



HAL
open science

Apport de l'imagerie dans l'exploration des affections médiastinales du lapin de compagnie (*Oryctolagus cuniculus*)

Chloé Vreux

► To cite this version:

Chloé Vreux. Apport de l'imagerie dans l'exploration des affections médiastinales du lapin de compagnie (*Oryctolagus cuniculus*). Sciences du Vivant [q-bio]. 2023. dumas-04231168

HAL Id: dumas-04231168

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04231168>

Submitted on 6 Oct 2023

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

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

Oniris - Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation

ANNEE 2023 - Thèse n° 30

**APPORT DE L'IMAGERIE DANS L'EXPLORATION DES
AFFECTIONS MEDIASTINALES DU LAPIN DE
COMPAGNIE (*Oryctolagus cuniculus*)**

THÈSE

Pour l'obtention du diplôme d'Etat de

DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

Présentée et soutenue publiquement

devant l'UFR de Médecine et l'Université de

Nantes le 07/07/2023

par

Chloé VREUX

Sous la direction de

Nora BOUHSINA, Maître de conférences à ONIRIS

Président du jury : Monsieur **POULIQUEN Hervé**, Professeur à ONIRIS

Membres du jury : Madame **VIEU Sabrina**, AERC à ONIRIS



Oniris - École Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation

ANNEE 2023 - Thèse n° 30

**APPORT DE L'IMAGERIE DANS L'EXPLORATION DES
AFFECTIONS MEDIASTINALES DU LAPIN DE
COMPAGNIE (*Oryctolagus cuniculus*)**

THÈSE

Pour l'obtention du diplôme d'Etat de

DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

Présentée et soutenue publiquement

devant l'UFR de Médecine et l'Université de

Nantes le 07/07/2023

par

Chloé VREUX

Sous la direction de

Nora BOUHSINA, Maître de conférences à ONIRIS

Président du jury : Monsieur **POULIQUEN Hervé**, Professeur à ONIRIS

Membres du jury : Madame **VIEU Sabrina**, AERC à ONIRIS

ONIRIS – ECOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE,
AGROALIMENTAIRE ET DE L'ALIMENTATION
Site de la Chantrerie
Route de Gachet
44307 Nantes Cédex 3



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

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

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

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

- Nom et prénom de l'auteur : Vreux Chloé.
- Année de soutenance : 2023.
- Titre de la thèse : Apport de l'imagerie dans l'exploration des affections médiastinales chez le lapin de compagnie (*Oryctolagus cuniculus*).
- Intitulé du diplôme : Thèse de doctorat vétérinaire
- Université de soutenance : Faculté de Médecine de Nantes.
- Ecole de soutenance : Oniris, Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de L'alimentation
- Nombre de pages : 126 p

TABLE DES MATIERES

TABLE DES ILLUSTRATIONS	7
TABLE DES TABLEAUX.....	12
TABLE DES ABREVIATIONS ET DE SIGLES.....	12
INTRODUCTION	13
I. Le médiastin dans l'espèce cunicole	14
A) Définition et organisation du médiastin	14
B) Les organes médiastinaux du lapin	16
II. Les modalités d'imagerie du thorax.....	23
A) Radiographie	23
B) Échographie.....	30
C) Imagerie en coupe.....	34
D) Synthèse des avantages et inconvénients de chaque modalité	40
III. Exploration par imagerie du médiastin normal de lapin	43
A) Exploration par la radiographie.....	43
B) Exploration par échographie.....	52
C) Exploration par l'imagerie en coupe	66
IV. Affections médiastinales du lapin : description et apport de l'imagerie.....	75
A) Déviation du médiastin	75
B) Elargissement du médiastin par une masse.....	76
C) Affections cardiovasculaires.....	95
V. Discussion sur la place de l'imagerie dans la prise en charge des masses médiastinales....	104
A) Orientation étiologique des masses médiastinales et facteurs pronostiques en imagerie : comparaison aux autres espèces.....	104
B) Traitements des tumeurs thymiques du lapin et place de l'imagerie	108
C) Classification des tumeurs par l'imagerie en coupe : l'exemple des tumeurs thymiques	110
CONCLUSION	112
BIBLIOGRAPHIE.....	113

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Vue d'ensemble des organes présents dans le médiastin du lapin, vue latérale gauche ⁶	15
Figure 2 : Anatomie du thymus chez le lapin adulte. (A) Vue latérale gauche. (B) Vue latérale droite. ⁸	17
Figure 3 : Vue dorsale du cœur de lapin. ⁶	18
Figure 4 : Vue latérale gauche des principales artères émergentes de l'aorte. ⁶	19
Figure 5 : Vue crâniale du diaphragme de lapin. ⁶	20
Figure 6 : Planche anatomique du médiastin de lapin, vue latérale gauche. ¹⁴	21
Figure 7 : Vue dorsale du cœur de lapin. ⁶	21
Figure 8 : Nœuds lymphatiques cervicaux et thoraciques du lapin. ¹⁵	22
Figure 9 : Tube générateur de rayons X. Le filament de tungstène de la cathode génère des électrons qui entrent en collision avec l'anode, produisant de la chaleur et des rayons X. (Chloé Vreux)	23
Figure 10 : Densités radiographiques. (Chloé Vreux)	24
Figure 11 : Positionnement du lapin pour une radiographie de face en vue ventro-dorsale (Crédit personnel)	28
Figure 12 : Positionnement du lapin pour une radiographie de profil. (Crédit personnel)	28
Figure 13 : Dispositif supra-glottique utilisable chez le lapin ⁸	29
Figure 14 : Représentation d'une sonde micro-convexe (a), d'une sonde sectorielle (b) et d'une sonde linéaire en « club de golf » (c) ²⁷	31
Figure 15 : Schéma d'une image conique avec une sonde micro-convexe (a), d'une image « en éventail » avec une sonde sectorielle (b), et d'une image rectangulaire avec une sonde linéaire (c). ²⁵	32
Figure 16 : Le lapin est positionné au-dessus d'un trou dans un cousin d'échographie. L'examen échocardiographique peut alors être effectué par le dessous de l'animal même en décubitus sternal. ¹³	33
Figure 17 : Positionnement du lapin en décubitus sternal sur une table d'échocardiographie. (© Service Imagerie Médicale, ONIRIS)	33
Figure 18 : Représentation schématique de l'appareil scanner. L'anneau contenant le générateur et le récepteur de rayons X présente un mouvement de rotation hélicoïdal alors que la table sur laquelle repose l'animal présente un mouvement longitudinal. (Chloé Vreux)	34
Figure 19 : Notion de coupes tomодensitométriques lors d'un examen scanner. ²⁵	35
Figure 20 : Schéma représentant les caractéristiques d'une fenêtre : sur cet exemple les tissus de densité supérieures à 200 UH apparaîtront blancs et les tissus de densité inférieure à 100 UH apparaîtront noirs. (Chloé Vreux)	36
Figure 21 : Echelle Hounsfield avec trois exemples de fenêtres de coupe tomодensitométrique thoracique chez le lapin. (Chloé Vreux, d'après des images scanner du © Service Imagerie Médicale, ONIRIS et d'après les normes d'Unité Hounsfield 30)	37
Figure 22 : Dispositif « VetMouseTrap® » avec ouvertures pour l'accès au cathéter et l'administration d'oxygène. ³⁴ ...	39
Figure 23 : Dispositif de contention en plexiglas « VetMouseTrap® » permettant d'effectuer un examen scanner vigile chez le lapin. ³⁵	40
Figure 24 : Radiographie normale du thorax de lapin, projection latérale. (©Service Imagerie Médicale, ONIRIS)	43
Figure 25 : Radiographie normale du thorax de lapin, projection ventro-dorsale. (©Service Imagerie Médicale, ONIRIS)	44
Figure 26 : Compartimentation radiographique du médiastin en 3 parties selon l'axe cranio-caudal, chacune subdivisée en une partie dorsale et ventrale en prenant pour repère le cœur et la bifurcation trachéale. (©Service Imagerie Médicale, ONIRIS)	45

<i>Figure 27 : Replis médiastinaux antérieurs (flèches vertes) et postérieurs (flèches bleues) visibles en radiographie latérale (A) et ventro-dorsale (B, C) de thorax de lapin. (©Service Imagerie Médicale, ONIRIS)</i>	46
<i>Figure 28 : Bords médiastinaux dorsaux (flèches orange) visibles en radiographie ventro-dorsale de thorax de lapin. (©Service Imagerie Médicale, ONIRIS)</i>	46
<i>Figure 29 : Radiographie normale de thorax de lapin. La densité médiastinale crâniale augmentée par le thymus ne permet pas de distinguer les contours crâniens du cœur chez la majorité des lapins. (© Service Imagerie Médicale, ONIRIS)</i>	47
<i>Figure 30 : Radiographie normale du thorax de lapin, projection ventro-dorsale. (© Service Imagerie Médicale, ONIRIS)</i>	47
<i>Figure 31 : Minéralisation des anneaux cartilagineux sur une radiographie thoracique de profil. (© Service Imagerie Médicale, ONIRIS)</i>	48
<i>Figure 32 : Important tissu adipeux occupant le médiastin cranial et entourant le péricarde du lapin ce qui rend les contours de cœur flous en radiographie. ⁴¹</i>	49
<i>Figure 33 : Méthode de Buchanan, report de la longueur et de la largeur du cœur à partir de la 4ème vertèbre thoracique. (Chloé Vreux)</i>	50
<i>Figure 34 : Radiographies thoraciques de lapin et aires de projection des cavités cardiaques et des vaisseaux visibles en projection latérale droite (A), et en projection ventro-dorsale (D). ¹⁷</i>	51
<i>Figure 35 : Coupe grand axe quatre cavités, abord parasternal droit. A : Placement de la sonde sur la paroi thoracique droite caudalement au coude où le choc précordial est palpable ; B : Structures cardiaques visibles sur cette coupe. ¹⁷</i>	53
<i>Figure 36 : Coupe grand axe cinq cavités. A : Placement de la sonde en abord parasternal droit en orientant le repère dans le sens horaire. B : Structures visibles sur cette coupe. ¹⁷</i>	54
<i>Figure 37 : Coupe petit axe transventriculaire. A : Le repère de la sonde est pointé vers l'olécrane ¹⁷, et est maintenant incliné à 90° par rapport à la position initiale. B : Structures visibles sur cette coupe. ¹⁷</i>	55
<i>Figure 38 : Tir TM sur une coupe parasternale droite transventriculaire. (© Service Imagerie Médicale, ONIRIS)</i>	55
<i>Figure 39 : Coupe parasternale droite petit axe transmitrale. A : La sonde est déplacée crânialement selon l'axe longitudinal du cœur. B : Structures présentes sur cette coupe. ¹⁷</i>	58
<i>Figure 40 : Tir TM en coupe parasternale droite petit axe transmitrale (cœur sain). (© Service Imagerie Médicale, ONIRIS)</i>	58
<i>Figure 41 : Mode TM de la valve mitrale chez un lapin. ¹⁷</i>	59
<i>Figure 42 : Coupe parasternale droite, petit axe transaortique. A : La sonde est avancée encore plus crânialement selon l'axe longitudinal du cœur. B : Structures visibles sur cette coupe.</i>	59
<i>Figure 43 : Réalisation du rapport AG/Ao (indice témoin de la dilatation de l'oreillette gauche), chez un lapin. (© Service Imagerie Médicale, ONIRIS)</i>	60
<i>Figure 44 : Calcul du rapport TP/Ao chez un lapin sain. (© Service Imagerie Médicale, ONIRIS)</i>	60
<i>Figure 45 : Coupe apicale gauche, grand axe quatre cavités. A : Placement de la sonde juste latéralement au sternum au niveau de l'apex cardiaque ¹⁷. B : Structures visibles sur cette coupe. ⁴⁰</i>	61
<i>Figure 46 : Tir TM en coupe apicale gauche, grand axe, quatre cavités. (© Service Imagerie Médicale, ONIRIS)</i>	62
<i>Figure 47 : Coupe apicale gauche grand axe cinq cavités. A : Déplacement de la sonde crânialement selon l'axe longitudinal du cœur. B : Structures visibles sur cette coupe. ⁴⁰</i>	63
<i>Figure 48 : Tir Doppler aortique. Le flux représenté en bleu est un flux rétrograde qui s'éloigne de la sonde à ultrasons, à l'inverse d'un flux rouge antérograde qui s'approche de la sonde. Le flux aortique est ici systolique, rétrograde, laminaire, asymétrique et monophasique, avec une vitesse maximale de 0.75m.s⁻¹. (© Service Imagerie Médicale, ONIRIS.)</i>	63
<i>Figure 49 : Echographie du médiastin cranial d'un lapin sain. (A) : bord gauche. (B), (C), (D), (E), (F) : Abord droit. Il est possible de suivre les grands vaisseaux médiastinaux afin de rester dans le médiastin. (Images réalisées pour la thèse, © Service Imagerie Médicale, ONIRIS)</i>	65

<i>Figure 50 : Les trois coupes principales du thorax en imagerie en coupe.</i> (Chloé Vreux, d'après des images scanner du © Service Imagerie Médicale, ONIRIS)	66
<i>Figure 51 : Coupe transversale de scanner sur un thorax de lapin au niveau du cœur.</i> (©Service Imagerie Médicale, ONIRIS)	67
<i>Figure 52 : Coupe dorsale de scanner sur un thorax de lapin au niveau du cœur.</i> (©Service Imagerie Médicale, ONIRIS)	67
<i>Figure 53 : Image scanner de thorax en coupe sagittale sur un lapin. L'angle entre l'axe de la trachée et celui du rachis est faible chez le lapin.</i> ⁹	68
<i>Figure 54 : Coupe sagittale de scanner sur un thorax de lapin illustrant la trajectoire presque parallèle au rachis de la trachée.</i> (©Service Imagerie Médicale, ONIRIS)	68
<i>Figure 55 : Image scanner de thorax de lapin en coupe dorsale droite.</i> ⁹	69
<i>Figure 56 : Image scanner de thorax de lapin en coupe dorsale droite, illustrant les lobes droit et gauche du thymus.</i> ⁹	69
<i>Figure 57 : Image scanner de thorax de lapin en coupe sagittale droite.</i> ⁹	70
<i>Figure 58 : Image scanner de thorax de lapin en coupe sagittale droite.</i> ⁹	70
<i>Figure 59 : Image scanner de thorax de lapin en coupe transversale.</i> ⁹	71
<i>Figure 60 : Coupe tomодensitométrique transversale de thorax de lapin au niveau de la 2^{ème} vertèbre thoracique.</i> (©Service Imagerie Médicale, ONIRIS)	72
<i>Figure 61 : Coupe tomодensitométrique transversale de thorax de lapin au niveau de la 3^{ème} vertèbre thoracique.</i> (©Service Imagerie Médicale, ONIRIS)	72
<i>Figure 62 : Coupe tomодensitométrique transversale de thorax de lapin au niveau de la 4^{ème} vertèbre thoracique.</i> (©Service Imagerie Médicale, ONIRIS)	73
<i>Figure 63 : Coupe tomодensitométrique transversale de thorax de lapin au niveau de la 5^{ème} vertèbre thoracique.</i> (©Service Imagerie Médicale, ONIRIS)	73
<i>Figure 64 : Coupe tomодensitométrique transversale de thorax de lapin au niveau de la 6^{ème} vertèbre thoracique.</i> (©Service Imagerie Médicale, ONIRIS)	74
<i>Figure 65 : Coupe tomодensitométrique transversale de thorax de lapin au niveau de la 7^{ème} vertèbre thoracique.</i> (©Service Imagerie Médicale, ONIRIS)	74
<i>Figure 66 : Shift médiastinal à gauche à la suite d'un hématome ou d'un abcès pulmonaire, effet silhouette positif du médiastin crânial avec la silhouette cardiaque et le lobe moyen droit qui présente une opacification alvéolaire.</i> (© Service Imagerie Médicale, ONIRIS)	75
<i>Figure 67 : Shift médiastinal avec déplacement du cœur crânialement et à gauche par une masse pulmonaire. On peut noter l'effet silhouette positif caudalement et à droite.</i> (© Service Imagerie Médicale, ONIRIS)	76
<i>Figure 68 : Radiographie latérale d'un thorax de lapin montrant une silhouette cardiaque augmentée, un déplacement caudal et dorsal du cœur et des poumons, avec un déplacement dorsal et une compression de la trachée. A l'histologie la masse identifiée était un thymome.</i> ²³	77
<i>Figure 69 : Radiographie de lapin atteint d'un carcinome thymique, vue latérale (A) et ventro-dorsale (B). Une large masse crâniale au cœur de densité tissulaire rend les contours crâniens du cœur non visualisables et repousse la trachée dorsalement.</i> ³⁸	77
<i>Figure 70 : Lymphome thymique sur un lapin. Une masse dans le médiastin crânial masque les contours cardiaques et dévie dorsalement la trachée. On note une disparition des contours du diaphragme causée par un épanchement pleural</i> ⁵¹	78
<i>Figure 71 : Hernie diaphragmatique visible sur des radiographies thoraciques chez un lapin avec passage du rein droit (têtes de flèche) et de graisse rétropéritonéale (asterisque). Shift médiastinal à gauche et perte de visualisation des contours diaphragmatiques.</i> ⁵²	78

<i>Figure 72 : Echographie du médiastin crânial d'un lapin en vue sagittale révélant une masse hypoéchogène (T : thymome), aux contours irréguliers et déplaçant le cœur (H) caudalement.</i> ³⁷	79
<i>Figure 73 : Echographie du médiastin crânial d'un lapin révélant une lésion hypoéchogène à anéchogène d'une masse (T : thymome) partiellement kystique avec un contenu liquidien. (H : cœur).</i> ⁴	80
<i>Figure 74 : Echographie d'un lapin atteint d'une hernie diaphragmatique. On visualise un lobe du foie (L) juste caudal au cœur (H), l'estomac (S) rempli de liquide est visible également juste caudal au cœur, dorsalement.</i> ⁴	80
<i>Figure 75 : Image scanner en coupe transversale d'un lapin atteint d'un thymome (A). La distinction de la masse (ici un thymome) est nettement plus évidente sur la même coupe après l'injection de produit de contraste (B).</i> ³¹	81
<i>Figure 76 : Coupe transversale en imagerie scanner en fenêtre tissus mous après injection de produit de contraste chez un lapin atteint d'un thymome occupant approximativement la moitié du thorax (T : tumeur, H : cœur). Le cœur est dévié à gauche.</i> ³⁶	82
<i>Figure 77 : Images scanner d'un lapin atteint de thymome. La trachée est collabée en portion crâniale par la masse volumineuse s'étendant à droite du cœur et d'aspect hétérogène. (T : tumeur, H : cœur).</i> (© Service Imagerie Médicale, ONIRIS) ...	82
<i>Figure 78 : Coupe dorsale en scanner d'un lapin atteint de thymome. Le cœur est déplacé caudalement par une masse tissulaire homogène.</i> ⁸	83
<i>Figure 79 : Image scanner transversale de thorax de chien présentant un abcès médiastinal.</i> ²⁹	83
<i>Figure 80 : Coupe dorsale en imagerie scanner d'un lapin atteint d'un thymome. Le cœur est repoussé à gauche par une masse de composition kystique avec une composition liquide multiloculaire.</i> ⁸	84
<i>Figure 81 : Coupe d'IRM sur un lapin atteint d'un thymome. (A) et (B) coupes dorsales. (C) coupe sagittale. Le cœur (H) est déplacé à gauche par une énorme masse médiastinale correspondant à un thymome (T) qui s'étend jusqu'aux tissus cervicaux. (S : estomac, L : poumon comprimé, F : graisse, M : muscles)</i> ⁴	85
<i>Figure 82 : Exophtalmie bilatérale, associée à une procidence bilatérale de la troisième paupière chez un lapin atteint de carcinome thymique.</i> ³⁸	88
<i>Figure 83 : Radiographies du thorax d'un lapin atteint d'un lipome médiastinal. Une masse (L : lipome) dans le médiastin caudal repousse crânio-latéralement le cœur (H) sur les vues de face (A) et de profil (B).</i> ³⁶	89
<i>Figure 84 : Nœud lymphatique médiastinal touché par un sarcome histiocytaire. Le nœud lymphatique (flèche blanche) est élargi par l'infiltration tumorale.</i> ⁷⁵	89
<i>Figure 85 : Radiographie thoracique d'un lapin atteint d'un adénocarcinome trachéal. Une masse d'opacité tissulaire (flèches noires) obstruant la lumière trachéale en portion thoracique est visible entre la 1^{ère} et la 2^{ème} paire de côtes.</i> ⁷⁶	90
<i>Figure 86 : Radiographies thoraciques d'un lapin atteint de cardiomégalie. (A) vue latérale et (B) vue ventro-dorsale. La trachée présente une déviation dorsale dans sa partie thoracique. On observe une cardiomégalie avec augmentation du contact cœur-sternum, une dimension supérieure aux 2/3 du thorax en vue de face et de profil (flèche verte). On peut également noter un élargissement du médiastin crânial.</i> (© Service Imagerie Médicale, ONIRIS)	96
<i>Figure 87: Radiographies thoraciques de lapin atteint de cardiomégalie. (A) vue latérale et (B) vue dorso-ventrale. On observe une largeur du cœur supérieure aux 2/3 du thorax en vue de face et une augmentation du contact cœur-sternum.</i> (© Service Imagerie Médicale, ONIRIS)	97
<i>Figure 88 : Radiographie thoracique en vue de profil d'un lapin atteint d'épanchement péricardique.</i> ¹⁷	97
<i>Figure 89 : Echocardiographie en mode BD d'un épanchement péricardique chez un lapin. Coupe petit axe transventriculaire parasternale droite.</i> ¹⁷	98
<i>Figure 90 : Cardiomégalie généralisée sévère avec insuffisance cardiaque congestive chez un lapin. (A) Vue latérale droite, cardiomégalie, trachée déviée dorsalement, opacification broncho-interstitielle dans les lobes pulmonaires dorso-caudaux, compatible avec un œdème pulmonaire. Le signe de la silhouette cardiaque positif ventralement indique un</i>	

<i>léger épanchement pleural. (B) Vue ventrodorsale : ectasie de l'auricule gauche (têtes de flèches noires) et de l'oreillette droite (tête de flèche blanche). Epanchement pleural (flèches noires).</i> ¹¹	99
<i>Figure 91 : Mode Doppler et bidimensionnel d'un lapin atteint d'insuffisance mitrale</i> ¹⁷ . (A) : Mode Doppler appliqué à la coupe parasternale gauche grand axe 4 cavités. Le reflux mitral systolique R apparait en bleu (rétrograde). (B) : Inversion des ondes E et A. Le reflux turbulent R est visualisé en systole avec une vitesse négative. (C) : Mode TM d'un flux mitral normal. ¹⁷	100
<i>Figure 92 : Echocardiographie en mode BD en vue parasternale droite transventriculaire. (A) : Dilatation sévère du ventricule gauche et droit, ainsi qu'un épanchement péricardique. On peut noter l'amincissement des parois ventriculaires gauches et un défaut de contraction en systole. (B) : Image d'un cœur sain de lapin.</i> ¹⁷	101
<i>Figure 93 : Echocardiographie en mode TM d'un lapin atteint de CMD en vue parasternale droite petit axe transmitrale. Distance E-S augmentée révélant une dilatation ventriculaire gauche. Fusion des ondes E et A causée par la fréquence cardiaque élevée.</i> ¹⁷	101
<i>Figure 94 : (A) Aspect échographique typique d'un thymome de chien, la masse est hétérogène avec des kystes liquidiens (flèche). (B) Lymphome médiastinal de chien, le nœud lymphatique touché est d'échogénicité homogène.</i> ⁸⁷	106
<i>Figure 95 : Thymome (astérisque) de taille importante chez un chien associé à une invasion tumorale vasculaire (flèche).</i> ⁸⁵	107
<i>Figure 96 : Coupe transverse tomодensitométrique d'un médiastin de lapin atteint d'un thymome. (A) : Avant le traitement de radiothérapie. (B) : Après un traitement radiothérapie avec 24.5 Gy. La réduction de taille de la tumeur est représentée par la ligne blanche.</i> ⁷⁰	109
<i>Figure 97 : Coupe transverse tomодensitométrique d'un médiastin de lapin atteint d'un thymome. L'extension de la tumeur est visible en rouge, les poumons en bleu et le cœur en vert. (A) : Avant le traitement de radiothérapie. (B) : À la suite du traitement par radiothérapie de 14.4Gy, l'extension de la tumeur est nettement diminuée et la capacité pulmonaire est augmentée.</i> ³³	109
<i>Figure 98 : Schématisation des stades d'invasions selon la classification de Masaoka des thymomes et carcinomes thymiques.</i> ⁹⁴	111

TABLE DES TABLEAUX

<i>Tableau I : Protocole scanner du thorax simplifié appliqué aux lapins, d'après Drees R³¹</i>	37
<i>Tableau II : Structures du médiastin discernables en radiographie thoracique selon le compartiment médiastinal.²¹</i>	45
<i>Tableau III : Moyennes d'équivalent vertébral de la mesure L+S selon deux études sur des radiographies thoraciques latérales droites.</i>	50
<i>Tableau IV : Mesures principales en échographie BD et TM effectuées sur des lapins vigiles à partir de coupe parasternale droite, petit axe et grand axe, d'après deux études.</i>	57
<i>Tableau V : Mesures Doppler en mode pulsé des vitesses des flux cardiaques, chez le lapin de compagnie d'après plusieurs études¹⁷</i>	62
<i>Tableau VI : Résumé des principales données épidémiologiques et pronostiques des tumeurs thymiques chez le lapin.</i>	87
<i>Tableau VII : Diagnostic différentiel des masses médiastinales décrites chez le lapin et description en radiographie selon les critères connus chez le lapin, ou extrapolable à partir des données chez les carnivores domestiques.</i>	92
<i>Tableau VIII : Diagnostic différentiel des masses médiastinales décrites chez le lapin et description en échographie selon les critères connus chez le lapin ou extrapolable à partir des données chez les carnivores domestiques.²⁶</i>	93
<i>Tableau IX : Diagnostic différentiel des masses médiastinales décrites chez le lapin et description en imagerie scanner selon les critères connus chez le lapin ou extrapolable à partir des données chez les carnivores domestiques:</i>	94
<i>Tableau X : Critères spécifiques de certaines masses observables en échographie, radiographie et scanner chez le chien, le chat et l'homme selon leur nature histologique.</i>	105
<i>Tableau XI: Classification selon Masaoka-Koga des cellules thymiques épithéliales.⁸⁹</i>	110

TABLE DES ABREVIATIONS ET DE SIGLES

<i>BD : Mode échographique Bi-Dimensionnel</i>
<i>CMD : cardiomyopathie dilatée</i>
<i>CMH : cardiomyopathie hypertrophique</i>
<i>DIVD : diamètre intraventriculaire du ventricule droit</i>
<i>DIVG : diamètre intraventriculaire du ventricule gauche</i>
<i>FR : fréquence de raccourcissement</i>
<i>ICC : insuffisance cardiaque congestive</i>
<i>IRM : Imagerie par résonance magnétique nucléaire</i>
<i>PP_{VG} : paroi postérieure du ventricule gauche</i>
<i>SIV : septum interventriculaire</i>
<i>TM : Mode échographique Temps-Mouvement</i>
<i>UH : Unité Hounsfield</i>
<i>VAomax : vitesse maximale du flux aortique</i>
<i>Vpmax : vitesse maximale du flux pulmonaire</i>

INTRODUCTION

Le lapin de compagnie est un mammifère domestique appartenant à l'espèce *Oryctolagus cuniculus*. Il existe aujourd'hui plus d'une centaine de races différentes.

Dans la classification des espèces animales, le lapin de compagnie appartient à la classe des Mammifères et au super-ordre des Glires qui regroupe les lagomorphes et les rongeurs. Les lagomorphes, dont fait partie le lapin, se différencient des rongeurs par leur deux paires d'incisives. Le lapin fait également partie de la même famille que les lièvres : la famille des léporidés.

Enfin, le genre *Oryctolagus* (« *Oryct* » signifiant « fouisseur » en grec) comprend les lapins de garenne et les lapins domestiques, regroupés en une seule espèce du nom d'*Oryctolagus cuniculus* (*cuniculus* signifiant « qui vit dans des terriers »).¹

Historiquement, le lapin domestique a été élevé pour sa viande, sa fourrure, mais il a surtout été utilisé comme modèle expérimental en laboratoire depuis le XIX^e siècle. De nos jours, la popularité du lapin en tant qu'animal de compagnie est croissante. Il est depuis plusieurs années considéré comme un animal domestique à part entière en France.

La médicalisation de l'espèce cunicole est de plus en plus importante tandis que les connaissances sur la physiopathologie du lapin évoluent et s'affinent. En parallèle, les examens d'imagerie médicale, en particulier l'échographie et la radiographie, sont aujourd'hui largement utilisés dans cette espèce. De plus, la tomodensitométrie et l'imagerie par résonance magnétique nucléaire présentent une disponibilité grandissante ces dernières années en médecine vétérinaire.

Si les lapins sont connus principalement pour leurs particularités pathologiques digestives ou dentaires, l'exploration des affections médiastinales, bien moins fréquentes, peut présenter une difficulté au vu de leur complexité diagnostique. De plus, le médiastin du lapin possède une particularité à prendre en compte : celui-ci contient un thymus persistant à l'âge adulte, qui peut donc être le siège de multiples affections chez le lapin.

L'objectif de ce travail bibliographique est de permettre au praticien d'appréhender au mieux la place primordiale de l'imagerie dans la démarche diagnostique des affections médiastinales dans cette espèce particulière. Ainsi, cette thèse a pour but d'aider le praticien dans le choix des examens d'imagerie les plus pertinents à effectuer, mais aussi dans l'interprétation de ces examens en cas de suspicion d'atteinte médiastinale.

Dans une première partie, il s'agira d'appréhender les spécificités du médiastin du lapin. Dans un second temps, il conviendra de s'intéresser aux modalités d'imagerie du thorax chez le lapin et à l'aspect du médiastin en imagerie chez un lapin sain, avant de passer en revue les principales affections médiastinales en se focalisant sur l'apport des examens d'imagerie dans l'approche de ces affections.

I. Le médiastin dans l'espèce cunicole

A) Définition et organisation du médiastin

1) Définition

Le médiastin est l'espace situé dans le plan médian, compris entre la plèvre droite et la plèvre gauche. Il est cloisonné crânialement par l'entrée du thorax et caudalement par la partie centrale du diaphragme. Enfin, il est encadré dorsalement par les vertèbres thoraciques, et ventralement par le sternum.²

Dans l'espèce cunicole, la particularité du thorax est d'être relativement court crânio-caudalement et étroit latéralement, en comparaison avec la cavité abdominale³. Cela a pour conséquence un volume pulmonaire faible, qui peut facilement être comprimé par certaines affections médiastinales, et par cette occasion provoquer des troubles respiratoires comme principaux signes cliniques.⁴

2) Organisation du médiastin

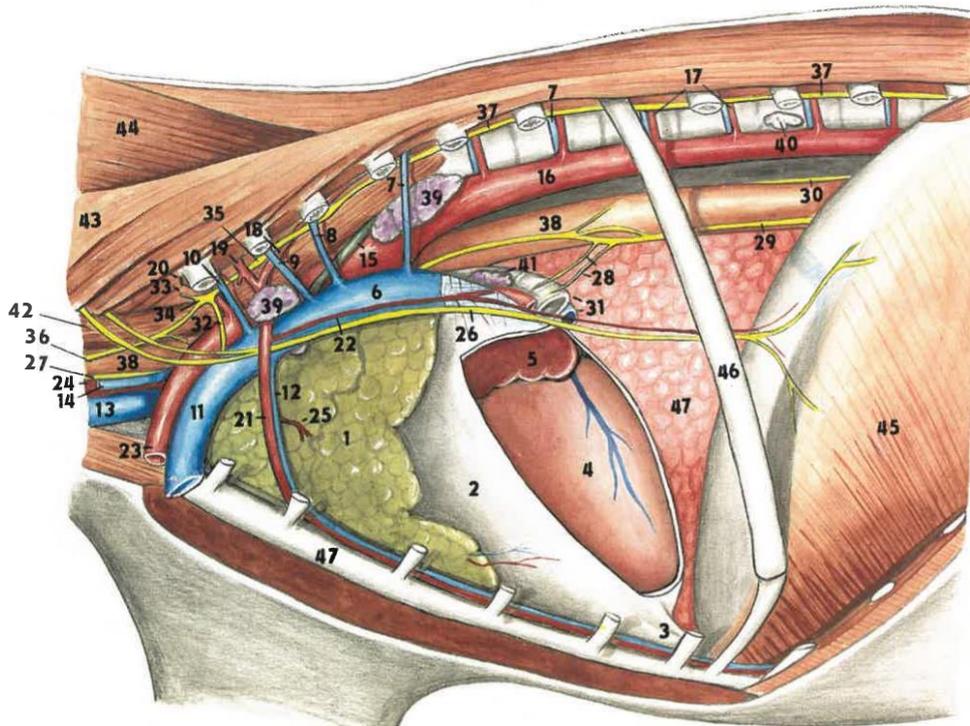
Le médiastin contient les organes du thorax à l'exception des poumons. Cela inclut donc le cœur, de nombreux vaisseaux, le thymus, le système lymphatique loco-régional et enfin certains nerfs, notamment le nerf vague, les nerfs phréniques et le tronc sympathique.⁵

La Figure 1 permet de visualiser les rapports entre ces différents organes.

Le médiastin est classiquement et artificiellement subdivisé en trois parties, définies par rapport à la position du cœur. La partie crâniale au cœur, avec le thymus (Figure 1, légende 1), les vaisseaux crâniens (veines caves crâniennes, aorte ascendante, ...), l'œsophage et la trachée.

La partie moyenne, au niveau du cœur, contient notamment le cœur et la bifurcation trachéo-bronchique.

Enfin la partie caudale au cœur contient notamment l'aorte descendante (Figure 1, légende 16), la partie distale de l'œsophage (Figure 1, légende 38) ou encore la veine cave caudale.



1 : lobe thoracique gauche du thymus
 2 : péricarde
 3 : ligament phrénico-péricardiaque
 4 : cœur (ventricule gauche)
 5 : oreillette gauche (auricule gauche)
 6 : veine cave craniale gauche
 9 : veine cervicale profonde gauche
 11 : veine subclavière gauche
 12 : veine thoracique interne gauche
 13 : veine jugulaire externe gauche

15 : conduit thoracique
 16 : aorte thoracique
 19 : artère cervicale profonde gauche
 21 : artère thoracique interne gauche
 22 : artère phrénico-péricardiaque gauche
 23 : artère subclavière gauche
 24 : artère carotide commune gauche
 25 : rameaux thymiques
 26 : nerf phrénique gauche
 27 : nerf vague gauche

29 : tronc vagal ventral
 30 : tronc vagal dorsal
 38 : œsophage
 39,40 : lymphocentre thoracique dorsal
 39 : nœuds lymphatiques thoraco-aortiques crâniens
 40 : nœuds lymphatiques thoraco-aortiques caudaux
 41 : nœud lymphatique trachéo-bronchique droit
 47 : poumon droit, sternum

Figure 1 : Vue d'ensemble des organes présents dans le médiastin du lapin, vue latérale gauche⁶

B) Les organes médiastinaux du lapin

1) Le thymus

Le thymus est un organe du système immunitaire, responsable de la production de lymphocytes T. Il sécrète des facteurs et hormones (notamment la thymuline, la thymopoïétine et la thymosine) qui permettent la maturation des lymphocytes T, mais aussi leur prolifération et leur action au niveau des tissus périphériques.⁷

Le thymus est un organe de forme pyramidale ou en “voile de bateau”, qui atteint son poids maximal chez les lapins de 4 à 5 mois, puis qui décroît progressivement même s’il persiste à l’âge adulte.⁸ Chez certains lapins, il peut aller jusqu’à occuper pratiquement tout l’espace de l’entrée du thorax⁷.

Le thymus est en relation avec le cœur, la trachée, les veines caves crânielles, la crosse aortique, l’artère et la veine subclavière gauche, ainsi qu’avec les nœuds lymphatiques sternaux crâniels.⁷ Crâniellement, les lobes thymiques s’étendent jusqu’à l’entrée du thorax.

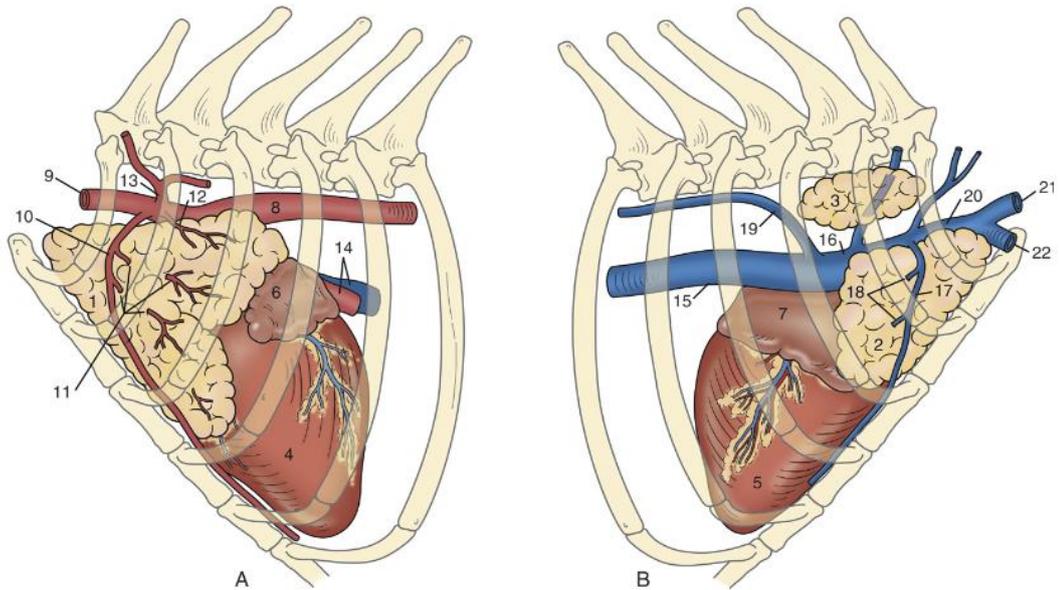
Le thymus du lapin contient deux lobes droits et un lobe gauche. Les lapins possédant deux veines caves crânielles, celles-ci peuvent servir de repère afin de distinguer les trois lobes.

Le lobe ventral droit (Figure 2, légende 2) est ventral à la veine cave crâniale droite. Le lobe dorsal droit, quant à lui, est dorsal à la veine cave crâniale droite (Figure 2, légende 16).

Enfin, le lobe thoracique gauche (1 sur la Figure 2) est ventral à la veine cave crâniale gauche⁸ et s’étend sur tout le côté gauche.

Les deux lobes thymiques droits présentent une petite taille par comparaison à celle du lobe gauche, comme on peut le voir sur la Figure 2. De plus, ce lobe gauche (Figure 2.A) couvre une surface du cœur plus importante caudalement et ventralement contrairement au lobe droit, qui lui, couvre une partie plus dorsale du cœur (Figure 2).⁹

Contrairement aux carnivores domestiques, le thymus persiste chez le lapin adulte. En outre, le développement d’une hypertrophie bénigne comme maligne de cet organe n’est pas rare. Les thymomes, lymphomes thymiques et carcinomes thymiques devront être distingués d’une simple hypertrophie bénigne chez le lapin.



- | | | |
|---------------------------------|---|--------------------------------------|
| 1 : lobe thymique gauche | 8 : aorte thoracique | 15 : veine cave caudale |
| 2 : lobe thymique droit ventral | 9 : artère subclavière gauche | 16 : veine cave craniale droite |
| 3 : lobe thymique droit dorsal | 10 : artère thoracique interne gauche | 17 : veine thoracique interne droite |
| 4 : ventricule gauche | 11 : rameaux thymiques | 18 : veines thymiques |
| 5 : ventricule droit | 12 : rameaux thymiques de l'artère subclavière gauche | 19 : veine azygos |
| 6 : auricule gauche | 13 : tronc costo-cervical | 20 : veine subclavière gauche |
| 7 : auricule droit | 14 : artère pulmonaire gauche | 21 : veine externe jugulaire droite |
| | | 22 : veine axillaire droite |

Figure 2 : Anatomie du thymus chez le lapin adulte. (A) Vue latérale gauche. (B) Vue latérale droite.⁸

2) La trachée et l'œsophage

L'œsophage traverse le thorax en position médiane dès le médiastin crânial (Figure 1, légende 38). Il longe ensuite dorsalement la trachée pour se poursuivre jusqu'au diaphragme en rejoignant le hiatus œsophagien.¹⁰

La trachée, quant à elle, parcourt le médiastin crânial jusqu'au bord dorsal du cœur, avant de se diviser en deux bronches souches (droite et gauche) au niveau du médiastin moyen.¹⁰

3) Le système cardio-vasculaire du lapin

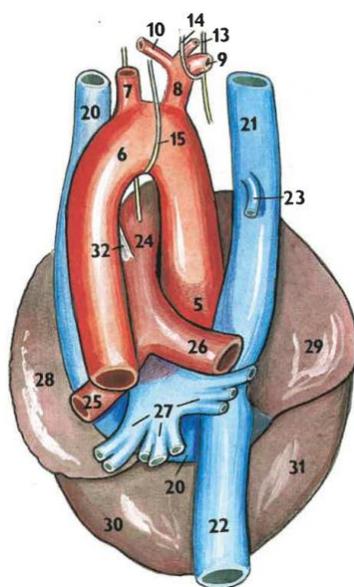
L'axe cardiaque du lapin est légèrement orienté dans le sens crânio-dorsal à caudo-ventral.⁹

Même si l'anatomie cardiaque du lapin est similaire à celle des carnivores domestiques, il existe certaines particularités importantes.

Tout d'abord, les auricules droites et gauches sont relativement larges par rapport à la taille des atriums. Ensuite, la valve atrio-ventriculaire droite possède seulement deux cupules à la place de trois.¹¹ Enfin le myocarde possède peu de vascularisation collatérale, le prédisposant aux accidents ischémiques. Cette dernière particularité a fait du lapin un modèle d'étude dans les maladies cardiaques ischémiques chez l'homme.¹²

Tout comme les carnivores domestiques, le lapin est susceptible de souffrir d'affections valvulaires, de cardiomyopathies (dilatées, hypertrophiques et restrictive), d'insuffisance cardiaque congestive, ou plus rarement d'arythmies.^{11,13}

Concernant le système vasculaire, le lapin possède une particularité majeure. En effet, la veine cave crâniale gauche persiste après la naissance. Ce vaisseau persistant a pour but de drainer le sinus coronaire.¹¹ Les lagomorphes possèdent donc une veine cave crâniale gauche et une droite (Figure 3, légende 20 et 21) qui naissent chacune des veines jugulaires et subclavière pour rejoindre l'atrium droit.¹⁰ La veine cave caudale, quant à elle, présente un trajet presque horizontal du diaphragme jusqu'à l'atrium droit.



- 5 : bulbe aortique
- 6 : arc aortique
- 7 : artère subclavière gauche
- 8 : tronc brachio-céphalique
- 9 : artère subclavière droite
- 20 : veine cave craniale gauche
- 21 : veine cave craniale droite
- 22 : veine cave caudale
- 23 : veine azygos
- 24 : tronc pulmonaire
- 25 : artère pulmonaire gauche
- 26 : artère pulmonaire droite
- 27 : veines pulmonaires
- 28 : oreillette gauche
- 29 : oreillette droite
- 30 : ventricule gauche
- 31 : ventricule droit
- 32 : ligament artériel

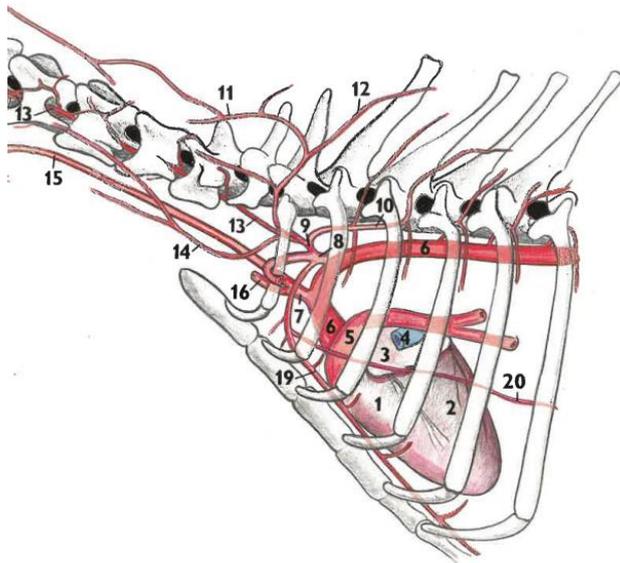
Figure 3 : Vue dorsale du cœur de lapin.⁶

La Figure 4 illustre les principales artères du médiastin crânial. Tout d'abord, sur cette figure est visible en légende 6 et partant de la chambre de chasse du ventricule gauche, l'**aorte ascendante** qui se poursuit crânialement, avant de décrire une courbe (l'arc aortique) repartant caudalement avant de se poursuivre le long des surfaces ventrales des corps vertébraux thoraciques (aorte descendante)².

Ensuite, de la face convexe de l'arc aortique émerge le **tronc brachio-céphalique** (légende 7), donnant ensuite les artères carotide commune droite (légende 16) et l'artère subclavière droite.

L'artère carotide commune gauche peut naître à gauche de ce tronc brachio-céphalique ou directement à partir de sa base (comme c'est le cas sur la Figure 4, légende 15).

Enfin, l'artère subclavière gauche (légende 8) émerge de l'arc aortique plus caudalement.



- 1 : ventricule droit
- 2 : ventricule gauche
- 3 : atrium gauche
- 4 : veine cave craniale gauche
- 5 : tronc pulmonaire
- 6 : aorte
- 7 : tronc brachio-céphalique
- 8 : artère subclavière gauche
- 9 : tronc costo-cervical
- 10 : artère intercostale supérieure
- 13 : artère vertébrale
- 14 : artère cervicale superficielle
- 15 : artère carotide commune gauche
- 16 : artère carotide commune droite

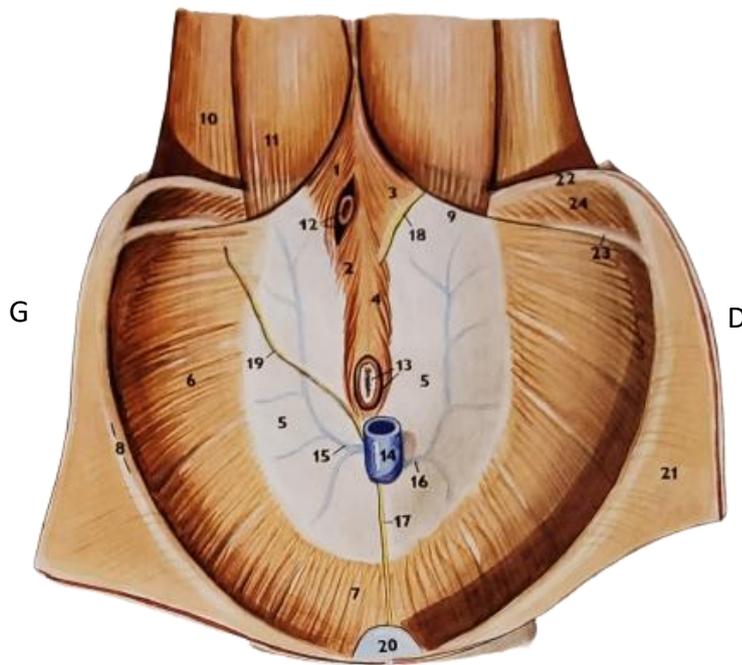
Figure 4 : Vue latérale gauche des principales artères émergentes de l'aorte.⁶

L'aorte descendante, longée par la veine azygos dorsalement et à droite, émet des ramifications donnant les artères intercostales avant de quitter ensuite le médiastin par le hiatus aortique, décrit dans la partie suivante.¹⁰

4) Face médiastinale du diaphragme

La partie centrale du diaphragme représente par sa surface crâniale la cloison postérieure du médiastin. C'est à ce niveau que l'aorte, la veine cave caudale et l'œsophage passent du médiastin à l'abdomen.

L'aorte rejoint le hiatus aortique dorsalement et légèrement à gauche du plan médian (Figure 5, légende 12). L'œsophage s'insère médialement et à mi-hauteur du diaphragme (Figure 5, légende 13). Enfin la veine cave caudale provient de l'abdomen via son foramen ventralement à l'œsophage (Figure 5, légende 14).



- 1 : pilier latéral gauche
- 2 : pilier médial gauche
- 3 : pilier latéral droit
- 4 : pilier médial droit
- 5 : tendon central du diaphragme
- 6 : pars costalis
- 7 : pars sternalis
- 8 : arcade costale
- 9 : arcade costo-lombaire
- 12 : **aorte** et **hiatus aortique**
- 13 : **œsophage** et **hiatus œsophagien**
- 14 : **veine cave caudale** dans le foramen de la veine cave caudale
- 15 : **veine phrénique crâniale gauche**
- 16 : **veine phrénique crâniale droite**
- 17 : **ligament falciforme**
- 18 : **ligament triangulaire droit**
- 19 : **artère thoracique interne**
- 20 : **processus xiphoïde**
- 21 : **paroi abdominale**
- 22 : **12^{ème} côte**
- 23 : **11^{ème} côte**

Figure 5 : Vue crâniale du diaphragme de lapin.⁶

5) Système lymphatiques

Le **conduit thoracique** (Figure 1, légende 15) émerge entre les piliers du diaphragme et se poursuit entre l'aorte thoracique et la veine azygos, avant de dévier vers le médiastin gauche en passant entre l'aorte et l'œsophage.¹⁰

Il longe ensuite la veine cave crâniale gauche pour se jeter à la jonction entre les veines subclavières et jugulaires.

Ce conduit thoracique draine les quatre groupes de nœuds lymphatiques médiastinaux décrits ci-après.¹⁴

Il est important de connaître la localisation des **nœuds lymphatiques** médiastinaux afin d'être capable de les repérer en cas d'hypertrophie, qui peut être d'origine réactionnelle, inflammatoire, infectieuse ou tumorale, mais aussi pour ne pas les confondre avec une masse médiastinale d'une autre origine.

Dans l'axe crânio-caudal, on retrouve quatre localisations de nœuds lymphatiques :

- Les nœuds lymphatiques **sternaux crâniens** visibles sur la Figure 6.
- Les nœuds lymphatiques **médiastinaux crâniens**, dorsalement au cœur comme représentés sur la Figure 8.

- Les nœuds lymphatiques **trachéobronchiques** (un droit et un gauche) de part et d'autre de la trachée, juste en amont de la bifurcation trachéo-bronchique visibles sur les Figures 6 et 7.
- Les nœuds lymphatiques **thoraco-aortiques** crâniens et caudaux, le long respectivement de l'aorte ascendante et de l'aorte descendante, visibles sur les Figures 6, 7 et 8.

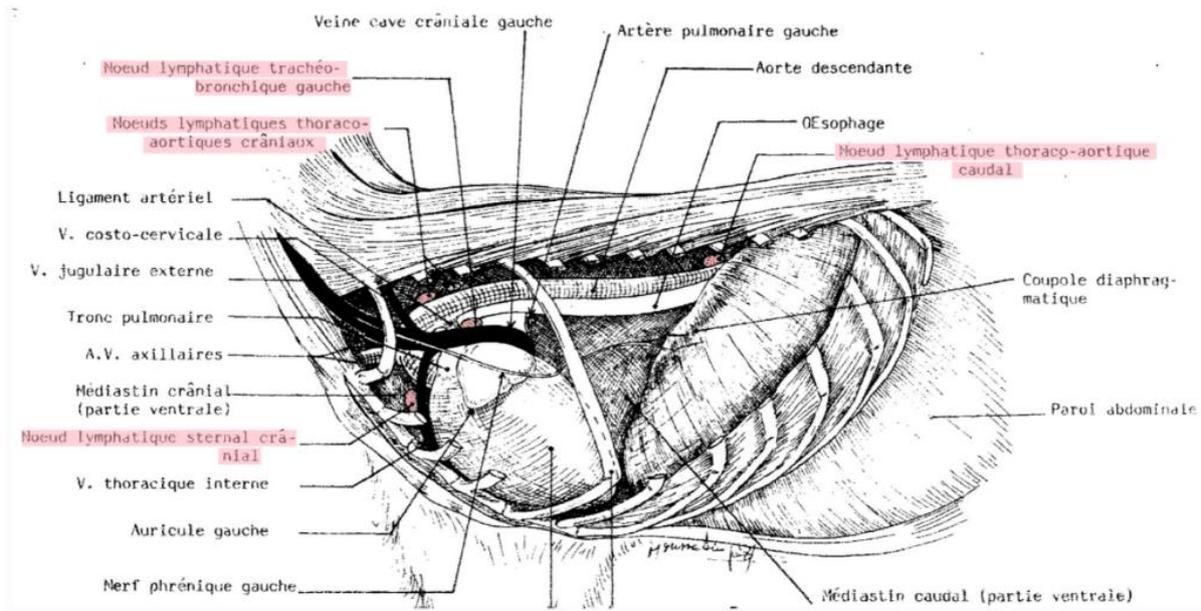
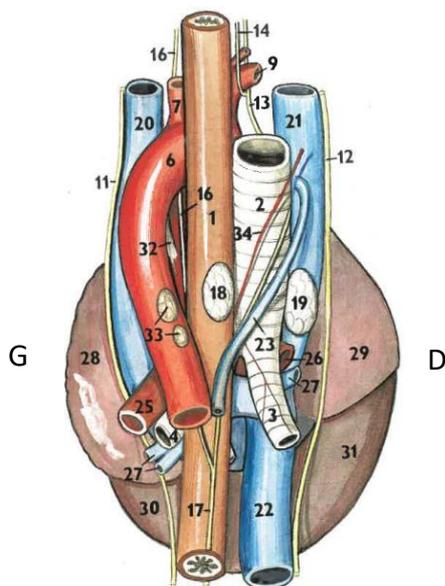


Figure 6 : Planche anatomique du médiastin de lapin, vue latérale gauche.¹⁴

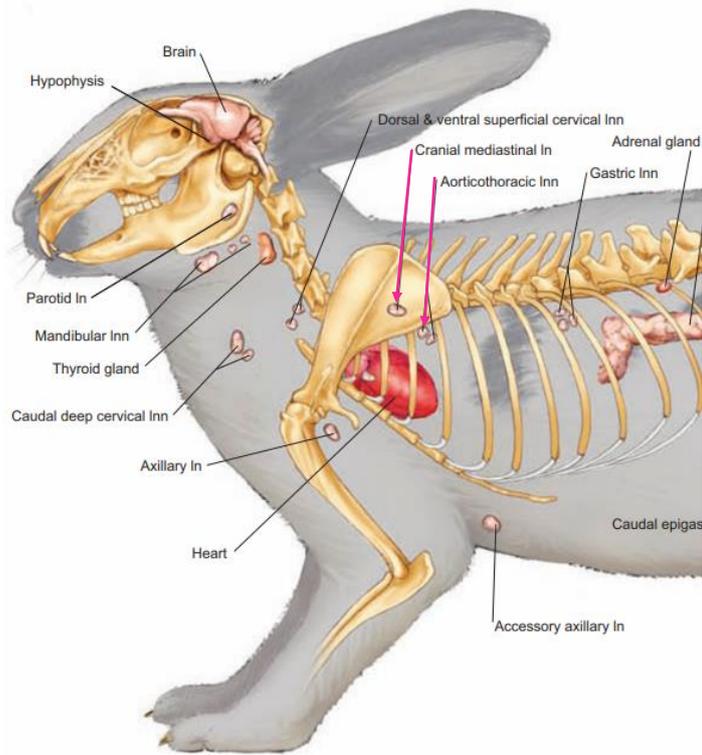


18 : nœud lymphatique trachéobronchique gauche

19 : nœud lymphatique trachéobronchique droit

33 : nœuds lymphatiques thoraco-aortiques crâniens

Figure 7 : Vue dorsale du cœur de lapin.⁶



*Figure 8 : Nœuds lymphatiques cervicaux et thoraciques du lapin.*¹⁵

6) Nerfs

Un certain nombre de nerfs passent dans le médiastin, notamment le nerf vague, les nerfs phréniques et le tronc sympathique.⁵

Les affections nerveuses étant difficilement évaluables par imagerie, en particulier dans cette région, leur anatomie ne sera pas détaillée dans ce manuscrit.

Afin de mettre en pratique ces notions d'anatomie dans l'exploitation des images radiographiques, échographiques et d'imagerie en coupe, il convient en premier lieu de détailler les différentes modalités d'imagerie permettant d'explorer le thorax, ainsi que les aspects techniques pour la réalisation de ces examens chez le lapin.

II. Les modalités d'imagerie du thorax

L'imagerie médicale vétérinaire regroupe les moyens d'acquisition et de restitution d'images d'un animal à partir de phénomènes physiques, tels que l'absorption des rayons X et des ultrasons par les tissus.

Les modalités d'imagerie regroupent principalement la radiographie, l'échographie, le scanner et l'imagerie par résonance magnétique (IRM). Cette dernière est encore très peu utilisée dans l'espèce canicole et ne sera donc abordée que succinctement.

A) Radiographie

1) Rappels succincts des principes physiques

La radiologie utilise les **rayons X** qui sont des **ondes électromagnétiques**.

a) Production des rayons X

Un générateur de rayons X est constitué d'une cathode chargée négativement, d'un tube qui accélère les électrons, et d'une anode chargée positivement servant de cible. La cathode chauffée à très haute température émet des électrons, puis les rayons X sont produits lorsque les électrons entrent en collision avec le métal de l'anode. Le fonctionnement d'un générateur est schématisé sur la Figure 9.

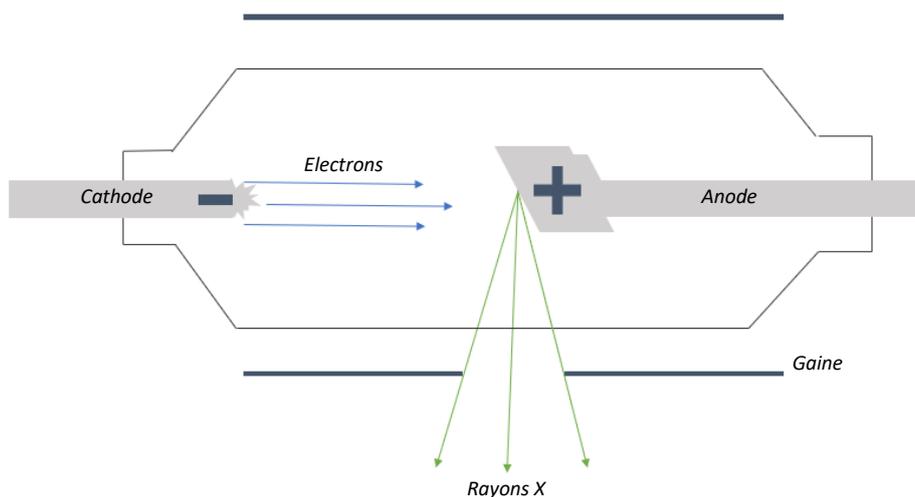


Figure 9 : Tube générateur de rayons X. Le filament de tungstène de la cathode génère des électrons qui entrent en collision avec l'anode, produisant de la chaleur et des rayons X. (Chloé Vreux)

Les générateurs à rayons X classiquement utilisés dans les cliniques canines, conviennent tout à fait à la radiographie du lapin. En effet, les constantes nécessaires sont similaires à celles utilisées chez les chats ou les chiens, en adaptant celles-ci à la taille de l'animal et à la région anatomique d'intérêt.

La radiographie est la première technique d'imagerie à avoir été utilisée dans le cadre médical. Aujourd'hui la radiographie argentique a été abandonnée au profit de la radiographie numérique dans une grande majorité des structures vétérinaires, permettant quant à elle une numérisation informatique des clichés radiographiques.¹⁶

b) Propriétés des rayons X

Les rayons X ont la capacité de traverser les tissus et d'être plus ou moins atténués en fonction de la densité des structures traversées. Les rayons parvenant à traverser un tissu provoquent le noircissement du film placé sous la table radiotransparente. Un tissu de faible densité, comme les poumons emplis d'air, se traduira donc par une image noire, on parlera de radiotransparence. A l'inverse, une structure dense ne laissant pas passer les rayons X, comme l'os ou le métal, apparaîtra gris clair à blanche, ces structures seront qualifiées de radio-dense.

Il existe ainsi **cinq densités radiographiques** correspondant aux différents noircissements du cliché radiographique, selon l'élément traversé par les rayons X (Figure 10).

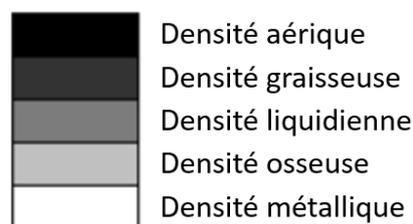


Figure 10 : Densités radiographiques. (Chloé Vreux)

Le contraste correspond à la différence de noircissement entre deux zones du cliché radiographique. Par exemple, un brusque passage du noir au blanc constitue un fort contraste. La particularité du thorax est de présenter naturellement un excellent contraste, entre l'air présent dans les poumons et les tissus mous.

2) Constantes d'exposition en radiographie

Il est important de choisir judicieusement les constantes d'exposition afin d'étudier le thorax d'un lapin. Cela permet d'obtenir une radiographie qui ne soit ni sous-exposée ou sur-exposée et avoir ainsi une image de qualité interprétable.

a) Tension, intensité et temps d'exposition

La différence de potentiel ou **tension** entre la cathode et l'anode en kilovolt (kV) permet d'accélérer les électrons. Plus la tension est élevée, plus les rayons X sont énergétiques. Cette tension représente le pouvoir de pénétration des tissus. Plus elle augmente et plus les rayons X passent sans être absorbés. C'est pourquoi, lorsque la tension augmente, le **contraste** entre les tissus diminue.

Cependant, l'augmentation des kV n'est pas proportionnelle au noircissement. Par exemple lorsque la tension augmente de 10%, le noircissement du cliché est doublé.

Le tension doit être réglée en prenant en compte les particularités des petits mammifères. En effet la petite taille des organes du lapin conduit à un faible contraste. De plus, le médiastin est une région ne comportant naturellement qu'assez peu de contraste. En conséquence, des voltages plus faibles devront être utilisés en comparaison aux chats et aux chiens.¹⁷

Un intervalle de tension entre 40kV et 60kV permet d'obtenir des clichés radiographiques de bonne qualité sur un thorax de lapin.

Le **temps d'exposition** en seconde (s) représente la durée d'émission des rayons X. Ce paramètre influence la netteté du cliché.

Les structures mobiles, comme le thorax soumis aux mouvements respiratoires, devront être radiographiées avec un temps d'exposition faible, afin d'apparaître nets sur une radiographie thoracique. Cela est d'autant plus vrai chez le lapin qui possède une fréquence respiratoire supérieure à celle des carnivores domestiques (entre 30 et 60 mouvements respiratoires par minute)^{13,18}, et qui est de ce fait susceptible d'altérer la qualité du cliché radiographique.

Pour une radiographie thoracique de lapin, un temps d'exposition de 1/120 seconde (0.008s) est à privilégier dans le but d'éviter le flou cinétique engendré par les mouvements du patient, notamment s'il est radiographié vigile.^{19,20} Le maximum de temps d'exposition conseillé étant de 0.02 secondes.

L'**intensité** des rayons en milliampère (mA) traduit la quantité d'électrons émise par la cathode. Elle représente donc la quantité de rayons X émise, et de ce fait la quantité d'informations sur l'image radiographique.

Chez le lapin elle doit être assez élevée pour compenser le faible temps d'exposition et permettre d'obtenir une quantité d'informations suffisante. C'est pour cette raison qu'il est conseillé d'utiliser un appareil ayant au moins une capacité de 300mA pour le lapin.

L'intensité et le temps d'exposition sont réunis en un seul paramètre, exprimé en **milliampère-seconde** (mAs). Cela traduit la quantité de rayons dans le faisceau primaire ainsi que le temps d'exposition. Les mAs permettent d'évaluer la **densité radiographique** du cliché. Contrairement aux kV, la valeur des mAs est proportionnelle au degré de noircissement obtenu.

Un exemple de constantes utilisées pour un thorax de lapin peut être le suivant : une distance foyer-film de 1m, une tension de 60kV et 2.4mAs (soit par exemple une intensité de 300mA sur un temps d'exposition de 0.008s).^{17,19}

b) Utilisation d'une grille anti-diffusante

Lorsque les rayons X traversent un tissu, une faible proportion est en partie diffractée dans une direction aléatoire. Cela forme alors un rayonnement diffusé provoquant l'apparition d'un voile, qui contribue à diminuer le contraste du cliché radiographique. Ce voile est particulièrement visible lorsque l'épaisseur des tissus traversés est importante.

La grille agit en bloquant les photons ayant subi une déviation par diffraction. Située entre le patient et le détecteur, elle est constituée de lamelles de plomb absorbant les photons diffusés. Son utilisation nécessitera cependant d'augmenter les constantes d'exposition.

L'utilisation d'une grille anti-diffusante est à utiliser lorsque l'épaisseur de la zone à radiographier est supérieure à 10 cm environ. Cependant, cela est rarement le cas chez les lapins qui sont généralement placés directement sur la cassette radiographique.

3) Critères de qualité radiographique

Le bon positionnement du lapin et le cadrage du cliché sont des éléments primordiaux pour obtenir une image diagnostique. Pour rappel, les critères radiographiques à considérer sont : l'exposition, le contraste, la netteté, le moment de la prise de cliché par rapport à la respiration, le centrage et le positionnement.²¹

a) Netteté

La netteté correspond à l'absence de flou et à la finesse des détails. On l'apprécie par l'examen des structures connues, comme le cœur, les côtes ou le sternum, dont les contours doivent être nets.

b) Phase respiratoire

Concernant la phase respiratoire, il est important d'obtenir des clichés en fin d'inspiration afin d'exploiter le contraste naturel apporté par l'air dans les alvéoles pulmonaires. Quand les poumons sont remplis d'air, le contraste est maximal entre les différentes structures intrathoraciques.

Cela est d'autant plus important chez le lapin, car le thorax est très étroit par rapport à l'abdomen. Cependant, étant donné la fréquence respiratoire élevée des lapins, qui est comprise entre 30 et 60 mouvements respiratoires par minute^{13,18}, il est difficile de maîtriser le moment de la prise du cliché.

c) Centrage et cadrage

Même si le lapin est de petite taille, il n'est pas recommandé de réaliser des clichés « corps entier ». En plus du fait que les constantes à utiliser doivent être différentes entre le thorax et l'abdomen, la qualité de l'image est meilleure lorsque le faisceau est centré sur la région à explorer.

En effet, le faisceau de rayons X étant divergent, cela entraîne une déformation de l'image des objets qui sont placés en périphérie du faisceau. La zone radiographiée doit donc être parfaitement centrée.

De plus, la zone à radiographier doit être la plus petite possible afin d'obtenir un meilleur contraste (plus la zone radiographiée est étendue, plus le phénomène de diffusion est important).

Quelques repères anatomiques simples existent pour centrer l'animal sur la radiographie du thorax quelle que soit la vue radiographique recherchée (de profil ou de face)¹⁷ :

- En décubitus latéral, la première paire de côtes, et si possible le quart caudal du cou doivent être inclus dans la radiographie afin d'évaluer la trachée.
- Au niveau de la limite caudale du thorax, l'entièreté du diaphragme doit être visible.
- Enfin le faisceau de rayons X se doit d'être centré sur le cœur, le repère palpable étant généralement le bord caudal de la scapula.

d) Incidences et positionnement

Il est nécessaire de toujours réaliser deux clichés orthogonaux au minimum. En général, une vue de face et une vue de profil sont nécessaires pour permettre une bonne interprétation des images.

Les incidences principales sont les vues dorso-ventrale (décubitus ventral), ventro-dorsale (décubitus dorsal), latérale gauche (décubitus sur le côté gauche) et latérale droite (décubitus sur le côté droit). D'autres incidences sont possibles pour la recherche d'affections particulières. Par exemple les incidences obliques sont réservées à la visualisation des fractures de côtes ou d'un léger pneumothorax.¹⁷

Enfin, la région anatomique visée doit être la plus proche possible de la cassette et parallèle à celle-ci. Cela s'explique car, si la distance objet-cassette augmente ou si la distance entre le foyer de rayons X et l'objet diminue, l'image obtenue sera plus grande qu'en réalité.

➤ Vue ventro-dorsale

En décubitus dorsal, c'est-à-dire en vue ventro-dorsale, les membres thoraciques sont tirés crânialement et placés parallèlement l'un à l'autre comme sur la Figure 11. Cette position permet d'éviter la superposition des muscles de l'épaule avec les lobes crâniens du poumon.¹⁷

Les membres pelviens sont placés en position neutre. Le cou est légèrement étendu, une flexion ventrale ou dorsale excessive aurait pour conséquence de dévier artificiellement la partie thoracique de la trachée.¹⁷

Le sternum est placé parallèlement aux vertèbres thoraciques afin qu'il n'y ait pas de rotation par rapport à l'incidence du faisceau de rayons X.



Figure 11 : Positionnement du lapin pour une radiographie de face en vue ventro-dorsale (Crédit personnel)

➤ Vue dorso-ventrale

La vue dorso-ventrale doit être choisie lorsque le patient présente des difficultés respiratoires. Il s'agit en effet d'une position qui respecte le plus une position physiologique chez le lapin, ce qui est à prendre en compte lors de suspicion de masse médiastinale gênant la respiration.

➤ Vues latérales

Pour la vue de profil, l'animal est placé en décubitus latéral droit ou gauche. Pour assurer un positionnement correct, les membres, la tête et la queue doivent être étirés comme sur la Figure 12.

Dans l'idéal, les deux profils (droit et gauche) sont réalisés. Si un seul cliché latéral est réalisé, mieux vaut opter pour un seul cliché latéral droit qui est le plus communément utilisé.²²



Figure 12 : Positionnement du lapin pour une radiographie de profil. (Crédit personnel)

e) Précautions à prendre lors de la radiographie d'un lapin

Premièrement, les lapins possèdent un squelette plus fragile que les carnivores domestiques. Sa contention et sa manipulation se doivent donc d'être douces et fermes afin d'éviter tout risque de ruades, souvent à l'origine de traumatismes importants. Les lésions médullaires, notamment lombaires, ne sont pas rares lors de manipulations.

Ensuite, au vue de la petite taille de certains lapins par rapport à un chien ou un chat, le positionnement radiographique peut être plus délicat. C'est pourquoi la sédation peut se révéler indispensable afin d'obtention des images radiographiques informatives et de qualité suffisante, tout en assurant une protection adéquate du manipulateur (par exemple les mains ne doivent pas être dans le faisceau primaire).¹⁷ De plus, la contention chimique permet de limiter le stress de l'animal ce qui est particulièrement intéressant dans l'espèce cunicole. Cela permet de limiter le nombre de répétitions de clichés et permet de s'affranchir de la contention physique (ce qui limite l'exposition aux rayonnements ionisants de l'animal et du praticien). Cependant, il est nécessaire de connaître les particularités du lapin à prendre en compte avant la réalisation d'une anesthésie.

Tout d'abord il convient de rappeler que le lapin ne doit pas être mis à jeun avant un examen tel un chien ou un chat. Une diète une heure avant la sédation est suffisante dans cette espèce, chez qui une anorexie prolongée mène à une hypoglycémie et à des affections du transit.⁸

L'intubation trachéale est délicate chez les lapins en raison de l'étroitesse de la cavité buccale qui limite la visualisation du larynx, et du risque de traumatisme de la muqueuse trachéale. C'est pour cela que l'utilisation du masque pour l'anesthésie volatile est fréquente. En cas de difficultés respiratoires, les lapins peuvent être intubés rapidement sans risque de lésions trachéales à l'aide d'un dispositif supra-glottique (V-gel®) illustré sur la Figure 13.²³



Figure 13 : Dispositif supra-glottique utilisable chez le lapin.⁸

De surcroît, le lapin présente un petit format, ce qui implique qu'il possède un taux métabolique élevé et de faibles réserves en glycogène.

D'une part, ces particularités prédisposent le lapin au risque d'hypothermie. D'autre part, elles sont à l'origine d'une durée d'action et d'une élimination plus rapide des agents anesthésiques. Les doses d'agents injectables comme des agents volatils devront être plus élevées que chez le chien et le chat, et potentiellement être renouvelées plus fréquemment.

Une autre contrepartie de ce métabolisme est une plus forte consommation d'oxygène. Le lapin tolère mal une hypoxémie ou une apnée même brève.²⁴ Une pré-oxygénation est donc conseillée, principalement lors de difficultés respiratoires.

Enfin, pour de nombreux agents injectables, les marges de sécurité sont étroites chez le lapin, ce qui implique que les risques de surdosage sont importants.

Pour toutes ces raisons, on évite généralement en pratique de sédater le lapin pour des radiographies et des échographies afin d'éviter les effets secondaires des anesthésiants. Néanmoins, les agents injectables et les anesthésiques volatils restent des moyens facilement réalisables pour une anesthésie de courte durée chez le lapin.

B) Échographie

1) Grands principes physiques des ultrasons

L'échographie utilise les **ultrasons** (ondes sonores de hautes fréquences supérieures à 20 000Hz) qui sont des **ondes mécaniques**, se propageant en comprimant et dilatant un milieu. Les particules comprimées transfèrent leur énergie aux particules voisines, ce qui propage l'onde ultrasonore. Ces ondes sonores sont absorbées ou réfléchies par les tissus qu'ils rencontrent en fonction des propriétés acoustiques des tissus traversés.

Les ultrasons sont émis par une sonde en direction des tissus, le temps qu'ils mettent à revenir au récepteur après avoir été réfléchis sur une interface détermine la profondeur du tissu.

a) Grandeurs physiques en échographie

La bonne utilisation de l'échographe nécessite la compréhension de plusieurs paramètres tels que la longueur d'onde, la vitesse du son et la fréquence de l'onde sonore :

- La **longueur d'onde** λ exprimée en millimètre (mm) représente la distance entre deux oscillations de l'onde.
- La **fréquence** f en Hertz ($\text{Hz}=1/\text{s}$), quant à elle, est le nombre d'oscillations en une seconde. Les ondes ultrasonores fréquemment utilisées pour l'échographie vétérinaire sont de l'ordre de 2 à 15MHz²⁵. La période s correspond à l'inverse de la fréquence.

De ces paramètres découlent les propriétés d'une image échographique, notamment la résolution spatiale et la pénétration des tissus.

La **résolution spatiale** de l'image dépend de la longueur d'onde. Les hautes fréquences produisent des images de haute résolution, mais avec cependant une profondeur de pénétration faible (ce qui est en général compatible avec la taille des lapins de compagnie).

Le choix de la fréquence de la sonde sera donc un compromis entre le pouvoir de pénétration des ondes dans les tissus et la qualité de l'image échographique. En l'occurrence, de hautes fréquences sont nécessaires pour échographier le thorax de lapin dont la largeur est faible.

Cela est d'autant plus important lors d'échocardiographies, pour laquelle la fréquence doit être élevée afin d'observer les battements rapides du cœur du lapin. Des fréquences de l'ordre de 12 MHz conviennent le mieux pour l'examen échocardiographique.¹⁷

b) Types de sondes échographiques

Plusieurs types de sondes échographiques sont couramment utilisées en médecine vétérinaire : les sondes linéaires, les sondes sectorielles et les sondes convexes (Figure 14).

Les sondes « **linéaires** » envoient de hautes fréquences, classiquement entre 9 et 15 MHz, sur une surface réduite. Elles permettent l'exploration d'organes de petite taille²⁶. Ces sondes fournissent une image rectangulaire, comme illustré sur la Figure 15.

La longueur d'une sonde linéaire ne doit pas être trop importante sinon le couplage ne sera pas possible dans tous les plans lors de l'examen de petits patients.^{17,19} Pour ces raisons, chez le lapin, on préférera utiliser des sondes linéaires dites en « **club de golf** » dont la longueur est plus courte que les sondes linéaires classiques.

Les sondes « **sectorielles** », présentent une zone de contact étroite avec la peau. Ce type de sonde est utilisé lorsque les obstacles acoustiques, comme les côtes, ne ménagent que d'étroites fenêtres. En effet, elles fournissent une image dite « en éventail » qui permet de passer entre les côtes. Les sondes sectorielles hautes fréquences sont couramment utilisées en échocardiographie, elles permettent notamment la mesure de vitesses de flux très élevées en mode Doppler.

Les sondes « **convexes** » et « **micro-convexes** » qui possèdent une surface courbe, permettent l'obtention d'une image plus étendue, avec des fréquences²⁷ pouvant maintenant aller jusqu'à 12 MHz, et permettent ainsi une bonne résolution lors d'échographie thoraciques sur les petits animaux. Ces sondes fournissent des images coniques à base large comme illustrées en Figure 15.

Pour la visualisation du médiastin crânial, il est recommandé d'utiliser une sonde micro-convexe à travers l'entrée du thorax crânialement.¹⁷

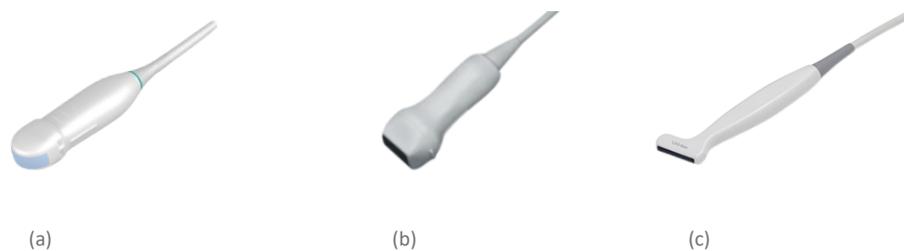


Figure 14 : Représentation d'une sonde micro-convexe (a), d'une sonde sectorielle (b) et d'une sonde linéaire en « club de golf » (c)²⁷

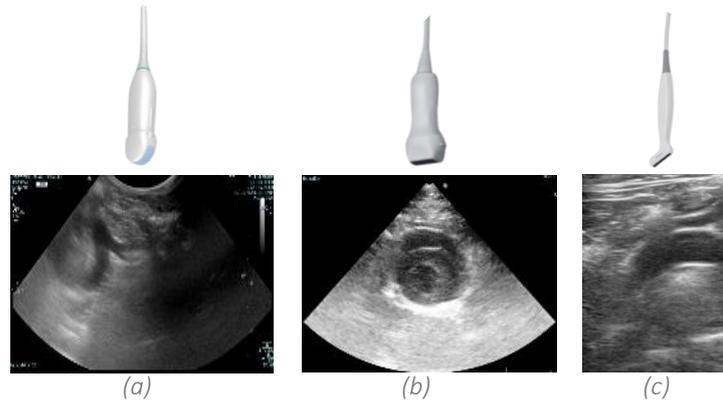


Figure 15 : Schéma d'une image conique avec une sonde micro-convexe (a), d'une image « en éventail » avec une sonde sectorielle (b), et d'une image rectangulaire avec une sonde linéaire (c).²⁵

c) Modes échographiques

Le mode **bi-dimensionnel** (BD), classiquement utilisé en échographie vétérinaire, est le mode privilégié pour explorer le thorax. En échocardiographie, il permet notamment d'évaluer subjectivement la morphologie cardiaque et le fonctionnement ventriculaire.

Le mode **temps-mouvement** (TM), utilisé en échocardiographie, permet d'apprécier cette fois-ci de manière objective la taille des cavités et des parois cardiaques en réalisant des mesures de celles-ci en fonction du moment du cycle cardiaque. Il permet aussi d'évaluer les mouvements des structures cardiaques en fonction du temps.

Le mode **Doppler** sert à visualiser les flux dans les vaisseaux, à apprécier leur aspect, et à calculer la vitesse et la direction du flux sanguin. Ce mode est notamment intéressant en échocardiographie pour caractériser les flux valvulaires, visualiser des reflux, ou encore détecter des communications inter-atriales ou interventriculaires. Le mode Doppler sert également à explorer la vascularisation des tissus dans le cas de masses médiastinales.

2) Préparation et contention en échographie du thorax

Lorsque l'on applique la sonde sur la peau, un infime filet d'air existe entre les deux surfaces. La transmission se révèle alors très faible et l'image illisible. C'est pour cela qu'il est nécessaire de tondre la zone et d'utiliser un gel aqueux entre le transducteur et la peau.²⁸

En raison de sa petite taille, le lapin est prédisposé au risque d'hypothermie. Pour cette raison, plusieurs précautions sont à prendre lors de la préparation de l'animal à échographier. La tonte se doit d'être la plus petite possible. Il faut également veiller à ne pas mouiller excessivement l'animal avec de l'alcool ou du gel échographique, afin de ne pas refroidir l'animal.²⁰ Pour éviter cela, il est aussi possible de chauffer le gel échographique avant son application sur la peau.

Pour un examen échocardiographique, une zone parasternale sera tonduë à droite et à gauche au niveau de l'apex cardiaque.¹⁷

Pour ce qui est du positionnement, le lapin peut être placé en décubitus latéral ou être laissé en décubitus sternal¹³ sur la table d'examen. Une autre option possible est de positionner le lapin assis sur les genoux de l'opérateur afin de limiter son stress et le risque de blessure.¹⁷

Pour réaliser l'échocardiographie ou l'échographie du médiastin crânial en décubitus sternal, il peut être utile d'utiliser un matelas ouvert¹³ (Figure 16) ou une table (Figure 17) pour réaliser cette incidence apicale sur un lapin en décubitus sternal.



Figure 16 : Le lapin est positionné au-dessus d'un trou dans un coussin d'échographie. L'examen échocardiographique peut alors être effectué par le dessous de l'animal même en décubitus sternal.¹³



Figure 17 : Positionnement du lapin en décubitus sternal sur une table d'échocardiographie. (© Service Imagerie Médicale, ONIRIS)

C) Imagerie en coupe

1) Scanner

a) Principes généraux de la tomographie scanner

La scanographie ou tomodensitométrie utilise les **rayons X** tout comme la radiographie. Inventée dans les années 1970, cette technique d'imagerie offre une qualité supérieure dans la précision diagnostique en médecine vétérinaire. Le tube générant des rayons X fonctionne sur le même modèle que l'appareil radiographique.

Contrairement à la radiographie, qui est une projection de la structure radiographiée en deux dimensions, le scanner permet une **exploration en trois dimensions** par des coupes radiographiques successives du patient (Figure 19). C'est de cette particularité que vient sa nature tomographique, « tomei » signifiant couper en grec.

Actuellement, la plupart des scanners sont constitués d'un anneau effectuant une rotation hélicoïdale autour du patient. La table du patient, quant à elle subit un mouvement longitudinal à l'intérieur de l'anneau. L'émetteur de rayons X et le détecteur sont intégrés à cet anneau.²⁵ Ce fonctionnement général est schématisé par la Figure 18.

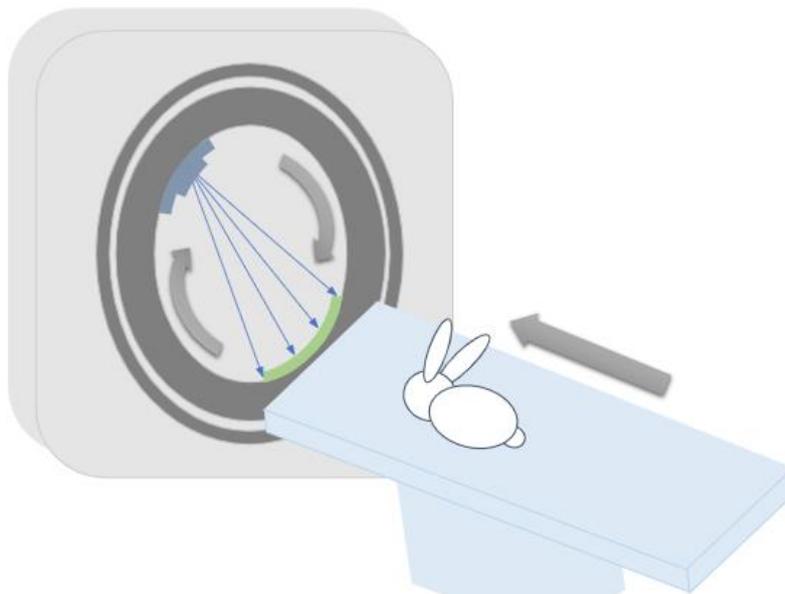


Figure 18 : Représentation schématique de l'appareil scanner. L'anneau contenant le générateur et le récepteur de rayons X présente un mouvement de rotation hélicoïdale alors que la table sur laquelle repose l'animal présente un mouvement longitudinal. (Chloé Vreux)

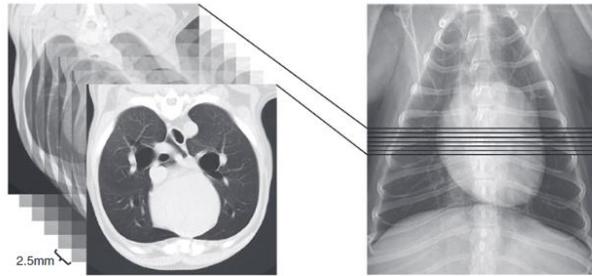


Figure 19 : Notion de coupes tomодensitométriques lors d'un examen scanner. ²⁵

b) Densités de tissus en scanner

Ces rayons X traversent les tissus en subissant une **atténuation** propre à chaque tissu. Le traitement des données recueilli en image numérique se fait par un logiciel adapté. Pour chaque pixel, celui-ci associe à chaque coefficient d'atténuation une valeur de densité, appelée **unité Hounsfield**.

On comprend bien ici la supériorité de la tomодensitométrie par rapport à la radiographie. Quand la radiographie permet de différencier cinq nuances de densités, le scanner quant à lui, possède une échelle de nuances de -1000 à 1000 UH (Unité Hounsfield). Ainsi, il est possible de différencier les tissus mous des liquides au scanner, ce qui n'est pas possible à la radiographie. ²⁹

Chaque unité Hounsfield se voit attribuer une nuance de gris. Or, comme autant de nuances de gris ne sont pas discernables par notre œil, le nombre de nuances doit être réduit. C'est pourquoi pour l'interprétation des images, les densités moyennes des zones d'intérêt (pulmonaire, graisseuse,...) sont regroupées en « fenêtrage scanner ». Plus la fenêtrage est étroite, plus la discrimination entre les tissus de densité proches est possible.

c) Paramètres réglables en imagerie scanner

En plus des constantes d'exposition utilisées en radiographie (tension en kV, intensité en mA et temps d'exposition en s), d'autres paramètres doivent être choisis pour effectuer un examen tomодensitométrique.

Les principaux paramètres réglables de la machine sont les suivants :

- L'épaisseur des coupes, qui représente de la même façon la largeur d'un voxel (pixel en trois dimensions).
- L'incrémentation ou intervalle de coupe, qui est la distance séparant deux milieux de coupes successives.
- Le nombre de coupes et leur espacement, qui déterminent si les coupes seront chevauchantes, jointives ou séparées par un espace mort.
- La direction des coupes, c'est-à-dire l'incidence des rayons.

- Le champ, qui est le diamètre d'acquisition de la tranche anatomique visualisée.

Pour l'espèce cunivole, on recherchera une haute résolution afin d'obtenir des informations sur les organes de petite taille. Ainsi plus la largeur du voxel sera faible, plus les images seront riches en informations. L'épaisseur d'une coupe transversale avec des appareils scanner récents est de l'ordre de 0.5 à 0.6 mm d'épaisseur, associée parfois à une incrémentation très faible de l'ordre de 0.7 mm.⁹

Les paramètres définissant la fenêtre sont les suivants :

- Le **niveau de la fenêtre**, qui est la valeur moyenne de la densité du tissu que l'on explore. Plus cette moyenne est élevée, plus elle permettra de visualiser les tissus de forte densité tels que les tissus osseux.
- La **largeur de la fenêtre**, qui établit l'étendue de la gamme de gris. Plus elle est étroite, plus elle permettra la distinction entre des structures de densité voisine (Figure 20).

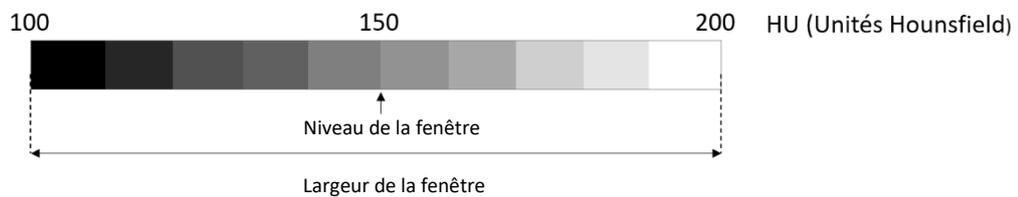


Figure 20 : Schéma représentant les caractéristiques d'une fenêtre : sur cet exemple les tissus de densité supérieures à 200 UH apparaîtront blancs et les tissus de densité inférieure à 100 UH apparaîtront noirs. (Chloé Vreux)

Les fenêtres tissus mous (représentée en orange sur la Figure 21), qui sont les plus pertinentes dans l'exploration du médiastin, possèdent une largeur étroite avec un niveau proche du zéro, car la densité des tissus mous est proche de celle de l'eau.²⁸ Le fait que cette fenêtre soit étroite permet ainsi la distinction entre des structures tissulaires médiastinales de densité voisine.

En pratique, l'évaluation scanner du médiastin seul n'est jamais réalisée, mais l'évaluation du thorax se fait à partir des reconstructions des fenêtres à la fois « tissus mous » et « pulmonaire » (représentée en vert sur la Figure 21).

Pour analyser les images post-contraste, il convient donc de faire une reconstruction pulmonaire et une reconstruction tissus mous avant d'injecter le produit de contraste. Cela permet d'avoir une évaluation globale du thorax.

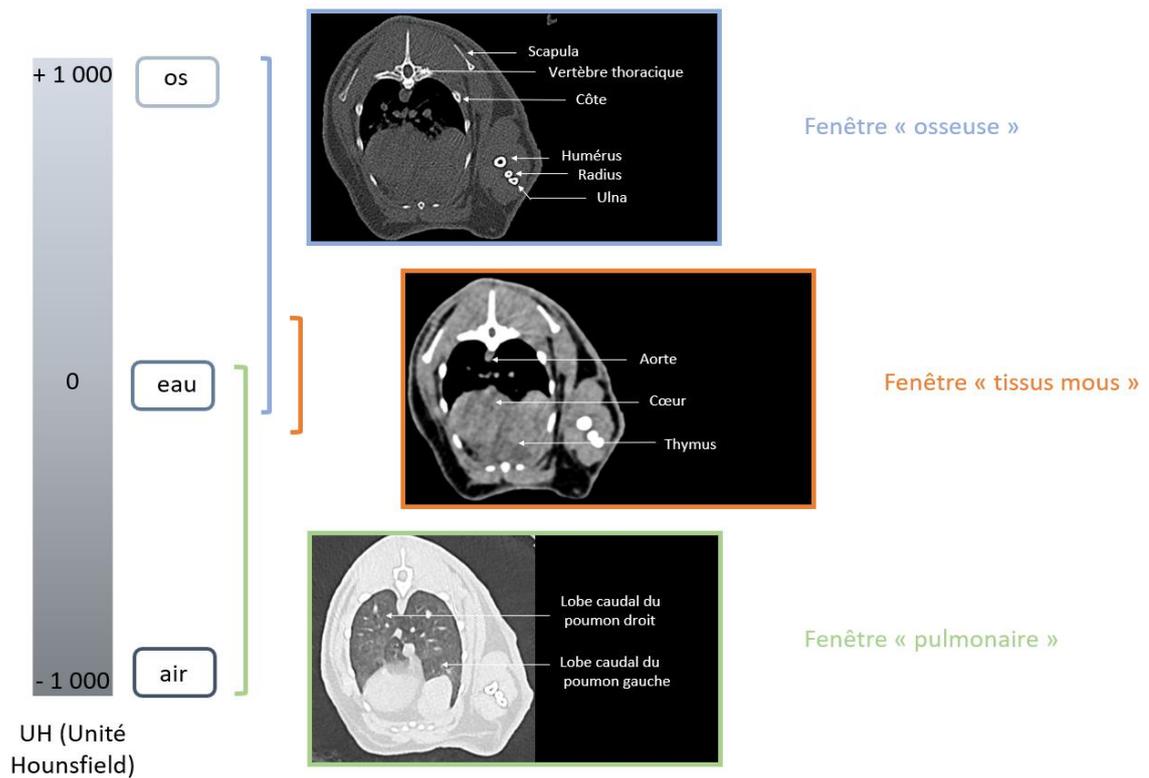


Figure 21 : Echelle Hounsfield avec trois exemples de fenêtres de coupe tomодensitométrique thoracique chez le lapin. (Chloé Vreux, d'après des images scanner du © Service Imagerie Médicale, ONIRIS et d'après les normes d'Unité Hounsfield 30)

Le Tableau I ci-dessous résume les constantes conseillées pour effectuer un scanner de thorax de lapin.

Tableau I : Protocole scanner du thorax simplifié appliqué aux lapins, d'après Drees R³¹

Limites anatomiques pour un scanner de thorax	De l'entrée du thorax aux marges caudales du diaphragme	
Caractéristiques des coupes	Epaisseur de coupe	2 à 3 mm
	Espacement des coupes	1 à 3 mm
Constantes d'exposition	Tension	120 kV
	Courant	100 mAs
Rotation de l'anneau scanner	Temps de rotation de l'anneau	<1s

2) IRM

L'imagerie par résonance magnétique nucléaire est une technique utilisant un **champ magnétique appliqué aux noyaux d'hydrogène** du patient.

Il s'agit d'une modalité d'imagerie basée sur la teneur en eau des tissus. En effet, les atomes d'hydrogène sont principalement dans l'eau et les graisses. De ce fait, deux tiers des atomes de l'organisme sont des atomes d'hydrogène. Cela permet l'exploration de la majorité des tissus du patient, notamment des tissus mous riches en eau.

L'imagerie par résonance magnétique est assez peu utilisée et peu disponible dans l'espèce cunicole. De plus, assez peu d'études ont été réalisées à ce jour sur l'imagerie médiastinale du lapin en IRM. C'est pour ces raisons que les aspects techniques de l'IRM ne seront que brièvement abordés dans les paragraphes suivants.

L'IRM est basé sur les propriétés magnétiques des atomes d'hydrogène. Chaque noyau d'hydrogène possède un unique proton, qui en rotation, va produire un champ magnétique. ²⁸

Pour comprendre l'interprétation des images d'IRM, il faut connaître les deux composantes ou « pondérations » utilisées. Il s'agit des pondérations « T1 » et « T2 », qui donneront un contraste différent, et qui permettront de différencier certaines densités tissulaires.

On obtiendra donc des images pondérées en T1 (appelées « **séquences pondérées en T1** » ou « T1-weighted ») et des images pondérées en T2 (appelées « **séquences pondérées en T2** » ou « T2-weighted »).

En IRM il n'existe pas d'échelle de densité, pour interpréter une image **on parle d'hypointensité ou d'hyperintensité par rapport à un autre tissu**. L'intensité des différentes structures diffèrent selon la séquence utilisée. Par exemple, les liquides apparaîtront hypointenses sur les séquences pondérées en T1 et hyperintenses sur les séquences pondérées en T2.

Enfin en IRM, à l'exception de certaines séquences spécifiques, il est nécessaire de réaliser des coupes dans les trois plans de l'espace afin d'obtenir une reconstitution en trois dimensions, contrairement au scanner qui réalise une reconstruction en trois dimensions à partir d'une seule acquisition.

3) Imagerie de contraste en scanner et IRM

Un examen scanner ou IRM s'effectue rarement sans injection de produit de contraste, qui permet notamment d'évaluer la vascularisation des structures. Cela permet également d'améliorer la capacité à distinguer les détails anatomiques, en renforçant le contraste de l'image scanner comme celle de l'IRM.

Une fois injecté, l'agent de contraste atteint les vaisseaux sanguins avant de diffuser librement à travers les parois endothéliales. De ce fait, le produit de contraste reflète la perfusion

tissulaire et la perméabilité vasculaire d'une lésion.^{8,32} Ces informations peuvent renseigner sur l'invasion locale, la présence de métastases, mais aussi sur d'éventuelles lésions inflammatoires.³³

Classiquement, on utilise un produit de contraste iodé en scanner, et un produit de contraste à base de Gadolinium en IRM.³²

Le délai de diffusion d'un produit de contraste dans l'organisme du lapin est de l'ordre d'une minute. Pour le médiastin, l'utilisation d'un produit iodé ionique comme non ionique est possible.³¹ Enfin, du point de vue de la quantité à administrer, 700 à 800 mg d'Iode par kg suffisent chez le lapin³¹, soit 2 à 4 mL/kg selon les spécialités utilisées. Ce volume est alors à injecter par voie intraveineuse à l'aide d'un cathéter. L'acquisition des images post-contraste se fait classiquement 1 minute à 1 minute 30 après l'injection du produit de contraste.³¹

4) Positionnement pour l'imagerie en coupe

Le lapin est positionné le plus souvent en décubitus sternal.⁴

Le cadrage doit être similaire à celui utilisé en radiographie, soit une acquisition débutant du quart caudal de la portion cervicale jusqu'au diaphragme visible dans son entièreté.

La difficulté lors de la réalisation d'un examen d'imagerie en coupe est que l'animal doit présenter une immobilité complète, ce qui motive souvent la réalisation d'une anesthésie. Etant donné le risque anesthésique majoré dans l'espèce cunicole, des boîtes de contentions peuvent être utilisées, notamment pour le scanner dont la durée d'acquisition est généralement courte, de l'ordre de moins d'une minute avec des appareils récents.

Un exemple utilisé est le « VetMouseTrap[®] » (développé par le vétérinaire Robert T. O'Brien aux États-Unis). Il s'agit d'un tube de plexiglas de 40 cm de long sur 18 cm de diamètre possédant des ouvertures qui laissent passer un tuyau à oxygène pour une utilisation en « flow-by » (comme illustré sur la Figure 22). L'utilisation de serviettes tout autour du lapin assure son immobilité, son confort et réduit son stress en réduisant les stimulations visuelles autour de lui. La Figure 23 illustre le positionnement du lapin entouré de serviettes dans le dispositif.



Figure 22 : Dispositif « VetMouseTrap[®] » avec ouvertures pour l'accès au cathéter et l'administration d'oxygène.³⁴

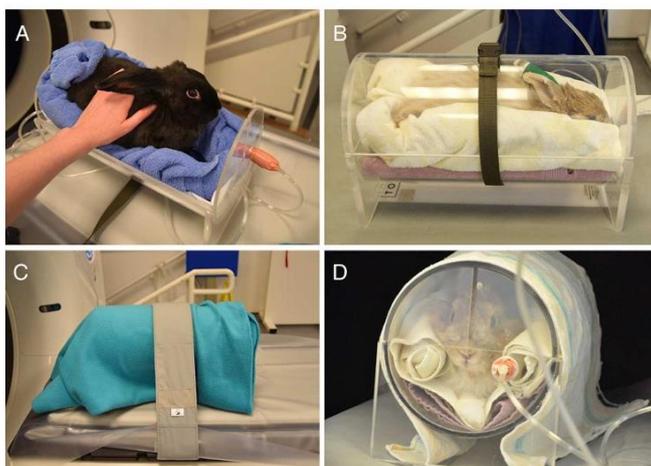


Figure 23 : Dispositif de contention en plexiglas « VetMouseTrap® » permettant d'effectuer un examen scanner vigile chez le lapin.³⁵

D) Synthèse des avantages et inconvénients de chaque modalité

Comme pour les autres animaux, la radiographie et l'échographie sont les techniques les plus couramment utilisées, étant donné que la plupart des praticiens vétérinaires ont accès à ces modalités d'imagerie.³⁶ En revanche, les considérations techniques et d'interprétation de chaque modalité sera opérateur-dépendant, c'est-à-dire qu'elles reposeront sur la formation et l'expérience du praticien à réaliser telle ou telle modalité d'imagerie.

1) Radiographie

Les avantages de la radiographie sont sa **disponibilité, son faible coût et sa facilité de réalisation⁸ et d'interprétation**, même si l'interprétation de radiographies thoraciques de lapin peut être délicate pour un vétérinaire débutant, ou ayant peu d'expérience en interprétation de radiographie de lapin.

Les inconvénients majeurs représentent tout d'abord son **faible pouvoir de résolution**, c'est-à-dire son incapacité à distinguer des structures de densités proches, en particulier tissulaire et liquidienne. La radiographie ne permet donc pas de différencier deux organes de même densité en contact l'un avec l'autre.

Le second inconvénient, non négligeable, est la **superposition** inévitable des différents organes, qui est inhérente à la représentation bidimensionnelle qu'offre la radiographie.

2) Echographie

L'échographie a pour avantage d'être non invasive, en effet une sédation est rarement nécessaire pour échographier un lapin. De plus, l'absence d'émission de rayons X est également à prendre en compte en matière de radioprotection.

L'échographie est particulièrement utile pour mettre en évidence la présence d'une masse ou pour visualiser un épanchement. En effet, elle offre la **possibilité de différencier les tissus mous des liquides**, ce qui permet de compléter les informations obtenues avec la radiographie. Il est par exemple possible de caractériser la consistance d'une masse vue sur une radiographie (tissulaire ou liquidienne) afin d'obtenir une première approche diagnostique.^{33,36}

De plus, l'échocardiographie est le moyen le plus pertinent pour l'exploration des affections cardiaques.

Enfin, l'échographie est aussi d'une aide précieuse lorsque des cytoponctions échoguidées sont envisagées^{33,36,37}.

Tout comme en radiographie, il peut être très difficile en échographie d'identifier la structure anormale avec certitude, cela ne sera permis qu'avec l'imagerie en coupe.

3) Imagerie en coupe

La tomodensitométrie et l'imagerie par résonance magnétique nucléaire, offrent des moyens diagnostiques supérieurs à la radiographie conventionnelle du fait de deux avantages principaux.

Le premier avantage est l'obtention d'images en coupes donnant une représentation en **trois dimensions** de la zone d'intérêt, contrairement à la représentation bidimensionnelle qu'offre la radiographie. Cela est permis par la nature tomographique du scanner et de l'IRM, qui permet de mieux visualiser les relations entre les différents organes et leurs tissus environnants, et donc de déterminer avec précision l'organe atteint.

Le deuxième avantage majeur, réside dans un **contraste bien plus élevé**, ce qui permet de différencier des structures de densités très proches, et qui permet également une bonne appréciation des structures médiastinales anormales.²⁵ Ce contraste élevé rend possible une meilleure caractérisation de la lésion (kystique, nécrotique, ...) et ainsi de connaître avec plus de précision la nature de la lésion.

En revanche, l'inconvénient majeur de l'IRM par rapport au scanner est la **durée importante** de l'examen. Cela s'explique en partie par le fait qu'il est très souvent nécessaire de réaliser les coupes dans les trois plans de l'espace pour obtenir une reconstitution en trois dimensions. Cela implique une **immobilité totale du patient** par anesthésie générale, ce qui n'est pas sans risque notamment chez le lapin. En effet, l'IRM est très sensible à tout mouvement, ce qui va brouiller l'image. De ce fait, les mouvements cardiaques, la respiration rapide du lapin et même le péristaltisme du tractus gastro-intestinal sont susceptibles de réduire fortement la qualité de l'image.²⁰

De plus, en IRM, une sélection des plans de coupe est nécessaire, contrairement au scanner dont la reconstitution des acquisitions dans les trois plans de l'espace se fait automatiquement.⁴

En revanche en imagerie scanner, les nouvelles technologies de tomodensitométrie multi détecteur ont augmenté la vitesse d'acquisition, à tel point que des dispositifs d'immobilisation seuls peuvent être utilisés chez le lapin⁸, comme le « VetMouseTrap® » détaillé précédemment.

Le **coût** de réalisation d'un examen scanner ou IRM, nettement plus élevé que celui de la radiographie ou de l'échographie (en particulier pour l'IRM), est également un des freins au recours à ces modalités.

La **faible disponibilité** de ces deux examens peut également être une limite, notamment pour l'IRM qui reste encore très peu disponible en pratique vétérinaire contrairement au scanner, qui a tendance à devenir de plus en plus accessible.

En matière de qualité d'image, les techniques d'imagerie en coupe pour les tissus mous sont plus ou moins équivalentes mis à part certains aspects. En effet, l'IRM permet d'obtenir un meilleur contraste que le scanner, en particulier pour les tissus mous. La résolution spatiale obtenue en IRM est également plus élevée qu'avec la tomodensitométrie.²⁰

Il existe par ailleurs d'autres modalités d'imagerie encore peu utilisées et peu accessibles en médecine vétérinaire.¹⁶ La **scintigraphie** ainsi que la **tomographie par émission de positons** (PET Scan) existent et ont été utilisées dans certaines études en recherche. En revanche elles présentent une très faible disponibilité et un coût très élevé. De ce fait, elles ne sont pas utilisées en pratique, et ne seront donc pas exposées ici.

III.Exploration par imagerie du médiastin normal de lapin

Les aspects théoriques sur les principes physiques et le fonctionnement des différentes modalités d'imagerie vont permettre de comprendre au mieux l'exploration du médiastin de lapin qui sera détaillée dans la partie suivante.

A) Exploration par la radiographie

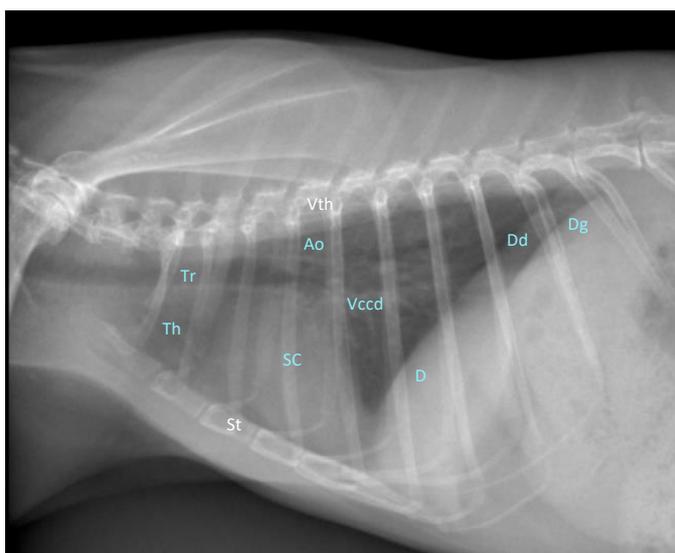
1) Considérations générales sur le médiastin du lapin en radiographie

a) Aspect du médiastin en radiographie

L'aspect radiographique normal de la région crâniale du thorax du lapin diffère par rapport aux chiens et aux chats. En effet, chez les lapins, le thorax crânial est caractérisé par un médiastin dense à la radiographie. Etant donné que leur thymus ne régresse pas complètement à l'âge adulte, il contribue, avec la graisse médiastinale, à augmenter la densité du médiastin crânial dans cette espèce.³⁸

Le diaphragme est long sur son axe crânioventral-caudodorsal, ce qui se traduit par une surface thoracique relativement réduite crânio-caudalement sur la radiographie.³

De toutes les structures présentes dans le médiastin, seules certaines sont discernables individuellement à la radiographie chez les animaux sains, comme les présentent les Figures 24 et 25. Il s'agit de la trachée (Tr), la silhouette cardiaque (SC), l'aorte (Ao), la veine cave caudale (VCCd) et le thymus (Th). Occasionnellement, la portion du tiers caudal de l'œsophage peut être visualisée.³⁹ L'aspect radiographique de ces structures sera par la suite décrit en détails dans les parties suivantes.



Ao : aorte

Tr : trachée

Th : thymus

Vccd : veine cave caudale

SC : silhouette cardiaque

St : sternum

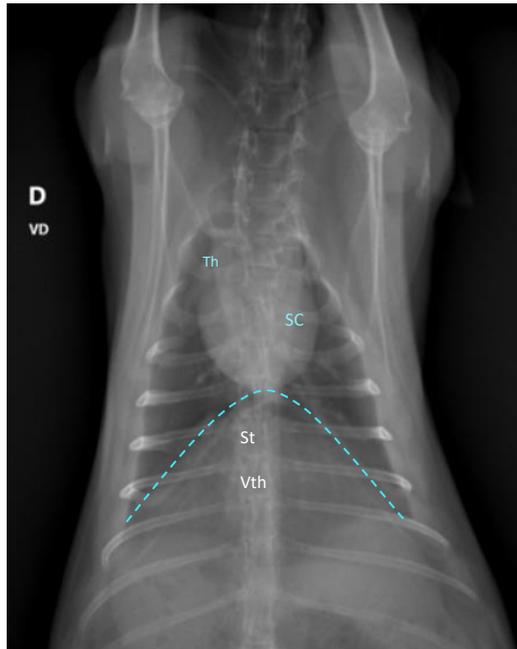
Vth : vertèbres thoraciques

D : diaphragme

Dd : hémicoupe droite

Dg : hémicoupe gauche

Figure 24 : Radiographie normale du thorax de lapin, projection latérale. (©Service Imagerie Médicale, ONIRIS)



SC : silhouette cardiaque

Th : thymus

Pointillés : diaphragme

St : sternum

Vth : vertèbres thoraciques

Figure 25 : Radiographie normale du thorax de lapin, projection ventro-dorsale. (©Service Imagerie Médicale, ONIRIS)

b) Les compartiments du médiastin en radio

Lors de l'interprétation d'une radiographie thoracique, le médiastin peut être divisé en plusieurs secteurs. Le but de cette segmentation est de pouvoir proposer un ensemble d'hypothèses diagnostiques selon la localisation de l'anomalie observée à la radiographie.

On subdivise communément le médiastin en trois segments (crânial, moyen ou cardiaque et caudal), eux-mêmes divisés en une partie ventrale, c'est-à-dire ventralement à la bifurcation trachéale, et dorsale c'est-à-dire dorsalement à la bifurcation trachéale³⁹(division représentée sur la Figure 26).

Il est important de connaître les principales structures à interpréter selon le cadran concerné. Le Tableau II résume les structures médiastinales visibles en radiographie.²¹

Tableau II : Structures du médiastin discernables en radiographie thoracique selon le compartiment médiastinal.²¹

	Médiastin crânial	Médiastin moyen	Médiastin caudal
Système digestif et respiratoire	<ul style="list-style-type: none"> - Trachée - Œsophage 	<ul style="list-style-type: none"> - Bifurcation trachéo-bronchique - Œsophage 	<ul style="list-style-type: none"> - Œsophage
Système cardio-vasculaire	<ul style="list-style-type: none"> - Aorte ascendante - Veines cave crânielles - Artères brachio-céphalique et subclavière 	<ul style="list-style-type: none"> - Cœur - Aorte descendante - Tronc pulmonaire 	<ul style="list-style-type: none"> - Aorte descendante - Veine cave caudale
Système lymphatique et thymus	<ul style="list-style-type: none"> - Thymus entouré de tissu adipeux - Nœuds lymphatiques sus-sternaux et médiastinaux crâniels 	<ul style="list-style-type: none"> - Nœuds lymphatiques trachéo-bronchiques 	

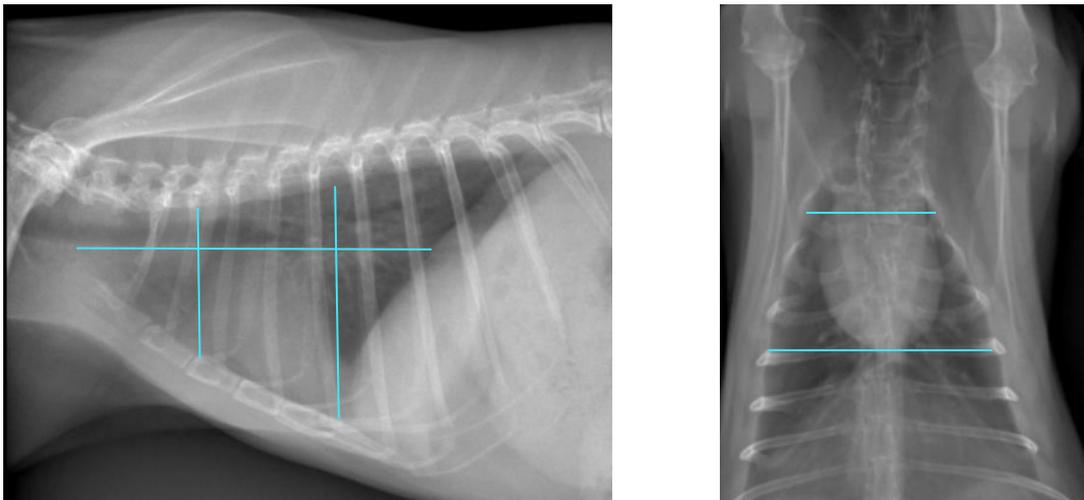


Figure 26 : Compartimentation radiographique du médiastin en 3 parties selon l'axe crano-caudal, chacune subdivisée en une partie dorsale et ventrale en prenant pour repère le cœur et la bifurcation trachéale. (©Service Imagerie Médicale, ONIRIS)

En revanche, pour rappel, les seules structures discernables à la radiographie sont le cœur, le thymus, la trachée et l'œsophage, l'aorte ascendante et descendante, et la veine cave caudale.

c) Les contours et replis du médiastin en radiographie

Le médiastin ne s'insère pas strictement sur le plan médian, ce qui implique que des replis médiastinaux peuvent être observés sur les radiographies thoraciques et ne doivent pas être confondus avec une opacification pathologique.

Ventralement, le médiastin possède une insertion crânioventrale formant le **repli crânial** visualisé comme une ligne d'opacité tissulaire ou liquidienne s'étendant obliquement dans une direction caudoventrale de la première côte au sternum (Figure 27 A et C). Il représente le contenu du médiastin entre les lobe pulmonaires crâniaux gauches et droits.

Le **repli caudal** quant à lui, représente l'insertion caudoventrale du médiastin (Figure 27 B).³⁹

L'apparence de ces replis médiastinaux est déterminée par l'état corporel, car la graisse peut s'accumuler dans le médiastin, augmentant de ce fait l'épaisseur et la visibilité des replis.

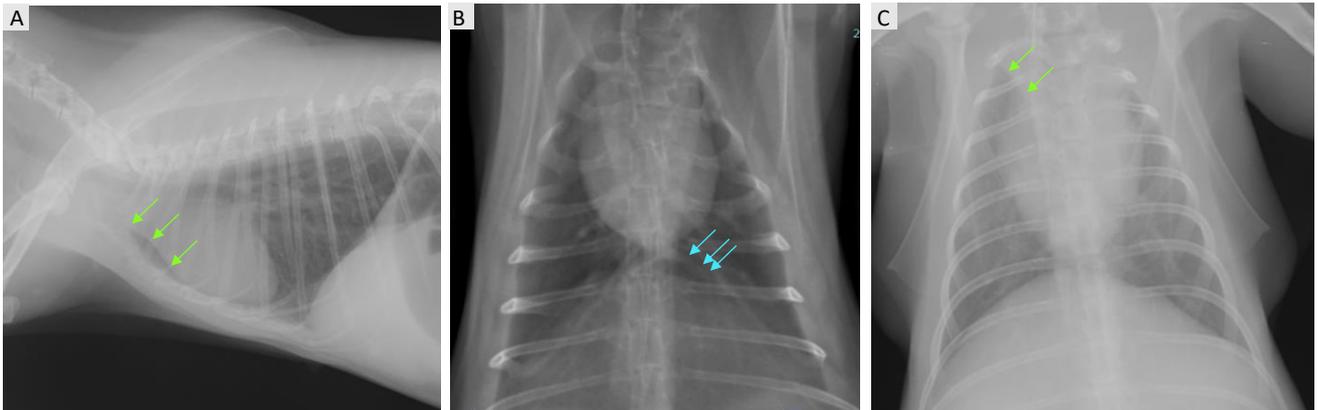


Figure 27 : Replis médiastinaux antérieurs (flèches vertes) et postérieurs (flèches bleues) visibles en radiographie latérale (A) et ventro-dorsale (B, C) de thorax de lapin. (©Service Imagerie Médicale, ONIRIS)

Enfin, le médiastin s'insère dorsalement en bordant les structures médiastinales dorsales (aorte, trachée, oesophage, ...). On peut distinguer ces contours à la radiographie car il s'agit d'une interface entre le poumon aérique radiotransparent et les structures médiastinales adjacentes. (Figure 28)

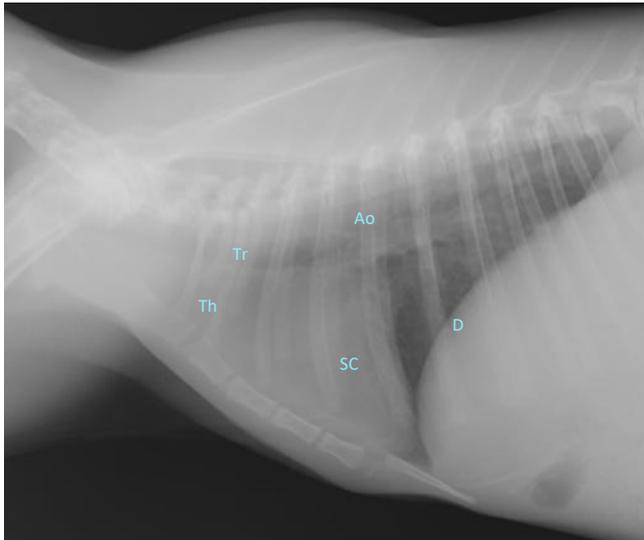


Figure 28 : Bords médiastinaux dorsaux (flèches orange) visibles en radiographie ventro-dorsale de thorax de lapin. (©Service Imagerie Médicale, ONIRIS)

2) Les organes médiastinaux en radiographie

a) Thymus

Le thymus est difficilement délimitable à la radiographie. En effet, étant de même densité que le cœur, il se confond alors avec la silhouette cardiaque crânialement comme il est possible de le constater sur les radiographies des Figures 29 et 30. On parle alors de « signe de la silhouette positive ».



Th : Thymus et graisse médiastinale

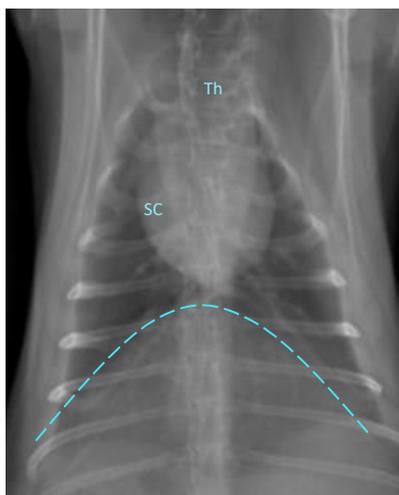
Tr : Trachée

Ao : Aorte

SC : Silhouette cardiaque

D : Diaphragme

Figure 29 : Radiographie normale de thorax de lapin. La densité médiastinale crâniale augmentée par le thymus ne permet pas de distinguer les contours crâniaux du cœur chez la majorité des lapins. (© Service Imagerie Médicale, ONIRIS)



Th : Thymus et graisse médiastinale

SC : Silhouette cardiaque

Pointillés : Diaphragme

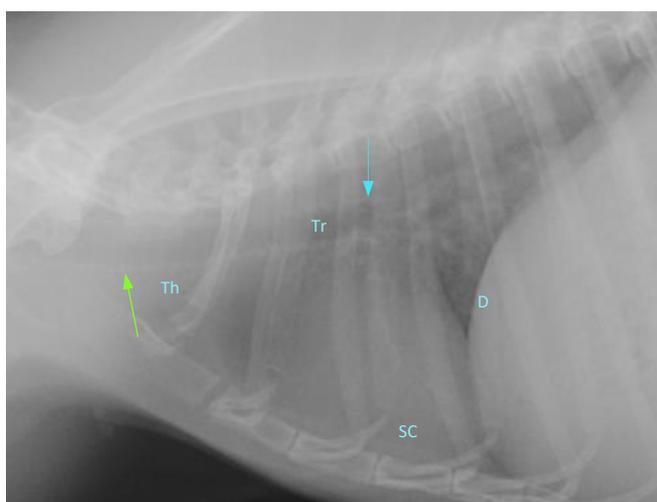
Figure 30 : Radiographie normale du thorax de lapin, projection ventro-dorsale. (© Service Imagerie Médicale, ONIRIS)

b) Trachée et bronches souches

Sur une vue latérale, la trachée intrathoracique se distingue aisément sous la forme d'une structure tubulaire rectiligne d'opacité aérienne en partie dorsale du médiastin crânial.

Les anneaux cartilagineux sont souvent minéralisés chez le lapin²², et peuvent donc être visibles sur une radiographie comme sur la Figure 31 (minéralisation des anneaux trachéaux indiquée par la flèche verte).

La bifurcation trachéo-bronchique (la carène ou carina) se situe dorsalement à la silhouette cardiaque comme indiqué par la flèche bleue sur la Figure 31.^{3,17,22}



Th : Thymus et graisse médiastinale

Tr : Trachée

SC : Silhouette cardiaque

D : Diaphragme

Figure 31 : Minéralisation des anneaux cartilagineux sur une radiographie thoracique de profil. (© Service Imagerie Médicale, ONIRIS)

En incidence latérale, la trachée du lapin peut paraître presque parallèle à la colonne vertébrale, sans que cela soit alors le signe d'un déplacement dorsal de la trachée, contrairement aux carnivores domestiques²².

Sur la vue de face, la trachée apparaît superposée au rachis, contrairement aux carnivores domestiques chez lesquels une légère déviation latérale est physiologique. Chez le lapin il n'existe pas de description de la position de la trachée sur l'incidence de face.

c) Œsophage

Situé dans la portion dorsale du médiastin, dorsalement à la trachée, l'œsophage n'est que rarement visible sans ingestion de produit de contraste.¹⁷ Il peut être identifié lorsqu'il contient une petite quantité d'air. L'œsophage est parfois visualisé de manière physiologique dans son tiers caudal, sous la forme d'une bande d'opacité liquidienne, entre l'aorte et la veine cave caudale sur l'incidence latérale lorsque l'animal déglutit au moment de la prise du cliché.³⁹

d) Système cardio-vasculaire

Sur les radiographies, le cœur de lapin apparaît relativement globuleux avec un apex plus arrondi que chez les carnivores domestiques¹², mais aussi relativement large proportionnellement à la cavité thoracique. Il occupe pratiquement toute la largeur du thorax sur les incidences ventro-dorsale et dorso-ventrale. Cela implique d'être prudent dans le diagnostic de cardiomégalie à partir d'une radiographie chez le lapin. Dans ce cas, une échocardiographie peut être intéressante.²²

Sur une radiographie de profil, le cœur présente une longueur médiane d'environ 4 espaces intercostaux (EIC).⁹

Il est situé généralement entre le 2^{ème} et le 5^{ème} EIC^{9,12,40}, voire entre le 3^{ème} et le 6^{ème} EIC¹³ avec une position souvent médiane sur une vue de face.

Le cœur de lapin est généralement entouré de tissus adipeux en grande quantité comme l'illustre la Figure 32 (flèches noires). Cette graisse viscérale contenue physiologiquement dans le médiastin et le péricarde ⁴¹, rend les contours du cœur assez flous en radiographie notamment sur un lapin obèse. ¹¹

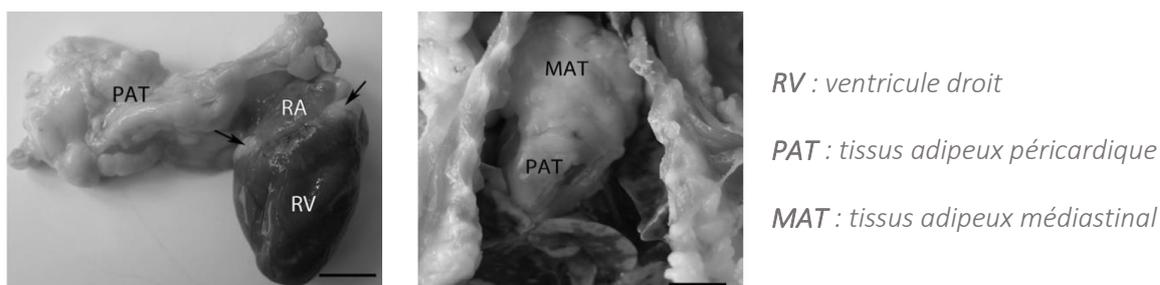
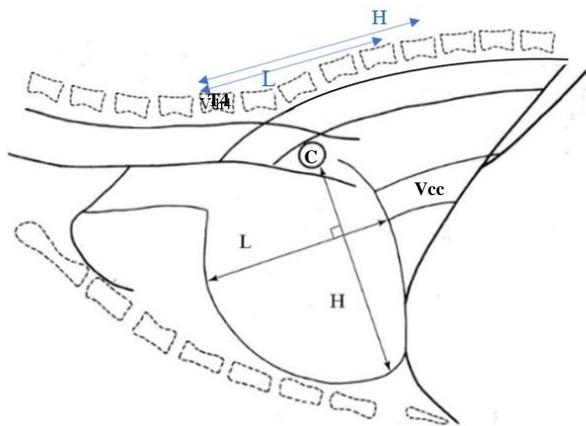


Figure 32 : Important tissu adipeux occupant le médiastin cranial et entourant le péricarde du lapin ce qui rend les contours de cœur flous en radiographie. ⁴¹

Pour l'évaluation de la taille du cœur chez le lapin, il n'existe pas d'adaptation du « Vertebral Heart Score » habituellement utilisé chez les carnivores domestiques. En revanche, une étude menée sur des lapins par *Onuma et al* en 2010⁴² a tenté de déterminer les dimensions cardiaques standards chez le lapin à l'aide d'un score vertébral similaire à celui décrit chez le chien (Vertebral Heart Score).

Onuma et al ont réalisé des mesures des dimensions cardiaques chez 27 lapins sains en appliquant la méthode de Buchanan, à partir de radiographies en incidence latérale droite. La méthode de Buchanan (décrite chez les carnivores) consiste à mesurer la largeur (L) et la hauteur (H) du cœur, sur un cliché radiographique de profil comme illustré sur la Figure 33.



Vcc : Veine cave caudale

C : Carina

T4 : 4^{ème} vertèbre thoracique

H : Grand axe du cœur, du bord ventral de la carina au point le plus ventral de l'apex cardiaque.

L : Petit axe du cœur, perpendiculaire au grand axe, passant par la partie ventrale de la veine cave caudale.

Figure 33 : Méthode de Buchanan, report de la longueur et de la largeur du cœur à partir de la 4^{ème} vertèbre thoracique. (Chloé Vreux)

La somme du grand axe et du petit axe du cœur est ensuite à reporter à partir du bord crânial de la 4^{ème} vertèbre thoracique, comme indiqué sur la Figure 33, afin d'obtenir une longueur équivalente en vertèbres.

Les résultats de ces mesures de cœurs sains chez des lapins dans deux études sont présentés dans le Tableau III.

Tableau III : Moyennes d'équivalent vertébral de la mesure L+S selon deux études sur des radiographies thoraciques latérales droites.

Etude	Onuma et al 2010 ⁴²		Giannico et al 2015 ⁴⁰
Population de l'étude	27 Lapins de races variées		50 Lapins Néo-Zélandais
	Lapins de poids inférieur à 1.6kg	Lapins de poids supérieur à 1,6 kg	
Equivalent vertébral de la mesure L+S	7.55 ± 0.38	7.99 ± 0.58	7.6 ± 0,39

Sur une radiographie, les aires de projection des cavités cardiaques du lapin ont une position similaire à celle chez les carnivores domestiques.

L'analogie avec le cadran d'une horloge est souvent utilisée pour décrire les positions des cavités cardiaques en radiographie. On utilise alors la base du cœur pour repérer la position « 12 heures » sur la vue latérale, tandis que sur la vue ventro-dorsale, 12 heures se situe juste au-dessus de l'arc aortique.⁴³

Sur l'incidence de face on retrouve, tels que décrits sur Figure 34, l'oreillette droite (de 9h à 11h sur un cadran horaire), l'oreillette gauche (de 2h à 3h), le ventricule droit (de 6h à 9h) et le

ventricule gauche (de 3h à 5h). Enfin le tronc pulmonaire est situé entre l'aorte thoracique (de 12h à 1h) et l'oreillette gauche (de 2h à 3h).

Sur l'incidence latérale, on retrouve les quatre cavités cardiaques qui sont l'oreillette droite (de 9h à 12h), l'oreillette gauche (de 12h à 3h), le ventricule droit (de 6h à 9h), le ventricule gauche (de 3h à 6h), ainsi que l'aorte descendante et la veine cave caudale (Figure 34).

En effet, sur une radiographie d'un animal sain, seuls deux vaisseaux sont identifiables individuellement : la veine cave caudale et l'aorte thoracique (Figure 34, légende 6). L'aorte thoracique se trouve en région dorsale, ventralement à la colonne vertébrale. La veine cave caudale (Figure 34, légende 7) se trouve entre le cœur et le diaphragme environ à mi-hauteur du thorax.

Ces deux gros vaisseaux sont visibles sous la forme de structures tubulaires rectilignes de direction horizontale et d'opacité liquidienne.³⁹

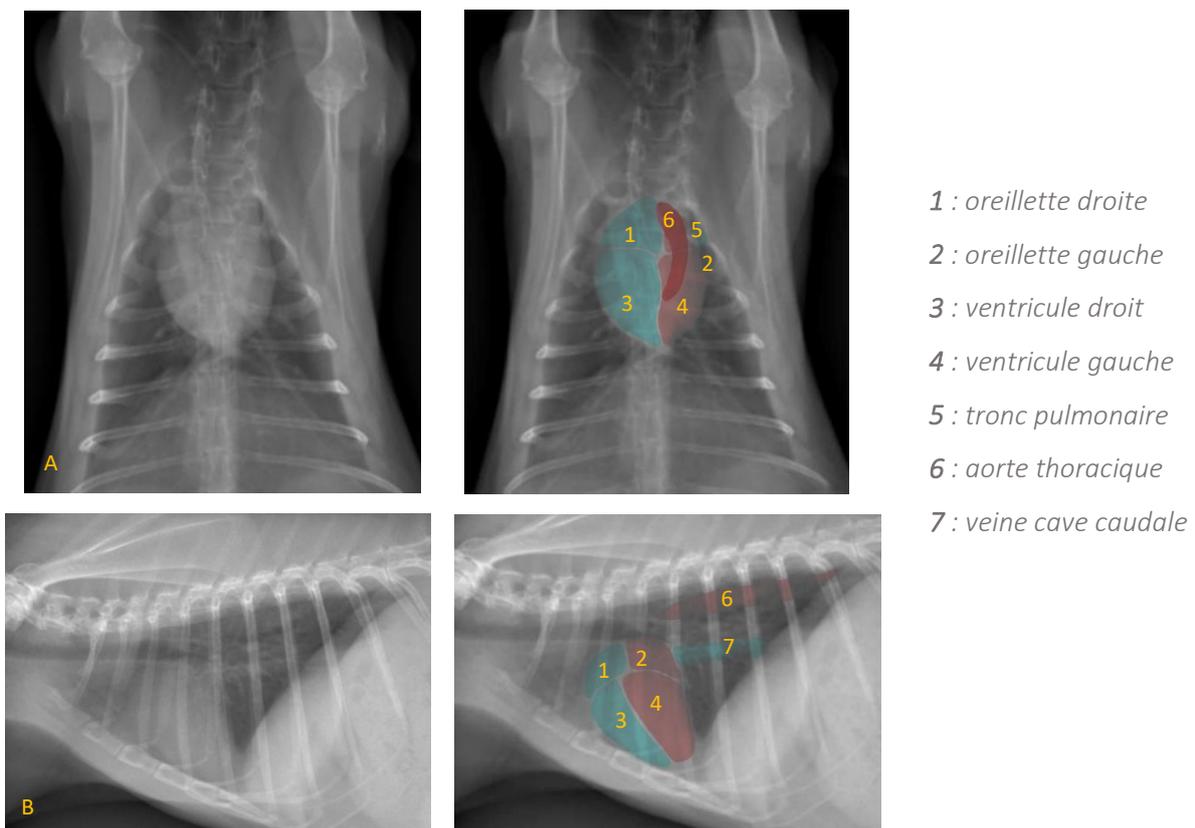


Figure 34 : Radiographies thoraciques de lapin et aires de projection des cavités cardiaques et des vaisseaux visibles en projection latérale droite (A), et en projection ventro-dorsale (D).¹⁷

B) Exploration par échographie

Les indications de l'exploration échographique du médiastin sont multiples. Premièrement en cas de signes de cardiopathie ou lors de doute sur une cardiomégalie à la radiographie, l'échocardiographie est particulièrement indiquée.

Ensuite, l'échographie est utile pour l'exploration de masses visualisées ou suspectées à la radiographie, notamment lors de suspicions d'atteinte du thymus.

Enfin, l'échographie T-FAST en cas de traumatisme, ou sur un animal critique, peut-être intéressante pour visualiser entre autres un épanchement péricardique ou médiastinal.

1) Echocardiographie

L'échocardiographie permet d'apprécier plusieurs caractéristiques principales. Premièrement, elle permet d'évaluer qualitativement l'aspect des cavités, parois et valves cardiaques. Ensuite, celle-ci permet de mesurer la taille des cavités et parois, afin de les comparer à des normes spécifiques de l'espèce. Enfin, certaines valeurs, en particulier l'indice de contractilité et les flux sanguins, peuvent être respectivement calculés et mesurés lors de cet examen.

Trois modes échographiques sont nécessaires à un examen complet : le mode bi-dimensionnel (BD) pour apprécier qualitativement les structures et effectuer des rapports de mesure, le mode temps-mouvement (TM) qui visualise les mouvements des structures rencontrées par un faisceau linéaire d'ultrasons en fonction du temps, et enfin le mode Doppler pour visualiser les flux sanguins.¹⁷

La démarche standardisée de cet examen chez le lapin est la même que chez les carnivores domestiques. Ainsi, les coupes du cœur classiquement décrites chez le chien et le chat peuvent être également réalisées chez le lapin.¹³

Dans l'espèce cunicole, le sinus coronaire (entourant la jonction atrio-ventriculaire) se distingue de celui des carnivores domestiques par sa taille. En effet ce sinus, qui reçoit le sang des veines coronaires et de la veine cave crâniale gauche chez le lapin, apparaît très dilaté à l'examen échocardiographique, et ne doit pas être interprété comme une anomalie dans cette espèce.¹³

a) Abords droits

i. Abord parasternal droit, coupe longitudinale quatre cavités

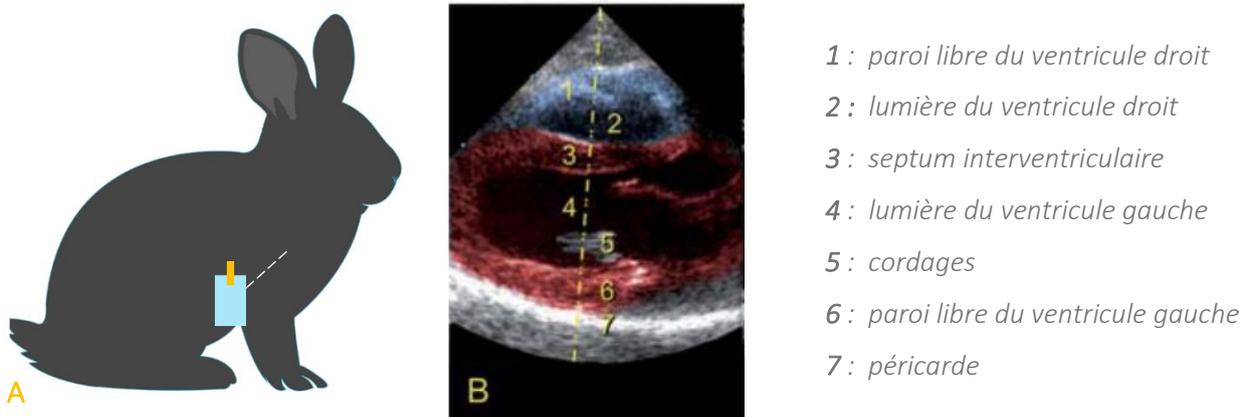


Figure 35 : Coupe grand axe quatre cavités, abord parasternal droit. A : Placement de la sonde sur la paroi thoracique droite caudalement au coude où le choc précordial est palpable ; B : Structures cardiaques visibles sur cette coupe.¹⁷

Cette coupe permet une première étude subjective :

- Des quatre cavités cardiaques (absence de dilatation cavitaire, bonne contractibilité visible).
- Des valves atrio-ventriculaires.
- Du septum (un septum trop fin est par exemple révélateur d'une dilatation cavitaire).

Les valves atrio-ventriculaires, tout comme les valves sigmoïdes, doivent avoir un aspect morphologique échogène, fin et régulier. Les images morphologiques de remaniements valvulaires se traduiront par un épaississement ou une irrégularité des feuillets, souvent représentés par des lésions nodulaires. Il convient également de vérifier l'absence de modifications cinétiques des valves, comme un défaut de coaptation des feuillets (les feuillets valvulaires doivent se fermer en forme de « V »), une protrusion de la valve vers l'oreillette en systole ventriculaire, ou encore une diminution de leur amplitude d'ouverture.

L'évaluation quantitative des structures cardiaques, quant à elle, nécessite l'utilisation de quelques repères chez le lapin, notamment l'épaisseur de la paroi libre du ventricule gauche (Figure 35, légende 10) qui doit être similaire à celle du septum interventriculaire (Figure 35, légende 3).¹³ Les valeurs de référence chez le lapin sont abordées dans le Tableau IV.

ii. Abord parasternal droit, coupe longitudinale cinq cavités

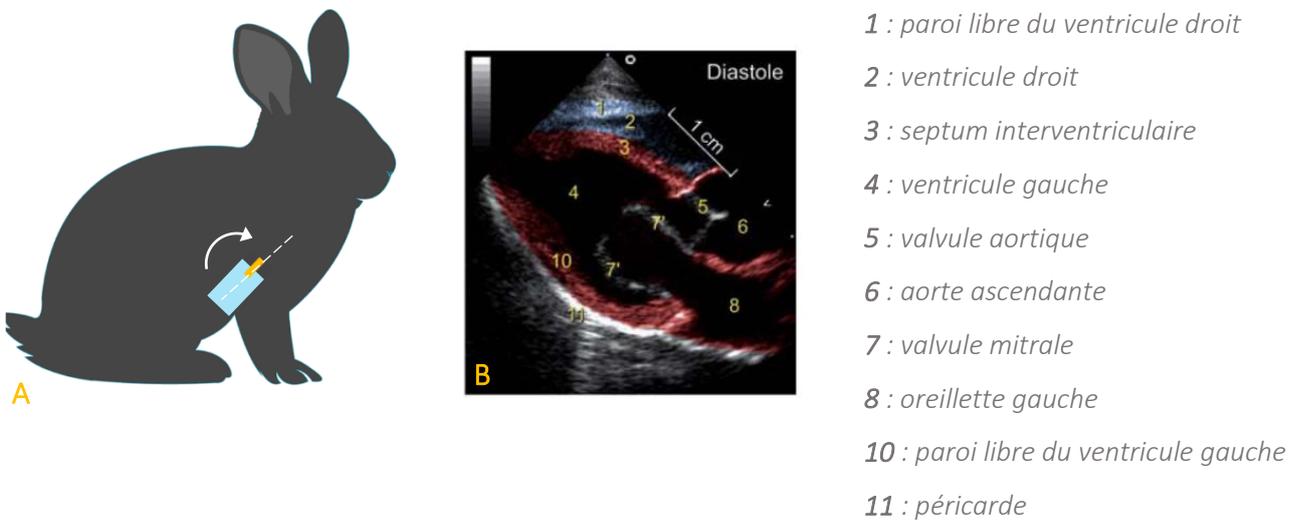


Figure 36 Coupe grand axe cinq cavités. A : Placement de la sonde en abord parasternal droit en orientant le repère dans le sens horaire. B : Structures visibles sur cette coupe.¹⁷

Cette coupe permet de visualiser l'aorte (Figure 36, légende 6) et les sigmoïdes aortiques (Figure 36, légende 5) en plus des structures visibles sur la coupe précédente.

Pour l'évaluation de la valve aortique, une attention particulière pourra être apportée à l'absence de bourrelets ou de zones de fibroses hyperéchogènes de l'anneau valvulaire, ainsi que des régions sous aortique et post-aortique.

Les coupes suivantes en abord parasternal droit, se réalisent en coupe transversale du cœur. Ces incidences transversales sont plus fiables, symétriques et sont donc plus simples à réaliser chez un mammifère de petite taille comme le lapin, en comparaison avec les coupes longitudinales.¹⁷

Par conséquent, il est possible dans certains cas que l'évaluation et la mesure des structures cardiaques ne puissent être réalisées qu'à partir des coupes transversales chez le lapin.¹⁷

iii. Abord parasternal droit, coupe transversale transventriculaire (coupe « champignon »)

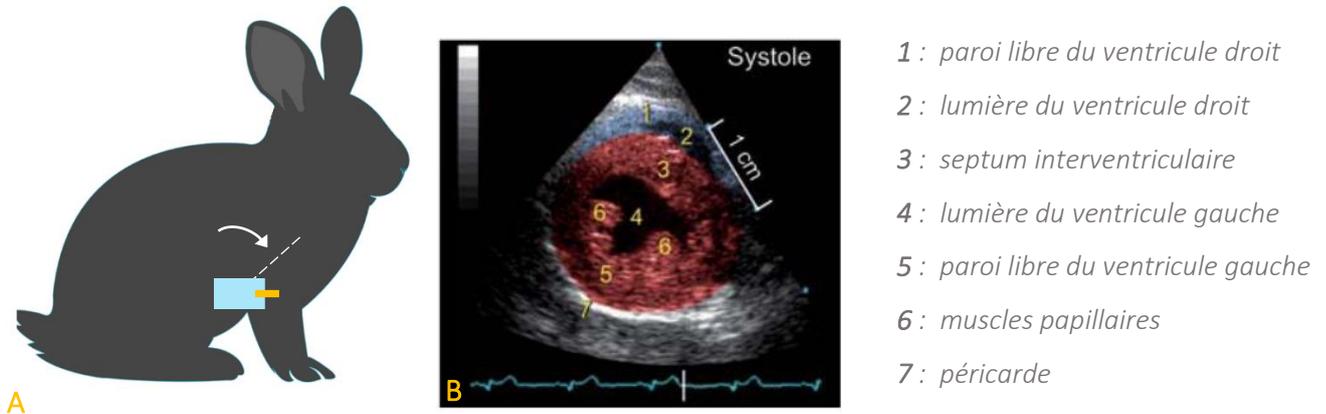


Figure 37 : Coupe petit axe transventriculaire. A : Le repère de la sonde est pointé vers l'olécrane¹⁷, et est maintenant incliné à 90° par rapport à la position initiale. B : Structures visibles sur cette coupe.¹⁷

L'évaluation qualitative est en partie possible avec cette coupe qui permet de visualiser les muscles papillaires (ou piliers, Figure 37, légende 6). Chez le lapin, le tissu adipeux péricardique, souvent abondant, apparaît comme une structure homogène, modérément échogène contre le myocarde hyperéchogène.⁴¹

Cette première coupe transversale va permettre d'utiliser le mode Temps-Mouvement (TM) transventriculaire, comme illustrée sur la Figure 38.

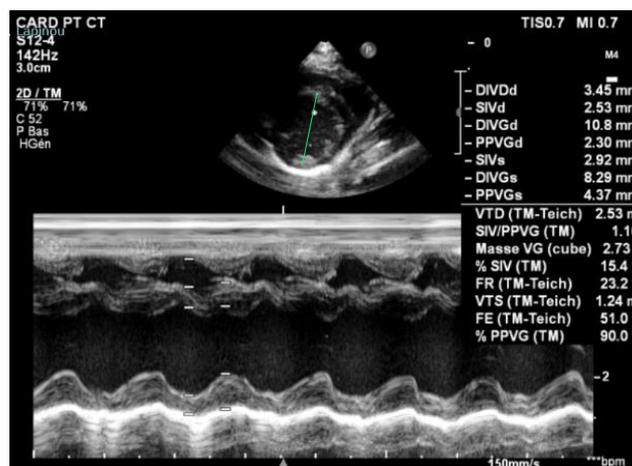


Figure 38 : Tir TM sur une coupe parasternale droite transventriculaire. (© Service Imagerie Médicale, ONIRIS)

L'axe de tir temps-mouvement (matérialisé par un trait vert sur la Figure 38 doit s'effectuer juste sous la valve mitrale, au niveau des muscles papillaires ⁴⁴ et perpendiculairement au septum interventriculaire (pour ne pas surestimer l'épaisseur des parois).

Sur la Figure 38, on retrouve les mesures suivantes :

- L'épaisseur du septum interventriculaire (SIV).
- Le diamètre intraventriculaire du ventricule gauche (DIVG).
- Le diamètre intraventriculaire du ventricule droit (DIVD).
- L'épaisseur de la paroi libre (« postérieure ») du ventricule gauche (PPVG).

Ces paramètres sont à mesurer en systole (indice « s ») et en diastole (« d ») pour les comparer aux normes chez le lapin (Tableau IV).

On peut évaluer la contractilité du cœur par la fraction de raccourcissement (FR) avec la formule ci-dessous :

$$FR = \frac{(DIVGd - DIVGs)}{DIVGd} \times 100$$

Les mesures des structures cardiaques et les différents indices obtenus sont à comparer avec les normes de l'espèce. Le Tableau IV répertorie ces normes chez différentes races selon les études réalisées. En revanche les lapins nains de plus petit gabarit, sont encore peu représentés dans les études.

Tableau IV : Mesures principales en échographie BD et TM effectuées sur des lapins vigiles à partir de coupe parasternale droite, petit axe et grand axe, d'après deux études.

	Petit axe	Grand axe	
	<i>Stypmann, Breithardt et al (2007)⁴⁵</i>	<i>Stypmann, Breithardt et al (2007)⁴⁵</i>	<i>Kattinger (1999)⁴⁶</i>
Race de lapin étudiée	Néo-Zélandais (sous sédation : kétamine et xylazine)	Néo-Zélandais	Races variées
Nombre de lapins dans l'étude	20	20	13
Poids des individus	2.45-3.35 kg	2.45-3.35 kg	1.30-3.50kg
Fréquence de la sonde	12 MHz	12 MHz	7.5 MHz
Fréquence cardiaque (en battement par minute)	198 ± 37	234 ± 26	190-330
SIVd (Epaisseur du septum interventriculaire en diastole) en cm	0.20 ± 0.03	0.22 ± 0.06	0.23 ± 0.04
DIVD (Diamètre ventriculaire télédiastolique gauche) en cm	1.48 ± 0.08	1.54 ± 0.12	1.25 ± 0.16
DIVG (Diamètre ventriculaire systolique gauche) en cm	1.07 ± 0.09	1.01 ± 0.10	0.75 ± 0.15
PPVG (Paroi libre du ventricule gauche en diastole) en cm	0.27 ± 0.05	0.27 ± 0.04	0.23 ± 0.05
FR (Fraction de raccourcissement du ventricule gauche) en %	28.5 ± 3.8	34.5 ± 4.9	41.20 ± 6.18

iv. Abord parasternal droit, coupe transversale transmitrale (coupe « bouche de poisson »)

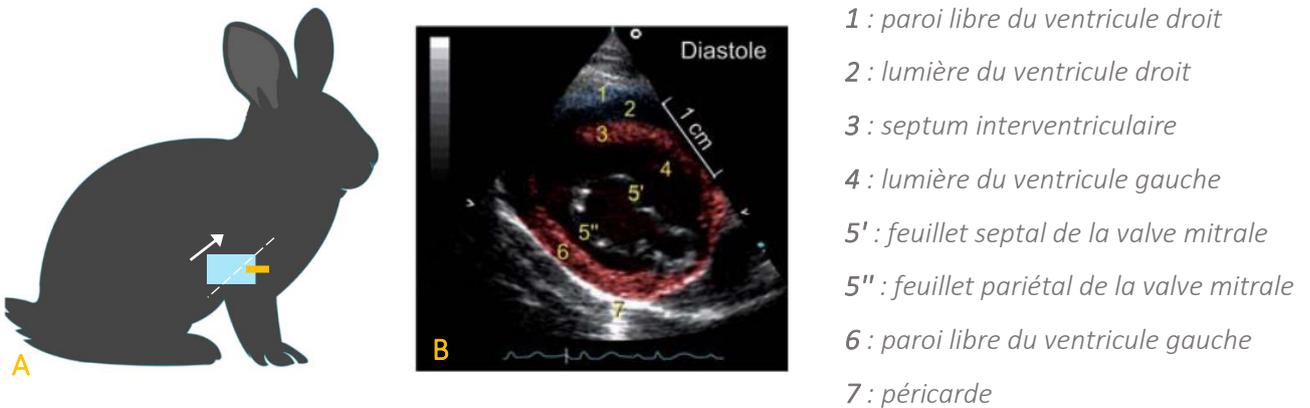


Figure 39 : Coupe parasternale droite petit axe transmitrale. A : La sonde est déplacée crânialement selon l'axe longitudinal du cœur. B : Structures présentes sur cette coupe.¹⁷

Théoriquement, cette coupe permet d'évaluer, en mode TM, le feuillet antérieur (ou septal) de la valve mitrale et sa position en fonction du cycle cardiaque par rapport à la paroi du ventricule gauche (Figures 40 et 41). La distance E-S est visualisable sur la Figure 41. En pratique, cela est difficile à obtenir chez le lapin étant donné la petite taille des structures, en particulier avec des sondes échocardiographiques classiques.

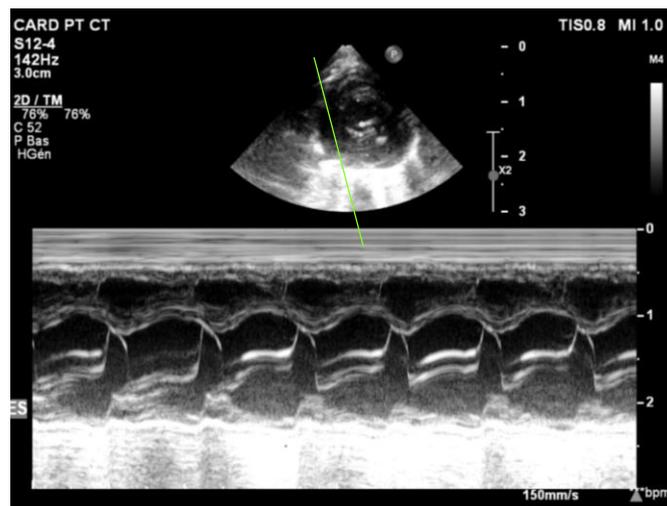
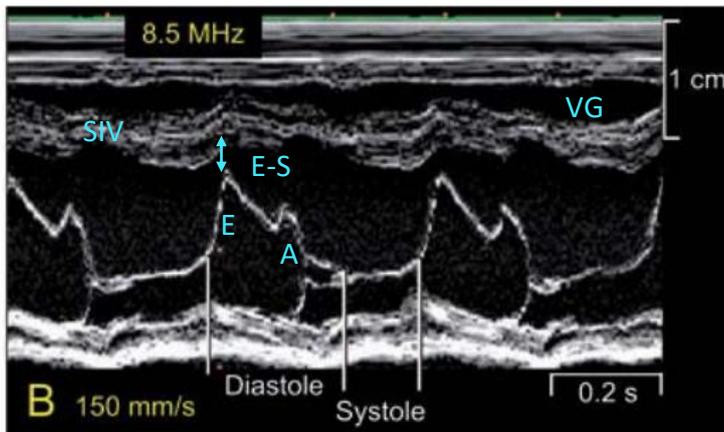


Figure 40 : Tir TM en coupe parasternale droite petit axe transmitrale (cœur sain). (© Service Imagerie Médicale, ONIRIS)



VG : ventricule gauche

SIV : septum interventriculaire

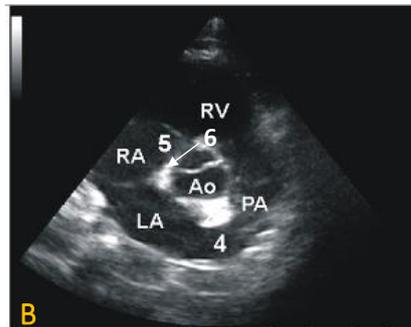
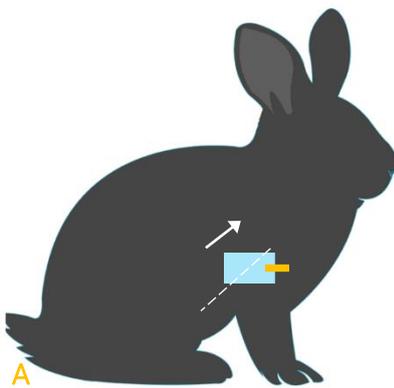
E-S : distance valve mitrale – paroi ventricule gauche en diastole

E : point maximal d'ouverture du feuillet septal de la valve mitrale (en phase passive de remplissage du ventricule gauche)

A : point maximal de réouverture de la mitrale, en fin de remplissage ventriculaire actif

Figure 41 : Mode TM de la valve mitrale chez un lapin.¹⁷

v. Abord parasternal droit, coupe transaortique



RV : ventricule droit

LA : oreillette gauche

RA : oreillette droite

PA : artère pulmonaire

Ao : aorte

4 : auricule gauche

5 : valve tricuspide

6 : valves aortiques

Figure 42 : Coupe parasternale droite, petit axe transaortique. A : La sonde est avancée encore plus crânialement selon l'axe longitudinal du cœur. B : Structures visibles sur cette coupe.

Sur cette incidence, on peut évaluer qualitativement les valves aortiques (Figure 42, légende 6), mais aussi mesurer le rapport AG/Ao (diamètre de l'Atrium gauche / diamètre de l'Aorte), rapporté sur la Figure 43, qui permet de mettre en évidence une éventuelle dilatation de l'oreillette gauche.



Figure 43 : Réalisation du rapport AG/Ao (indice témoin de la dilatation de l'oreillette gauche), chez un lapin. (© Service Imagerie Médicale, ONIRIS)

Le diamètre de l'oreillette gauche doit être de 1,0 à 1,5 fois celui de l'aorte chez le lapin.¹³

En remontant légèrement la sonde on obtient une coupe sur laquelle il est possible de visualiser les valves pulmonaires et le tronc pulmonaire. A partir de cette coupe, on calcule le rapport TP/Ao (diamètre du Tronc pulmonaire / diamètre de l'Aorte) rapporté sur la Figure 44. L'aorte et l'artère pulmonaire principale doivent avoir le même diamètre chez un lapin sain.¹³



Figure 44 : Calcul du rapport TP/Ao chez un lapin sain. (© Service Imagerie Médicale, ONIRIS)

L'imagerie en mode TM peut être réalisée chez le lapin sur les coupes grands axes ou petits axes. Dans les deux cas, la relation entre la taille de l'oreillette en télésystole et le diamètre de l'aorte en télédiastole est comparable.¹⁷

b) Abords gauches

L'abord gauche permet aux ultrasons d'avoir une direction tangentielle aux flux sanguins. Cela permet l'utilisation du Doppler qui nécessite un angle le plus faible possible entre la direction des ultrasons et des flux. Le tir Doppler des flux sanguins renseigne la direction, le caractère laminaire ou turbulent (anormal), et la vitesse des flux mitral, tricuspide, aortique et pulmonaire. Cependant l'évaluation du flux pulmonaire est classiquement réalisée à droite sur la coupe transaortique.

i. Abord parasternal apical gauche, coupe longitudinale quatre cavités

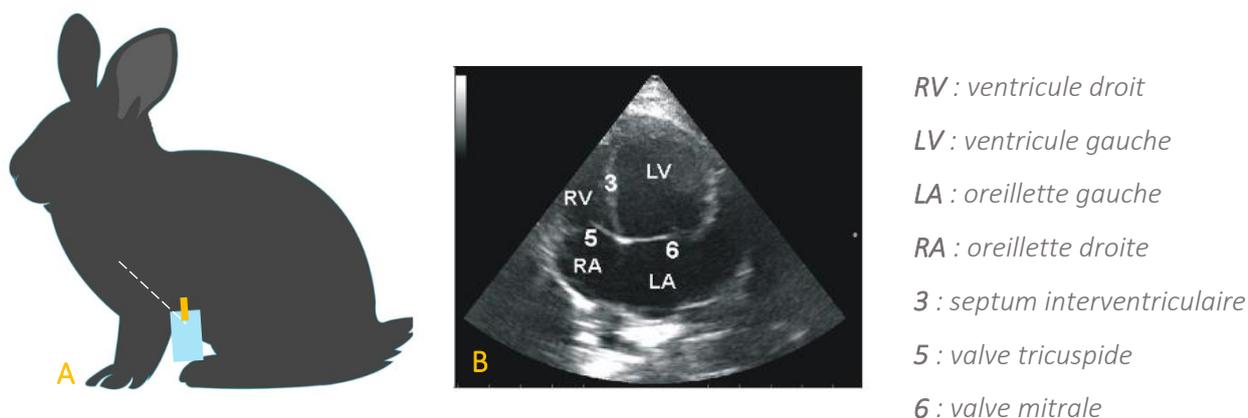


Figure 45 : Coupe apicale gauche, grand axe quatre cavités. A : Placement de la sonde juste latéralement au sternum au niveau de l'apex cardiaque¹⁷. B : Structures visibles sur cette coupe.⁴⁰

Ces coupes en abord apical gauche ne doivent pas être utilisées pour mesurer l'épaisseur des parois car les ultrasons n'arrivent pas perpendiculaires, mais plus tangentielllement aux surfaces cardiaques, l'épaisseur serait donc surestimée.

L'image du cœur en abord apical gauche est visualisée "à l'envers". En effet avec la position de la sonde, l'apex du cœur se retrouve en haut de l'image et la base du cœur en bas (comme l'illustre la Figure 45 B).¹⁸

Cette coupe permet également d'évaluer subjectivement les rapports de taille entre le cœur droit et gauche.¹⁷ Chez le lapin, l'épaisseur du ventricule droit (paroi libre additionnée du diamètre de la chambre ventriculaire droite) représentent un tiers à la moitié de l'épaisseur du ventricule gauche¹³.

Les oreillettes gauche et droite quant à elles, doivent être de taille comparable.¹³

Sur cette incidence, il est possible de réaliser les tirs Doppler mitral et tricuspide pour évaluer les caractéristiques et la vitesse de ces flux.⁴⁰

La Figure 46 illustre les caractéristiques de la valve mitrale : diastolique, laminaire, antérograde et biphasique (en « M »).

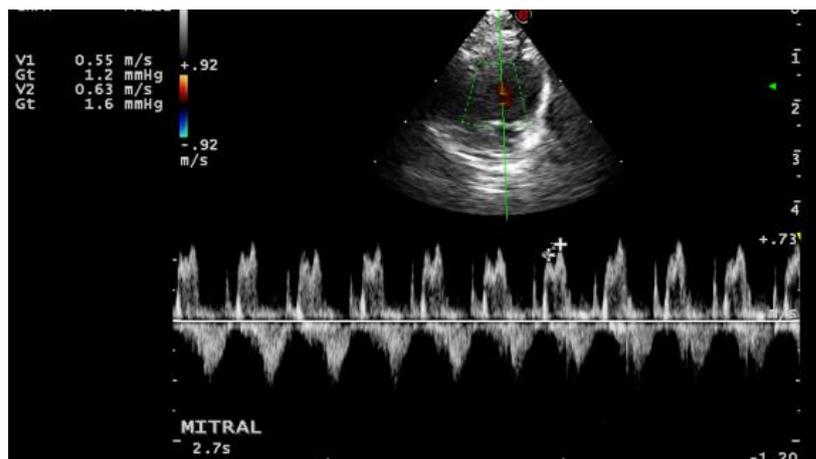


Figure 46 : Tir TM en coupe apicale gauche, grand axe, quatre cavités. (© Service Imagerie Médicale, ONIRIS)

Du point de vue quantitatif, il est utile de comparer la norme de vitesse des différents flux afin de détecter une insuffisance valvulaire ou d'éventuelles anomalies de gradient de pression entre les cavités. Le Tableau V répertorie les normes de vitesses des différents flux chez le lapin selon deux études.

Tableau V : Mesures Doppler en mode pulsé des vitesses des flux cardiaques, chez le lapin de compagnie d'après plusieurs études¹⁷

Etude	Breithard 2001 ; Stypmann et al 2007 ⁴⁵		Kattinger 1999 ⁴⁶
	Race de lapin étudiée	Néo-Zélandais	Races variées
Flux <u>aortique</u> en Doppler continu	V _{Ao} max en m/s	0.80 ± 0.16	0.75 ± 0.08
Flux <u>pulmonaire</u> en Doppler continu	V _p max en m/s	0.67 ± 0.17	0.74 ± 0.11
Flux <u>mitrale</u> en Doppler continu	V _m max E en m/s	0.71 ± 0.14	
	V _m max A en m/s	0.51 ± 0.15	
Flux <u>tricuspide</u> en Doppler continu	V _t max E en m/s	0.51±0.07	
	V _t max A en m/s	0.29±0.07	

ii. Abord parasternal gauche, coupe longitudinale cinq cavités



Figure 47 : Coupe apicale gauche grand axe cinq cavités. A : Déplacement de la sonde crânialement selon l'axe longitudinal du cœur. B : Structures visibles sur cette coupe.⁴⁰

Cette coupe permet notamment d'évaluer le flux aortique.¹⁷ La Figure 48 ci-dessous permet de visualiser l'aspect d'un flux aortique normal. Le flux aortique est systolique, rétrograde, laminaire, asymétrique et monophasique, avec une vitesse maximale de $0.75\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ce qui est dans les normes établies par les deux études résumées dans le Tableau V.

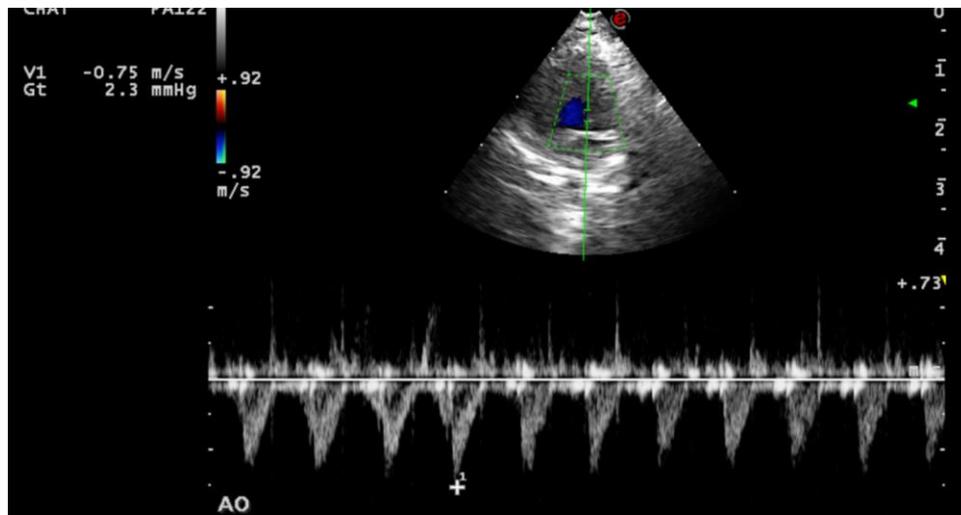


Figure 48 : Tir Doppler aortique. Le flux représenté en bleu est un flux rétrograde qui s'éloigne de la sonde à ultrasons, à l'inverse d'un flux rouge antérograde qui s'approche de la sonde. Le flux aortique est ici systolique, rétrograde, laminaire, asymétrique et monophasique, avec une vitesse maximale de $0.75\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. (© Service Imagerie Médicale, ONIRIS.)

2) Exploration du médiastin crânial

Pour visualiser le médiastin crânial par échographie, la sonde est placée près du cœur en abord intercostal droit ou gauche, ou par abord crânial de l'entrée du thorax⁴⁷. Très peu d'informations sont présentes dans la littérature au sujet de l'aspect du médiastin crânial sain du lapin en échographie par ces abords. Cependant, en se basant sur l'échographie du médiastin crânial chez le chien, la visualisation des gros vaisseaux, du thymus, de la graisse médiastinale et parfois des nœuds lymphatiques médiastinaux et sternaux crâniiaux⁴⁷ peut-être réalisable en pratique chez les lapins.

A l'échographie du médiastin crânial du lapin, il est possible de distinguer les grands vaisseaux qui se présentent comme des structures tubulaires anéchogènes présentant un flux en mode Doppler. Il est possible d'observer notamment la crosse aortique, le tronc brachio-céphalique et les veines caves crânielles (Figure 49).

Théoriquement, le thymus sain apparaît comme une masse crâniale au cœur, de faible échogénicité, avec de multiples lignes et foyers échogènes représentant les sections transversales des septa composés de tissus conjonctifs, ou des vaisseaux sanguins anéchogènes contenus dans les septa.²²

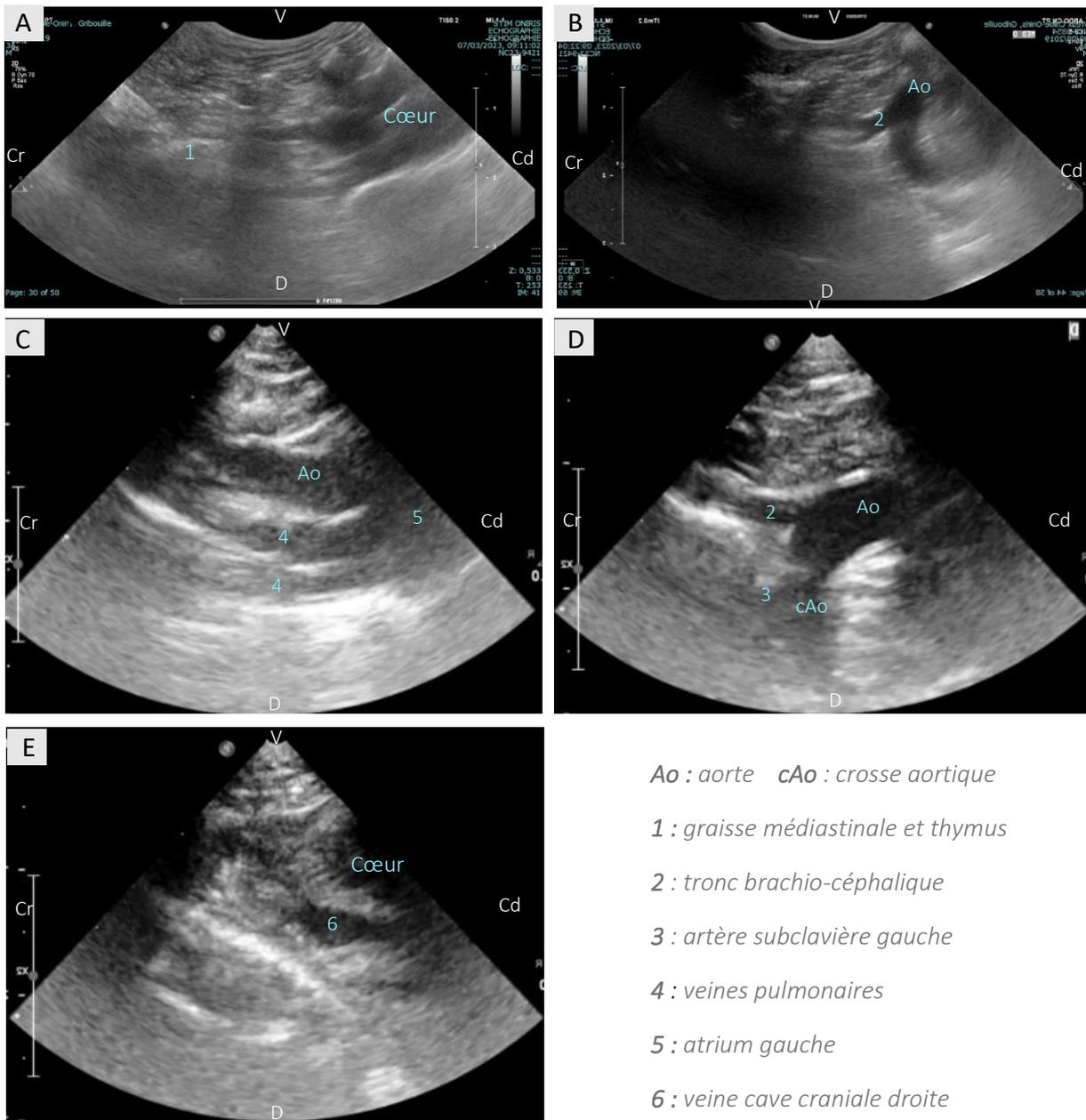


Figure 49 : Echographie du médiastin cranial d'un lapin sain. (A) : bord gauche. (B), (C), (D), (E), (F) : Abord droit. Il est possible de suivre les grands vaisseaux médiastinaux afin de rester dans le médiastin. (Images réalisées pour la thèse, © Service Imagerie Médicale, ONIRIS)

Cependant, dans la pratique il est assez compliqué de différencier le thymus sain du lapin de la graisse médiastinale à l'échographie (Figure 49, légende 1).

C) Exploration par l'imagerie en coupe

Pour interpréter les images scanner comme d'IRM, il est important de comprendre les coupes fréquemment utilisées. La Figure 50 représente les trois vues principales en imagerie en coupe pour l'exploration du thorax.

Dans ce paragraphe, seules les images tomodensitométriques seront détaillées en raison de l'utilisation limitée de l'IRM pour le thorax, en particulier dans l'espèce cunicole.

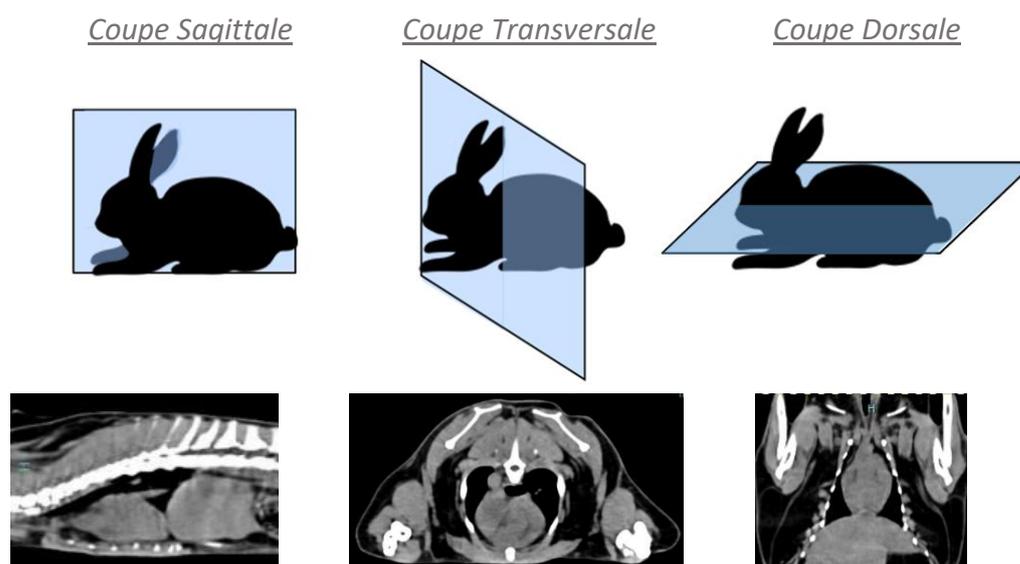


Figure 50 : Les trois coupes principales du thorax en imagerie en coupe. (Chloé Vreux, d'après des images scanner du © Service Imagerie Médicale, ONIRIS)

Afin de faciliter l'exploration et la reconnaissance des différents organes sains en scanner, les principaux groupes d'organes seront vus séparément, avant d'étudier les différentes coupes de lapin dans l'ordre crânio-caudal.

1) Aspect scanner des différents organes médiastinaux

a) Système cardio-vasculaire

L'intégralité du cœur est généralement visible chez le lapin en coupe transversale au niveau de la 5^{ème} vertèbre thoracique, de ce fait, l'aorte descendante apparaît généralement plus caudalement au niveau de la 6^{ème} vertèbre thoracique ⁴⁸. Les compartiments cardiaques classiquement visualisables en scanner chez le lapin sont représentés sur les Figures 51 et 52.

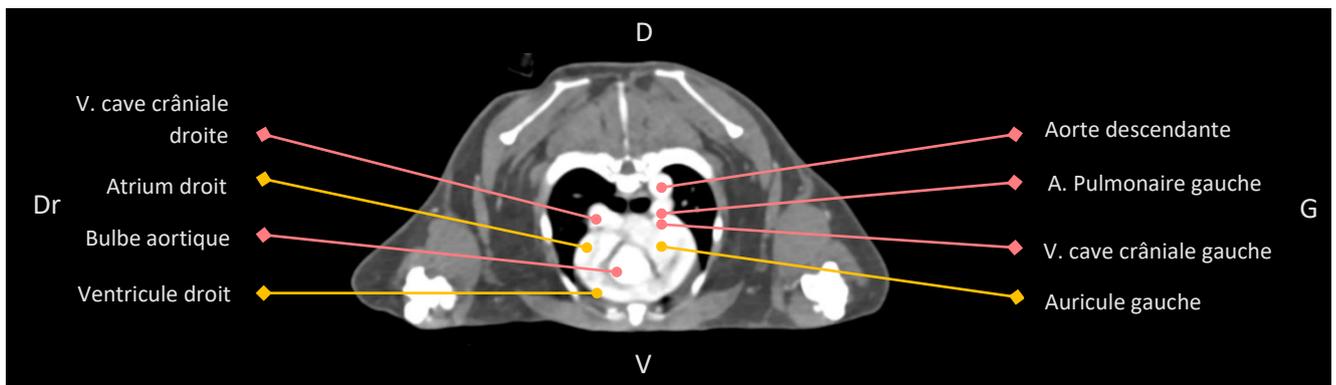


Figure 51 : Coupe transversale de scanner sur un thorax de lapin au niveau du cœur. (©Service Imagerie Médicale, ONIRIS)

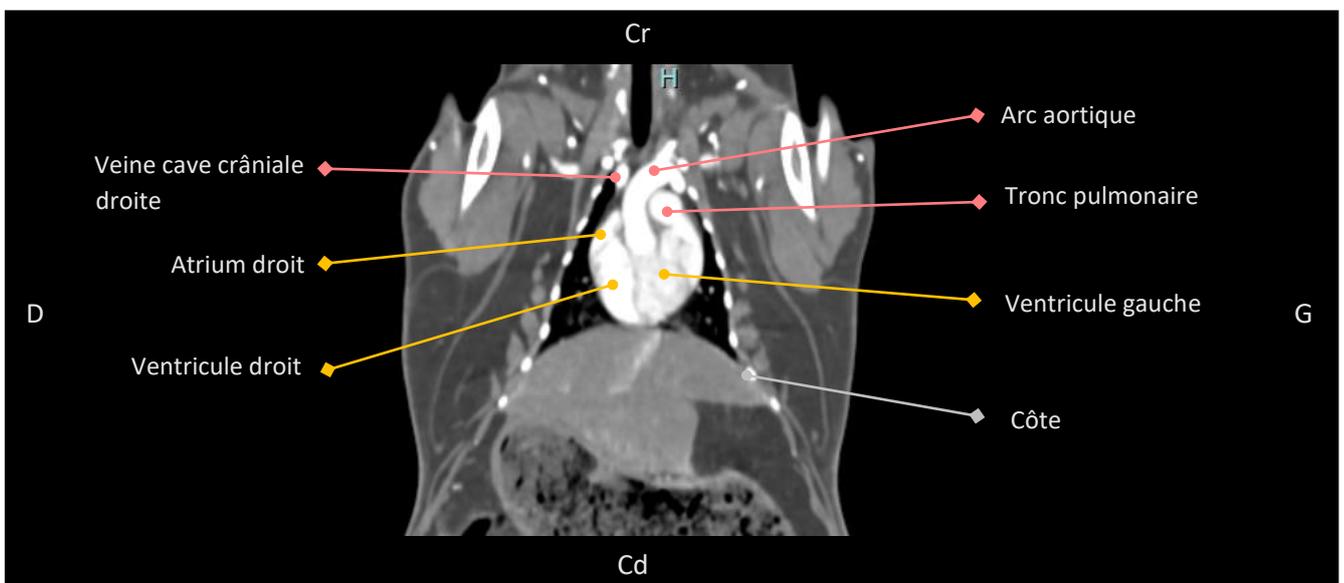
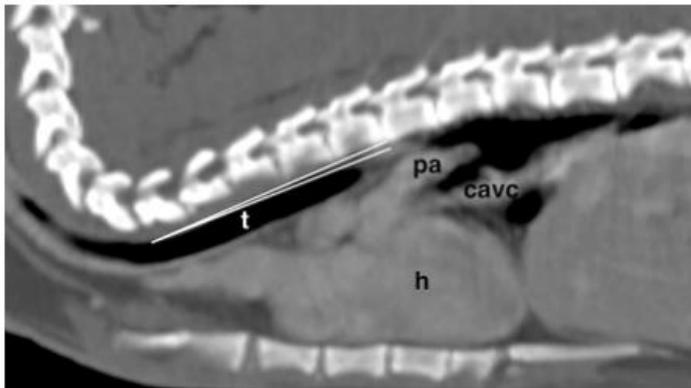


Figure 52 : Coupe dorsale de scanner sur un thorax de lapin au niveau du cœur. (©Service Imagerie Médicale, ONIRIS)

b) Œsophage et trachée

L'œsophage est observé à gauche de la trachée, à l'entrée du thorax avant de passer dorsalement à la trachée dans le médiastin, puis finit par traverser le diaphragme médialement.³⁹

La trachée possède des anneaux généralement légèrement minéralisés, et forme un angle réduit avec l'axe du rachis^{9,17}(Figures 53 et 54). Selon une étude réalisée à partir d'images scanner, cette angulation était de 5 degrés en moyenne chez 10 lapins sains⁹. La bifurcation trachéale est généralement observée en regard de la 4^{ème} vertèbre thoracique.



t : trachée
h : cœur
pa : artère pulmonaire
cavc : veine cave caudale

Figure 53 : Image scanner de thorax en coupe sagittale sur un lapin. L'angle entre l'axe de la trachée et celui du rachis est faible chez le lapin.⁹

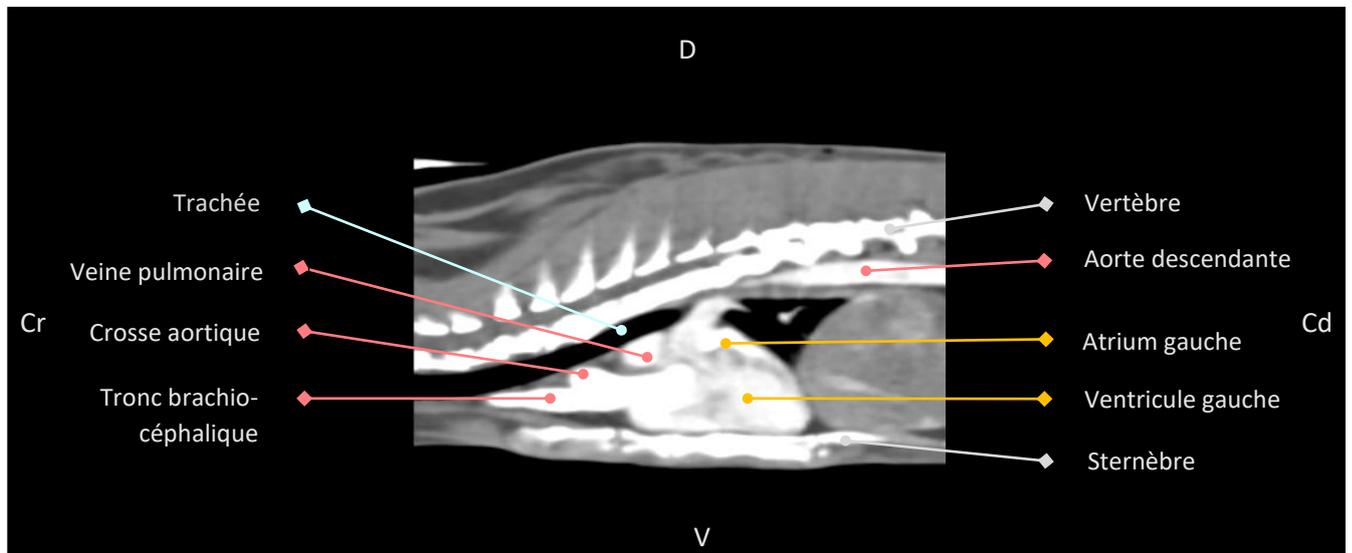


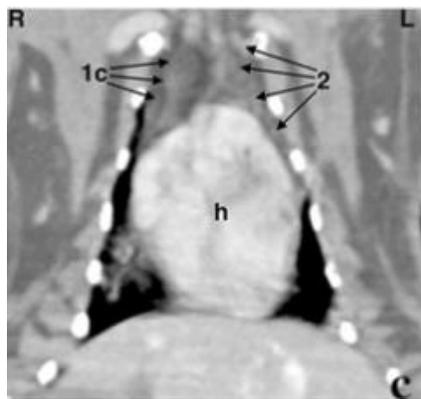
Figure 54 : Coupe sagittale de scanner sur un thorax de lapin illustrant la trajectoire presque parallèle au rachis de la trachée. (©Service Imagerie Médicale, ONIRIS)

c) Le thymus

Contrairement à la radiographie, les bords et les différentes parties du thymus sont discernables à l'imagerie scanner.

Le lobe thoracique gauche (Figure 55, légende 2) occupe le médiastin crânial gauche. Le lobe thoracique gauche s'étend plus caudalement que le droit sur certains lapins.⁹

Les lobes droits, sont situés dorsalement à la veine cave crâniale droite pour le lobe dorsal (Figure 57, légende 1b) et ventralement à la veine cave crâniale droite pour le lobe ventral (Figure 55, légende 1c).



1c : lobe droit ventral

2 : lobe thoracique gauche

h : cœur

Figure 55 : Image scanner de thorax de lapin en coupe dorsale droite.⁹

On retrouve la même position plus caudale du lobe thymique gauche sur la Figure 56.

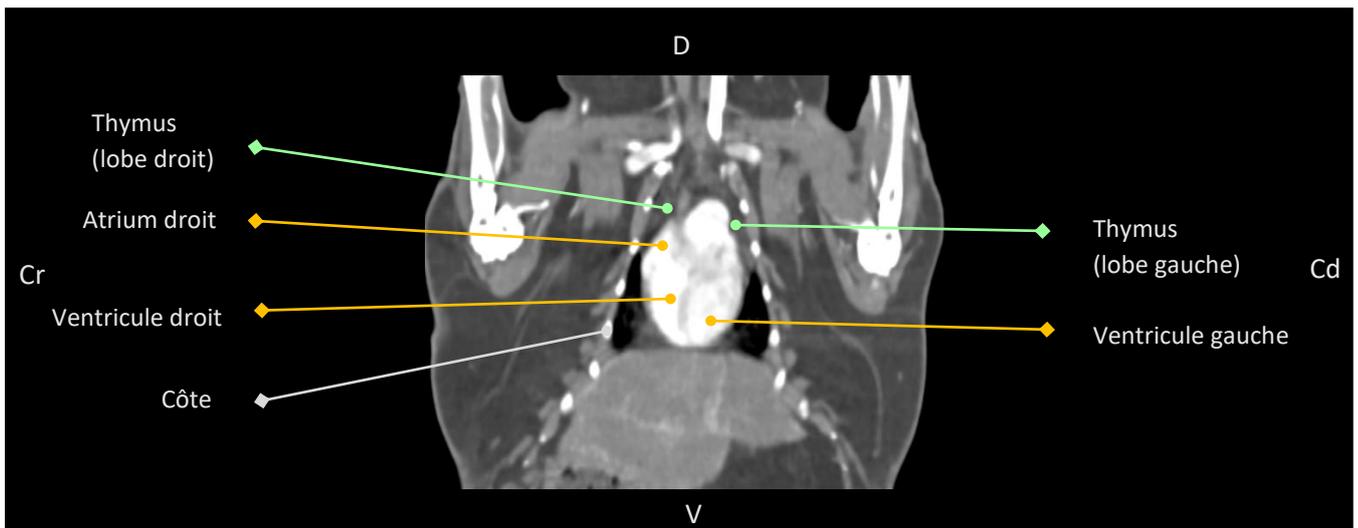
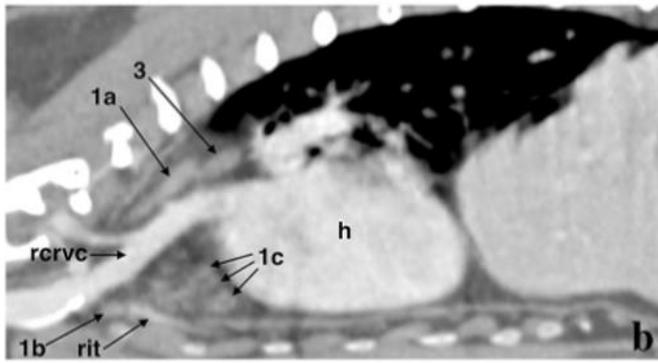


Figure 56 : Image scanner de thorax de lapin en coupe dorsale droite, illustrant les lobes droit et gauche du thymus.⁹



- 1a : lobe thymique dorsal droit
- 1b et 1c : lobe thymique ventral droit
- 3 : nœud lymphatique médiastinal
- rcrvc : veine cave crâniale droite
- rit : artère thoracique interne droite

Figure 57 : Image scanner de thorax de lapin en coupe sagittale droite.⁹

On retrouve également sur la Figure 58 la répartition des lobes thymiques ventral droit et dorsal droit, respectivement ventral et dorsal à la veine cave crâniale droite.

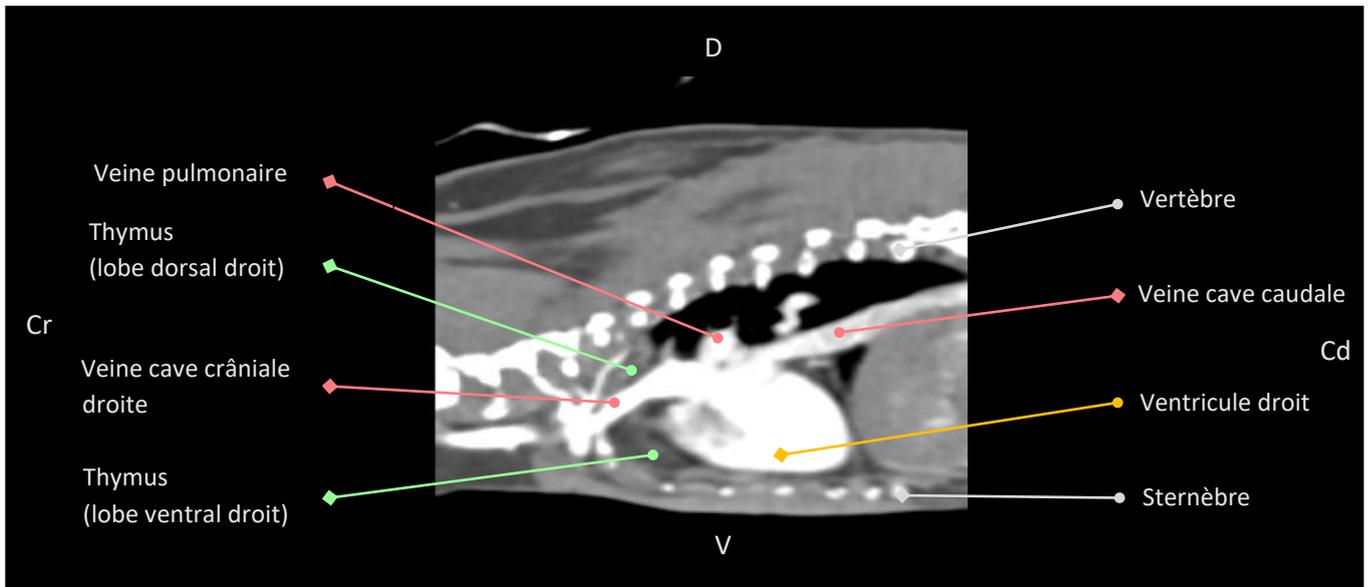


Figure 58 : Image scanner de thorax de lapin en coupe sagittale droite.⁹

Le lobe ventral droit peut être dissocié en une partie crâniale et une partie caudale par rapport à l'artère thoracique interne droite (visible sur la Figure 57). De la même façon, le lobe gauche (ventral à la veine cave crâniale gauche) contient une partie crâniale et une autre caudale à l'artère thoracique interne gauche.⁹

Le lobe dorsal droit est le plus visible et le plus contrasté en scanner car les autres lobes ont une structure plus lâche, et une densité mixte entre graisse et tissus mou. Cette différence fait que l'on distingue bien le lobe dorsal droit mais que les contours du ventral droit et du gauche sont souvent indiscernables.⁹

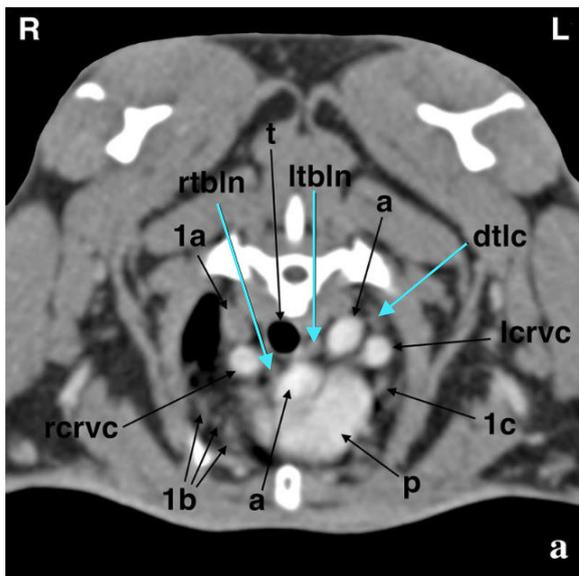
Au niveau de la forme, le lobe dorsal droit présente une forme ronde en coupe transversale et une forme elliptique en coupe sagittale. Le lobe ventral, quant à lui, a une forme multilobée et s'étend caudalement entre le cœur et la paroi thoracique.⁹

d) Nœuds lymphatiques

En général, les nœuds lymphatiques apparaissent ronds à fuselés en coupe transversale et fusiformes en coupe sagittale.⁹

Les nœuds lymphatiques les plus reconnaissables au scanner sont les suivant :

- **Crânial médiastinal** : situé caudo-médialement au lobe thymique thoracique droit (légende 3, Figure 57).
- **Trachéobronchiques** droit et gauche : justes crâniens à la bifurcation trachéobronchique, de part et d'autre de la trachée.
- **Nœuds lymphatiques du centre lymphatique thoracique dorsal**, c'est-à-dire les **thoraciques aortiques** crâniens et caudaux : visibles sous forme de multiples nodules de tailles variables latéralement à l'aorte ascendante et descendante (Figure 59).⁹



Nœuds lymphatiques :

* *Trachéo-bronchique :*

rtbln : NL trachéobronchique droit

ltbln : NL trachéobronchique gauche

* *Thoraciques aortiques :*

dtlc : un des NL du centre lymphatique thoracique dorsal

*Figure 59 : Image scanner de thorax de lapin en coupe transversale.*⁹

2) Synthèse de l'exploration du médiastin du lapin au scanner : atlas coupe par coupe

Les images scanner suivantes sont décrites dans le sens crânio-caudal en coupe transversale de la 2^{ème} à la 7^{ème} vertèbre pour faciliter la reconnaissance des différents organes (en fenêtre tissus mous après injection de produit de contraste iodé).

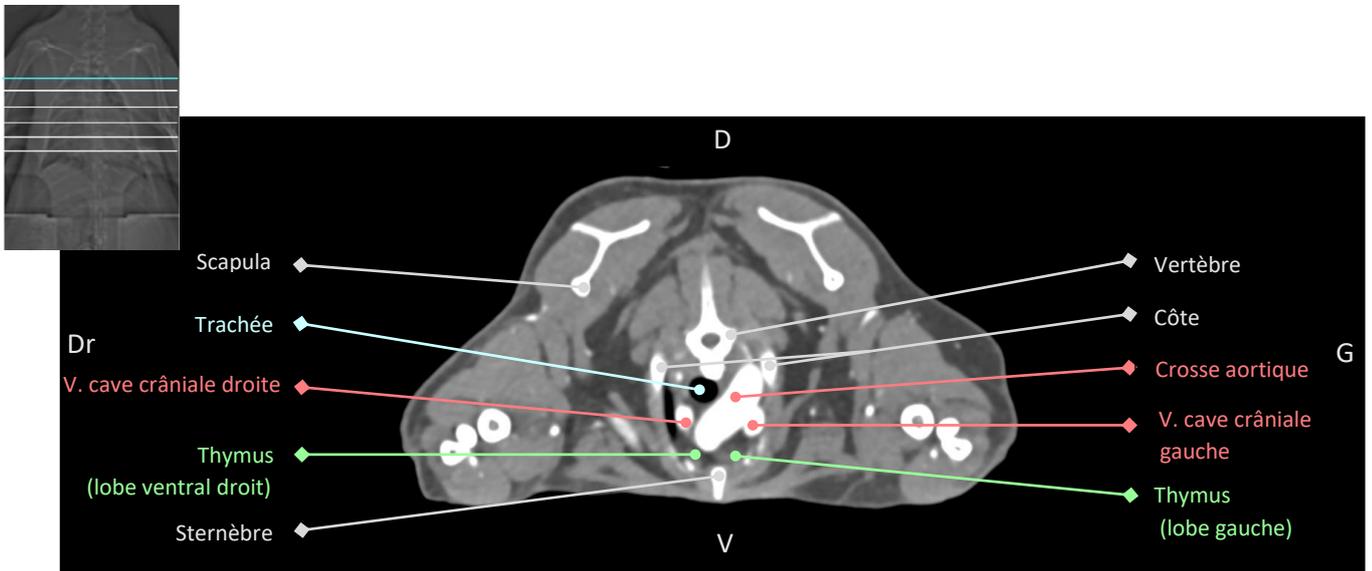


Figure 60 : Coupe tomographique transversale de thorax de lapin au niveau de la 2^{ème} vertèbre thoracique. (©Service Imagerie Médicale, ONIRIS)

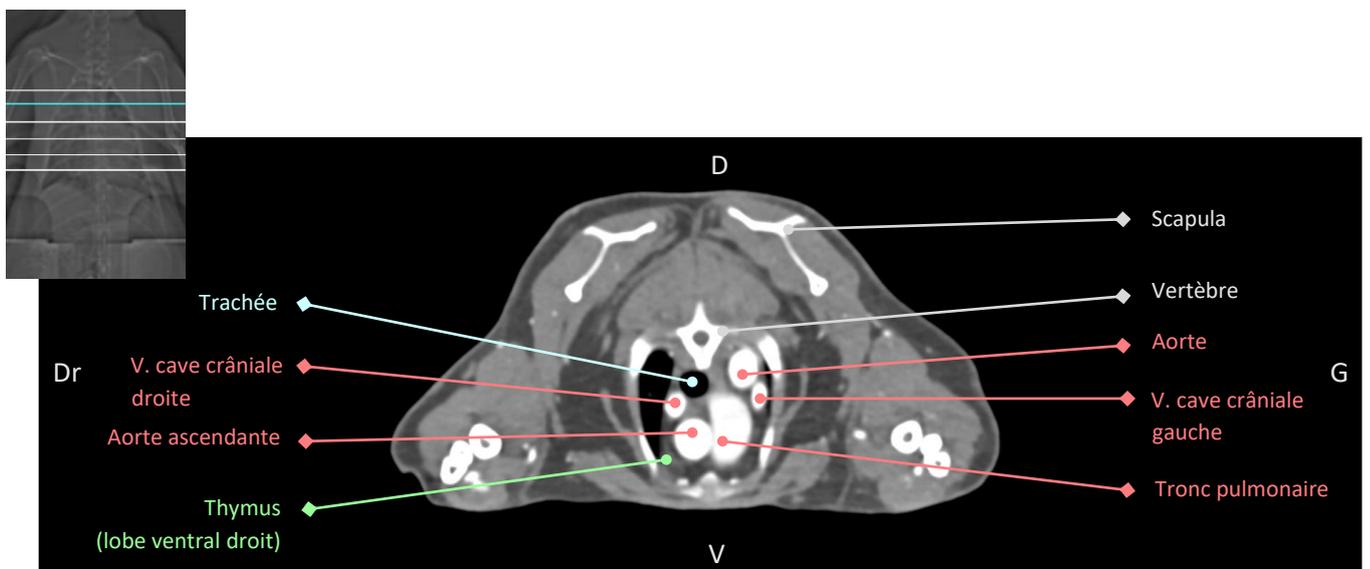


Figure 61 : Coupe tomographique transversale de thorax de lapin au niveau de la 3^{ème} vertèbre thoracique. (©Service Imagerie Médicale, ONIRIS)

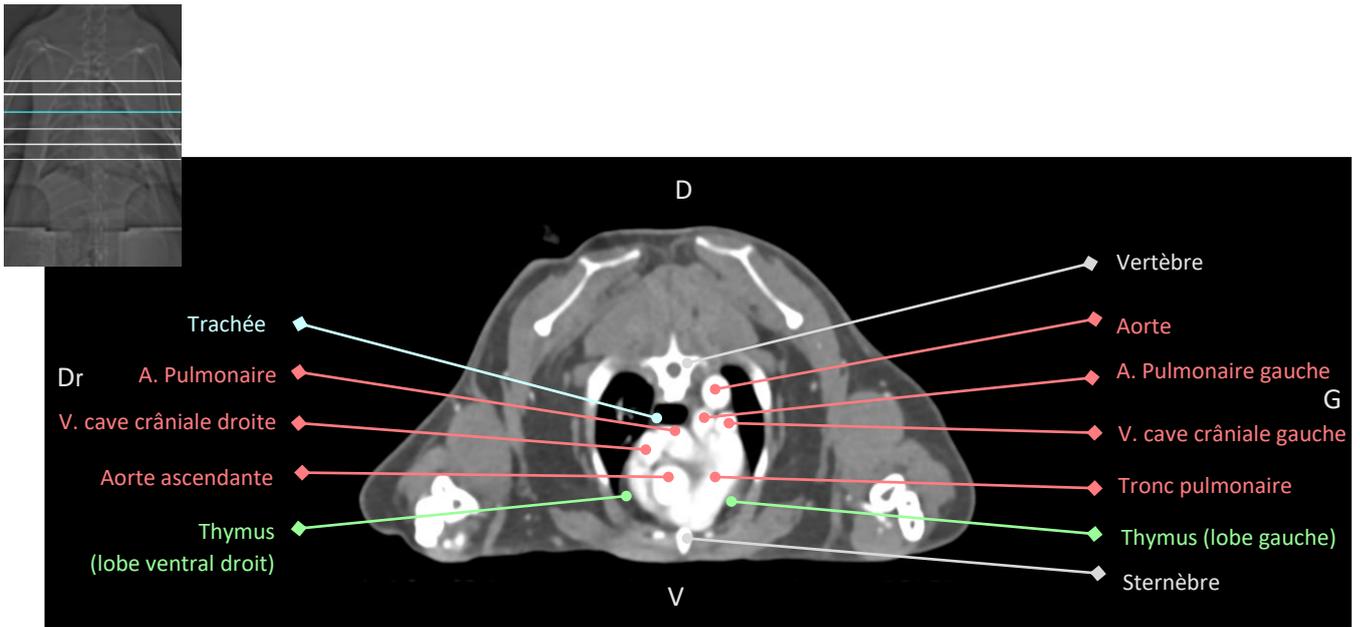


Figure 62 : Coupe tomodensitométrique transversale de thorax de lapin au niveau de la 4^{ème} vertèbre thoracique. (©Service Imagerie Médicale, ONIRIS)

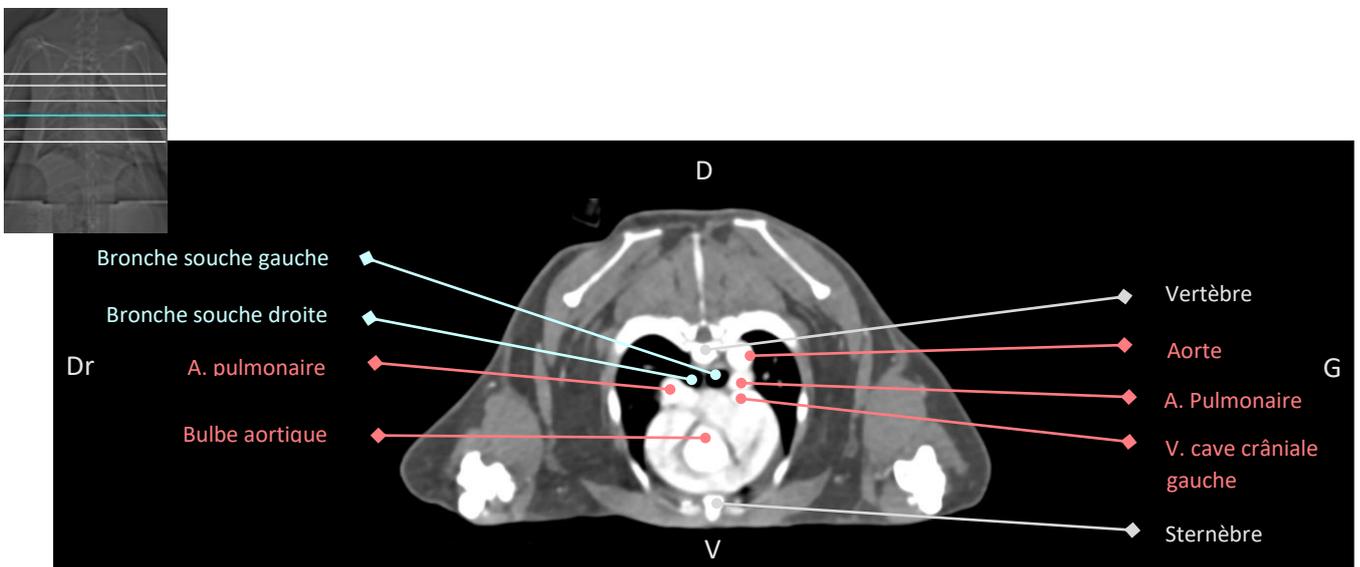


Figure 63 : Coupe tomodensitométrique transversale de thorax de lapin au niveau de la 5^{ème} vertèbre thoracique. (©Service Imagerie Médicale, ONIRIS)

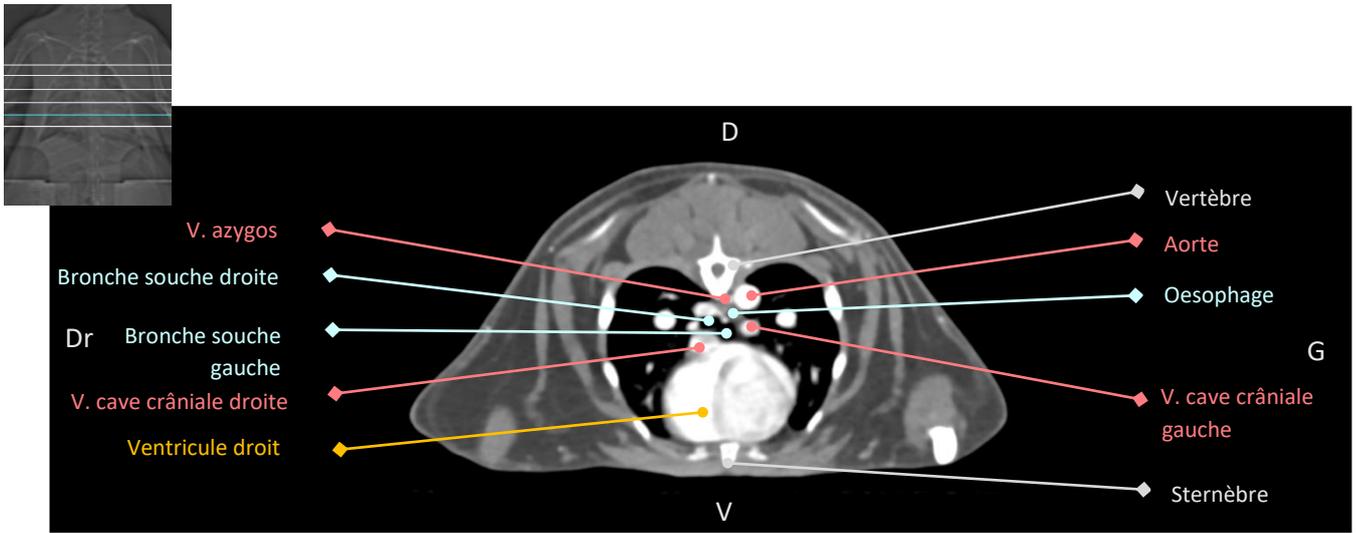


Figure 64 : Coupe tomodensitométrique transversale de thorax de lapin au niveau de la 6^{ème} vertèbre thoracique. (©Service Imagerie Médicale, ONIRIS)

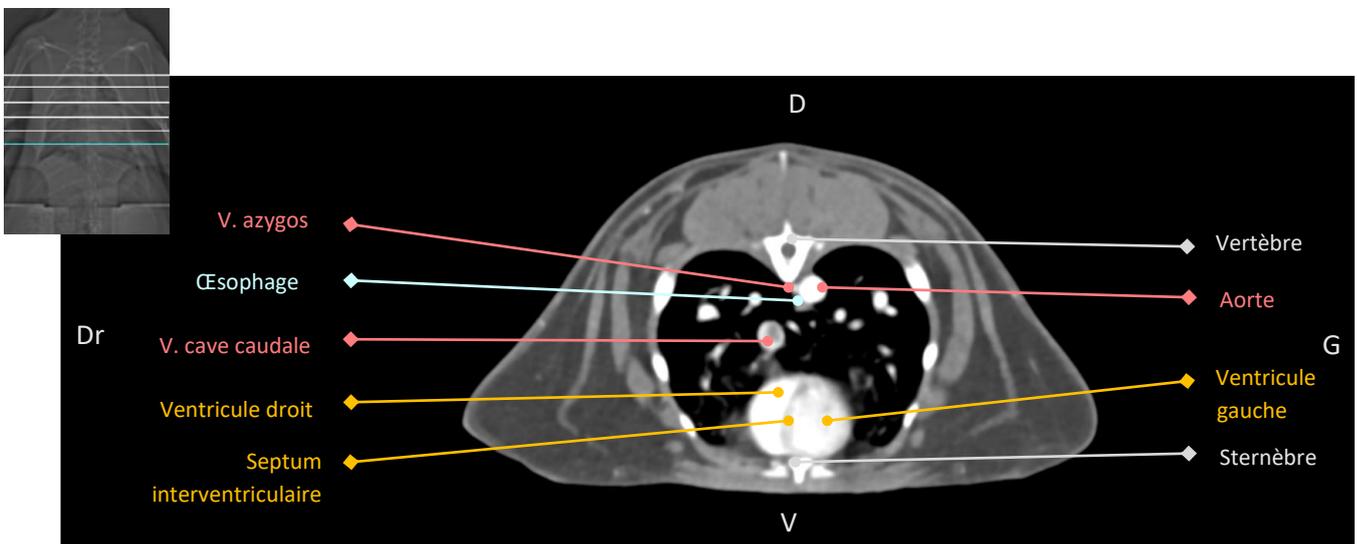


Figure 65 : Coupe tomodensitométrique transversale de thorax de lapin au niveau de la 7^{ème} vertèbre thoracique. (©Service Imagerie Médicale, ONIRIS)

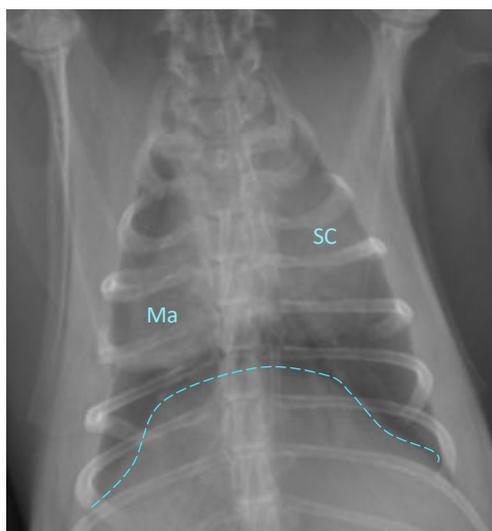
IV. Affections médiastinales du lapin : description et apport de l'imagerie

A) Déviation du médiastin

Une déviation du médiastin (ou shift médiastinal) est le signe d'une anomalie thoracique adjacente. Le shift se manifeste par une modification de position des organes médiastinaux : l'indice le plus évocateur est celui d'une déviation du grand axe du cœur sur l'incidence radiographique de face. ²¹

Cependant ce signe ne peut être interprété que lorsque aucune rotation de l'animal n'est présente sur cette incidence. En effet, la rotation modifie la position du cœur sur cette vue.

Un shift médiastinal peut être observé dans plusieurs situations : lors de collapsus ou d'atélectasie pulmonaire, de masse pulmonaire de taille importante (Figure 66), d'augmentation unilatérale de la pression pleurale (épanchement pleural ou pneumothorax unilatéraux), ou encore lors de hernie diaphragmatique unilatérales. ²¹



Ma : Masse pulmonaire

SC : Silhouette cardiaque déplacée à gauche

Pointillés : Diaphragme

Figure 66 : Shift médiastinal à gauche à la suite d'un hématome ou d'un abcès pulmonaire, effet silhouette positif du médiastin crânial avec la silhouette cardiaque et le lobe moyen droit qui présente une opacification alvéolaire. (© Service

Imagerie Médicale, ONIRIS)



Ma : Masse pulmonaire

SC : Silhouette cardiaque déplacée crânialement et à gauche

Pointillés : Diaphragme

Figure 67 : Shift médiastinal avec déplacement du cœur crânialement et à gauche par une masse pulmonaire. On peut noter l'effet silhouette positif caudalement et à droite. (© Service Imagerie Médicale, ONIRIS)

B) Elargissement du médiastin par une masse

Dans cette partie il s'agira de s'intéresser aux critères d'imagerie permettant d'identifier une masse médiastinale, avant d'évoquer les différentes affections entrant dans le diagnostic différentiel d'un élargissement du médiastin par une masse ainsi que leurs caractéristiques en imagerie chez le lapin.

1) Aspect des masses médiastinales en imagerie

a) A la radiographie

Sur les radiographies thoraciques, une masse médiastinale se caractérise par une masse d'opacité tissulaire ou liquidienne.

Tout d'abord il convient de s'intéresser aux masses du médiastin crânial. Lorsqu'une masse est adjacente au cœur, elle sera visible par une un **signe de la silhouette cardiaque positif**, voire un **déplacement du cœur, des poumons, ou encore de la trachée.**^{23,38}

Les signes radiographiques d'une masse médiastinale crâniale sont par exemple illustrés par les Figures 68 et 69 chez des lapins.

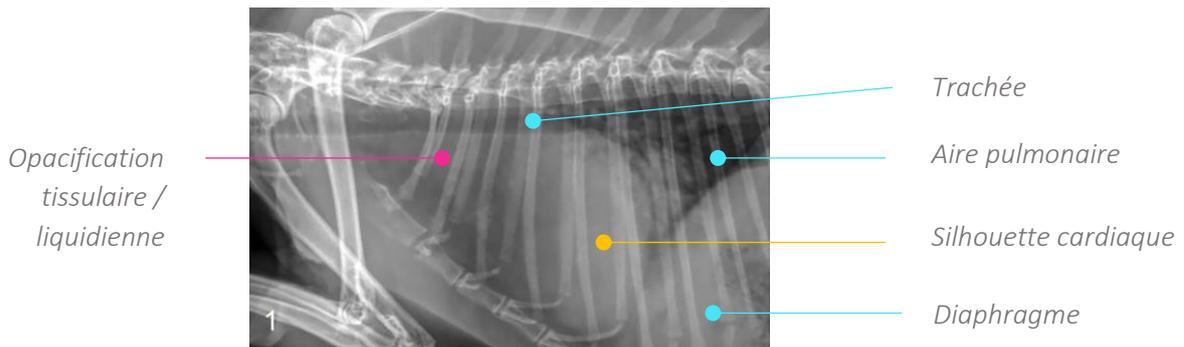


Figure 68 : Radiographie latérale d'un thorax de lapin montrant une silhouette cardiaque augmentée, un déplacement caudal et dorsal du cœur et des poumons, avec un déplacement dorsal et une compression de la trachée. A l'histologie la masse identifiée était un thymome.²³

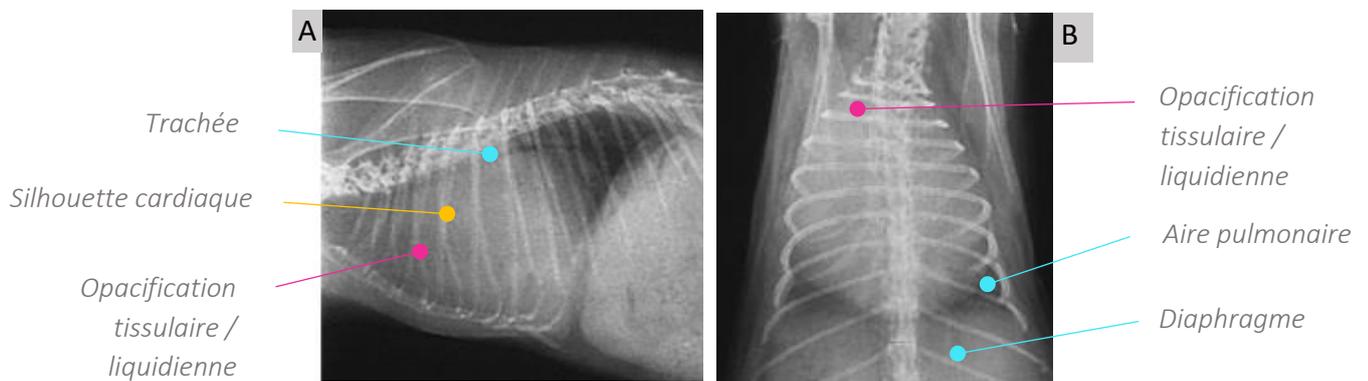


Figure 69 : Radiographie de lapin atteint d'un carcinome thymique, vue latérale (A) et ventro-dorsale (B). Une large masse crâniale au cœur de densité tissulaire rend les contours crâniens du cœur non visualisables et repousse la trachée dorsalement.³⁸

De plus, un **épanchement pleural peut être associé** à la présence d'une masse médiastinale.

^{49,50} Les signes d'épanchement pleural à la radiographie sont les suivants :

- Un élargissement des scissures interlobaires par une opacité liquidienne.
- Un décollement des poumons de la paroi thoracique avec une structure liquidienne interposée.
- Une diminution de la visualisation des contours de la silhouette cardiaque.
- Une diminution de la visualisation des contours du diaphragme.
- Un arrondissement de l'angle costo-diaphragmatique.²¹

Cependant, il est important de rappeler que la radiographie ne permet pas de différencier le type d'épanchement.²¹

Un cas d'épanchement pleural sur une masse médiastinale est illustré par la Figure 70.

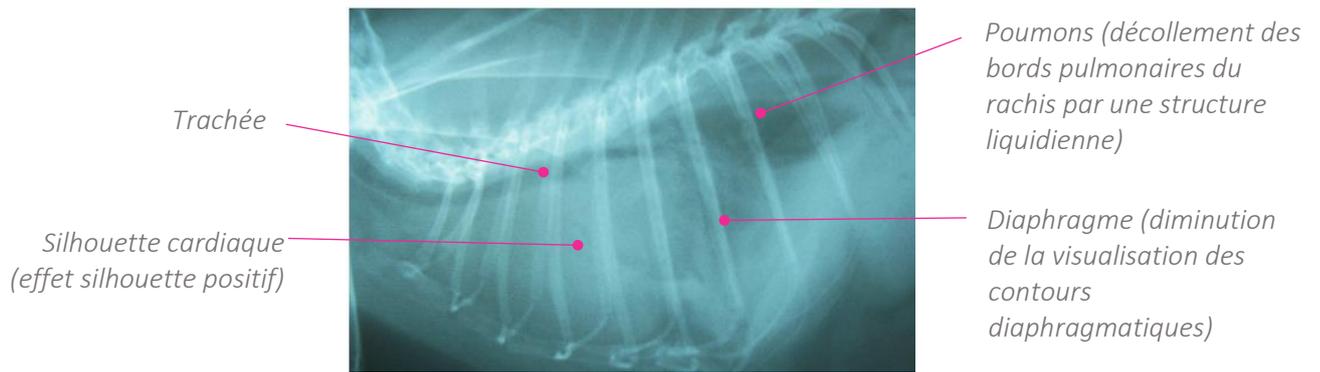


Figure 70 : Lymphome thymique sur un lapin. Une masse dans le médiastin crânial masque les contours cardiaques et dévie dorsalement la trachée. On note une disparition des contours du diaphragme causée par un épanchement pleural
51

Ensuite, le médiastin moyen est souvent touché lors d'affections cardiaques qui seront détaillées dans la partie IV.C, ou encore d'adénomégalie des nœuds trachéo-bronchiques détaillée dans la partie IV.B.2.c.

Enfin, une modification du médiastin caudal, quant à elle, amène à suspecter l'existence d'une atteinte du diaphragme. La radiographie est alors le moyen diagnostique le plus pertinent pour confirmer une hernie diaphragmatique en première intention.

Les signes radiographiques d'une hernie diaphragmatique sont les suivants :

- Une perte de visualisation du diaphragme.
- Une déviation du médiastin en cas de hernie unilatérale.
- La présence d'organes abdominaux dans le thorax²¹, visible par exemple sur la Figure 71.

Il est à noter que certains lapins atteints de hernie diaphragmatique peuvent également présenter un épanchement pleural.

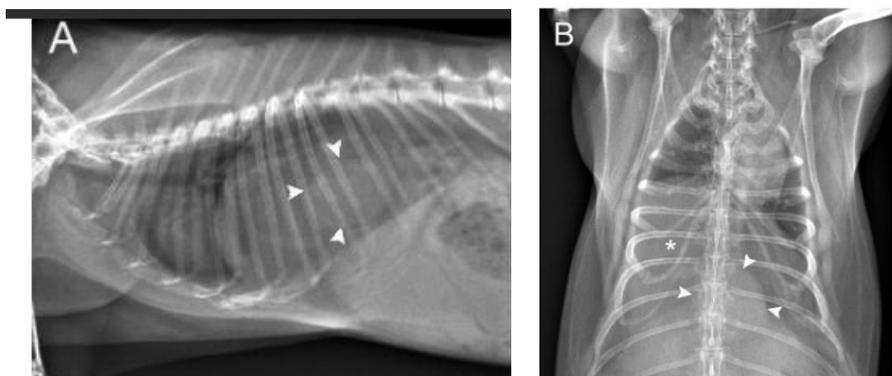


Figure 71 : Hernie diaphragmatique visible sur des radiographies thoraciques chez un lapin avec passage du rein droit (têtes de flèche) et de graisse rétropéritonéale (asterisque). Shift médiastinal à gauche et perte de visualisation des contours diaphragmatiques.
52

b) A l'échographie

L'échographie présente de multiples intérêts par rapport à la radiographie dans l'exploration de masses médiastinales.

Tout d'abord, lorsqu'un épanchement pleural ou médiastinal gêne la visualisation de masses à la radiographie, **l'échographie est d'autant plus intéressante car les fluides servent alors de fenêtre acoustique** afin de mieux visualiser les masses contenues dans l'épanchement⁵³.

Pour rappel, une fenêtre acoustique est une structure anéchogène laissant passer les ultrasons, qui rend ainsi les objets derrière elle plus échogènes.⁴⁷

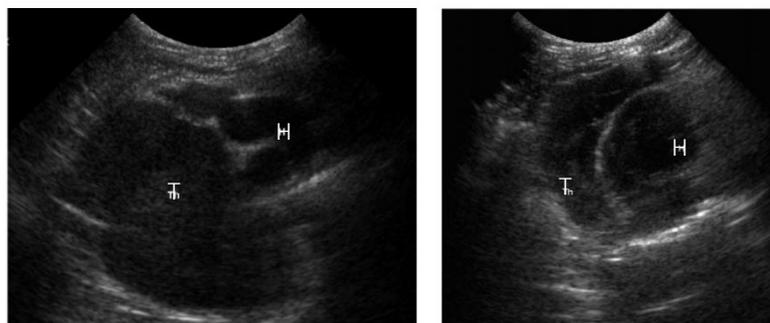
L'échographie présente aussi un **intérêt lorsque les masses à observer sont de très petite taille**, et de ce fait, ne déplacent pas de structures adjacentes. Celles-ci ne sont donc généralement pas mises en évidence en radiographie. L'échographie est pour cela considérée comme plus sensible afin de repérer des masses dans le médiastin⁵³.

Enfin, une infiltration des vaisseaux médiastinaux, notamment par une tumeur, peut être explorée plus précisément avec l'échographie. **Le mode Doppler est particulièrement utile pour évaluer ces vaisseaux** ^{53,54}.

L'échographie permet également d'obtenir des informations sur la nature de la masse et sur ses rapports anatomiques.

Concernant la description des masses médiastinales, l'aspect échographique peut révéler une masse homogène ou hétérogène, de densité tissulaire et/ou liquidienne. Les bords peuvent être bien délimités, réguliers ou encore irréguliers.

Par exemple, une masse **kystique** apparaîtra comme une structure **anééchogène et bien délimitée par une fine paroi échogène régulière**⁴⁷ comme illustrée sur les Figures 72 et 73.⁵⁵



*Figure 72 : Echographie du médiastin crânial d'un lapin en vue sagittale révélant une masse hypoéchogène (T : thymome), aux contours irréguliers et déplaçant le cœur (H) caudalement.*³⁷

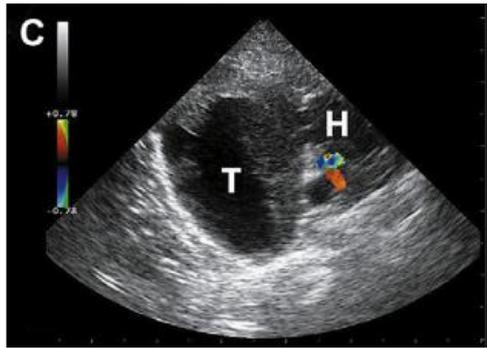


Figure 73 : Echographie du médiastin crânial d'un lapin révélant une lésion hypoéchogène à anéchogène d'une masse (T : thymome) partiellement kystique avec un contenu liquidien. (H : cœur).⁴

De plus, un kyste contient du liquide, ce qui crée un **artefact de renforcement postérieur** sur l'image échographique. Ce phénomène est dû à une faible atténuation des ultrasons par les liquides, rendant ainsi les tissus sous-jacents aux kystes plus hyperéchogènes.⁴⁷

Ensuite, l'échographie est particulièrement utile afin de diagnostiquer une hernie diaphragmatique. En effet, lorsque celle-ci ne peut être confirmée à la radiographie (notamment lorsque de l'épanchement pleural diminue le contraste), l'échographie permet d'obtenir des informations supplémentaires.

Comme visualisés sur la Figure 74, la présence de **structures abdominales dans le thorax**, notamment adjacentes au cœur, et la **discontinuité du diaphragme** avec une visualisation incomplète de l'interface diaphragme/poumon, sont des signes échographiques de hernie diaphragmatique.



Figure 74 : Echographie d'un lapin atteint d'une hernie diaphragmatique. On visualise un lobe du foie (L) juste caudal au cœur (H), l'estomac (S) rempli de liquide est visible également juste caudal au cœur, dorsalement.⁴

Un autre type de masse facilement identifiable à l'échographie sont les abcès. Ils se caractérisent le plus souvent comme des **masses hétérogènes potentiellement cavitaires** délimitées par une coque échogène, d'épaisseur variable. L'échogénicité des plages cavitaires peut varier en fonction du contenu.

De plus, des bulles de gaz peuvent être présentes et, par conséquent, causer des artefacts de réverbération en « queue de comète ».²⁵

Cependant la radiographie et l'échographie ne sont bien souvent pas assez précises afin de déterminer la localisation anatomique exacte d'une masse médiastinale, ce qui est un point primordial dans le diagnostic étiologique. C'est donc là qu'interviennent les modalités d'imagerie en coupe.

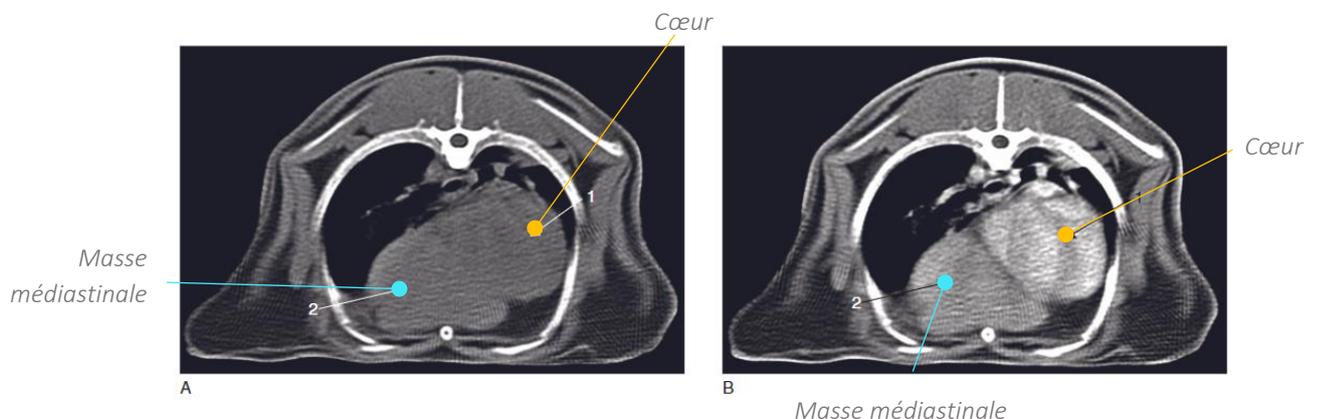
c) Au scanner

Le scanner permet d'explorer une masse médiastinale avec plus de précision. Il apporte des informations concernant notamment la structure de celle-ci, ainsi que les rapports anatomiques qu'elle entretient avec les autres organes. Ceci afin d'affiner le diagnostic par rapport aux modalités précédemment citées.

Le scanner permet donc dans un premier temps de définir le compartiment médiastinal dans lequel se trouve la masse et de déterminer les organes avec lesquels elle est en rapport. Par exemple, si une masse se trouve à l'endroit anatomique du thymus, l'origine thymique de la masse est plus fortement suspectée. Il s'agit d'une première étape primordiale afin de réduire le diagnostic différentiel.

Ensuite, l'aspect de la masse peut renseigner davantage le praticien sur sa nature. Les différents aspects des anomalies tomодensitométriques selon la nature de l'affection seront détaillés dans la partie suivante.

Par ailleurs, il est important de rappeler que l'utilisation d'un agent de contraste en imagerie scanner est souvent un outil essentiel au diagnostic. En effet, il permet de distinguer plus aisément les masses médiastinales des autres structures ³³, comme illustré sur la Figure 75, mais aussi de fournir des indices précieux, notamment concernant la vascularisation et la nature des parois (dont certaines ont un rehaussement après injection de produit de contraste plus important que d'autres). Pour rappel, l'agent de contraste permet notamment d'évaluer la perfusion tissulaire et la perméabilité vasculaire d'une lésion.



Selon les rapports anatomiques que la masse entretient avec les organes médiastinaux, différents déplacements ou compressions d'organes sont visibles plus précisément qu'en radiographie.

Une masse médiastinale est souvent à l'origine d'une compression des structures adjacentes telles que le cœur, les poumons, la trachée et les grands vaisseaux médiastinaux comme c'est le cas sur la Figure 76.

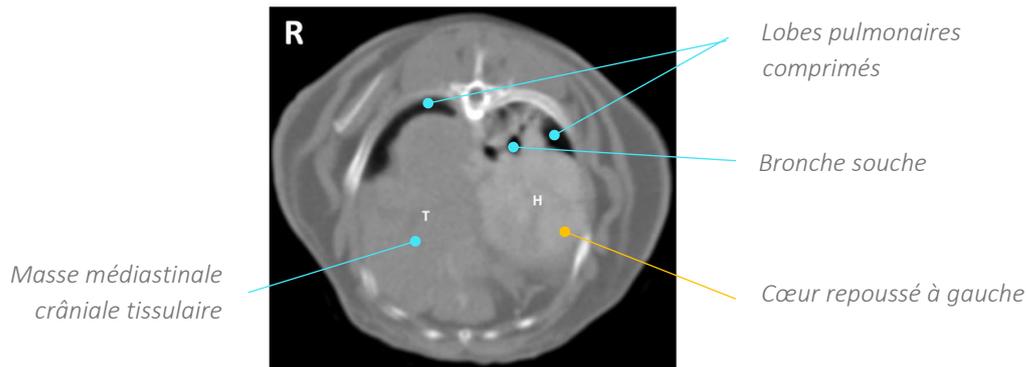


Figure 76 : Coupe transversale en imagerie scanner en fenêtre tissus mous après injection de produit de contraste chez un lapin atteint d'un thymome occupant approximativement la moitié du thorax (T : tumeur, H : cœur). Le cœur est dévié à gauche.³⁶

Si une masse se situe dans le médiastin crânial, celle-ci peut dévier dorsalement la trachée, voire la comprimer, engendrant une diminution plus ou moins importante de son diamètre comme c'est le cas sur la Figure 77.



Figure 77 : Images scanner d'un lapin atteint de thymome. La trachée est collabée en portion crâniale par la masse volumineuse s'étendant à droite du cœur et d'aspect hétérogène. (T : tumeur, H : cœur). (© Service Imagerie Médicale, ONIRIS)

Outre les manifestations qu'une masse médiastinale engendre selon sa localisation, l'aspect de ces masses varie d'une origine à l'autre.

Une masse peut présenter une densité tissulaire comme sur la Figure 78, ou mixte (liquidienne et tissulaire). Des plages d'atténuation aérique, correspondant à des bulles de gaz, peuvent également parfois être observées.

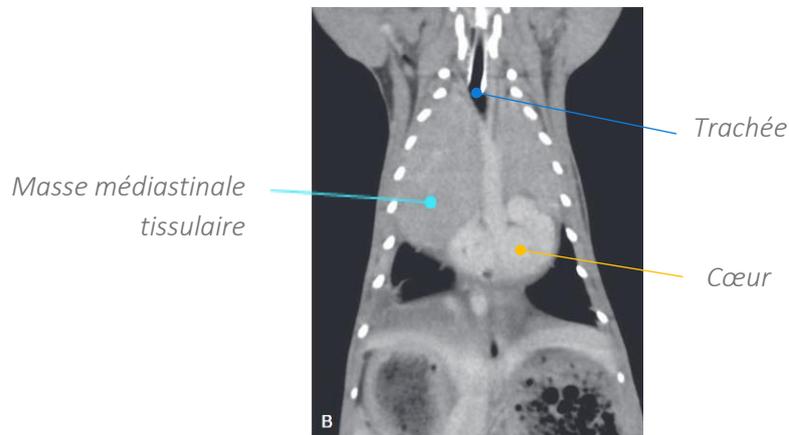


Figure 78 : Coupe dorsale en scanner d'un lapin atteint de thymome. Le cœur est déplacé caudalement par une masse tissulaire homogène.⁸

Ce contenu partiellement gazeux se retrouve notamment dans les abcès. Un **abcès** ou un **granulome** sera visible au scanner sous l'aspect d'une masse à bords arrondis avec une paroi épaisse et irrégulière, d'atténuation tissulaire qui rehausse après injection de l'agent de contraste.²⁹

La littérature ne rapporte pas d'images tomодensitométriques d'abcès médiastinal chez le lapin, cependant on peut s'attendre à un aspect similaire à celui décrit chez le chien, comme sur la Figure 79, où l'on peut noter une lésion arrondie au contenu mixte et à paroi épaisse.

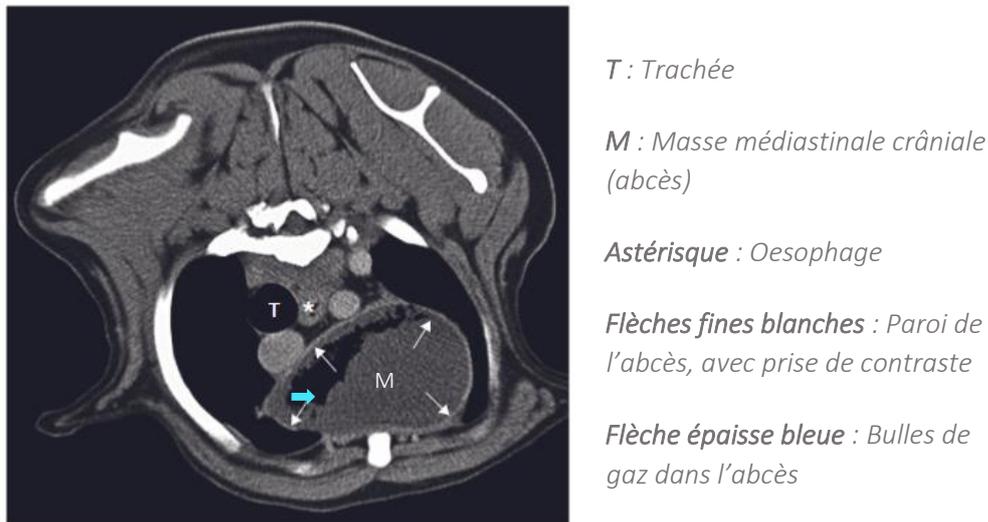


Figure 79 : Image scanner transversale de thorax de chien présentant un abcès médiastinal.²⁹

Pour finir, l'aspect kystique, souvent présent dans les masses tumorales, se reconnaît au scanner par les caractéristiques suivantes (Figure 80) :

- Structure tissulaire hétérogène à bords arrondis avec effet de masse variable sur les structures adjacentes.

- Plages d'atténuation liquidienne, bien délimitées, au sein de la masse ; ces plages ne rehaussent pas après injection du produit de contraste.
- Paroi fine, contrairement aux abcès, d'atténuation tissulaire.

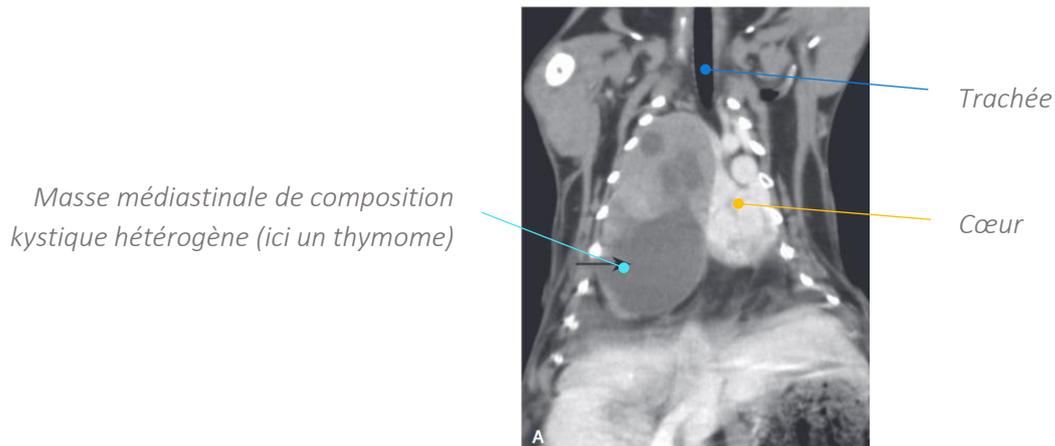


Figure 80 : Coupe dorsale en imagerie scanner d'un lapin atteint d'un thymome. Le cœur est repoussé à gauche par une masse de composition kystique avec une composition liquide multiloculaire.⁸

d) A l'IRM

Très peu de cas de masses médiastinales ont été explorées par IRM chez les lapins en raison des inconvénients que cette modalité présente, cependant la description de la masse présente des similarités à celles vues en scanner.

En effet on observera également un déplacement des structures adjacentes en fonction de la localisation de la masse. La Figure 81 illustre une masse médiastinale crâniale chez un lapin, déplaçant le cœur caudalement et à gauche.

On observera donc une masse tissulaire repoussant principalement le cœur, les poumons (apparaissant noirs à l'IRM car constitués majoritairement d'air) et la trachée.



Figure 81 : Coupe d'IRM sur un lapin atteint d'un thymome. (A) et (B) coupes dorsales. (C) coupe sagittale. Le cœur (H) est déplacé à gauche par une énorme masse médiastinale correspondant à un thymome (T) qui s'étend jusqu'aux tissus cervicaux. (S : estomac, L : poumon comprimé, F : graisse, M : muscles)⁴

Les structures médiastinales auront une apparence correspondante à leur composition tissulaire. Une masse médiastinale aura ainsi un signal d'intensité variable selon sa composition.

Les composants kystiques et la nécrose intra tumorale se manifestent par une faible intensité de signal (hyposignal) sur les images pondérées en T1 et une intensité de signal élevée (hypersignal) sur les images pondérées en T2.⁵⁶

2) Diagnostic différentiel d'une masse médiastinale

Une fois la masse médiastinale identifiée se pose la question de sa nature. Ce paragraphe fera l'objet des différentes affections appartenant au diagnostic différentiel des masses médiastinales ainsi que des caractéristiques permettant d'orienter le diagnostic vers un type de lésion en particulier.

a) Affections thymiques

Les masses identifiées et localisées à l'endroit du thymus sont les plus courantes chez le lapin. En effet, le thymus du lapin est susceptible d'être affecté par des affections néoplasiques et, moins fréquemment par une hypertrophie bénigne.⁵⁷

Premièrement, chez le lapin adulte, une hyperplasie du thymus peut survenir et celui-ci peut mesurer trois à quatre fois sa taille normale, sans mise en évidence de cellules tumorales à l'histologie.^{49,50,57} Cette hyperplasie peut être secondaire à une stimulation chronique du système immunitaire, comme par *Pasteurella* spp.⁵¹

Au sujet des néoplasies, trois tumeurs primaires du thymus sont décrites chez le lapin : il peut s'agir d'un thymome (la forme la plus fréquente), d'un carcinome thymique ou d'un lymphome thymique.^{8,57}

Le thymome et le carcinome thymique sont des tumeurs épithéliales (voire lympho-épithéliales pour le thymome) tandis que le lymphome thymique est une atteinte des cellules lymphoïdes.⁵⁸

Le thymome est considéré comme une tumeur thymique bénigne car elle n'est que très rarement invasive et possède un faible potentiel métastatique. En revanche le lymphome et le carcinome thymique sont des tumeurs malignes plus invasives.³⁶

La description épidémiologique de ces maladies tumorales ainsi que leur pronostic sont synthétisées dans le Tableau VI.

Tableau VI : Résumé des principales données épidémiologiques et pronostiques des tumeurs thymiques chez le lapin.

	Thymome	Lymphome thymique	Carcinome thymique
Epidémiologie	<ul style="list-style-type: none"> - Tumeur médiastinale la plus fréquente chez le lapin de compagnie.^{23,33} - Prévalence de 2.1 % à 8%.^{59,60} - Age moyen de 6 à 6.7 ans (avec des extrêmes allant de 1 à 10 ans).^{36,37} - Pas de prédisposition raciale.^{37,50} - Prévalence plus élevée chez les lapins stérilisés.⁶⁰ 	<ul style="list-style-type: none"> - Rares chez le lapin.⁶¹ - Deux cas décrits chez des lapins de 5 et 6 ans.^{51,58} 	<ul style="list-style-type: none"> - Rares chez le lapin.⁶¹ - Un cas décrit chez un lapin de 5 ans³⁸ et un autre cas suspecté.⁶²
Pronostic	<ul style="list-style-type: none"> - Tumeur bénigne : croissance lente, très faible potentiel métastatique, rares cas d'invasion locale ou de dissémination pleurale.⁶⁰ - Bien que bénins, les thymomes causent à terme la mort de l'animal par compression des tissus adjacents, notamment des poumons et de la trachée. Le lapin décède généralement à la suite d'une détresse respiratoire. 	<ul style="list-style-type: none"> - Non décrit. 	<ul style="list-style-type: none"> - Le carcinome thymique est décrit comme la forme maligne du thymome : caractéristiques cytologiques de malignité, défaut d'encapsulation de la tumeur, et métastases³⁸. (métastase rénale décrite chez le lapin³⁹)

L'expression clinique de ces trois maladies tumorales est cependant similaire, ce qui complique d'autant plus le diagnostic étiologique :

- **Des difficultés respiratoires** sont très souvent présentes, elles sont engendrées par la présence de la masse qui comprime les organes adjacents, et peuvent mener à la mort^{33 63}. Les signes décrits sont de la dyspnée, de l'intolérance à l'exercice, de la toux, de l'hyperpnée, ou encore une respiration bouche ouverte.⁵⁰
- **Des bruits cardiaques atténués** à l'auscultation sont également causés par la présence de la masse thymique. Le déplacement caudal du cœur qu'elle engendre, ainsi que les potentiels épanchements associés en sont à l'origine.⁵⁰

- Des manifestations du « **syndrome de la veine cave crâniale** ». ⁶⁴ Ce syndrome est causé par la compression exercée par la masse sur les veines caves crânielles, ce qui diminue le retour veineux. Cela peut occasionner une exophtalmie bilatérale ^{23,38,65,66} (visible sur la Figure 82 pouvant être accompagnée d'une procidence de la troisième paupière ^{53,65,66}, d'œdèmes de la tête, du cou, ou des membres antérieurs ^{49,67,68}.



Figure 82 : Exophtalmie bilatérale, associée à une procidence bilatérale de la troisième paupière chez un lapin atteint de carcinome thymique. ³⁸

- Des signes moins spécifiques sont de plus généralement présents comme l'anorexie et l'apathie. ⁴

Certains syndromes paranéoplasiques sont suspectés être associés aux tumeurs thymiques chez le lapin. On peut citer l'hypercalcémie. ⁶⁸⁻⁷⁰, les anémies hémolytiques ⁷¹⁻⁷³, une dermatite exfoliative ⁷⁴, voire un neurofibrosarcome des membres. ⁶⁹

Les points d'orientation diagnostique vers une masse thymique seront détaillés dans les Tableaux VII, VIII, et IX.

b) Affections touchant d'autres organes médiastinaux

Les masses identifiées à l'imagerie à des localisations distinctes de l'emplacement du thymus peuvent correspondre à diverses tumeurs chez le lapin.

i. Lipome médiastinal

Un cas de lipome situé dans le médiastin caudal, a été décrit chez un lapin. ³⁶ Le lipome médiastinal est une tumeur bénigne touchant les cellules graisseuses du médiastin, cependant elle peut tout à fait causer des difficultés respiratoires graves par compression des poumons.

Sur la Figure 83 on peut observer une masse d'opacité tissulaire ou liquidienne adjacente au diaphragme et s'étendant jusqu'au cœur. On peut noter ici le déplacement crânio-latéral du cœur associé à un signe positif de la silhouette cardiaque.

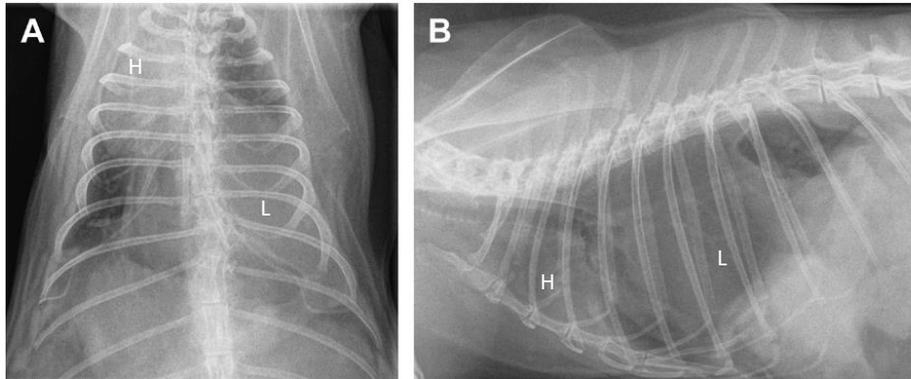


Figure 83 : Radiographies du thorax d'un lapin atteint d'un lipome médiastinal. Une masse (L : lipome) dans le médiastin caudal repousse crânio-latéralement le cœur (H) sur les vues de face (A) et de profil (B).³⁶

ii. Sarcomes à cellules géantes

Bien que rare, cette tumeur doit entrer dans le diagnostic différentiel des masses médiastinales visualisées par imagerie.

Cinq cas de sarcomes histiocytaires médiastinaux ont été décrits chez des lapins. Cette tumeur concernant les histiocytes, peut toucher le cœur ou les nœuds lymphatiques médiastinaux (comme illustré sur la Figure 84. Cependant il arrive que les sarcomes histiocytaires ne soient pas rattachés de façon précise à un organe dans le médiastin.⁷⁵



Figure 84 : Nœud lymphatique médiastinal touché par un sarcome histiocytaire. Le nœud lymphatique (flèche blanche) est élargi par l'infiltration tumorale.⁷⁵

En radiographie et au scanner on s'attend à visualiser une masse de densité tissulaire adjacente aux organes comme le cœur, voire une hypertrophie des nœuds lymphatiques médiastinaux en cas de dissémination métastatique.

iii. Adénocarcinome trachéal

Un cas d'adénocarcinome trachéal a été décrit chez un lapin présentant des difficultés respiratoires similaires à ceux présentés lors d'hyperplasie maligne du thymus. Lors d'adénocarcinome trachéal, la radiographie permet d'identifier une masse dans la lumière trachéale d'opacité tissulaire ou liquidienne comme illustrée sur la Figure 85.

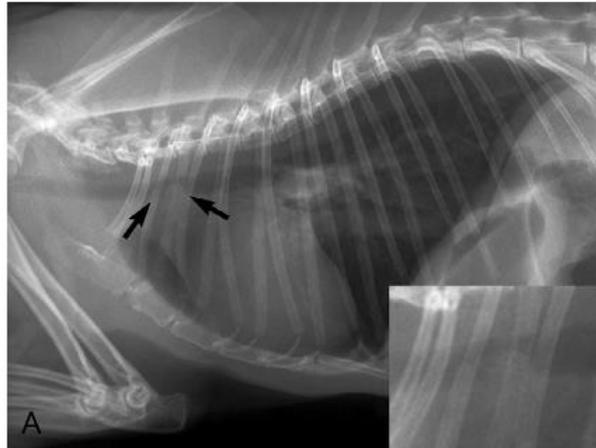


Figure 85 : Radiographie thoracique d'un lapin atteint d'un adénocarcinome trachéal. Une masse d'opacité tissulaire (flèches noires) obstruant la lumière trachéale en portion thoracique est visible entre la 1^{ère} et la 2^{ème} paire de côtes.⁷⁶

c) Lymphadénopathie

L'observation de masses situées aux localisations habituelles des nœuds lymphatiques médiastinaux doit amener à explorer les différentes causes de lymphadénopathie.

Une lymphadénopathie peut être d'origine réactionnelle à la suite d'une réaction inflammatoire, ou tumorale par infiltration de cellules néoplasiques primaires ou métastatiques⁷⁰.

La tumeur la plus impliquée dans les cas de lymphadénomégalie est le lymphome multicentrique. Comme chez les autres espèces, les lymphomes sont classifiés en fonction de leur localisation dans l'espèce cunicole : multicentrique, thymiques, digestifs ou encore cutanés⁷⁷. Les lymphomes sont généralement décrits chez les jeunes lapins⁷⁸ et ceux d'âge moyen.⁶¹

De même que les lymphomes thymiques décrits précédemment, les lymphomes multicentriques ou médiastinaux peuvent s'exprimer par des masses médiastinales visibles en imagerie. Dans le cas d'un lymphome multicentrique chez un lapin, l'augmentation des nœuds lymphatiques médiastinaux crâniens sont les plus communément observés dans le médiastin.³¹

S'il s'agit d'une adénomégalie des nœuds lymphatiques trachéo-bronchiques, il est alors possible de voir à la radiographie, tout comme lors de dilatation de l'atrium gauche, une masse arrondie de densité tissulaire pouvant occasionner un élargissement de l'angle de la bifurcation trachéale. S'il s'agit des nœuds lymphatiques sus-sternaux qui sont touchés, il est alors possible de voir une opacification tissulaire ou liquidienne arrondie dans le médiastin crânial ventral.

A l'échographie, on observe des masses généralement arrondies et d'échogénicité variable⁴⁷.

d) *Abcès, granulomes et kystes*

Pouvant être identifiés dans différents compartiments médiastinaux en imagerie, les abcès, les granulomes et les kystes sont à intégrer au diagnostic différentiel des masses médiastinales du lapin.^{36,37}

Bien que rarement décrits, des kystes hydatiques (dus à *Echinococcus granulosus*) ont été identifiés en région médiastinale chez des lapins.⁷⁹

e) *Affections diaphragmatiques*

Les hernies diaphragmatiques sont des affections rares chez le lapin.⁵² Elles peuvent être d'origine congénitale ou traumatique et concernent le médiastin car il s'agit du compartiment où se retrouvent les organes herniés (exception faite des hernies péritonéo-pleurales).

Les hernies diaphragmatiques sont relativement simples à diagnostiquer par imagerie comme décrit dans la partie précédente.

Le diagnostic différentiel des affections diaphragmatiques comprend les hernies diaphragmatiques, péritonéo-péricardiques, péritonéo-pleurales et hiatales. Bien que possibles chez le lapin, seules des hernies diaphragmatiques ont été rapportées à ce jour.

3) Synthèse de l'aspect des masses médiastinales du lapin en imagerie

L'aide diagnostic de l'origine des masses médiastinales décrites chez le lapin en fonction, de l'effet masse qu'elles engendrent, ainsi que de leur aspect et de leur localisation est synthétisée dans la partie suivante sous forme de tableaux.

a) En radiographie

Tableau VII : Diagnostic différentiel des masses médiastinales décrites chez le lapin et description en radiographie selon les critères connus chez le lapin, ou extrapolable à partir des données chez les carnivores domestiques.

Origine possibles de la masse	Description radiographique
Affections thymiques (thymome, carcinome thymique, lymphome thymique et hyperplasie bénigne)	<ul style="list-style-type: none"> - Masse de densité tissulaire ou liquidienne crâniale au cœur, voire qui s'étend latéralement à la silhouette cardiaque. - Signe de la silhouette cardiaque positif voire un déplacement du cœur, des poumons, ou encore de la trachée. - Elargissement du médiastin de face. - Epanchement pleural possible.^{37,38,51,70,71}
Lymphome	<ul style="list-style-type: none"> - Masse de densité tissulaire pouvant occasionner un élargissement de l'angle de la bifurcation trachéale. (Adénomégalie des nœuds lymphatiques trachéo-bronchiques). - Masse tissulaire ou liquidienne ventrale crâniale. (Adénomégalie des nœuds lymphatiques sus-sternaux ou médiastinaux crâniaux).²⁵
Adénocarcinome trachéal	Masse dans la lumière trachéale d'opacité tissulaire ou liquidienne. ⁷⁶
Hernie diaphragmatique	<p>Masse de densité variable pouvant occasionner :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un élargissement du médiastin caudal. - Des organes abdominaux et/ou de la graisse péritonéale en position thoracique. - Un déplacement des structures thoraciques (veine cave caudale, lobes pulmonaires). - Un épanchement abdominal.⁷⁶
Kyste	<ul style="list-style-type: none"> - Masse arrondie de densité liquidienne/tissulaire. - Compression des organes adjacents selon la localisation.²⁵
Abcès	<ul style="list-style-type: none"> - Masse arrondie de densité liquidienne/tissulaire. - Compression des organes adjacents selon la localisation.²⁵
Sarcome histiocytaire	Masse généralement tissulaire, soit adjacente au muscle cardiaque, correspondant aux nœuds lymphatiques médiastinaux, voire non rattachée à un organe médiastinal en particulier. ⁷⁵

b) En échographie

Tableau VIII : Diagnostic différentiel des masses médiastinales décrites chez le lapin et description en échographie selon les critères connus chez le lapin ou extrapolable à partir des données chez les carnivores domestiques.²⁶

Origine possibles de la masse	Description échographique
Affections thymiques (thymome, carcinome thymique, lymphome thymique, hyperplasie bénigne)	<ul style="list-style-type: none">- Masse homogène ou hétérogène, tissulaire et/ou liquidienne (kystique).- Bords bien délimités, réguliers ou irréguliers.^{8,37,80}
Hernie diaphragmatique	<ul style="list-style-type: none">- Structures abdominales dans le thorax, notamment adjacentes au cœur.- Discontinuité du diaphragme avec une visualisation incomplète de l'interface diaphragme/poumon.²⁵
Kyste	<ul style="list-style-type: none">- Lésion anéchogène bien délimitée.- Fine paroi échogène régulière.- Artefact de renforcement postérieur.²⁵
Abcès	<p>Pas de description échographique d'abcès médiastinaux décrits chez le lapin, mais l'on peut s'attendre à un aspect similaire à celui observé chez les carnivores domestiques, c'est à dire une lésion cavitaire au contenu hypoéchogène délimitée par une coque échogène, d'épaisseur variable.⁴⁷</p>

c) En imagerie scanner

Tableau IX : Diagnostic différentiel des masses médiastinales décrites chez le lapin et description en imagerie scanner selon les critères connus chez le lapin ou extrapolable à partir des données chez les carnivores domestiques:

Origine possibles de la masse	Description tomодensitométrique en fenêtre « tissus mous »
Affections thymiques (thymome, carcinome thymique, lymphome thymique, hyperplasie bénigne)	<p>Masse d'atténuation tissulaire ou mixte, parfois kystique crânialement au cœur pouvant occasionner :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un élargissement du médiastin crânioventral. - Une déviation dorsale, voire une compression de la trachée. - Un déplacement caudal du cœur et de la carina. - Un déplacement caudal des lobes pulmonaires crâniaux, voire une atélectasie pulmonaire.^{8,37,70} - Une accumulation liquidienne avec produit de contraste dans les veines du cou et des membres thoraciques (causé par le syndrome de la veine cave crâniale).²⁹
Lymphadénopathie	<p>Masse d'atténuation tissulaire pouvant occasionner :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un déplacement, voire une compression de la bronche souche correspondante. - Un élargissement de l'angle de la bifurcation trachéale, voire une compression possible de la carina (si la masse est caudale à la carina).
Hernie diaphragmatique	<p>Masse d'atténuation variable pouvant occasionner :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un élargissement du médiastin caudal. - Des organes abdominaux et/ou la graisse péritonéale en position thoracique. - Un déplacement des structures thoraciques (veine cave caudale, lobes pulmonaires).²⁹
Kyste	<ul style="list-style-type: none"> - Effet masse en fonction du compartiment touché. - Masse arrondie. - Atténuation liquidienne remplissant la lésion. - Paroi mince d'atténuation correspondante aux tissus mous. - Légère prise de contraste de la paroi après injection de produit de contraste.²⁹
Abcès	<ul style="list-style-type: none"> - Masse arrondie d'atténuation mixte (tissus mous, liquide ou gazeux). - Paroi épaisse et irrégulière d'atténuation correspondante aux tissus mous. - Rehaussement de la paroi après injection de l'agent de contraste.²⁹
Lipome médiastinal	<ul style="list-style-type: none"> - Masse d'atténuation tissulaire ou liquidienne. - Peut être de très grande taille.³⁶
Adénocarcinome trachéal	<ul style="list-style-type: none"> - Obstruction de la lumière trachéale par une masse d'atténuation tissulaire.⁷⁶

Outre les différentes causes de masses médiastinales identifiables par imagerie, les affections cardio-vasculaires nécessitent tout autant l'aide notamment de la radiographie et de l'échographie.

C) Affections cardiovasculaires

Les affections cardiovasculaires sont fréquemment rapportées chez le lapin. Il conviendra en premier lieu de décrire les signes d'appel cliniques devant motiver une exploration par imagerie, avant de décrire les signes recherchés lors de l'exploration du médiastin en radiographie. Enfin les différentes causes d'affections ainsi que l'apport de l'échographie dans chacune d'elles seront passées en revue.

1) Signes d'appels d'une maladie cardio-vasculaire chez le lapin

Les signes suggérant une maladie cardiaque chez le lapin sont similaires à ceux rencontrés chez les carnivores domestiques. Une différence notable est le fait que les lapins sont des espèces proies qui cachent leurs symptômes, il n'est donc pas rare qu'ils soient présentés en consultation une fois que la maladie cardiaque est à un stade déjà très avancé.^{11,17}

Premièrement, une maladie cardiaque peut s'exprimer par des signes généraux tels que de l'anorexie, une perte de poids ou une faiblesse généralisée.

Cliniquement, une pâleur, voire une cyanose des muqueuses, associée à un temps de recoloration capillaire augmenté indique un stade avancé de maladie cardiaque. La congestion en amont des cavités cardiaques touchées et le défaut de retour veineux peuvent se manifester par une distension jugulaire, un pouls jugulaire, voire une exophtalmie par congestion du sinus veineux rétro-orbitaire. L'ascite en revanche, est un signe rarement décrit chez le lapin.⁸¹

Le pouls, évalué en région auriculaire, fémorale ou métatarsienne, est un indicateur pertinent de l'insuffisance cardiaque.^{81 50} Il doit être frappé et synchrone avec les battements du cœur^{11,81}.

La toux n'est que rarement vue chez le lapin^{11,81}, en revanche, une respiration bouche ouverte est une urgence absolue car le lapin est un animal à respiration nasale obligatoire.

A l'auscultation du thorax, il est possible d'entendre un souffle cardiaque qui est le principal signe d'appel d'une maladie valvulaire.⁵⁰ Un souffle systolique, généralement parasternal gauche, peut être identifié.¹³

Ensuite, l'arythmie sinusale respiratoire est rarement mise en évidence lors de l'examen clinique des lapins étant donné leur fréquence cardiaque élevée, notamment en condition de stress.⁸¹

Des bruits cardiaques diminués, quant à eux, orientent vers un épanchement pleural ou péricardique. Ces épanchements peuvent également provoquer de la dyspnée, de la tachypnée, une intolérance à l'exercice, des syncopes, voire des morts subites.¹¹

Enfin, des bruits respiratoires anormaux tels que des crépitements ou des bruits respiratoires augmentés peuvent être le signe d'un œdème pulmonaire.^{50,81}

2) Signes généraux d'affection cardiaque chez le lapin en imagerie

A la radiographie, il est possible d'identifier des signes évocateurs de maladie cardiaque qui sont similaires à ceux d'autres espèces. Ils comprennent l'élargissement de la silhouette cardiaque¹¹, une congestion vasculaire pulmonaire, l'opacification pulmonaire interstitielle et alvéolaire lors d'œdème pulmonaire, et parfois des signes d'épanchement pleural.⁵⁰

a) Augmentation de la silhouette cardiaque

Radiographiquement, l'anomalie cardiaque la plus courante est la cardiomégalie.

Un signe indirect majeur de cardiomégalie est la déviation dorsale de la trachée. La trachée devient alors parallèle au rachis voire converge vers la ligne vertébrale¹⁷, comme c'est le cas sur les radiographies des Figures 86 et 87.

Sur ces deux radiographies, on peut noter une cardiomégalie sur la base du critère de la largeur thoracique occupée par le cœur de face, ainsi que par la hauteur thoracique occupée par le cœur sur les vues de profil. L'augmentation du contact cœur-sternum est aussi un critère de cardiomégalie.

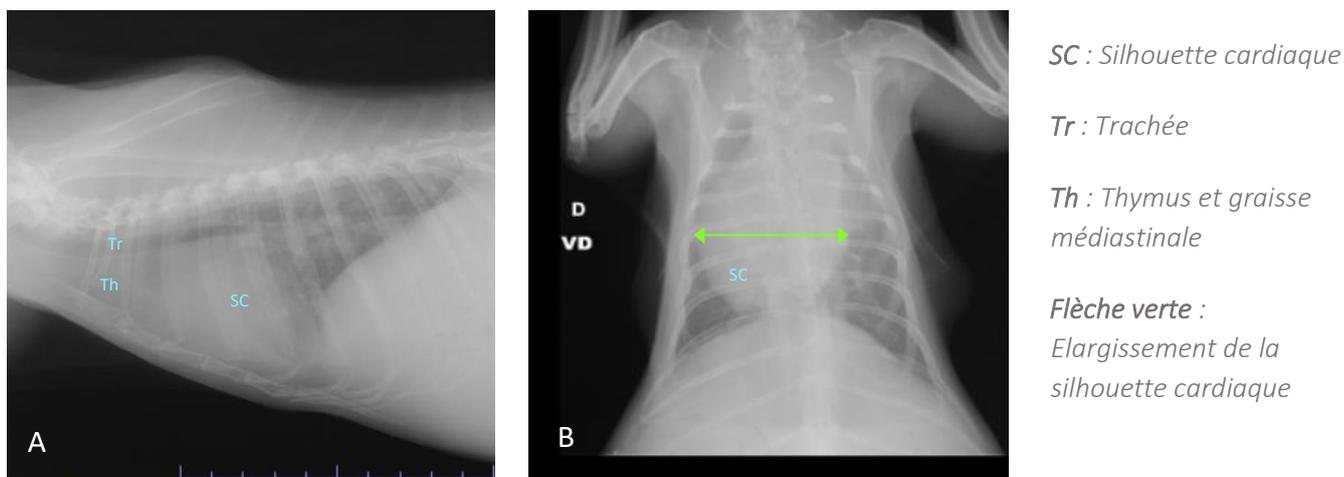
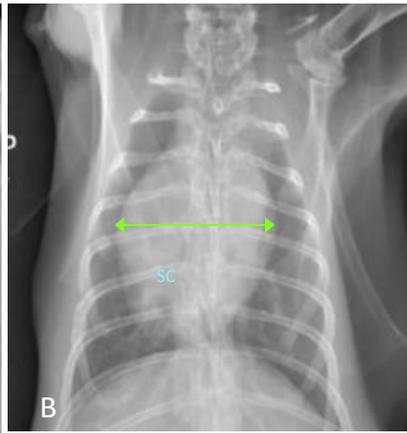
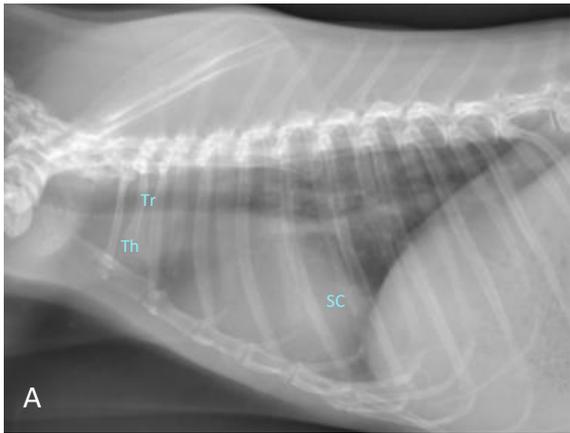


Figure 86 : Radiographies thoraciques d'un lapin atteint de cardiomégalie. (A) vue latérale et (B) vue ventro-dorsale. La trachée présente une déviation dorsale dans sa partie thoracique. On observe une cardiomégalie avec augmentation du contact cœur-sternum, une dimension supérieure aux 2/3 du thorax en vue de face et de profil (flèche verte). On peut également noter un élargissement du médiastin crânial. (© Service Imagerie Médicale, ONIRIS)



SC : Silhouette cardiaque

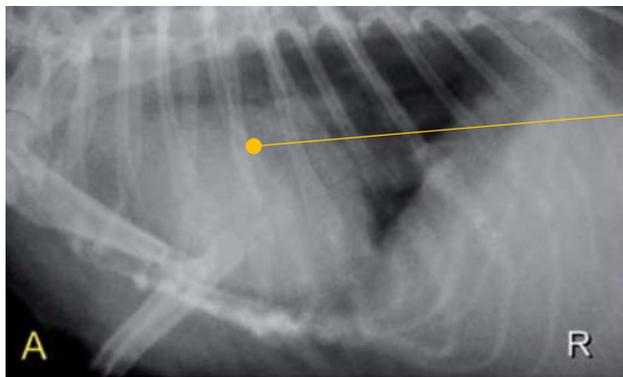
Tr : Trachée

Th : Thymus et graisse médiastinale

Flèche verte :
Elargissement de la silhouette cardiaque

Figure 87: Radiographies thoraciques de lapin atteint de cardiomégalie. (A) vue latérale et (B) vue dorso-ventrale. On observe une largeur du cœur supérieure aux 2/3 du thorax en vue de face et une augmentation du contact cœur-sternum. (© Service Imagerie Médicale, ONIRIS)

Néanmoins, l'élargissement de la silhouette cardiaque n'est pas toujours synonyme de cardiomégalie. En effet il est important de rappeler qu'en radiographie il n'est pas possible de distinguer le cœur seul, mais uniquement la « silhouette cardiaque » comprenant le cœur, le péricarde et la graisse péricardique. Par conséquent, des affections comme un épanchement péricardique comme illustré sur la Figure 88, ou encore une hernie péritonéo-péricardique vont aussi provoquer un élargissement de la silhouette cardiaque à la radiographie.



Silhouette cardiaque de taille augmentée

Figure 88 : Radiographie thoracique en vue de profil d'un lapin atteint d'épanchement péricardique.¹⁷

L'échographie permet de distinguer un épanchement péricardique d'une autre cause d'élargissement de la silhouette cardiaque visualisé à la radiographie. On observe alors un fluide anéchogène entre le myocarde et l'enveloppe péricardique comme représenté sur la Figure 89.¹⁷

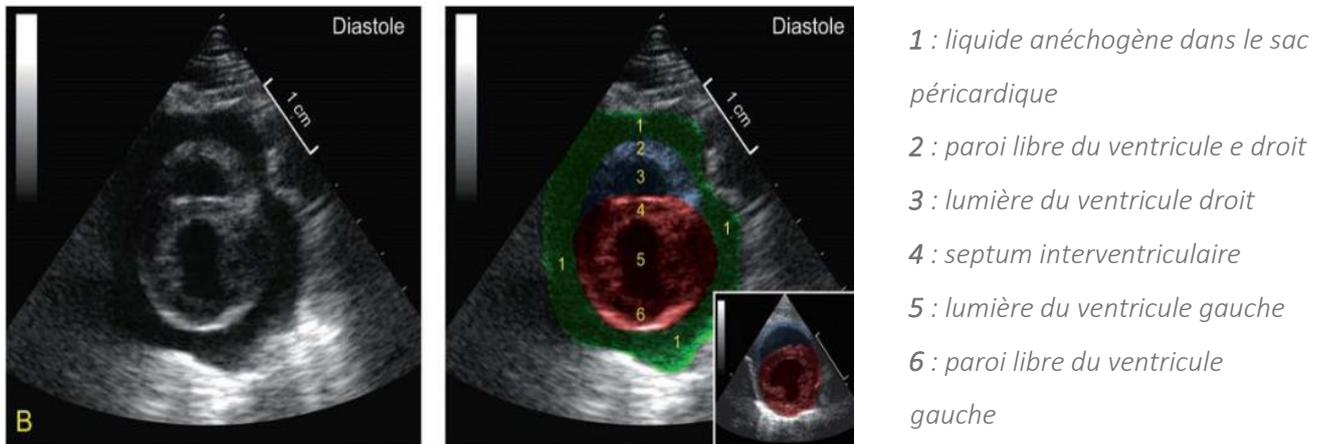


Figure 89 : Echocardiographie en mode BD d'un épanchement péricardique chez un lapin. Coupe petit axe transventriculaire parasternale droite.¹⁷

A l'aide de l'échocardiographie, il convient ensuite d'objectiver ou non une tamponnade cardiaque causée par l'épanchement péricardique. En cas de tamponnade cardiaque les atriums ne se remplissent pas suffisamment ce qui se caractérise par un défaut de dilatation en diastole.¹⁷

b) Signes d'insuffisance cardiaque congestive

L'insuffisance cardiaque congestive (ICC) se développe à la suite d'une maladie cardiaque structurale ou fonctionnelle.⁵⁰ Les manifestations décrites chez le lapin sont le plus souvent l'œdème pulmonaire, l'épanchement pleural, suivi de l'épanchement péricardique⁸² voire l'hépatomégalie ou l'ascite⁸³.

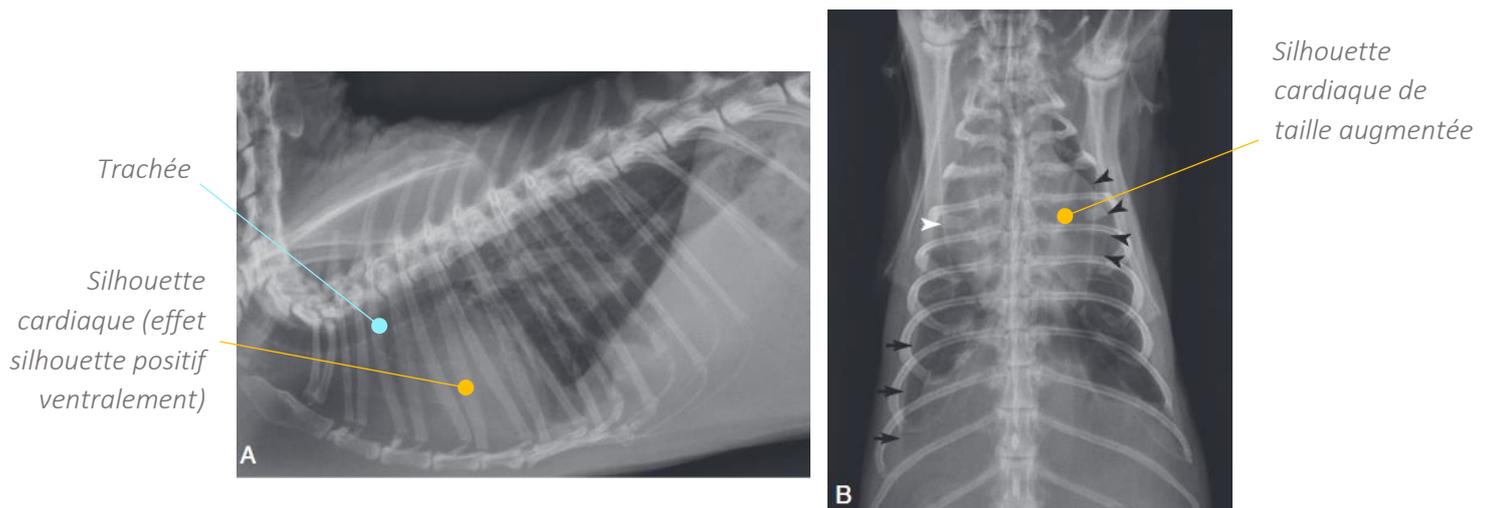


Figure 90 : Cardiomégalie généralisée sévère avec insuffisance cardiaque congestive chez un lapin. (A) Vue latérale droite, cardiomégalie, trachée déviée dorsalement, opacification broncho-interstitielle dans les lobes pulmonaires dorso-caudaux, compatible avec un œdème pulmonaire. Le signe de la silhouette cardiaque positif ventralement indique un léger épanchement pleural. (B) Vue ventrodorsale : ectasie de l'auricule gauche (têtes de flèches noires) et de l'oreillette droite (tête de flèche blanche). Epanchement pleural (flèches noires).¹¹

Selon une étude rétrospective, sur 20 lapins présentant une insuffisance cardiaque congestive, ceux atteints d'insuffisance gauche, droite et généralisée étaient décrits en proportion similaire.⁸³

3) Les différentes affections cardiaques du lapin et leur aspect en imagerie

Les plus fréquentes sont les maladies valvulaires dégénératives, les cardiomyopathies (principalement la cardiomyopathie dilatée), suivies des myocardites, et de l'artériosclérose.⁸³

a) Valvulopathies dégénératives

Les maladies valvulaires dégénératives, sont plus fréquemment identifiées chez les lapins âgés. La valve mitrale est la valve la plus fréquemment affectée, mais la valve tricuspide peut également être atteinte.¹³

La maladie valvulaire dégénérative est définie comme l'épaississement des feuillets et l'allongement des cordes tendineuses, ce qui entraîne une régurgitation du sang du ventricule vers l'oreillette pendant la systole. Cette régurgitation marque une insuffisance valvulaire. Bien que les insuffisances valvulaires soient souvent causées par une valvulopathie dégénérative, elles peuvent également faire suite à une cardiomyopathie (comme décrit plus haut) ou à une infection (endocardite).¹⁷

Les signes échocardiographiques comprennent le plus souvent **l'épaississement** d'une ou des deux valves atrio-ventriculaires, la **dilatation des cavités cardiaques** et la **régurgitation turbulente** du sang détectée par balayage Doppler.^{11,50}

La Figure 91 illustre les signes échocardiographiques d'une maladie valvulaire dégénérative mitrale. L'insuffisance valvulaire est diagnostiquée par échocardiographie en mode TM (Figure 91 B) et en mode Doppler (Figure 91 A).

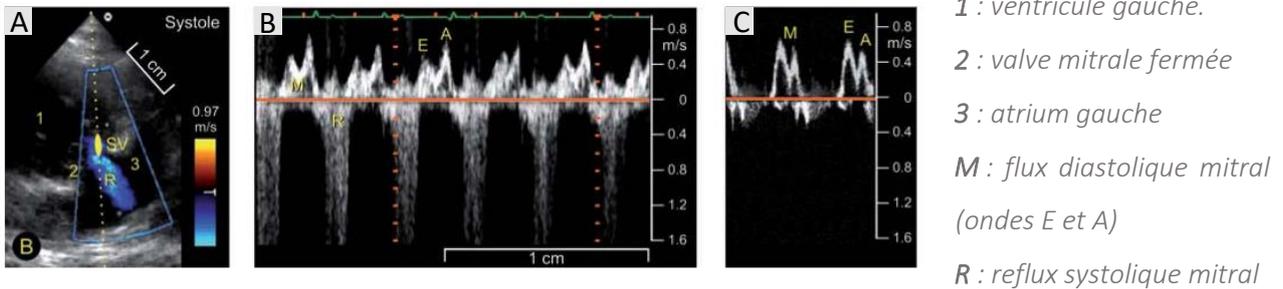


Figure 91 : Mode Doppler et bidimensionnel d'un lapin atteint d'insuffisance mitrale¹⁷. (A) : Mode Doppler appliqué à la coupe parasternale gauche grand axe 4 cavités. Le reflux mitral systolique R apparaît en bleu (rétrograde). (B) : Inversion des ondes E et A. Le reflux turbulent R est visualisé en systole avec une vitesse négative. (C) : Mode TM d'un flux mitral normal.¹⁷

De plus, la cartographie (surface de l'oreillette occupée par le reflux) des reflux valvulaires peut être évaluée à l'aide du Doppler couleur comme sur la Figure 91 A. La durée et la vélocité de la régurgitation peuvent également être déterminées en Doppler continu.

b) Cardiomyopathies

Les cardiomyopathies rapportées dans l'espèce cunicole sont les formes dilatées, hypertrophiques et restrictives.

i. Cardiomyopathie dilatée du lapin

Les caractéristiques du diagnostic échocardiographique de la cardiomyopathie dilatée (CMD) sont similaires à celles connues chez le chien.¹⁷

En raison d'un défaut de contractilité chronique du myocarde, celui-ci se dilate et s'amincit ce qui diminue l'efficacité d'éjection du sang, entraînant une diminution du débit sanguin.

Lors de CMD, la **dilatation du ventricule gauche** (Figure 92) entraîne donc une diminution de la fonction systolique mais aussi un défaut de coaptation de la valve mitrale par distension de l'anneau mitral, ce qui conduit à terme à l'insuffisance valvulaire.

L'indicateur majeur d'un dysfonctionnement systolique en échocardiographie est une **diminution de la fraction de raccourcissement** (FS inférieure à 28 %¹⁷). Il est aussi possible d'observer un amincissement des parois ventriculaires et septales (diminution du pourcentage d'épaississement systolique des parois)¹⁷ et un ventricule gauche qui se contracte peu.

Une distance ES accrue (entre le septum et la cuspside septale mitrale lors de l'ouverture diastolique maximale) indique que le ventricule gauche est dilaté durant la systole (Figure 93). En revanche, il n'existe pas de normes décrites chez les lapins. Ce paramètre est non seulement un signe de surcharge du volume ventriculaire gauche, mais aussi d'une capacité d'éjection qui est réduite.¹⁷

La congestion engendrée ainsi que le reflux mitral vont provoquer une surcharge volumique de l'oreillette gauche. Elle est alors observée par un **élargissement de l'oreillette gauche** mesurable en mode BD¹⁷ (par le rapport AG/Ao qui doit être inférieur à 1.5 par exemple). À ce stade l'insuffisance cardiaque congestive peut alors se manifester chez l'animal et conduire à des épanchements pleuraux, des œdèmes pulmonaires ou de l'ascite.¹⁷

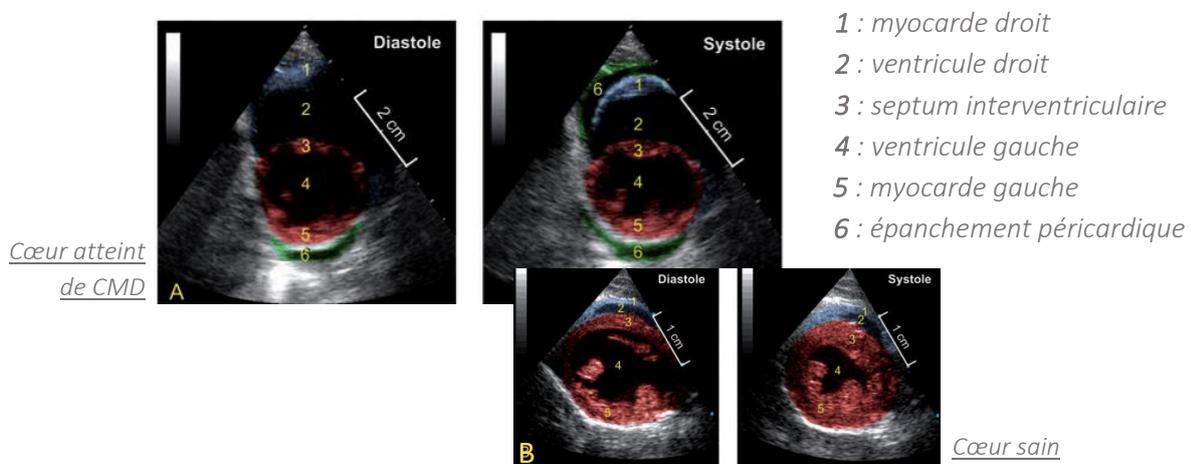


Figure 92 : Echocardiographie en mode BD en vue parasternale droite transventriculaire. (A) : Dilatation sévère du ventricule gauche et droit, ainsi qu'un épanchement péricardique. On peut noter l'amincissement des parois ventriculaires gauches et un défaut de contraction en systole. (B) : Image d'un cœur sain de lapin.¹⁷

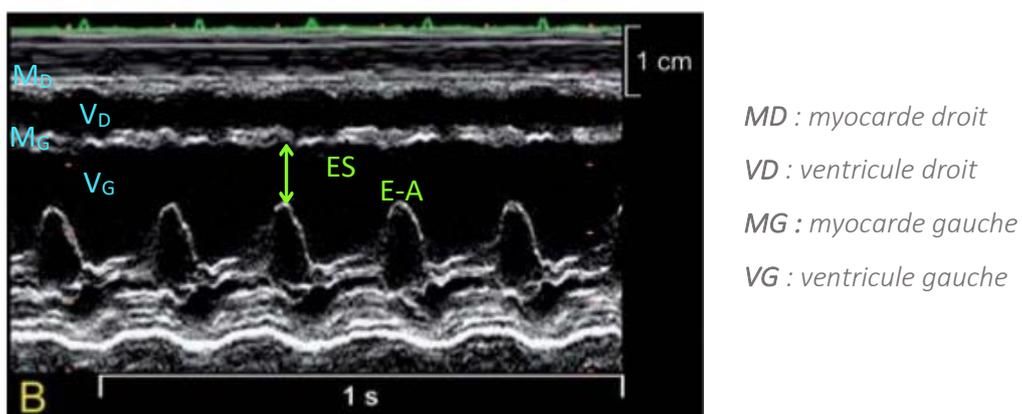


Figure 93 : Echocardiographie en mode TM d'un lapin atteint de CMD en vue parasternale droite petit axe transmitrale. Distance E-S augmentée révélant une dilatation ventriculaire gauche. Fusion des ondes E et A causée par la fréquence cardiaque élevée.¹⁷

ii. Cardiomyopathie de phénotype hypertrophique

L'épaississement du myocarde est rare chez les petits mammifères et peut survenir en association avec une cardiomyopathie hypertrophique primaire (peu décrits chez le lapin) ou secondairement à une augmentation de la pression dans le ventricule, comme à la suite d'une sténose aortique ou pulmonaire.¹⁷

Lors de cardiomyopathie hypertrophique ou de cardiomyopathie dilatée avancée, la fonction diastolique est altérée. Avec la dysfonction diastolique, une inversion des ondes E et A des valves mitrales ou tricuspide ventriculaire peut se produire en Doppler pulsé comme sur Figure 91.

Cependant, les lapins tout comme les furets ou les cochons d'inde peuvent parfois présenter une augmentation à court terme de la vitesse du flux ventriculaire diastolique tardif (augmentation de l'onde A) sans aucune modification cardiaque reconnaissable.¹⁷

c) Myocardites et endocardites

Bien que la myocardite infectieuse soit rare chez les lapins de compagnie, les agents pathogènes cités comme étant associés à la myocardite comprennent *Pasteurella multocida*, les espèces *Salmonella*, *Clostridium piliforme*, et *Encephalitozoon cuniculi*.¹¹

Les cas d'endocardite valvulaire rapportées quant à elles, mettent en cause les agents *Staphylococcus aureus* et *Haemophilus parainfluenzae* et semblaient provenir d'une maladie dentaire infectieuse.⁵⁰

Les signes échocardiographiques de l'endocardite et de la myocardite peuvent inclure respectivement un **endocarde hyperéchogène** et un **aspect hétérogène du myocarde**. Les conséquences les plus communément associées à une endocardite ou une myocardite avancée sont comparables à ceux observés en cas de cardiomyopathie dilatée et/ou de maladie valvulaire dégénérative^{11,17}

d) Anomalies vasculaires

Une affection vasculaire courante chez le lapin est la minéralisation des vaisseaux, notamment médiastinaux.

Ces minéralisations par calcification rigidifient la paroi artérielle, on parle alors d'artériosclérose. Cette artériosclérose a été observée dans presque toutes les races de lapins. L'arc aortique et l'aorte thoracique descendante sont les plus souvent touchées.

Ces calcifications rendent alors les vaisseaux d'opacité proche de la densité osseuse sur des radiographies thoraciques.²²

Les signes cliniques, s'ils sont présents, peuvent inclure la léthargie, l'anorexie et la perte de poids par défaut de perfusion.⁸³

Même si la cause est encore méconnue chez le lapin, les causes probablement impliquées sont l'hypertension systémique, un facteur alimentaire ou encore le métabolisme calcique particulier des lapins.^{11,83} En effet, l'excrétion du calcium est régulée par l'excrétion rénale bien plus que par l'absorption digestive, ce qui explique que les minéralisations soient souvent associées à une maladie rénale chronique (elle-même liée majoritairement à l'infection par *Encephalitozoon cuniculi*)¹¹. Il en résulte alors une l'hypercalcémie, causant des minéralisations ectopiques des vaisseaux et du squelette²²

e) Arythmies

Rares chez le lapin, des fibrillations atriales et ventriculaires ont été identifiées, et étaient associées à des cardiomyopathies et des insuffisances cardiaques congestives.⁵⁰ Selon *Ozawa and al*⁸³, les plus représentées étaient les arythmies supraventriculaires suivies des arythmies ventriculaires. Leur exploration nécessite un électrocardiogramme mais ne peuvent cependant pas être identifiées par imagerie.

f) Anomalies congénitales

Les anomalies congénitales cardiaques sont rarement décrites chez le lapin.¹¹

Certaines ont néanmoins été décrites chez le lapin néo-zélandais incluant un défaut du septum ventriculaire et un kyste valvulaire, sans prédisposition de race mise en évidence actuellement.¹¹ Une suspicion de *cor triatriatum dexter* (atrium droit cloisonné en deux chambres par une membrane) a également été établie sur la base d'une échocardiographie chez un lapin.¹¹

La dernière partie sera consacrée à la discussion sur la place de l'imagerie dans la démarche diagnostique et dans la classification, en vue du traitement des tumeurs thymiques, ce qui représente encore un défi thérapeutique chez le lapin aujourd'hui par le manque de cas publiés.

V. Discussion sur la place de l'imagerie dans la prise en charge des masses médiastinales

A) Orientation étiologique des masses médiastinales et facteurs pronostiques en imagerie : comparaison aux autres espèces

Selon la nature de la masse médiastinale, la prise en charge thérapeutique sera différente, d'où l'importance d'un diagnostic précis.

Or, dans d'autres espèces que le lapin, les techniques d'imagerie permettent de donner des indices précis sur la nature de la tumeur en vue d'informer les propriétaires d'informations préliminaires sur la prise en charge possible. Il est cependant important de garder en tête que seule une analyse cytologique et/ou histologique permet de déterminer la nature exacte de la lésion⁵⁴. Dans la partie suivante, les masses médiastinales crânielles seront prises comme exemple, étant donné qu'il s'agit des plus fréquentes chez le lapin.

1) Critères guidant le diagnostic des masses médiastinales en imagerie chez le chien et chez l'homme

Premièrement, pour établir un diagnostic différentiel, il convient de savoir si la masse thoracique observée est en effet contenue dans le médiastin ou au contraire dans les poumons. Pour cela l'imagerie en coupe est d'une aide précieuse. Cependant certains critères chez le chien ont été étudiés afin de distinguer une masse médiastinale d'une masse pulmonaire sur la base d'un simple examen radiographique.⁸⁴

Une première observation chez le chien est que les masses médiastinales déplacent plus souvent les organes médiastinaux (comme le cœur), alors que les masses situées latéralement ou caudalement dans le thorax sont plutôt en faveur d'une origine pulmonaire⁸⁴.

De plus, une position qui correspond aux localisations des replis crânio-ventral ou caudo-ventral du médiastin peut également servir à définir la localisation de la masse observée⁸⁴.

Enfin, en médecine humaine d'autres critères sont couramment utilisés pour différencier une localisation médiastinale d'une localisation pulmonaire. On peut citer notamment le déplacement de la masse en inspiration et en expiration, ce qui paraît cependant d'intérêt limité chez le lapin, qui possède une fréquence respiratoire très élevée⁸⁴.

Dans l'espèce cunicole, il existe peu d'études rétrospectives sur les critères d'imagerie permettant de guider le praticien dans le diagnostic étiologique des masses médiastinales crânielles. C'est pour cela qu'il est pertinent de s'intéresser par exemple aux études menées chez les carnivores domestiques, qui pourraient servir de référence par la suite chez le lapin.⁴ Le Tableau X résume les critères pouvant affiner le diagnostic par l'imagerie en prenant l'exemple des tumeurs médiastinales crânielles chez les carnivores domestiques et dans une moindre mesure chez l'homme.

Tableau X : Critères spécifiques de certaines masses observables en échographie, radiographie et scanner chez le chien, le chat et l'homme selon leur nature histologique.

Critères d'imagerie spécifiques	Thymome	Carcinome thymique	Tumeur thymique épithéliale (Thymome et carcinome thymique)	Lymphome
	Radiographie			<ul style="list-style-type: none"> - Présence de deux bords anatomiques bien définis ou plus (bord crânial, caudal, dorsal ou ventral) sur une vue latérale. Ce qui s'explique par le fait qu'il s'agisse généralement une masse encapsulée.⁵⁴ - Déplacement à droite de la silhouette cardiaque en vue dorso-ventrale ou ventro-dorsale. Le lobe thymique gauche, étant plus caudal, repousse le cœur à droite.⁵⁴
Echographie	<ul style="list-style-type: none"> - Masse hétérogène (de 86 à 95% selon les études).⁸⁵⁻⁸⁷ - Plutôt kystique (57%)⁵³ ou lobulée.⁸⁷ 			<ul style="list-style-type: none"> - Masse solide d'échogénicité autant hétérogène qu'homogène.⁸⁷ - Plutôt hypoéchogènes.⁸⁷
Tomodensitométrie				
Chez le chien			<ul style="list-style-type: none"> - Echogénicité hétérogène due à la composante kystique ou adipeuse des thymomes et des carcinomes thymiques⁸⁶ 	<ul style="list-style-type: none"> - Echogénicité autant homogène qu'hétérogène.⁸⁸ - Tendance à envelopper la veine cave crâniale.⁸⁸
Chez l'homme	<ul style="list-style-type: none"> - Encapsulé, bien délimité.⁸⁹ - Environ un tiers apparaissent hétérogènes.⁵⁶ - Possibles plages calcifiées.^{56,90} 	<ul style="list-style-type: none"> - Contour irrégulier.⁹¹ - Composante nécrotique ou kystique.⁹¹ - Renforcement hétérogène du contraste.⁹¹ - Lymphadénopathie associée.⁹¹ - Invasion des grands vaisseaux.⁸⁸ 		<ul style="list-style-type: none"> - Lymphadénomégalie associée.⁹⁰ En pratique on observe une large masse représentant le thymus et les nœuds lymphatiques hypertrophiés.⁹⁰

En revanche l'aspect d'une **hyperplasie thymique bénigne** en imagerie est peu décrit chez le lapin comme chez les carnivores domestiques. Chez l'homme celle-ci se manifeste de manière caractéristique au scanner sous la forme d'un thymus élargi de manière diffuse et symétrique, avec des bords lisses, une préservation de la forme thymique normale, ainsi qu'une absence d'invasion des vaisseaux.⁹⁰

Ces caractéristiques diffèrent de ceux des phénomènes néoplasiques, qui ont tendance à se manifester sous la forme d'une masse focale avec un contour parfois nodulaire ou kystique et des foyers nécrotiques ou calcifiés.

Les **abcès**, quant à eux sont particulièrement distinguables lorsqu'une composante gazeuse est présente à l'intérieur de la paroi souvent épaisse.

Pour résumer, chez les carnivores domestiques, **ce qui caractérise principalement les thymomes à l'imagerie est une apparence hétérogène notamment à l'échographie** (entre 86 et 94% des thymomes selon les études réalisées⁸⁵⁻⁸⁷). Cette principale distinction est illustrée par la Figure 94.

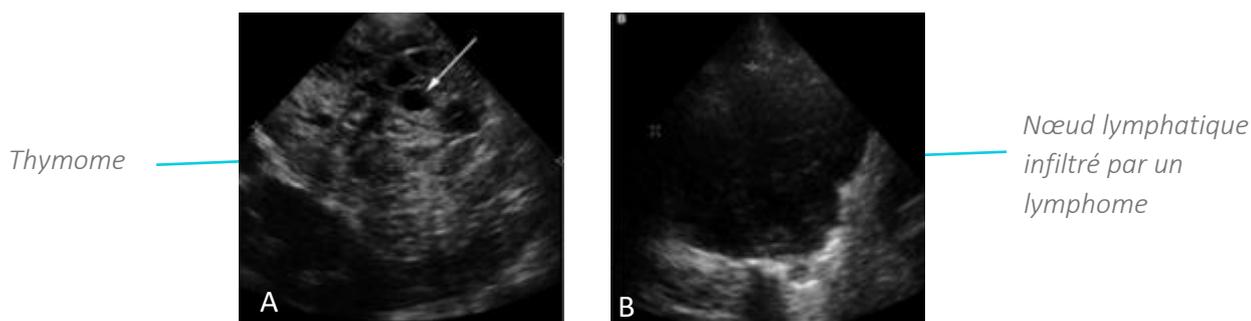


Figure 94 : (A) Aspect échographique typique d'un thymome de chien, la masse est hétérogène avec des kystes liquidiens (flèche). (B) Lymphome médiastinal de chien, le nœud lymphatique touché est d'échogénéicité homogène.⁸⁷

2) Application à l'espèce cunicole

Chez le lapin, peu d'études comportent un nombre assez conséquent de masses d'origine thymique pour évaluer statistiquement la dominance de certaines caractéristiques orientant le diagnostic.

Cependant les examens d'imageries décrits sur ce cas révèlent les aspects suivants.

Concernant les **thymomes** engendrant des signes cliniques chez les lapins, la radiographie révèle toujours une masse de densité **tissulaire ou liquidienne** repoussant dorsalement la trachée et effaçant les contours crâniens du cœur avec, dans certains cas, des **épanchements** pleuraux voire péricardiques. Enfin, un point très important est que l'échographie révèle souvent une masse contenant des lésions **kystiques hypoéchogènes**^{37,70,80}.

A propos des **lymphomes thymiques** décrits chez le lapin, une seule échographie décrite a révélé une masse kystique hypoéchogène. De plus, un épanchement pleural a été visualisé à la radiographie.⁵¹

Enfin le seul cas de **carcinome thymique** décrit par imagerie décrivait à l'échographie une masse d'échogénicité mixte (tissulaire et kystique) associé à un épanchement pleural, péricardique, et de l'ascite. ³⁸ Seul ce type de tumeur thymique rapporte un cas de **métastase extra thoraciques** (localisée aux reins chez ce lapin ⁷¹), alors que les métastases associées aux thymomes sont rares. Cela peut également être un argument supplémentaire lors de découverte de métastases au scanner. ⁵⁶

3) Facteurs pronostiques

Le scanner et l'IRM sont également utiles pour grader la malignité des tumeurs, ainsi que pour détecter des facteurs pronostiques pour le patient.

Chez le chien, les signes d'un haut grade de malignité d'une masse médiastinale sont une **infiltration graisseuse** de la tumeur, des **limites mal définies**, une **lymphadénopathie** ou encore des **nodules pleuraux**. ⁸⁸

Plus particulièrement, au sujet des thymomes et des carcinomes thymiques, les facteurs pronostiques négatifs chez le chien et l'homme sont une **invasion des vaisseaux** (illustrée sur la Figure 95), elle-même corrélée positivement à la taille croissante de la tumeur. ⁸⁵

En revanche, à ce jour, aucune invasion vasculaire n'a encore été décrite par imagerie chez le lapin.



Figure 95 : Thymome (astérisque) de taille importante chez un chien associé à une invasion tumorale vasculaire (flèche).

85

Ainsi, les examens d'imagerie orientent le diagnostic en cas de masse médiastinale. ⁵⁶ Mais plus globalement, il en va de même pour toutes les masses observées par imagerie.

Cependant, pour continuer la prise en charge, le diagnostic précis nécessitera des examens complémentaires indispensables, autres que l'imagerie.

En effet, lors de la visualisation d'une masse, le praticien est amené en premier lieu à effectuer des ponctions du tissu en question. La **cytologie** est un moyen diagnostique pertinent qui

peut s'effectuer par aspiration à l'aiguille fine, tout comme l'**histologie** qui se pratique par biopsie échoguidée.

De surcroît, en reprenant l'exemple des thymomes, la ponction échoguidée du liquide contenu dans la composante kystique de la tumeur est fréquemment décrite pour le diagnostic mais a également une visée thérapeutique non invasive et à moindre risque. La réduction de la taille des kystes permet ainsi de soulager les signes de dyspnée et à améliorer la qualité de vie des lapins.

B) Traitements des tumeurs thymiques du lapin et place de l'imagerie

Divers traitements sont décrits dans l'espèce cunicole dans la démarche thérapeutique des masses d'une manière générale. L'imagerie en coupe notamment, va permettre la mise en place ou le suivi du traitement. Dans cette partie, les principaux traitements seront décrits de façon générale avant de s'intéresser plus précisément à l'apport de l'imagerie dans l'exemple des traitements du thymome chez le lapin. En effet, il s'agit de la tumeur dont les traitements sont les plus décrits dans cette espèce.

En premier lieu, l'imagerie est indispensable avant toute **chirurgie**, qui est le traitement de choix chez toutes les espèces. L'imagerie offre la possibilité de faire un bilan d'extension local pour planifier une exérèse de la lésion.^{33,92}

L'imagerie en coupe oriente fortement le choix ou non d'un traitement chirurgical. En effet, les bons candidats à l'excision chirurgicale d'une masse quelle qu'elle soit est un animal dont la tumeur n'envahit pas des vaisseaux majeurs, d'où l'intérêt d'un examen scanner au préalable.⁴ Les images scanner permettent également de réaliser un bilan d'extension global, en particulier pour rechercher la présence d'éventuelles métastases³⁸.

Si l'on prend l'exemple des thymomes chez le lapin, l'imagerie en coupe conditionne également la voie d'abord chirurgicale. En effet, deux techniques (la thoracotomie intercostale ou la sternotomie) ont été pratiquées chez des lapins pour l'excision en fonction de la position des tumeurs médiastinales.^{22,68,69}

En fonction de la nature de la tumeur, une radiothérapie peut être éventuellement envisagée et un « **scanner de dosimétrie** » est alors réalisé avant de débiter le traitement. En effet, la radiothérapie consiste en une irradiation locorégionale ciblée, qui vise les cellules cancéreuses. Le scanner dosimétrique sert à réaliser le plan de traitement en amont de la radiothérapie pour cibler la tumeur et limiter les effets secondaires sur les organes adjacents, en particulier les organes radiosensibles.

Le scanner de dosimétrie est d'autant plus pertinent chez les lapins que leur petite taille rend les zones cibles de traitement parfois très restreintes, et demande donc un calcul de dose de radiothérapie plus précis.⁹³

Dans les cas de thymomes chez le lapin, la radiothérapie peut diminuer considérablement la taille d'une tumeur, comme illustré sur les Figures 96 et 97.

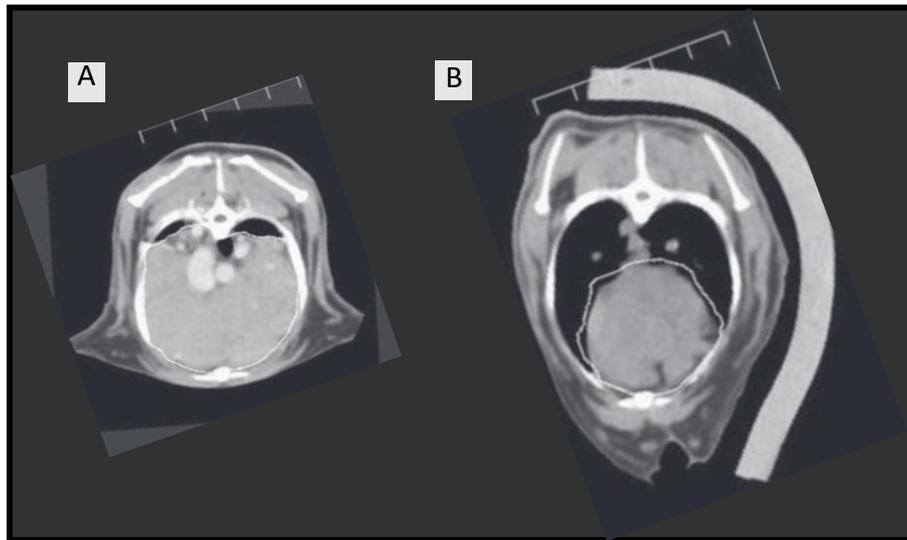


Figure 96 : Coupe transverse tomodensitométrique d'un médiastin de lapin atteint d'un thymome. (A) : Avant le traitement de radiothérapie. (B) : Après un traitement radiothérapie avec 24.5 Gy. La réduction de taille de la tumeur est représentée par la ligne blanche.⁷⁰

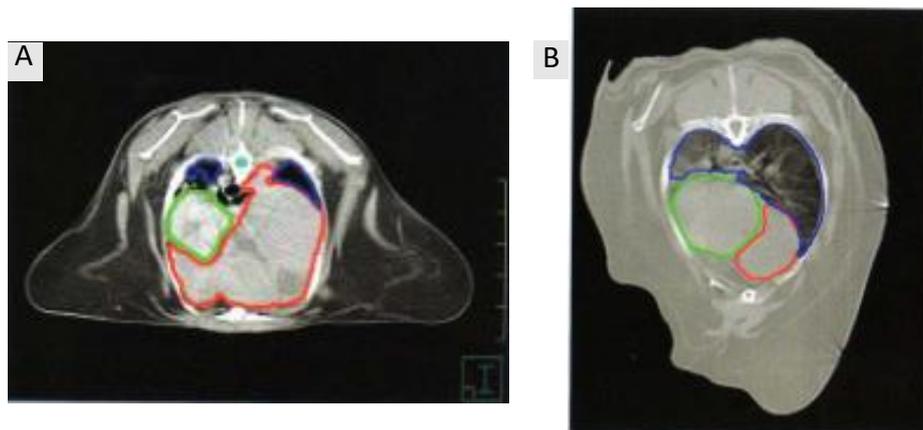


Figure 97 : Coupe transverse tomodensitométrique d'un médiastin de lapin atteint d'un thymome. L'extension de la tumeur est visible en rouge, les poumons en bleu et le cœur en vert. (A) : Avant le traitement de radiothérapie. (B) : À la suite du traitement par radiothérapie de 14.4Gy, l'extension de la tumeur est nettement diminuée et la capacité pulmonaire est augmentée.³³

Un traitement encore peu utilisé pour les tumeurs chez le lapin est la **chimiothérapie**. L'imagerie trouve alors son intérêt dans le cadre des suivis du traitement en évaluant la régression des tumeurs avec précision par imagerie en coupe ou, dans certains cas, par radiographie. Par exemple, les lapins ayant des thymomes invasifs ou métastatiques sont de bons candidats à la chimiothérapie, qu'elle soit utilisée en tant qu'adjuvant ou néo adjuvant à un autre traitement.^{33,64}

C) Classification des tumeurs par l'imagerie en coupe : l'exemple des tumeurs thymiques

L'imagerie permet également de classifier les tumeurs thymiques, en utilisant des stades d'invasions loco-régionales.

En prenant l'exemple des tumeurs thymiques épithéliales, on peut citer la classification humaine de Masaoka, basée sur l'invasion tumorale et dans laquelle l'imagerie en coupe a un intérêt tout particulier. Ce classement s'établit en fonction de la présence de signes d'envahissement de la tumeur à l'échelle microscopique ou macroscopique dans les tissus médiastinaux, ainsi que de la présence de métastases. En revanche pour l'instant aucune corrélation n'a encore été établie chez les animaux.³³

Les différents stades de la maladie sont décrits ci-après dans le Tableau XI.

*Tableau XI: Classification selon Masaoka-Koga des cellules thymiques épithéliales.*⁸⁹

Stade	Description
I	<i>Tumeur complètement encapsulée (microscopiquement et macroscopiquement).</i>
Ila	<i>Invasion microscopique de la capsule tumorale.</i>
Ilb	<i>Invasion macroscopique dans le thymus ou la graisse médiastinale, ou invasion microscopique (adhérence) à la plèvre ou au péricarde.</i>
III	<i>Invasion macroscopique dans les organes adjacents (péricarde, poumons, gros vaisseaux).</i>
IVa	<i>Dissémination pleurale ou péricardique.</i>
IVb	<i>Métastases hématogènes ou lymphatiques.</i>

Un examen scanner ou IRM permet de différencier un stade Masaoka I ou IIa, d'un stade IIb, III, IVa ou encore IVb, quelques-uns de ces critères sont illustrés par le schéma en Figure 98.

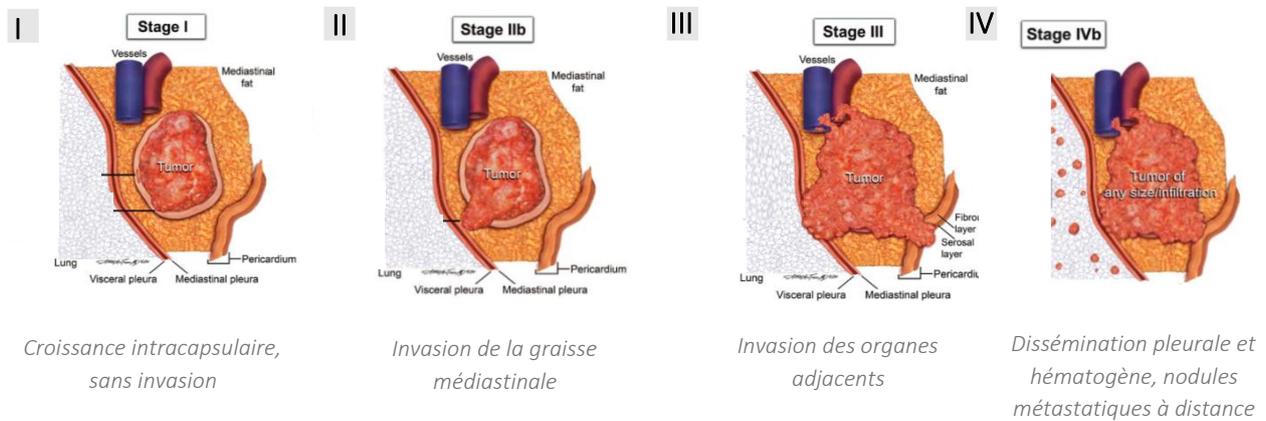


Figure 98 : Schématisation des stades d'invasions selon la classification de Masaoka des thymomes et carcinomes thymiques.⁹⁴

Actuellement, aucun système de classification vétérinaire n'est encore disponible⁹², et les tumeurs thymiques chez le lapin sont encore malheureusement rarement classifiées.

En effet, seuls certains lapins atteints de thymomes ont été classés selon la classification de Masaoka sur la base de radiographies thoraciques, de scanners corps entier, voire d'IRM.⁹²

Une classification plus systématique permettrait probablement à l'avenir d'orienter le clinicien vers des prises en charge plus standardisées.

CONCLUSION

La radiographie et l'échographie sont les techniques les plus disponibles en médecine vétérinaire et dont l'autre avantage majeur réside dans leur faible coût et leur aspect peu invasif. Cependant, l'imagerie en coupe peut se révéler indispensable pour palier la faible résolution et le contraste faible de ces deux modalités très utilisées. L'intérêt du scanner et de l'IRM réside dans leur capacité à déterminer l'organe impliqué et à orienter le diagnostic sur la nature éventuelle de la lésion. De plus, ces modalités d'imagerie en coupe présentent une disponibilité grandissante ces dernières années en médecine vétérinaire.

L'IRM est cependant encore très peu utilisée en raison de son manque de disponibilité et de sa durée d'examen, ce qui pose la problématique de la contention et de l'anesthésie dans l'espèce relativement fragile que représente le lapin, peu d'études se sont donc intéressées à l'exploration du médiastin dans cette espèce.

La radiographie, l'échographie et l'imagerie en coupe sont particulièrement intéressantes dans la démarche diagnostique des masses en général ainsi que pour le suivi thérapeutique. Cela est tout particulièrement vrai dans le cas des affections médiastinales.

Les signes d'appel d'une masse médiastinale crâniale chez le lapin, tels que la dyspnée, l'intolérance à l'exercice ou encore l'exophtalmie, doivent être connus et alerter le praticien qui devra réaliser des examens d'imagerie adaptés.

La petite taille du lapin et ses particularités physiologiques constituent une limite à l'interprétation de certains clichés radiographiques qui peut se révéler délicate. Le recueil de clichés détaillé dans ce manuscrit permettra aux moins expérimentés de se familiariser avec les images de thorax de lapin et plus particulièrement du médiastin. En outre, une connaissance des structures anatomiques du lapin est primordiale pour une bonne interprétation des images étant donné les particularités de cette espèce, comme la persistance du thymus et celle de la veine cave crâniale gauche à l'âge adulte.

Néanmoins, l'exploration des affections médiastinales, notamment des masses, par imagerie possède beaucoup de limites et les différentes modalités d'imagerie ne peuvent pas remplacer à elles seules les analyses cytologiques et/ou histologiques, qui sont indispensables pour déterminer la nature de la lésion et avancer dans la démarche diagnostique.

Pour finir, beaucoup d'études restent à faire chez le lapin, tout particulièrement concernant les critères d'imagerie aidant au diagnostic qui sont encore trop peu étudiés par comparaison aux carnivores domestiques. L'exemple des thymomes illustre le manque d'exploration et de classification, qui pourrait à l'avenir mener à des prises en charges plus standardisées et adaptées.

BIBLIOGRAPHIE

1. Honeycutt RL, Matthee C, Wible J, et al. Lagomorpha as a Model Morphological System. Published online 2021. doi:10.3389/fevo.2021.636402
2. Craigie EH. Bensley's practical anatomy of the rabbit. An elementary laboratory textbook in mammalian anatomy. *Bensley's practical anatomy of the rabbit An elementary laboratory textbook in mammalian anatomy*. 1948;(Edn 8, revised).
3. Gibbs C, Hinton MH. Radiological examination of the rabbit. The head, thorax and vertebral column. *J Small Anim Pract*. 1981;22(11):687-703. doi:10.1111/J.1748-5827.1981.TB00573.X
4. Capello V, Lennox AM. Diagnostic Imaging of the Respiratory System in Exotic Companion Mammals. *Veterinary Clinics of North America - Exotic Animal Practice*. 2011;14(2):369-389. doi:10.1016/J.CVEX.2011.03.009
5. Barone R, Pavaux C, Blin PC, Cuq P, Mornet P. *Atlas d'anatomie Du Lapin*. Masson; 1973.
6. Popesko Peter, Rajtová Viera, Horák J. *A Colour Atlas of Anatomy of Small Laboratory Animals Volume 1 : Rabbit, Guinea Pig*. Wolfe Publishing; 1992.
7. Musa Khaleel I, Abd R, Nasser A, et al. Anatomical and histological study of the thymus gland in native rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *AL-Qadisiyah Journal of Veterinary Medicine Sciences (QJVMS)*. 2017;16(3):27-28.
8. Quesenberry KE, Pilny AA, St Vincent RS. Lymphoreticular Disorders, Thymoma, and Other Neoplastic Diseases. In: *Ferrets, Rabbits, and Rodents: Clinical Medicine and Surgery*. Elsevier; 2021:258-266. doi:10.1016/C2009-0-60282-8
9. Müllhaupt D, Wenger S, Kircher P. Computed tomography of the thorax in rabbits: a prospective study in ten clinically healthy New Zealand White rabbits. *Acta Vet Scand*. 2017;59(1). doi:10.1186/S13028-017-0340-X
10. Bensley's Practical anatomy of the rabbit : an elementary laboratory text-book in mammalian anatomy : Bensley, B. A. (Benjamin Arthur), 1875-1934 : Free Download, Borrow, and Streaming : Internet Archive. Accessed November 11, 2022. <https://archive.org/details/bensleyspractica00bens>
11. Orcutt CJ, Malakoff RL. Cardiovascular Disease. In: *Ferrets, Rabbits, and Rodents: Clinical Medicine and Surgery*. Elsevier; 2021:250-255. doi:10.1016/B978-0-323-48435-0.00019-8
12. Dimitrov R, Vladova D, Stamatova-Yovcheva K, Yonkova P, Kostov D, Stefanov M. Comparative Imaging Anatomical Study of the Heart and Selected Mediastinal Vessels in the Rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Journal of The Faculty of Veterinary Medicine Istanbul University*. 2014;40(1):20-28. doi:10.16988/IUVFD.77632

13. Pariaut R. Cardiovascular Physiology and Diseases of the Rabbit. *Veterinary Clinics of North America - Exotic Animal Practice*. 2009;12(1). doi:10.1016/j.cvex.2008.08.004
14. Amadou N. *Les Organes Thoraciques Du Lapin Domestique : Anatomie Descriptive et Topographique*. 1990.
15. McCracken TO, Kainer RA. *Atlas d'anatomie Du Chien, Du Chat et Des NAC. Les Fondamentaux*. Med'Com; 2010.
16. Koba W, Kim K, Lipton ML, et al. Imaging devices for use in small animals. *Semin Nucl Med*. 2011;41(3):151-165. doi:10.1053/J.SEMNUCLMED.2010.12.003
17. Welsh M. Diagnostic imaging of exotic pets: birds, small mammals, reptiles. *Aust Vet J*. 2011;89(10). doi:10.1111/j.1751-0813.2011.00824.x
18. Jekl V. Respiratory Disorders in Rabbits. doi:10.1016/j.cvex.2021.01.006
19. Silverman S. Diagnostic Imaging of Exotic Pets. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 1993;23(6):1287-1299. doi:10.1016/S0195-5616(93)50156-0
20. Redrobe S. Imaging techniques in small mammals. *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*. 2001;10(4):187-197. doi:10.1053/SAEP.2001.24677
21. Fuselier M, Bouhsina N. *Topos et Cours d'imagerie Vétérinaire*.; 2022.
22. Harcourt-Brown F, Chitty J. *BSAVA Manual of Rabbit Surgery, Dentistry and Imaging*. British small animal veterinary association; 2013.
23. Robson HR, Yanez RA, Magestro LM, French SJ, Kiupel M. Type A thymoma in a pet rabbit: Published online 2022. doi:10.1177/10406387221077086
24. Heard DJ. Principles and Techniques of Anesthesia and Analgesia for Exotic Practice. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 1993;23(6):1301-1327. doi:10.1016/S0195-5616(93)50157-2
25. Thrall DE. *Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology (Seventh Edition)*. Elsevier.; 2018.
26. Mattoon J.S, Nyland T.G. *Small Animal Diagnostic Ultrasound*. Elsevier.; 2015.
27. Rubrique sondes échographiques, Praxisdienst : matériel médical et infirmier. Accessed November 22, 2022. https://www.praxisdienst.fr/fr/Diagnostic/Accessoires+de+diagnostic/Sondes+a+echographie/?force_sid=fdg26ds04ncv5f2jqk33lnm9p3&pgNr=1
28. Dillenseger J, Moerschel E, Masson C. *Guide Des Technologies de l'imagerie Médicale et de La Radiothérapie*. Elsevier.; 2009.
29. Schwarz Tobias, Saunders Jimmy. *Veterinary Computed Tomography*.

30. Hathcock JT, Stickle RL. Principles and Concepts of Computed Tomography. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 1993;23(2):399-415. doi:10.1016/S0195-5616(93)50034-7
31. Drees R. Rabbits and Rodents. In: *Veterinary Computed Tomography*. Wiley Blackwell; 2013:509-516. doi:10.1002/9781118785676.ch48
32. Pollard R, Puchalski S. CT Contrast Media and Applications. In: *Veterinary Computed Tomography*. Wiley Blackwell; 2013:57-65. doi:10.1002/9781118785676.ch5
33. Morrisey JK, McEntee M. Therapeutic options for thymoma in the rabbit. *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*. 2005;14(3):175-181. doi:10.1016/j.saep.2005.06.003
34. Ranallo F, Digumart S, Khawaja R, et al. The Vetmousetrap : A Device for Computed Tomographic Imaging of the Thorax of Awake Cats. *VeterinaryRadiology & Ultrasound*. Published online 2010. doi:10.1111/j.1740-8261.2010.01726.x
35. Richardson J, Longo M, Liuti T, Eatwell K. Computed tomographic grading of middle ear disease in domestic rabbits (*Oryctolagus cuniculi*). *Veterinary Record*. 2019;184(22):679. doi:10.1136/VR.104980
36. van Zeeland Y. Rabbit Oncology: Diseases, Diagnostics, and Therapeutics. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*. 2017;20(1):135-182. doi:10.1016/J.CVEX.2016.07.005
37. Künzel F, Hittmair KM, Hassan J, et al. Thymomas in rabbits: clinical evaluation, diagnosis, and treatment. *J Am Anim Hosp Assoc*. 2012;48(2):97-104. doi:10.5326/JAAHA-MS-5683
38. Wagner F, Beinecke A, Fehr M, Brunkhorst N, Mischke R, Gruber AD. Recurrent bilateral exophthalmos associated with metastatic thymic carcinoma in a pet rabbit. *J Small Anim Pract*. 2005;46(8):393-397. doi:10.1111/J.1748-5827.2005.TB00336.X
39. Guigo P, Fusellier M, S.T.I.M. Oniris. Les affections médiastinales, topo de cours Oniris. Published online 2022.
40. Turner Giannico A, Ayres Garcia DA, Lima L, et al. Determination of Normal Echocardiographic, Electrocardiographic, and Radiographic Cardiac Parameters in the Conscious New Zealand White Rabbit. *J Exot Pet Med*. 2015;24(2):223-234. doi:10.1053/J.JEPM.2015.04.013
41. Yonkova P, Vladova D, Dimitrov R, et al. Morphology and ultrasonography of the pericardial and epicardial adipose tissue in healthy rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Trakia Journal of Sciences*. 2010;8(2):73-77. Accessed November 13, 2022. <http://www.uni-sz.bg>
42. Onuma M, Ono S, Ishida T, Shibuya H, Sato T. Radiographic measurement of cardiac size in 27 rabbits. *J Vet Med Sci*. 2010;72(4):529-531. doi:10.1292/JVMS.09-0390

43. J. Kevin Kealy, Hester McAllister, John P. Graham. *Diagnostic Radiology and Ultrasonography of the Dog and Cat.*; 2011.
44. Fontes-Sousa APN, Brás-Silva C, Moura C, Areias JC, Leite-Moreira AF. M-mode and Doppler echocardiographic reference values for male New Zealand white rabbits. *Am J Vet Res.* 2006;67(10):1725-1729. doi:10.2460/ajvr.67.10.1725
45. Stypmann J, Engelen MA, Breithardt AK, et al. Doppler echocardiography and Tissue Doppler Imaging in the healthy rabbit: Differences of cardiac function during awake and anaesthetised examination. *Int J Cardiol.* 2007;115(2):164-170. doi:10.1016/J.IJCARD.2006.03.006
46. Kattinger P EAWJ et al. Cardiological examination in rabbits. *Kleintierpraxis* . Published online 1999:761-772.
47. Penninck Dominique, d'Anjou Marc-André. *Atlas of Small Animal Ultrasonography.* 2éme.; 2015.
48. Stefanov M, Vladova D, Dimitrov R, Stamatova K, Kostov D. Anatomical computed tomographic study of the heart and some mediastinal vessels of the rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Bulgarian Journal of Agricultural Science.* 2012;18(5):784.
49. Kostolich M, Panciera RJ. Thymoma in a domestic rabbit. *Cornell Vet.* 1992;82(2):125-129.
50. Huston SM, Ming-Show Lee P, Quesenberry KE, Pilny AA. Cardiovascular Disease, Lymphoproliferative Disorders, and Thymomas. In: *Ferrets, Rabbits, and Rodents: Clinical Medicine and Surgery.* Elsevier Inc.; 2012:257-268. doi:10.1016/B978-1-4160-6621-7.00020-8
51. Pilny AA, Reavill D. Chylothorax and Thymic Lymphoma in a Pet Rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *J Exot Pet Med.* 2008;17(4):295-299. doi:10.1053/J.JEPM.2008.07.006
52. Wu RS, Chu CC, Wang HC, Chen KS. Clinical diagnosis and surgical management of diaphragmatic retroperitoneal perirenal fat and kidney herniation in a pet rabbit. *J Am Vet Med Assoc.* 2016;248(12):1399-1403. doi:10.2460/JAVMA.248.12.1399
53. Konde LJ, Spaulding K. Sonographic evaluation of the cranial mediastinum in small animals. *Veterinary Radiology.* 1991;32(4):178-184. doi:10.1111/J.1740-8261.1991.TB00104.X
54. Oura TJ, Hamel PE, Jennings SH, Bain PJ, Jennings DE, Berg J. Radiographic differentiation of cranial mediastinal lymphomas from thymic epithelial tumors in dogs and cats. *meridian.allenpress.com.* 2019;55:187-193. doi:10.5326/JAAHA-MS-6907
55. Summa NM, Brandão J. Evidence-Based Advances in Rabbit Medicine. *Veterinary Clinics of North America - Exotic Animal Practice.* 2017;20(3). doi:10.1016/j.cvex.2017.04.008

56. Benveniste MFK, Rosado-de-Christenson ML, Sabloff BS, Moran CA, Swisher SG, Marom EM. Role of imaging in the diagnosis, staging, and treatment of thymoma. *Radiographics*. 2011;31(7). doi:10.1148/rg.317115505
57. Tinkey PT, Uthamanthil RK, Weisbroth SH. Rabbit Neoplasia. *The Laboratory Rabbit, Guinea Pig, Hamster, and Other Rodents*. Published online January 1, 2012:447-501. doi:10.1016/B978-0-12-380920-9.00016-X
58. Atasever A, Yaman Gram D, Ekebaş G. A case of thymic lymphoma in a rabbit. *Ankara Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*. 2020;67(4). doi:10.33988/auvfd.566781
59. Greene HSN, Strauss JS. Multiple primary tumors in the rabbit. *Cancer*. 1949;2(4):673-691. doi:10.1002/1097-0142(194907)2:4<673::AID-CNCR2820020414>3.0.CO;2-J
60. Bertram CA, Bertram B, Bartel A, et al. Neoplasia and Tumor-Like Lesions in Pet Rabbits (*Oryctolagus cuniculus*): A Retrospective Analysis of Cases Between 1995 and 2019. *Vet Pathol*. 2021;58(5). doi:10.1177/0300985820973460
61. Robertson JA, Guzman DSM, Willcox JL, Keel K, Vernau W. Clinical and pathological findings of rabbits with lymphoma: 16 cases (1996–2019). *J Am Vet Med Assoc*. 2022;260(9):1-10. doi:10.2460/JAVMA.21.03.0122
62. Goetzl FR, Friedman M. Spontaneous thymic carcinoma in a rabbit. *Perm Found Med Bull*. 1947;5(3).
63. Diminished Thymoma by Treatment with Cyclosporine in a Rabbit. *Journal of Animal Clinical Medicine*. 2014;23(3). doi:10.11252/dobutsurinshoigaku.23.115
64. Palmer A, Wu CC, Miwa Y, Turek M, Sladky KK. Outcomes and survival times of client-owned rabbits diagnosed with thymoma and treated with either prednisolone or radiotherapy, or left untreated. *J Exot Pet Med*. 2021;38. doi:10.1053/j.jepm.2021.04.008
65. Storms G, Janssens G, Ducatelle R. Mediastinal thymoma in a rabbit with recurrent bilateral exophthalmos. *Vlaams Diergeneeskd Tijdschr*. 2012;81(6):352-356. doi:10.21825/VDT.V81I6.18318
66. Sanchez-Migallon DG, Mayer J, Gould J, Azuma C. Radiation Therapy for the Treatment of Thymoma in Rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *J Exot Pet Med*. 2006;15(2):138-144. doi:10.1053/J.JEPM.2006.02.010
67. Wagner F, Fehr M. Common Ophthalmic Problems in Pet Rabbits. *J Exot Pet Med*. 2007;16(3):158-167. doi:10.1053/J.JEPM.2007.06.013
68. Vernau KM, Grahn BH, Clarke-Scott HA, Sullivan N. Thymoma in a geriatric rabbit with hypercalcemia and periodic exophthalmos. *J Am Vet Med Assoc*. 1995;206(6).

69. Clippinger TL, Bennett RA, Alleman AR, Ginn PE, Bellah JR. Removal of a thymoma via median sternotomy in a rabbit with recurrent appendicular neurofibrosarcoma. *J Am Vet Med Assoc.* 1998;213(8):1140-1143.
70. Andres KM, Kent M, Siedlecki CT, et al. The use of megavoltage radiation therapy in the treatment of thymomas in rabbits: 19 cases. *Vet Comp Oncol.* 2012;10(2):82-94. doi:10.1111/J.1476-5829.2011.00273.X
71. Heatley JJ, Smith AN. Spontaneous neoplasms of lagomorphs. *Veterinary Clinics of North America - Exotic Animal Practice.* 2004;7(3):561-577. doi:10.1016/J.CVEX.2004.04.005
72. Fox RR, Meier H, Crary DD, Norberg RF, Myers DD. Hemolytic Anemia Associated with Thymoma in the Rabbit. *Oncology.* 1971;25(4). doi:10.1159/000224587
73. Meier H, Fox RR. Hereditary lymphosarcoma in WH rabbits and hereditary hemolytic anemia associated with thymoma in strain X rabbits. *Bibl Haematol.* 1973;Vol. 39. doi:10.1159/000427803
74. Florizoone K, Van Der Luer R, Van Den Ingh T. Symmetrical alopecia, scaling and hepatitis in a rabbit. *Vet Dermatol.* 2007;18(3):161-164. doi:10.1111/J.1365-3164.2007.00587.X
75. Bertram CA, Garner MM, Reavill D, Klopfleisch R, Kiupel M. Giant Cell Sarcomas in Domestic Rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Vet Pathol.* 2020;57(4):490-496. doi:10.1177/0300985820921814
76. Bertram CA, Klopfleisch R, Müller K. Tracheal and laryngeal tumors in two domestic rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *J Exot Pet Med.* 2019;29. doi:10.1053/j.jepm.2018.08.007
77. Gómez L, Gázquez A, Roncero V, Sánchez C, Durán ME. Lymphoma in a rabbit: Histopathological and immunohistochemical findings. *Journal of Small Animal Practice.* 2002;43(5):224-226. doi:10.1111/J.1748-5827.2002.TB00063.X
78. White SD, Campbell T, Logan A, et al. Lymphoma with cutaneous involvement in three domestic rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Vet Dermatol.* 2000;11(1):61-67. doi:10.1046/J.1365-3164.2000.00159.X
79. Sreekumar C, Kirubakaran A, Venkataramanan R, Selvan P, Anilkumar R, Iyue M. Spontaneous primary intrathoracic, extrapulmonary hydatid cyst in a broiler rabbit. *Helminthologia.* 2010;47(3). doi:10.2478/s11687-010-0029-4
80. Diagnosis, Thymoma. *Lab Animal* 2010 39:9. 2010;39(9):264-265. doi:10.1038/lab0910-264
81. Reusch B. Investigation and management of cardiovascular diseases in rabbits. *In Pract.* 2005;27(8):418-425. doi:10.1136/inpract.27.8.418

82. Lord B, Devine C, Smith S. Congestive heart failure in two pet rabbits. *Journal of Small Animal Practice*. 2011;52(1). doi:10.1111/j.1748-5827.2010.01016.x
83. Ozawa S, Sanchez-Migallon D, Keel K, Gunther-Harrington C. Clinical and pathological findings in rabbits with cardiovascular disease: 59 cases (2001–2018). *J Am Vet Med Assoc*. 2021;259(7):764-776. doi:10.2460/JAVMA.259.7.764
84. Ruby J, Secret S, Sharma A. Radiographic differentiation of mediastinal versus pulmonary masses in dogs and cats can be challenging. *Veterinary Radiology and Ultrasound*. 2020;61(4):385-393. doi:10.1111/VRU.12859
85. Von Stade L, Randall EK, Rao S, Marolf AJ. CT imaging features of canine thymomas. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 2019;60(6):659-667. doi:10.1111/VRU.12798
86. Rick T, Kleiter M, Schwendenwein I, Ludewig E, Reifinger M, Hittmair KM. Contrast-enhanced ultrasonography characteristics of intrathoracic mass lesions in 36 dogs and 24 cats. doi:10.1111/vru.12698
87. Patterson MME, Marolf AJ. Sonographic Characteristics of Thymoma Compared With Mediastinal Lymphoma. *J Am Anim Hosp Assoc*. 2014;50:409-413. doi:10.5326/JAAHA-MS-6132
88. Reeve EJ, Mapletoft EK, Schiborra F, Maddox TW, Lamb CR, Warren-Smith CMR. Mediastinal lymphoma in dogs is homogeneous compared to thymic epithelial neoplasia and is more likely to envelop the cranial vena cava in CT images. *Veterinary Radiology and Ultrasound*. 2020;61(1):25-32. doi:10.1111/VRU.12812
89. Goldstein AJ, Oliva I, Honarpisheh H, Rubinowitz A. A tour of the thymus: A review of thymic lesions with radiologic and pathologic correlation. *Canadian Association of Radiologists Journal*. 2015;66(1):5-15. doi:10.1016/J.CARJ.2013.09.003
90. Juanpere S, Cañete N, Ortuño P, Martínez S, Sanchez G, Bernado L. A diagnostic approach to the mediastinal masses. *Insights Imaging*. 2013;4(1). doi:10.1007/s13244-012-0201-0
91. Sadohara J, Fujimoto K, Müller NL, et al. Thymic epithelial tumors: Comparison of CT and MR imaging findings of low-risk thymomas, high-risk thymomas, and thymic carcinomas. *Eur J Radiol*. 2006;60(1):70-79. doi:10.1016/J.EJRAD.2006.05.003
92. Dolera M, Malfassi L, Mazza G, et al. Feasibility for using hypofractionated stereotactic volumetric modulated arc radiotherapy (vmat) with adaptive planning for treatment of thymoma in rabbits: 15 cases. *Veterinary Radiology and Ultrasound*. 2016;57(3). doi:10.1111/vru.12321
93. Kent MS. Principles and Applications of Radiation Therapy in Exotic Animals. *Veterinary Clinics of North America - Exotic Animal Practice*. 2017;20(1). doi:10.1016/j.cvex.2016.07.008

94. Detterbeck FC, Nicholson AG, Kondo K, Schil P Van, Moran C. The Masaoka-Koga Stage Classification for Thymic Malignancies: Clarification and Definition of Terms. Published online 2011. doi:10.1097/JTO.0b013e31821e8cff

Chloé VREUX

**APPORT DE L'IMAGERIE DANS L'EXPLORATION DES AFFECTIONS MEDIASTINALES
CHEZ LE LAPIN DE COMPAGNIE (*Oryctolagus cuniculus*)**

**CONTRIBUTION OF IMAGERY IN THE EXPLORATION OF MEDIASTINAL AFFECTIONS
IN THE DOMESTIC RABBIT (*Oryctolagus cuniculus*)**

Thèse d'État de Doctorat Vétérinaire : Nantes, le 7 juillet 2023.

RESUME

La médicalisation de l'espèce cunicole est de plus en plus importante, tandis que les connaissances sur la physiopathologie du lapin évoluent et s'affinent. En parallèle, les examens d'imagerie médicale, en particulier l'échographie et la radiographie, sont aujourd'hui largement utilisés dans cette espèce. De plus, la tomodensitométrie et l'imagerie par résonance magnétique nucléaire présentent une disponibilité grandissante ces dernières années en médecine vétérinaire.

Si les lapins sont connus principalement pour leurs particularités pathologiques digestives ou dentaires, l'exploration des affections médiastinales, bien moins fréquentes, peut présenter une difficulté au vu de la complexité diagnostique. De plus, le médiastin du lapin possède une particularité à prendre en compte : celui-ci contient un thymus persistant à l'âge adulte, qui peut donc être le siège de multiples affections chez le lapin.

L'objectif de ce travail bibliographique est d'aider le praticien dans le choix des examens d'imagerie les plus pertinents à effectuer, mais aussi dans l'interprétation, parfois délicate, de ces examens en cas de suspicion d'atteinte médiastinale.

Cette étude présente dans un premier temps les spécificités anatomiques du médiastin du lapin. Ensuite, la seconde partie rappelle les principes généraux des différentes modalités d'imagerie utilisables chez le lapin, et leur utilisation dans cette espèce en termes de préparation et de contention. Enfin, la troisième partie s'intéresse à l'interprétation des images normales du médiastin du lapin avant de détailler l'apport de l'imagerie dans l'exploration des affections médiastinales dans cette espèce.

MOTS CLES :

- LAPIN
- ANIMAL DE COMPAGNIE
- MEDIASTIN
- DIAGNOSTIC PAR IMAGERIE

DATE DE SOUTENANCE : 7 juillet 2023