



Institut des Sciences
Vétérinaires- Blida

Université Saad
Dahlab-Blida 1-



Projet de fin d'études en vue de l'obtention du
Diplôme de Docteur Vétérinaire

**LA RADIOGRAPHIE THORACIQUE CHEZ LE CHAT ET LE CHIEN
(Etude Bibliographique)**

Présenté par
BELBRIK RAYANE

Devant le jury :

Président(e) :	BELALA.R	MCA	Université de Blida1
Examinatrice :	TARZAALI.D	MCB	Université de Blida1
Promoteur :	HARKAT.S	MCA	Université de Blida1

Année : 2021/2022

Remerciements

Avant tous , je remercie Allah le tout puissant, de m'avoir ouvert les portes du savoir et m'a donnée la force, la patience et le courage afin de parvenir à terminer ce travail .

Dans un premier lieu , je tiens à remercier mon promoteur docteur HARKAT.S (MCA a Université de Blida 1) pour sa patience et sa gentillesse, sa disponibilité, et surtout ses judicieux conseils qui m'ont guidé pour la réalisation de ce travail, un grand merci.

Je remercie ainsi les membres de jury qui m'ont fait l'honneur d'accepter d'examination et d'évaluation mon travail : Dr BELALA.R (MCA a Université de Blida 1) président
Et Dr TARZAALI .D (MCB a Université de Blida 1) examinatrice.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire a toute la famille BELBRIK et BOUROUBI

A mes chers parents

Ma chère mère Fatma Zohra BOUROUBI et abdelhafid BELBRIK mon père qu'aucune dédicace ne pourrait exprimer la profondeur des sentiments que j'éprouve pour vous, vos sacrifices innombrables et votre dévouement firent pour moi un encouragement, vous avez guetté mes pas, vos prière et votre bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Vous m'avez aidé et soutenu pendant de nombreuses années avec à chaque fois une attention renouvelée, qu'Allah vous comble de santé et de bonheur et vous procure une longue vie.

A mes grands parents

Rania et Mohammed BOUROUBI, je vous dédie ce travail en reconnaissance de l'amour et le soutien que vous m'offrez quotidiennement

Qu'Allah vous garde et vous procure santé et bonheur .

A ma petite sœur

Anfel, tu m'as toujours soutenu, réconforté et encouragé, je t'aime fort .

A mes frères

Oussama et Mouaad que j'aime pour leur appui et leur soutien moral et encourageant permanents .

A mes adorables tantes

Assia, Halima, Hafida et Saida, merci de m'avoir aimé, soutenu et encouragé

À toute ma famille qui m'a soutenu de près ou de loin.

À mes très chers amis

Qui étaient toujours là pour moi à m'encourager, je vous souhaite tous le bonheur et succès.

A tous mes collègues

À tous mes chats je vous aime

Et à toutes les personnes ayant contribué de loin ou de près à la réalisation de ce travail,
ainsi qu'à toutes personnes qui me sont chères .

Un grand merci à vous tous .

Résumé

Le diagnostic des maladies respiratoires doit se faire sur des clichés de haute qualité. Le clinicien, doit prendre les mesures nécessaires en fixant les constantes radiographiques en fonction de la région anatomique, en plaçant le patient en position convenable et en fin en assurant un bon développement de l'image radiographique loin de tous artefacts d'exposition, de position et de développement. L'appréciation de la densité, le contraste et la netteté est essentielle avant de procéder au diagnostic pour ne pas s'induire à l'erreur dans l'interprétation de clichés. Les rayons X ont des effets ionisants, ce qui fait que des mesures de sécurité doivent être mises en place durant tout le processus de radiographie.

La radiographie numérique (CR et DR) a rendu la radiographie analogique une technique radiographique dépassée que ce soit sur le plan de réalisation ou sur le plan de qualité de l'image. La préparation et la bonne contention du patient et la réduction du diffusé par l'emploi des grilles anti-diffusantes plaident en faveur de l'amélioration de la qualité de l'image. Pour établir un diagnostic, au moins deux vues radiographiques orthogonales (une vue de profil et une vue de face) sont nécessaires pour mettre en évidence la position et le déplacement des structures anatomiques thoraciques. Les particularités radio-anatomiques entre espèces (chien et chat) et entre races (races longilignes vs brévilignes) et fonctionnelles (inspiration, expiration) doivent être prises en considération lors l'exploration radiographique. Il est aussi essentiel de faire recours à l'appréciation objective en estimant les paramètres de taille de certains organes (rapport trachée-entré du thorax, VHS).

Mots clés : radiographie thoracique, opacité, Chien, Chat.

ملخص

يجب أن يتم تشخيص أمراض الجهاز التنفسي على صور عالية الجودة, يجب على الطبيب أن تتخذ الإجراءات اللازمة من خلال تثبيت الثوابت الشعاعية وفقاً للمنطقة التشريحية ، وذلك بوضع المريض في وضعية مناسب ، وأخيراً عن طريق ضمان تطوير جيد للصورة الشعاعية بعيداً عن أي مصنوعات من التعرض والوضع والتطور. يعد تقدير الكثافة والتباين والحدة أمراً ضرورياً قبل الشروع في التشخيص حتى لا يحدث خطأ في تفسير الصور. للأشعة السينية تأثيرات مؤينة ، لذلك يجب أن تكون تدابير السلامة في مكانها طوال عملية الأشعة السينية .

جعلت التصوير الشعاعي الرقمي (RC و RD) من التصوير الشعاعي التناظري تقنية تصوير شعاعي عفا عليها الزمن , سواء من حيث الإنتاج أو من حيث جودة الصورة. إن التحضير الجيد للمريض وضبط النفس وتقليل التشبث عن طريق استخدام شبكات مقاومة التشبث يستدعي تحسين جودة الصورة. لتأسيس التشخيص ، على الأقل عرضان متعامدان للأشعة السينية (منظر جانبي ومنظر أمامي) ضروريان لتسليط الضوء على موضع وإزاحة الهياكل التشريحية الصدرية. يجب مراعاة الخصائص التشريحية الإشعاعية بين الأنواع (الكلب والقط) وبين السلالات (السلالات النحيلة مقابل السلالات البريفيلين) والوظيفية (الاستنشاق ، انتهاء الصلاحية) أثناء الاستكشاف الشعاعي. من الضروري أيضاً استخدام التقييم الموضوعي من خلال تقدير معلمات الحجم لأعضاء معينة (نسبة مدخل القصبة الهوائية ,VHS, الصدر) .

الكلمات المفتاحية : أشعة سينية للصدر، عتامة ،كلب ،قط .

Abstract

The diagnosis of respiratory diseases must be made on high quality images. The clinician must take the necessary measures by setting the radiographic constants according to the anatomical region, by placing the patient in a suitable position and finally by ensuring a good development of the radiographic image away from any artifacts of exposure, position and development. The appreciation of density, contrast and sharpness is essential before proceeding with the diagnosis in order not to misinterpret the images. X-rays have ionizing effects, so safety measures must be in place during the entire radiography process.

Digital radiography (CR and DR) has made analog radiography an outdated radiographic technique in terms of both production and image quality. The preparation and proper restraint of the patient and the reduction of scatter by the use of anti-scatter grids argue in favor of improving the quality of the image. To establish a diagnosis, at least two orthogonal radiographic views (one profile view and one front view) are necessary to highlight the position and displacement of the thoracic anatomical structures. The radio-anatomical peculiarities between species (dog and cat) and between breeds (longline vs. shortline breeds) and functions (inspiration, expiration) must be taken into consideration during the radiographic exploration. It is also essential to use objective assessment by estimating the size parameters of certain organs (trachea to thorax ratio, VHS).

Key words: thoracic radiography, opacity, dog, cat.

Tableau des matières

Introduction.....	1
Chapitre 1 : Principe physique de base de la radiographie	
1.1 Rayons X	3
1.2 Domaines d'utilisation.....	4
1.3. Rayonnements électromagnétiques.....	5
1.4. Spectre des rayons X.....	6
1.5. Propriétés des rayons X.....	7
1.6. Production des rayons X.....	7
1.7. contamination aux rayons x.....	8
1.8. Interaction des rayons X avec la matière	10
1.9. Formation de l'image latente.....	11
1.10. Image radiographique... ..	11
1.11. Degrés d'opacité.....	12
1.12. Types de radiographie.....	12
1.12.1 Radiographie standard	12
1.12.2 Radiographie numérique	13
1.13. Qualité de l'image radiographique.....	13
CHAPITRE 2 : Bases technique de la radiographie	
2..1. Films radiographiques	15
2.1.1. Film radiographique analogique.....	16
2.1.2. Films radiographiques numériques.....	16
2.1.2.1. Film radiographique CR (computed radiography).....	16
2.1.2.2. Film radiographique DR (Digital radiography)...	17
2.2. Grille antidiffusante.....	18
2.3. Incidence des rayons X et vues radiographiques.....	18
2.3.1. Vues de profil (vues latérales).....	19
2.3.2. Vues de face.....	20
2.3.2.3 Vues supplémentaires.....	21

2.4. Préparation du patient	23
2.5. Contention du patient	23
2.6. Critère de qualité de cliché radiographique	25
2.7. Moyens d'obtention de cliché de bonne qualité.....	29
2.8. Contraste.....	30
2.9. Radioprotection	32
CHAPITRE3 : Radio-anatomie du thorax	
3.1 Introduction.....	34
3.2. Radio-anatomie de la paroi thoracique.....	34
3.2.1 Cage thoracique	34
3.2.1.1. Vertèbres thoraciques	34
3.2.1.2. Sternum	35
3.2.1.3. Côtes	36
3.2.2 Diaphragme	37
3.2.3 Tissus mous de la paroi thoracique.....	37
3.3 Cavité pleurale	38
3.4 Médiastin	40
3.5 Radio_anatomie du système cardiovasculaire.....	42
3.5.1 Cœur	42
3.5.2 Aorte	43
3.5.3 Veines caves	43
3.6. Thymus.....	44
3.7 Trachée	45
3.8 Bronches	48
3.9 Oesophage	49
3.10 Poumons	51
Conclusion	55
Références bibliographiques	57

Liste des figures

Figure 1.1	: Tube de Crookes.....	03
Figure 1.2	: Structure d'onde électromagnétique à un instant donné se propageant dans la direction z.....	05
Figure 1.3	: Spectre électromagnétique.....	06
Figure 1.4	: Tube à rayons X.....	07
Figure 1.5	: Deux principales expositions aux rayons ionisants.....	08
Figure 1.6	: Absorption des rayons X par la matière. L'intensité I du rayonnement décroît exponentiellement en fonction de l'épaisseur x de matière traversée.....	09
Figure 1.7	: Opacités de base en fonction des milieux traversés par les rayons X.....	12
Figure 2.1	: Morceau de film radiographique à double émulsion est pris entre deux écrans renforçateurs dans une cassette opaque.....	15
Figure 2.2	: Plaque d'imagerie utilisée pour la radiographie.....	17
Figure 2.3	: Un chien positionné en décubitus latéral gauche pour avoir une vue radiographie thoracique gauche.....	19
Figure 2.4	: Vue radiographique latérale gauche d'un chien.....	19
Figure 2.5	: Contention en position dorso-ventral.....	20
Figure 2.6	: Vue radiographique ventro-dorsale (A) et son schéma (B).....	20
Figure 2.7	: Position dorso-ventrale.....	21
Figure 2.8	: Vue radiographique Dorso-ventrale (A) et son schéma (B).....	21
Figure 2.9	: Positionnement du patient pour une vue en décubitus latéral gauche du thorax.....	22
Figure 2.10	: Positionnement et mise en place pour une vue horizontale de profil debout.....	22
Figure 2.11	: Vue DV oblique.....	23
Figure 2.12	: Contention physique et accessoires de contention.....	24
Figure 2.13	: Cadrage et centrage de la région thoracique d'un chien en décubitus latéral droit.....	28
Figure 2.14	: Produits de contraste.....	31
Figure 2.15	: Source de danger radiologique.....	32

Figure 2.16	: Radioprotection. Matériel de radioprotection (A), Radioprotection dans la salle de radiographie (B).....	32
Figure 3.1	: Vue de profil des vertèbres thoraciques.....	35
Figure 3.2	: Radiographie latérale de la colonne vertébrale thoracique.....	35
Figure 3.3	: Radiographie latérale sternum.....	36
Figure 3.4	: Anatomie des côtes.....	36
Figure 3.5	: Angles du diaphragme.....	37
Figure 3.6	: Plis de peau sur radiographie latérale et en face chez un chien.....	38
Figure 3.7	: Vue de profile d'une radiographie thoracique d'un chien.....	39
Figure 3.8	: Vue de face d'une radiographie thoracique d'un chien.....	40
Figure 3.9	: Vue dorsoventrale d'une radiographie thoracique chez d'un chien.....	42
Figure 3.10	: Vue dorsoventrale d'une radiographie thoracique chez d'un chien.....	43
Figure 3.11	: Thymus sur radiographie.....	44
Figure 3.12	: Propriétés de la trachée sur les vues latérales.....	46
Figure 3.13	: Vue dorso-ventrale d'un chien montrant la position de la trachée.....	47
Figure 3.14	: Appréciation objective de la taille de la trachée.....	47
Figure 3.15	: Arbre bronchique sur une radiographie latérale et dorsoventrale.....	49
Figure 3.16	: Radiographies latérales de l'œsophage.....	50
Figure 3.17	: Accumulation de gaz dans l'œsophage cranial.....	51
Figure 3.18	: Lobes pulmonaires des carnivores.....	52
Figure 3.19	: Artères (a) et veines (v) pulmonaires chez un chat normal.....	54

Liste des abréviations

ADN	: Acide désoxyribose nucléique
AM	: Milliampère
AGBR	: Bromure d'argent
AGL	: Iodure d'argent
Cm	: Centimetre
CR	: Computer radiography
D	: Droite
DV	: Dorso-ventrale
DR	: Digital radiography
ECIN	: Energie cinétique
EV	: Electronvolt
G	: Gauche
HZ	: Hertz
J	: Joule
KV	: Kilovolt
KEV	: Kilo-électronvolt
S	: Seconde
VCC	: Veine cave crânienne
VD	: Ventro-dorsale
VHS	: Vertebral Heart Score (score vertébral du cœur)

Introduction

Introduction

Un clinicien, pour établir un diagnostic, recueille les informations utiles sur l'état du patient. Ces informations sont collectées en 3 phases principales : l'anamnèse, l'examen physique et, en fin, les examens complémentaires. Tellement très diversifiés, ces examens focalisent l'exploration à l'anatomie et la physiologie de la région d'intérêt ou mettre en évidence les agents pathologiques en cause et leur impact immunologique.

Faisant appel à de nombreuses technologies, l'imagerie médicale est de plus en plus utilisée pour le diagnostic de nombreuses maladies en complément d'un examen clinique en explorant l'anatomie de la région cible et son fonctionnement. Parmi les méthodes d'imagerie les plus utilisées en médecine sont celles basées sur les rayons X : la radiographie qui a vu la lumière suite à la découverte des rayons X en 1895 par Wilhelm Röntgen.(Dennis ,2013)

La recherche d'une image plus informative pour faciliter le diagnostic en jouant sur la cinétique des rayons X et leur détection était derrière la création de différents procédés de radiographie créant de différentes disciplines de radiologie à l'instar la radiologie conventionnelle, la radiologie digitale, la radiologie par tomodensitométrie ou CT-scan et l'angiographie.

La radiographie thoracique est un examen de choix et de première intention lors des affections respiratoires et digestives. Ses indications sont multiples à la fois pour le diagnostic des maladies intra-thoraciques et comme un moyen de dépistage pour déterminer l'étendue des maladies systémiques.(Mulhbanuer et Kneller ,2013).

Les radiographies thoraciques sont relativement faciles à obtenir, mais particulièrement difficiles à interpréter. Ainsi, elles représentent un défi pour les étudiants, les praticiens et les radiologues. Malgré le fait que la radiographie soit facile à réaliser, une technique minutieuse est nécessaire pour garantir l'obtention de films de haute qualité. Une mauvaise technique est une cause fréquente d'erreur de diagnostic. Une combinaison de technique de radiographie optimale et une approche logique de l'interprétation maximisera les informations cliniques obtenues à partir de radiographies (Dennis,2013).

Ce travail vise à jeter la lumière sur :

- Les bases physiques de production, de transmission et de la formation de l'image radiographique suivant les constantes radiographiques .
- Mettre en évidence les gestes techniques pour avoir une image interprétable en fonction de la position du patient .
- Mettre en évidence les caractéristiques radiographiques de l'anatomie normale de thorax chez le chien et le chat dans le but d'établir une base de données de référence relative à la radio-anatomie thoracique.

Ce document est composé de 3 chapitres ; le premier porte sur les principes physiques de radiographie, le deuxième porte sur les bases techniques de la radiographie et le dernier chapitre met en évidence la radio-anatomie thoracique normale chez le chien et le chat.

Chapitre 1 : Principes physiques de base de la radiographie

Chapitre 1 : Principes physiques de base de la radiographie

1.1 Les Rayons X

Les rayons X ont été découverts en 1895 par Wilhelm Conrad Röntgen, physicien allemand remportant le premier prix Nobel de Physique en 1901 (Röntgen, 1896). Roentgen a nommé les « rayons mystérieux » qu'il a découverts Rayons « X » pour indiquer un type de rayonnement inconnu (alors et maintenant, les rayons X sont aussi appelés rayons de Roentgen).

Les rayons X sont un type de rayonnement électromagnétique produit par le tube de Crookes (forme d'énergie avec un comportement ondulatoire qui se déplace à la vitesse de la lumière). La lumière visible, les micro-ondes et les ondes radio sont d'autres types de rayonnement électromagnétique (Figure 1 .1). La courte longueur d'onde et la haute fréquence permettent aux rayons X de pénétrer de nombreux objets et être utile pour l'imagerie médicale.

Les rayons X sont une forme de rayonnement ionisant et sont cancérigènes; l'exposition aux rayons X doit toujours être aussi faible que raisonnablement réalisable (ALARA) (Muhlbauer & Kneller, 2013) .

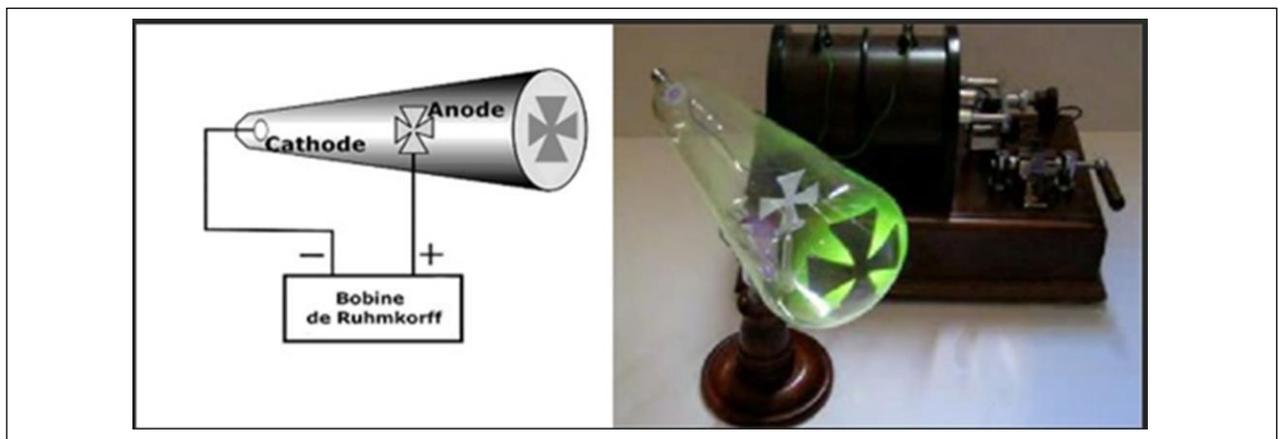


Figure 1.1 : Tube de Crookes (kenane, 2020.)

On appelle rayons X les ondes électromagnétiques dont les fréquences sont comprisés entre 10¹⁶ Hz et 10²⁰ Hz. Les longueurs d'ondes sont de l'ordre de 10⁻⁸ à 10⁻¹² m, et les énergies des photons X sont comprises entre 40 et 4.10⁵ eV (1 eV correspond à 1,6.10⁻¹⁹ J, c'est l'énergie

d'un photon dans l'infra-rouge). Ces énergies sont de l'ordre de grandeur des énergies de liaison des électrons des couches internes des atomes (de l'ordre du keV). Le domaine des rayons X se situe entre l'ultra-violet et les rayons gamma.

1.2 Domaines d'utilisation

a) Les applications médicales

Les sources de rayonnements ionisants sont utilisées dans le domaine médical pour deux types d'application le diagnostic et la thérapie : (kenane 2020)

- Diagnostic : dans ce cas, le praticien recherche une information anatomique ou métabolique d'un tissu ou d'un organe et les rayonnements ionisants vont lui permettre d'obtenir une image de ce tissu ou de cet organe.
- En thérapie, le praticien utilise les rayonnements ionisants pour détruire des cellules malades, principalement les cellules cancéreuses. Deux techniques existent aujourd'hui : la radiothérapie externe et la curiethérapie.

b) Les applications industrielles

Des appareils émettent des rayons X, afin de vérifier à partir d'une image radiographique, l'intégrité de structures ou de pièces, notamment l'état des soudures, le niveau de corrosion des composants métalliques, et la présence de fissures. Cette technique de radiographie industrielle permet un contrôle non destructif. (Muhlbauer & Kneller, 2013)

En matière de sécurité alimentaire, des détecteurs des rayons X permettent la recherche de toutes les non-conformités (défauts de remplissage, produits cassés, corps étrangers ...).

c) Les applications de laboratoires

Des appareils d'analyse aux rayons X sont utilisés comme dispositifs de diffractométrie et de spectrographie conçus pour effectuer des examens microscopiques ou pour analyser des spectres de rayons X de la matière au niveau atomique ou cristallin (kenane, 2020).

1.3 Rayonnements électromagnétiques

Les rayons X sont une forme de rayonnement électromagnétique au même titre que la lumière visible, l'ultra-violet, l'infra-rouge, les micro-ondes, les ondes radio ou les rayons gamma.

Une onde électromagnétique est due à un champ électrique et un champ magnétique perpendiculaires oscillants en phase (Figure 1.2). Elle se propage dans le vide à la vitesse de la lumière ($c = 299792458$ m/s). Dans le cas d'une onde sinusoïdale ou monochromatique, elle a une fréquence ν définie et une période $T = 1/\nu$. La longueur d'onde λ est la distance parcourue par l'onde en une période, soit $\lambda = c T = c/\nu$ (Simand-verin, 2007).

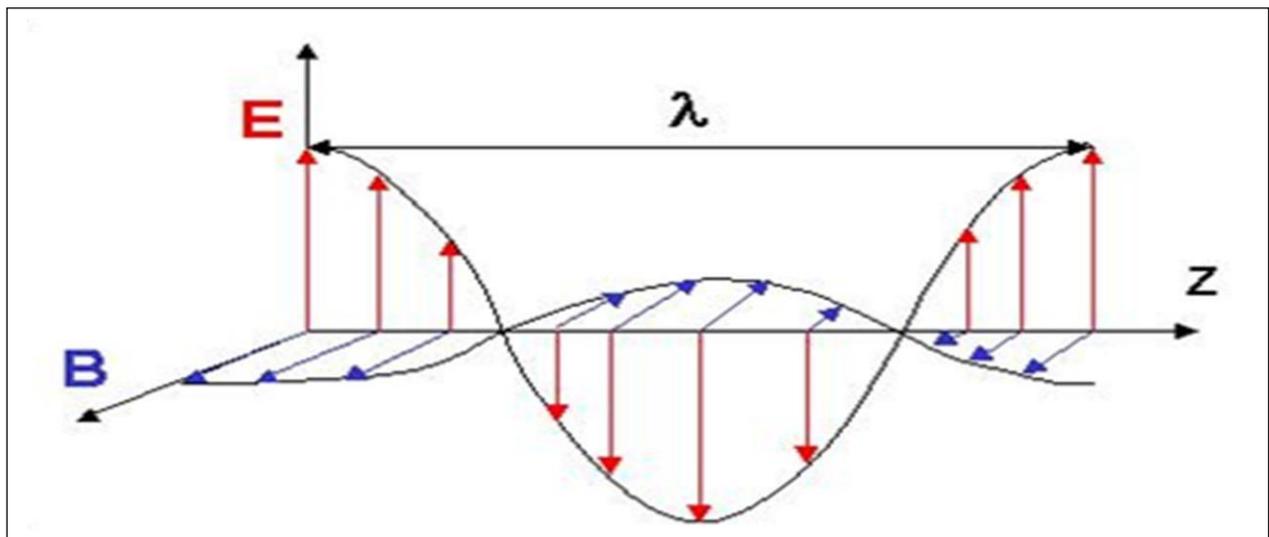


Figure 1.2 : Structure d'onde électromagnétique à un instant donné se propageant dans la direction z (Simand-verin, 2007).

Une onde électromagnétique réelle est généralement constituée d'une superposition d'ondes de fréquences différentes. La répartition quantitative de la puissance propagée selon la fréquence est appelée le « spectre » de l'onde.

Le modèle corpusculaire du rayonnement électromagnétique est mieux adapté aux rayonnements de hautes fréquences : on considère qu'un faisceau est constitué de photons, des particules sans masse qui se déplacent à la vitesse de la lumière. Chaque photon transporte une quantité d'énergie E proportionnelle à la fréquence de l'onde $E = h\nu$, où h est la constante de Planck.

Les ondes électromagnétiques sont classées et nommées en fonction de leur domaine de fréquence (Figure 1.3). Bien que de même nature, les ondes d'un domaine de fréquence à l'autre

correspondent à des mécanismes d'émission différents et exigent des techniques différentes de détection (Simand-verin, 2007).

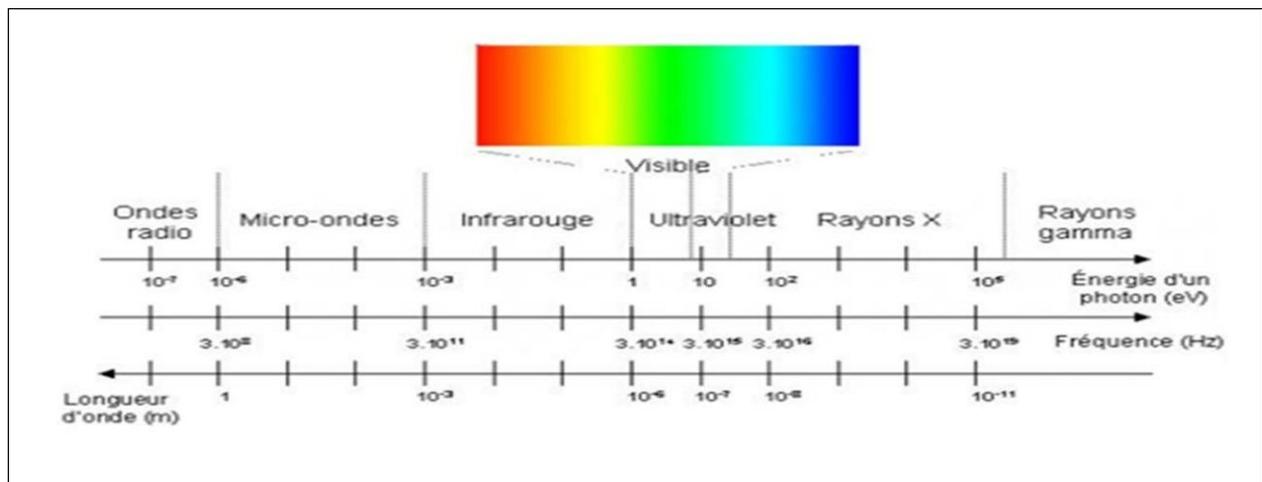


Figure 1.3. : Spectre électromagnétique (Simand-verin, 2007).

1.4 Spectre des rayons X

Le spectre d'émission des rayons X est constitué de la superposition d'un spectre continu et d'un spectre discret de raies. Les rayons X sont en effet issus de la décélération rapide des électrons lors de l'impact sur la cible (rayonnement de freinage ou Bremsstrahlung) ou du retour à l'état fondamental d'atomes excités de la cible (Mayer, 2015).

1.5 Propriétés des rayons X

Les rayons X sont des rayonnements électromagnétiques invisibles de haute énergie ; leur longueur d'onde est en effet très courte. Ils n'ont pas de charge, pas de masse, ne peuvent pas être ressentis et ils se déplacent en ligne droite et à vitesse constante (celle de la lumière).

Les objets qu'ils traversent sont néanmoins affectés. En effet, l'absorption des rayons X peut entraîner des ionisations. Ces ionisations, si elles ont lieu au niveau de l'ADN, peuvent être à l'origine de mutations, de malformations fœtales, de cancérogénèse ou de mort cellulaire. La radioprotection est donc essentielle pour les professionnels travaillant quotidiennement au contact de ces rayons (Serrau, 2018).

1.6 Production des rayons X

Dans le générateur, au sein du tube radiogène, un filament de tungstène chargé négativement est chauffé de façon à créer un nuage d'électrons. Ce nuage est ensuite accéléré vers une anode (un autre filament de tungstène chargée positivement) (Figure 1.4). L'accélération dépend de la différence de potentiel entre les deux filaments de tungstène, c'est-à-dire du nombre de kilovolts (kV) sélectionné. Lorsque les électrons frappent l'anode ils produisent des rayons X et de la chaleur (plus de 90% de l'énergie initiale) (Serrau, 2018).

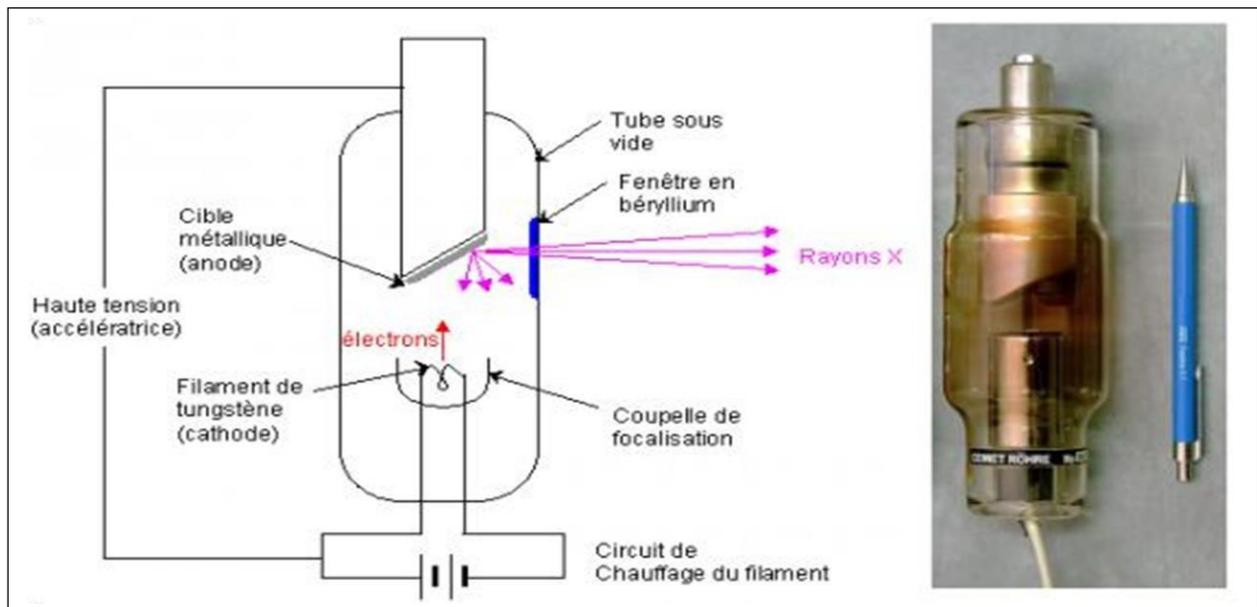


Figure 1.4 Tube à rayons X (Simand-verin, 2007)

1.7 Contamination aux rayons X

Il y a deux principaux types d'expositions : internes et externes (Figure 1.5).

Dans le cas de l'exposition interne la source de rayonnements ionisants est à l'intérieur de l'organisme : c'est le résultat de l'ingestion ou de l'inhalation de substances radioactives. Cette situation est aussi rencontrée dans le domaine médical lors de l'administration au patient de molécules radioactives dans un but diagnostique ou thérapeutique.

On parlera d'exposition externe lorsque de la source de rayonnements d'origine radioactive ou autre est située à l'extérieur de l'organisme (Vaissière et al., 2001).

1.7.1 L'exposition interne est la plus dangereuse car les atomes radioactifs sont installés à demeure. Les rayons alpha d'habitude arrêtés par quelques cm d'air ou l'épaisseur d'un pantalon déposent toute leur énergie au sein d'un organe ou un tissu. Il en va de même pour les rayons bêta, à un moindre degré. Les rayons alpha et bêta causent leurs dommages d'une manière localisée, sur un très court parcours, au contraire des rayons gamma qui accompagnent ces désintégrations et traversent la matière vivante en étant peu absorbés.

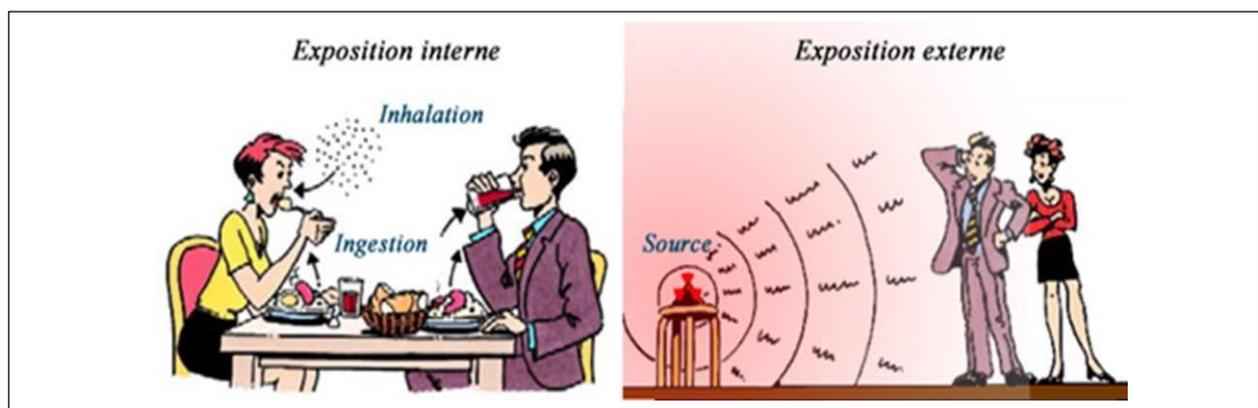


Figure 1.5 : Les deux principales expositions aux rayons ionisants (Vaissière et *al.*, 2001)

1.7.2 Exposition externe est moins dangereuse que l'exposition interne à quantité égale d'un atome radioactif donné. Cette fois ce sont les rayons gamma qui sont la principale source d'exposition, les autres types de rayons, en dehors de certaines thérapies et du contact de la peau avec des substances radioactives étant arrêtés en cours de chemin.

L'exposition interne résulte de l'ingestion ou l'inhalation d'atomes radioactifs présents dans les aliments, les boissons ou encore dans l'air ou des poussières que nous respirons. Si ces atomes radioactifs se fixent dans nos organes, nos glandes, nos os ou se déposent sur nos poumons, les effets de leurs désintégrations se font directement sentir. L'exposition externe résulte de l'exposition aux rayons d'une source radioactive ou d'origine cosmique ou encore d'une source de rayons X (Vaissière et *al.*, 2001).

1.8 Interaction des rayons X avec la matière

Lors de la propagation à travers un milieu matériel, les rayons X peuvent être déviés par les atomes du milieu (diffusion) ou bien absorbés. C'est ce dernier phénomène qui est mis en jeu dans les applications médicales de la radiographie.

Dans la représentation corpusculaire, un photon entre en collision avec les électrons liés aux atomes du milieu matériel traversé (électrons des couches internes). Si l'énergie E du photon incident est suffisante (supérieure à l'énergie de liaison W de l'électron), il peut arracher un électron du cortège atomique. Cet électron, appelé « photoélectron », est éjecté avec l'énergie cinétique $E_{cin} = E - W$. Les photoélectrons transfèrent ensuite leur énergie cinétique au milieu en provoquant des ionisations le long de leurs trajectoires (Simand-verin, 2007).

L'absorption d'un rayonnement X par un milieu dépend fortement de la nature des atomes : pour une fréquence donnée, on constate que l'absorption est d'autant plus probable que le nombre atomique Z des atomes du matériau traversé est élevé. On constate également qu'un rayonnement de grande énergie (courte longueur d'onde) sera moins absorbé, donc plus pénétrant qu'un rayonnement de plus faible énergie. Les rayons X les plus pénétrants sont appelés rayons « durs » (longueurs d'ondes inférieures au nanomètre) (Simand-verin, 2007).

Considérons un faisceau unidirectionnel de rayons X traversant un écran matériel. L'intensité $I(x)$ du rayonnement décroît exponentiellement en fonction de l'épaisseur x de matière traversée : $I(x) = I_0 \exp(-mx)$ où m est le coefficient d'atténuation linéaire (Figure 1.6). Le coefficient d'atténuation m croît en fonction du numéro atomique Z des atomes du matériau, et décroît en fonction de l'énergie des photons X (simand-verin, 2007).

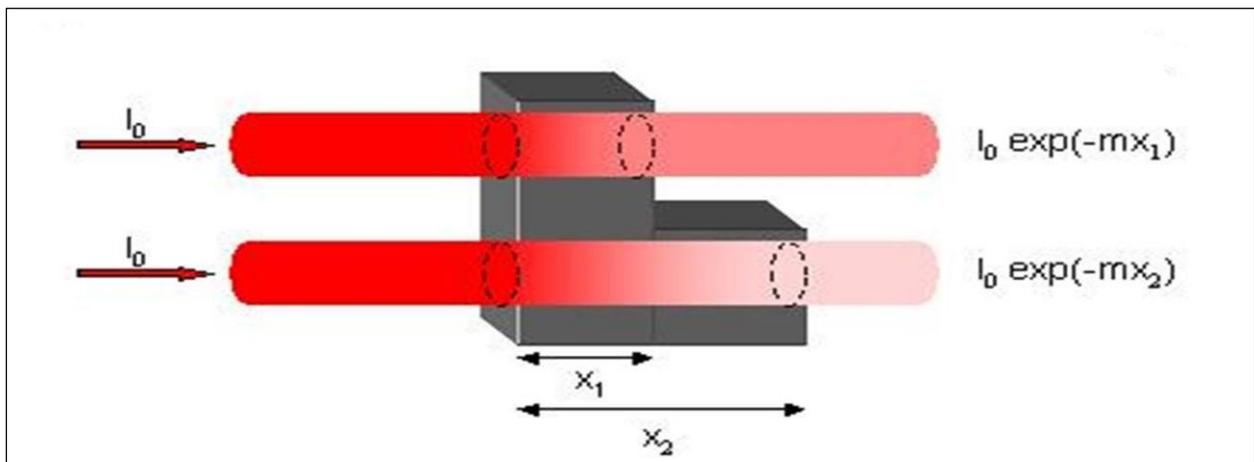


Figure 1.6. Absorption des rayons X par la matière. L'intensité I du rayonnement décroît exponentiellement en fonction de l'épaisseur x de matière traversée (Simand-verin, 2007).

1.9 Formation de l'image latente

Le film radiographique est composé d'une fine couche de plastique recouverte de cristaux d'argent (bromure d'argent AgBr, iodure d'argent AgI) en émulsion. Quand un cristal d'argent est exposé à la lumière, certains ions Ag⁺ sont réduits en Ag métallique, ce qui permet la formation d'une image latente (Roche, 2020).

La taille submicroscopique de l'image latente a longtemps constitué une entrave sérieuse à son étude fondamentale. La première théorie réellement satisfaisante permettant d'interpréter le mode de formation de l'image latente a été proposé par Gurney et Mott en 1938. Malgré ses imperfections relatives, elle sert toujours de modèle pour comprendre le processus de formation de l'image dans les systèmes argentiques à développement (Gandolfo, 2021).

Les cristaux de sels d'argent présents dans la couche image peuvent être assimilés à des semi-conducteurs dont les propriétés de conduction électrique seraient influencées par l'absorption d'énergie lumineuse. Dans l'obscurité, le bilan électrique du cristal est réduit en courant ionique généré par la circulation des ions interstitiels ; le courant électronique reste nul car les électrons présents dans la structure sont prisonniers des ions auxquels ils sont associés. Lors de l'exposition, on assiste à la naissance d'un phénomène de photoconductivité qui résulte de l'excitation des ions halogènes (brome, chlore, iode). Par l'élévation du niveau d'énergie qui accompagne cette réaction, les électrons les plus éloignés du noyau passent dans la bande de conduction du cristal en générant un courant électronique dont l'intensité est proportionnelle au flux lumineux absorbé (photons). Simultanément, cette libération d'électrons forme des trous « positifs » qui peuvent se déplacer de proche en proche par échange mutuel de particules. À ce stade, il existe toujours un risque de neutralisation de l'effet photoélectrique lorsqu'un électron libre est capté par un trou positif en produisant une recombinaison de l'ion halogène initial. (Gandolfo, 2021)

Les électrons libérés sont ensuite attirés dans les zones du cristal qui hébergent des centres de sensibilité. Cette capture s'accompagne de l'apparition d'une barrière de charge négative qui limite l'afflux électronique tout en constituant un pôle d'attraction efficace pour les ions interstitiels (Ag⁺) qui circulent dans le crista (Gandolfo, 2021).

1.10 L'image radiographique

La radio-opacité d'un tissu dépend principalement de sa densité. Un objet dense radiographié laissera passer peu de rayons X et par conséquent, l'image correspondante sera blanche. A l'inverse, l'air n'interagit peu voire pas avec les rayons X qui atteignent alors tous le système de réception et l'image correspondante sera noire.

La différence d'atténuation des rayons X aboutit donc à la production d'une échelle de niveau de gris du moins au plus radio-opaque : l'air, la graisse, les tissus mous et liquide, l'os et les parties minérales puis le métal. Ces types d'opacité dépendent de la densité de la matière traversée (coline, 2012) .

1.11 Degrés d'opacité

Le degré d'opacité fait référence à la qualité d'un matériau opaque aux rayons X (c'est-à-dire capacité d'atténuer, d'absorber, de bloquer ou d'empêcher le passage de rayons X).

Cinq opacités de base peuvent être distinguées sur le plan médical radiographies (Figure 1.7) (Muhlbauer & Kneller, 2013)

- a. Le gaz (air) est le moins opaque ; il bloque très peu de faisceau de rayons X (apparaît en noir sur les radiographies),
- b. La graisse est plus opaque que le gaz, mais moins que les tissus mous (apparaît en gris relativement foncé sur les radiographies),
- c. Tissus mous (par exemple, muscle, foie, cœur) et fluides (par exemple, sang, urine, eau) sont indiscernables en opacité et sont plus opaques que la graisse, mais moins que les os (apparaissent gris plus clair sur les radiographies).
- d. L'os est beaucoup plus opaque que les tissus mous et les bloque une grande partie du faisceau de rayons X (apparaît presque blanc sur radiographies).
- e. Le métal (y compris les produits de contraste positifs) est le plus opaque et bloque la majeure partie du faisceau de rayons X (apparaît blanc brillant sur les radiographies).

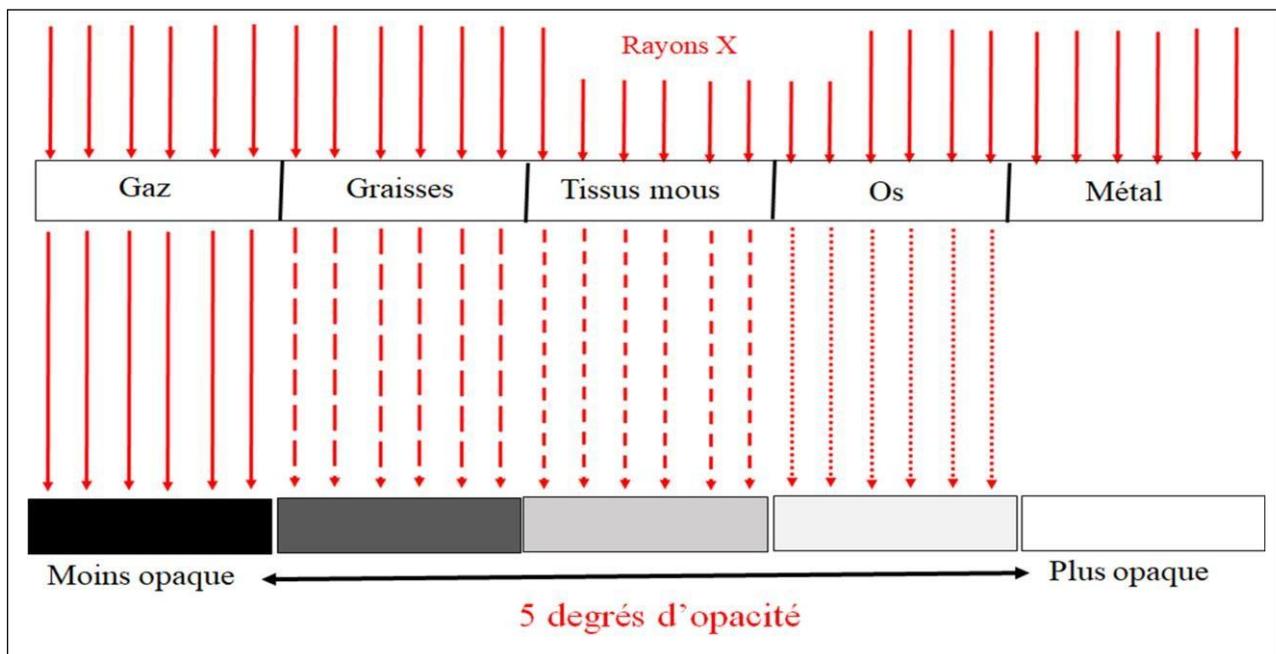


Figure 1.7 : Cinq opacités de base en fonction des milieux traversés par les rayons X
(Muhlbauer & Kneller, 2013)

1.12 Types de radiographie

Après avoir traversé le patient, les rayons X forment une image de rayonnement. A partir de cette image, on distingue deux grands procédés d'élaboration de l'image radiographique : la radiographie standard utilisant un film radiographique qu'il faudra développer et la radiographie numérique qui affiche l'image sur un écran informatique. Cette dernière est largement répandue dans le domaine médical aujourd'hui.

1.12.1. Radiographie standard

La mise en place d'une grille dans la cassette radiographique permet d'éliminer le rayonnement diffusé. Cette grille est utilisée pour les régions d'intérêt dont l'épaisseur est supérieure à 10 cm. Les rayons diffusés sont arrêtés par les lames en plomb de la grille tandis que les rayons primaires parallèles aux lames peuvent traverser la grille. Après le passage de la grille anti-diffusante, on obtient une image de rayonnement. Le film radiographique étant normalement peu sensible aux rayons X, un écran renforceur est utilisé pour amplifier les informations contenues dans l'image de rayonnement. Il transforme les rayons X incidents en rayons lumineux grâce à des sels

luminescents. L'écran permet également de diminuer la quantité des rayons X et la durée d'exposition (Bédé, 2007).

Le film radiographique est composé de cristaux d'iodo-bromure d'argent. La lumière émise par les écrans renforçateurs réduit les ions argent en argent métallique créant des points de sensibilisation qui vont noircir le film. L'étape de développement (manuel ou automatique) permet notamment de révéler ces points de sensibilisation et d'éliminer les ions argent non précipités.

1.12.2. Radiographie numérique

Dans le cadre de la radiographie numérique, le recueil de l'image de rayonnement se fait de manière numérique par un détecteur spécifique. Le signal est converti en signal numérique nécessaire au traitement de l'image par le système informatique puis de nouveau en signal analogique afin de visualiser l'image sur l'écran informatique.

Il existe par ailleurs deux systèmes d'acquisition d'une image radiographique : le système « computed radiography » (CR) et le système « direct radiography » (DR), ce dernier étant plus récent. Le système CR contient une cassette composée d'éléments photo-stimulants qui doit être lue dans un lecteur spécifique (Bédé, 2007).

1.13. Qualité de l'image radiographique

L'évaluation de la qualité d'un cliché radiographique s'apprécie par sa densité radiographique et son contraste. La densité radiographique est reliée directement au degré de noircissement d'une image radiographique. Elle dépend de l'intensité des rayons X reçus et contrôlée à la fois par l'énergie des rayons X (kV) et le débit des rayons X (mAs). Le contraste correspond à la différence visible entre deux structures de radio-opacités différentes et à l'échelle de gris associée. Plus une image est contrastée, moins l'échelle de gris est étendue. Le contraste résulte de l'atténuation des rayons X dans la matière. Il est réglé par l'énergie des rayons (kV) : en diminuant le kilo voltage, le contraste devient plus fort. L'épaisseur du patient, sa masse volumique (densité de la matière traversée), le numéro atomique des atomes le constituant et l'énergie des rayons X ont une influence sur le degré de noircissement et le contraste d'un cliché radiographique (Bédé, 2007).

Dans la cadre d'une radiographie abdominale, la tension (kV) sélectionnée doit permettre un temps d'exposition le plus faible possible (moins de 0.15 secondes) mais elle doit être assez basse pour obtenir un bon contraste entre les différents organes car l'abdomen possède naturellement un contraste faible.

Par conséquent, dans le cadre d'une radiographie abdominale, un kilo voltage faible est à privilégier. En outre, comme à l'expiration le foie se situe dans la partie la plus profonde de l'abdomen, il faut tout de même permettre une pénétration adaptée des rayons X. Or, si l'énergie des rayons X est faible (kV bas), il est nécessaire d'augmenter le débit des rayons afin de traverser la matière. Ainsi, la combinaison des facteurs d'exposition lors d'un cliché radiographique de l'abdomen sont un kilo voltage faible et des milliampères seconde élevés (Bédé, 2007).

Chapitre2 : Bases techniques de la radiographie

2.1 Films radiographiques

Le film radiographique est constitué d'une feuille de plastique transparente (base) recouvert d'une émulsion contenant des cristaux d'halogénure d'argent (Figure 2.1). Les cristaux exposés aux rayons X sont activés et créent une image latente (l'image est latente parce qu'elle n'est visible que lorsque le film est développé). Les cristaux peuvent également être activés par lumière, chaleur et pression. Le développement est un processus chimique qui transforme les cristaux en particules d'argent métallique qui noircissent le film pour créer une image finale (Muhlbauer & Kneller, 2013).

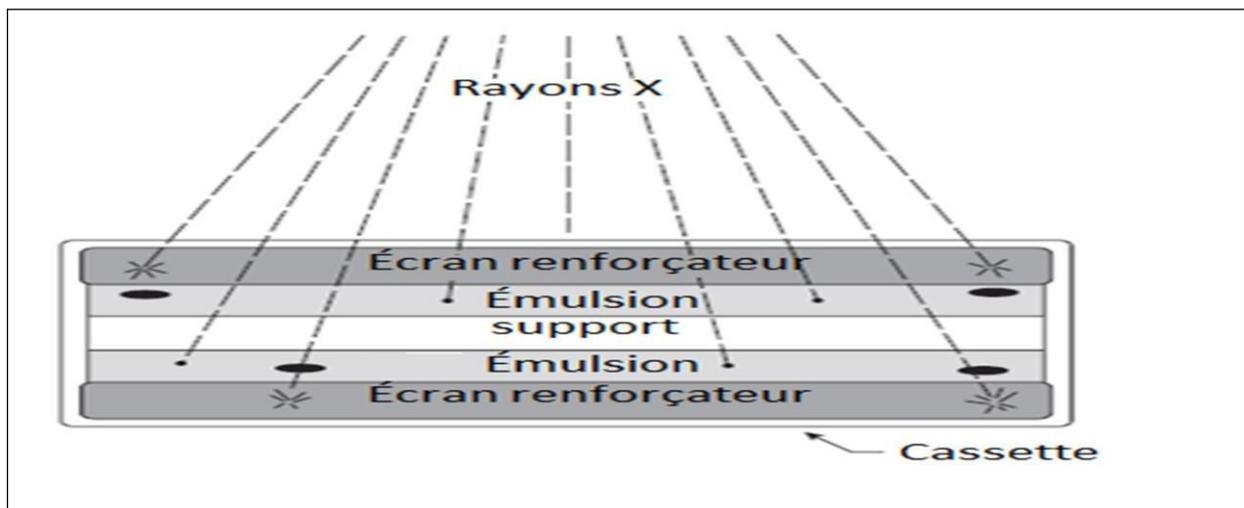


Figure 2.1 Film radiographique à double émulsion est pris entre deux écrans renforceurs dans une cassette opaque (Muhlbauer & Kneller, 2013).

Il existe deux types de film ; le film dupliqué à deux couches d'émulsion et un film avec une couche d'émulsion. Le film est composé de plusieurs couches : support de film, sous-couche, émulsion, surcouche, couche anti-halo/bouclage.

Le film radiographique peut être utilisé avec des écrans renforceurs et ce type de film est appelé film d'écran. D'autres films doivent être utilisés sans écrans renforceurs et ce film est connu sous le nom de film sans écran (Easton, 2006).

2.1.1. Film radiographique analogique

Une fois que le faisceau de rayons X a traversé le sujet et a subi une absorption différentielle par les tissus, il doit être enregistré afin de créer une image visible et image permanente. La manière conventionnelle de cela se fait avec un film radiographique qui a certaines propriétés en commun avec le film photographique, y compris sensibilité à la lumière blanche (visible). Il doit donc être enfermé dans un contenant étanche à la lumière, soit une cassette ou une enveloppe en papier épais ou en plastique, et manipulé uniquement dans des conditions de « éclairage sûr » jusqu'à la fin du traitement (Holloway et McConnell 2013).

2.1.2. Films radiographiques numériques

Avec les avancées technologiques, les nouvelles méthodes d'acquisition et la visualisation d'images radiographiques sont devenues disponibles. Deux types de radiographie numérique existent : radiographie (CR) et, plus récemment, radiographie directe (DR). La méthode de détection et de traitement l'image dans CR et DR est complètement différente à celle utilisée en radiographie film-écran. La radiographie numérique deviendra de plus en plus courante en pratique clinique et radiographique au cours des prochaines années (Schwarz & Johnson, 2008).

2.1.2.1. Film radiographique CR (computed radiography)

Aussi appelée radiographie à cassette, la CR a été inventée au début des années 1980 et utilise des cassettes qui sont similaires en taille, apparence et sensation aux cassettes utilisées avec les films : systèmes d'écran (Figure 2.2). Au lieu d'un film, les cassettes CR contiennent un revêtement phosphoreux dit plaque d'imagerie. L'exposition de la plaque aux rayons X active les cristaux du phosphore qui créent une image latente (similaire à film: screen) (Muhlbauer & Kneller, 2013).

Les cassettes CR peuvent être placées sur une table, dans Bucky ou utilisées pour la radiographie positionnelle telle que les études de faisceau horizontal. Avec des soins appropriés, les cassettes et plaques CR peuvent être utilisées des milliers de fois . Les techniques d'exposition avec les systèmes CR sont généralement similaires à ceux qui ont des systèmes film : screen (Muhlbauer & Kneller, 2013).



Figure 2.2 Plaque d'imagerie utilisée pour la radiographie. La plaque est placée dans une cassette (Holloway et McConnel,2013) .

2.1.2.2. Film radiographique DR (Digital radiography)

La radiographie numérique implique une technologie qui produit une image quasi instantanée sur l'écran d'affichage de l'ordinateur de contrôle sans avoir besoin d'une étape intermédiaire de "traitement" (Caine et Dennis 2013).

Les systèmes DR utilisent des détecteurs à écran plat pour convertir les rayons X en signaux électroniques utilisés pour créer des images numériques. Les systèmes peuvent convertir directement les rayons X en signaux électroniques ou indirectement, en convertissant d'abord les rayons X en lumière puis en signaux électroniques. Ces détecteurs DR sont généralement montés sous une table à rayons X (remplaçant généralement l'appareil Bucky). Le montage est souvent permanent, mais certains détecteurs peuvent être amovibles pour la position radiographique, ils nécessitent des techniques d'exposition plus élevées qu'avec les systèmes film :écran conventionnels. Les images sont rapidement disponibles pour être visualisées sur les systèmes DR, souvent en moins de 10 secondes (Muhlbauer & Kneller, 2013).

Certains systèmes convertissent l'énergie des rayons X directement en image numérisée (radiographie numérique directe) tandis que d'autres produisent le signal électrique via une lumière intermédiaire phase (radiographie numérique indirecte). La radiographie numérique permet donc un gain de temps important par rapport à radiographie informatisée et radiographie analogique. Cependant, l'équipement peut être beaucoup plus cher que celle de la radiographie informatisée (Holloway et McConnell, 2013).

2.2 Grille antidiffusante

Une grille est l'un des composants clés d'un système de radiographie numérique (DR) car elle supprime le rayonnement diffusé, qui se produit lorsque les rayons X pénètrent dans un objet ; elle améliore la précision du diagnostic en améliorant la qualité de l'image. Avec l'utilisation généralisée des systèmes DR, la demande de grilles de haute précision a simultanément augmenté (Lee & Chung, 2019). Elles sont placées entre le patient et le film radiographique pour réduire le rayonnement diffusé atteignant le détecteur (produit principalement par l'effet Compton) et ainsi améliorer le contraste de l'image. Elles sont constituées de bandes parallèles de matériau à forte atténuation tel que le plomb avec un espace intermédiaire rempli de matériau à faible atténuation tel que la fibre de carbone ou une entretoise organique. Les bandes peuvent être orientées soit linéairement soit croisées dans leur axe longitudinal. Comme le rayonnement diffusé est augmenté chez les patients "plus épais" et à des tailles de champ plus grandes, les grilles sont utiles dans de tels scénarios pour améliorer le contraste de l'image (Goel, 2014).

2.3 Incidence des rayons X et vues radiographiques

Les études typiques comprennent 3 vues : latérale gauche et droite, et VD (ventro-dorsale). Les vues latérales opposées permettent une meilleure détection des maladies focales (les nodules pulmonaires). La vue VD "ouvre" la poitrine, offrant une meilleure détection d'une maladie pulmonaire alors que la vue DV (dorso-ventrale) offre une meilleure vue de la base du cœur et vaisseaux lobaires caudaux. La vue DV peut être mieux tolérée par les patients dyspnéiques surtout les chats (O'Brien, 2001).

Un cliché ne peut être correctement interprété que si l'orientation de l'animal est précisée, ceci est d'autant plus vrai que les organes et donc les repères anatomiques sont modifiés. Des marqueurs métalliques, en lettre D pour droit et en lettre G pour gauche (G), sont utilisés aussi bien sur un cliché de face pour différencier la droite de la gauche que sur une vue latérale pour déterminer le décubitus de l'animal (Coline, 2012).

2.3.1 Vues de profil (vues latérales)

L'incidence latérale (droite et gauche) : L'animal est en décubitus latéral gauche ou droit ses membres thoraciques sont tirés cranialement pour éviter la superposition sur la cavité thoracique et les membres pelviens sont tirés caudalement tout en évitant de trop étirer l'animal pour éviter la déformation du thorax et comprimer le cœur et les poumons ; surtout avec les chats et les petits chiens. La colonne vertébrale et le sternum doivent être à la même distance du film ou détecteur (Figure 2.3).

La radiographie latérale gauche est préférable pour visualiser les lésions dans le poumon droit et pour évaluer les vaisseaux pulmonaires crâniens (Figure 2.4). La radiographie latérale droite est préférable pour visualiser des lésions dans le poumon gauche (Muhlbauer & Kneller, 2013).



Figure 2.3: Un chien positionné en décubitus latéral gauche pour avoir une vue radiographie thoracique gauche (Schwarz & Johnson, 2008).

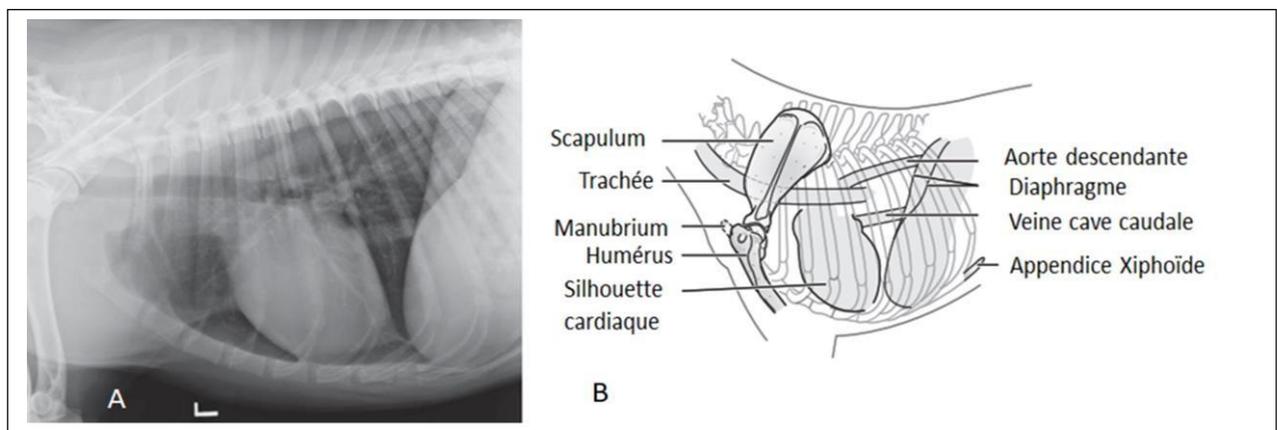


Figure 2.4 : Vue radiographique latérale gauche d'un chien (A) et son schéma (B) Sirois et *al.*, 2010)

2.3.3 Vues de face

2.3.3.1. Vue de face ventro-dorsale : Le patient est placé en décubitus dorsal, ses pattes antérieures sont placées dans une position neutre à côté de la tête et des sacs de sable, centrés sur la ligne médiane au milieu du sternum et Collimateur pour inclure l'entrée thoracique et le diaphragme (Figure 2.5). Le cliché est pris en inspiration (Easton, 2012). Des coussinets en mousse peuvent être nécessaires pour maintenir l'alignement du sternum et de la colonne vertébrale et pour éviter la rotation ; le diaphragme apparaît formé de 3 bosses (Figure, 2.6).

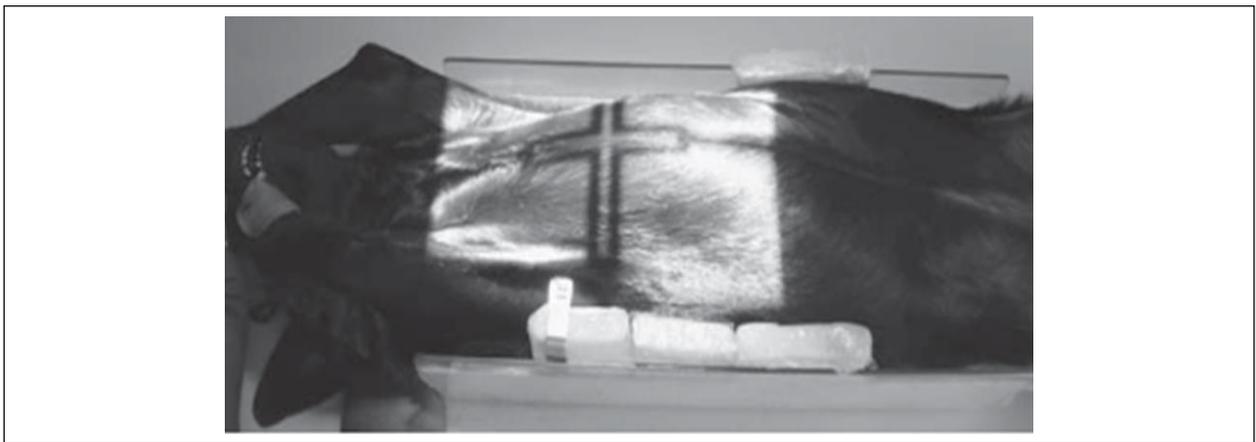


Figure 2.5 : Contention en position ventro-dorsale (Sirois et al., 2010)

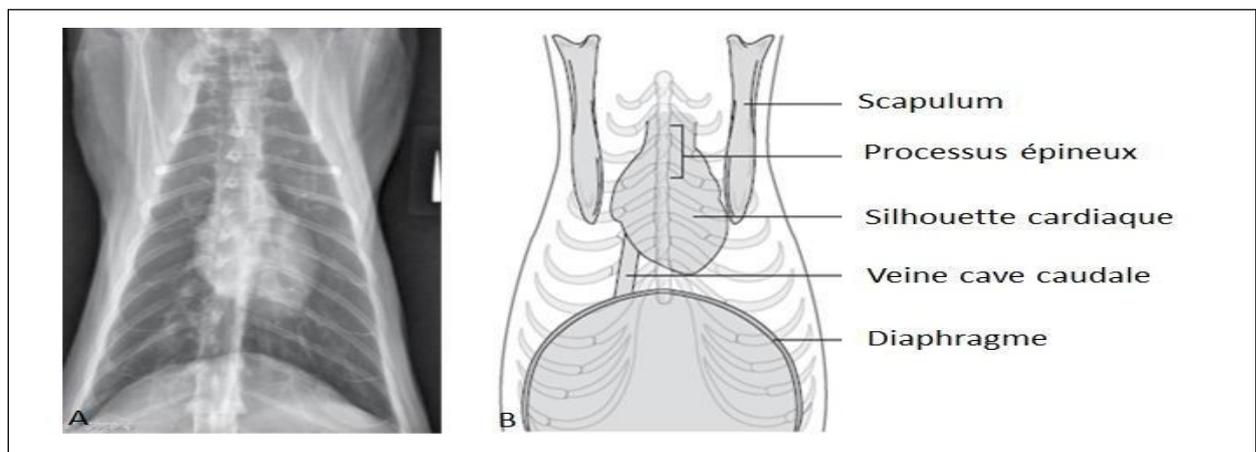


Figure 2.6 : Vue radiographique ventro-dorsale (A) et son schéma (B) (Sirois et al., 2010)

2.3.3.2. Vue de face dorso-ventrale : Le patient est placé en décubitus ventral, son menton appuyé sur un coussinet, un sac de sable sur le cou, les pattes antérieures sont tirées vers l'avant et en adduction (Figure 2.7). Le centre de collimation au niveau de la ligne médiane au niveau des proéminences caudales des omoplates pour inclure l'entrée thoracique et le diaphragme. Le cliché est pris en inspiration. Le diaphragme apparaît comme une seule bosse (Figure 2.8).



Figure 2.7 : Position DV (Schwarz & Johnson, 2008)

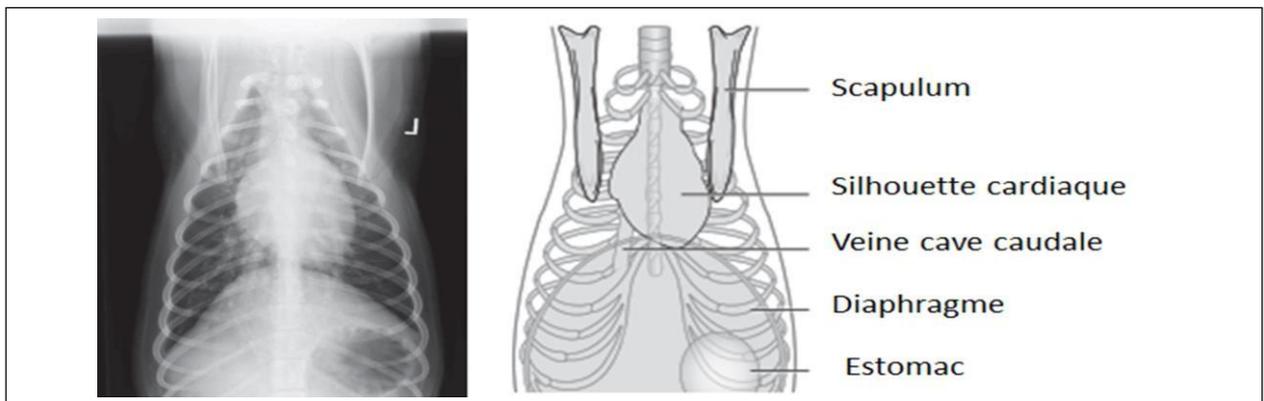


Figure 2.8 : Vue radiographique Dorso-ventrale (A) et son schéma (B) (Sirois et al., 2010)

2.3.3.3. Vues supplémentaires :

a. Vue en décubitus latéral ou Radiographie à faisceau horizontal : L'animal est positionné en décubitus latéral et le faisceau est dirigé horizontalement avec la tête de tube radiogène à 90 degrés ; la cassette est appuyée verticalement contre la colonne vertébrale ou le sternum (Figure 2.9). Il est important de maintenir la mise au point habituelle du film distance. Ce type de vue est utile pour détecter de petits volumes de liquide pleural ou d'air (Schwarz & Johnson, 2008).

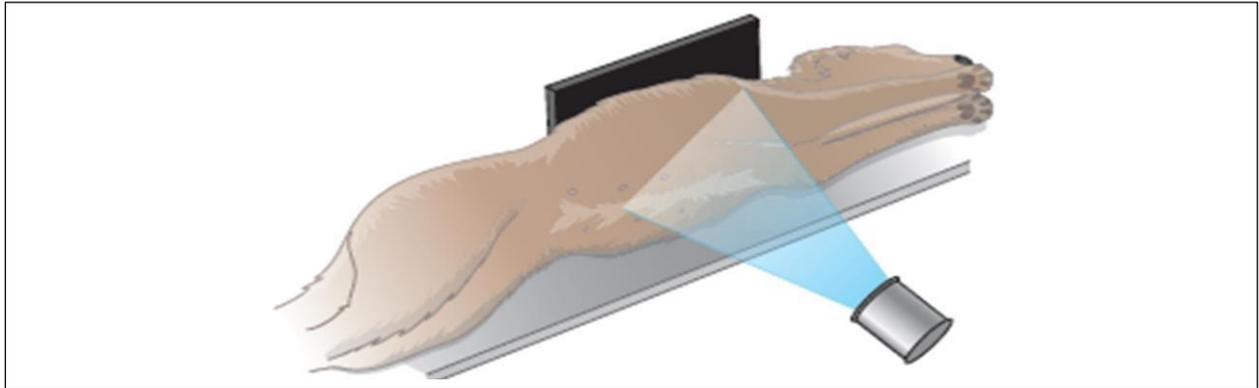


Figure 2..9 : Positionnement du patient pour une vue en décubitus latéral gauche du thorax
(Holloway et McConnell, 2013)

b. Vue debout sur poutre horizontale : Une vue latérale droite peut être obtenue avec animal debout (Figure 2.10), en décubitus sternal ou assis. La vue debout latérale du faisceau horizontal peut être utile chez les animaux présentant une insuffisance respiratoire sévère, où la contention dans d'autres positions est considérée cliniquement peu sûre. Il peut également être utile dans les cas où un petit pneumothorax est suspecté ou lorsque la gravité peut altérer l'apparence d'une lésion (par exemple en permettant interfaces gaz/liquide à l'intérieur d'un kyste ou d'un abcès à reconnaître). Le centrage et la collimation sont comme pour le latéral (Bradley, 2013).

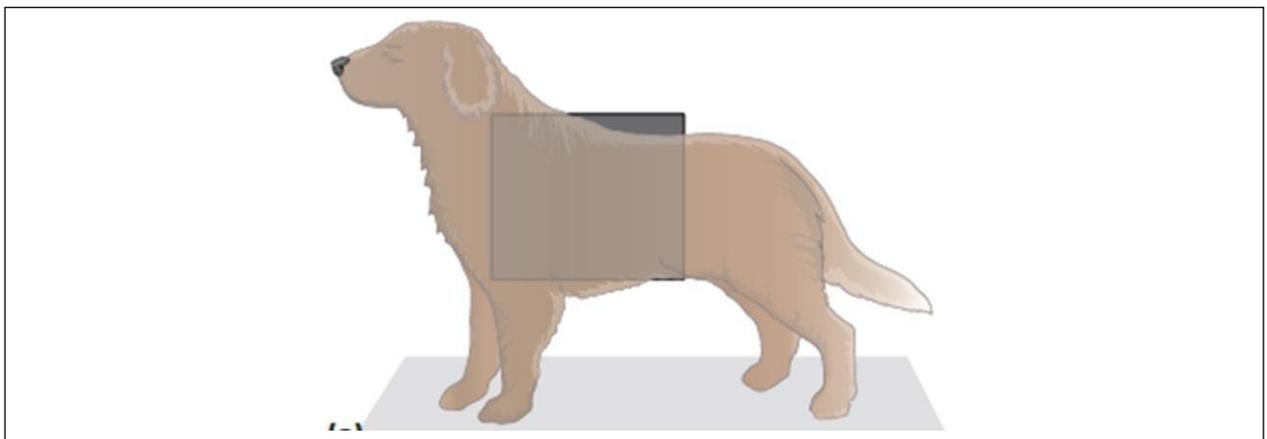


Figure2.10 : Positionnement et mise en place pour une vue horizontale de profil debout
(Schwarz & Johnson, 2008)

c. Radiographie oblique : Pour ce type de radiographie, le faisceau de rayons X primaire est tangentiel ou perpendiculaire à la lésion au lieu d'en faire face (Figure 2.11). Il consiste à faire pivoter les structures sus-jacentes (par exemple le cœur, la colonne vertébrale) loin de la zone d'intérêt (par exemple le médiastin). Son but est d'évaluer les lésions de la paroi thoracique et de la plèvre (Muhlbauer & Kneller, 2013).



Figure 2.11 : Une vue DV oblique (Schwarz & Johnson, 2008).

2.4. Préparation du patient

On doit s'assurer que tous les animaux doivent avoir un pelage propre et sec ; les cheveux mouillés et les débris peuvent causer des artefacts déroutants sur radiographies. Si possible, retirez tous les colliers et laisses, médicaments topiques, bandages et attelles. Les animaux subissant une étude radiographique doivent être correctement retenus. Idéalement, une contention chimique avec des sédatifs minimisera les artefacts de mouvement sur la radiographie finie ainsi que l'anxiété des animaux. Durant la contention, le confort du patient doit également être pris en considération. Avant de placer l'animal sur la table de radiographie, il faut préparer toutes les fournitures et équipement ainsi que l'indentification de toutes les radiographies nécessaires (Sirois et *al.*, 2010).

2.5. Contention du patient

Une certaine forme de contention du patient est nécessaire pour faciliter le positionnement précis de l'animal et empêcher le mouvement artefacts, tout en minimisant l'exposition du

personnel aux rayonnements ionisants. L'animal peut être retenu en toute sécurité dans la majorité des cas en utilisant une combinaison de moyens physiques et chimiques. Un environnement calme et une manipulation sympathique aident à calmer la plupart des animaux. De nombreuses aides sont disponibles dans le commerce pour faciliter le positionnement et la contention (par ex. sacs de sable peu remplis). Il est rare de pouvoir obtenir une radiographie squelettique chez un animal conscient puisque la rigidité musculaire rend difficile le positionnement des membres. En outre, même si une radiographie thoracique ou abdominale peut être obtenue chez un animal conscient, le flou de mouvement (mouvement brutal, haletant ou tremblant) rend souvent l'image non diagnostique (Holloway et McConnell, 2013).

2.5.1. Contention physique et accessoires de contention

Les éléments couramment utilisés dans le positionnement de l'animal lors la prise de radiographie sont : Sacs de sable ,Auges ou poufs, Cales en mousse , liens et ruban adhésif (Figure 2.12) (Schwarz & Johnson, 2008).



Figure 2. 12 : Contention physique et accessoires de contention (Schwarz & Johnson, 2008)

Les animaux présentés pour une radiographie thoracique sont souvent effrayés, douloureux, dyspnéiques ou les trois. Avec une manipulation attentive et un réconfort verbal, la plupart des patients peuvent être retenus avec une combinaison d'aides au positionnement et de sédation.

L'utilisation de commandes verbales telles que «assis», «couché» et «rester» est généralement utile. Les caresses des oreilles pendant le processus de positionnement activera les points d'acupuncture et calmera davantage l'animal. Les muselières sont également utiles pour les chats (Figure 2.12).

Le recours à l'anesthésie ou à la sédation et aux aides au positionnement doit toujours être envisagé avant le recours à la contention manuelle. Les animaux en forte dyspnée doivent être immobilisés en position dorso-ventrale (Rudorf et *al*, 2008).

2.5.2. Contention chimique

La sédation est fortement recommandée pour la radiographie thoracique car elle réduit le « stress » de la manipulation et aide ainsi que la fréquence respiratoire est généralement plus faible chez un animal sous sédation, ce qui contribue à minimiser le flou de mouvement (Caine et Dennis, 2013).

L'anesthésie générale est également couramment utilisée ; elle élimine toute sorte de résistance de la part de l'animal à un positionnement optimal (Holloway et McConnell 2013).

Cependant, l'anesthésie générale peut entraîner une atélectasie accrue du poumon dépendant, ce qui entraîne une diminution du volume et une augmentation de l'opacité pulmonaire radiographique ce qui constitue un obstacle important lors de l'interprétation des modifications pulmonaires. Bien qu'il s'agisse d'un inconvénient potentiel de l'anesthésie générale, l'atélectasie peut généralement être minimisée en induisant une anesthésie tout en maintenant l'animal en décubitus sternal et on prend la vue dorso-ventrale (DV) avant la ou les vues latérales. L'atélectasie liée à l'anesthésie générale peut également être réduite en gonflant manuellement les poumons avant l'exposition radiographique. Pour la radiographie de la trachée cervicale, le patient doit être extubé et tout collier retiré (Caine et Dennis 2013).

2.6 Critère de qualité d'un cliché radiographique

2.6.1. Densité

La densité décrit la quantité de noircissement sur le film. Les parties les plus denses du patient (par exemple, les os) absorbent une plus grande partie du rayonnement, ce qui arrête les rayons X d'atteindre le film en donnant une zone de haute densité. En pratique, l'image ne doit pas être trop sombre pour ne pas voir les tissus mous, pas trop lumineuse que le film n'est pas diagnostiqué et les travées osseuses doivent être visibles (Easton, 2006) .

2.6.2. Contraste

Le clinicien doit pouvoir aisément interpréter une image radiographique. Cette image doit apporter le maximum d'information, une reproduction fidèle de la région d'intérêt, être contrastée, détaillée et sans erreurs.

Le contraste représente les différentes nuances de noir, de gris et de blanc sur un film radiographique et aux différences entre ces nuances. Un film à contraste élevé signifie un film noir et blanc avec peu de gris avec une courte échelle de nuance d'opacité. Un contraste élevé est préféré pour les radiographies de la colonne vertébrale et des extrémités (Tighe et Brown, 2019). Un film à faible contraste a plus de nuances de gris mais moins de différences ou de contraste entre les niveaux d'opacité avec une longue échelle de nuances qui sont très réduites. Un contraste faible est préféré pour la radiographie des tissus mous (Tighe et Brown, 2019).

L'état du contraste radiographique est lié au kilo-voltage (kv). Il existe une relation inversement proportionnelle entre les deux paramètres : L'augmentation du kilo-voltage entraîne la diminution du contraste et la diminution du kilo-voltage entraîne une augmentation du contraste. À des kV inférieurs, il y a un nombre accru de photons à faible énergie et une plus grande différence de niveaux d'énergie (car il s'agit d'un faisceau hétérogène) et à mesure que le kV augmente, les niveaux d'énergie du faisceau augmentent pour permettre une plus grande pénétration du faisceau de rayons X à travers les tissus. L'absorption du faisceau de rayons X par les différentes densités des tissus à kV plus élevé est plus uniforme, ce qui entraîne un contraste radiographique plus faible (Tighe et Brown, 2019).

2.6.3. Netteté

La netteté est essentielle pour s'assurer que la radiographie est diagnostique, Il ne doit y avoir aucun signe de flou cinétique sur un film radiographique. La pénombre est causée par la divergence du faisceau primaire, cela peut entraîner un manque de netteté sur les bords de l'image. Une petite tache focale entraîne moins de divergence, une grande tache focale entraîne une plus grande divergence et par conséquent une image floue (Easton, 2006)

Les facteurs affectant la netteté sont : mouvement , la résolution du système d'imagerie (combinaison film-écran ou VDU) la géométrie du système d'imagerie (relation entre le foyer, le patient et le système d'imagerie) (Themes, 2016).

2.6.4. Position

Quatre positionnements sont possibles pour réaliser un cliché radiographique. En général, une vue de face et une vue de profil sont nécessaires pour permettre une bonne interprétation des images. En ce qui concerne la vue de face, deux incidences sont possibles (Serrau, 2018) :

L'animal peut être placé en décubitus dorsal et dans ce cas on obtient une vue ventro-dorsale. Les champs pulmonaires, la veine cave caudale ainsi que le médiastin crânial et caudal sont très visibles avec cette incidence. Cette position est privilégiée lorsque des lésions sont suspectées dans ces régions

L'animal peut être positionné en décubitus ventral pour avoir une vue dorso-ventrale. Cette vue est particulièrement intéressante pour évaluer les structures cardiovasculaires et notamment les vaisseaux des lobes pulmonaires caudaux et le cœur qui a une silhouette moins variable que sur une vue ventro-dorsale.

Les vues minimales qui doivent être obtenues dans différentes situations cliniques sont : Vues latérale droite et DV pour les affections cardiaques, vues latérale droite et VD pour la pathologie pulmonaire (surtout évaluation du lobe accessoire), vues latérale gauche, latérale droite et VD pour métastases pulmonaires (Schwarz & Johnson, 2008).

Pour la vue de profil, l'animal est placé en décubitus latéral droit ou gauche. Dans l'idéal, les deux profils (droit et gauche) sont réalisés. Si cela est impossible (si par exemple l'animal est trop instable ou manque de patience), il faut choisir le profil opposé au côté où les lésions sont suspectées. Par exemple, si lors de l'auscultation les bruits respiratoires sont augmentés à gauche, il faut réaliser un profil droit (c'est-à-dire placer l'animal en décubitus latéral droit). Le poumon gauche est alors moins comprimé par le poids de l'animal et peut se déployer au maximum. Les lésions pulmonaires du côté gauche sont donc plus visibles (Serrau, 2018) .

2.6.5. Cadrage et centrage (collimation)

Chaque radiographie doit être centrée sur la zone anatomique d'intérêt à l'aide de repères osseux. Cela permet d'inclure toute la zone d'intérêt sur la cassette et la collimation doit être maintenue aussi proche que possible à la zone d'intérêt. Une mauvaise collimation est souvent en raison d'incertitudes sur les points de centrage (la tendance est d'agrandir la zone collimatée juste pour s'assurer que la région d'intérêt est incluse sur l'image). Le centre du faisceau de

rayons X est indiqué par une croix dans le centre de la lumière du diaphragme du faisceau lumineux (Figure 2.13). La pénombre et la distorsion géométrique sont plus petit au centre du faisceau de rayons X. Le centrage est d'une importance particulière lors de l'imagerie de la colonne vertébrale et articulations (Holloway et McConnell ,2013).

Collimation : Un faisceau lumineux est utilisé pour montrer le centre et configuration exacte du champ de rayons X. Le faisceau de rayons X est confiné à la zone du corps à l'étude, ce qui limite la formation de dispersion dans les tissus voisins. La collimation est essentielle pour toutes les radiographies ; elle sert à améliorer la qualité de l'image en réduisant la dispersion et contribue à la radioprotection (Rudorf et al, 2008).



Figure 2. 13 : Cadrage et centrage de la région thoracique d'un chien en décubitus latéral droit (Tighe et Brown, 2019).

2.6.6. Phase respiratoire

De manière générale, il faut toujours prendre les clichés à la fin de l'inspiration. En effet c'est le moment du cycle respiratoire où les poumons sont les plus étendus possible. Les lésions présentes sur le parenchyme sont donc plus visibles. Lorsque le cliché est pris lors de l'expiration, l'opacité pulmonaire est actuellement augmentée du fait du repliement des poumons, ce qui peut faussement faire suspecter une infiltration du poumon.

Il peut cependant être intéressant de réaliser le cliché en fin d'expiration dans deux cas :

- Lorsqu'un tout petit épanchement pleural est présent (il n'est pas visible lors de l'inspiration, lorsque les poumons sont très étendus) ;
- Pour le diagnostic d'une fibrose pulmonaire, on réalise alors un cliché en inspiration et un cliché en expiration et on compare l'opacité pulmonaire des deux clichés (Serrau, 2018)

2.7. Moyens d'obtention de cliché de bonne qualité

2.7.1. Fixation des constantes radiographiques

L'appareil radiographique est constitué d'un générateur qui produit des électrons. Les électrons, par une différence de potentiel de l'ordre du kV, sont accélérés et leur énergie est transformée au contact d'une cible en énergie X. La quantité d'électrons mis en jeu correspond à l'intensité électrique exprimée en milliampères (mA). Il faut également prendre en compte le temps de pause.

Le thorax présente un excellent contraste naturel (air/tissus mous). Or le contraste d'un cliché est inversement proportionnel à la valeur de la tension appliquée. Ainsi, pour radiographier un thorax, on utilisera une tension assez élevée > 80 kV. En raison des mouvements respiratoires, on choisira un temps de pose court $< 0,06$ s pour éviter l'apparition de flou cinétique sur l'image finale et une intensité (mA) relative à l'épaisseur maximale du thorax selon un tableau de constantes adapté. L'épaisseur du thorax est mesurée à son maximum (Coline, 2012).

2.7.2. Ecrans renforçateurs et films radiographique

Le contact entre les écrans et le film est essentiel si un film de haute qualité ou une radiographie nette doit être obtenue. Si le contact entre le film et les écrans ne sont pas égaux, des zones de la radiographie apparaîtront floues. Cet effet se produira lorsque la lumière s'est propagée en divergence avant d'entrer en contact avec l'émulsion du film. La divergence à partir d'un certain nombre de cristaux de phosphore peut se chevaucher pour augmenter le flou plus loin. Un mauvais contact film-écran peut être évalué par placer un treillis métallique (une bande métallique sans paillettes suffit) sur le dessus de la cassette et produisant une radiographie. S'il y a des mauvais contact, les bords des cercles seront flous et non nets (Easton, 2012).

2.7.3 .Grille anti-diffusante

Comme l'utilisation inappropriée d'une grille est une cause fréquente d'artefacts radiographiques. Le rayonnement diffusé qui atteint le détecteur d'image crée un voile diffus qui réduit le contraste de l'image et provoque un flou. L'utilisation d'une grille anti-diffusante réduit considérablement la quantité de rayonnement diffusé atteignant le détecteur. Les grilles sont constituées de plusieurs septa de plomb minces (barres de grille) alignés avec le faisceau primaire qui absorbent les photons de rayons X arrivant avec des angles d'incidence obliques. Les espaces entre les lamelles de plomb (en fibre de carbone par exemple) n'atténuent pas les rayons X incidents. Les barreaux et les interstices de la grille sont protégés des agressions extérieures par une couverture en aluminium ou en plastique. Les rayons X qui sortent du corps du patient sans avoir subi de changement de direction se propagent entre les lamelles de plomb à travers les espaces intermédiaires perméables et atteignent le détecteur (Hecht, 2020).

La grille a deux fonctions ; elle absorbe le rayonnement diffusé secondaire qui peut avoir un effet néfaste sur l'image finale et permet au faisceau primaire de passer sans être affecté forment l'image utile sur le film (Easton, 2012).

2.7.4 Artéfacts

Un artefact est une densité optique indésirable sur une image qui ne montre pas correctement la zone anatomique d'intérêt examinée. Les artefacts peuvent interférer avec la visualisation de la région anatomique d'intérêt et peut conduire à un diagnostic erroné. Les artefacts peuvent être contrôlés lorsque leur cause est bien identifiée. Pour les films radiographiques, la cause peut être réduite au moment où un artefact a été créé. Les artefacts d'exposition courants sont des objets étrangers inattendus (tels que des colliers de chien), double exposition, mouvement, coupure de grille, et la marbrure quantique (Ayers, 2012).

2.8. Contraste (comment augmenter le contraste par des moyens chimique)

Le contraste de l'image fait référence à la différence de luminosité ou l'obscurité entre une zone d'intérêt et ses environs. Le contraste de l'image est influencé par le contraste radiographique , contraste du détecteur, contraste de l'affichage et le disperseur (Holloway et al,2013). Deux types de base d'amélioration du contraste sont utilisés : positif et négatifs. Le contraste positif

nécessite l'utilisation de deux produits de contraste radio-opaques courants, l'iode et baryum. Le contraste négatif nécessite l'utilisation de gaz à faible gravité spécifique (dioxyde de carbone ou oxygène) (Ayers, 2012).

Sulfate de baryum est un produit de contraste utilisé pour délimiter le tube digestif. C'est une poudre crayeuse blanche qui est mélangée avec de l'eau pour produire une suspension liquide ou une pâte. Le baryum est complètement insoluble et n'est pas attaqué par les enzymes de la voie digestive ou absorbés par l'intestin. Il faut cependant faire attention s'il s'infiltré dans le péritoine ou est inhalé car cela peut entraîner une formation granulomateuse ou pneumonie par aspiration. Le baryum peut causer de la constipation (Easton, 2012)

Produits de contraste iodés sont amers nécessitant une sonde œsophagienne pour leur administration. Deux formes sont utilisées (Figure 2.14) :



Figure 2. 14 Produits de contraste (Ayers, 2012)

Les Produits de contraste iodés ioniques sont moins chères que non ionique mais peut induire des œdème en cas d'aspiration, par exemple diatrizoate méglumine et diatrizoate sodium (Gastrografine®).

Les produit de contraste iodé non ionique (faible osmolaire) par exemple iohexol (Omnipaque®). Ceux-ci ont beaucoup moins d'effets secondaires mais sont plus chers que les agents ioniques. Ils doivent être utilisés dans les cas où une perforation gastro-intestinale ou une fistule broncho-oesophagienne est suspectée. Les formes iso-osmolaires sont également disponibles mais encore plus chers (Schwarz & Johnson, 2008).

2.9. Radioprotection

Les règles fondamentales de radioprotection en radiodiagnostic sont les suivantes : Seul le personnel nécessaire pour mener à bien la procédure doit se trouver dans la salle de radiographie au moment de l'exposition, les personnes de moins de 18 ans et femmes enceintes ne doit pas se trouver dans la salle de radiologie pendant l'examen pour éviter leur contamination par les rayons X au moment de la prise des clichés (Figure 2.15). Les examens devraient avoir une liste de service tournante pour minimiser l'exposition à une seule personne (Thrall, 2018).

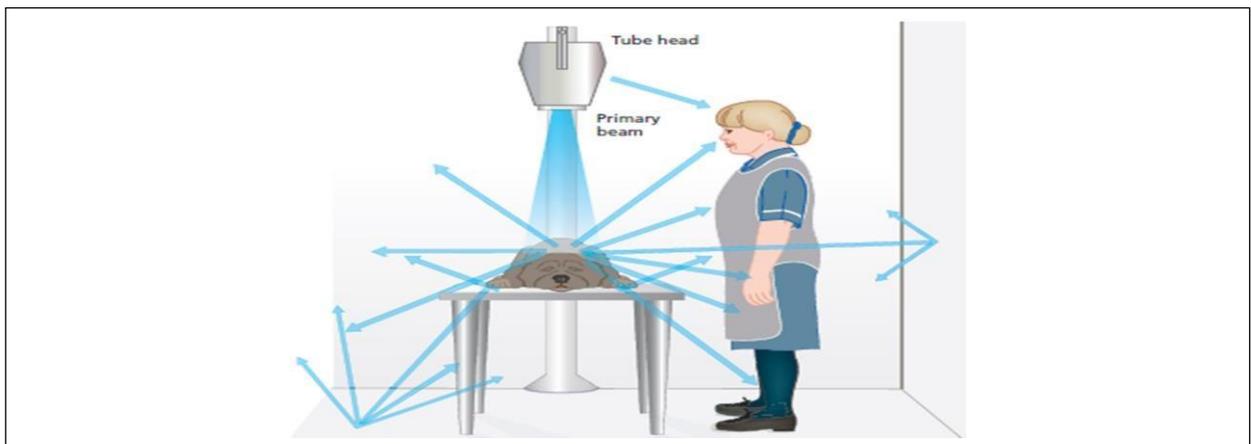


Figure 2. 15 : Source de danger radiologique (Holloway et al., 2013b)

Des tabliers de protection doivent toujours être portés ainsi que des gants de protection doivent être portés si les mains sont à proximité le faisceau primaire (Figure 2.16).

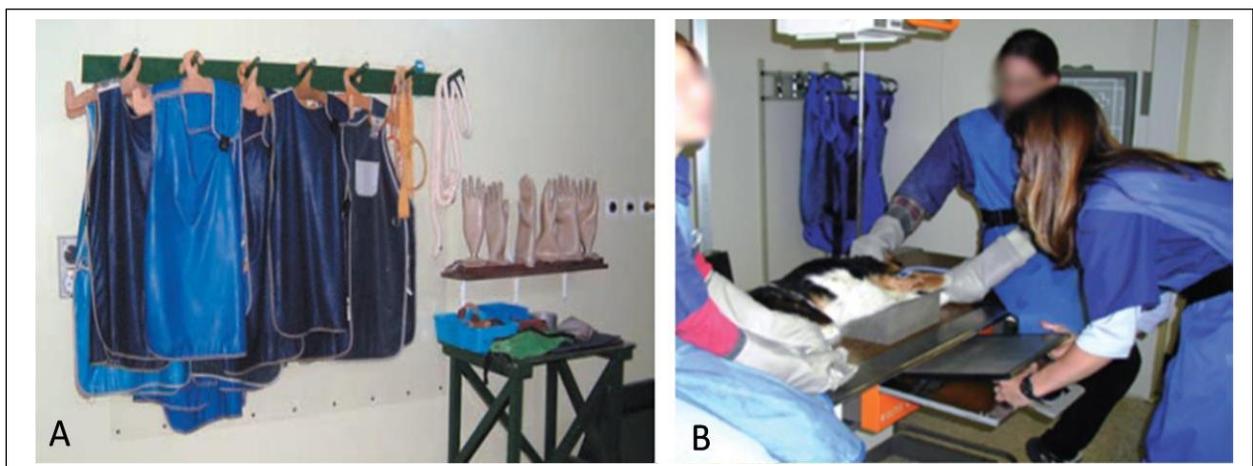


Figure 2. 16 : Radioprotection. Matériel de radioprotection (A), Radioprotection dans la salle de radiographie (B) (Ayers, 2012)

Des lunettes de protection doivent être portées si le niveau de travail est lourd ou lors de la radiographie de gros animaux. Les boucliers thyroïdiens doivent être envisagés. Ceux-ci sont « mini-tabliers » qui se portent autour du cou pour protéger la glande thyroïde. Tout le personnel impliqué dans la radiographie des patients doit porter un badge radiologique pendant les heures de travail.

La procédure radiographique doit être planifiée soigneusement et les réglages de la machine vérifiés avant l'exposition. Le faisceau primaire doit être collimaté pour que le faisceau primaire ne dépasse pas la taille de la cassette ou plaque d'imagerie (Thrall, 2018).

Chapitre 3 : Radio- Anatomie du thorax

Chapitre 3 : Radio-Anatomie du thorax

3.1. Introduction

Les prérequis en anatomie sont de loin indispensables pour la prise et l'interprétation d'une image radiographique. La radiographie thoracique est un examen de choix et de première intention lors des affections respiratoires et digestives (Martin et Corcoran, 1996). Ainsi, il est fondamental de connaître l'anatomie radiologique pour établir un diagnostic et prendre des conduites à tenir. Selon Jean-Philippe Dillenseger, pour passer de l'anatomie fondamentale à la radio-anatomie, il faut répondre à la question : « que dois-je savoir (re)connaître ? » (Anne-Claire, 2022). La paroi thoracique est constituée de la peau, de la graisse, des muscles sous-cutanés, des côtes, du sternum ventralement, de la colonne thoracique dorsalement, des muscles intercostaux et de la plèvre pariétale (Maï, 2003). Dans ce chapitre, sont abordées la radio-anatomie de la paroi thoracique et la radio-anatomie des organes intrathoraciques.

3.2. Radio-anatomie de la paroi thoracique

La paroi thoracique est constituée de la cage thoracique, l'orifice cranial et le diaphragme et les structures des tissus mous qui les recouvrent : muscles thoraciques, pectoraux, spinaux et autres, de graisse sous-cutanée et la peau (Schwarz et Johnson, 2008).

3.2.1. Cage thoracique

La cage thoracique comprend la colonne vertébrale thoracique, le sternum et les côtes.

3.2.1.1. Vertèbres thoraciques

Les vertèbres sont des os courts avec une substance spongieuse au centre et un os compact autour. Chaque vertèbre est constituée d'un corps, d'arcs (gauche et droit) et de processus

Les chiens et les chats ont généralement 13 vertèbres thoraciques qui s'articulent avec une paire de côtes correspondante.

Sur radiographie normale, les vertèbres présentent une opacité osseuse pour le corps, les arcs et les processus et une opacité tissulaire pour les disques et les formènes intervertébraux (Figure 3.1). Les formènes intervertébraux, sur radiographie, décrivent forme typique en « tête de cheval » (Schwarz et Johnson, 2008).

Les corps vertébraux sont courts dans la région thoracique crânienne , mais augmentent progressivement en longueur caudalement, où une crête ventrale est également présente (Figure 3.2) (König et Liebich, 2020).

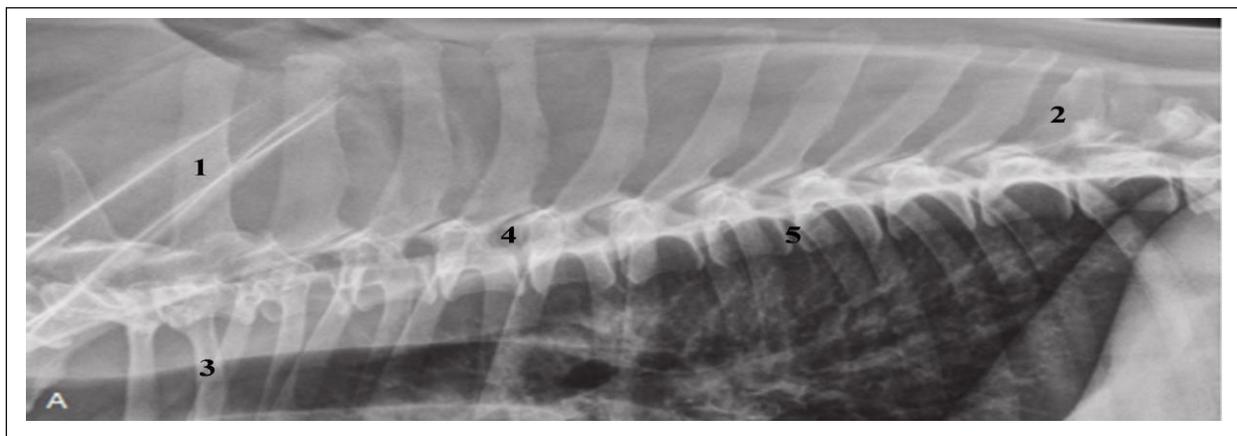


Figure 3.1. Vue de profil des vertèbres thoraciques 1. Première vertèbre, 2. Vertèbre anticlinal, 3. Cote, 4. Foramen intervertébral, 5. Disque intervertébral (Thrall et Robertson, 2015).

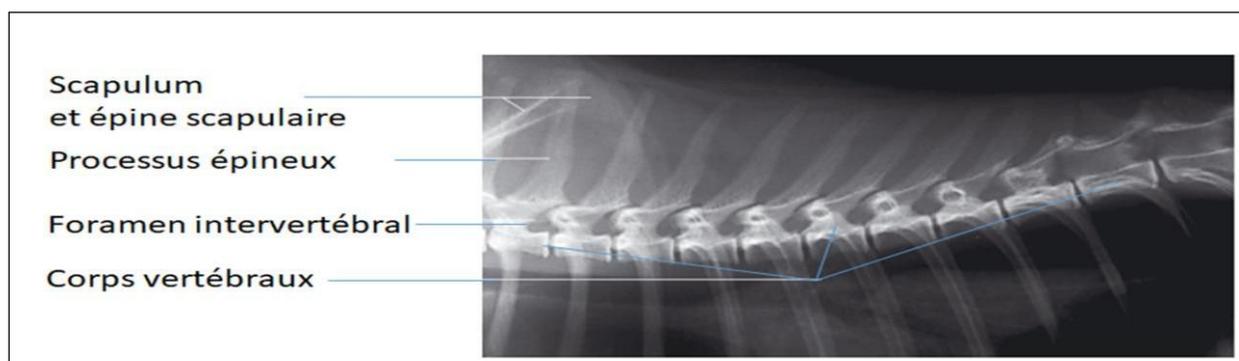


Figure 3.2. Radiographie latérale de la colonne vertébrale thoracique (König et Liebich, 2020).

3.2.1.2. Sternum

Le sternum est constitué de huit os appelés sternèbres qui entrent dans la formation du plancher du thorax. La première sternèbre est appelée « manubrium » et la dernière sternèbre est appelée « processus xiphoïde » (Muhlbauer et Kneller, 2013 ; Thrall et Robertson, 2015 ; König et Liebich, 2020). Chaque sternèbre est reliée par de courts blocs de cartilage, connus sous le nom de cartilages intersternébraux (Figure 3.3)

Le sternum est bien visualisé sur les vues de profil que sur les vue de face. Les sternèbres sont de nature osseuse, elles ont une opacité de type osseuse alors que les cartilages intersternébraux ont une opacité de type tissulaire.

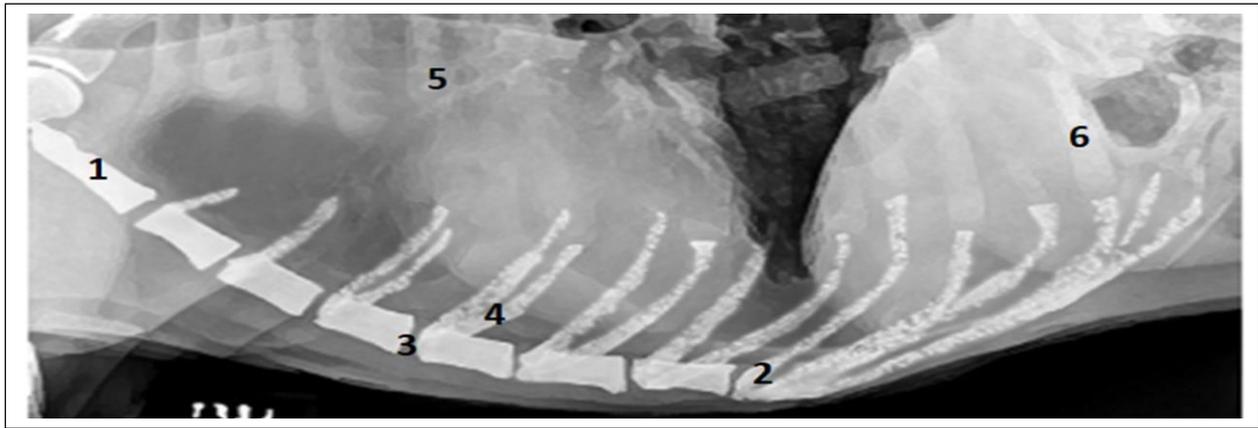


Figure 3.3. Radiographie latérale sternum. 1. Manubrium, 2. Processus xiphoïde, 3. Cartilage intersternébral, 4. Cartilage costal calcifié, 5. Côte sternale, 6. Côte asternale (Muhlbauer et Kneller, 2013).

3.2.1.3. Côtes

Les côtes sont généralement au nombre de 13 paires délimitant 12 espaces intercostaux (Schwarz et Johnson, 2008). Chaque côtes est composée d'une partie osseuse située dorsalement et s'articulant par le biais de la tête et de la tubérosité avec la vertèbre en relation, et une partie cartilagineuse située ventralement et rejoignant les disques intersternébraux correspondants pour les neuf premières paires de côtes (figure3.4).

Sur radiographie, la partie osseuse est radio-opaque alors que la partie cartilagineuse est radio-transparente (Schwarz et Johnson, 2008 ; Muhlbauer et Kneller, 2013).

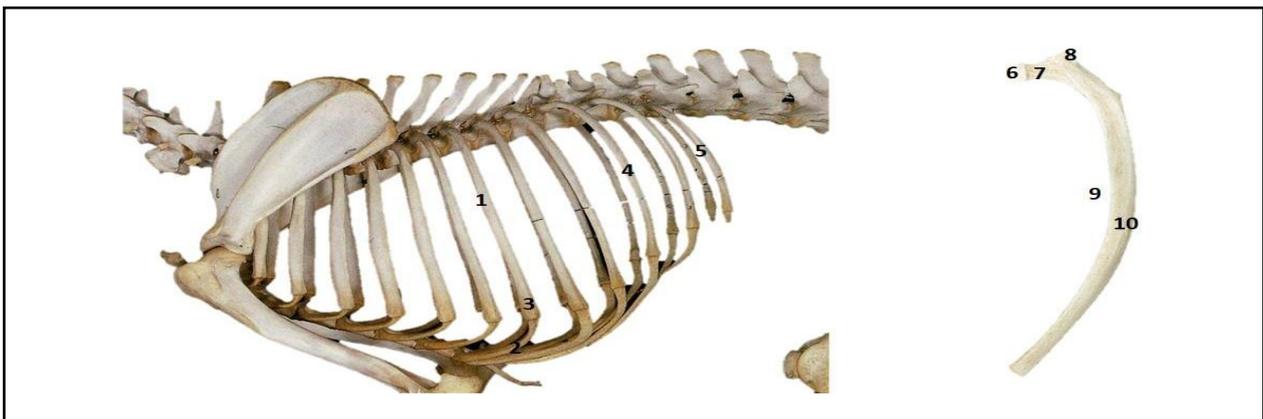


Figure 3.4. Anatomie des côtes. 1. Partie osseuse de la 8^{ème} côte, 2. Partie cartilagineuse de la 8^{ème} côte, 3. Jonction chondro-costale, 4. Côte asternale, 5. Côte flottante, 6. Tête de la côte, 7. Col de la côte, 8. Tubérosité de la côte, 9. Bord cranial, 10. Face de la côte (König et Liebich, 2020).

3.2.2. Diaphragme

Le diaphragme est un organe musculo-tendineux qui sépare la cavité abdominale de la cavité thoracique. Il est formé d'une partie centrale aponévrotique (appelée aussi corps ou dôme) et une partie périphérique charnue (appelée aussi pilier) (Schwarz et Johnson, 2008 ; Muhlbauer et Kneller, 2013 ; Bradley, 2013).

Sur radiographies, les marges du diaphragme doivent être lisses, uniformes et bien définies ; la marge thoracique cranial est bien visible du fait de la radiotransparence pulmonaire alors que la marge caudale n'est pas visible ; elle se confond avec l'opacité du foie. La graisse du ligament falciforme décrit la marge caudoventrale du diaphragme (Schwarz et Johnson, 2008 ; Bradley, 2013).

Deux types d'angles sont à signaler en rapport avec diaphragme : L'angle lombophrénique et l'angle costophrénique. L'angle lombophrénique constitue la jonction du diaphragme avec la colonne vertébrale dans le thorax dorsocaudal ; il est visible sur les vues latérales. L'angle costophrénique la jonction du diaphragme avec la cage thoracique le long du thorax caudolatéral, il est visible sur les vues de face (Figure 3.5) (Holloway et McConnell, 2013).

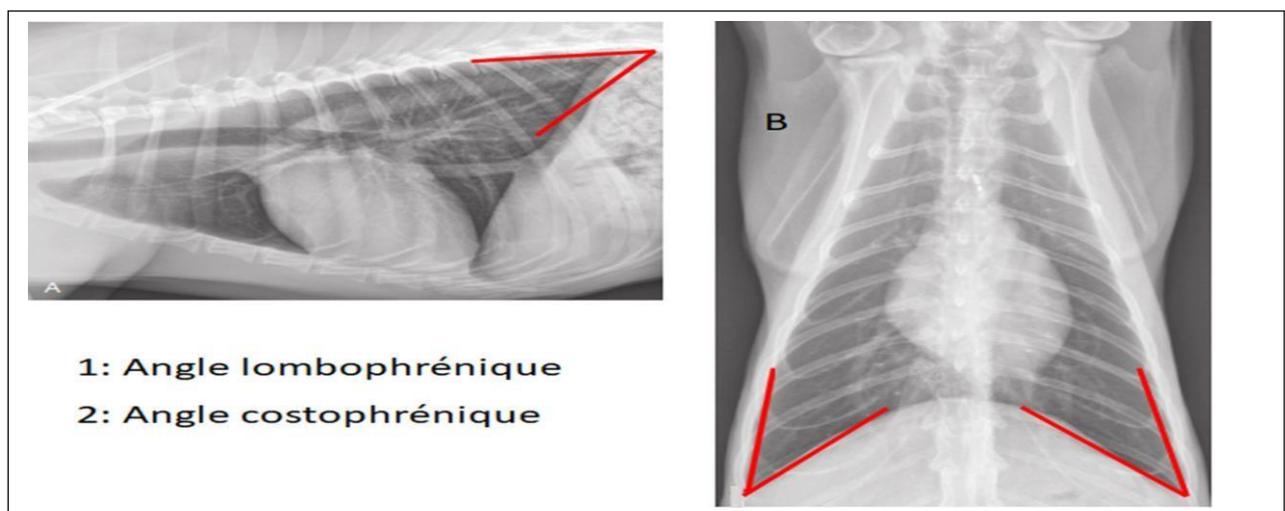


Figure 3.5 : Angles du diaphragme. A : Vue de profil (chien), B : Vue de face (chien) (Thrall et Robertson, 2015).

3.2.3 Tissus mous de la paroi thoracique

Les tissus mous de la paroi thoracique comprennent la peau, les muscles, la graisse et les vaisseaux. Ils ont normalement une opacité homogène qui varie de gris claire au gris foncé.

La présence de corps étrangers cutanés peut affecter l'opacité radiographique et pourrait être surinterprétée comme étant une anomalie que ce soit dans la paroi thoracique ou sur les organes intrathoraciques suivant sa projection sur la radiographie. Les structures de la paroi thoracique peuvent se superposer aux poumons ; il faut veiller à ne pas surinterpréter les mamelons, les nodules cutanés et les tiques comme des nodules pulmonaires pathologiques (Figure 3.6, C).

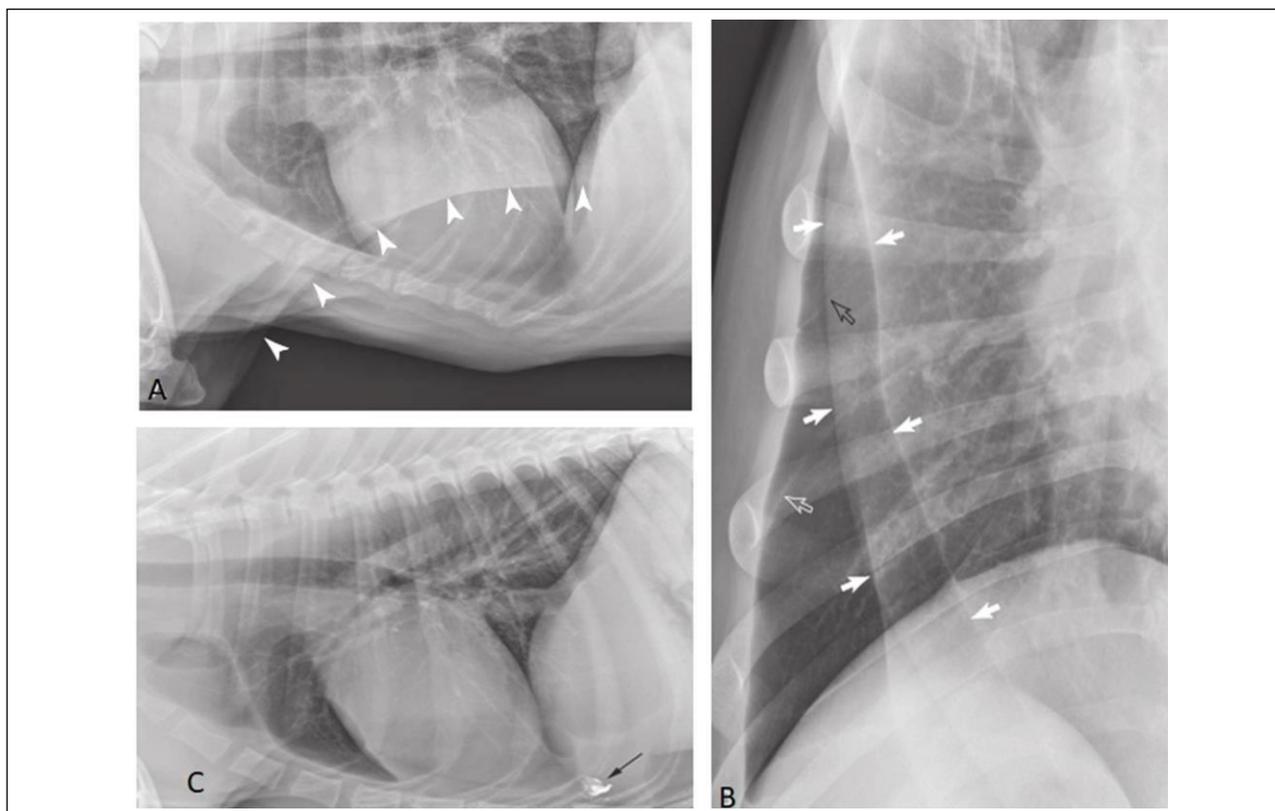


Figure 3.6 : Plis de peau sur radiographie latérale et en face chez un chien. A : Plis de peau sur une vue latérale qui se continuent avec le membre antérieur comme le montre les flèches donnant un aspect d'un pneumothorax ; B : Plis de peau sur une vue de face suivant une direction cranio-caudale ; B : Pâte de baryum appliquée sur un mamelon palpable sur la peau pour confirmer que l'opacité nodulaire a été créée par le mamelon (flèche noire) et non par un nodule pulmonaire (Thrall et Robertson, 2015 ; Thrall, 2017).

3.3. Cavité pleurale

La cavité pleurale est un espace potentiel délimité par les plèvres : la plèvre pariétale et la plèvre viscérale. Elle contient un liquide séreux et invisible sur radiographie (Dennis, 2010).

La plèvre viscérale recouvre la surface pulmonaire et forme les fissures interlobaires ; elle fusionne au niveau du hile avec la plèvre médiastinale pour former le ligament pulmonaire (Muhlbauer et Kneller, 2013). Ces fissures sont invisibles sur radiographie mais leur étendue est théoriquement déterminé à partir de certains repère anatomique : la carène trachéale, l'apex cardiaque et le ligament phréno-péricardique sur les vues latérale et la limite caudale du médiastin cranial, l'obliquité médiastinale et la crène trachéale sur les vues de face .

Les plèvres sont trop fines pour être visibles sur la radiographie thoracique d'un chien ou d'un chat normal cependant les replis des plèvres sont visibles comme de fine ligne radio-opaque superposé au médiastin :

Sur la vue de de profil : Ligament phréno-péricardique et le repli médiastinal cranial (repli qui sépare le lobe cranial droit de l'apex du lobe cranial gauche chez le chien (Figure 3.7)

Sur la vue de face : Le ligament cardio-phrénique et l'obliquité du médiastin et des plèvres médiastinales des lobes craniaux gauche et droit (Figure 3.8).

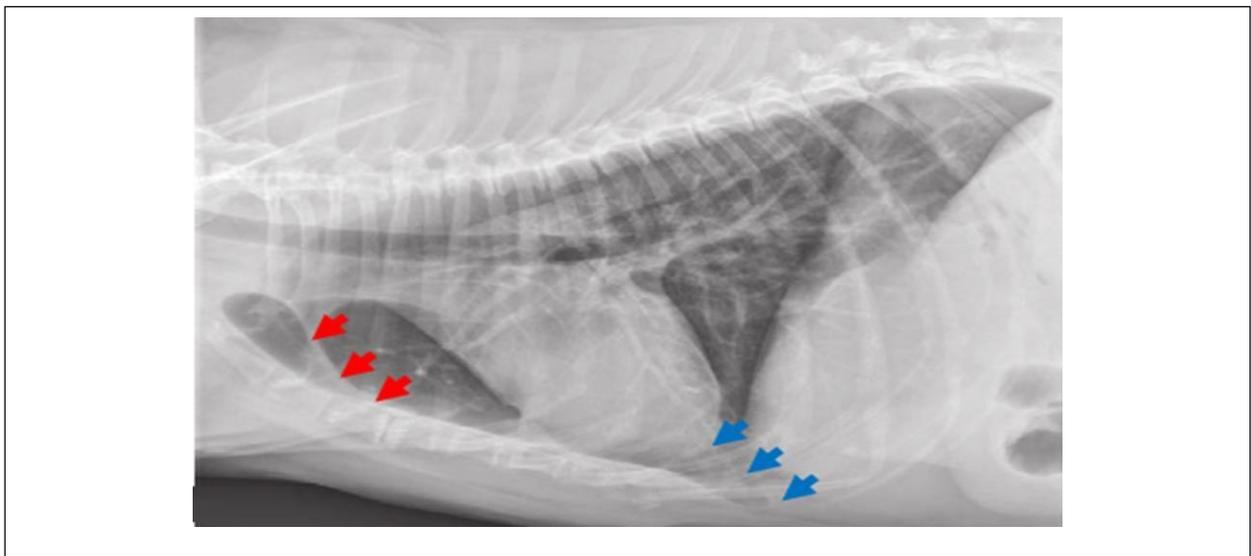


Figure 3.7: Vue de profile d'une radiographie thoracique d'un chien. Les flèches rouges délimitent le repli médiastinal cranial, les flèches bleues délimitent le repli phrénopéricardique (Thrall et Robertson, 2015)

Aussi, il existe des circonstances dans lesquelles la plèvre normale peut être considérée comme de fines lignes pleurales (Schwarz et Johnson, 2008) :

- Le faisceau de rayons X traverse parallèlement à une fissure pleurale dont il est suffisamment absorbé pour créer une ligne visible
- Un épaissement ou une calcification de la plèvre peut survenir chez les animaux plus âgés, rendant visibles à la radiographie les membranes parallèles au faisceau de rayons X

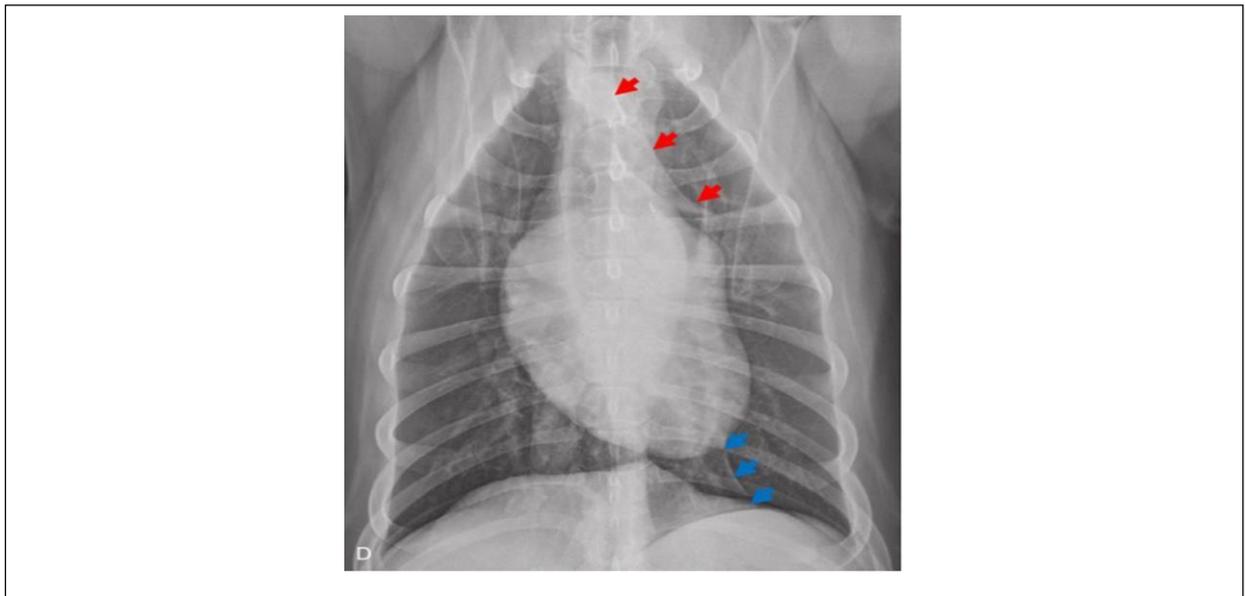


Figure 3.8 : Vue de face d'une radiographie thoracique d'un chien. Les flèches rouges délimitent le repli médiastinal cranial, les flèches bleues délimitent le repli phrénopéricardique (Thrall et Robertson, 2015)

3.4. Médiastin

Situé au milieu de la cavité thoracique, le médiastin renferme toutes les structures anatomiques médianes du thorax : le cœur et les gros vaisseaux, la trachée, l'œsophage, le canal thoracique, les nerfs, les ganglions lymphatiques et le thymus. Chez les carnivores domestiques, il est perméable ce qui fait que les épanchements ne sont presque jamais unilatérale.

3.4.1. Devisions du médiastin

Par rapport au cœur, le médiastin peut être divisé en trois sections transversales : Une partie crâniale dite médiastin cranial, une partie moyenne contenant le cœur dite médiastin moyen et

une partie caudale dite médiastin caudal ; il est divisé en médiastin dorsal et ventral par rapport à la trachée

3.4.2. Vues radiographiques

La radiographie est la modalité d'imagerie de choix pour l'exploration initial du médiastin, qui doit être évalué sur deux vues orthogonales du thorax. Le médiastin se présente sur radiographie de face sous forme d'une bande d'opacité tissulaire qui se projette sur la zone de projection du rachis d'une façon symétrique. Cette bande est explorée uniquement sur les vues de face.

Sur la vue dorso-ventrale, cette bande est relativement rectiligne incurvée vers la gauche par la crosse de l'aorte .

Sur la vue ventro-dorsale et dans le médiastin cranial, cette bande est infléchi et oblique de droite vers la gauche et de l'avant vers l'arrière ; cette obliquité est le résultat de prolongement du lobe cranial gauche vers le côté droit (Figure3.8), elle très marquée chez les chiens longilignes alors qu'elle est rectiligne et superposée au rachis chez le chat et les chiens brévilignes.

Les vues de face permettent donc une évaluation complète de la position du médiastin ; elles sont sensibles à la présence de liquide médiastinal et au diagnostic définitif de masses médiastinales.

La vue ventro-dorsale permet une évaluation plus complète du médiastin caudal que la vue DV, car le cœur s'éloigne légèrement du diaphragme augmentant l'espace disponible pour le médiastin caudal.

Les vues radiographiques latérales ne permettent pas de visualiser cette bande d'opacité mais elle permettent l'examen de nombreuses structures anatomique normalement visibles, mais ne permet pas l'évaluation du déplacement médiastinal.

Les races obèses ou brachycéphales ont des dépôts de graisse plus importants, ce qui entraînera un élargissement du médiastin sur la vue DV/VD (peut être supérieur à deux fois la largeur de la colonne vertébrale). Cela peut être difficile à différencier d'une véritable masse médiastinale crâniale. L'échographie aide souvent à la différenciation

3.5. Radio-anatomie du système cardiovasculaire

3.5.1. Cœur

Le cœur possède 4 cavités principales. Les deux oreillettes sont situées à la base du cœur, et les deux ventricules sont situés ventralement et incluent l'apex.

Les oreillettes, ou atria, sont séparées des ventricules par le sillon coronaire, interrompu par le tronc pulmonaire. Les oreillettes sont séparées l'une de l'autre par un sillon vertical appelé sillon interatrial, visible sur le côté droit, ou côté atrial, du cœur.

La silhouette cardiaque vue sur les radiographies comprend le cœur, le péricarde, le contenu du péricarde (graisse et une infime quantité de liquide) et l'origine de l'aorte et de l'artère pulmonaire principale (Figure 3.9)

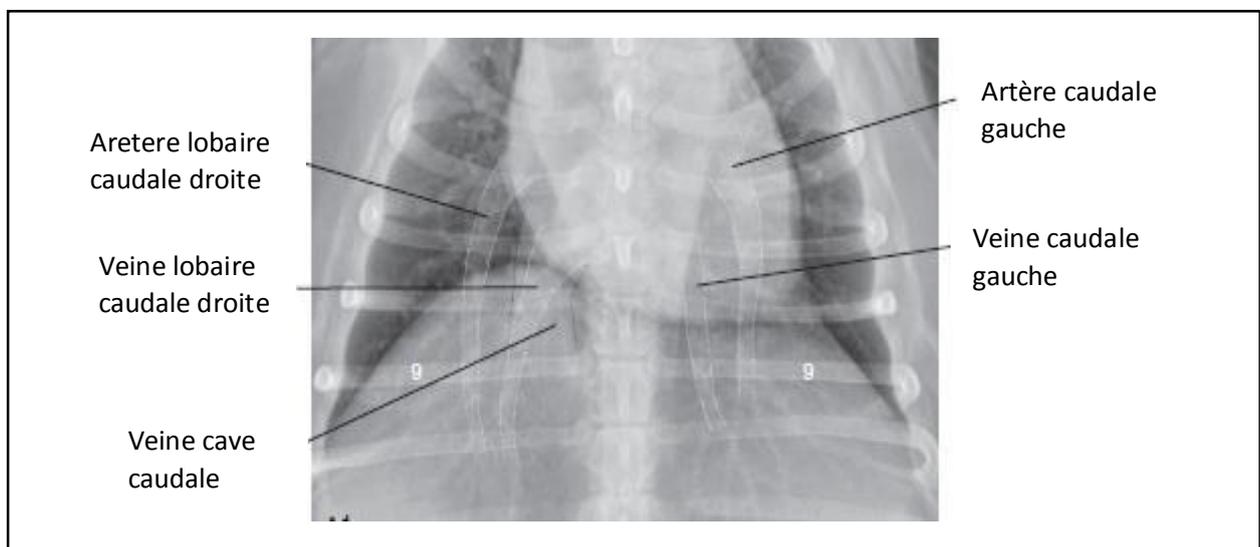


Figure 3.9 vue dorsoventrale d'une radiographie thoracique chez d'un chien (Thrall & Robertson, 2016)

La forme et la taille de la silhouette cardiaque sont généralement évalué sur les vues latérale droite et DV , peut être surélevée par la graisse chez certains animaux et cela devrait ne pas confondre avec le liquide pleural (qui obscurcit les marges de la silhouette cardiaque) ou à l'air libre (qui apparaît plus radio transparent il est d'opacité gazeuse)

Évaluation de la taille cardiaque : pour l'évaluation de la taille cardiaque, trois méthodes sont couramment utilisées : L'Appréciation subjective basée sur l'appréciation de l'observateur expérience de ce qui est « normal » pour un certain espèce, race et âge de l'animal ; Évaluation de la largeur par rapport aux espaces des nervures et hauteur par rapport à celle du thorax Et troisièmement le Score du cœur vertébral (VHS) (Bradley 2013).

3.5.2. Aorte

L'aorte quitte le ventricule gauche près de son centre. Initialement, elle se trouve dans le péricarde et forme l'aorte ascendante. Elle fait alors un demi-tour en U vers la gauche, dorsocaudalement et forme ce qu'on appelle l'arc aortique.

En vue latérale, l'arc aortique est généralement visible craniodorsal à la silhouette cardiaque. En l'absence de pathologie environnante, l'aorte descendante de poursuit jusqu'au niveau du diaphragme (figure 3.10) . En vue dorso-ventrale, l'arc aortique est visible cranialement et à gauche de la silhouette cardiaque. Sur une radiographie bien exposée, la marge gauche de l'aorte descendante est visible en surimpression à la silhouette cardiaque, juste à gauche de la ligne médiane (Bradley, 2013).

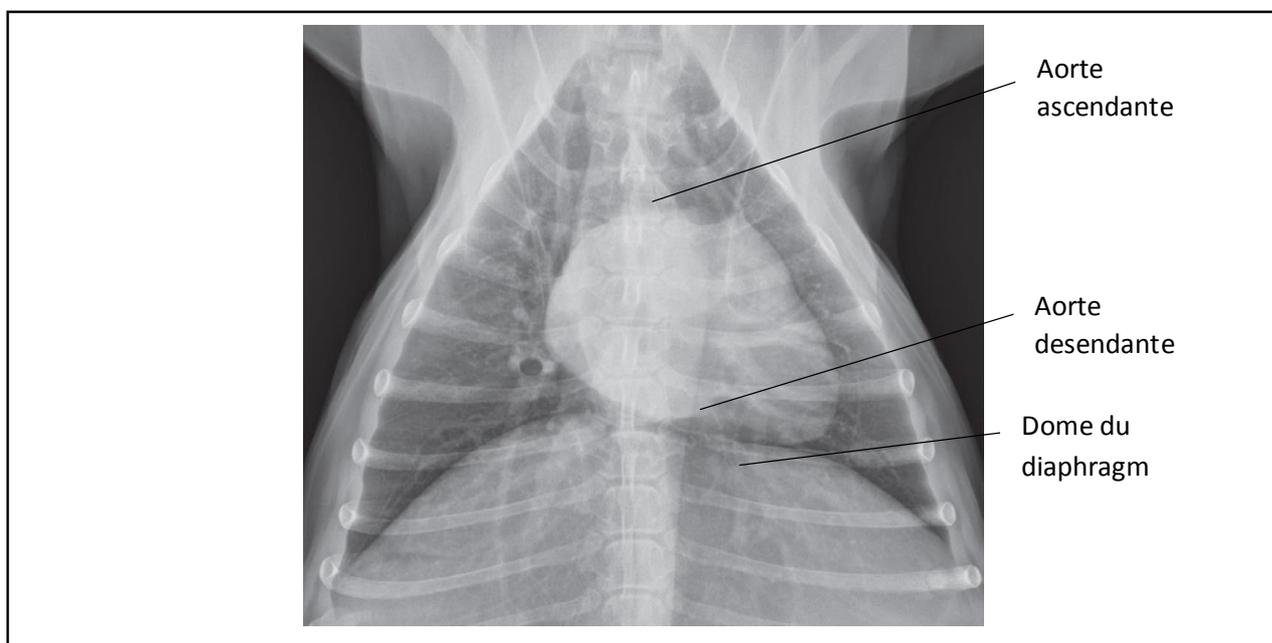


Figure 3.10 vue dorsoventrale d'une radiographie thoracique chez d'un chien (Thrall & Robertson, 2016)

3.5.3. Veines caves

La veine cave caudale reçoit le sang de l'abdomen, du pelvis et des membres postérieurs. Les derniers affluents abdominaux sont les veines hépatiques. La veine cave caudale pénètre dans le thorax en traversant le diaphragme sur le côté droit à l'intérieur de la plica vena cava (Schwarz & Johnson, 2008).

La veine cave caudale est plus clairement visible sur les vues VD et les vues latérales gauches entre l'hémidiaphragme droit et la silhouette cardiaque dans le médiastin caudal (Muhlbauer & Kneller, 2013).

La veine cave crânienne (VCC) reçoit le sang provenant de la tête, du cou, de la paroi thoracique et des membres antérieurs. Elle chemine dans le médiastin crânien et reçoit les veines costocervicales et thoraciques internes. La VRC n'est pas visible en tant que structure individuelle sur une radiographie, à moins qu'un pneumo-médiastin ne soit présent. Sur une radiographie, elle forme le bord ventral du médiastin crânial sur la vue latérale (Schwarz & Johnson, 2008).

3.6. Thymus

Chez les jeunes animaux, le thymus peut être visible en raison de sa taille relativement grande. Chez le chat, il se voit mieux sur la vue latérale sous la forme d'une opacité en forme de croissant qui floute le bord crânien du cœur dans le thorax cranioventral. Chez le chien, il est mieux vu sur la vue DV comme une opacité triangulaire, s'étendant de la ligne médiane vers le côté gauche sous forme de voile de bateau : voile thymique (Figure 3.11).

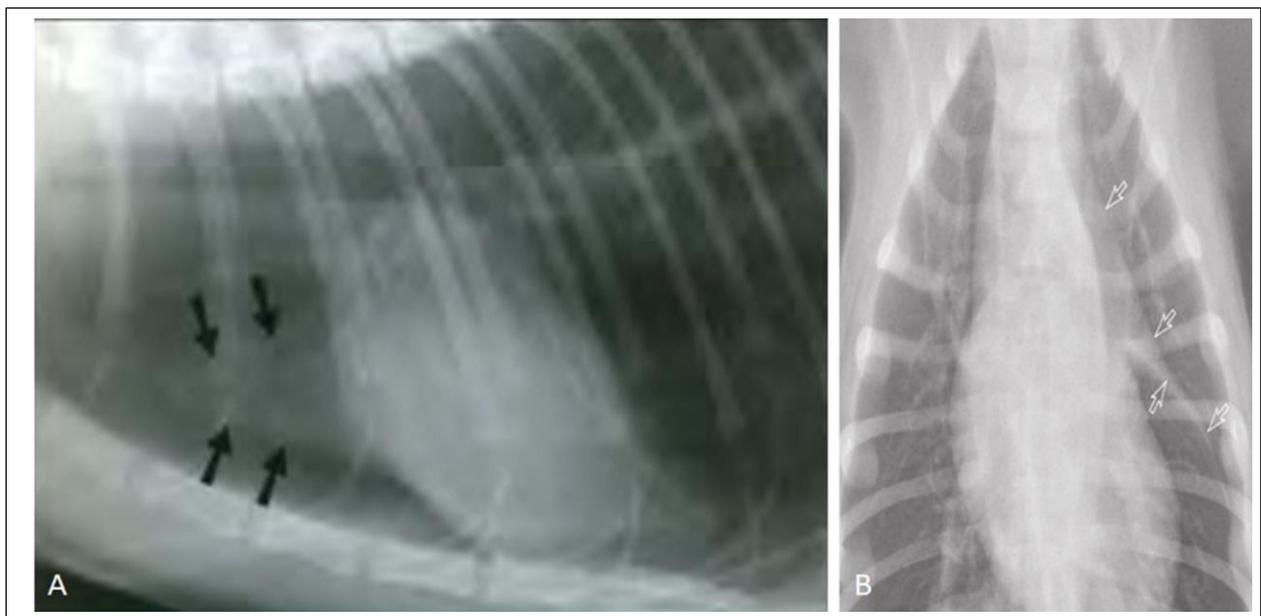


Figure 3.11 : Le thymus sur radiographie. A : Vue radiographique de latérale montrant le thymus en forme croissant de voile de bateau, B : Vue radiographique de face montrant le thymus en forme de voile de bateau (Schwarz et Johnson, 2008 ; Thrall et Robertson, 2015)

3.7. Trachée

La trachée est constituée d'une série de cartilages trachéaux en forme de C qui lui confère certaine rigidité pour résister à l'effondrement. Ces cartilages sont reliés les uns aux autres par des ligaments annulaires élastiques qui permettent à la trachée une flexibilité considérable pour suivre les mouvements du cou (Frandsen, Wilke et Fails, 2013).

La trachée est explorée sur les vues de faces et les vues latérales du cou et du thorax. Les vues latérales sont utiles lorsqu'on veut explorer la trachée sans superposition des vertèbres et du sternum, comme cela se produit sur les vues de face. Lors que la prise de clichés, il faut veiller que le cou doit être confortablement étendu sans rotation du thorax (Kealy & Allister H. Mac, 2008).

La trachée est radio-transparente par la présence de l'air ; elle subdivise le médiastin en médiastin ventral et dorsal dont elle constitue l'organe médiastinal principalement visible : c'est le premier indicateur de l'état du médiastin qu'il faut regarder systématiquement en terme de position (Ruel et al, 1999).

La trachée apparait bien visible sur les vues de profil et difficile à voir sur les vues de face. Sur les vues latérales, elle forme un angle aigu avec la ligne des vertèbres thoraciques. Cet angle est plus grand chez les chiens avec un thorax profond, cependant il est étroit et plus aigu chez les chiens avec un thorax peu profond. La trachée s'incurve un peu ventralement vers sa bifurcation entre la cinquième et la sixième côte (Figure 3.12 A) (Kealy et al., 2010). Deux clartés sont distinguées (Figure 3.12 B) : Une clarté arrondie sur la base du cœur marque le point de bifurcation ; elle représente l'origine de la bronche du lobe crânien droit, une deuxième clarté arrondie peut être vue ; elle représente l'origine de la bronche du lobe crânial gauche.

Dans le médiastin cranial, elle se trouve à droite de la ligne médiane (Figure3.13)

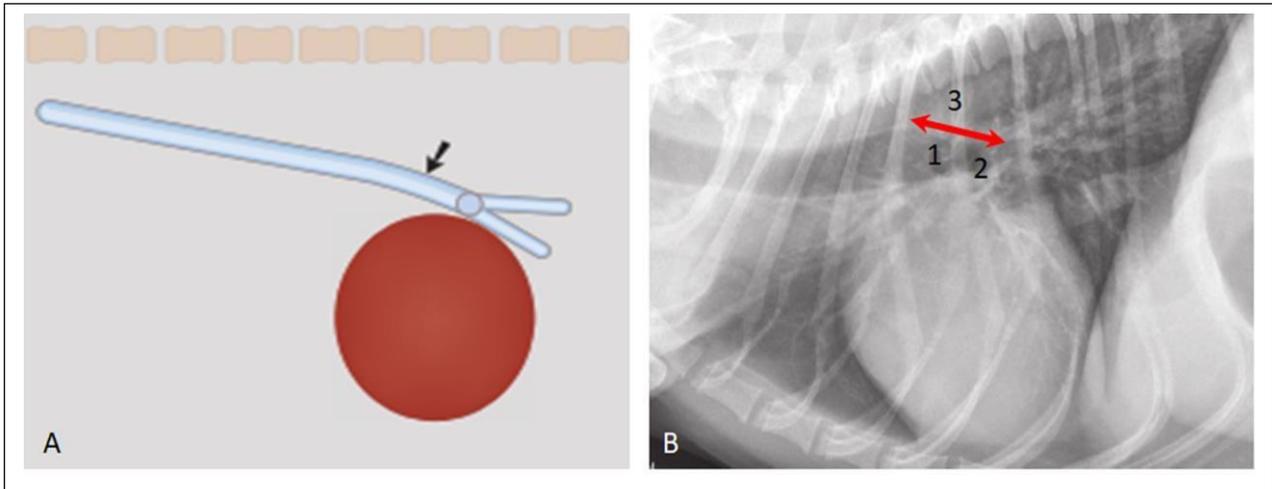


Figure 3.12: Propriétés de la trachée sur les vues latérales, A: Schéma démontrant le divergence de la trachée et son incurvation vers la base du cœur, B: Vue radiographique latérale droit d'un chien. 1. première clarté arrondie, 2. Deuxième clarté arrondie, 3. Incurvation de la trachée. (Holloway et McConnell, 2014; Thrall et Robertson, 2015).

La taille de la trachée est appréciée par le rapport trachéal qui est égale à largeur trachéale/largeur de l'entrée thoracique où la largeur trachéale est la distance d'une muqueuse à l'autre (largeur interne) et la largeur de l'entrée thoracique est la distance entre le bord ventral de la première vertèbre thoracique et le bord craniodorsal de la première sternèbre (manubrium) (Figure 3.14A). Les mesures sont effectuées sur les vues radiographiques de profil (Thrall et Robertson, 2015). Une autre méthode pour évaluer la taille trachéale consiste à comparer la largeur de la trachée et la largeur du tiers proximal de la 3ème côte ; la largeur normale de la trachée doit être d'environ 3 fois la largeur du 1/3 proximal de la 3e côte (Figure 3.14B) (Muhlbauer et Kneller, 2013).

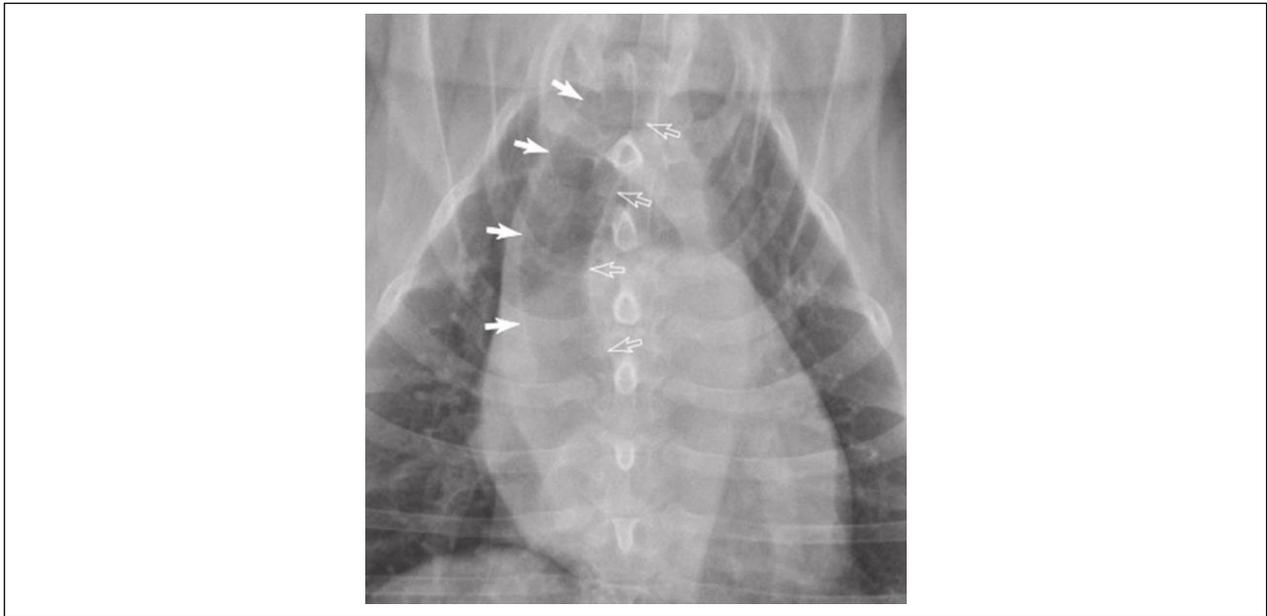


Figure 3.13 : Vue dorso-ventrale d'un chien montrant la position de la trachée. Les flèches blanches pleines délimitent la marge droite de la trachée et les flèches blanches creuses délimitent la marge gauche de la trachée. La trachée est située généralement à la ligne médiane ou légèrement à droite de la ligne médiane (Thrall et Robertson, 2015).

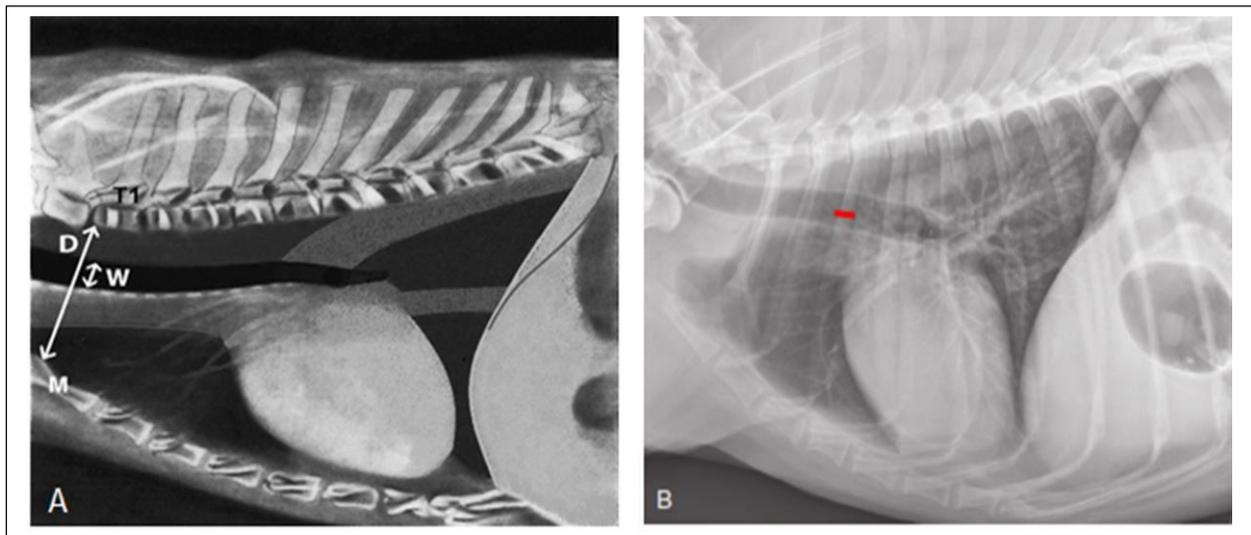


Figure 3.14 : Appréciation objective de la taille de la trachée. A. Par le rapport trachéal (Muhlbauer et Kneller, 2013), B. Par la largeur de la 3^{ème} côte (Thrall et Robertson, 2015).

Le rapport trachéal moyen pour les races chez les races non brachycéphales est de $0,2 \pm 0,03$ et chez les races brachycéphales, hors bouledogues, le rapport est de $0,16 \pm 0,03$ (Thrall et Robertson, 2015). Les chiens bouledogues ont généralement une trachée étroite. Le rapport trachée/entrée thoracique dans cette race a été quantifié à $0,13 \pm 0,38$, ce qui indique que la trachée est généralement plus petite mais que la variation de diamètre est très importante. Le

plus petit rapport non associé à des signes cliniques était de 0,09 (Muhlbauer et Kneller, 2013 ; Thrall et Robertson, 2015).

3.8. Bronches

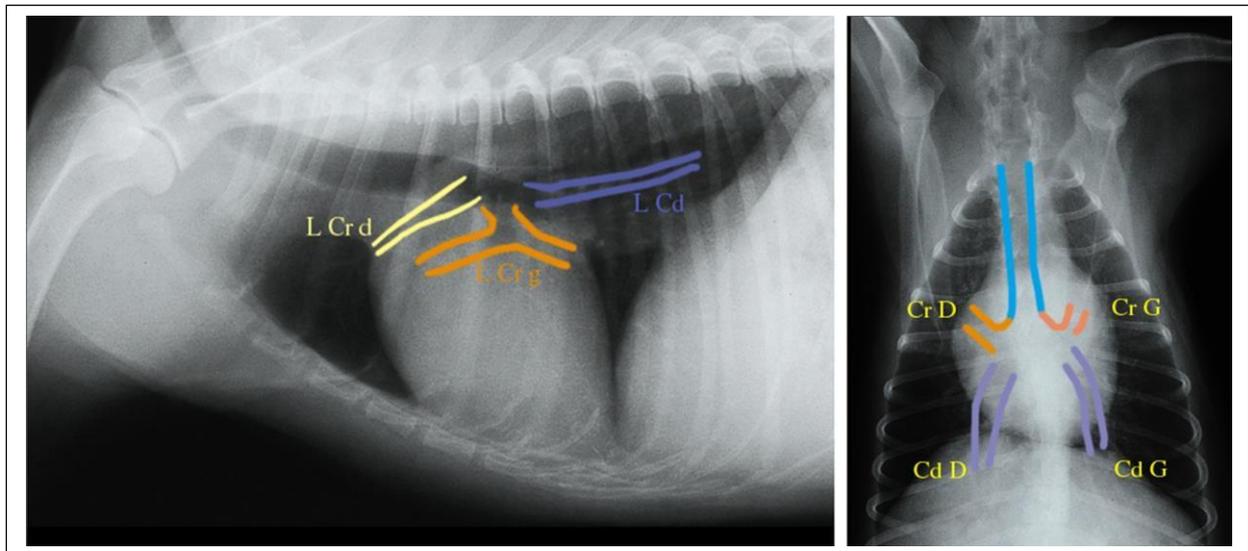
Les deux bronches souches (bronches principales) naissent de la trachée au niveau de la carène. Chaque bronche principale se divise en bronches lobaires, anciennement bronches secondaires, qui sont à la base de l'identification des lobes pulmonaires. Celles-ci alimentent les différents lobes du poumon et sont nommés en fonction du lobe correspondant (Evans et Lahunta, 2016).

La bronche primaire droite se divise en quatre bronches secondaires, qui alimentent les quatre lobes du poumon droit : crânien (apical), moyen (cardiaque), caudal (diaphragmatique) et accessoire (intermédiaire ou azygos) (Figure 3.13) (Kealy et al ,2008)

La bronche primaire gauche se divise en bronches secondaires crâniale et caudale. La bronche secondaire crâniale se divise en deux bronches qui alimentent la partie cranial et la partie caudale du lobe cranial gauche (lobe cardiaque). La bronche secondaire caudale gauche alimente le lobe pulmonaire caudal gauche (diaphragmatique) (Kealy et al, 2008)

Des vues latérale et dorsoventrale ou ventrodorsale du thorax sont nécessaires pour l'examen de routine des bronches (Figure 3.15). La tomographie et de l'endoscopie constituent l'examen de choix dans la délimitation des bronches (Kealy et al , 2008).

Les radiographies simples donnent peu d'informations sur les bronches normales. Seules les plus grosses bronches de la région hilare sont régulièrement observées. La bronche crâniale droite se situe près du 5ème espace intercostal ; elle apparaît généralement sous la forme d'un cercle radio-transparent près de la carène (Muhlbauer et Kneller, 2013). Les bronches sont situées entre l'artère et la veine pulmonaires, mais n'occupent pas nécessairement tout l'espace entre les deux vaisseaux. La lumière bronchique doit se rétrécir progressivement vers la périphérie du champ pulmonaire (Bradley,2013).



3.15 : L'arbre bronchique sur une radiographie latérale et dorsoventrale. L Crd: Bronche du lobe cranial droit, L CrG: Bronche du lobe cranial gauche, L Cd: Bronches des lobes caudaux, Cr G: Bronche du lobe cranial droit, Cd D: Bronche du lobe caudal gauche, Cr G: Bronche du lobe cranial gauche, Cd G: Bronche du lobe caudal gauche (Ruel et al, 1999)

Les parois des bronches se confondent avec les contours des vaisseaux pulmonaires qui les accompagnent (Kealy et al., 2010); elles ne sont normalement observées que dans la zone périhilaire, sauf si les bronches ont des parois épaissies ou calcifiées. La calcification (sans épaississement) des bronches est souvent considérée comme un changement normal lié au vieillissement (Holloway et McConnell, 2013) mais elle peut également résulter d'un hyperadrénocorticisme ou de l'administration à long terme de corticostéroïdes.

3.9. Oesophage

L'oesophage est un tube musculaire, habituellement effondré, s'étendant du pharynx à l'estomac à travers le médiastin (Muhlbauer et Kneller, 2013). Est doté de deux sphincters ; un cranial forme des muscles cricopharyngien et thyro-pharyngiencaudal et un caudal représenté par le sphincter du cardia (Gaschen, 2018). Il est fixe dans sa partie crâniale et caudale, mais son milieu est assez mobile et distensible (Muhlbauer et Kneller, 2013).

Il prend des positions différentes au fur et à mesure de sa progression vers le cardia : Il est situé dorsalement à la trachée dans la région cervicale, à gauche et ventralement à la trachée à l'entrée

thoracique, dorsalement à la trachée dans la cavité thoracique, et continue légèrement à gauche de la ligne médiane et à droite de l'aorte au diaphragme (Muhlbauer et Kneller, 2013).

L'œsophage normal est rarement visible sur les radiographies thoraciques chez les chats et les chiens (Muhlbauer et Kneller, 2013 ; Thrall et Robertson, 2015 ; Gaschen, 2018).

Sur les radiographies thoraciques latérales gauches, l'œsophage thoracique caudal normal contient parfois une petite quantité de liquide et peut être visualisé comme une légère opacité des tissus mous tubulaires entre l'aorte descendante et la veine cave caudale (Figure 3.16B) ; cet aspect est rare sur les radiographies de profil droit (Gaschen, 2018).

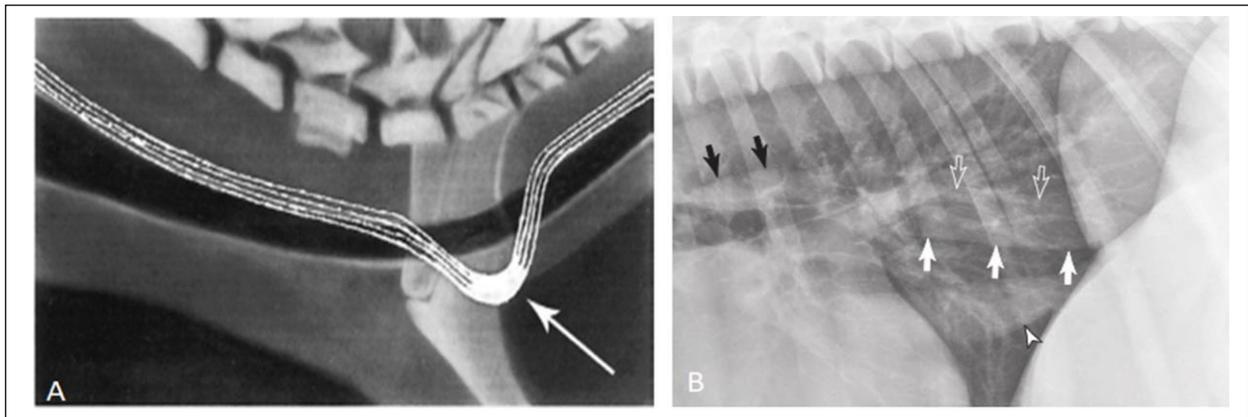


Figure 3. 16: Radiographies latérales de l'œsophage. A. Pseudo-diverticule de l'œsophage sur un œsophage baryté (une redondance de l'œsophage, juste de l'entrée caudale à thoracique). B. Radiographie latérale gauche montrant accumulation de liquide dans l'œsophage caudale, flèches blanches vides délimitent le bord dorsal, les flèche blanches pleines délimitent le bord ventrale, la tête de la flèche blanche montre la veine cave caudale (Muhlbauer et Kneller, 2013; Thrall et Robertson, 2015).

Le gaz peut s'accumuler de manière focale dans l'œsophage chez les animaux excités, sous sédation et dyspnéiques ou sous anesthésie générale ; cette accumulation de gaz est généralement minime, et localisée juste crânialement à la bifurcation trachéale (Figure 3.17) (Thrall et Robertson, 2015 ; Gaschen, 2018).

Les collections focales de gaz dans l'œsophage sont dynamiques et peuvent apparaître différemment ou être absentes dans d'autres radiographies prises au cours de la même étude (Gaschen, 2018).

L'anesthésie générale ou l'aérophagie peuvent même conduire à une dilatation sévère de l'œsophage, qui peut sembler identique à un méga-œsophage pathologique . Le mégaœsophage lié à l'anesthésie disparaîtra spontanément lorsque le patient reprendra sa conscience (Muhlbauer et Kneller, 2013 ; Thrall et Robertson, 2015 ; Gaschen, 2018).

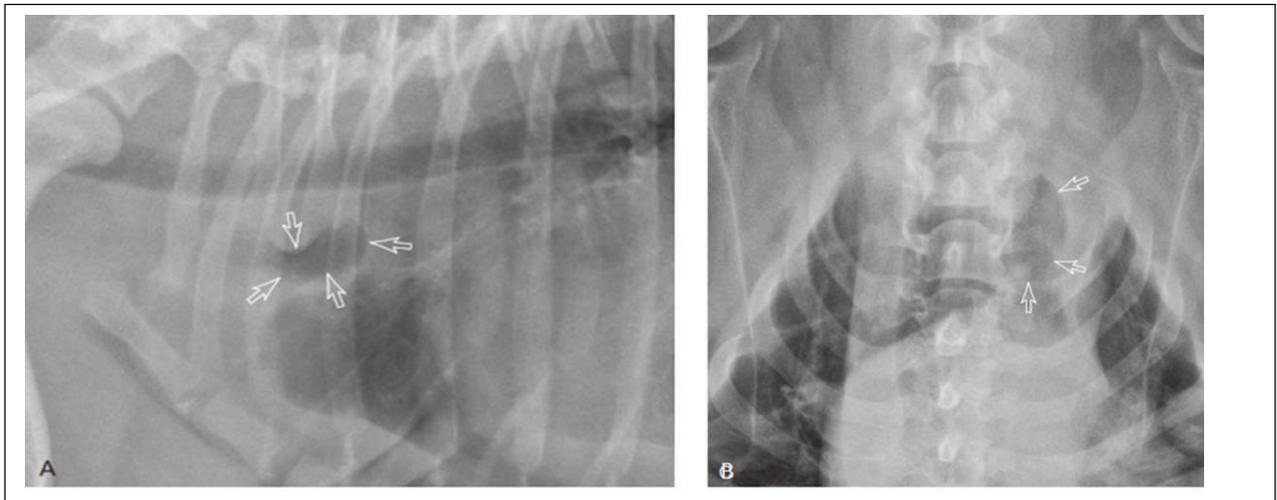


Figure 3. 17 : Accumulation de gaz dans l'œsophage cranial. A et B Radiographies latérales et dorso-ventrale montrant une accumulation de liquide dans l'œsophage délimitée par les flèches blanches vides (Thrall et Robertson, 2015).

3.10. Poumons

Les poumons canins et félins ont une répartition lobaire identique avec quatre lobes à droite (crânien, moyen, caudal et accessoire) et deux lobes à gauche (crânien et caudal) (Thrall, 2018). La limite entre deux lobes pulmonaires adjacents est appelée scissure interlobaire (Figure 3.18) (Holloway et McConnell, 2014). L'emplacement des lobes pulmonaires est approximatif car, dans l'espace tridimensionnel, il y a un chevauchement considérable des lobes, et une représentation précise de leur emplacement exact dans une image bidimensionnelle n'est pas possible (Thrall, 2017).

Les parties craniale et caudale du lobe pulmonaire crânial gauche ne sont pas considérés comme des lobes individuels ; ils sont desservis par la même branche secondaire. De point de vue fonctionnel ces lobes peuvent se comporter comme des lobes séparés (Thrall, 2017).

Le poumon comprend le parenchyme pulmonaire et l'interstitium. Le parenchyme pulmonaire est constitué d'espaces remplis d'air (alvéoles et bronches) et d'interstitium ne contenant pas d'air mais contient des vaisseaux sanguins, lymphatiques, nerfs et tissu conjonctif ; il entoure les

espaces aériens pulmonaires et n'est normalement pas visible sur les radiographies (Muhlbauer et Kneller, 2013).

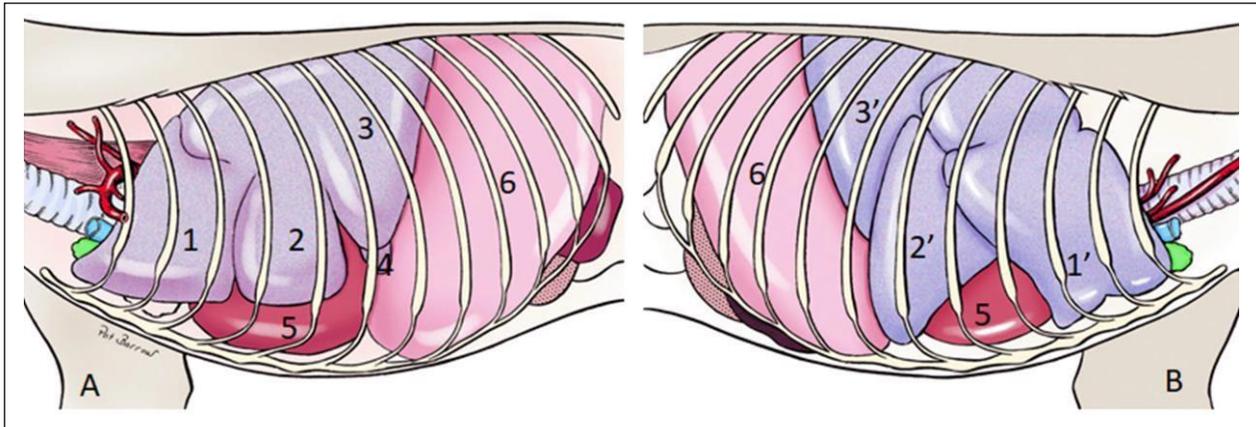


Figure 3.18. Lobes pulmonaires des carnivores. 1. Partie craniale du lobe cranial gauche, 2. Partie caudale du lobe cranial gauche, 3. Lobe caudal, 1'. Lobe cranial droit, 2'. Lobe moyen droit, 3'. Lobe caudal droit (Evans et Lahunta, 2016)

L'opacité pulmonaire normale est le résultat de la somme de (Schwarz et Johnson, 2008) :

- L'opacité gazeuse dans les alvéoles, les bronchioles et les bronches
- L'opacité des tissus mous des vaisseaux sanguins, de l'interstitium pulmonaire, des parois bronchiques et alvéolaires
- L'opacité des tissus mous superposés (par exemple paroi thoracique, médiastin).

En raison de la grande proportion d'espaces remplis d'air dans les poumons, le poumon normal est très clair.

Les limites des lobes pulmonaires ne sont pas visibles chez l'animal normal. On doit, cependant, connaître leur position théorique de projection pour pouvoir localiser une lésion et délimiter les scissures inter-lobaires (Ruel et al, 1999).

Pour une visualisation précise, des radiographies de profils et les vues de faces sont primordiales ; les vues de face permettent de distinguer les lobes gauches des lobes droits. Les lobes pulmonaires se superposent dans l'espace et leurs limites ne sont qu'à titre indicatif (Ruel et al, 1999). Il est à noter aussi que l'apex du lobe pulmonaire cranial gauche est visualisé cranialement au lobe cranial droit en avant du reflet cranio-ventral du médiastin.

Les poumons sont divisés en zones spécifiques pour décrire les résultats radiographiques (Muhlbauer et Kneller, 2013) :

- Une zone hilare est proche de la carène et comprend le cœur, les origines des principaux vaisseaux sanguins et les bronches primaires.
- Une zone centrale ou médiane comprend les vaisseaux pulmonaires visibles et les bronches lobaires plus grandes.
- Une zone périphérique se situe au niveau des bords pulmonaires où il y a principalement de l'air et les marques vasculaires et bronchiques s'estompent (bien que davantage soient visibles avec des images numériques modernes de haute qualité).
- Une zone craniale située vers la tête cranialement à silhouette cardiaque.
- Une zone caudale située entre la silhouette cardiaque et le diaphragme.
- Une zone dorsale située au-dessus de la trachée.
- Une zone ventrale située sous la trachée.

Le fond réticulaire fin sur le tissu pulmonaire normal, comme on le voit parfois à la radiographie, est le résultat de petites structures vasculaires et interstitielles (Schwarz et Johnson, 2008).

Les vaisseaux pulmonaires peuvent être vus dans le parenchyme en raison du contraste fourni par le gaz pulmonaire environnant. D'autres structures que l'on peut voir dans un poumon canin normal sont les parois des voies respiratoires jusqu'au niveau des divisions primaires et secondaires des bronches ; ils apparaissent comme de minces tissus mous parallèles ou des lignes minéralisées qui se ramifient vers la périphérie.

Les vaisseaux pulmonaires sont des structures tubulaires d'opacité des tissus mous ; les plus grandes près du cœur et se rétrécissant progressivement en périphérie.

Chez un individu normal, les artères et les veines ont un diamètre similaire. Les vaisseaux crâniens sont visualisés sur les latérales (Figure 3.19a) : les artères sont situées dorsalement à la bronche alors que les veines sont situées ventralement. La largeur des vaisseaux pulmonaires crâniens doit être normalement inférieure à la largeur du tiers proximal de la côte 4 (Sturgess, 2012). L'artère pulmonaire crâniale a un rapport moyen vaisseau/côte de 0,70, la veine ayant un rapport moyen de 0,69. La plage normale pour l'artère lobaire crâniale droite doit être de 0,5 à 1,0 fois le tiers proximal de la quatrième côte. Les veines lobaires crâniennes doivent mesurer $0,2 \pm 0,03$ cm de diamètre au même niveau (Larson, 2020). Les vaisseaux pulmonaires caudaux sont visualisés sur les vues de faces et plus spécialement sur les vues dorso-ventrales (Figure 3.17 b):

les artères sont situées latéralement aux veines (Sturgess, 2012). Les artères et les veines doivent être de taille égale et plus petites que la neuvième côte, où elles se croisent. En règle générale, les artères peuvent être retracées jusqu'à leur origine crânienne (artère pulmonaire principale), tandis que les veines se terminent plus caudalement dans l'oreillette gauche (Larson, 2020).

Loin des pathologies, l'opacité pulmonaire peut varier suivant un grand nombre de facteurs qui sont soit liés au patient lui-même (sujets obèse, sujets âgés), soit liés aux techniques de la prise des clichés (atélectasie de position, phase respiratoire) (Schwarz et Johnson, 2008).

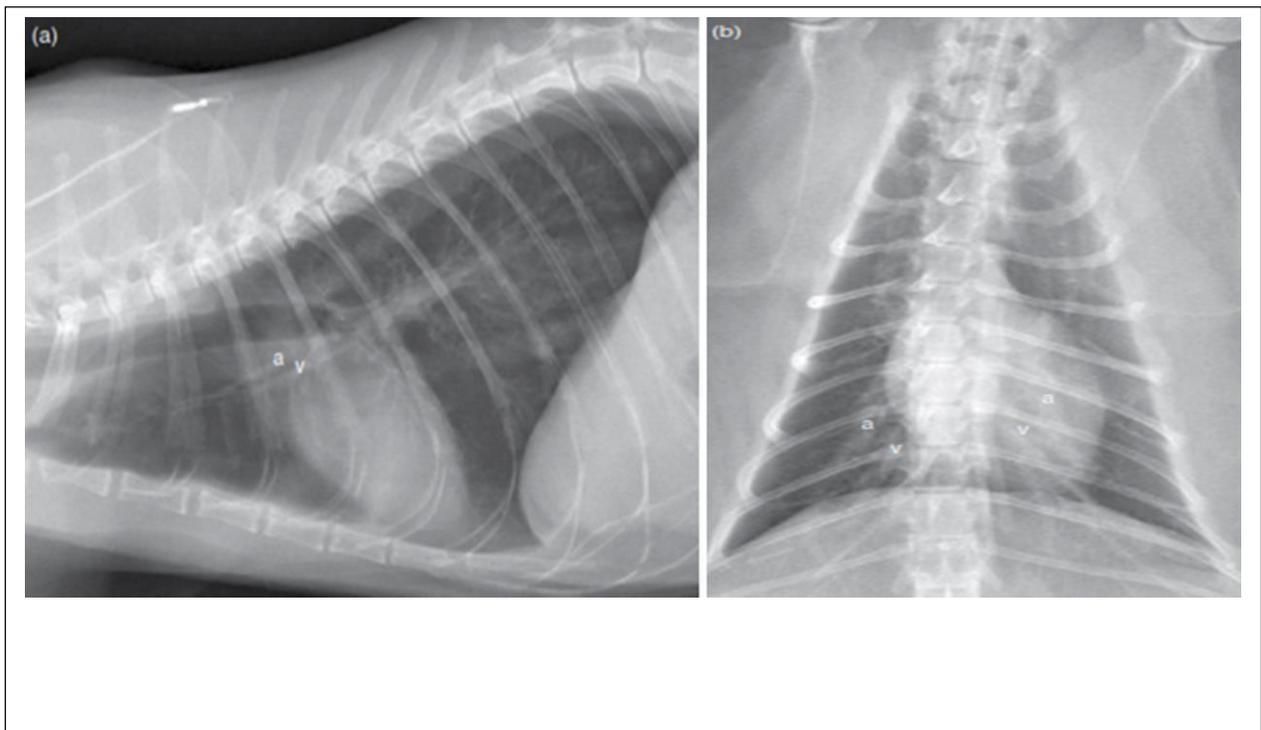


Figure 3.19 : Artères (a) et veines (v) pulmonaires chez un chat normal. a. Artère et veine craniales sur la radiographie latérale : l'artère est dorsale à la veine, avec une bronche radio-transparente entre les deux (artère et veine craniales). b. Artère et veine caudales sur la radiographie de face (ventrodorsale), les artères sont situées latéralement aux veines et sont séparées par une bronche radio-transparente (Larson, 2020).

Conclusions et recommandations

Conclusions et recommandations

A la lumière de ce travail, nous retenons les conclusions et recommandations suivantes :

- La radiographie thoracique est un examen de choix et de première intention lors des affections respiratoires et digestives. Ses indications sont multiples à la fois pour le diagnostic des maladies intra-thoraciques et comme un moyen de dépistage pour déterminer l'étendue des maladies systémiques.
- L'examen radiographique est examen complémentaire rapide ; il est exécuté en quelques minutes et donne la possibilité de le refaire si la lecture est incomplète
- La radiographie est un examen complémentaire qui doit être lié aux données cliniques et autres examens complémentaires (biochimique, microbiologique immunologique)
- Les artéfacts radiographiques sont nombreux et peuvent avoir différentes origines ; Ils peuvent être liés au mauvais choix des constante radiographique, mauvaise contention du patient et/ou mauvais positionnement ; les clichés aux artéfacts doivent être écarté de l'opération de diagnostic.
- Les clichés de mauvaise qualité peuvent induire le clinicien à l'erreur ; les clichés sur exposés ou sous exposés, les clichés de mauvais contraste et les clichés moins nets par flou cinétique ou géométrique doivent être écartés.
- Les rayons X sont des ondes électromagnétiques ionisante pouvant être nocive à la santé du patient et du personnel dans la salle radiographique ; les mesures de la radioprotection sont obligatoires.
- La radio-anatomie est une partie fondamentale pour pouvoir différencier les radiographies pathologiques des radiographies normales.
- Le thorax est subdivisé en quatre grandes parties : la paroi thoracique, espace pleural, le médiastin et les poumons ; l'exploration radiographique des différentes parties thoraciques est essentielle pour pouvoir établir un diagnostic.
- Chaque partie anatomique est composée d'un ensemble de structures anatomiques qui doivent être explorées.
- Le thorax est une région anatomique naturellement contrastée ; les voies respiratoires sont le siège de la radio-transparence, les os de colonne vertébrale et du sternum sont le siège

de radio-opacité ; entre ces deux types d'opacité, il y a toute une nuance d'opacité suivant la nature des tissus en relation.

- Sur radiographie, il y a des structures anatomiques visibles par exemple la trachée, le cœur et les gros vaisseaux, alors que d'autres structures ne sont visibles qu'en cas de pathologies, par exemple l'espace pleural, les ganglions lymphatiques,...ect.
- Le clinicien doit examiner ces parties séparément en commençant de la paroi thoracique en allant vers les structures anatomiques intra-thoraciques ; certaines lésions au niveau de la paroi thoracique expliquent les modifications des structures anatomiques intra-thoraciques par exemple l'emphysème cutané compliqué en pneumothorax.
- Les particularités radio-anatomiques entre espèces (chien et chat) et entre races (races longilignes vs brévilignes) et fonctionnelles (inspiration vs expiration) doivent être prises en considération lors l'exploration radiographique.
- L'appréciation radiographique d'une région anatomique peut se faire par des méthodes subjectives en appréciant les modifications de l'opacité, la taille et la position en se basant sur l'expérience du clinicien ou des méthodes objectives en calculant certains indices de taille en relation avec la structure anatomique cible (VHS, rapport trachée-entrée du thorax, taille des artère et veines pulmonaires- largeur de la 4^{eme} cotes ou 9^{eme} cote).

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. AYERS, M. H. (2012). Small animal radiographic techniques and positioning. Wiley-Blackwell , Chichester, West Sussex, UK ; Ames, Iowa ,251p.
2. ASPINALL, V. and CAPPELLO, M. (2019) Introduction to Animal and Veterinary Anatomy and Physiology, 4th Edition. CABI.900P.
3. ANNE-CLAIRE, N. (2022) Atlas d'anatomie générale et radiologique, Elsevier
4. BEDE, J , (2019) . Diagnostic radiographique lésionnel d'une hépatomégalie chez les carnivores domestiques : étude rétrospective au CHUV de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse entre 2007 et 2017. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse – ENVT, 119 p.
5. BURK, R. L., & FEENEY, D. A. (2003). Small animal radiology and ultrasonography : A diagnostic atlas and text (3rd ed). Saunders. Philadelphia , usa ,740p
6. BRADLEY .K, 2013 , Radiology of the thorax , in : BSAVA manual of canine and feline radiography and radiology ,eds holloway.a et mcConnell.f , Quedgeley, uk pp 109-175.
7. COLINE , M. (2012). EVALUATION ET EVOLUTION DE « L'INDICE DE BUCHANAN » CHEZ LE CHATON E TUDE RETROSPECTIVE : thèse, médecine vétérinaire, Lyon ,l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I ,88p
8. CAINE .A ET DENNIS.R ,2013 ,Principles of radiography ,in : BSAVA manual of canine and feline radiography and radiology ,eds holloway.a et mcConnell.f , Quedgeley, uk pp 21-46.
9. DOUART, C. (2013). Mémo-fiches anatomie vétérinaire : Chien, chat, cheval, vache. Elsevier Masson. Issy-les-Moulineaux , France , 85P.
10. DENNIS.R ,2013 , Physics an equipment , in : BSAVA manual of canine and feline radiography and radiology , eds holloway.a et mcConnell.f , Quedgeley, uk PP 1-20.
11. EASTON, S. (2006). Veterinary radiography : A workbook for students. Elsevier Health Sciences. Edinburgh , uk , 122P
12. EASTON, S. (2012). Practical veterinary diagnostic imaging (2. ed). Wiley-Blackwell. Chicester,uk ,244P.
13. EVANS, H. and LAHUNTA, A. (2012) Miller's Anatomy of the Dog. 4e édition. St. Louis, Missouri: Saunders.872P

14. FRANDSON.R , Wilke.W , FAILS.A (2010) Anatomy and physiology of farm animals(7th edition) Wiley-Blackwell ,UK .512P.
15. GANDOLFO,J . PHOTOGRAPHIE - Procédés argentiques, Formation de l'image latente— EncyclopædiaUniversalis, <https://www.universalis.fr/encyclopedie/photographie-procedes-argentiques/3-formation-de-l-image-latente/> ,(consulté le 2021-10-03)
16. GOAL,A. (2014). Grids | Radiology Reference Article | Radiopaedia.org. <https://radiopaedia.org/articles/grids?fbclid=IwAR1n0BMHEG7VcabA9Z3YOQGfqpAoiMr5vEP9-ck2mr3X-XqSWnqsaEVEo8U> ,(consulté le 2022-03-28)
17. GASCHEN, L. (2018) 'Canine and Feline Esophagus', in, Thrall, D.E. (2017) Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology. Elsevier. pp. 596–617.
18. HECHT,S. (2020). Diagnostic radiology in small animal practice (2nd), Benchmark House, Shefeld,uk , 411P.
19. HOLLAND, M., & HUDSON, J. A. (Éds.). (2020). Feline diagnostic imaging. John Wiley & Sons. Hoboken, NJ , usa ,650P.
20. HOLLOWAY, A., MCCONNELL, J. F. (2013). BSAVA manual of canine and feline radiography and radiology : A foundation manual. BSAVA. Quedgeley, uk ,393P.
21. KENANE,B ,(2020) ,Etude bibliographique de l'imagerie médicale par rayonnement X, application sur les matériaux. memoire , bourdj bou arreridj , universite mohammed bachir elibrahimi , faculte des sciences et de la technologie ,76p.
22. KÖNIG, H.E. and LIEBICH, H.-G. (2020) Veterinary Anatomy of Domestic Animals: Textbook and Colour Atlas. Georg Thieme Verlag.200P.
23. KEALY, J.K. et MCALLISTER, H. (2008) Radiographie et échographie du chien et du chat. Editions Med'Com.france.514P
24. LARSON, M.M. (2020) 'Normal Radiographic Anatomy' in : Holland, M. and Hudson, J. (2020) Feline Diagnostic Imaging. John Wiley & Sons.650P
25. LEE, S., & CHUNG, W. (2019). Quantitative analysis of effects of the grid specifications on the quality of digital radiography images. Australasian Physical & Engineering Sciences in Medicine, 42(2), 553- 561.
26. MAYER,N. La production des rayons X et leur utilisation. Futura. <https://www.futura-sciences.com/sciences/questions-reponses/physique-production-rayons-x-leur-utilisation-6365/> (consulté le 3/10/2021)
27. MUHLBAUER, M. C., & KNELLER, S. (2013). Radiography of the dog and cat : Guide to

- making and interpreting radiographs. Wiley-Blackwell , Ames, Iowa,usa ,514p.
28. MAÏ, W. (2003). Guide pratique de radiographie canine et féline. Éd. MED'COM.360P
 29. O'BRIEN, R. T. (2001). Thoracic radiology for the small animal practitioner. Teton NewMedia. Jackson, Wyo , usa , 145P
 30. ROCHE,S. (2020) ,Mise en place d'un atlas d'images radiographiques et échographiques pathologiques du rat domestique. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse – ENVT,france , 91 p
 31. RUDPRF.H ET TAEYMANS.O ET JOHNSON.V ,2008 ,basics of the thoracic radiography and radiology, in : BSAVA manual of canine and feline thoracic imaging. British small animal veterinary association. Eds schwarz, t. & johnson, v. s ,Quedgeley , uk ;PP 1-19.
 32. SERRAU,C.(2018), Mise en ligne d'un atlas d'images radiographiques lésionnelles du thorax chez les carnivores domestiques. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 73 p.
 33. SIMAND-VERIN. La radiographie (II). Qu'est-ce qu'un rayon X ? Comment en produire ? Quel mécanisme permet d'obtenir une radiographie ? CultureSciences-Chimie. <https://culturesciences.chimie.ens.fr/thematiques/chimie-physique/la-radiographie-ii-qu-est-ce-qu-un-rayon-x-comment-en-produire-quel> (consulté le 4/10/2021)
 34. STURGOSS,K (2012) Pocket handbook of small animal medicine ,CRC Press, Boca Raton, Fla.192P.
 35. SCHWARZ, T., & JOHNSON, V. S. (2008). BSAVA manual of canine and feline thoracic imaging. British small animal veterinary association. Quedgeley , uk, 403P.
 36. SIROIS, M., ANTHONY, E., & MAURAGIS, D. (2010). Handbook of radiographic positioning for veterinary technicians. Delmar Cengage Learning. Clifton Park, NY , usa ,228P.
 37. THEMES,U.F.O .Image quality. Radiology Key. <https://radiologykey.com/image-quality/> (consulté le 2022-04-06)
 38. THRALL, D. E. (Éd.). (2018). Textbook of veterinary diagnostic radiology (Seventh edition). Elsevier. St. Louis, Missouri ,usa , 986P.
 39. THRALL, D.E. and ROBERTSON, I.D. (2015) Atlas of Normal Radiographic Anatomy and Anatomic Variants in the Dog and Cat. Elsevier.USA,214P.
 40. THRALL, D.E. (2017) Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology. Elsevier.290P.
 41. THRALL, D. E., & ROBERTSON, I. D. (2016). Atlas of normal radiographic anatomy &

anatomic variants in the dog and cat (Second edition). Elsevier.303P.

42. VAISSIERE.C ET LABERRIGUE-FROLOW.J, SACQUIN .Y Radioactivite :Modes d'expositions.
https://www.laradioactivite.com/site/pages/Modes_expositions_rayonnements_ionisants.htm?fbclid=IwAR1nGB0unldGwOxdpzX0CsZ6V5aCwrqVC4j5Kegqyl6Lh8nwJBMMX_Cdrvc (consulté le 15/10/2021)
43. YANNICK .R, REGINE SISTIAGA et JACQUES RUSCEL, (1999), La radiographie thoracique chez les carnivores domestiques, CD-Rom ENVA.

