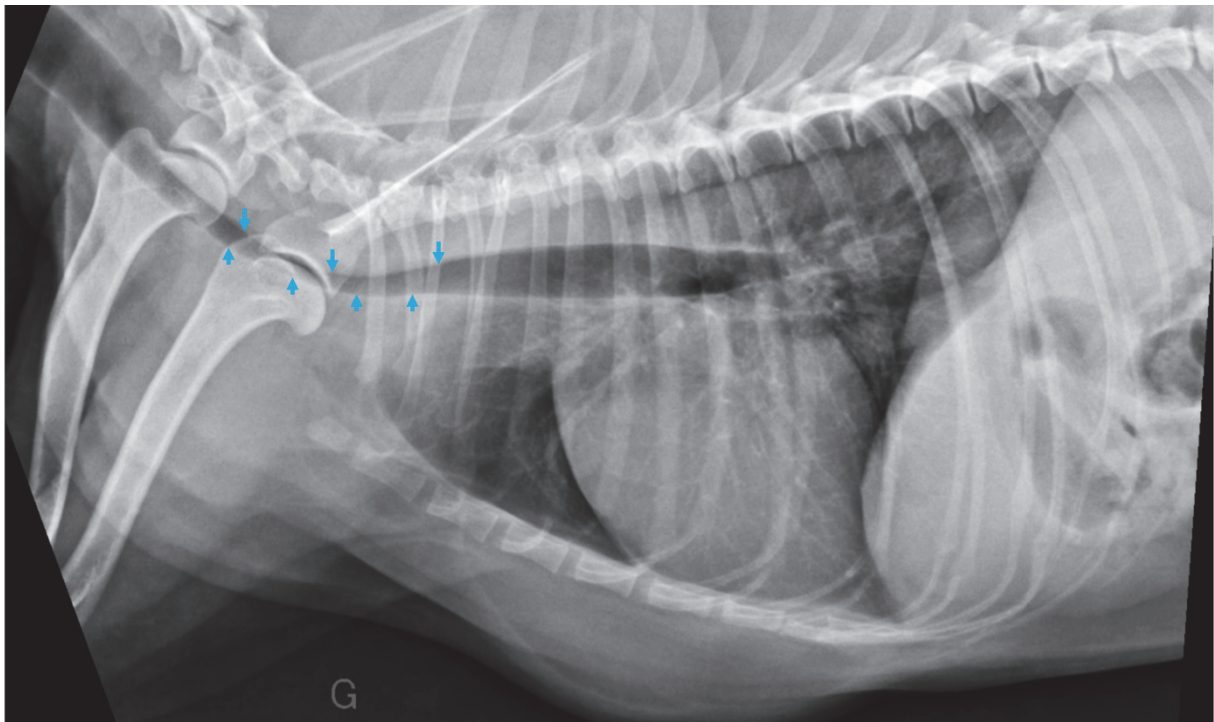


Figure 41 : Radiographie thoracique de profil d'une chienne caniche stérilisée de 11 ans présentant un collapsus trachéal (**flèches bleues**) (Source : Vetagro-Sup)

2. Le parenchyme pulmonaire

a) Généralité

L'opacité radiographique des poumons est la résultante de leur structure et de leur composition, et correspond à la sommation des différents compartiments

anatomiques. Les poumons ont une structure très particulière d'un point de vue radiographique car ils contiennent une grande quantité d'air quand ils sont correctement ventilés, et apparaissent donc globalement radio-transparents. La structure du tissu pulmonaire est souvent comparée à une éponge. En effet, les poumons sont composés principalement d'alvéoles pulmonaires réparties au sein d'un tissu interstitiel de soutien. Les structures vasculaires, le tissu pulmonaire interstitiel et les parois des bronches sont quant à eux radio-opaques aux rayons X. Les poumons constituent ainsi une trame réticulée complexe. Sur une image radiographique normale du parenchyme pulmonaire, les vaisseaux sont bien visibles, mais les parois des bronches ne sont identifiables qu'en région péri-hilaire. Le trajet et la position des bronches principales sont ainsi indiqués sur la radiographie par les veines et artères qui les accompagnent (voir figure 42). Enfin, si le départ des grosses bronches est visible, mais les parois des petites bronches, elles, ne sont normalement pas visibles en périphérie du champ pulmonaire (Maï, 2003).



Figure 42 : Représentation schématique de l'image radiographique normale du parenchyme pulmonaire. La structure tubulaire « noire » représente la bronche qui est radio-transparente, et les structures tubulaires « blanches » qui l'entourent représentent la veine et l'artère radio-opaques qui lui sont associées (Dennis et al., 2010)

Il est fréquent de surinterpréter les modifications d'opacité du parenchyme pulmonaire, notamment en raison de facteurs techniques, qui doivent donc être préalablement systématiquement analysés lors de la lecture des clichés thoraciques avant l'étape d'interprétation proprement dite. Ces facteurs techniques peuvent être résumés avec la série de questions suivantes (Thrall, 2017):

- Les incidences radiographiques sont-elles adéquates ? Toutes les vues nécessaires ont-elles été réalisées ? Si les vues standard sont absentes, quelles anomalies risquent d'être manquées ? (Voir tableau 5)
- Le positionnement est-il correct ou y a-t-il des problèmes de positionnement susceptibles de gêner l'interprétation ? (Voir tableau 4)
- La technique radiographique est-elle appropriée ou les images sont-elles surexposées ou sous-exposées ?
- Les images ont-elles été acquises avec une grille anti-diffusante ? Est-ce qu'une grille anti-diffusante aurait dû être utilisée ?
- Le patient a-t-il été sédaté ou anesthésié pour l'examen radiographique et cela a-t-il affecté l'apparence des images ?
- Quelle est la race et la morphologie corporelle du patient, et comment cela va-t-il influencer l'apparence des images ?
- Les images ont-elles été obtenues avec un faisceau de rayons X vertical et la cassette dans une table radiographique, ou avec un faisceau horizontal et la cassette dans un support mobile ou mural ?
- Les images sont-elles analogiques ou numériques ?

- Existe-t-il des particularités morphologiques du patient susceptibles d'influencer l'aspect des radiographies ? (Comme par exemple, un membre manquant, des nodules ou des masses cutanées superposés au thorax)

La majorité des lésions pulmonaires va apparaître sous forme d'une augmentation d'opacité du parenchyme pulmonaire. La sémiologie radiographique pulmonaire décrite dans la plupart des ouvrages de référence en médecine humaine et vétérinaire repose sur un découpage arbitraire en catégories d'opacifications nommées « patrons » ou « syndromes ». Ces catégories sous-entendent une localisation anatomique préférentielle de la lésion car ils sont basés sur la sémiologie des différents compartiments anatomiques du thorax. Cette classification a le mérite de simplifier l'apprentissage et donner une structure standardisée à l'interprétation, toutefois il est important d'être conscient des limites de ce système.

Dans la réalité histologique, les lésions sont rarement isolées et confinées à un seul « secteur anatomique », une combinaison des « lésions » et donc des « patrons » est fréquente. Ainsi, il faut garder à l'esprit que l'image radiographique représentera souvent le territoire le plus sévèrement affecté, sans exclure l'implication des autres.

D'autre part, ces catégories d'opacification ne sont pas spécifiques d'une maladie donnée, et il sera important de prendre en considération d'autres critères radiographiques importants comme la distribution de ces opacités pulmonaires lors de l'interprétation.

b) Les différentes opacifications pulmonaires

i. Opacification bronchique

L'opacification bronchique correspond à une augmentation de la visibilité des parois bronchiques. Les bronches apparaissent anormalement proéminentes spécialement en région périphérique où elles sont normalement non/peu visibles. Les causes possibles de ce type d'opacification sont (Dennis et al., 2010) (SCHWARZ & JOHNSON, 2008) :

- Un épaississement de la paroi bronchique (infiltration cellulaire ou liquidienne)
- Une infiltration de l'espace péri bronchique (infiltration cellulaire ou liquidienne)
- Une minéralisation excessive de la paroi des bronches)

Cet épaississement est schématisé sur figure 43 :



Figure 43 : Représentation schématique de l'opacification bronchique en coupe longitudinale et transverse (dans l'encadré en bas à droite) (Dennis et al., 2010)

L'image radiographique de ces bronches aux parois épaissies va dépendre de la façon dont elles sont projetées (voir figure 43 et 44) (Maï, 2003):

- Lorsque le grand axe de la bronche est **perpendiculaire à l'axe des rayons X** : les parois épaissies des bronches forment des images « en rails de chemin de fer » (c'est-à-dire deux lignes parallèles d'opacité liquidienne séparées par une bande aérique, voir (A) de la figure 44)
- Lorsque le grand axe de la bronche **est parallèle à l'axe des rayons X** (on parle d'image « en coupe ») : les parois épaissies des bronches forment des images en « anneaux/beignets » (image circulaire plus épaisse que la normale avec un centre aérique, voir (B) de la figure 44).

Quelle que soit la coupe, ces images sont pertinentes si elles sont loin dans l'arbre bronchique.

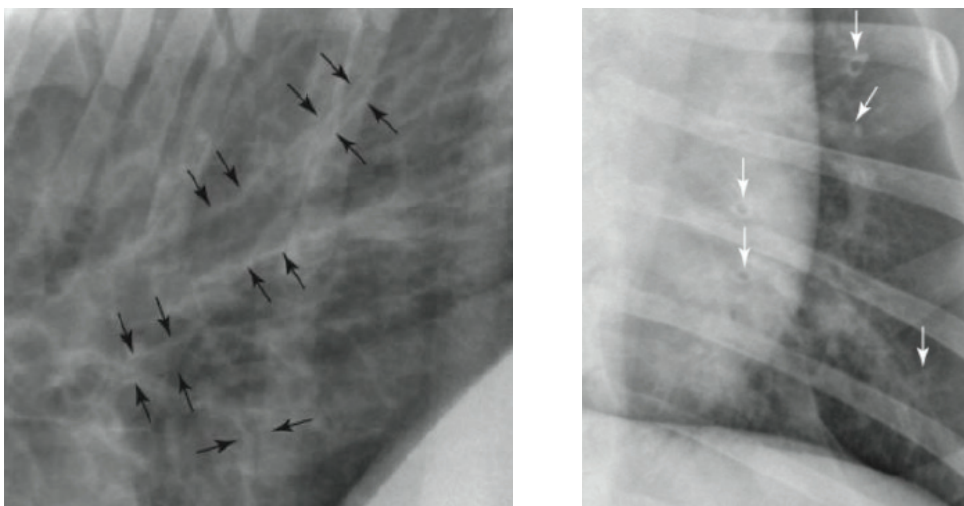


Figure 44 : Images radiographiques focalisées sur la partie caudale du champ pulmonaire d'un chien présentant une opacification bronchique. (A) Les flèches noires encadrent les images en rail de chemin de fer. (B) Les flèches blanche indiquent les images en donut (Source : Vetagro-Sup)

Parmi les causes possibles d'opacification bronchique, on retrouve notamment (Dennis et al., 2010)(Maï, 2003)(Thrall, 2017) (SCHWARZ & JOHNSON, 2008):

- **L'âge avancé**
- **La bronchite chronique** :

- Allergique (fréquent)
- Infectieuse (parasitaire, bactérien, viral, fongique)
- Secondaire à une irritation
- La calcification/minéralisation bronchique secondaire à :
 - Un hyperadénocorticisme
 - Une hyperparathyroïdie rénale secondaire
- Bronchopneumopathie (éosinophilique ou non)
- Tumeur diffuse (rare)
- L'œdème pulmonaire cardiogénique et non cardiogénique

Cas particulier de la bronchiectasie :

Il existe également un autre type d'anomalie affectant les bronches, secondaire à une dilatation excessive et irréversible de ces dernières, appelé **bronchiectasie**.

Parmi les **signes radiographiques** possibles on retrouve (Thrall, 2017):

- Un élargissement de la lumière bronchique. Les bronches dilatées peuvent former des images tubulaires ou sacculaires
- Une absence de réduction progressive de la taille des bronches en périphérie du champ pulmonaire
- Une irrégularité de la lumière bronchique
- Un épaississement des parois bronchiques

Les causes possibles de bronchiectasie sont (SCHWARZ & JOHNSON, 2008) :

- Une maladie pulmonaire infectieuse ou inflammatoire chronique
- Une obstruction des voies respiratoires
- L'inhalation de fumée
- Une pneumonie induite par radiothérapie
- Une dyskinésie ciliaire primitive

ii. Opacification alvéolaire

L'opacification alvéolaire est visualisée lorsque les alvéoles pulmonaires sont complètement vides et collabées, ou bien lorsqu'elles sont remplies de liquide (exsudat, œdème, sang) ou de matériel tissulaire (voir figure 45) (SCHWARZ & JOHNSON, 2008) .

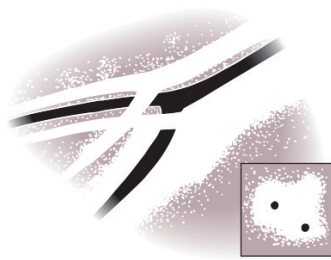


Figure 45 : Représentation schématique de l'opacification alvéolaire en coupe longitudinale et transverse (dans l'encadré en bas à droite). Augmentation de la radio opacité et formation de bronchogramme aérique (Dennis et al., 2010)

La reconnaissance d'une opacification de type alvéolaire est basée sur l'observation de plages d'opacité liquidienne impliquant une partie plus ou moins grande des poumons. Pour qu'une opacification pulmonaire de type alvéolaire soit présente, une ou plusieurs des caractéristiques radiographiques suivantes doivent être présentes (SCHWARZ & JOHNSON, 2008) :

- **Plages d'opacité liquidienne aux contours mal délimités**
- **Effacement des structures d'opacité tissulaire adjacentes** aux lésions pulmonaires (ex : cœur, silhouette cardiaque)
- Présence d'un **signe lobaire** (voir flèches et triangle rouge figure 46) : c'est une marge nette qui est créée entre un lobe affaissé/consolidé et un lobe pulmonaire normalement aéré.
- Présence de **bronchogrammes aériques** (voir flèches bleues figure 46) : ils sont créés lorsque les bronches remplies d'air sont entourées d'une opacité liquidienne (poumon affaissé ou consolidé). Les bronchogrammes aériques sont pathognomoniques d'une opacification pulmonaire alvéolaire.

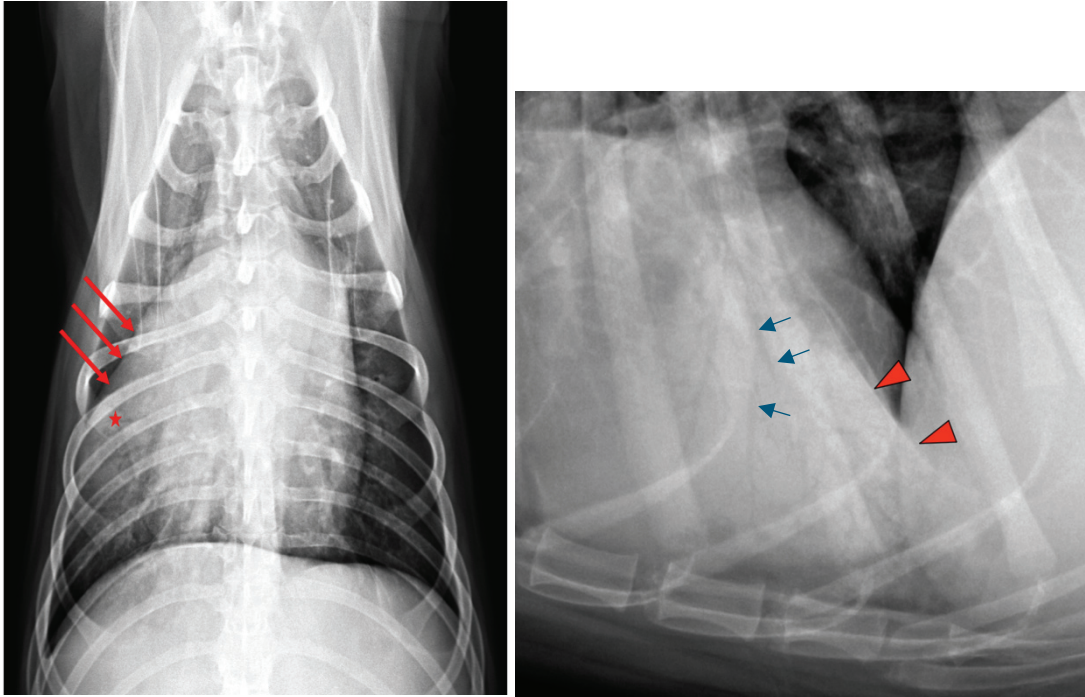


Figure 46 : Radiographies d'un chien croisé de 4 ans présentant une pneumonie par aspiration. Sur la radiographie de face (à gauche) on peut voir avec l'étoile rouge une opacification alvéolaire du lobe pulmonaire moyen droit. En effet, un signe lobaire est présent sur ce cliché (flèches rouges). Sur l'agrandissement de la vue radiographique de profil, un signe lobaire est également présent (triangles rouges) et des bronchogrammes aériques sont visibles dans ce lobe (flèches bleues). (Source : Vetagro-Sup)

Parmi les causes d'opacification alvéolaire on retrouve (Thrall, 2017):

- La **pneumonie** (localisation ventrale)
- L'**œdème** cardiogénique ou non cardiogénique
- L'**hémorragie**
- La **thrombo-embolie**
- L'**atélectasie**
- L'**allergie**
- La cause **tumorale** primaire
- Le syndrome de détresse respiratoire aigüe

iii. **Opacification interstitielle**

L'opacification interstitielle reflète une infiltration du tissu interstitiel par du liquide (œdème, exsudat, hémorragie) ou des cellules (inflammatoires, néoplasiques, fibrocytes). Elle est classiquement subdivisée en 2 sous-types, l'opacification interstitielle non structurée ou structurée.

1. **Opacification interstitielle non structurée :**

L'opacification interstitielle non structurée est l'opacité pulmonaire la plus difficile à reconnaître, et est souvent sur-diagnostiquée. En effet, de nombreux paramètres inhérents à la technique (constantes inappropriées, cliché expiratoire) ou à l'animal (obésité) peuvent « mimer » la présence de ce type d'opacité. Ces paramètres doivent être suspectés/analysés préalablement à l'interprétation des potentielles anomalies du parenchyme pulmonaire.

L'opacification interstitielle non structurée est reconnue par une augmentation modérée et souvent diffuse de l'opacité pulmonaire (SCHWARZ & JOHNSON, 2008). Il est important de noter que cette augmentation d'opacité n'empêche pas la visualisation des structures d'opacité tissulaire environnantes (silhouette cardiaque, diaphragme, gros vaisseaux pulmonaires, veine cave caudale) contrairement à l'opacification alvéolaire. Seuls les petits vaisseaux en périphérie du champ pulmonaire deviennent moins visibles, leur contour apparaît flou.

Une représentation des lésions interstitielles est illustrée dans le schéma ci-dessous (voir figure 47)

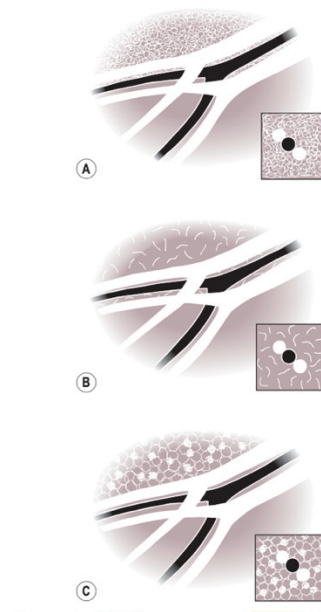
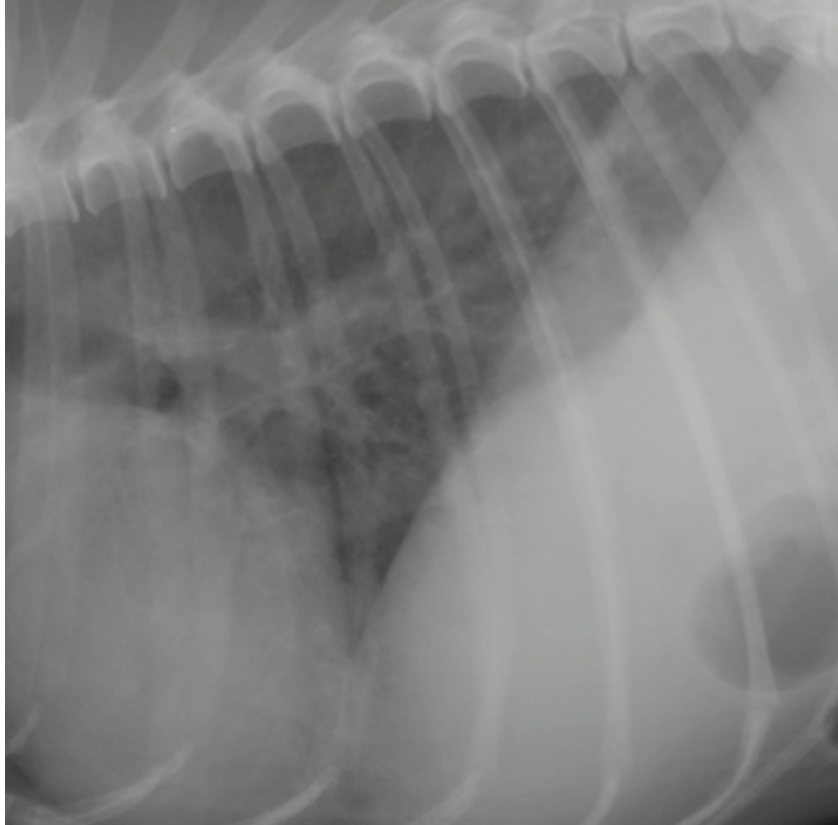


Figure 47 : Représentation schématique de différents types d'opacification interstitielle **non structurée** diffuse (A), linéaire (B) et miliaire (C) (Dennis et al., 2010)

Les signes radiographiques de l'opacification interstitielle non structurée sont :

- Présence d'un **voile gris** sur les poumons, qui atténue les détails sous-jacents des structures vasculaires (voir figure 48)
- Une **opacification miliaire** : opacification du parenchyme pulmonaire formé par la coalescence de multiples petites opacités millimétriques d'allure nodulaire, conférant un aspect « poivre et sel » au parenchyme pulmonaire (voir figure 49)



*Figure 48 : Agrandissement d'une radiographie thoracique de profil d'un chien avec une opacification interstitielle **non structurée** : présence d'un **voile gris** au niveau des lobes caudaux. (Source : Vetagro-Sup)*

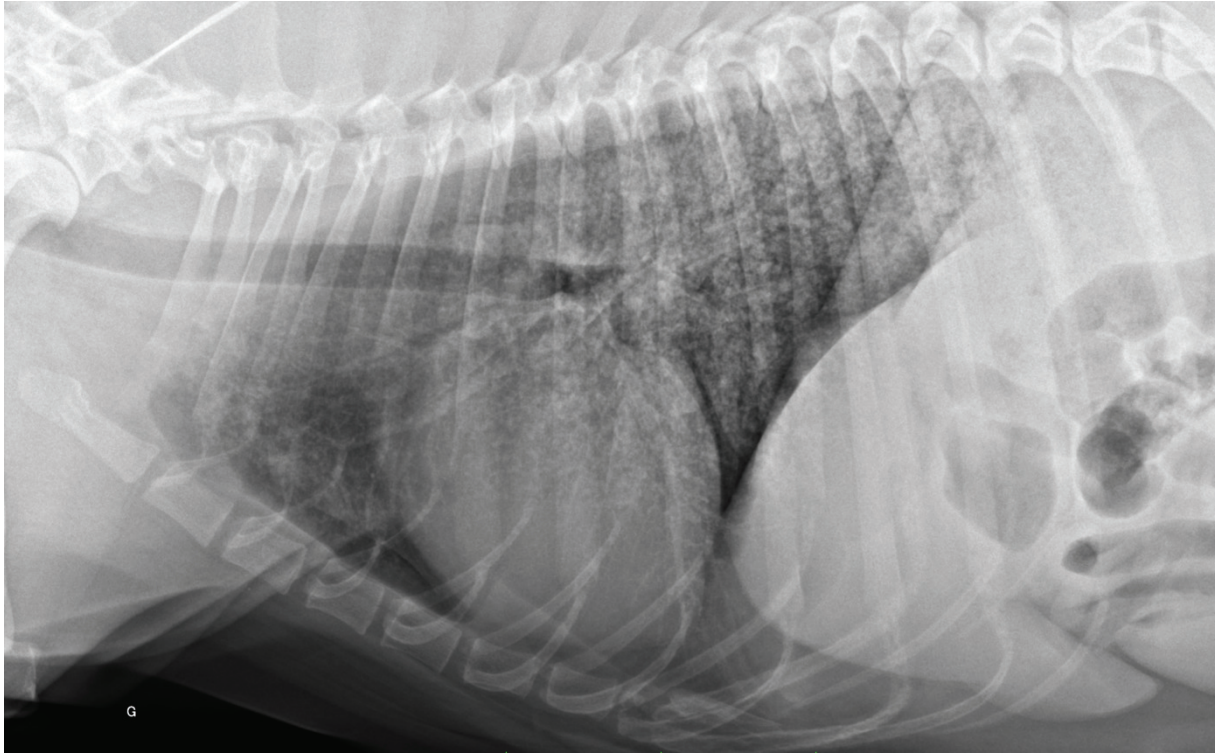


Figure 49 : Radiographie thoracique de profil d'un chien âgé de 11 ans avec une opacification interstitielle **non structurée de type miliaire** (Source : Vetagro-Sup)

Parmi les causes possibles d'opacification interstitielle non structurée on retrouve (SCHWARZ & JOHNSON, 2008)(Thrall, 2017) :

- Mauvais réglage des paramètres d'acquisition, ou prise de la radiographie en expiration
- L'œdème pulmonaire (secondaire à une insuffisance vasculaire/cardiaque ou de retour lymphatique)
- L'hémorragie pulmonaire
- Un exsudat
- Une prolifération excessive de fibrocyte
- Des métastases diffuses
- Une minéralisation de l'interstitium

2. L'opacification interstitielles structurée

Les signes radiographiques de l'opacification interstitielle structurée sont la **présence de nodules ou de masses d'opacité liquidienne dans le parenchyme pulmonaire** (voir figure 50). Les masses et/ou nodules peuvent être uniques ou multiples.

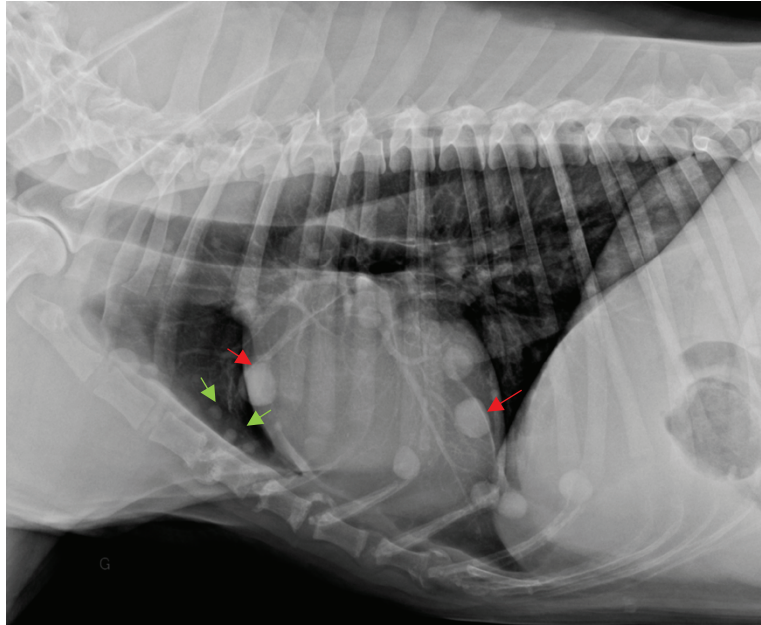


Figure 50: Radiographie thoracique d'un chien avec de multiples masses (flèches rouges) et nodules (flèche verte) d'opacité tissulaire (Source : Vetagro-Sup)

La différence entre l'utilisation du terme masse ou nodule repose sur la taille, le terme nodule étant généralement celui employé pour des lésions mesurant moins de 2 cm de diamètre (Thrall, 2017).

a. Les pièges à éviter dans le diagnostic d'opacification structurée :

Certains concepts importants sont à garder à l'esprit concernant la mise en évidence de lésions nodulaires sur un examen radiographique. Tout d'abord, il faut garder à l'esprit la possibilité d'une image artéfactuelle de nodule pulmonaire secondaire à la projection d'un nodule cutané au sein du parenchyme pulmonaire. Ensuite, il existe une notion de seuil de détection/taille minimum requise pour qu'un nodule de nature tissulaire ou liquidienne puisse être détectable sur un examen radiographique (minimum de 7-9 mm de diamètre) (Thrall, 2017).

Plusieurs paramètres dont la localisation du nodule, l'état d'embonpoint du patient et la qualité technique des clichés sont à prendre en considération pour établir ce seuil de détection.

b. Diagnostic différentiel des masses/nodules **uniques** :

Quand on a un nodule/une masse, on fait le diagnostic différentiel en pensant à l'acronyme à visée mnémotechnique CHANG :

- **Cyste = kyste**
- **Hématome**
- **Abcès**
- **Néoplasie**
- **Granulome**

Ainsi, les diagnostics différentiels des masses et nodules sont récapitulés dans le tableau XIII.

Tableau XIII : Diagnostic différentiel des masses et nodules du parenchyme pulmonaire (Thrall, 2017) (SCHWARZ & JOHNSON, 2008)(Dennis et al., 2010).

Diagnostic différentiel MASSE/NODULE	Masse/nodule unique	Masses/nodules multiples
Néoplasique (le plus fréquent)	Tumeur primitive pulmonaire le plus souvent située dans les lobes caudaux	Métastases pulmonaires
Plus rare :	- Kyste - Hématome - Abscess - Granulome : Fongique, parasitaire, corps étranger, éosinophilique, bactérien	

c. Cas particulier des ostéomes pulmonaires :

Les ostéomes pulmonaires sont des lésions bénignes qui se présentent sous forme de nodules millimétriques calcifiés, résultant d'une métaplasie osseuse, souvent localisés en périphérie du champ pulmonaire. On les diagnostique à la radiographie comme des nodules millimétriques mesurant entre 1 et 4 mm de diamètre. Leur petite taille permet de les différencier des nodules pulmonaires tissulaires représentant de potentielles métastases(SCHWARZ & JOHNSON, 2008).

3. Cas particuliers de lésions pulmonaires à connaître

a) *Atélectasie*

L'atélectasie se rencontre très fréquemment. Il s'agit d'un collapsus des alvéoles pulmonaires provoquant une diminution de volume du lobe impliqué ce qui augmente son opacité. C'est un phénomène physiologique qui peut également être la conséquence d'un phénomène pathologique que nous évoquerons plus loin.

Parmi les signes radiographiques on retrouve notamment (SCHWARZ & JOHNSON, 2008) (voir figure 51):

- **Une diminution du volume** du lobe pulmonaire associée à une augmentation de son opacité interstitielle à alvéolaire proportionnelle au niveau d'aération
- Un déplacement des structures médiastinales adjacentes, appelé « **shift médiastinal** », vers le lobe atelectasié.

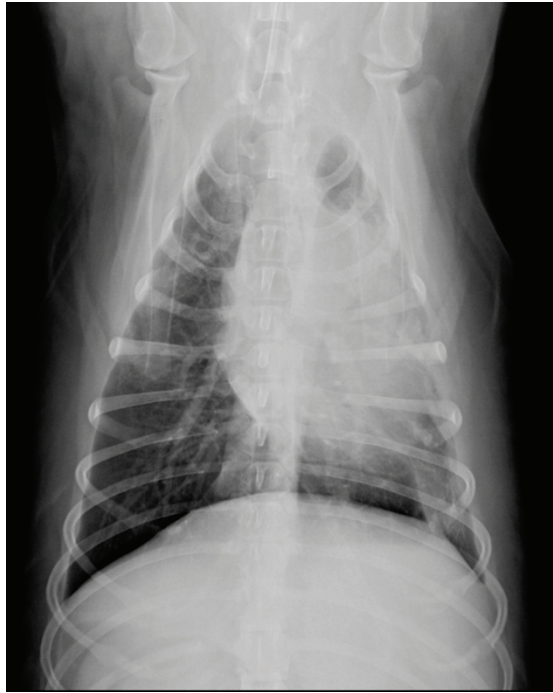


Figure 51 : Radiographie thoracique de face d'un chien présentant une importante atélectasie des lobes pulmonaires gauches. (Source : Vetagro-Sup).

Parmi les causes d'atélectasie on retrouve (SCHWARZ & JOHNSON, 2008) (Dennis et al., 2010):

- **Un décubitus prolongé** : atélectasie possible en moins de quelques minutes lors d'un décubitus latéral. En effet, Le poumon du côté déclive s'affaisse très rapidement en raison (Thrall, 2017) :
 - Des effets de la compression du poumon par le cœur
 - De la réduction des mouvements de la cage thoracique de ce côté
 - Du déplacement crânial plus important du diaphragme de ce côté, poussé par l'abdomen.
 L'ampleur de ce collapsus est liée à la masse corporelle du patient.
- L'atélectasie congénital
- L'obstruction de la lumière d'une bronche (bronchospasme, mucus, corps étranger inhalé, masse infiltrante, masse externe compressive)
- La torsion lobaire
- Un bouchon muqueux (lors de détresse respiratoire aigüe)
- Un épanchement pleural
- Un pneumothorax

A moins qu'il n'y ait un phénomène pathologique sous-jacent, l'atélectasie de lobes pulmonaires peut être évitée lors la réalisation de clichés radiographiques. Pour cela, il faut (SCHWARZ & JOHNSON, 2008) :

- Éviter un décubitus prolongé et inchangé avant l'anesthésie ou la sédation
- Si l'animal est anesthésié, le positionner en décubitus sternal dès que possible après l'induction
- Réaliser les vues radiographiques dorso-ventral ou ventro-dorsal avant les vues latérales

- Inverser la position de décubitus du patient pour évaluer les zones pulmonaires atteintes
- Procéder à une inflation manuelle des poumons

b) La torsion lobaire

La torsion lobaire est une rotation d'un lobe pulmonaire autour du grand axe de ses bronches, entraînant une obstruction des bronches et des veines pulmonaires. Elle provoque une congestion du lobe pulmonaire menant à sa consolidation. C'est une affection rare (Maï, 2003). Le lobe moyen droit est plus fréquemment touché chez les grands chiens alors que chez les petits chiens (le carlin notamment) c'est le lobe crânial gauche (Thrall, 2017).

Une torsion lobaire peut apparaître de manière idiopathique, cependant il existe certains facteurs favorisant (Neath et al., 2000).

Les principaux facteurs favorisant de la torsion de lobe pulmonaire sont (SCHWARZ & JOHNSON, 2008) (Neath et al., 2000) :

- La race : Les grandes races à thorax profond, et certaines petites races comme les Carlins
- L'épanchement pleural, pneumothorax, ou autre lésion pleurale
- Le traumatisme
- Une maladie pulmonaire (par exemple la pneumonie)
- Une chirurgie thoracique

Parmi **les signes radiographiques** d'une torsion lobaire on retrouve (Maï, 2003) (SCHWARZ & JOHNSON, 2008) (voir figure 52):

- Un élargissement du lobe affecté associé à un arrondissement de ses bords (dû à la congestion du lobe)
- Une forme et/ou une position anormale du lobe affecté
- Des bronchogrammes aériques
- De l'emphysème vésiculaire (= petites bulles de gaz) (voir figure 49)
- Un déplacement de la bronche associée au lobe affecté.
- Une orientation anormale des bronchogrammes visibles
- Un épanchement pleural associé

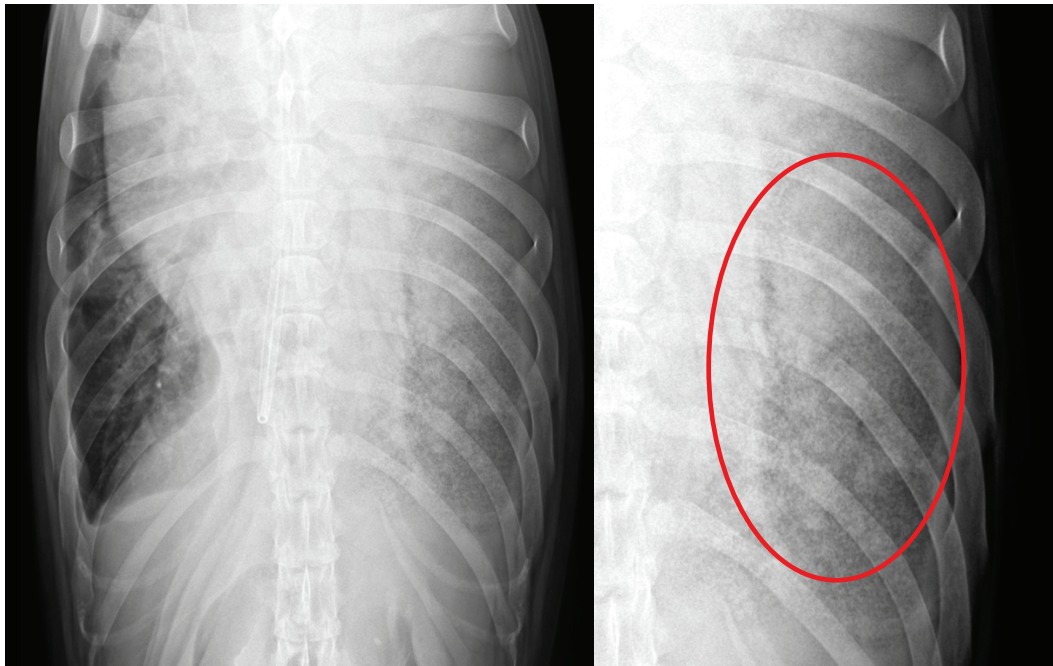


Figure 52 : Radiographie thoracique de face d'un chien présentant une torsion de lobe. On peut notamment voir de l'emphysème vésiculaire (dans le cercle rouge sur la radiographie de gauche et agrandi sur la radiographie de droite). (Source : Vetagro-Sup)

c) La pneumonie

Une pneumonie est une inflammation du parenchyme pulmonaire dont les causes et la localisation peuvent être variées. Elle peut être à dominante alvéolaire ou interstitielle.

Pneumonie à dominante alvéolaire :

1. Bronchopneumonie infectieuse :

Parmi les signes radiographiques des bronchopneumonies infectieuses on retrouve (Maï, 2003) :

- Une augmentation d'opacité de type alvéolaire mal circonscrite (aspect « en mosaïque »)
- Une consolidation lobaire si les lésions sont sévères
- Des bronchogrammes aériques sont fréquemment observés dans les lésions alvéolaires
- Une distribution asymétrique des lésions, à prédominance crâniale et ventrale
- Une opacification bronchique diffuse du parenchyme pulmonaire
- Un épanchement pleural en petite quantité dans certains cas sévères

2. Bronchopneumonie par fausse déglutition :

Après 12-36h suivant la fausse déglutition, on peut observer à la radiographie de thorax les signes radiographiques d'une pneumonie (opacification alvéolaire sévère dans l'entière d'un lobe) localisée préférentiellement dans les lobes crâniaux ventraux et le lobe moyen droit (SCHWARZ & JOHNSON, 2008) (voir figure 53)

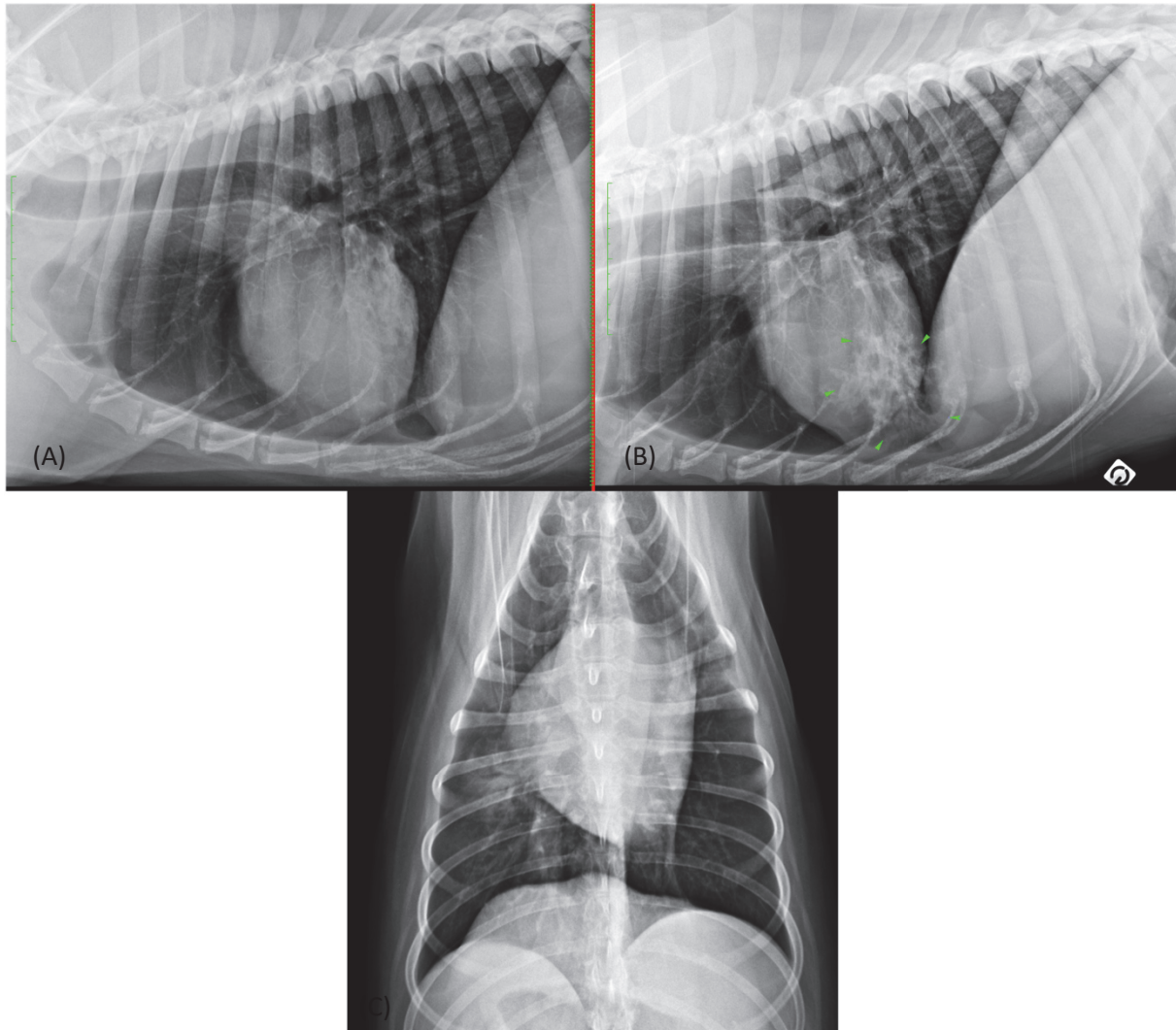


Figure 53 : Radiographies thoraciques [(A) en vue latérale droite (B) en vue latérale gauche (C) en vue de face] d'un chien croisé de 6 ans présentant une bronchopneumonie par fausse déglutition. Sur la radiographie (B) on peut notamment voir encadré par les flèches vertes l'aspect en « mosaïque » du lobe pulmonaire (Source : Vetagro-Sup)

d) L'œdème pulmonaire

L'œdème pulmonaire est une accumulation anormale de liquide dans les alvéoles et l'interstitium pulmonaire. Il est secondaire à une modification de la perméabilité de la membrane alvéolo-capillaire et/ou de la modification des pressions hydrostatiques et osmotiques entre les compartiments intravasculaires et interstitiels (Maï, 2003).

On classe l'œdème pulmonaire en deux grandes catégories étiologiques (Maï, 2003) :

1. L'œdème cardiogénique
2. L'œdème non cardiogénique.

Par ailleurs, d'un point de vue anatomique et chronologique, les œdèmes pulmonaires (cardiogéniques ou non) peuvent être (Maï, 2003) :

- **Interstitiels** (premier stade de l'œdème pulmonaire) : le liquide s'accumule dans l'interstitium pulmonaire.
- **Alvéolaires** (deuxième stade de l'œdème pulmonaire) : le liquide s'accumule dans les alvéoles.

L'œdème interstitiel peut également être visualisée lors de la résolution d'un œdème alvéolaire (Maï, 2003) .

Les signes radiographiques, localisations préférentielles et diagnostic différentiel de ces œdèmes pulmonaires sont récapitulés dans les tableaux XIV et XV.

Tableau XIV : Signes radiographiques, localisations préférentielles, et causes possibles lors d'**œdème pulmonaire cardiogénique** (Maï, 2003)(SCHWARZ & JOHNSON, 2008)

	Œdème pulmonaire cardiogénique	
Signes radiographiques possibles :	- Opacification interstitielle à alvéolaire en fonction du stade - Opacification péri bronchique - Congestion veineuse - Signes radiographiques de cardiomégalie gauche (voir Tableau 9)	
Localisations préférentielles :	Le plus souvent symétrique (Diana et al., 2009) Péri hilare avec extension dans les lobes pulmonaires caudaux	
Causes possibles	Augmentation de la pression veineuse hydrostatique	Shunt gauche - droit
	Insuffisance mitrale Cardiomyopathie dilatée	Persistance du canal artériel Communication interventriculaire

Tableau XV: Signes radiographiques, localisations préférentielles, et diagnostic différentiel possible lors d'œdème pulmonaire **NON** cardiogénique (Mai, 2003) (SCHWARZ & JOHNSON, 2008) (Bouyssou et al., 2017)

Œdème pulmonaire non cardiogénique						
Signes radiographiques possibles :	- Opacification interstitielle à alvéolaire					
Localisations :	Variable , pas de consensus (lobes pulmonaires caudo-dorsaux, péri hilare, diffuse (cas sévères), périphérie pulmonaire (cas précoces ou légers))					
Causes possibles	Augmentation de la pression pulmonaire capillaire	Augmentation de la pression dans les vaisseaux lymphatiques	Diminution de la pression oncotique plasmatique	Neurogénique	Baisse brutale de la pression dans les tissus pulmonaires interstitiels	Altération de la perméabilité des membranes alvéolo-capillaire
	Masses hilaires ou tumeurs cardiaques	Masse hilare lymphatique (Nœuds lymphatiques trachéobronchiques)	Hypoalbuminémie (Rénale, entéropathie exsudative, anorexie chronique sévère)	Trauma crânien Convulsions Électrocution avec passage du courant par la tête	Vidange trop rapide et brutale d'épanchement pleural ou de pneumothorax Obstruction des voies aériennes supérieures (fréquent chez le Bulldog)	Infection Inhalation de toxiques Fausse route de liquide agressifs Intoxications ou intoxications Syndrome de détresse respiratoire aigüe
	Fistule artérioveineuse périphérique Iatrogène (surcharge volémique de perfusion)	Infiltration tumorale des vaisseaux lymphatiques Congestion veineuse				Coup de chaleur Œdème d'altitude Trauma pulmonaire

IV. Les affections du médiastin

A. Le pneumomédiastin

Le pneumomédiastin est la présence de gaz libre dans le médiastin.

Les causes possibles de pneumo médiastin sont (Dennis et al., 2010) (Maï, 2003):

- Un traumatisme thoracique (causant une rupture bronchique ou de la membrane basale alvéolaire)
- Une plaie dans l'encolure ou de la trachée cervicale (comme une morsure, une ponction jugulaire mal réalisée)
- Une perforation œsophagienne
- Une torsion de lobe pulmonaire
- Un pneumomédiastin spontané (causé par une toux forte, une complication de bulle pulmonaire/kyste bronchique)
- Idiopathique (très rare).

Le gaz libre siégeant dans le médiastin va augmenter le contraste dans cette région, soulignant les contours des structures présentes, et permettant de visualiser des organes et structures habituellement non visibles (voir figure 54).

Parmi **les signes radiographiques** on retrouve (Maï, 2003) (voir figure 55) :

- Une augmentation du contraste médiastinal
- Une bonne mais anormale visualisation des structures médiastinales sur les incidences de profil, incluant notamment le contour externe de :
 - L'œsophage
 - Du tronc brachiocéphalique
 - L'artère sous-clavière gauche
 - La veine cave crâniale
 - La veine azygos
 - Du bord ventral des muscles longs du cou.
- Un emphysème sous-cutané et/ou cervical profond
- Un pneumo rétropéritoine parfois associé, par le biais du hiatus aortique, soulignant les contours des reins
- Un décollement de la silhouette cardiaque du sternum (visible sur les vues latérales) laissant place à une plage d'opacité aérique.

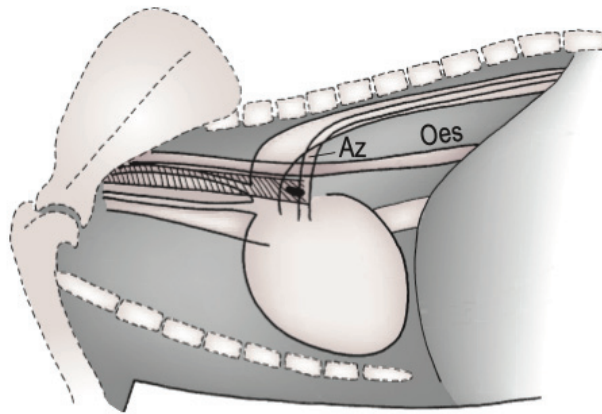


Figure 54 (Dennis et al., 2010) : Schéma d'un pneumo médiastin montrant un augmentation du contraste médiastinal avec la visualisation de la veine azygos (Az), de l'œsophage notamment (Oes) et des vaisseaux du médiastin crânial.

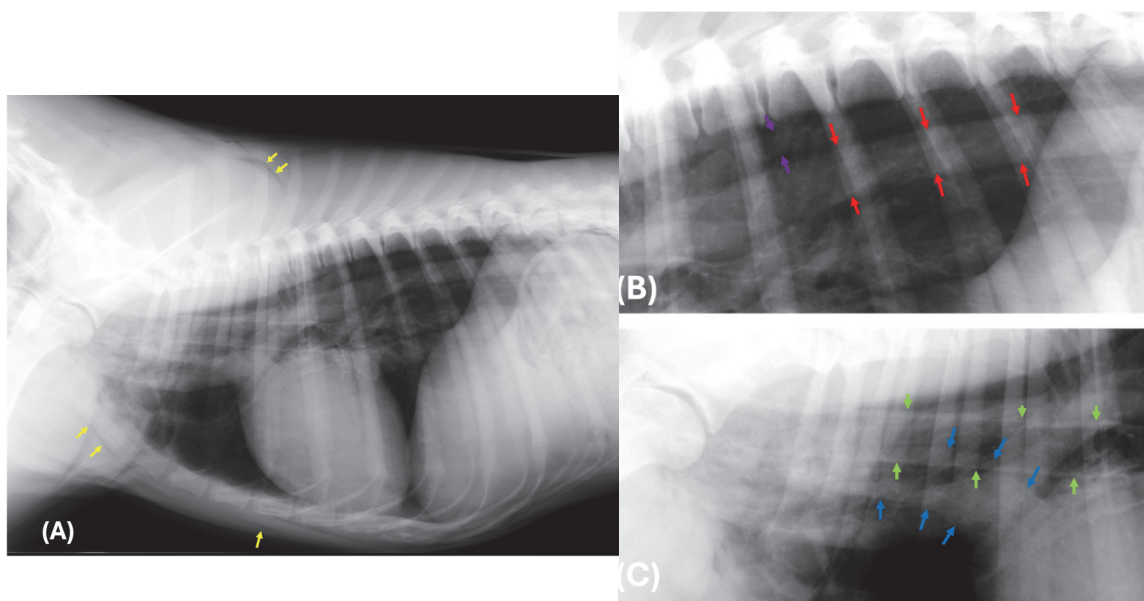


Figure 55 : : Radiographie de thorax en vue latérale droite (A) d'un griffon mâle entier de 1 an et demi présentant un pneumomédiastin. (B) Agrandissement de (A) centré sur le médiastin caudal. (C) Agrandissement de (A) centré sur le médiastin crânial. Flèches jaunes = emphysème sous cutané ; flèches rouges = aorte anormalement visible ; flèches violettes = veine azygos anormalement visible ; flèches bleues = vaisseaux anormalement visibles dans la partie dorsale du médiastin crânial ; flèches vertes = visualisation des contours externes de la paroi trachéale. (Source : Vetagro-Sup)

B. Les adénomégalias thoraciques

Une adénomégalie est une augmentation anormale de la taille d'un nœud lymphatique. La cause la plus fréquente de l'observation radiographique d'une adénomégalie sternale, médiastinale crâniale ou trachéobronchique est un processus tumoral (Ernst et al., 2024). Comme vue dans la partie 1, dans le thorax on retrouve les nœuds lymphatiques sternaux, médiastinaux crâniens et trachéo-bronchiques.

a) Adénomégalie sternale

Tout d'abord, il est important de rappeler que l'augmentation de la taille des nœuds lymphatiques sternaux est secondaire à une affection siégeant dans la cavité abdominale.

Les signes radiographiques possibles lors d'une adénomégalie sternale sont récapitulés dans le tableau XVI et figure 56.

Tableau XVI : Signes radiographiques possibles lors d'une adénomégalie sternale chez le chien selon l'incidence radiographique (SCHWARZ & JOHNSON, 2008)

	Vues latérales	Vues de face
Signes radiographiques possibles	Masse (fusiforme ayant une base large en contact avec le sternum) d'opacité liquidienne arrondie dorsalement à la deuxième et troisième sternèbre (voir B et C de la figure 56)	Élargissement local du médiastin crânial (voir (A) de la figure 56)
Commentaires	Plus facilement identifiable sur cette vue L'aspect de cette masse (forme, taille) peut varier en fonction du type de profil réalisé (latéral gauche versus latéral droit)	L'adénomégalie sternale doit être marquée pour pouvoir être observée

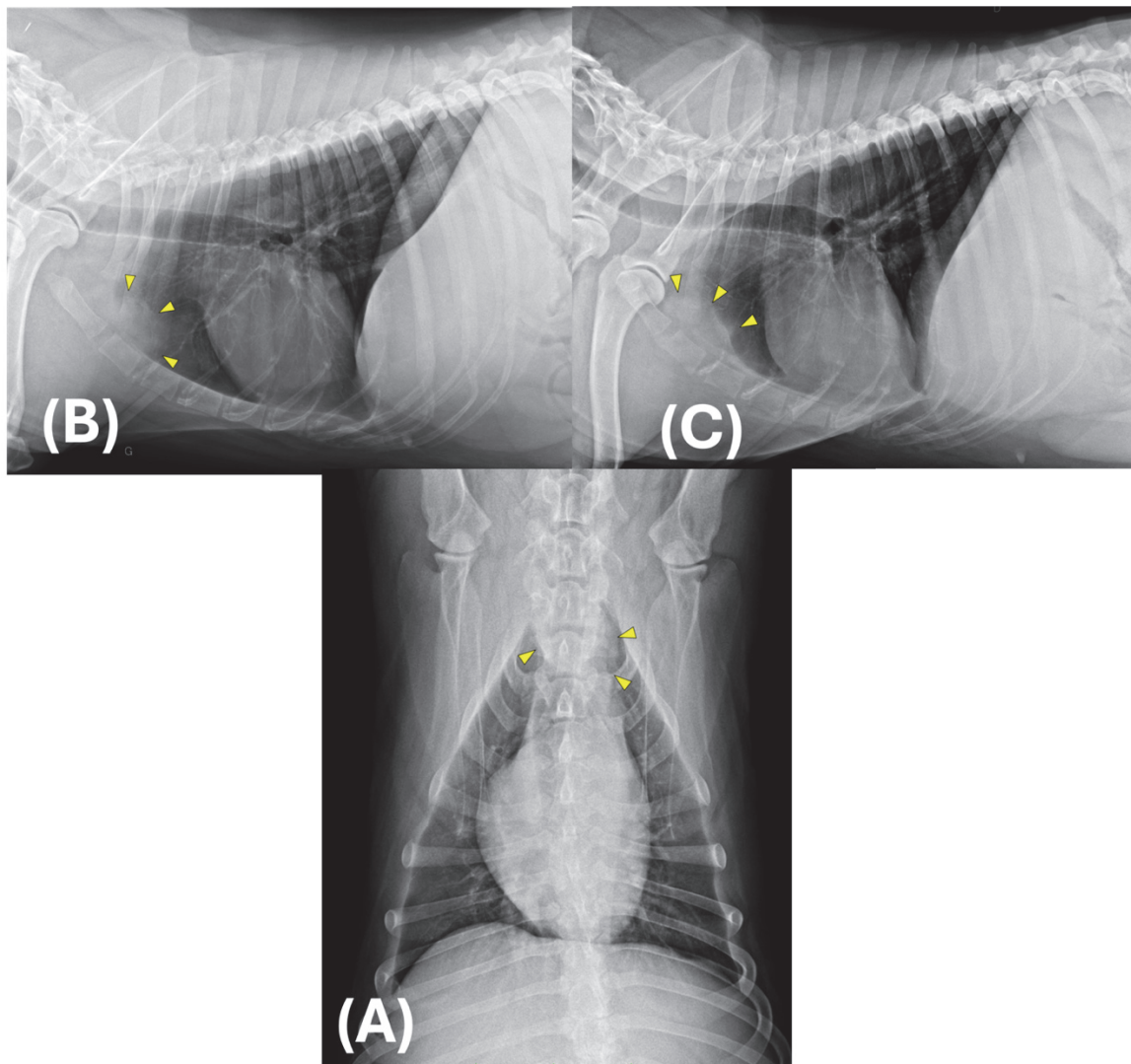


Figure 56: Radiographie thoracique en vue (A) de face (B) latérale gauche (C) latérale droite d'une chienne entière Cane Corso de 8 ans présentant une adénomégalie sternale. Les flèches jaunes indiquent le nœud lymphatique sternal.
(Source : Vetagro-Sup)

b) Adénomégalie médiastinale crâniale

C'est une adénomégalie difficile à identifier sur des radiographies thoraciques, car beaucoup de structures dans cette localisation peuvent être à l'origine d'un élargissement du médiastin.

Les signes radiographiques possibles sont récapitulés selon l'incidence radiographique dans le Tableau XVII et sur la figure 57.

Tableau XVII : Signes radiographiques possible lors d'adénomégalie médiastinale crâniale chez le chien selon l'incidence radiographique (SCHWARZ & JOHNSON, 2008)

	Vues latérales	Vue de face
Signes radiographiques possibles	Augmentation de l'opacité ventralement à la trachée, parfois associée à un déplacement dorsal de celle-ci (voir figure 57)	Élargissement du médiastin crânial

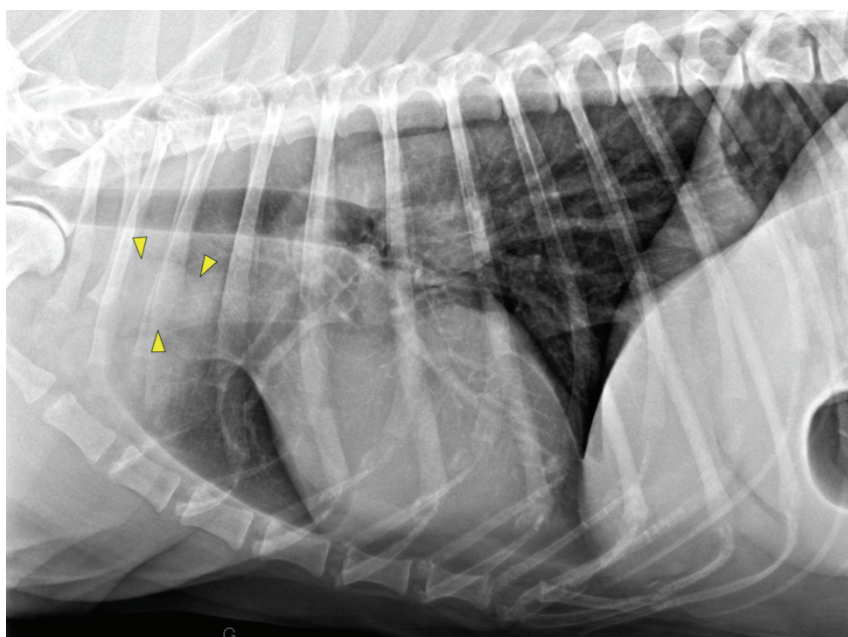


Figure 57 : Radiographie thoracique latérale gauche d'un chien mâle entier berger australien de 11 ans présentant une adénomégalie médiastinale crâniale. Les flèches jaunes montrent l'augmentation de l'opacité ventralement à la trachée correspondant à la zone de projection des nœuds lymphatiques médiastinaux crâniaux. (Source : Vetagro-Sup)

c) Adénomégalie trachéobronchique

L'augmentation de la taille des nœuds lymphatiques trachéobronchiques doit être importante pour que ceux-ci deviennent radiographiquement identifiables.

Les signes radiographiques possibles sont récapitulés selon l'incidence radiographique dans le Tableau XVIII et sur la figure 58.

Tableau XVIII: Signes radiographiques possibles lors d'adénomégalie trachéo-bronchique chez le chien selon l'incidence radiographique (SCHWARZ & JOHNSON, 2008)

	Vues latérales	Vue de face
Signes radiographiques possibles	Plage d'opacité liquidienne en région péri-hilaire, aux contours souvent mal définis Déviation ventrale de la trachée distale (voir figure 58)	Augmentation de l'angle entre les bronches souches caudales (voir figure 58)
Commentaires	Vue essentielle pour différencier l'ectasie de l'atrium gauche de l'adénomégalie trachéobronchique.	Cette anomalie est similaire à ce qui peut être observée lors d'ectasie de l'atrium gauche

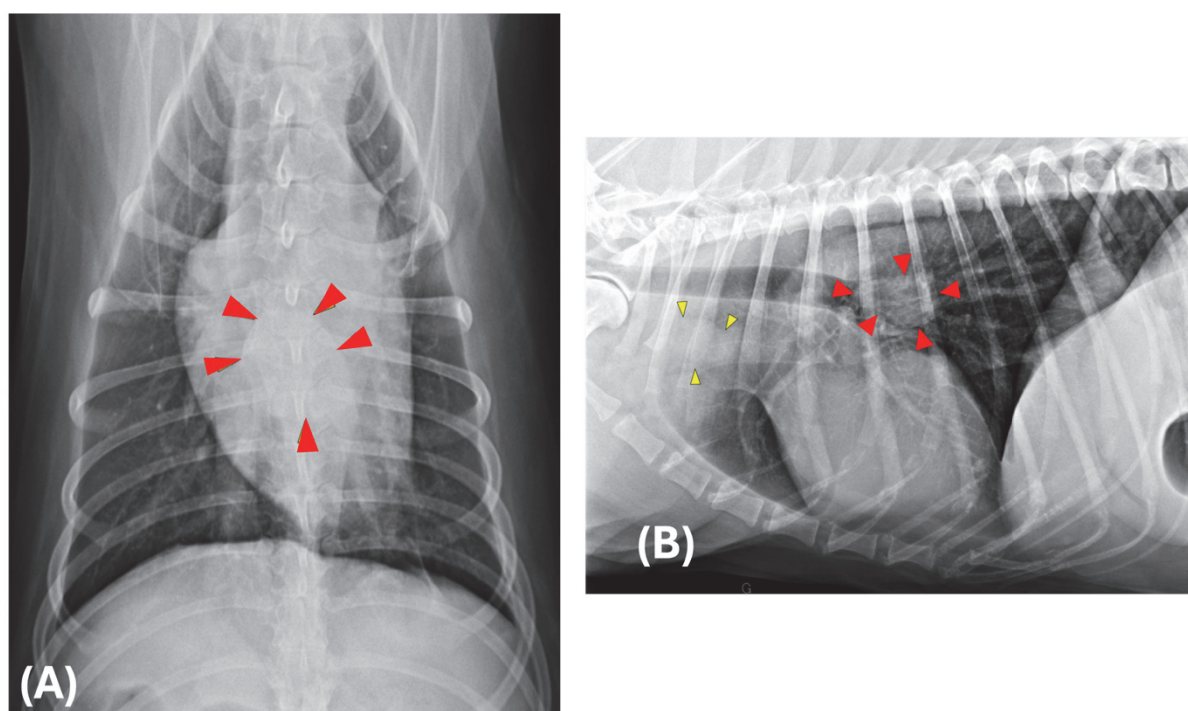


Figure 58 : Radiographie thoracique en vue (A) de face (B) latérale gauche d'un chien mâle entier berger australien de 11 ans présentant une adénomégalie trachéobronchique. Les flèches rouges indiquent sur (A) une augmentation de l'angle entre les bronches souches caudales et sur (B) une plage d'opacité liquidienne en région péri-hilaire. On peut également visualiser sur (B) une déviation ventrale de la trachée. (Source : Vetagro-Sup)

C. Les affections de l'œsophage

1. Le mégaoesophage

Le méga œsophage est une dilatation partielle ou généralisée de l'œsophage.

Les **signes radiographiques** du méga œsophage sont récapitulés dans le Tableau XIX et illustrés dans les figures 59, 60 et 61.

Tableau XIX : Signes radiographiques possibles lors d'un méga œsophage chez le chien selon l'incidence radiographique (SCHWARZ & JOHNSON, 2008)

	Vues latérales	Vue de face
Signes radiographiques possibles	Dilatation généralisée ou segmentaire de l'œsophage (par du gaz ou des ingesta)	
	- Bande œsophago-trachéale visible - Déplacement ventral de la trachée thoracique - Muscles longs du cou anormalement visibles - Compression ventrale de la silhouette cardiaque (Voir figure 59, 60 et 61)	- Déplacement vers ventral et vers la droite de la trachée thoracique - Les parois de l'œsophage sont repérées comme des lignes d'opacité liquidienne en regard du médiastin, convergeant vers le diaphragme (Voir figure 59, 60 et 61)

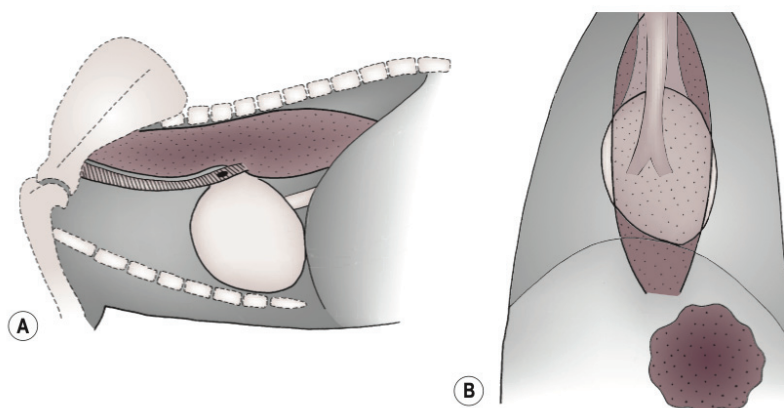


Figure 59 : Schéma d'une radiographie d'un chien présentant un mégaoesophage (dilatation généralisée de l'œsophage par un contenu aérique ou de type « ingesta ») (Dennis et al., 2010) en vue latérale (A) et de face (B). Sur la vue latérale on peut notamment apercevoir la bande œsophago-trachéal (entre l'œsophage et la trachée) et un déplacement ventral de la trachée.

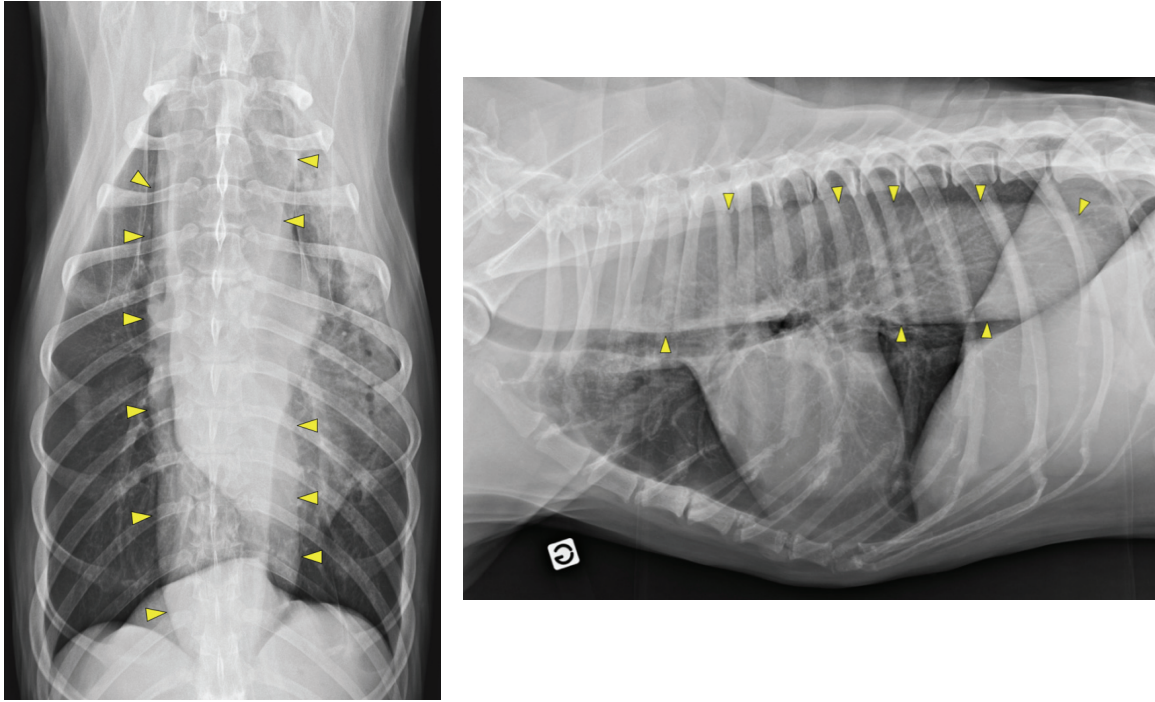


Figure 60 : Radiographie thoracique en vue de face (à gauche) et latérale gauche (à droite) d'une chienne stérilisée beauceron de 13 ans montrant une dilatation généralisée de l'œsophage par un contenu liquidien. Flèches jaunes = délimitation de l'œsophage. (Source : Vetagro-Sup)

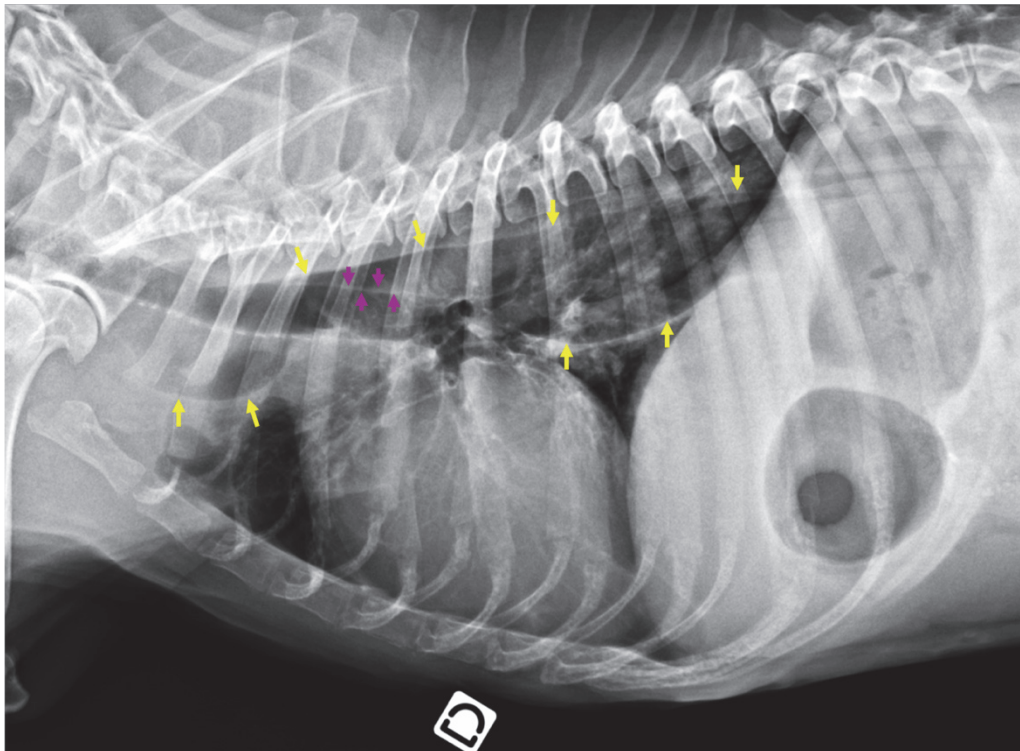


Figure 61 Radiographie thoracique en vue latérale droite d'un chien mâle entier American Staffordshire Terrier de 14 ans montrant une dilatation généralisée de l'œsophage par un contenu aérien. Flèches jaunes = délimitation de l'œsophage ; Flèches violettes = bande œsophago-trachéale. (Source : Vetagro-Sup)

Une complication fréquente du mégaoesophage est la pneumonie par aspiration (SCHWARZ & JOHNSON, 2008).

Le mégaoesophage peut être congénital ou acquis. Parmi les causes acquises on peut citer (SCHWARZ & JOHNSON, 2008):

- Une maladie neuromusculaire (Idiopathique, Myasthénie gravis, le lupus érythémateux systémique, polymyosite, diabète de type 2, dermatomyosite, maladie de carré, tétanos)
- Une obstruction de l'oesophage (néoplasique, corps étranger, anomalie vasculaire)
- Un toxique (organophosphates, plomb)

2. Le corps étranger œsophagien

Le corps étranger œsophagien est fréquent chez les jeunes chiens. Il peut causer une obstruction partielle ou bien complète de l'oesophage. Ses localisations préférentielles sont l'entrée du thorax, la base du cœur ou en amont du hiatus œsophagien. (SCHWARZ & JOHNSON, 2008)

Les signes radiographiques sont (SCHWARZ & JOHNSON, 2008) :

- La présence d'un corps étranger radio-opaque
- Une dilatation de l'oesophage crânialement au corps étranger
- Des accumulations de gaz autour du corps étranger
- Un déplacement des organes voisins.

Partie 3 : Module d'exercice en radiographie thoracique chez le chien

I. Objectifs généraux et justification de la création d'un support numérique d'apprentissage

A. Contenu actuel de la formation en radiographie thoracique chez le chien jusqu'en 5^{ème} année

À ce jour, l'enseignement d'imagerie thoracique chez le chien est structuré autour de six thématiques principales, réparties sur 12 heures de cours magistraux dispensés en A4.

Les sujets abordés incluent : la radiologie de la cavité thoracique, la sémiologie radiographique pulmonaire, les affections pulmonaires, l'espace pleural et de ses affections visibles en radiographie, les structures cardiovasculaires et leurs affections visibles en radiographie, ainsi que le médiastin et ses affections visibles en radiographie qui y sont associées.

En complément de cet enseignement théorique, les étudiants bénéficient d'une semaine de rotation clinique en imagerie au Centre Hospitalier Universitaire Vétérinaire des Animaux de Compagnie, effectuée respectivement au cours de la 4^{ème} et la 5^{ème} année. Cette immersion leur permet de mettre en pratique les notions abordées en cours, dans un contexte clinique réel.

Les objectifs pédagogiques spécifiques à la formation en imagerie thoracique canine sont présentés dans les tableaux XX à XXIII suivants.

Tableau XX: Objectifs pédagogiques de l'enseignement de l'anatomie thoracique en radiographie thoracique chez le chien

		Objectifs pédagogiques
L'anatomie thoracique appliquée en radiographie thoracique chez le chien	L'abdomen crânial	Savoir identifier les structures visibles de l'abdomen crânial sur les différentes incidences radiographiques (foie, estomac).
	Squelette appendiculaire	Connaître l'anatomie radiographique normale des parties visibles du squelette appendiculaire (scapula, épaule, humérus, coude).
	Squelette axial	Connaître l'anatomie radiographique normale des parties visibles du squelette axial (vertèbres, côtes, processus épineux, sternèbres, cartilages).
	Paroi thoracique	Connaître les différentes structures anatomique formant la paroi de la cavité thoracique, leur apparence radiographique normale et certaines variations anatomiques (ex : Basset Hound).
	L'appareil cardiovasculaire	Savoir identifier et localiser les différentes cavités cardiaques avec l'aide de l'horloge cardiaque sur les différentes incidences radiographiques (ventricule, auricule et atrium gauche; ventricule, auricule et atrium droit)
		Savoir identifier et localiser les principaux vaisseaux de la cavité thoracique sur les différentes incidences radiographiques (Les différentes parties de l'aorte, la veine cave caudale, la veine cave crâniale, le tronc pulmonaire, les artères et veines pulmonaires)
	L'appareil respiratoire	Savoir identifier, localiser et délimiter la trachée sur les différentes incidences radiographiques. Connaître son apparence radiographique normale en fonction de la conformation du chien.
		Savoir identifier et localiser la carène bronchique et le départ des bronches souches principales sur les différentes incidences radiographiques.
		Savoir localiser les différents lobes pulmonaires sur les différentes vues (le lobe crânial gauche (partie crâniale et partie caudale), le lobe caudal gauche, le lobe accessoire, le lobe crânial droit, le lobe moyen, le lobe caudal droit)
	Le médiastin	Savoir délimiter le médiastin sur les différentes incidences radiographiques.
		Connaître les structures anatomiques présentes dans le médiastin (trachée, NL, Œsophage, veine azygos, etc)
		Savoir localiser les différents nœuds lymphatiques de la cavité thoracique (sternal, médiastinaux crâniaux, et trachéobronchiques) et connaître leur nombre.
		Savoir localiser et identifier (lorsqu'il est présent) le thymus

Tableau XXI: Objectifs pédagogiques de l'enseignement des radiographies thoraciques anormales chez le chien

		Objectifs pédagogiques
Les images anormales	L'abdomen crânial	Savoir identifier une anomalie dans l'abdomen crânial (ex: hépatomégalie, diminution du contraste dans la cavité péritonéale...)
	Squelette appendiculaire	Savoir identifier et décrire une lésion du squelette appendiculaire et donner un diagnostic différentiel approprié.
	Squelette axial	Savoir identifier et décrire une lésion du squelette axial et donner un diagnostic différentiel approprié.
	Paroi thoracique	Savoir identifier les anomalies radiographiques fréquentes de la paroi thoracique (fractures de côtes, emphysème, lipome etc...)
	L'appareil cardiovasculaire	Savoir reconnaître les principales anomalies de la silhouette cardiaque : cardiomégalie globale, dilatation localisée (atriale ou ventriculaire gauche , atriale ou ventriculaire droite), microcardie, épanchement péricardique
		Connaitre les diagnostics différentiels associés aux anomalies radiographiques identifiées de la silhouette cardiaque (ex : maladie valvulaire dégénérative, etc)
		Savoir reconnaître une dilatation de l'arc aortique, une augmentation de taille du tronc pulmonaire, une dilatation de la veine cave caudale, une diminution de la taille de la veine cave caudale, une congestion veineuse ou au contraire une dilatation veineuse,
		Savoir corréler ensemble les anomalies radiographiques du système cardiovasculaire pour émettre une hypothèse diagnostique (exemple : hypovolémie).
	L'appareil respiratoire	Savoir reconnaître les différentes opacifications pulmonaires (bronchique, alvéolaire, interstitielle et nodulaire).
		Savoir construire un diagnostic différentiel approprié prenant en compte l'ensemble des anomalies observées au sein de la cavité thoracique (ex : pneumonie par aspiration, bronchopneumonie, œdème pulmonaire cardiogénique ou non cardiogénique, bronchite chronique, hémorragie pulmonaire, contusions pulmonaires, processus tumoral pulmonaire primitif ou métastatique, angiostrongylose, aelurostrongylose)
		Connaitre les anomalies radiographiques associées à l'atélectasie, en connaître les causes possibles.
		Savoir identifier une redondance de la membrane trachéale dorsale, un collapsus trachéal, une masse trachéale. Analyser correctement un déplacement de la trachée et en connaître les causes possibles.
	L'espace pleural	Savoir reconnaître un pneumothorax, en connaître les causes possibles.
		Savoir reconnaître un épanchement pleural, en connaître les causes possibles. Connaitre l'intérêt mais aussi les limites de l'examen radiographique du thorax pour la mise en évidence de l'origine d'un épanchement pleural.
	Le médiastin	Savoir reconnaître un pneumomédiastin, en connaître les causes possibles.
		Connaitre les signes radiographiques permettant d'identifier/suspecter une adénopathie sternale, médiastinale crâniale, ou trachéobronchique.
		Savoir identifier un mégaoesophage, en connaître les causes possibles.
		Savoir identifier/suspecter un corps étranger oesophagien
		Savoir reconnaître un jabot oesophagien
		Reconnaître les signes radiographiques en faveur d'aérophagie
		Savoir suspecter/identifier une masse médiastinale, la localiser et établir un diagnostic différentiel approprié.

Tableau XXII : Autres objectifs pédagogiques de l'enseignement en radiographie thoracique chez le chien

	Objectifs pédagogiques
Positionnement de l'animal	Savoir positionner correctement un animal pour réaliser les différentes incidences des examens radiographiques du thorax, de l'abdomen, du squelette appendiculaire et du squelette axial. Appliquer au maximum la contention passive des animaux (coussins, lacettes, sacs de sable). Connaître le centrage et le cadrage approprié pour chaque incidence.
Radioprotection	Connaître et appliquer les mesures de radioprotection Connaître les risques de l'exposition aux rayons X
Les différentes vues	Connaître les différentes incidences utilisées pour réaliser des examens radiographiques du thorax, de l'abdomen, du squelette appendiculaire et du squelette axial. et leur intérêt respectif. Savoir évaluer la qualité technique des clichés réalisés. Connaître les contre indications à la réalisation de certaines incidences (exemple de la vue ventro-dorsale lors de détresse respiratoire)
Interprétation radiographique	Connaître la démarche de lecture et d'interprétation d'une radiographie de thorax, d'abdomen et du squelette appendiculaire et axial. Connaître les signes radiographiques des affections fréquemment rencontrées chez les carnivores domestiques (Broncho-pneumonie par aspiration, asthme félin, Maladie valvulaire dégénérative/Cardiomyopathie dilatée, œdème cardiogénique ou non, masses médiastinales, hernies diaphragmatiques ...)
Les produits de contrastes	Connaître les différents types de produits de contraste utilisés en radiologie des carnivores domestiques, se familiariser avec leurs indications et leur utilisation.

Tableau XXIII : Objectifs pédagogiques de la rotation d'imagerie et leurs modes d'évaluation en fonction de l'année universitaire (Source : référentiel de la rotation d'imagerie ; Vetagro-Sup)

Année	Objectifs pédagogiques de la rotation d'imagerie	Modes d'évaluations
4 ^{ème}	Acquisition des bases techniques en radiographie des carnivores domestiques, familiarisation avec les bases de l'interprétation des examens radiographiques des carnivores domestiques.	Subjective, basée sur l'attitude et la participation à la rotation.
5 ^{ème}	Consolidation des bases techniques en radiographie et échographie, formation à l'interprétation des examens d'imagerie et à la rédaction des comptes rendus des examens radiographiques et échographiques.	Notation sur 2 critères : - Interprétation pendant les rondes d'interprétation - Attitude/motivation/comportement global pendant la semaine.

B. Le concept d'apprentissage actif

Aujourd'hui, le concept d'apprentissage actif occupe une place centrale dans de nombreux dispositifs pédagogiques. Il constitue une approche centrée sur l'étudiant, reposant sur des activités et stratégies favorisant la réflexion et l'engagement cognitif dans le processus de construction des connaissances (Deslauriers et al., 2011) Cette évolution s'appuie sur des données probantes. En effet, une étude comparative (Doolittle et al., 2023) a démontré que les étudiants ayant bénéficié d'un enseignement reposant sur des méthodes actives renaient jusqu'à deux fois plus d'informations que ceux exposés à un enseignement traditionnel de type magistral. Ces résultats soulignent l'impact significatif de l'implication active des apprenants sur l'efficacité de l'apprentissage.

Mais concrètement, comment ce concept d'enseignement actif peut-il être mis en œuvre dans la pratique pédagogique ? Dans leur article intitulé « *Active Learning*

Methods » (Z. Zayapragassarazan & Santosh Kumar, 2012), Z. Zayapragassarazan et Dr Santosh Kumar proposent une synthèse des principales méthodes d'apprentissage actif, présentées dans le tableau XXIV ci-dessous.

Tableau XXIV : Synthèse des principales méthodes d'apprentissage actif (Z. Zayapragassarazan & Santosh Kumar, 2012)

Méthodes actives	Description
Parler, écrire, mettre en pratique, réfléchir	Attitudes globales incitant à l'engagement personnel et contextuel.
Activités individuelles	Travail en autonomie.
Activités en binôme	Coopération à deux.
Petits groupes informels	Discussion et production collective.
Projets coopératifs	Projets collectifs à plus grande échelle.
Cartes conceptuelles	Outils visuels pour structurer les connaissances abstraites.
Remue-méninges	Génération créative d'idées autour d'un problème.
Apprentissage collaboratif	Construction collective de savoirs et de solutions.
Études de cas / scénarios	Analyse et restitution de cas concrets.
Apprentissage par problème	Résolution de problème comme moteur d'acquisition de compétences.

La formation en imagerie thoracique chez le chien s'inscrit déjà dans une démarche d'enseignement actif notamment à travers deux semaines de rotation clinique en imagerie répartie entre la 4^{ème} et la 5^{ème} année. Pendant ces rotations, nous participons à 2 ou 3 rondes par semaine, au cours desquelles les cas radiographiques de la semaine sont discutés collectivement avec les enseignants.

Cependant, lors de nos premiers remplacements en tant qu'étudiants, nous nous retrouvons souvent seuls face à nos cas, notamment en ce qui concerne l'interprétation des radiographies. Il apparaît donc essentiel de développer notre autonomie dans cette pratique, afin de consolider nos compétences et de maîtriser les fondamentaux de l'interprétation des radiographies thoraciques chez le chien.

C. La place d'un module d'exercice en radiologie thoracique chez le chien dans l'enseignement actuel

Le concept d'un module d'exercices en radiographie thoracique chez le chien s'inscrit pleinement dans l'approche de l'apprentissage actif, visant à immerger l'étudiant dans une situation proche de celle de sa future pratique professionnelle. Il a pour objectif de stimuler l'engagement de l'étudiant, en l'incitant à résoudre de manière autonome les cas cliniques présentés. Il fusionne 3 exemples des méthodes d'apprentissage actif cités plus haut dans le tableau ci-dessus : l'apprentissage par résolution de problème, l'étude de cas clinique, et le travail en autonomie.

Ce type de dispositif viserait à renforcer l'autonomie, la réflexion clinique et la prise d'initiative, en encourageant l'étudiant à résoudre lui-même les cas cliniques proposés.

Les objectifs pédagogiques visés par ce module sont détaillés dans les tableaux XXV et XXVI. Ils correspondent aux compétences à acquérir à la fin de ce module.

Tableau XXV: Objectifs pédagogiques du module d'exercice concernant l'anatomie thoracique en radiographie

		Objectifs pédagogiques du module
L'anatomie thoracique appliquée en radiographie thoracique chez le chien	L'abdomen crânial	Savoir identifier les structures visibles de l'abdomen crânial sur les différentes vues (foie, estomac)
	Squelette appendiculaire	Savoir identifier les différentes parties de la scapula et de l'humérus visibles sur les différentes vues
	Squelette axial	Savoir identifier les structures du squelette axial sur les différentes vues (vertèbres, côtes, processus épineux, sternèbres, cartilages)
	Paroi thoracique	Savoir délimiter le thorax par les différentes structures qui le délimites sur les différentes vues (diaphragme, paroi costale)
		Connaitre les différentes visualisations du diaphragme selon les vues radiographiques
		Savoir identifier les différents types de thorax (brévilignes, médiolignes et longilignes) et leurs caractéristiques qui leur sont propre
	L'appareil cardiovasculaire	Savoir identifier et localiser les différentes parties de la silhouette cardiaque avec l'aide de l'horloge cardiaque sur les différentes vues (ventricule, auricule et atrium gauche; ventricule, auricule et atrium droit)
		Savoir identifier et localiser les principaux vaisseaux du thorax sur les différentes vues (Les différentes parties de l'aorte, la veine cave caudale, la veine cave crâniale, le tronc pulmonaire, les artères et veines pulmonaires)
	L'appareil respiratoire	Savoir identifier, localiser et délimiter la trachée sur les différentes vues
		Savoir identifier et localiser la carène bronchique et le départ des bronches souches principales sur les différentes vues.
		Savoir localiser les différents lobes du poumon sur le différentes vues (le lobe crânial gauche (partie crâniale et partie caudale), le lobe caudal gauche, le lobe accessoire, le lobe crânial droit, le lobe moyen, le lobe caudal droit)
	Le médiastin	Savoir délimiter le médiastin sur les différentes vues radiographiques
		Connaitre les structures présentes dans le médiastin (trachée, nœuds lymphatiques, œsophage, veine azygos, etc)
		Savoir localiser les différents nœuds lymphatiques (sternal, médiastinaux crâniens, et trachéobronchiques) et connaitre leur nombre.
		Savoir localiser et identifier (lorsqu'il est présent) le thymus

Tableau XXVI : Objectifs pédagogique du module d'exercice de l'image radiographique anormale chez le chien.

		Objectifs pédagogiques du module
Les images anormales	L'abdomen crânial	Savoir identifier et décrire une image anormale dans l'abdomen crânial lors d'un examen radiographique du thorax.
	Squelette appendiculaire	Savoir identifier et décrire une image anormale du squelette appendiculaire lors d'un examen radiographique du thorax.
	Squelette axial	Savoir identifier et décrire une image anormale du squelette axial lors d'un examen radiographique du thorax.
	Paroi thoracique	Savoir identifier et décrire une image anormale de la paroi thoracique lors d'un examen radiographique du thorax (ex: emphysème sous-cutané,...).
	L'appareil cardiovasculaire	Savoir identifier et décrire les principales anomalies de la silhouette cardiaque (ex : cardiomégalie globale, dilatation localisée de certaines cavités cardiaques (atriale ou ventriculaire gauche atriale ou ventriculaire droite), microcardie).
		Savoir suspecter un épanchement péricardique
		Elaborer un diagnostic différentiel approprié suite à la description des anomalies de la silhouette cardiaque, prenant en compte le contexte clinique (ex: maladie valvulaire dégénérative, etc)
		Savoir reconnaître une dilatation de l'arc aortique, une dilatation/augmentation de taille du tronc pulmonaire, une dilatation de la veine cave caudale, une diminution de la taille de la veine cave caudale, une augmentation ou une diminution de la taille des vaisseaux pulmonaires.
	L'appareil respiratoire	Elaborer un diagnostic différentiel approprié suite à la mise en évidence d'anomalies des vaisseaux de la cavité thoracique, prenant en compte la présence éventuelle d'anomalies concomitantes de la silhouette cardiaque et le contexte clinique (ex: hypovolémie)
		Savoir reconnaître les différents types d'opacification du parenchyme pulmonaire (bronchique, alvéolaire, interstitielle et nodulaire)
		A partir des lésions pulmonaires visualisées, de leur sévérité et de leur localisation, savoir élaborer un diagnostic différentiel approprié (ex : pneumonie par aspiration, la bronchopneumonie, l'œdème pulmonaire cardiogénique ou non cardiogénique, la bronchite chronique, le processus tumoral pulmonaire primitif, les métastases, l'angiostrongylose, l'aelurostrongylose)
		Savoir identifier une atéléctasie du parenchyme pulmonaire et en connaître les causes potentielles.
	L'espace pleural	Savoir identifier une redondance de la membrane trachéale dorsale, un collapsus trachéal, une masse trachéale. Analyser correctement un déplacement de la trachée et en connaître les causes possibles.
		Savoir reconnaître un pneumothorax, en connaître les causes possibles.
	Le médiastin	Savoir reconnaître un épanchement pleural, en connaître les causes possibles.
		Savoir reconnaître un pneumomédiastin, en connaître les causes possibles.
		Connaître les signes radiographiques permettant d'identifier/suspecter une adénopathie sternale, médiastinale crâniale, ou trachéobronchique.
		Savoir identifier un mégaoesophage, en connaître les causes possibles.
		Savoir suspecter la présence d'un corps étranger oesophagien
		Reconnaître les signes radiographiques en faveur d'aérophagie
		Savoir suspecter/identifier une masse médiastinale, la localiser et établir un diagnostic différentiel approprié.

II. Origine des données utilisées

A. Construction de la base de données

Dans un premier temps, notre objectif a été de constituer une base de données de référence, composée de radiographies thoraciques canines ne présentant aucune anomalie. Cette base permettra de fournir à l'étudiant un support comparatif afin de faciliter l'identification des différences et de mieux mettre en évidence la présence d'éventuelles lésions radiographiques. Parmi la présélection, trois conformations ont été sélectionnées, représentant chacune un type morphologique thoracique distinct : bréviligne, médioligne et longiligne.

Dans un second temps, nous avons procédé à la sélection des lésions d'intérêt pédagogique que nous souhaitons intégrer au module, puis à la construction de la base de données correspondante. La sélection des cas a été guidée par les objectifs pédagogiques définis dans l'enseignement de l'imagerie thoracique chez le chien (cf. tableau 25), dans le but de retenir les lésions les plus représentatives et les plus formatrices pour les étudiants. Le recensement des cas a été réalisé à l'aide du logiciel Sirius, en consultant les comptes rendus d'imagerie thoracique archivés entre 2018 et 2024.

Enfin, l'ensemble des cas ainsi présélectionnés a été soumis à l'expertise du Dr vétérinaire Émilie Ségard-Weisse, diplômée de l'European College of Veterinary Diagnostic Imaging (Dip.ECVDI), ingénieure de recherche, cheffe du service d'imagerie du Centre Hospitalier Universitaire Vétérinaire des Animaux de Compagnie et enseignante à VetAgro-Sup. Cette dernière a validé et affiné la sélection, aboutissant à un total de 35 cas cliniques retenus pour l'élaboration du module pédagogique (voir tableau XXVII).

Tableau XXVII : Tableau récapitulatif des cas clinique avec leur nom, leur race et me diagnostic final (Source : Vetagro-Sup)

N° de CAS	NOM	Race	Conclusion / Diagnostic final
CAS 1	TEQUILA	Golden retriever	Pneumonie par aspiration + mégaoesophage
CAS 2	LAYA	Border Collie	Pneumonie par aspiration
CAS 3	BOB	Bouledogue Français	Œdème pulmonaire non cardiogénique
CAS 4	TEDY	Cocker	Œdème pulmonaire non cardiogénique
CAS 5	OUPS	Lévrier Irlandais	Bronchopneumonie bactérienne
CAS 6	TANGO	Boxer	Angiostrongylose
CAS 7	WALY	Berger Australien	Bronchite chronique avec bronchiectasie
CAS 8	NALA	Labrador	Lymphome atypique de stade V b d'immunophénotype B avec infiltration pulmonaire
CAS 9	LILI	Labrador	Tumeur pulmonaire primitive (carcinome)
CAS 10	GILIANE	Labrador	Tumeur pulmonaire primitive (carcinome)

CAS 11	DIAMANT	Berger Allemand	Métastases pulmonaires d'un hémangiosarcome de l'oreillette droite
CAS 12	DORA	Berger Allemand	Métastases pulmonaires d'une tumeur mammaire
CAS 13	FIFILLE	Croisée Border collie et Colley	Atélectasie marquée des lobes pulmonaires gauches (décubitus latéral gauche prolongé)
CAS 14	LILI	Carlin	Torsion de lobe pulmonaire
CAS 15	NIELS	Golden retriever	Épanchement pleural sévère (origine tumorale)
CAS 16	NEVADA	Yorkshire Terrier	Épanchement pleural modéré secondaire à une intoxication aux antivitamines K
CAS 17	USHUAIA	Border collie	Pneumonie localisée et pneumothorax, secondaires à un corps étranger migrant
CAS 18	ULIA	Croisé Malinois	Pneumothorax secondaire à un accident de la voie publique
CAS 19	CALIE	Croisé	Contusions pulmonaires, bulles pulmonaires et pneumothorax secondaires à un accident de la voie publique
CAS 20	JERI	Griffon	Pneumomédiastin
CAS 21	BULE	Épagneul du Tibet	Adénomégalie sternale (Lymphome B diffus à grandes cellules)
CAS 22	TINA	Berger Blanc Suisse	Sévère adénomégalie intrathoracique (sternale, médiastinale crâniale et trachéobronchique, masse pulmonaire lobe crânial gauche (sarcome histiocytaire)
CAS 23	JANGO	Bouvier Bernois	Adénomégalie trachéobronchique et médiastinale crâniale, épanchement pleural (Lymphome de haut grade)
CAS 24	ATELLE	Caniche	Collapsus trachéal ; ectasie atrium gauche (maladie dégénérative de la valve mitrale de stade B2 avancé (classification ACVIM))
CAS 25	LUCIO	Shar-Pei	Corps étranger œsophagien (os)
CAS 26	VOLT	Husky Sibérien	Corps étranger œsophagien (hameçon)
CAS 27	BELLY	Croisé	Hernie péritonéo-péricardique ; hernie hiatale
CAS 28	NOOPY	Bichon	Hernie diaphragmatique traumatique
CAS 29	ULK	Carlin	Hernie diaphragmatique traumatique
CAS 30	JULIO	Bichon	Cardiomégalie généralisée avec dilatation atriale gauche (maladie valvulaire dégénérative mitrale)
CAS 31	TWIX	Croisé Doberman et Berger Allemand	Persistance du canal artériel
CAS 32	LORD	Berger blanc suisse	Hypovolémie
CAS 33	SCOUT	Golden retriever	Épanchement péricardique
CAS 34	FRISKYS	Coton de Tuléar	Sévère cardiomégalie avec dilatation atriale gauche et congestion veineuse pulmonaire (maladie valvulaire dégénérative mitrale)
CAS 35	STAN	Yorkshire Terrier	Collapsus trachéal et bronchique ; Sévère cardiomégalie avec dilatation atriale gauche (maladie valvulaire dégénérative mitrale)

B. Construction des cas cliniques : exemple du CAS n°1 du module d'exercice

Il était important lors de la construction des cas d'avoir l'approche la plus pédagogique possible. C'est pour cela que dans la plupart des corrections, il y a :

- **Une radiographie « témoin »** : une radiographie d'un animal ne présentant pas d'anomalies radiographiques thoraciques. Le but était de mettre plus facilement en évidence les lésions sur les images du cas, et les identifier plus facilement lors de la correction si elles n'avaient pas été vues lors de l'exercice.
- **Des radiographies du cas annotées avec des flèches** pour identifier au mieux les lésions
- **Une rédaction « type compte rendu d'imagerie »** pour intégrer au mieux l'aspect rédactionnel attendu lors de rédaction de compte rendu d'imagerie.

Afin d'illustrer l'apprentissage guidé au travers des questions posées dans le module d'exercice, voici le cas de Tequila (Figure 62 ci-dessous) :

TEQUILA

Accueil Module

Introduction

PREAMBULE / RAPPELS :

- Enormément d'éléments visibles sur les clichés radiographiques
- Importance de respecter les étapes de l'interprétation – une **approche standardisée est recommandée** :

1. Evaluation de la qualité technique des clichés
2. Décrire les anomalies radiographiques observées
3. Etablir un diagnostic radiographique = synthèse
4. Etablir un diagnostic différentiel (DD)

Méthode d'analyse :

- Examen systématisé et structuré de l'ensemble de la radiographie, pour éviter les oublis
- Ordre ? Pas de consensus mais être rigoureux/répétable dans sa façon de procéder
- Regarder en premier « ce qui ne nous intéresse pas » (ex : abdomen crânial lors d'une radiographie de thorax) et la périphérie de la radiographie
- Evaluer les clichés initialement sans le biais du « scénario clinique présumé/recherché », procéder de façon standardisée, et élaborer les DD finaux en confrontant les lésions observées aux éléments cliniques.

METHODE D'ANALYSE : Exemple de plan à suivre permettant une approche structurée et complète.

1. Etat d'embonpoint :
2. Structures abdominales visibles :
3. Squelette appendiculaire :
4. Paroi thoracique et squelette axial :
5. Médiastin :
6. Espace pleural :
7. Appareil cardio-vasculaire :
8. Parenchyme pulmonaire :
9. **CONCLUSION :**
 - Diagnostic radiographique :
 - Diagnostic différentiel :

ANAMNESE :

Tequila est une chienne Golden Retriever stérilisée âgée de 12 ans présentée en consultation de médecine interne suite à des vomissements aigus (5 à 6 fois par jour), précédés par de la toux, évoluant depuis 5 jours.

MATÉRIEL DISPONIBLE :

- 3 examens radiographiques
 - Examen à l'admission (J0) : 2 vues disponibles (vue de face et vue latérale gauche)
 - Examen à J0+2 : 3 vues disponibles (vue de face et vues latérales gauche et droite)
 - Examen à J0+4 : 2 vues disponibles (vue de face et vue latérale gauche)

- Introduction
- Tequila J0
 - Introduction
 - Exercice : TEQUILA J0
 - Exercice : Conclusion Tequila J0
 - Conclusion
- Tequila J2
- Tequila J4

- Introduction
- Tequila J0
 - Introduction
 - Exercice : TEQUILA J0
 - Exercice : Conclusion Tequila J0
 - Conclusion
- Tequila J2
- Tequila J4

Tequila J0

- Introduction
- Exercice : TEQUILA J0
- Exercice : Conclusion Tequila J0
- Conclusion

Introduction

ANAMNESE :

Tequila est une chienne Golden Retriever stérilisée âgée de 12 ans présentée en consultation de médecine interne suite des vomissements aigus (5 à 6 fois par jour), précédés par de la toux, évoluant depuis 5 jours. Examen à l'admission (J0) : 2 vues disponibles (vue de face et vue latérale gauche)

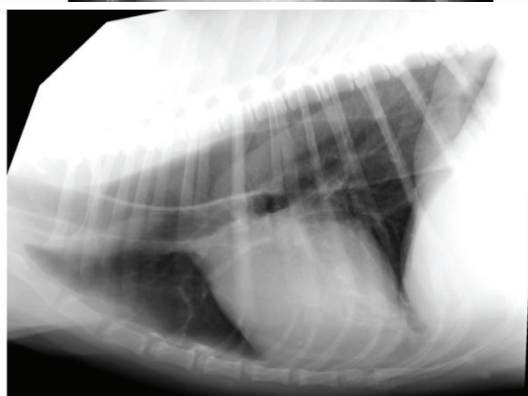
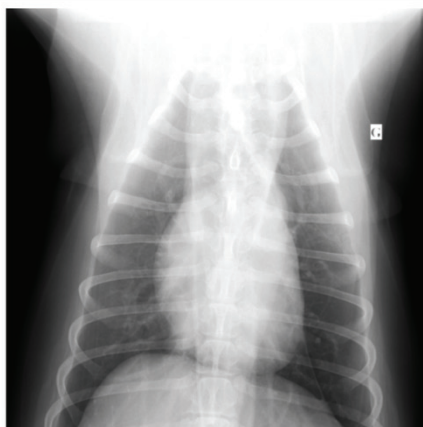
- Introduction
- Tequila J0
 - Introduction
 - Exercice : TEQUILA J0
 - Exercice : Conclusion Tequila J0
 - Conclusion
- Tequila J2
- Tequila J4

TEQUILA J0

Trouver les signes radiographiques présents sur les images

Etat d'embonpoint

Quel est l'état d'embonpoint de Tequila ?



- Tequila J0
 - Introduction
 - Exercice : TEQUILA J0
 - Exercice : Conclusion Tequila J0
 - Conclusion
- Tequila J2
- Tequila J4

- Introduction
- Tequila J0
 - Introduction
 - Exercice : TEQUILA J0**
 - Exercice : Conclusion Tequila J0
 - Conclusion
- Tequila J2
- Tequila J4

Mauvaise réponse

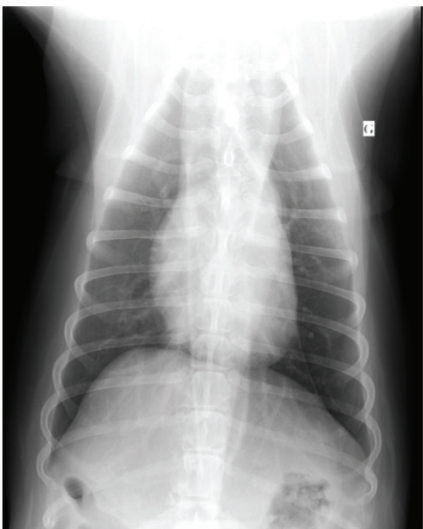
Bon

REDACTION CR :
Bon état d'embonpoint (importante quantité de tissu adipeux dans la paroi thoracique).
Commentaires :
L'épaisseur des tissus graisseux sous-cutanés est particulièrement bien appréciée sur la vue de face.
L'analyse de ces tissus mous de la paroi thoracique sur les différentes vues est également importante pour déceler la présence éventuelle d'une lésion/d'un nodule/d'une masse dans ces tissus (ex : lipome, mamelle proéminente) qui pourrait mimer une lésion pulmonaire sur une autre incidence.
La présence d'emphysème sous-cutané ou un épaississement asymétrique de ces tissus peut également être corrélée aux éventuelles lésions intra-thoraciques pour orienter le diagnostic (ex : suspicion de traumatisme).

- Introduction
- Tequila J0
 - Introduction
 - Exercice : TEQUILA J0**
 - Exercice : Conclusion Tequila J0
 - Conclusion
- Tequila J2
- Tequila J4

Abdomen

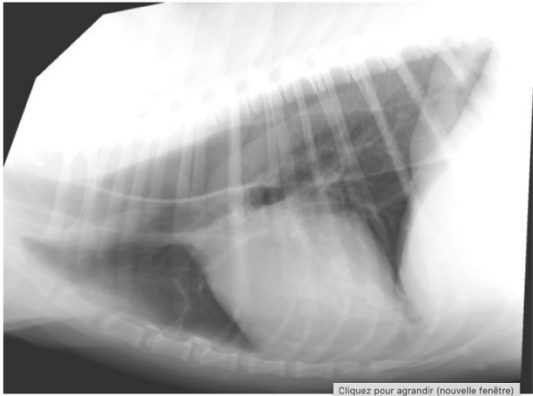
Que pensez-vous des parties visibles de l'abdomen ?



←

→

- Introduction
- Tequila J0
 - Introduction
 - Exercice : TEQUILA J0**
 - Exercice : Conclusion Tequila J0
 - Conclusion
- Tequila J2
- Tequila J4



Cliquez pour agrandir (nouvelle fenêtre)

- Introduction
- Tequila J0
 - Introduction
 - Exercice : TEQUILA J0**
 - Exercice : Conclusion Tequila J0
 - Conclusion
- Tequila J2

Mauvaise réponse

Contraste non évaluable dans l'abdomen crânial

REDACTION CR :
Contraste non évaluable dans l'abdomen crânial
Commentaire :
L'abdomen crânial est peu visible et évaluable sur les clichés présentés.

Introduction

Tequila J0

Introduction

Exercice : TEQUILA J0

Exercice : Conclusion Tequila J0

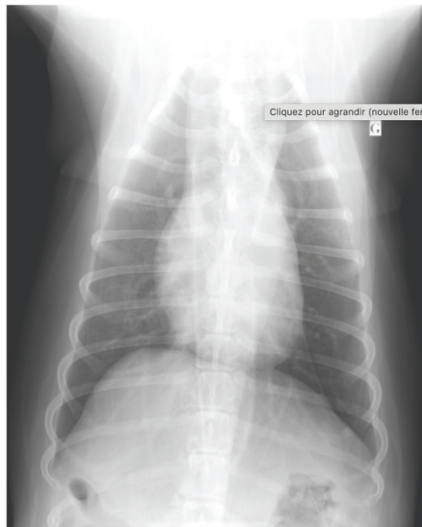
Conclusion

Tequila J2

Téquila J4

squelette

Que pensez-vous des parties visibles du squelette appendiculaire et du squelette axial ?



Cliquez pour agrandir (nouvelle fenêtre)



Introduction

Tequila J0

Introduction

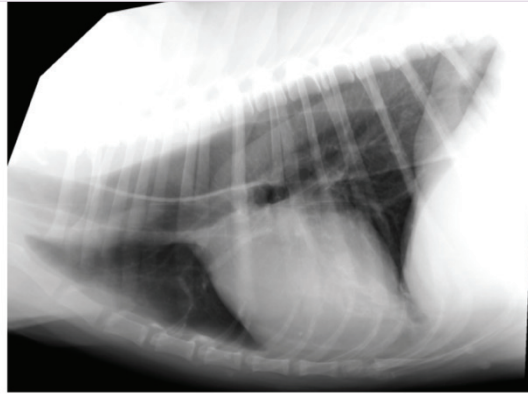
Exercice : TEQUILA J0

Exercice : Conclusion Tequila J0

Conclusion

Tequila J2

Téquila J4



Mauvaise réponse

Absence d'anomalies significatives

REDACTION CR :

Absence d'anomalie significatives

Commentaire :

Seules les scapulas sont présentes sur la vue de face, le squelette appendiculaire est peu/non visible sur les clichés proposés.



Introduction

Tequila J0

Introduction

Exercice : TEQUILA J0

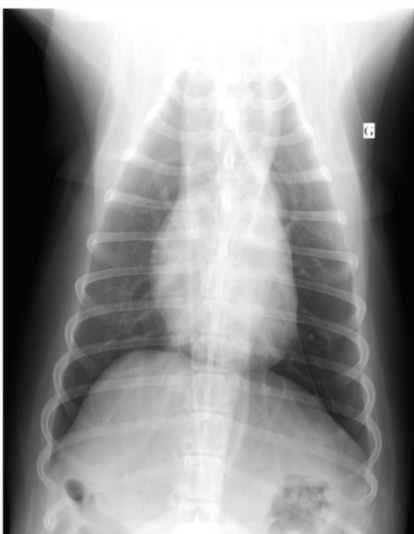
Exercice : Conclusion Tequila J0

Conclusion

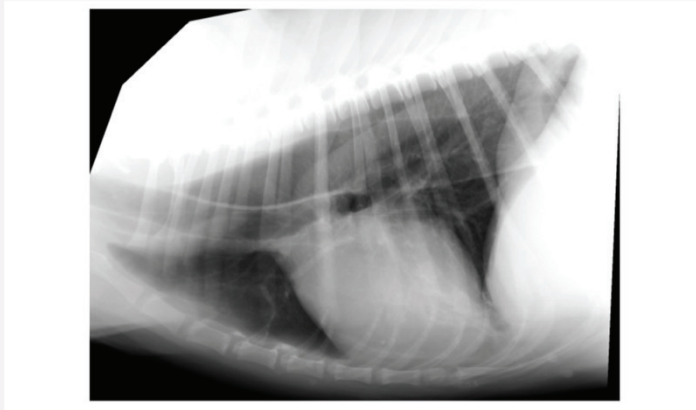
Tequila J2

Téquila J4

Que pensez vous du médiastin ?



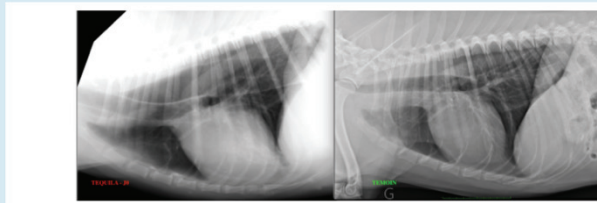
- Introduction
- Tequila J0
 - Introduction
 - Exercice : TEQUILA J0**
 - Exercice : Conclusion Tequila J0
 - Conclusion
- Tequila J2
- Tequila J4



Mauvaise réponse

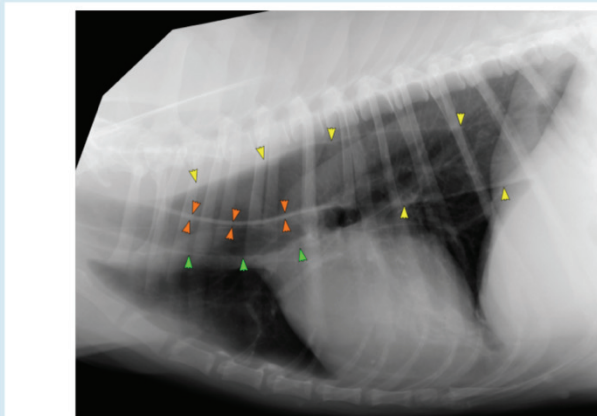
Dilatation de l'oesophage par un contenu aérique + Bande oesophago-trachéale présente + Déplacement ventral marqué de la trachée

- Introduction
- Tequila J0
 - Introduction
 - Exercice : TEQUILA J0**
 - Exercice : Conclusion Tequila J0
 - Conclusion
- Tequila J2
- Tequila J4



REDACTION CR :

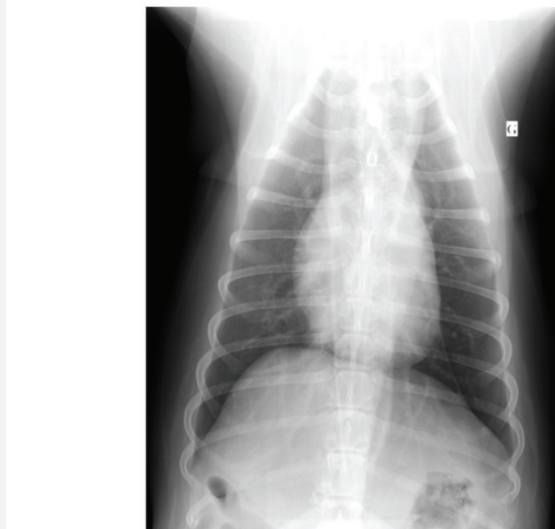
Dilatation généralisée de l'oesophage par un contenu aérique (flèches jaunes). L'oesophage devient anormalement bien identifiable. Présence d'un long signe de la bande oesophago-trachéale (flèches orange). Déplacement ventral marqué de la trachée crânialement au cœur (flèches vertes).
 Commentaire :
 En partie caudale du thorax, les parois dorsale et ventrale de l'oesophage sont anormalement bien visibles.



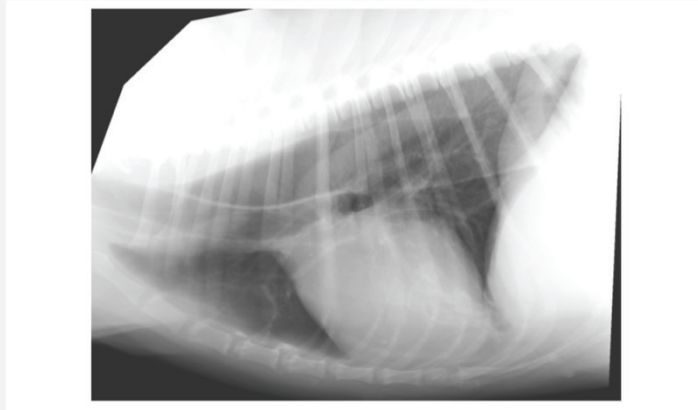
- Introduction
- Tequila J0
 - Introduction
 - Exercice : TEQUILA J0**
 - Exercice : Conclusion Tequila J0
 - Conclusion
- Tequila J2
- Tequila J4

Espace pleural

Que pensez vous de l'espace pleural ?



- Introduction
- Tequila J0
 - Introduction
 - Exercice : TEQUILA J0**
 - Exercice : Conclusion Tequila J0
 - Conclusion
- Tequila J2
- Tequila J4

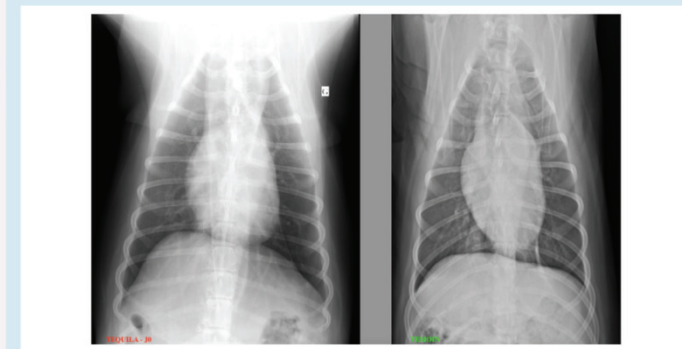


Mauvaise réponse

Très fine ligne pleurale/scissure interlobaire visible entre les 2 parties du lobe pulmonaire crânial gauche, uniquement sur la vue de face.



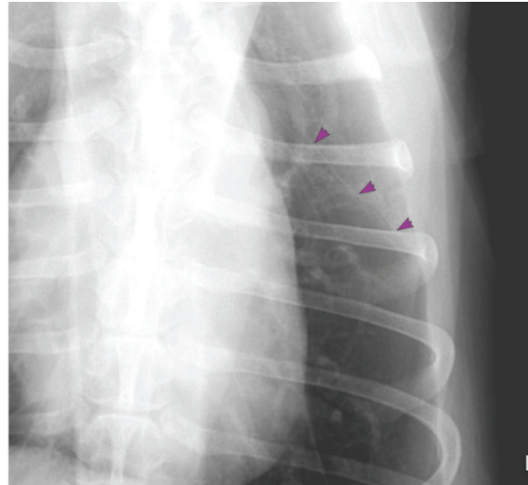
- Introduction
- Tequila J0
 - Introduction
 - Exercice : TEQUILA J0**
 - Exercice : Conclusion Tequila J0
 - Conclusion
- Tequila J2
- Tequila J4



Une seule très fine ligne pleurale/scissure interlobaire est visible entre les 2 parties du lobe pulmonaire crânial gauche, uniquement sur la vue de face, indiquant un probable discret épaississement (fibrose pleurale) lié à l'âge, et sans signification clinique.

- Introduction
- Tequila J0
 - Introduction
 - Exercice : TEQUILA J0**
 - Exercice : Conclusion Tequila J0
 - Conclusion
- Tequila J2
- Téquila J4

épaississement (nodose pleurale) ne s'age, et sans signification clinique.



Cliquez pour agrandir (nouvelle fenêtre)

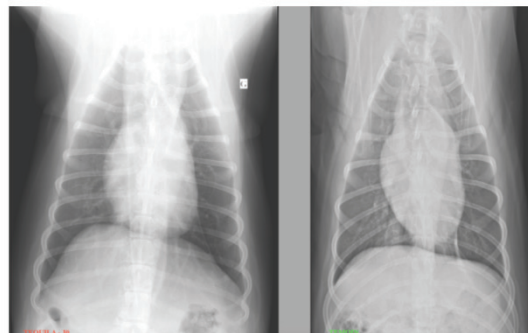
- Introduction
- Tequila J0
 - Introduction
 - Exercice : TEQUILA J0**
 - Exercice : Conclusion Tequila J0
 - Conclusion
- Tequila J2
- Téquila J4

Appareil cardiovasculaire

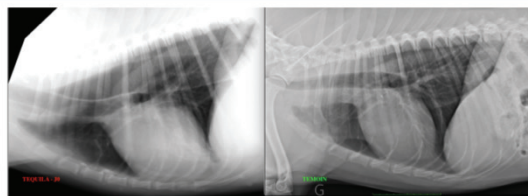
Que pensez vous de l'appareil cardiovasculaire?

Mauvaise réponse

Absence d'anomalie de la silhouette cardiaque et des vaisseaux pulmonaires.



- Introduction
- Tequila J0
 - Introduction
 - Exercice : TEQUILA J0**
 - Exercice : Conclusion Tequila J0
 - Conclusion
- Tequila J2
- Téquila J4



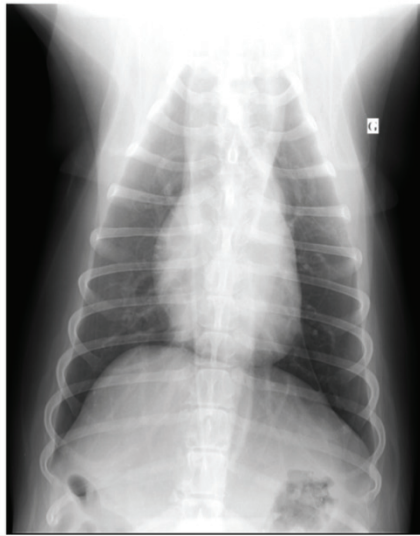
REDACTION CR :

Absence d'anomalie de la silhouette cardiaque et des vaisseaux pulmonaires.

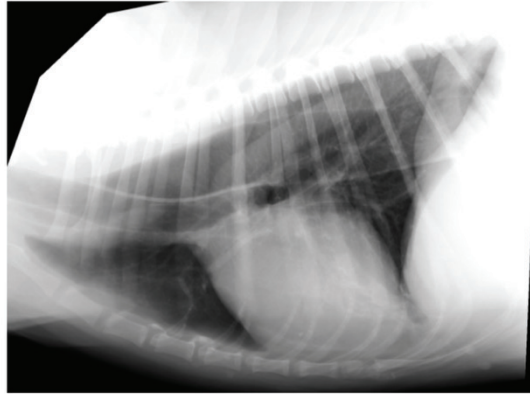
- Introduction
- Tequila J0
 - Introduction
 - Exercice : TEQUILA J0**
 - Exercice : Conclusion Tequila J0
 - Conclusion
- Tequila J2
- Téquila J4

Exercice

Que pensez vous du parenchyme pulmonaire ?



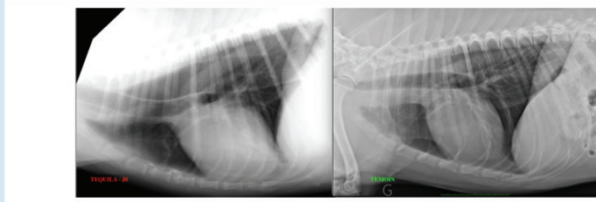
- Introduction
- Tequila J0
 - Introduction
 - Exercice : TEQUILA J0**
 - Exercice : Conclusion Tequila J0
 - Conclusion
- Tequila J2
- Téquila J4



Mauvaise réponse

Petite plage d'opacification alvéolaire en partie crânio-ventrale du champ pulmonaire comportant des bronchogrammes aériques.

- Introduction
- Tequila J0
 - Introduction
 - Exercice : TEQUILA J0**
 - Exercice : Conclusion Tequila J0
 - Conclusion
- Tequila J2
- Téquila J4



Rédaction CR :

Volume pulmonaire dans les limites de la normale.

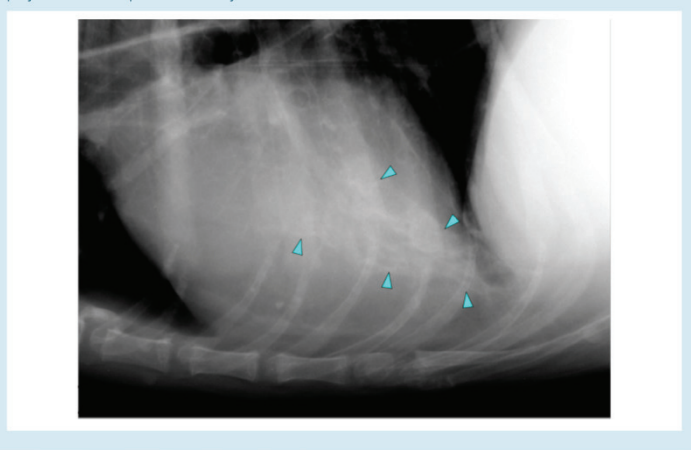
Petite plage d'opacification alvéolaire en partie crânio-ventrale du champ pulmonaire (flèches turquoise), superposée à la silhouette cardiaque (correspondant à l'aire de projection de la partie ventrale du lobe pulmonaire moyen droit), comportant des bronchogrammes aériques

Commentaire :

Il est important de toujours commencer par apprécier le volume pulmonaire, qui va influencer sur l'évaluation de l'opacité du poumon.

D'autre part, lors de la mise en évidence d'un mégaoesophage, les localisations classiques des lésions de pneumonie par aspiration doivent être analysées avec attention, notamment l'aire de projection du lobe pulmonaire moyen droit.

- ✓ Tequila J0
 - 📖 Introduction
 - 🕒 Exercice : TEQUILA J0
 - 🕒 Exercice : Conclusion Tequila J0
 - 📌 Conclusion
- > Tequila J2
- > Tequila J4



🔄 Recommencer *Mauvaise réponse*



- 📖 Introduction
- ✓ Tequila J0
 - 📖 Introduction
 - 🕒 Exercice : TEQUILA J0
 - 🕒 Exercice : Conclusion Tequila J0
 - 📌 Conclusion
- > Tequila J2
- > Tequila J4

🕒 Conclusion Tequila J0

diagnostic radiographique

POUR RESUMER - Synthèse finale :

- **Etat d'embonpoint :**

Bon état d'embonpoint (importante quantité de tissu adipeux dans la paroi thoracique).

- **Structures abdominales visibles :**

Contraste non évaluable dans l'abdomen crânial.

- **Squelette appendiculaire :**

Absence d'anomalie significative.

- **Paroi thoracique et squelette axial :**

Absence d'anomalie significative.

- **Médiastin :**

Dilatation généralisée marquée de l'œsophage par un contenu aérique. L'œsophage devient anormalement bien identifiable.

Présence d'un long signe de la bande œsophago-trachéale.

Déplacement ventral marqué de la trachée crânialement au cœur.

- **Espace pleural :**

Absence d'anomalie significative.

- **Appareil cardio-vasculaire :**

Absence d'anomalie de la silhouette cardiaque et des vaisseaux pulmonaires.

- **Parenchyme pulmonaire :**

Volume pulmonaire dans les limites de la normale.

Petite plage d'opacification alvéolaire en partie crânio-ventrale du champ pulmonaire (flèches bleues), superposée à la silhouette cardiaque (correspondant à l'aire de projection de la partie ventrale du lobe pulmonaire moyen droit), comportant des bronchogrammes aériques.

Quel est / sont votre/vos diagnostic(s) radiographique(s)

Mauvaise réponse

Mégaoesophage + Opacification alvéolaire en partie ventrale du lobe pulmonaire moyen droit + Fine ligne pleurale/scissure interlobaire visible entre les 2 parties du lobe pulmonaire crânial gauche

diagnostic différentiel

Quel est le diagnostic différentiel de l'opacification alvéolaire ?

Mauvaise réponse

La pneumonie (localisation ventrale) L'œdème cardiogénique ou non cardiogénique L'hémorragie La thrombo-embolie L'atélectasie L'allergie La cause tumorale primaire Le syndrome de détresse respiratoire aiguë

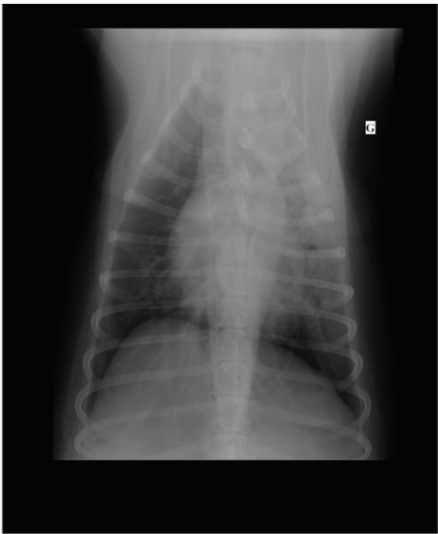
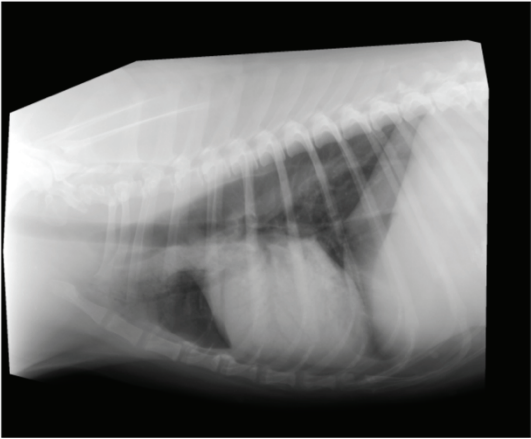
Conclusion Tequila J0

Quelle serait votre conclusion générale de compte rendu ?

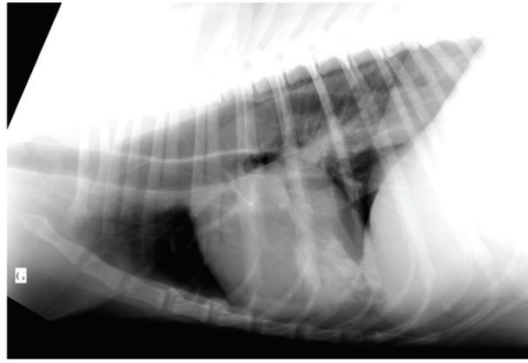
Mauvaise réponse

Images compatibles avec une bronchopneumonie par fausse déglutition secondaire au mégaoesophage. Fine ligne pleurale/scissure interlobaire visible entre les 2 parties du lobe pulmonaire crânial gauche, indiquant un probable discret épaissement (fibrose pleurale) lié à l'âge, et sans signification clinique.

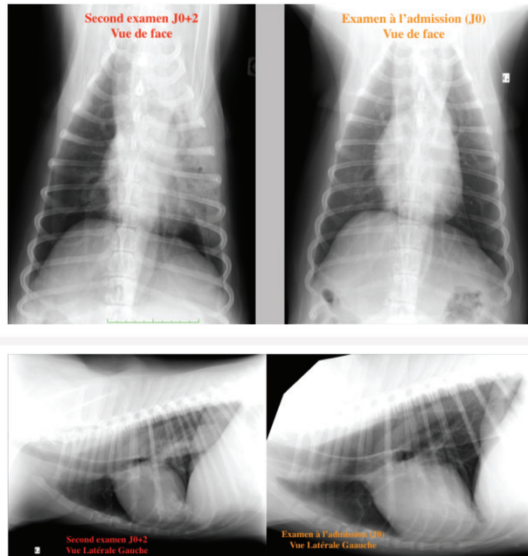


- Introduction - Tequila J0 Tequila J2 - Introduction - Exercice : TEQUILA J0+2 - Conclusion - Tequila J4	Tequila J2 Introduction Exercice : TEQUILA J0+2 Conclusion
- Introduction - Tequila J0 - Tequila J2 Introduction - Exercice : TEQUILA J0+2 - Conclusion - Tequila J4	Introduction Depuis la consultation, les vomissements de TEQUILA ont cessé, mais la toux est toujours présente. TEQUILA est abattue, et anorexique depuis 2 jours. Elle présente de la dyspnée, de la polypnée, et des râles pulmonaires. Un examen radiographique du thorax est à nouveau réalisé, afin de suivre l'évolution des lésions pulmonaires.
- Introduction - Tequila J0 - Tequila J2 - Introduction Exercice : TEQUILA J0+2 - Conclusion - Tequila J4	tequila j0+2  ← →
- Introduction - Tequila J0 - Tequila J2 - Introduction Exercice : TEQUILA J0+2 - Conclusion - Tequila J4	

- Introduction
- > Tequila J0
- ✓ Tequila J2
 - Introduction
 - Exercice : TEQUILA J0+2
 - Conclusion
- > Tequila J4



Comparaisons entre J0 et J0 +2



- Introduction
- > Tequila J0
- ✓ Tequila J2
 - Introduction
 - Exercice : TEQUILA J0+2
 - Conclusion
- > Tequila J4

QUE PENSEZ VOUS DE CE SUIVI D'EVOLUTION ? (pour l'état d'embonpoint, les structures abdominales, le squelette appendiculaire et axial, la paroi thoracique et l'espace pleural)

Mauvaise réponse

Aucune modification significative visible

Exercice

Concernant le parenchyme pulmonaire, vous pensez qu'il y a :

Mauvaise réponse

Votre Choix
choix attendu

- ☒ Une aggravation des lésions pulmonaires
- ☐ Une absence d'évolution
- ☐ Une amélioration des lésions pulmonaires

Il est important de bien comparer les derniers clichés réalisés à ceux de l'examen précédent afin d'évaluer l'évolution des lésions.
La plage d'opacification alvéolaire présente en partie ventrale du lobe pulmonaire moyen droit est toujours visible, et discrètement plus étendue (flèches bleues).
D'autres plages d'opacification alvéolaire sont apparues, particulièrement extensives dans les 2 parties du lobe pulmonaire crânial gauche. (flèches bleues).
Sur la vue de face, ces 2 parties du lobe pulmonaire crânial gauche sont d'opacité liquidienne, induisent un effacement du contour gauche de la silhouette cardiaque, et comportent de nombreux bronchogrammes aériques.

Introduction

> Tequila J0

✓ Tequila J2

Introduction

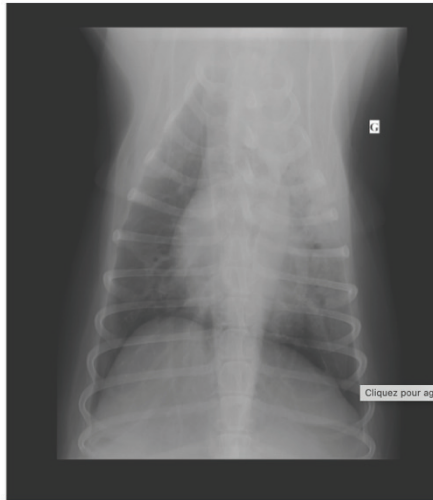
① Exercice : TEQUILA J0+2

Conclusion

> Tequila J4

Exercice

Décrivez les lésions observées dans le parenchyme pulmonaire sur ce 2nd examen radiographique de TEQUILA, et confrontez vos observations aux corrections proposées.



Cliquez pour agrandir (nouvelle fenêtre)

Introduction

> Tequila J0

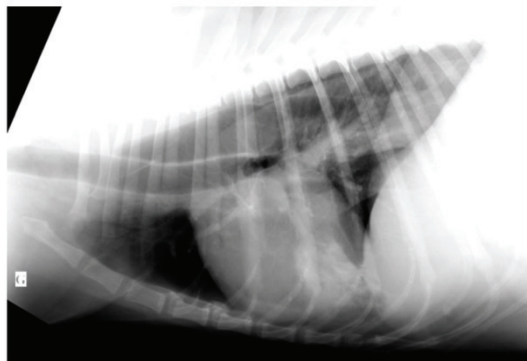
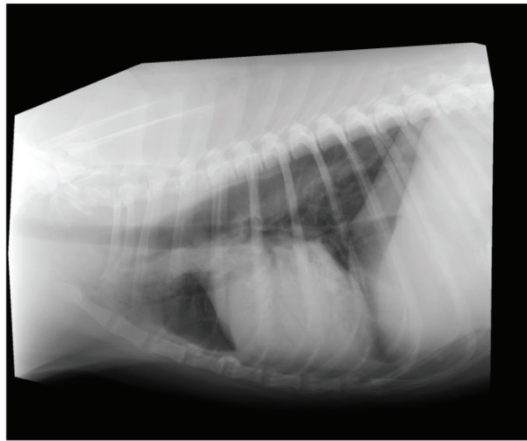
✓ Tequila J2

Introduction

① Exercice : TEQUILA J0+2

Conclusion

> Tequila J4



Introduction

> Tequila J0

✓ Tequila J2

Introduction

① Exercice : TEQUILA J0+2

Conclusion

> Tequila J4

Mauvaise réponse

Il y a effectivement une aggravation des lésions pulmonaires. Il est important de bien comparer les derniers clichés réalisés à ceux de l'examen précédent afin d'évaluer l'évolution des lésions. La plage d'opacification alvéolaire présente en partie ventrale du lobe pulmonaire moyen droit est toujours visible, et discrètement plus étendue. D'autres plages d'opacification alvéolaire sont apparues, particulièrement extensives dans les 2 parties du lobe pulmonaire crânial gauche. Sur la vue de face, ces 2 parties du lobe pulmonaire crânial gauche sont d'opacité liquidienne, induisant un effacement du contour gauche de la silhouette cardiaque, et comportant de nombreux bronchogrammes aériques

Introduction

Tequila J0

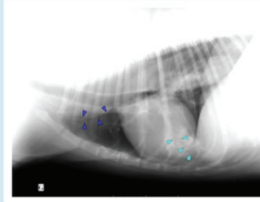
Tequila J2

Introduction

Exercice : TEQUILA J0+2

Conclusion

Tequila J4

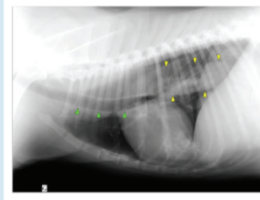


Flèches turquoise :

La plage d'opacification alvéolaire présente en partie ventrale du lobe pulmonaire moyen droit est toujours visible, et discrètement plus étendue.

Flèches bleues foncées :

On note la présence d'un bronchogramme aérien en partie crânio-ventrale du champ pulmonaire.



Flèches jaunes :

Persistance d'une dilatation généralisée marquée de l'œsophage par un contenu partiellement liquidien (flèches jaunes), avec accumulation locale de petits éléments d'opacité minérale d'aspect granuleux. L'œsophage devient anormalement bien identifiable.

Flèches vertes :

Persistance du déplacement ventral marqué de la trachée crânialement au cœur.

Introduction

Tequila J0

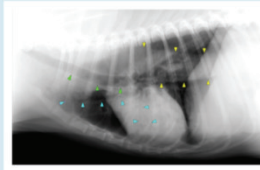
Tequila J2

Introduction

Exercice : TEQUILA J0+2

Conclusion

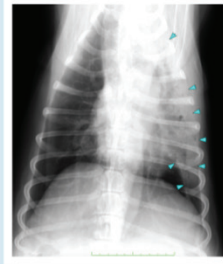
Tequila J4



Vue latérale droite annotée

Commentaires :

Les bronchogrammes aériques associés à la consolidation des parties crâniale et caudale du lobe pulmonaire crânial gauche sont mieux visibles sur la vue latérale droite.



Flèches turquoise :

On note une extensive opacification alvéolaire des parties crâniale et caudale du lobe pulmonaire crânial gauche, avec présence de nombreux bronchogrammes aériques, et un effacement du contour gauche de la silhouette cardiaque.

Commentaire :

On note également un déplacement vers la gauche de la silhouette cardiaque, indiquant une diminution de volume des lobes consolidés (atélectasie). Lors de pneumonie bactérienne/pneumonie par aspiration, un certain degré d'atélectasie est régulièrement présent, probablement secondaire à l'obstruction des bronches par les sécrétions.

Recommencer Mauvaise réponse

Conclusion

- Persistance d'un mégaoesophage.
- Apparition d'une consolidation des 2 parties du lobe pulmonaire crânial gauche, indiquant une aggravation des lésions de bronchopneumonie par aspiration.

Introduction

Tequila J0

Tequila J2

Introduction

Exercice : TEQUILA J0+2

Conclusion

Tequila J4

Introduction

Tequila J0

Tequila J2

Tequila J4

Introduction

Exercice

Exercice : qcu j4 téquila

Conclusion

Téquila J4

Introduction

Exercice

Exercice : qcu j4 téquila

Conclusion

Introduction

> Tequila J0

> Tequila J2

✓ Téquila J4

Introduction

② Exercice

② Exercice : qcu j4 téquila

🏠 Conclusion

Introduction

> Tequila J0

> Tequila J2

✓ Téquila J4

Introduction

② Exercice

② Exercice : qcu j4 téquila

🏠 Conclusion

Introduction

> Tequila J0

> Tequila J2

✓ Téquila J4

Introduction

② Exercice

② Exercice : qcu j4 téquila

🏠 Conclusion

Introduction

> Tequila J0

> Tequila J2

✓ Téquila J4

Introduction

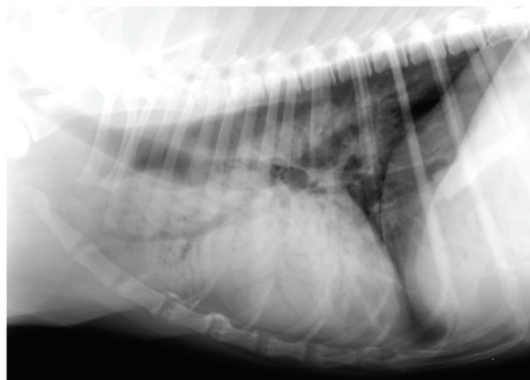
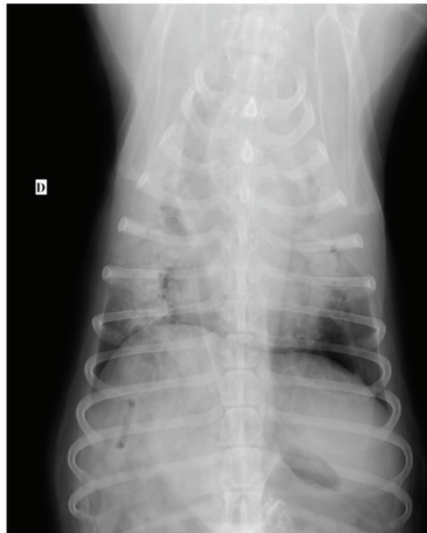
② Exercice

② Exercice : qcu j4 téquila

🏠 Conclusion

Introduction

• 2 jours après le dernier examen radiographique, l'état e TEQUILA se dégrade fortement, et un troisième examen radiographique est réalisé.



Introduction

Tequila J0

Tequila J2

Tequila J4

Introduction

Exercice

Exercice : qcu j4 téquila

Conclusion

Introduction

Tequila J0

Tequila J2

Tequila J4

Introduction

Exercice

Exercice : qcu j4 téquila

Conclusion

Introduction

Tequila J0

Tequila J2

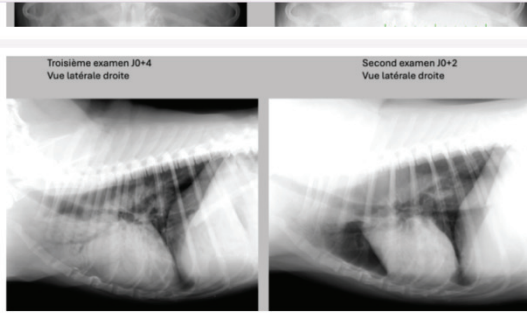
Tequila J4

Introduction

Exercice

Exercice : qcu j4 téquila

Conclusion



Que pensez vous de ce suivi d'évolution concernant :

Etat d'embonpoint :

Structures abdominales visibles :

Squelette appendiculaire :

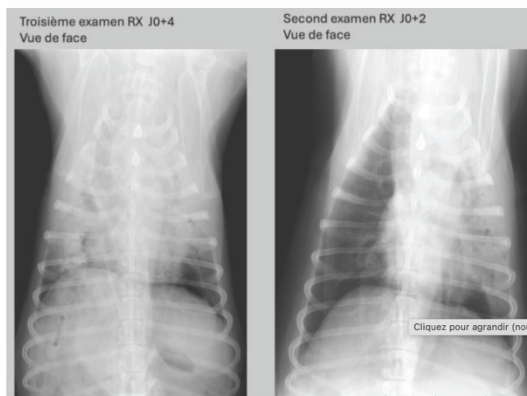
Paroi thoracique et squelette axial :

Espace pleural :

Aucune modification significative n'est visible.

Recommencer Mauvaise réponse

qcu j4 téquila



Concernant le parenchyme pulmonaire, vous pensez qu'il y a :

Votre Choix
choix attendu

☒ Une aggravation des lésions pulmonaires

☐ Une absence d'évolution

☐ Une amélioration des lésions pulmonaires

Recommencer Mauvaise réponse

III. Moyens informatiques utilisés

Tout d'abord, le choix du support se voulait accessible à l'étudiant que ce soit au sein du CHUVAC ou bien de chez lui. Ce module a pour objectif de laisser travailler en autonomie les étudiants afin qu'ils s'impliquent dans leur apprentissage que ce soit dans un moment de creux pendant la rotation d'imagerie, ou bien de chez soi afin de renforcer leurs acquis. Le support numérique a donc été une évidence.

A. Choix du support numérique

1. Choix du public visé par le module d'exercice

Actuellement, VetagroSup dispose d'un environnement numérique d'apprentissage basé sur la plateforme Moodle, déployée sous le nom VetagroTice. Cette interface nous offrait la possibilité de mettre à disposition des étudiants des exercices interactifs ainsi que des cas cliniques, accessibles en ligne à tout moment, facilitant ainsi l'intégration d'activités pédagogiques actives dans le parcours de formation des étudiants de VetAgro Sup.

Cependant, dans une volonté d'ouvrir l'accès au module à un public plus large, nous avons envisagé la possibilité de le proposer également aux étudiants d'autres établissements publics vétérinaires en France. Cette réflexion nous a conduit à rechercher un outil de diffusion plus universel, indépendant de la plateforme institutionnelle de VetAgro Sup.

C'est dans ce contexte que nous nous sommes orientées vers l'utilisation du logiciel libre « Opale » de la suite Scenari, qui permet de concevoir des modules pédagogiques diffusables sous divers formats, compatibles avec une utilisation au-delà de notre établissement.

2. Le logiciel Opale, un outil pour les enseignants

Opale est un logiciel Scenari utilisé par de nombreux(ses) universités, lycées, centres de formations, entreprises, etc. qui permet de créer collaborativement des documents pédagogiques pour la formation présentielle, à distance ou mixte.

Les documents créés peuvent contenir des ressources multimédia, des quiz, des évaluations, et peuvent être générés sous forme de pdf, site web, diaporama ou paquet Scorm intégrable dans Moodle ou autres plateformes LMS. (*Atelier BlueHats*, s. d.)

Dans ce cadre nous avons choisi d'utiliser la partie module et exercice de ce logiciel.

B. Le module d'exercice

En allant sur le lien ci-dessous, vous trouverez l'intégralité des cas cliniques hébergés sur la plateforme Vetagrotice.

<https://vetagrotice.vetagro-sup.fr/course/view.php?id=2963>

C. Discussion sur le module

Ce module d'apprentissage, constitué de trente-cinq cas cliniques, permet de couvrir une partie substantielle des objectifs pédagogiques relatifs à l'enseignement de la radiographie thoracique chez le chien. Il favorise également le développement de l'autonomie dans l'interprétation radiographique et propose des mises en situation réalistes, chaque cas étant introduit par une anamnèse complète.

Cependant, comme mentionné précédemment, ce dispositif ne permet de couvrir qu'une partie des objectifs pédagogiques, sans les englober dans leur totalité. Par ailleurs, en raison de contraintes temporelles, aucune enquête formelle auprès des étudiants n'a pu être réalisée afin d'évaluer précisément le besoin et l'intérêt d'un tel module dans le cadre de leur formation. Le projet a principalement été initié à la suite de discussions informelles avec plusieurs membres de ma promotion, qui ont exprimé un intérêt pour ce type d'outil pédagogique. La mise en place d'un questionnaire exploratoire à destination des étudiants aurait néanmoins permis de mieux cerner les attentes et de justifier plus solidement la pertinence du module.

Enfin, le module sera mis en libre accès, afin de garantir une accessibilité optimale et de faciliter son utilisation quel que soit le lieu de connexion. Aucune obligation de validation ne sera associée à son usage, laissant ainsi aux étudiants la liberté de le consulter selon leurs besoins. Malgré ce caractère facultatif, il est raisonnable de penser que cet outil constituera un support précieux lors des révisions des étudiants de quatrième année, et qu'il sera de ce fait largement utilisé.

Une évaluation du module par les étudiants constituerait par ailleurs un moyen pertinent d'apprécier son utilité pédagogique, son ergonomie ainsi que son impact sur l'apprentissage. Une telle démarche permettrait d'obtenir des retours objectifs et d'envisager, le cas échéant, des axes d'amélioration pour optimiser le dispositif dans le cadre des prochaines promotions

Conclusion

L'interprétation radiographique du thorax des chiens fait partie des compétences à acquérir à la fin du cursus vétérinaire. Elle est à la fois nécessaire, difficile et nécessite de l'entraînement. C'est dans cette dynamique à la fois pédagogique et pratique que ce travail de fin d'étude sur la création d'un module d'exercice numérique s'est inscrit.

C'est en s'appuyant sur des cas cliniques avec des images radiographiques thoraciques et une correction à la fois visuelle et écrite que ce module vient renforcer l'apprentissage des étudiants vétérinaires dans l'interprétation et la rédaction de comptes rendus en radiographie thoracique chez le chien. Ce projet répond à un besoin d'entraînement des étudiants en radiographie thoracique chez le chien associé à la praticité des supports numériques interactifs, favorisant un apprentissage autonome, progressif et de qualité. Il s'inscrit dans une démarche d'amélioration continue de la formation vétérinaire, en s'appuyant sur des outils modernes adaptés aux exigences actuelles de l'enseignement.

Cependant, certaines limites sont à considérer, notamment l'absence de retour étudiants, la diversité des cas qui ne couvre pas l'entièreté des affections thoraciques visibles en radiographie. C'est pourquoi, des perspectives d'évolution sont d'ores et déjà envisagées : mettre en place un questionnaire de satisfaction avec la possibilité de proposer des perspectives d'évolution à la fin du module pour améliorer l'enseignement.

L'enrichissement du module avec de nouveaux cas, une extension à d'autres régions anatomiques ou espèces pourrait faire l'œuvre d'autres thèses pour améliorer continuellement les moyens à disposition des étudiants pour se former en imagerie. Par ailleurs, la volonté de diffuser ce module aux autres écoles vétérinaires françaises est en cours de discussion avec le Dr Ségard-Weisse Émilie. En effet les cas cliniques ayant été travaillé conjointement avec le Dr Ségard-Weisse, la qualité de ce module en termes d'exactitude des interprétations en fait un outil qui peut à la fois être diffuser directement au sein du service d'imagerie du « Centre Hospitalier Universitaire Vétérinaire Animaux de Compagnie », mais aussi plus largement à tous les étudiants vétérinaires français.

En conclusion, ce module constitue une première étape vers une approche plus interactive et personnalisée de l'apprentissage de la radiographie thoracique chez le chien, avec pour ambition de renforcer les compétences diagnostiques des futurs vétérinaires.

Bibliographie

- Atelier BlueHats : Découverte de Scenari Opale - Dinum*. (s. d.). Consulté 27 août 2025, à l'adresse <https://tube.numerique.gouv.fr/videos/embed/a01302b0-bfbd-49b6-b05f-740cae8e37eb>
- BARTHEZ, P. (1997). *Technique en Radiologie des Petits Animaux*. CNVSPA-PMCAC.
- Bezak, E., Beddoe, A. H., Marcu, L. G., Ebert, M., & Price, R. (2021). *Johns and Cunningham's the Physics of Radiology*. Charles C Thomas Pub Ltd.
- Bodh, D., Hoque, M., Saxena, A. C., Gugjoo, M. B., Bist, D., & Chaudhary, J. K. (2016). Vertebral scale system to measure heart size in thoracic radiographs of Indian Spitz, Labrador retriever and Mongrel dogs. *Veterinary World*, 9(4), 371. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.371-376>
- Buchanan, J. W., & Bücheler, J. (1995). Vertebral scale system to measure canine heart size in radiographs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 206(2), 194-199. <https://doi.org/10.2460/javma.1995.206.02.194>
- Coulson, A., & Lewis, N. (2008). *An Atlas of Interpretative Radiographic Anatomy of the Dog and Cat*. John Wiley & Sons.
- Dennis, R., Kirberger, R. M., Barr, F., & Wrigley, R. H. (2010). *Handbook of small animal radiology and ultrasound : Techniques and differential diagnoses* (2nd ed). Churchill Livingstone/Elsevier. <https://cir.nii.ac.jp/crid/1130282269934618880>
- Deslauriers, L., Schelew, E., & Wieman, C. (2011). Improved Learning in a Large-Enrollment Physics Class. *Science*, 332(6031), 862-864. <https://doi.org/10.1126/science.1201783>
- Diana, A., Guglielmini, C., Pivetta, M., Sanacore, A., Di Tommaso, M., Lord, P. F., & Cipone, M. (2009). Radiographic features of cardiogenic pulmonary edema in dogs with mitral regurgitation : 61 cases (1998-2007). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 235(9), 1058-1063. <https://doi.org/10.2460/javma.235.9.1058>
- Doolittle, P., Wojdak, K., & Walters, A. (2023). Defining Active Learning : A Restricted Systematic Review. *Teaching and Learning Inquiry*, 11. <https://doi.org/10.20343/teachlearninqu.11.25>
- Ernst, K., Sukut, S. L., & Mayer, M. N. (2024). Radiographic imaging of thoracic lymph nodes in the dog. *The Canadian Veterinary Journal = La Revue Veterinaire Canadienne*, 65(7), 714-718.

- Hyun, C. (2019). Radiographic diagnosis of diaphragmatic hernia : Review of 60 cases in dogs and cats. *Journal of Veterinary Science*, 5(2), 157-162.
<https://doi.org/10.4142/jvs.2004.5.2.157>
- Jepsen-Grant, K., Pollard, R. e., & Johnson, L. r. (2013). Vertebral Heart Scores in Eight Dog Breeds. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 54(1), 3-8. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2012.01976.x>
- Jossier, R., Fusellier, M., & Laborde, A. (2013). *L'imagerie médicale du chat et du chien au service du praticien : Symptômes - Diagnostics - Thérapeutique*. Elsevier Masson.
- Lamb, C. R., Wikeley, H., Boswood, A., & Pfeiffer, D. U. (2001). Use of breed-specific ranges for the vertebral heart scale as an aid to the radiographic diagnosis of cardiac disease in dogs. *Veterinary Record*, 148(23), 707-711. <https://doi.org/10.1136/vr.148.23.707>
- Maï, W. (2003). *Guide pratique de radiographie canine et féline*. Éditions MED'COM.
<https://scholar.google.com/scholar?cluster=11517382873204544500&hl=en&oi=scholar>
- Neath, P. J., Brockman, D. J., & King, L. G. (2000). Lung lobe torsion in dogs : 22 cases (1981–1999). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 217(7), 1041-1044.
<https://doi.org/10.2460/javma.2000.217.1041>
- Ober, C. P., & Barber, D. (2006). Comparison of Two- Vs. Three-View Thoracic Radiographic Studies on Conspicuity of Structured Interstitial Patterns in Dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 47(6), 542-545. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2006.00183.x>
- Pückler, K. von. (2021). *Radiographie du thorax et de l'abdomen du chien et du chat : Savoir réaliser et interpréter une radiographie*. les Éditions du Point vétérinaire.
- SCHWARZ, T., & JOHNSON, V. (2008). *BSAVA Manual of Canine and Feline Thoracic Imaging* (British Small Animal Veterinary Association).
- Sutton, D. G., Martin, C. J., Williams, J. R., & Peet, D. J. (2012). *Radiation shielding for diagnostic radiology, 2nd edition : Report of a BIR working party, October 2010-April 2012*. The British Institute of Radiology.
- Thrall, D. E. (2017). *Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology—E-Book* (7^e éd.). Elsevier Health Sciences.
- Z. Zayapragassarazan, & Santosh Kumar. (2012). *Active Learning Methods*.
<https://eric.ed.gov/?id=ED538497>

ÉLABORATION D'UN SUPPORT NUMÉRIQUE À DESTINATION DES ÉTUDIANTS VÉTÉRINAIRES, SOUS FORME DE QUESTIONNAIRE INTERACTIF, PERMETTANT D'ACQUÉRIR LES BASES DE LA RADIOLOGIE THORACIQUE DANS L'ESPÈCE CANINE

Auteur

TOURNIAIRE Océane

Résumé

La réalisation et l'interprétation de radiographies thoraciques constituent des compétences essentielles à acquérir dans le cadre du cursus vétérinaire, leur maîtrise étant indispensable en pratique clinique.

Ce projet de fin d'études vise à compléter l'enseignement théorique et clinique par la présentation de 35 cas cliniques de radiographie thoracique canine, intégrés au logiciel « Opale », permettant une diffusion extramurale ultérieure.

L'objectif principal a été de proposer des cas cliniques guidés, accompagnés de corrections pédagogiques détaillées, incluant des annotations sur les radiographies. De plus, chaque cas a été confronté à une radiographie d'un animal « sain », afin de mettre en évidence les lésions et d'en faciliter l'identification pour l'étudiant.

Mots-clés

Radiographie, Thorax, Pédagogique, Exercice, Chien

Jury

Président du jury : **Professeur Émérite CADORE Jean-Luc**

Directeur de thèse : **Docteure SEGARD-WEISSE Émilie**

2ème assesseur : **Professeure POUZOT-NEVORET Céline**