



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

This is an author's version published in: <http://oatao.univ-toulouse.fr/21439>

To cite this version:

Goulet, Laureen. *Mise en place d'un atlas radiographique, disponible en intranet, des principales lésions rencontrées chez les oiseaux*. Thèse d'exercice, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse – ENVT, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse – ENVT, 2018, 80 p.

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

MISE EN PLACE D'UN ATLAS RADIOGRAPHIQUE, DISPONIBLE EN INTRANET, DES PRINCIPALES LESIONS RENCONTREES CHEZ LES OISEAUX

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

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

par

GOULET Laureen

Née, le 04 Août 1992 à ROMORANTIN-LANTHENAY (41)

Directeur de thèse : M. Fabrice CONCHOU

JURY

PRESIDENT :

Mme Isabelle BERRY

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :

M. Fabrice CONCHOU
M. Giovanni MOGICATO

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

**Ministère de l'Agriculture de l'Alimentation
ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE**

Directrice : **Madame Isabelle CHMITELIN**

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

- M. **AUTEFAGE André**, *Pathologie chirurgicale*
- Mme **CLAUW Martine**, *Pharmacie-Toxicologie*
- M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, Statistiques, Modélisation*
- M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie Pathologique*
- M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*
- M. **FRANC Michel**, *Parasitologie et Maladies parasitaires*
- M. **PETIT Claude**, *Pharmacie et Toxicologie*
- M. **SHELCHER François**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*

PROFESSEURS 1° CLASSE

- M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*
- M. **BERTHELOT Xavier**, *Pathologie de la Reproduction*
- M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Physiologie et Thérapeutique*
- M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et Industrie des aliments d'Origine animale*
- Mme **CHASTANT-MAILLARD Sylvie**, *Pathologie de la Reproduction*
- M. **DUCOS Alain**, *Zootchnie*
- M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la Reproduction, Endocrinologie*
- Mme **HAGEN-PICARD, Nicole**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
- M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et Thérapeutique*
- M. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **SANS Pierre**, *Productions animales*
- Mme **TRUMEL Catherine**, *Biologie Médicale Animale et Comparée*

PROFESSEURS 2° CLASSE

- M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et Industrie des aliments*
- Mme **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
- Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, Anatomie pathologique*
- Mme **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie Vétérinaire*
- M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
- M. **GUERIN Jean-Luc**, *Aviculture et pathologie aviaire*
- Mme **LACROUX Caroline**, *Anatomie Pathologique, animaux d'élevage*
- Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*
- M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des Ruminants*

PROFESSEURS CERTIFIÉS DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

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

MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE

M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la Reproduction*
Mme **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
M. **JOUGLAR Jean-Yves**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*
M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et Mathématiques*
M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*
Mme **MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation*
M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, Imagerie médicale*
Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*
M. **VERWAERDE Patrick**, *Anesthésie, Réanimation*

MAITRES DE CONFERENCES (classe normale)

M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*
Mme **BENNIS-BRET Lydie**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*
Mme **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
Mme **BOUCLAINVILLE-CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*
Mme **BOUHSIRA Emilie**, *Parasitologie, maladies parasitaires*
M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*
M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
M. **CUEVAS RAMOS Gabriel**, *Chirurgie Equine*
Mme **DANIELS Hélène**, *Microbiologie-Pathologie infectieuse*
Mme **DAVID Laure**, *Hygiène et Industrie des aliments*
Mme **DEVIERS Alexandra**, *Anatomie-Imagerie*
M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophthalmologie vétérinaire et comparée*
Mme **FERRAN Aude**, *Physiologie*
M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
Mme **LALLEMAND Elodie**, *Chirurgie des Equidés*
Mme **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*
M. **LE LOC'H Guillaume**, *Médecine zoologique et santé de la faune sauvage*
M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie Chirurgicale*
Mme **MILA Hanna**, *Elevage des carnivores domestiques*
M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction (en disponibilité)*
Mme **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
Mme **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles et porcins*
M. **VERGNE Timothée**, *Santé publique vétérinaire – Maladies animales règlementées*
M. **RABOISSON Didier**, *Productions animales (ruminants)*
M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et Infectiologie*
Mme **WASET-SZKUTA Agnès**, *Production et pathologie porcine*

ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS

M. **CARTIAUX Benjamin**, *Anatomie-Imagerie médicale*
Mme **COSTES Laura**, *Hygiène et industrie des aliments*
M. **GAIDE Nicolas**, *Histologie, Anatomie Pathologique*
M. **JOUSSERAND Nicolas**, *Médecine interne des animaux de compagnie*

Remerciements

A Madame le Professeur Isabelle BERRY

Professeur de l'Université Paul Sabatier de Toulouse

Pour avoir accepté de présider mon jury

Hommages respectueux

A Monsieur le Docteur Fabrice COUCHOU

Maître de Conférences de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

Pour avoir accepté de diriger ma thèse et m'avoir guidée

Sincères remerciements et toute ma reconnaissance.

A Monsieur le Professeur Giovanni MOGICATO

Maître de Conférences de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

Pour me faire l'honneur d'être présent en ce jour

Sincères remerciements

Je remercie les Docteurs Feix, Chappe, Goddard et Graillet pour leur aide ainsi que pour les radiographies provenant de leurs structures respectives. Ils ont contribué à élargir la base de données utilisée pour la constitution de l'Atlas. Je remercie également le Dr Le Loc'h pour son aide.

Table des illustrations	11
Liste des abréviations	15
Introduction.....	17
Première partie : Quelques points sur l'anatomie et la physiologie des oiseaux nécessaires à l'interprétation des clichés radiographiques.....	19
I. Particularités anatomiques.....	19
1. Cavité coelomique	19
i. Appareil respiratoire	21
ii. Appareil digestif.....	22
iii. Appareil uro-génital	23
2. Particularités du squelette osseux.....	25
3. Intérêt de la radiographie.....	25
Seconde partie : Réalisation d'un examen radiographique chez l'oiseau	27
I. Bases physiques de la radiographie	27
1. Propriétés des rayons X	27
2. Production des rayons X	28
3. Interaction des rayons X avec la matière.....	30
II. Réglages et constantes recommandés.....	32
1. L'intensité	33
2. Le temps d'exposition.....	33
3. La tension.....	33
4. Distance source-film	34
5. Utilisation d'une grille anti-diffusante	34
6. L'acquisition.....	35
III. Préparation de l'animal	35
1. Mise à jeun	35
2. L'anesthésie	35
3. Contention de l'oiseau	36
i. Dispositifs de contention	36
ii. Utilisation de ruban adhésif	37
iii. Contention manuelle	37
iv. Cas particuliers	38
4. Le positionnement.....	38

i.	Radiographie de la tête	38
ii.	Radiographie de la cavité coelomique	39
iii.	Radiographie des ailes	42
iv.	Radiographie des membres pelviens	43
Troisième partie : Interpréter une radiographie d'oiseau		45
I.	Radiographies légendées d'un oiseau sain	45
II.	Outils utilisés sur le site pour l'évaluation de la taille des organes.....	47
1.	Évaluation de la taille du cœur	47
2.	Évaluation de la taille du foie	49
3.	Évaluation du proventricule	49
Quatrième partie : L'atlas en ligne		51
I.	Réalisation de l'atlas en ligne.	51
1.	Public visé	51
2.	Choix du support	51
3.	Travail réalisé	52
4.	Mise en forme, organisation du site.....	53
5.	Limites et perspectives d'amélioration.....	56
i.	Difficultés rencontrées.....	56
ii.	Perspectives d'amélioration	56
II.	Exemples de quelques cas pour illustrer l'atlas	57
1.	Cas de coelomite	57
2.	Cas de distension ingluviale	59
3.	Cas d'aérosacculite	62
4.	Cas de corps étranger ventricule.....	65
5.	Cas d'hépatomégalie.....	68
6.	Cas de dystocie	70
7.	Cas d'hyperostose polyostotique.....	72
Conclusion.....		75
Bibliographie.....		77

Table des illustrations

Figures :

Figure 1 : Schéma en vue latérale des organes de la cavité coelomique d'un psittacidé. Extrait de O'Malley (2005).	19
Figure 2 : Schéma en vue ventrale des organes d'un psittacidé. Extrait de O'Malley (2005).	20
Figure 3 : Schéma expliquant le flux de l'air au cours de l'inspiration et de l'expiration chez les oiseaux. Extrait de Heard (1997).....	22
Figure 4 : Photographie montrant l'anatomie particulière de l'estomac chez les oiseaux. Extrait de McLelland (1990).	23
Figure 5 : Schémas du tractus urogénital mâle et femelle chez les oiseaux.....	24
Figure 6 : Schéma légendé et photographie associée de la constitution d'un tube radiogène. Extrait de Abdoulaye (2014).	28
Figure 7 : Schéma expliquant l'émission générale des rayons X.....	29
Figure 8 : Schéma illustrant l'effet photoélectrique. Extrait de Jossier Fusellier, Laborde (2013).	31
Figure 9 : Schéma illustrant l'effet Compton. Extrait de Jossier Fusellier, Laborde (2013).	32
Figure 10 : Photographie présentant un dispositif de contention en Plexiglas® composé de différentes pièces adaptées à la tête de l'animal (2) et de deux pièces pour positionner les pattes (3). Extrait de Krautwald-Junghanns, Pees, et al. (2011).	37
Figure 11 : Positionnement de la tête chez une Amazone à front bleu (<i>Amazona aestiva</i>) sédaturée : en position (A) dorsoventrale, (B) laterale, (C) ventrodorsale (D) rostrocaudale. Extrait de Krautwald-Junghanns, Pees, et al. (2011).	39
Figure 12 : Positionnement d'un perroquet gris du gabon (<i>Psittacus erithacus</i>) pour la réalisation d'une radiographie latérale. Extrait de Krautwald-Junghanns, Pees, et al. (2011).	40
Figure 13 : Positionnement d'un perroquet gris du gabon (<i>Psittacus erithacus</i>) pour la réalisation d'une radiographie dorso-ventrale. Extrait de Krautwald-Junghanns, Pees, et al. (2011).	41
Figure 14: Positionnement d'une buse variable (<i>Buteo buteo</i>) pour la réalisation d'une radiographie caudo-crâniale de l'aile. Extrait de Krautwald-Junghanns, Pees, et al. (2011)	43
Figure 15 : Schéma présentant le positionnement pour la réalisation d'une radiographie en incidence médio-latérale d'une patte. Extrait de Silverman, Tell (2009).....	44
Figure 16 : Radiographie légendée vue de profil d'une amazone à ailes orange (<i>Amazona amazonica</i>) Extrait de Krautwald-Junghanns, Pees, et al. (2011).....	45

Figure 17 : Radiographies légendées vue de face en projection ventro-dorsale d'un ara bleu et jaune (<i>ara ararauna</i>) Extrait de Krautwald-Junghanns, Pees, et al. (2011)	46
Figure 18 : Radiographie ventro-dorsale d'un psittacidé illustrant les mesures à réaliser pour déterminer la largeur de la silhouette cardiaque. Extrait de Straub, Pees, Krautwald-Junghanns (2002).	48
Figure 19 : Radiographie ventro-dorsale illustrant le tracé des lignes délimitant les bords du foie. Extrait de Devaux et Huynh (2014).	49
Figure 20 : Radiographie illustrant la mesure du rapport de la largeur du proventricule par rapport à la hauteur de la quille. Extrait de Dennison et al. (2008).	49
Figure 21 : Radiographie vue de profil de la cavité coelomique de Cocotte. Cliché de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (2017).	57
Figure 22 : Radiographie légendée vue de profil de la cavité coelomique de Cocotte, compatible avec une coelomite. Cliché de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (2017).	58
Figure 23 : Radiographie légendée vue de profil de la cavité coelomique d'Elsa. Cliché de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (2017).	59
Figure 24 : Radiographie légendée vue de face de la cavité coelomique d'Elsa. Cliché de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (2017).	60
Figure 25 : Radiographie légendée vue de profil de la cavité coelomique d'Elsa, compatible avec un phytobézoard. Cliché de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (2017).	61
Figure 26 : Radiographie légendée vue de face de la cavité coelomique de Titi. Cliché de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (2016).	62
Figure 27 : Radiographie légendée vue de profil de la cavité coelomique de Titi. Cliché de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (2016).	63
Figure 28 : Radiographie légendée de face de la cavité coelomique de Titi, compatible avec une aérosacculite. Cliché de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (2016).	64
Figure 29 : Radiographie légendée de profil de la cavité coelomique de Titi, compatible avec une aérosacculite. Cliché de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (2016).	64
Figure 30 : Radiographie légendée de profil de la cavité coelomique de Brady. Cliché de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (2015).	66
Figure 31 : Radiographie légendée de profil de la cavité coelomique de Brady, compatible avec une aérosacculite. Cliché de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (2015).	67
Figure 32 : Radiographie de face de la cavité coelomique de Pepito. Cliché de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (2015).	68
Figure 33 : Radiographie légendée de face de la cavité coelomique de Pepito : hépatomégalie. Cliché de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (2015).	69
Figure 34 : Radiographie de profil de la cavité coelomique de Margareth. Cliché de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (2016).	71

Figure 35 : Radiographie légendée de profil de la cavité cœlomique de Margareth, compatible avec une dystocie. Cliché de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (2016).	72
Figure 36 : Radiographie de profil de la cavité cœlomique de Jarvis. Cliché de la Clinique vétérinaire des NAC (2017).	73
Figure 37 : Radiographie légendée de profil de la cavité cœlomique de Jarvis, compatible avec une hyperostose polyostotique. Cliché de la Clinique vétérinaire des NAC (2017).	74

Tableaux :

Tableau 1 : Tableau comparatif des intervalles de référence de la silhouette cardiaque établis dans plusieurs études.	48
Tableau 2 : Tableau comparatif des intervalles de référence de la mesure du proventricule établis dans plusieurs études.	50

Liste des abréviations

ADN : acide désoxyribonucléique

cm : centimètres

cmH₂o : centimètre d'eau

ENVT : École Nationale Vétérinaire de Toulouse

eV : électronvolts

Hz : hertz

kV : kilovolt

mA : milliampère

m : mètres

NAC : Nouveaux Animaux de Compagnie

s : secondes

Introduction

L'imagerie médicale est un domaine qui ne cesse d'évoluer en médecine vétérinaire. Les nouveaux animaux de compagnie communément appelés NAC progressent en nombre et constituent désormais un motif fréquent de consultation. Bien que cela puisse paraître surprenant, parmi les NAC, la poule de compagnie représente une part importante des consultations. Il n'est désormais plus rare de réaliser une radiographie de poule en routine dans le cadre d'une démarche diagnostique.

L'enseignement de l'interprétation d'une radiographie d'oiseau est cependant peu développé actuellement au cours du cursus de vétérinaire. La radiographie est une discipline qui en plus des connaissances théoriques indispensables nécessite un entraînement visuel. Ces considérations exposent donc tout l'intérêt d'un atlas illustré.

Cette thèse s'inscrit dans un projet du service d'imagerie de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse. L'objectif est de réaliser un atlas en ligne regroupant des images radiographiques, coupes de scanner et images échographiques chez le chien, le chat mais aussi les NAC. Cet atlas sera mis gratuitement à disposition des étudiants. Afin de constituer la partie concernant les oiseaux, 500 radiographies ont été étudiées. Parmi celles-ci, 80 cas ont été sélectionnés et légendés.

La première partie développe quelques points d'anatomie et de physiologie aviaires nécessaires à l'interprétation des radiographies. Une seconde partie détaillera les recommandations pratiques pour la réalisation d'un cliché de bonne qualité et la troisième partie évoquera l'interprétation d'une radiographie d'oiseau. La dernière partie se compose de quelques exemples afin d'illustrer l'atlas en ligne.

Première partie : Quelques points sur l'anatomie et la physiologie des oiseaux nécessaires à l'interprétation des clichés radiographiques.

I. Particularités anatomiques

La spécificité de la lecture d'une radiographie d'oiseau s'explique par de nombreuses particularités anatomiques. Il est important de connaître ces particularités anatomiques et physiologiques pour une bonne interprétation des images.

1. Cavité cœlomique

Contrairement aux mammifères, les oiseaux ne possèdent pas de diaphragme. Il n'y a pas de séparation entre thorax et abdomen. Les organes internes se trouvent dans une seule cavité, la cavité cœlomique. Elle est divisée en seize parties distinctes, dont huit sont des sacs aériens. Les huit autres cavités se composent de deux plèvres, un péricarde (semblable aux mammifères) et de cinq cavités péritonéales (O'Malley 2005).

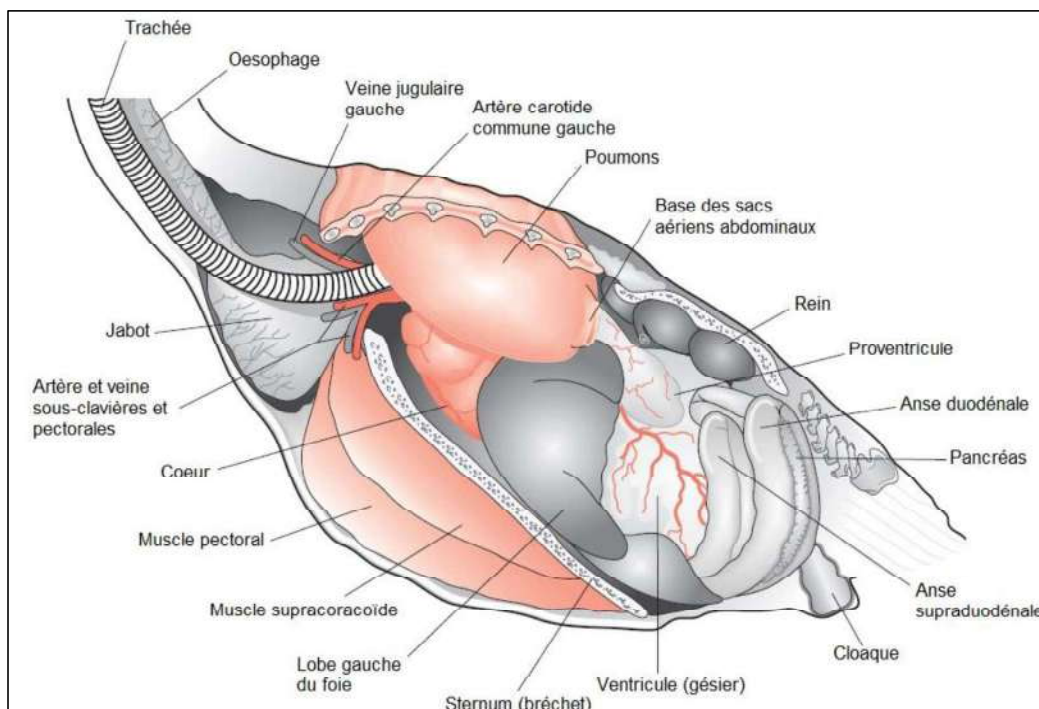


Figure 1 : Schéma en vue latérale des organes de la cavité cœlomique d'un psittacidé. Extrait de O'Malley (2005).

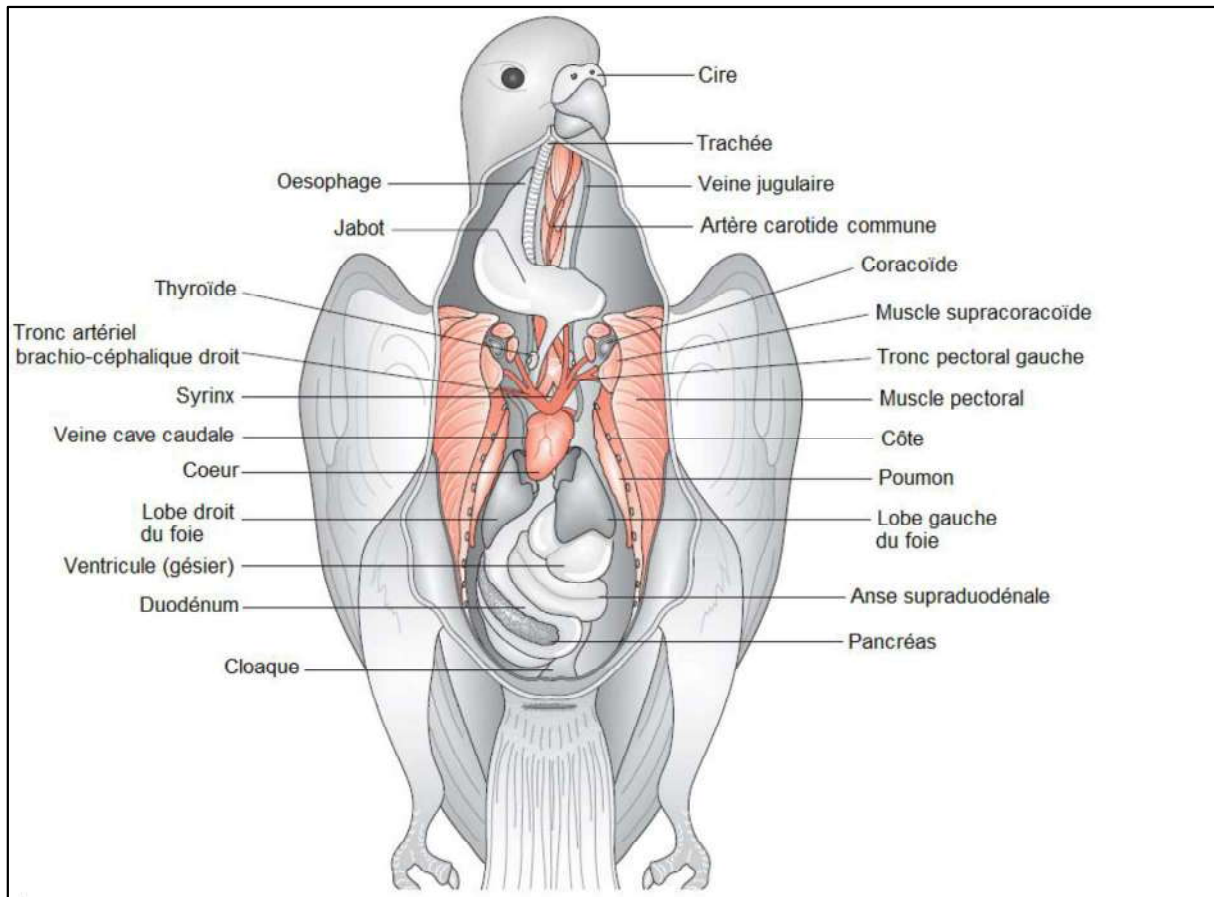


Figure 2 : Schéma en vue ventrale des organes d'un psittacidé. Extrait de O'Malley (2005).

Le foie est composé de deux lobes droit et gauche (Grunkemeyer 2010). Il existe des variations physiologiques entre les espèces. Le lobe gauche peut être sous-divisé en deux parties. Les oiseaux possèdent parfois une vésicule biliaire mais ce n'est pas toujours le cas (McLelland 1990).

La rate peut être de forme variable mais sa fonction est similaire à celle des mammifères (McLelland 1990).

Le cœur est également semblable à celui des mammifères (O'Malley 2005).

i. Appareil respiratoire

La trachée se termine par le syrinx, un organe phonateur spécifique des oiseaux comparable au larynx mais sans corde vocale.

L'appareil respiratoire est caractéristique. Les poumons sont petits et rigides, leur volume est assez constant. Une fine membrane aponévrotique, le septum horizontal sépare les poumons du reste des viscères mais contrairement au diaphragme cette membrane ne possède aucun rôle dans la respiration (Farrow, 2009). L'appareil respiratoire est constitué de sacs aériens qui ont un rôle dans la respiration mais ne participent pas aux échanges gazeux. La plupart des espèces possèdent cinq sacs aériens. Ils sont nommés en fonction de leur localisation anatomique : sac aérien cervical, claviculaire, thoracique crânial, thoracique caudal et abdominal (Farrow 2008). Les poumons ont un rôle dans les échanges gazeux tandis que les sacs aériens permettent la ventilation. Cette séparation optimise la respiration car elle majore l'absorption d'oxygène. Les sacs aériens sont en continuité avec une partie des poumons. Ils apportent en continu de l'oxygène via un flux unidirectionnel. Les oiseaux absorbent jusqu'à dix fois plus d'oxygène que les mammifères.

La trachée se ramifie afin de constituer un réseau d'échanges gazeux. Les bronches primaires (mesobronches) traversent les poumons et prennent fin dans les sacs aériens caudaux. Elles se ramifient en bronches secondaires. Ce sont les bronches mediodorsales, medioventrales, laterodorsales, et lateroventrales, selon la zone pulmonaire traversée. Celles-ci se terminent par des bronches tertiaires visibles à l'œil nu appelées parabronches. Elles constituent la majeure partie du tissu pulmonaire et c'est à ce niveau que s'effectuent les échanges gazeux. Une centaine de tubes de parabronches sont disposés en série et sont alors appelés bronches paléopulmonaires.

La respiration s'effectue en deux temps. Lors de l'inspiration le sternum se déplace vers le bas, la pression négative provoque l'entrée d'air dans les sacs aériens caudaux. De plus, l'air passe des bronches paléopulmonaires vers les sacs aériens crâniens. Ensuite, lors de l'expiration, l'air des sacs aériens caudaux passe à travers les bronches paléopulmonaires et l'air des sacs aériens crâniens est expulsé

vers la trachée. Le schéma ci-dessous permet de voir que deux cycles respiratoires sont nécessaires entre l'entrée et la sortie de l'air (O'Malley 2005).

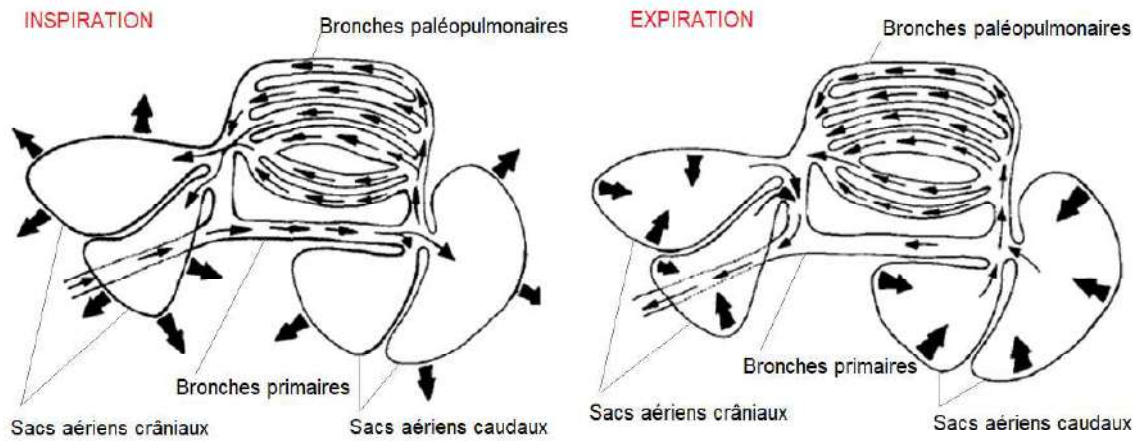


Figure 3 : Schéma expliquant le flux de l'air au cours de l'inspiration et de l'expiration chez les oiseaux.
Extrait de Heard (1997)

ii. Appareil digestif

L'œsophage se trouve du côté droit. De nombreux plis longitudinaux lui permettent de se distendre. Il se compose d'une partie dilatée à l'entrée de la cavité coelomique, le jabot. Il a un rôle de stockage des aliments lorsque l'estomac est plein (McLelland 1990). Contrairement à l'estomac le jabot n'a pas de fonction dans la digestion. La régurgitation est possible par des mouvements antipéristaltiques de l'œsophage. L'estomac des oiseaux se divise en deux parties, le proventricule et le ventricule communément appelé gésier. Le proventricule est le compartiment glandulaire similaire à l'estomac des mammifères alors que le ventricule est la partie musculaire responsable du broyage des aliments (Dennison, Paul-Murphy, Adams 2008).

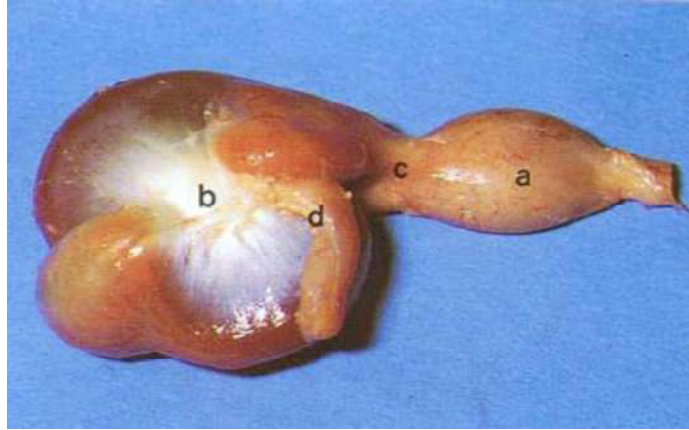


Figure 4 : Photographie montrant l'anatomie particulière de l'estomac chez les oiseaux. Extrait de McLelland (1990). Légendes : a. Proventricule ; b. Ventricule ; c. Isthme ; d. Pylore

iii. Appareil uro-génital

Les oiseaux possèdent également des particularités relatives à l'appareil urogénital. En effet, il se compose d'un organe commun aux voies urinaires, génitales et digestives, le cloaque. Il est divisé en trois parties le coprodeum, l'urodeum, et le proctodeum. Le coprodeum est la plus grande des cavités située la plus crânialement. Elle est en continuité avec le colon. C'est dans cette cavité que le rectum se vidange. Les uretères et les organes génitaux s'insèrent au niveau de l'urodeum. Le proctodeum abrite un organe lymphoïde primaire, nommé la bourse de fabricius. Elle sert à la production et à la différenciation des lymphocytes B (O'Malley 2005).

Les oiseaux n'ont pas de vessie. L'appareil urinaire se compose uniquement des reins et des uretères. Les oiseaux excrètent environ 60% de leurs déchets azotés sous la forme d'urates. L'excrétion d'urates nécessite moins d'eau en comparaison à l'urée. Au cours du développement l'embryon est capable de produire un déchet insoluble. La fraction d'eau libre restante peut ainsi être réabsorbée (O'Malley 2005).

En ce qui concerne l'appareil génital, la reproduction des oiseaux est contrôlée par les facteurs environnementaux. La taille des gonades est très variable en fonction de la saison. Les testicules se trouvent en position intra-abdominale,

crânialement aux reins. La plupart des oiseaux n'ont pas de phallus c'est le cas des psittacidés par exemple. Le cloaque s'éverse afin de transférer le sperme dans l'oviducte femelle. Quelques espèces ont un phallus. Il peut être protrusible ou non et donc capable d'une véritable intromission dans le cloaque femelle dans quelques cas (ratites et ansériformes) (O'Malley 2005).

L'embryon femelle a deux gonades mais seule la gauche se développe. L'ovaire et l'oviducte du côté droit régressent.

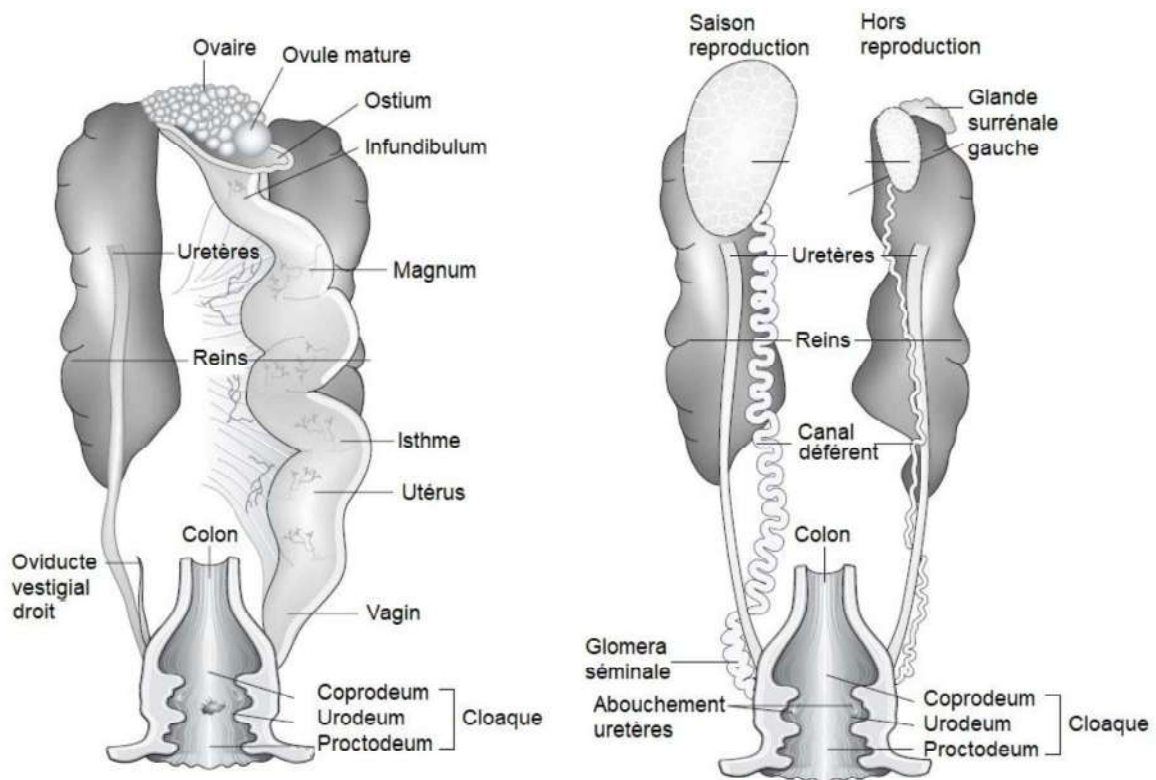


Figure 5 : Schémas du tractus urogénital mâle et femelle chez les oiseaux.
Extrait de (O'Malley 2005).

2. Particularités du squelette osseux

Le squelette osseux des espèces aviaires possède des particularités anatomiques adaptées au vol. En effet, les sacs aériens se prolongent dans la cavité médullaire de certains os tels que l'humérus, la coracoïde, le bassin, le sternum et les vertèbres (O'Malley 2005). Il s'agit des os pneumatisés. Ils jouent un rôle dans l'allègement du squelette. La cavité médullaire constitue la réserve de calcium pour l'œuf chez la femelle. Ce mécanisme explique que des pathologies génitales puissent avoir des conséquences sur le squelette osseux.

Les autres particularités concernent notamment la scapula qui s'articule avec deux os : l'os coracoïde ainsi que la clavicule. Les oiseaux possèdent un os appelé synsacrum. Il correspond à la fusion des vertèbres thoraciques caudales, lombaires, et sacrées. Les dernières vertèbres sacrées sont également fusionnées en un os aplati appelé le pygostyle. Le sternum est beaucoup plus vaste que chez les mammifères, il forme une plaque ventrale assurant une protection. Il est appelé os de la quille, bréchet ou encore crête sternale. Cet os fournit l'attachement principal pour les muscles de vol. Les variations interspécifiques sont nombreuses. Le nombre de vertèbres cervicales peut varier de 8 à 25 par exemple pour le cygne (*Cygnus*). Les premières vertèbres thoraciques peuvent être fusionnées et leur nombre varie entre 3 et 10 (O'Malley 2005).

3. Intérêt de la radiographie

Chez les oiseaux, le diagnostic clinique est souvent limité notamment sur les espèces de petite taille, la radiographie est donc un outil important pour aider au diagnostic. De plus, les sacs aériens permettent d'obtenir naturellement un très bon contraste dans la cavité coelomique et ainsi une bonne visualisation des viscères.

Seconde partie : Réalisation d'un examen radiographique chez l'oiseau

Les rayons X ont été découverts en 1895 par un physicien allemand, Wilhelm Röntgen. Un prix Nobel lui fut décerné pour sa découverte. Depuis, leur utilisation s'est généralisée dans le domaine médical et notamment en imagerie vétérinaire.

I. Bases physiques de la radiographie

L'évolution de l'utilisation de la radiographie est très intéressante d'un point de vue diagnostic. Quelques notions de physique sont tout de même nécessaires afin d'effectuer des radiographies en toute sécurité. En effet, la propriété ionisante des rayons X les rend nocifs pour l'opérateur.

L'ionisation est provoquée par les rayons X dans les tissus quand un photon éjecte un électron d'un atome. Cet électron éjecté peut causer des dommages sur l'ADN. En effet, la plupart des tissus sont composés en grande majorité d'eau (environ 70%). L'ionisation de l'eau est à l'origine de la formation de radicaux libres chimiquement actifs. Ces radicaux expliquent la plus grande partie des dommages causés par l'irradiation à l'ADN (Thrall, Widmer 2013; Conchou, Mogenicato, Lamour-Layssol 2016).

1. Propriétés des rayons X

(Thrall, Widmer 2013; Conchou, Mogenicato, Lamour-Layssol 2016)

Les rayons X sont des ondes électromagnétiques de très courte longueur d'onde, de haute fréquence (entre 10^{16} Hz et 10^{20} Hz) et de haute énergie (Jossier, 2013). Ils se déplacent à la vitesse de la lumière. La fréquence est inversement proportionnelle à la longueur d'onde.

$$\textit{Vitesse (m/s)} = \textit{Fréquence (s}^{-1} = \textit{Hz)} \times \textit{Longueur d'onde (m)}$$

L'énergie du rayonnement électromagnétique est liée à la longueur d'onde par la formule :

$$\text{Energie (eV)} = \text{Constante de Planck (Joules} \times \text{s)} \times \frac{\text{Vitesse (m/s)}}{\text{Longueur d'onde (m)}}$$

L'énergie est inversement proportionnelle à la longueur d'onde. L'unité est l'électron-volt (eV). Un électron-volt correspond à l'énergie d'un électron accéléré par une différence de potentiel de 1 volt. Des énergies supérieures à 15 eV peuvent produire une ionisation dans les cellules. Les rayons X utilisés pour le diagnostic nécessitent cependant des énergies supérieures à 1000 fois cette quantité. Cela explique les effets délétères des rayons X sur le corps humain.

2. Production des rayons X

(Thrall, Widmer 2013; Jossier, Fusellier, Laborde 2013; Conchou, Mogenicato, Lamour-Layssol 2016)

Le processus de formation des rayons X commence dans le tube radiogène. Il se compose d'une ampoule sous vide avec à ses extrémités une cathode et une anode. La cathode se compose d'un filament de tungstène et l'anode est une plaque composée d'un métal à haut point de fusion comme le tungstène ou le molybdène.

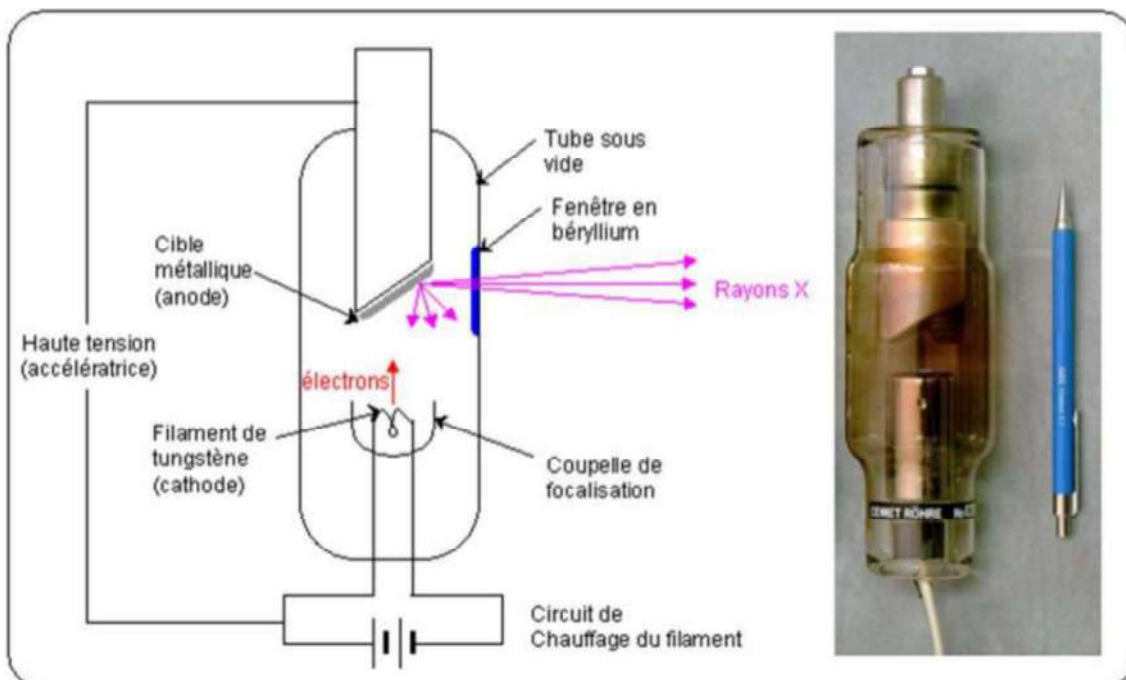


Figure 6 : Schéma légendé et photographie associée de la constitution d'un tube radiogène.
Extrait de Abdoulaye (2014).

Un courant électrique chauffe la cathode et entraîne la libération d'électrons par effet joule. Le nombre d'électrons présents dans le nuage est directement lié à la quantité de courant électrique passant à travers le filament. Ce courant est régulé par le milliampérage (mA). Les électrons chargés négativement sont attirés par l'anode (chargée positivement). De plus, la différence de potentiel entre la cathode et l'anode permet l'accélération de ces électrons en direction de l'anode. L'impact des électrons sur la cible métallique (anode) provoque leur décélération. L'énergie cinétique est alors transformée en énergie thermique en majeure partie et en rayons X pour seulement 0.2 à 1% de l'énergie. Le rendement de rayons X est donc faible. L'énergie thermique est évacuée par un système de refroidissement. (Jossier, Fusellier, Laborde 2013). L'anode est inclinée de façon à ce que les rayons X sortent du tube perpendiculairement au faisceau d'électrons incident. Une anode fixe ne peut pas supporter une puissance trop importante, notamment comme évoqué ci-dessus à cause de l'importance de la chaleur émise. Pour limiter ce phénomène des anodes tournantes sont disponibles de façon à répartir la chaleur et produire une plus grande quantité de rayons X. (Conchou, Mogicato, Lamour-Layssol 2016).

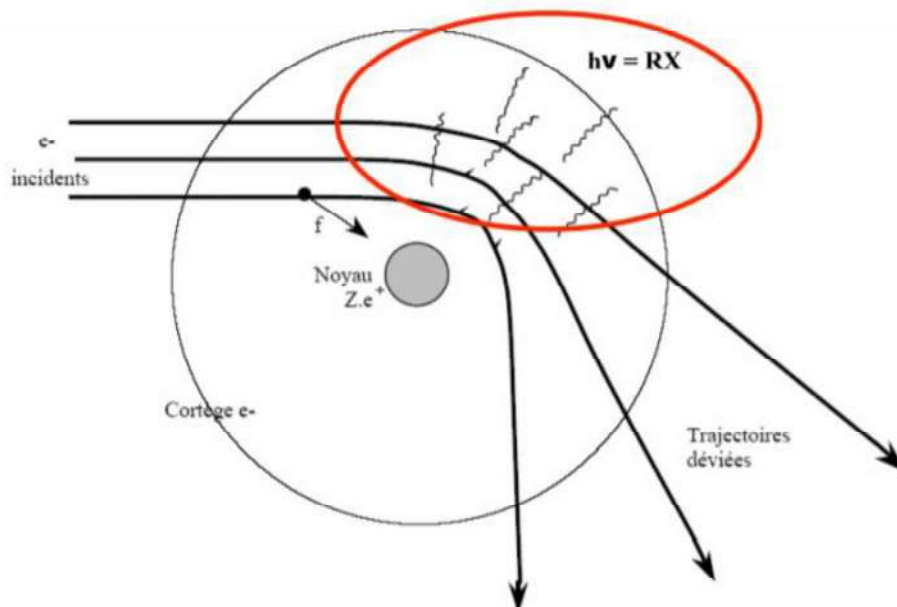


Figure 7 : Schéma expliquant l'émission générale des rayons X.
Extrait de Conchou, Mogicato, Lamour-Layssol (2016).

Le mode principal d'émission des rayons X est appelé émission générale ou rayonnement de freinage. C'est à l'anode que les rayons X sont formés. Un électron en mouvement est attiré au voisinage d'un noyau de charge positive. L'électron est alors dévié de sa trajectoire et ralenti. Ce ralentissement libère de l'énergie. La libération d'énergie entraîne la formation d'un rayonnement sous forme de photons. Les photons émis sont appelés rayonnement de freinage ou Bremstrahlung.

3. Interaction des rayons X avec la matière

(Thrall, Widmer 2013; Jossier, Fusellier, Laborde 2013; Conchou, Mogenicato, Lamour-Layssol 2016)

Au contact de la matière le faisceau de rayons X est atténué de façon variable en fonction du tissu traversé, de sa densité et de son épaisseur. Les photons disparaissent du faisceau soit parce qu'ils sont déviés par effet Compton, sinon ils sont absorbés, c'est l'effet photoélectrique.

L'effet photoélectrique :

Il est surtout retrouvé dans le cas de rayons X de faible énergie (≤ 70 kV). Un photon incident cède toute son énergie cinétique à un électron de couche orbitale basse qui est alors éjecté sous forme d'un photoélectron. L'emplacement laissé vacant est comblé par un électron d'une couche plus superficielle. Cet effet entraîne l'absorption du rayon X. Il existe une relation importante entre l'effet photoélectrique et le numéro atomique des tissus traversés. C'est la différence d'absorption qui permet un bon contraste de l'image radiographique.

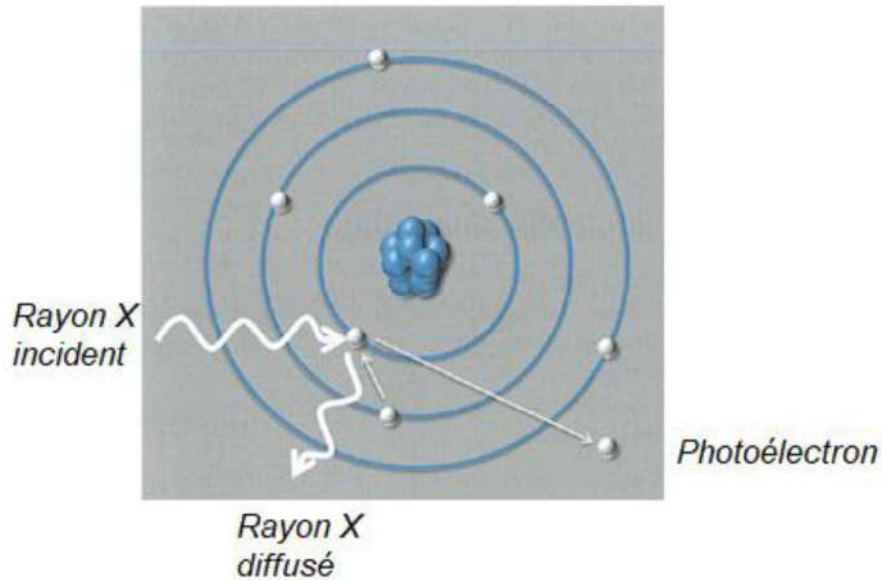


Figure 8 : Schéma illustrant l'effet photoélectrique. Extrait de Jossier Fusellier, Laborde (2013).

L'effet Compton :

L'effet Compton prédomine pour les rayons X de forte énergie ($\geq 100\text{kV}$). Un photon incident éjecte un électron d'une couche orbitale superficielle. Le photon est dispersé, il change de direction et perd de l'énergie cinétique. Le photon ainsi que l'électron éjecté continuent leur trajectoire et peuvent alors ioniser des tissus. L'effet Compton est ainsi à l'origine de rayons X dont la direction a été modifiée. C'est le rayonnement diffusé. Cet effet est indépendant du numéro atomique. Une diminution du contraste est observée. En plus de la dégradation de la qualité de l'image, la diffusion des rayons X augmente les risques pour l'opérateur. Une grille anti-diffusante permet d'absorber une partie de ce rayonnement.

La radiographie utilise des faisceaux de rayons X qui ont une énergie dans laquelle prédomine la réaction d'absorption photoélectrique.

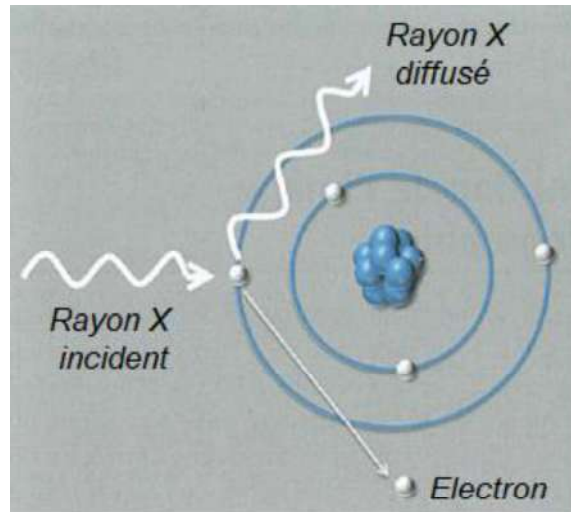


Figure 9 : Schéma illustrant l'effet Compton. Extrait de Jossier Fusellier, Laborde (2013).

Une fois que les rayons diffusés ont été éliminés, les rayons restants vont former l'image visible radiographiquement. La formation de l'image peut être analogique ou numérique. L'utilisation de la radiographie numérique est désormais majoritaire.

II. Réglages et constantes recommandés

Des images de bonne qualité sont indispensables pour réussir un diagnostic de radiographie aviaire. Une bonne visualisation des détails anatomiques est nécessaire à l'interprétation (Krautwald-Junghanns et al. 2011). Une radiographie de mauvaise qualité pourrait à tort être interprétée comme pathologique. Il est par exemple possible d'observer une augmentation d'opacité des champs pulmonaires ou des sacs aériens sur une radiographie réalisée avec de mauvaises constantes. Cela peut amener le praticien à poser un diagnostic erroné de pneumonie ou d'aérosacculite chez un animal sain (Silverman, Tell 2009).

Il peut cependant être difficile d'avoir des images de bonne qualité notamment pour les petits oiseaux comme les perruches ondulées (*Melopsittacus*

undulatus). Voici ci-dessous les réglages recommandés pour l'obtention d'une image de bonne qualité.

1. L'intensité

L'intensité exprimée en milliampères correspond à l'intensité du courant dans le tube radiogène. Elle détermine la quantité de rayons X émis (Jossier, Fusellier, Laborde, 2013). L'utilisation d'un générateur de haute fréquence est conseillée. En effet, ce type de générateur produit un faisceau de rayons X plus uniforme. L'impact sur la qualité de la radiographie sera notamment plus marqué pour des radiographies d'oiseau que pour des radiographies de chien ou de chat. D'après Silvermann et Tell pour une radiographie de bonne qualité le générateur doit pouvoir fournir au moins 300 milliampères (2009).

2. Le temps d'exposition

Le temps d'exposition définit la durée d'émission du faisceau (Jossier, Fusellier, Laborde, 2013). Les oiseaux ont une fréquence respiratoire élevée (même s'ils sont anesthésiés). De plus, ces mouvements sont fréquemment associés à des tremblements musculaires à l'origine d'un flou cinétique. En conséquence, les temps d'exposition doivent être courts.

Il est recommandé d'utiliser des valeurs comprises entre 0,015 et 0,05 secondes. (Krautwald-Junghanns et al. 2011; Harrison, Lightfoot 2006). L'augmentation de la tension d'anode permet également de réduire le temps d'exposition, mais peut conduire à une réduction trop marquée du contraste (Harrison, Lightfoot 2006).

3. La tension

La tension correspond à la différence de potentiel entre l'anode et la cathode. Elle détermine la vitesse des électrons puis l'énergie cinétique des rayons X. Une augmentation de la tension entraîne un raccourcissement de la longueur d'onde des rayons X et donc une augmentation de leur pénétration (Jossier, Fusellier, Laborde 2013).

Les valeurs de tension peuvent être comprises entre 40 et 90 kV (Silverman, Tell 2009). Krautwald-Junghann et al. recommandent l'utilisation des valeurs basses de cet intervalle (40-55 kV) afin d'obtenir des images avec un haut degré de

contraste et une large échelle de gris. (2011). L'appareil doit si possible être ajustable tous les 2 kilovolts afin d'optimiser le niveau de détail de l'image (Silverman, Tell 2009).

Selon les cas, l'oiseau est positionné directement sur la cassette ou sur une plaque de contention. Si une plaque de contention est placée entre l'oiseau et la cassette ou le capteur numérique il est recommandé de modifier les constantes pour compenser le fait que les rayons X seront filtrés par l'objet. Pour cela la tension est augmentée de 2 à 4 kV. Cette adaptation est notamment conseillée si la plaque est épaisse et que de faibles tensions sont utilisées (Silverman, Tell 2009).

Les mêmes constantes sont utilisées pour l'acquisition en vue de face ou de profil. Lors de radiographie d'extrémité une diminution de 2-3 kV permet de limiter la surexposition.

4. Distance source-film

La distance source-film est la distance entre le centre de l'anode du tube radiogène et le film (cassette ou capteur plan). L'intensité (en mAs) atteignant le film est inversement proportionnelle au carré de la distance de la source de rayons X. Pour compenser une faible intensité tout en maintenant le temps d'exposition court, la distance focale peut être réduite. Il y a tout de même une limite à la réduction de cette distance. En effet, des distances trop faibles entraînent des altérations de l'image (Silverman, Tell 2009). Une distance minimale de 60 à 70 cm est acceptable (Krautwald-Junghanns et al. 2011).

5. Utilisation d'une grille anti-diffusante

Les grilles sont utiles pour diminuer le rayonnement diffusé lorsque l'épaisseur de l'objet radiographié est supérieure à 10 cm. Dans de nombreux cas de radiographies aviaires l'épaisseur de l'oiseau est inférieure. Les grilles sont donc rarement utilisées (Harrison, Lightfoot 2006).

6. L'acquisition

Le moment précis d'acquisition selon le cycle respiratoire à moins d'impact chez les oiseaux par comparaison aux mammifères car les poumons sont inextensibles. Pendant l'inspiration et l'expiration l'air circule de façon continue dans les poumons et les sacs aériens. De plus, l'insufflation des sacs aériens est quasiment impossible à voir à cause des plumes. Il est donc conseillé de réaliser l'acquisition du cliché lors d'une pause respiratoire. Si l'oiseau est anesthésié il est éventuellement possible d'exercer une pression positive avec le ballon comprise entre 4 et 6 cm H₂O. La pression ne doit pas excéder 8 à 10 cm H₂O chez les oiseaux (Silverman, Tell 2009).

III. Préparation de l'animal

1. Mise à jeun

Le stress provoqué par la contention et l'anesthésie peuvent engendrer une régurgitation et une fausse déglutition. Il est donc préférable de mettre les oiseaux à jeun avant toute anesthésie. De plus, une alimentation récente peut être à l'origine d'une lecture erronée de la radiographie. Le remplissage du tractus digestif peut par exemple orienter à tort le clinicien vers un diagnostic d'hépatomégalie. L'oiseau est mis à jeun deux heures avant la réalisation de l'examen sur un animal pesant moins de cent grammes et quatre à cinq heures avant l'anesthésie pour les autres (Silverman, Tell 2009).

En pratique la majorité des radiographies sont effectuées sans mise à jeun au préalable. C'est le cas pour les radiographies récupérées dans la base de donnée de l'ENVT.

2. L'anesthésie

Il est possible d'effectuer une radiographie sur un oiseau vigile. L'anesthésie permet cependant de limiter le stress et d'optimiser le positionnement de l'animal (Fronfield 2010). Les radiographies sont de meilleure qualité et le risque de fractures induites par la contention est minimisé (Silverman, Tell 2009). De plus,

grâce à la radiographie numérique le temps d'anesthésie est très court, on parle d'anesthésie « flash ».

À l'ENVT la plupart des oiseaux sont anesthésiés afin de réaliser la radiographie. Le protocole anesthésique le plus fréquemment utilisé à l'ENVT ainsi qu'à la clinique vétérinaire du ZooParc de Beauval consiste le plus souvent à réaliser une anesthésie dite « flash ». L'oiseau est mis sous oxygène quelques minutes avant l'induction. Il est ensuite induit avec de l'isoflurane à 5% au masque. La maintenance se fait à l'isoflurane entre 2 et 3%. Dans quelques cas d'autres protocoles anesthésiques sont utilisés. Des sédatifs au butorphanol, soit seul (dose de 0.5 mg/kg injectée en intramusculaire) ou en association avec du midazolam sont réalisées.

3. Contention de l'oiseau

Plusieurs méthodes de contention sont décrites. Une contention manuelle peut être réalisée. Sinon l'animal peut être positionné dans une « plaque de contention » ou fixé à l'aide de ruban adhésif.

i. Dispositifs de contention

Il est difficile de réaliser une contention correcte chez les petits oiseaux avec des gants en plomb. Afin de faciliter la contention il existe des « dispositifs ou plaque de contention ». L'épaisseur de la plaque ne doit pas dépasser 5 mm pour ne pas affecter la qualité de la radiographie. Ces plaques se composent d'une partie qui bloque la tête et de lacets pour attacher les membres. Suivant la taille du cou, il existe plusieurs pièces interchangeables. Ce dispositif peut cependant altérer la qualité de l'image en région cervicale. (Krautwald-Junghanns et al. 2011). Les lacets ou bandes de cuir doivent avoir une largeur de 3 à 5 mm au minimum afin d'éviter toute blessure par coupure (Krautwald-Junghanns et al. 2011).

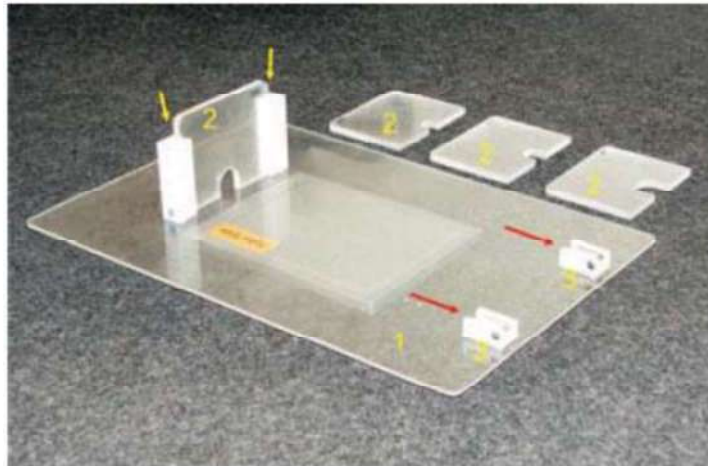


Figure 10 : Photographie présentant un dispositif de contention en Plexiglas® composé de différentes pièces adaptées à la tête de l'animal (2) et de deux pièces pour positionner les pattes (3). Extrait de Krautwald-Junghanns, Pees, et al. (2011).

ii. Utilisation de ruban adhésif

En l'absence de plaque de contention l'oiseau peut être directement fixé à la cassette ou sur la table (en cas de capteur plan) à l'aide de ruban adhésif. Le ruban adhésif ne doit pas léser le plumage ni la peau de l'animal. Il doit être le plus radio-transparent possible. C'est la technique qui a été utilisée pour la réalisation des radiographies de l'atlas.

iii. Contention manuelle

Dans certains cas une contention manuelle peut s'avérer suffisante notamment pour un oiseau facilement manipulable qui ne nécessite pas de sédation. Cette méthode expose l'opérateur réalisant la contention aux rayons X. Pour le cas d'un oiseau de petit format pour lequel l'anesthésie serait contre-indiquée il est possible d'effectuer la contention à main nue dans un premier temps puis de placer les gants de plomb par-dessus les mains de l'opérateur (Krautwald-Junghanns et al. 2011).

iv. Cas particuliers

Exceptionnellement, il est possible de réaliser des radiographies sans contention. L'oiseau est placé dans une boîte radiotransparente (dans le fond de la boîte ou sur un perchoir). Les ailes et les pattes sont superposées à la cavité coelomique ce qui empêche une visualisation complète des organes. Cette technique peut s'avérer utile pour des radiographies d'urgence. Dans le cadre d'une recherche d'intoxication au plomb une grande qualité radiographique n'est pas indispensable. Lors d'ascite le niveau de liquide peut être identifié sur un animal en position physiologique (Krautwald-Junghanns et al. 2011).

4. Le positionnement

Comme chez les mammifères, deux radiographies réalisées dans des plans orthogonaux sont généralement nécessaires pour une bonne interprétation. Une incidence peut parfois s'avérer suffisante. De plus si l'oiseau est trop stressé ou si l'anesthésie requise pour la réalisation de deux clichés s'avère trop longue et donc trop risquée pour l'animal une seule incidence est réalisée (Silverman, Tell 2009).

Un bon positionnement du patient est essentiel car toute rotation du corps de l'oiseau entraîne une distorsion de la cavité coelomique, un déplacement des organes et peut entraîner une mauvaise interprétation de la radiographie.

i. Radiographie de la tête

La radiographie de la tête consiste à réaliser une image de **profil et une ventro-dorsale**. Dans certains cas des clichés supplémentaires en projection oblique sont nécessaires (Krautwald-Junghanns et al. 2011).

Pour la radiographie en incidence latéro-latérale (de profil) et oblique l'oiseau est placé en décubitus latéral. Des objets en mousse peuvent être utilisés de façon à incliner la tête. Le faisceau de rayons X est centré ventralement à l'œil. Si la méthode de contention choisie est le ruban adhésif, il est placé sur le bec. Pour la radiographie en incidence ventro-dorsale l'oiseau est placé en décubitus dorsal.

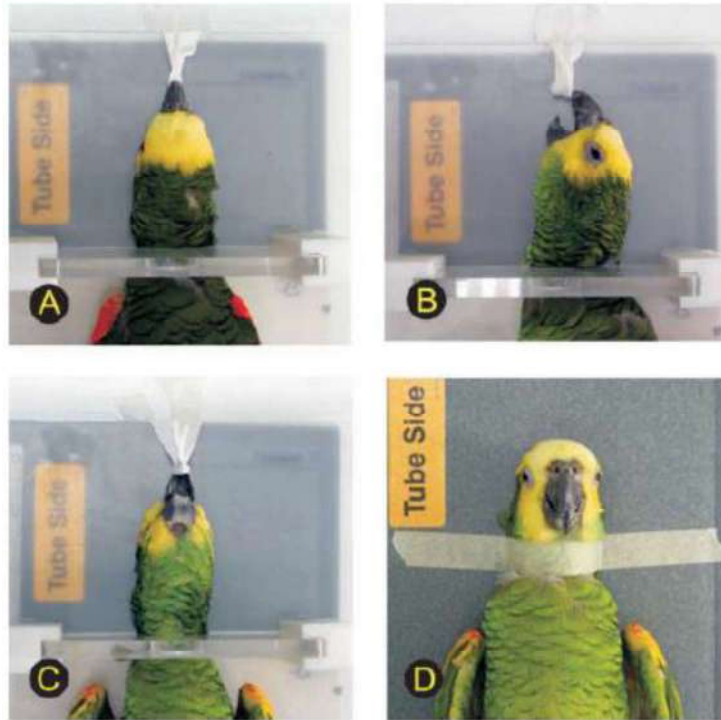


Figure 11 : Positionnement de la tête chez une Amazone à front bleu (*Amazona aestiva*) sédaturée : en position (A) dorsoventrale, (B) laterale, (C) ventrodorsale (D) rostrocaudale. Extrait de Krautwald-Junghanns, Pees, et al. (2011).

ii. Radiographie de la cavité cœlomique

Pour la cavité cœlomique les deux radiographies réalisées sont de **profil et ventrodorsale**.

- Radiographie de profil :



Figure 12 : Positionnement d'un perroquet gris du gabon (*Psittacus erithacus*) pour la réalisation d'une radiographie latérale. Extrait de Krautwald-Junghanns, Pees, et al. (2011).

La première étape consiste à positionner le cou de l'oiseau (dans le dispositif de positionnement ou à l'aide d'adhésif). Une fois que la tête est positionnée les pattes sont légèrement étirées vers l'arrière afin d'éviter une courbure du cou. Les pattes sont attachées par la partie distale du tarso-métatarse. La patte posée contre la table est attachée en premier et le membre controlatéral est superposé à celle-ci. La superposition des deux pattes permet de limiter la rotation du corps de l'animal. Malgré la superposition il est possible de distinguer dans une certaine mesure les membres sur la radiographie. Le membre contre la table est plus proche de la cassette ou du capteur plan, les corticales de ce membre apparaissent plus fines sur la radiographie que celles du membre controlatéral. Une alternative est de positionner le membre qui est contre la table légèrement plus crânialement que l'autre mais cette technique ne garantit pas une absence de rotation du corps. Un morceau de mousse (ou d'éponge) radiotransparente peut être placé entre les pattes de l'animal pour éviter la rotation du corps.

Les ailes sont étirées dorsalement pour éviter une superposition avec la partie crâniale dorsale du thorax (notamment les poumons). Elles peuvent être fixées avec du ruban au niveau du carpe.

Le bon positionnement de l'animal sera vérifié par une palpation du sternum et de la colonne.

- Radiographie ventro-dorsale :



Figure 13 : Positionnement d'un perroquet gris du gabon (Psittacus erithacus) pour la réalisation d'une radiographie dorso-ventrale. Extrait de Krautwald-Junghanns, Pees, et al. (2011).

L'oiseau est positionné en décubitus dorsal. De la même façon que précédemment c'est le cou qui est positionné en premier. Les pattes sont tirées caudalement de façon à dégager la cavité coelomique pour éviter toute superposition. Les ailes sont ensuite étirées de chaque côté du corps de l'animal et fixées symétriquement. Elles sont fixées avec deux bandes de ruban adhésif de chaque côté qui se croisent sur le carpe. L'oiseau doit être équilibré de façon à ce que le bréchet et la colonne vertébrale se superposent sur la radiographie. Afin de vérifier le bon positionnement de l'animal il est nécessaire de palper le sternum.

Si le patient nécessite une contention manuelle, la tête de l'oiseau doit être prise par l'arrière avec le pouce et l'index d'une main en tenant les mâchoires ensemble. Les pattes de l'oiseau sont étirées caudalement et tenues avec l'autre main.

iii. Radiographie des ailes

La radiographie des ailes nécessite de réaliser deux acquisitions soit **médio-latérale et caudo-crâniale**.

- Radiographie en incidence medio-latérale : La particularité des ailes est qu'une même incidence est obtenue avec les deux décubitus utilisés classiquement en radiographie (latéral et dorsal).

- En décubitus dorsal, les deux ailes seront bien radiographiées en incidence médio-latérale.

- En décubitus latéral seul le membre qui est sur le dessus sera radiographié en incidence médio-latéral. Le membre contro-latéral (situé contre le table) sera radiographié en incidence latéro-médiale. Les ailes sont fixées de façon à éviter toute superposition.

- Radiographie en incidence caudo-crâniale : Pour cette incidence une sédation parfois même une anesthésie est indispensable. La contention manuelle est la seule option possible (figure 14). L'oiseau est maintenu la tête vers le sol et le grand axe de l'oiseau est placé perpendiculairement à la cassette ou au capteur plan. Le bord crânial de l'aile est placé sur toute sa longueur contre la cassette. L'aile est étirée avec une main et l'autre main tient le corps et les pattes. Cette incidence est la plus technique à réaliser.



Figure 14: Positionnement d'une buse variable (Buteo buteo) pour la réalisation d'une radiographie caudo-crâniale de l'aile. Extrait de Krautwald-Junghanns, Pees, et al. (2011)

iv. Radiographie des membres pelviens

- Radiographie en incidence medio-latérale : L'oiseau est positionné en décubitus latéral droit pour la patte droite et latéral gauche pour la patte gauche. Le membre étudié est le plus proche de la cassette ou du capteur plan. Le positionnement du membre est le même que pour une radiographie de profil de la cavité coelomique. L'incidence médio-latérale est préférée par rapport à l'incidence latéro-médiale afin de réduire la distance entre l'objet et le film. Afin d'éviter les superpositions, le membre contro-latéral est étiré caudalement.

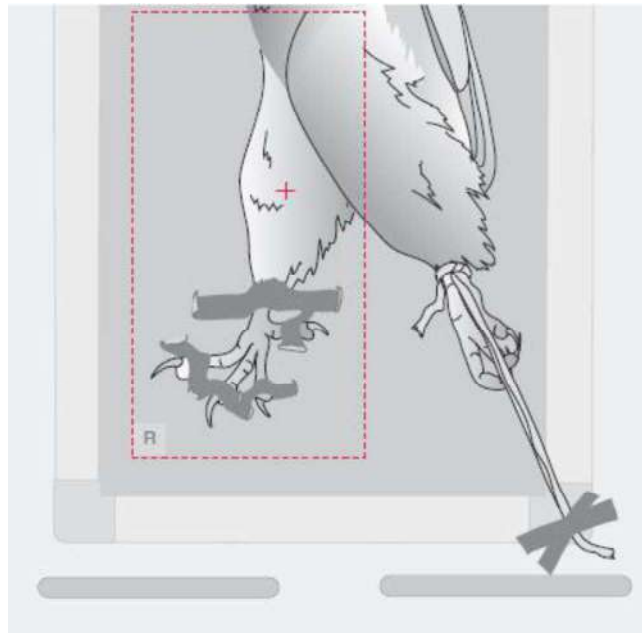


Figure 15 : Schéma présentant le positionnement pour la réalisation d'une radiographie en incidence médio-latérale d'une patte. Extrait de Silverman, Tell (2009)

- Radiographie en incidence cranio-caudale : L'oiseau est positionné en décubitus dorsal. Le positionnement et la fixation du membre sont les mêmes que pour une radiographie en incidence ventro dorsale de la cavité coelomique.

Pour l'extrémité distale les doigts doivent être bien séparés. Cela peut être réalisé à l'aide de ruban adhésif. Il est possible de fixer des numéros radio-opaques afin d'identifier les doigts (notamment sur la radiographie de profil).

La réalisation de radiographies aviaires nécessite des connaissances. Les bases physiques de la radiographie sont requises afin d'effectuer une adaptation correcte des constantes. Un bon positionnement est également nécessaire. L'exposition de l'opérateur aux rayons X peut être évitée dans la plupart des cas. En effet, les oiseaux sont anesthésiés dans la majeure partie des situations ce qui constitue un avantage en matière de radioprotection.

Troisième partie : Interpréter une radiographie d'oiseau

I. Radiographies légendées d'un oiseau sain

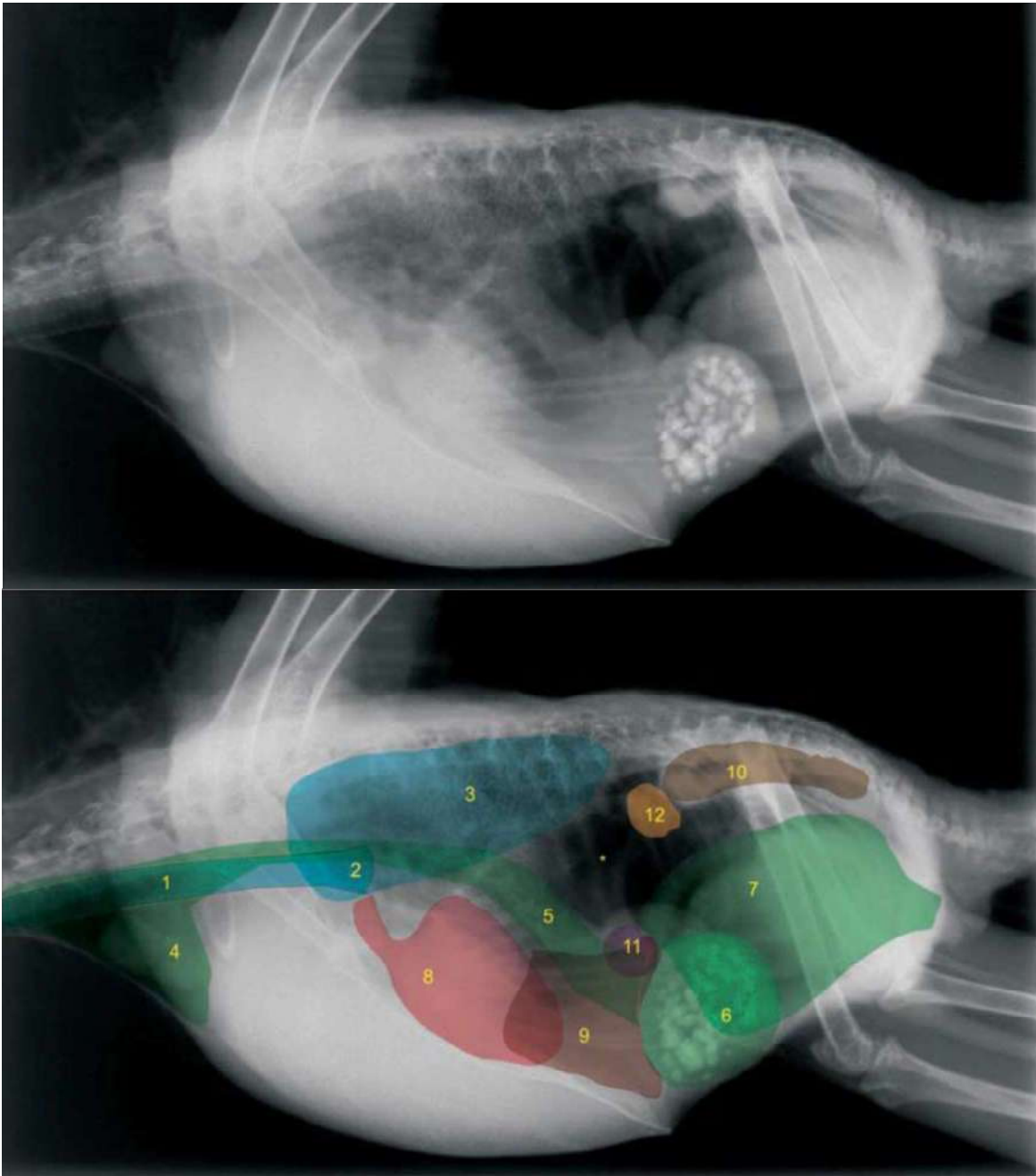


Figure 16 : Radiographie légendée vue de profil d'une amazone à ailes orange (*Amazona amazonica*) Extrait de Krautwald-Junghanns, Pees, et al. (2011)

- | | |
|------------------|--------------|
| 1- Trachée | 7- Intestins |
| 2- Syrinx | 8- Cœur |
| 3- Poumons | 9- Foie |
| 4- Jabot | 10- Reins |
| 5- Proventricule | 11- Rate |
| 6- Ventricule | 12- Gonades |

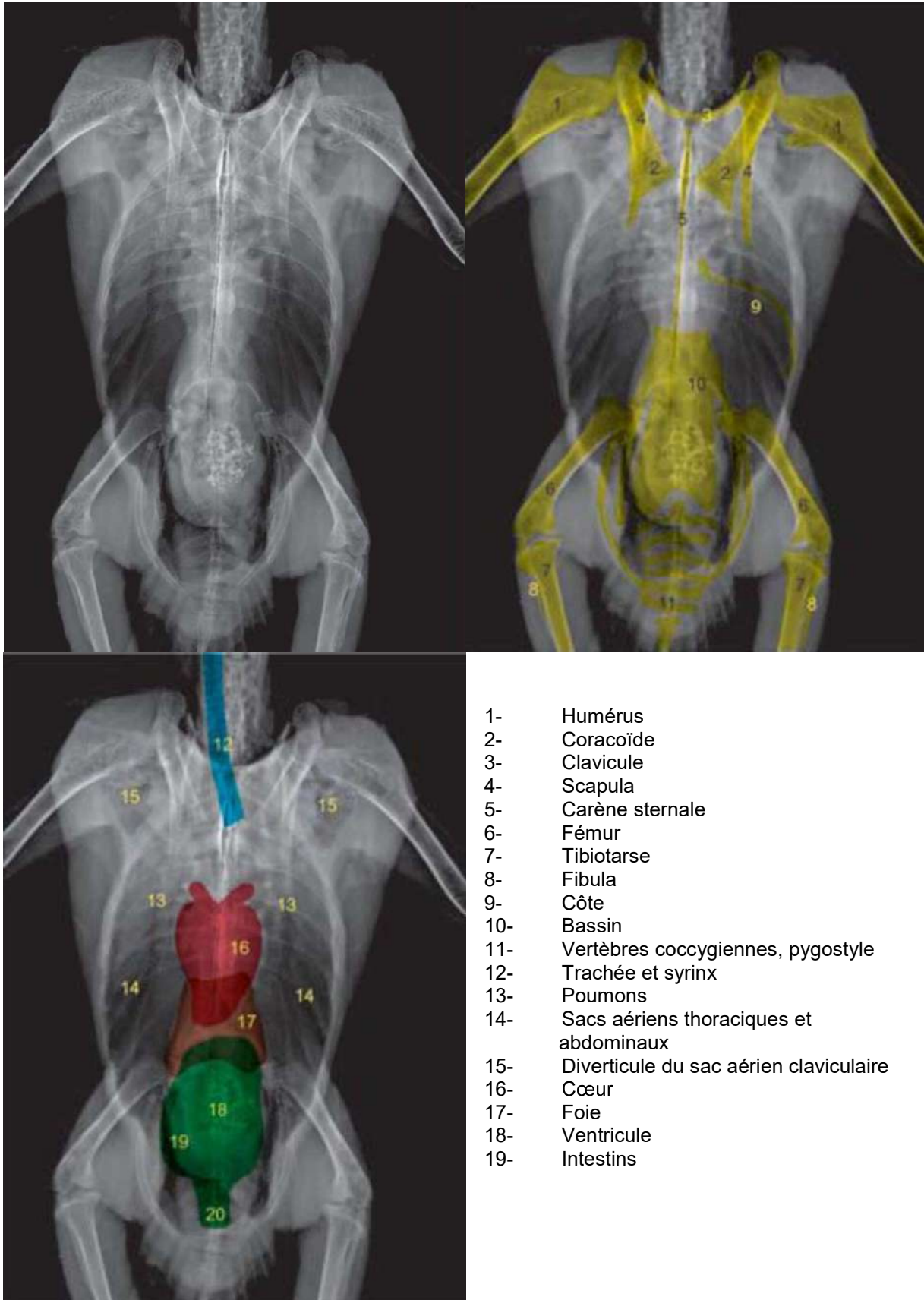


Figure 17 : Radiographies légendées vue de face en projection ventro-dorsale d'un ara bleu et jaune (*ara araruna*) Extrait de Krautwald-Junghanns, Pees, et al. (2011)

II. Outils utilisés sur le site pour l'évaluation de la taille des organes

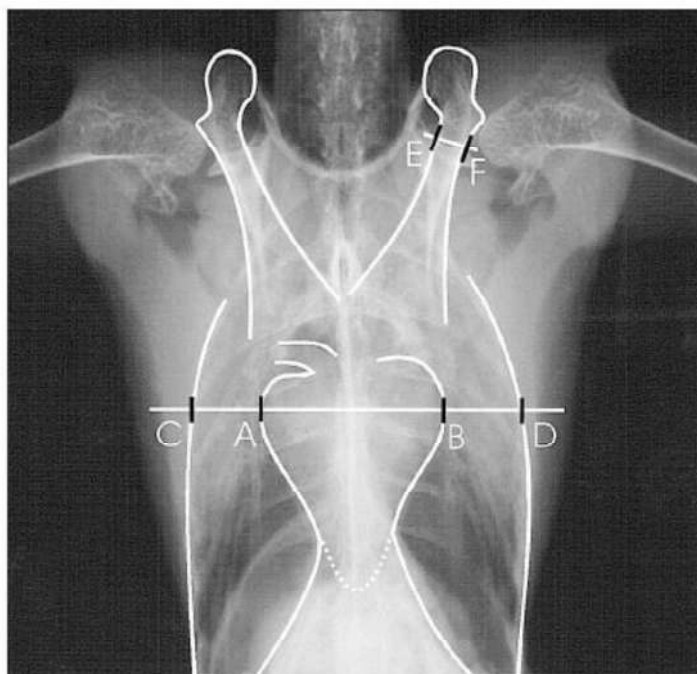
Des mesures ainsi que des tracés peuvent être nécessaires pour l'analyse des radiographies. C'est notamment le cas pour la mise en évidence d'organomégalies. Pour une meilleure compréhension de l'atlas quelques méthodes de mesures utilisées chez les oiseaux ont été détaillées ci-dessous. Il ne s'agit pas d'une liste exhaustive des mesures existantes dans la bibliographie mais des principaux tracés légendés dans l'atlas.

1. Évaluation de la taille du cœur

La longueur du cœur est généralement impossible à évaluer car l'apex est masqué par le foie. Différentes études ont été réalisées dans le but d'établir l'intervalle de référence du rapport entre la largeur maximale de la silhouette cardiaque et celle du thorax. Les mesures sont réalisées sur une vue ventro-dorsale (*Figure 19*). L'influence des mouvements du thorax sur les mesures de la silhouette cardiaque est toujours controversée. Straub suggère que le cycle respiratoire entraîne moins de variations que supposé jusqu'ici (2002). Aucune étude n'évalue précisément ce paramètre. Les intervalles de référence sont très différents selon l'espèce. De plus, seules de grandes variations par rapport aux valeurs usuelles sont significatives. A ce jour, aucune valeur seuil ne permet de conclure à une cardiomégalie de façon certaine (Straub, Pees, Krautwald-Junghanns 2002). Les intervalles établis dans plusieurs études ont été regroupés dans le tableau ci-dessous (*Tableau 1*). Ils sont différents en fonction des espèces. La taille de la silhouette cardiaque d'un oiseau ne peut donc être jugée que si l'intervalle a été établi chez cette même espèce.

Référence	Intervalle largeur silhouette cardiaque / largeur thoracique
Straub et al. 2002	51-61% chez les psittacidés de taille moyenne
Rettmer et al. 2011	46-60% chez le Ara de Spix (<i>Cyanopsitta spixii</i>)
Rangeard 2015	37-61% chez les psittacidés
Velayati et al. 2015	55-70 % chez les Perruches ondulées (<i>Melopsittacus undulatus</i>)
Mirshahi et al. 2016	51-75% chez le Faucon Crécerelle (<i>Falco Tinnunculus</i>)

Tableau 1 : Tableau comparatif des intervalles de référence de la silhouette cardiaque établis dans plusieurs études.

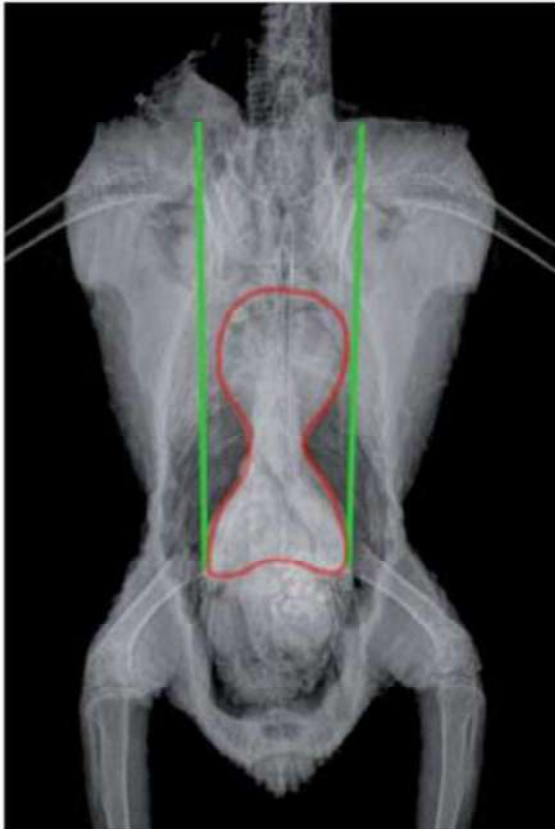


AB = Largeur maximale de la silhouette cardiaque.

CD = Largeur du thorax mesurée sur la droite (AB)

Figure 18 : Radiographie ventro-dorsale d'un psittacidé illustrant les mesures à réaliser pour déterminer la largeur de la silhouette cardiaque. Extrait de Straub, Pees, Krautwald-Junghanns (2002).

2. Évaluation de la taille du foie

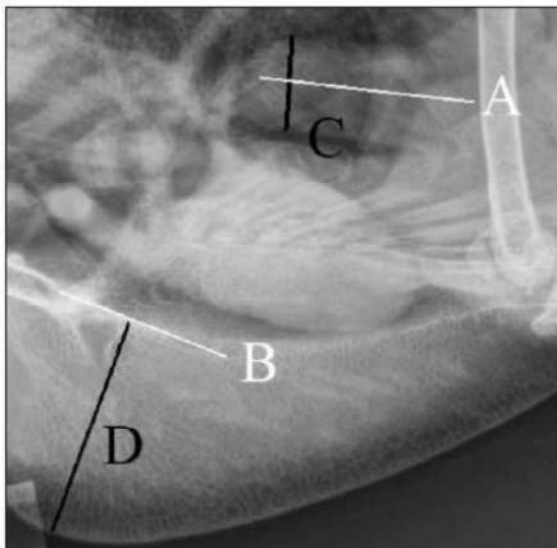


La taille du foie peut être évaluée sur les deux incidences (face et profil). En incidence ventro-dorsale les bords latéraux du foie ne doivent pas dépasser une droite allant de la tête de l'humérus au col du fémur (*droite verte sur la figure 20*). En incidence latérale le foie ne doit pas dépasser l'aspect caudal du sternum (Harrison, Lightfoot 2006).

Le rapport entre la largeur du foie et la largeur du thorax peut également être évalué. Il est compris entre 41 et 83% chez les psittacés toutes espèces confondues (Rangeard 2015).

Figure 19 : Radiographie ventro-dorsale illustrant le tracé des lignes délimitant les bords du foie. Extrait de Devaux et Huynh (2014).

3. Évaluation du proventricule



La taille du proventricule est évaluée par comparaison avec la hauteur de la quille (*Figure 21*).

A = Grand axe du proventricule

C = Largeur du proventricule mesurée perpendiculairement à (A)

B = Droite passant par l'aspect dorsal du sternum et par le point le plus caudal de l'os coracoïde.

D = Hauteur de la quille mesurée perpendiculairement à (B)

Figure 20 : Radiographie illustrant la mesure du rapport de la largeur du proventricule par rapport à la hauteur de la quille. Extrait de Dennison et al. (2008).

Référence	Ratio largeur proventricule/hauteur de la quille
Dennison et al. (2008)	Chez les psittacidés : Ratio < 0.48 : diamètre normal (Sensibilité et spécificité = 100%) Ratio > 0.52 : affection du proventricule
Rettmer et al. (2011)	Ara de Spix sains (<i>Cyanopsitta spixii</i>) : 0.35 < Ratio < 0.53
Rangeard (2015)	Chez les psittacidés : Ratio < 0.62 : animaux sains Ratio > 0.62 : affection du proventricule (Sensibilité = 89% et spécificité = 92%)

Tableau 2 : Tableau comparatif des intervalles de référence de la mesure du proventricule établis dans plusieurs études.

Le rapport entre le proventricule et la quille est un indicateur sensible de maladie du proventricule chez les psittacidés. Ce rapport n'a cependant pas de valeur pronostique (Dennison et al. 2009). L'interprétation de radiographies sur des jeunes individus requiert de la prudence. Le proventricule peut être de taille augmentée de façon physiologique chez le jeune (Dennison et al. 2008).

Quatrième partie : L'atlas en ligne

I. Réalisation de l'atlas en ligne.

1. Public visé

La réalisation de l'atlas est un travail à visée pédagogique. Il a pour principale cible les étudiants de l'école vétérinaire.

L'enseignement dispensé à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse concernant les nouveaux animaux de compagnie (NAC) ne permet pas d'acquérir des connaissances complètes en matière d'analyse de radiographie aviaire. En effet, les cours magistraux dispensés en 3^{ème} année ont pour objectif une première approche de la physiologie des espèces regroupées sous l'appellation « NAC ». Ils permettent d'évoquer les principales affections rencontrées. Les cours dispensés en imagerie lors de la 3^{ème} année se concentrent uniquement sur les espèces canines et félines. Au cours de l'année scolaire 2017-2018 deux heures d'enseignement ont été ajoutées en 5^{ème} année afin d'évoquer l'analyse des radiographies de l'ensemble des nouveaux animaux de compagnie. Ce cours regroupe l'analyse des radiographies de différents mammifères (lapin, cobaye...), des reptiles ainsi que des oiseaux. Il constitue donc une première approche mais ne permet pas d'acquérir toutes les clés nécessaires à l'analyse d'une radiographie d'oiseau.

Dans ce contexte, la réalisation d'un site intranet représente un réel intérêt pédagogique. Ce site est une aide précieuse pour tout étudiant voulant approfondir ses connaissances dans le domaine de l'imagerie aviaire. L'objectif est alors pour l'étudiant d'apprendre à reconnaître les principales lésions rencontrées.

2. Choix du support

Le support choisi pour cet atlas est un site en ligne car le format numérique est la meilleure option permettant de conserver la qualité des différentes radiographies. En effet, un format papier n'aurait pas permis de visualiser les différentes lésions après impression.

3. Travail réalisé

La première étape du travail fut l'étude de données bibliographiques. L'objectif était d'acquérir les compétences nécessaires à la réalisation de l'atlas. Les principales affections rencontrées chez les oiseaux pour lesquelles une radiographie peut être une aide au diagnostic ont ensuite été listées. À partir de cette liste un catalogue des lésions observables ainsi que le diagnostic différentiel des étiologies a été établi.

Trois banques de radiographies ont été exploitées pour la constitution de l'atlas. L'ensemble des radiographies effectuées au sein de l'ENVT entre octobre 2014 et la fin de l'année de 2017 ont été récupérées, soit environ 130 radiographies. Des clichés de la Clinique Vétérinaire des NAC à Toulouse (environ 290 radiographies) ainsi que quelques radiographies du ZooParc de Beauval (environ 80 clichés) ont permis de compléter la banque de données. La majorité du temps de travail concerne l'analyse de tous ces clichés soit environ 500 radiographies. En effet, les radiographies des NAC à l'ENVT ne sont pas validées par le service d'imagerie. Des pistes d'analyse ainsi qu'un résumé de la consultation sont rédigés par les étudiants sur le logiciel Clovis mais il ne s'agit pas d'un compte rendu officiel. La suite du travail a consisté à classer les lésions observées. Pour chaque lésion un ou deux cas parmi les plus représentatifs ont été sélectionnés. Sur l'ensemble des radiographies observées 80 cas ont été sélectionnés pour la constitution de l'atlas. Les radiographies ont été améliorées, recadrées à l'aide du logiciel Paint puis légendées grâce au logiciel Powerpoint. Des mesures ont été effectuées avec le logiciel de radiographie RadiAnt DICOM Viewer version 4.6.5. Enfin des hypothèses lésionnelles ont été formulées pour chaque cas.

4. Mise en forme, organisation du site

Le site liste les principales lésions que l'on peut rencontrer lors de l'analyse d'une radiographie d'oiseau. Les lésions sont réparties en deux grandes catégories, la cavité cœlomique ou le squelette. Dans chaque catégorie les lésions ont ensuite été classées selon l'acronyme VITAMIN D. Les différentes catégories sont vasculaire, infectieux ou inflammatoire, traumatique, affection congénitale, métabolique, idiopathique, dégénératif. Certaines lésions pourraient être placées dans plusieurs catégories. Voici la liste des lésions décrites :

Cavité cœlomique

- **Vasculaire :**
 - Athérosclérose
 - Microcardie
- **Infectieux, Inflammatoire :**
 - Coelomite
 - Cardiomégalie
 - Distension ingluviale
 - Dilatation du proventricule
 - Densité anormale zone projection cloaque
 - Ralentissement du transit baryté
 - Opacité intestinale aérique
 - Splénomégalie
 - Anomalies trachéales
 - Poumons :
 - Opacification pulmonaire interstitielle diffuse
 - Opacification pulmonaire interstitielle structurée
 - Sacs aériens :
 - Opacification diffuse des sacs aériens
 - Opacification focale des sacs aériens
 - Épaississement membrane des sacs aériens
 - Élargissement des sacs aériens

- **Traumatique :**
 - Hernie abdominale
 - Corps étranger ingluvial
 - Corps étranger proventricule
 - Corps étranger ventricule
 - Impaction ventricule
 - Augmentation opacité intestins
 - Prolapsus cloacal
- **Métabolique :**
 - Hépatomégalie
 - Microhépatie
 - Augmentation densité rénale
 - Dystocie
- **Néoplasique :**
 - Masse abdominale crâniale
 - Masse abdominale caudale

Squelette

- **Infectieux, Inflammatoire :**
 - Arthrite
 - Pododermatite
- **Traumatique :**
 - Fracture :
 - Transverse
 - Longitudinale
 - Oblique
 - Spiroïde
 - Compliquée
 - Luxation :
 - Épaule
 - Coude
 - Grasset
 - Coxo-fémorale

- Écrasement fibres musculaires
- **Métabolique :**
 - Ostéomalacie
 - Rachitisme
- **Néoplasique :**
 - Hyperostose polyostotique
- **Dégénératif**
 - Arthrose
 - Calcifications tendons, muscles

Chaque cas présenté se divise en cinq onglets sur le site :

Un premier onglet intitulé « **Commémoratifs / anamnèse** » résume les commémoratifs de l'animal obtenus lors de la consultation ainsi que les éléments pertinents de l'examen clinique regroupés sous la forme d'une liste des anomalies.

Le deuxième onglet « **Radiographie(s)** » présente la ou les radiographies vierges. Il est préférable de toujours analyser une lésion avec deux incidences : ventro-dorsale et de profil. Dans la mesure du possible les deux incidences sont disponibles.

Le troisième onglet « **Description radiographique** » est composé d'un texte descriptif des anomalies observées.

Le quatrième onglet « **Radiographie(s) légendée(s)** » présente la ou les même(s) radiographie(s) accompagnée(s) des légendes.

Un dernier onglet « **Hypothèses lésionnelles** » présente les hypothèses diagnostiques en rapport avec l'ensemble des lésions observées et les commémoratifs.

5. Limites et perspectives d'amélioration

i. Difficultés rencontrées

Une des grandes difficultés rencontrées lors de l'interprétation des radiographies est la subjectivité. Les données concernant l'analyse de radiographies aviaires se font croissantes. Des outils de mesures décrits dans la littérature ont été utilisés. Malheureusement, ces méthodes de mesures ou de comparaison ne sont pas décrites pour tous les organes. De plus, les intervalles de référence ne sont pas établis pour chaque espèce. Ces difficultés peuvent être illustrées par l'exemple du diagnostic de splénomégalie. Aucun intervalle de référence n'est établi et il n'existe pas de comparaison du diamètre de la rate avec un autre organe. L'appréciation bien que de plus de plus documentée reste donc encore subjective dans certains cas.

ii. Perspectives d'amélioration

La limite de ce travail est principalement l'étendue du sujet. Les lésions présentées concernent l'ensemble des oiseaux. Il existe cependant une multitude d'espèces qui ont chacune des particularités anatomiques. Ce site en ligne permet une première approche aux étudiants désirant se former dans l'exercice de la lecture de radiographies aviaires. Il est tout de même important de noter que tous les cas décrits dans l'atlas ne sont pas transposables entre les différentes espèces. Il est important de comparer toute anomalie que ce soit de taille, de forme ou de position à la radiographie d'un individu sain de la même espèce (Caliendo, Middleton, Raghav 2016). Dans ce cadre il serait intéressant d'établir une base de données regroupant des radiographies d'oiseaux sains pour différentes espèces. Cette base de données servirait alors de comparaison pour l'interprétation des radiographies aviaires.

Le site comporte un onglet « hypothèses lésionnelles ». Il est important de noter que ces hypothèses sont propres au cas particulier détaillé. Il convient d'être prudent quant à leur extrapolation notamment concernant les hypothèses infectieuses. En effet, les virus rencontrés sont par exemple variables en fonction des espèces d'oiseaux.

II. Exemples de quelques cas pour illustrer l'atlas

1. Cas de coelomite

Anamnèse / commémoratifs :

Cocotte est une poule (*Gallus gallus domesticus*) de 9 mois présentée en consultation d'urgence pour une **distension de la cavité coelomique**. Elle est abattue et anorexique depuis 24 heures. Cocotte présente un **arrêt de ponte depuis 5 mois mais se met en position de ponte depuis quelques jours**.

Liste des anomalies :

- Dilatation liquidienne de la cavité coelomique

Radiographie : Figure 21



Figure 21 : Radiographie vue de profil de la cavité coelomique de Cocotte. Cliché de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (2017).

Description radiographique :

- ✓ Cavité coelomique de densité homogène augmentée et diminution de contraste associé : opacité liquidienne/tissulaire

Radiographie légendée : *Figure 22*



Figure 22 : Radiographie légendée vue de profil de la cavité coelomique de Cocotte, compatible avec une coelomite. Cliché de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (2017).

Conclusion : Coelomite

Hypothèses lésionnelles :

- 1) Le plus probable : Origine appareil reproducteur : rupture œuf (coelomite à « jaune d'œuf ») ; ponte intra-abdominale
- 2) Toute cause infectieuse (bactérienne, virale, fongique, parasitaire...)
- 3) Le moins probable : causes non infectieuses (cardiopathie, hypoalbuminémie...)

→ L'hypothèse 1 a été confirmée par une ponction dans la cavité coelomique : liquide jaune épais (jaune d'œuf fibrineux). Lors de la chirurgie une dilatation majeure de

l'utérus associée à une rupture utérine ont été mises en évidence. Inflammation généralisée de la cavité coelomique. Une euthanasie a été décidée.

2. Cas de distension ingluviale

Anamnèse / commémoratifs :

Elsa est une poule (*Gallus gallus domesticus*) d'environ 2 ans présentée pour des **troubles respiratoires** évoluant depuis 24 heures. Elle vit avec d'autres poules et **depuis quelques jours elles ont accès à de l'herbe fraîche.**

Liste des anomalies :

- Score corporel = 1/5
- Râles respiratoires
- Masse ingluviale : masse ferme et compacte d'environ 5cm de diamètre dans le jabot

Radiographie : Figure 23



Figure 23 : Radiographie légendée vue de profil de la cavité coelomique d'Elsa. Cliché de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (2017).



Figure 24 : Radiographie légendée vue de face de la cavité coelomique d'Elsa. Cliché de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (2017).

Description radiographique :

- ✓ Masse compacte d'opacité tissulaire hétérogène dans le jabot avec distension de celui-ci.
- ✓ Présence d'air autour de cette zone opaque
- ✓ Épaississement de la paroi du jabot

Autres lésions :

- ✓ Augmentation d'opacité sur les zones de projection des différents sacs aériens et sur l'aire pulmonaire sur les vues de face et de profil

Radiographie légendée : Figure 25



Figure 25 : Radiographie légendée vue de profil de la cavité coelomique d'Elsa, compatible avec un phytobézoard. Cliché de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (2017).

Conclusion : Distension ingluviale causée par un phytobézoard avec fermentation (bactérienne et/ou fongique). Atteinte pulmonaire et aérosacculite associée.

Hypothèses lésionnelles :

- Changement alimentaire : ingestion herbe fraîche
- Atteinte respiratoire secondaire par fausse déglutition

→ *Chirurgie : Retrait chirurgical d'un phytobézoard (environ 5cm par 3cm)*

3. Cas d'aérosacculite

Anamnèse/commémoratifs :

Titi est un gris du Gabon (*Psittacus erithacus*) mâle de 3 ans présenté en consultation pour une **perte de la voix et un abattement depuis 2 jours**. Titi est exposé à la fumée de cigarette.

Liste des anomalies :

- Amplitude mouvements respiratoires augmentée

Radiographies : Figures 26 et 27



Figure 26 : Radiographie légendée vue de face de la cavité coelomique de Titi. Cliché de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (2016).



Figure 27 : Radiographie légendée vue de profil de la cavité coelomique de Titi. Cliché de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (2016).

Description radiographique :

- ✓ Opacité augmentée des sacs aériens thoraciques crâniens, caudaux et abdominaux (plus marquée à gauche)
- ✓ Lignes d'opacité augmentée dans la zone de projection des sacs aériens = épaissement des parois des sacs aériens

Radiographies légendées : Figures 28 et 29

Opacité augmentée
des sacs aériens
thoraciques caudaux
(plus marquée à
gauche)



Figure 28 : Radiographie légendée de face de la cavité coelomique de Titi, compatible avec une aérosacculite. Cliché de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (2016).

→ Épaississement des parois des sacs aériens

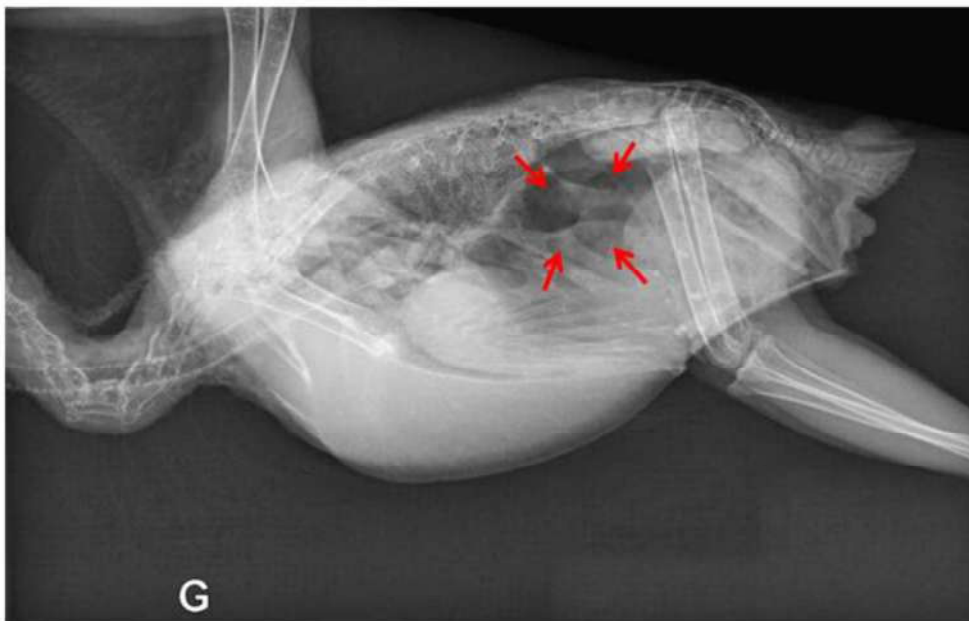


Figure 29 : Radiographie légendée de profil de la cavité coelomique de Titi, compatible avec une aérosacculite. Cliché de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (2016).

Conclusion : Épaississement des sacs aériens compatible avec une aérosacculite.

Hypothèses lésionnelles :

- 1) Le plus probable : Infectieux : *aspergillose, tuberculose, pasteurellose, chlamydiose...*
- 2) Environnement : cigarette

4. Cas de corps étranger ventricule

Anamnèse / commémoratifs :

Brady est une femelle Ara chloroptère (*Ara chloropterus*) de 3 ans présentée pour **régurgitations, dysorexie, abattement, et perte de voix évoluant depuis 2 jours**. Elle présente également de la diarrhée.

Elle vit dans une **nouvelle volière extérieure depuis 1 semaine**.

Liste des anomalies :

- Diminution des vocalisations (depuis 2 jours)

Radiographie : *Figure 30*



Figure 30 : Radiographie légendée de profil de la cavité cœlomique de Brady.
Cliché de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (2015).

Description radiographique :

- ✓ Corps étranger longiligne d'opacité métallique dans la zone de projection du ventricule

Radiographie légendée : Figure 31

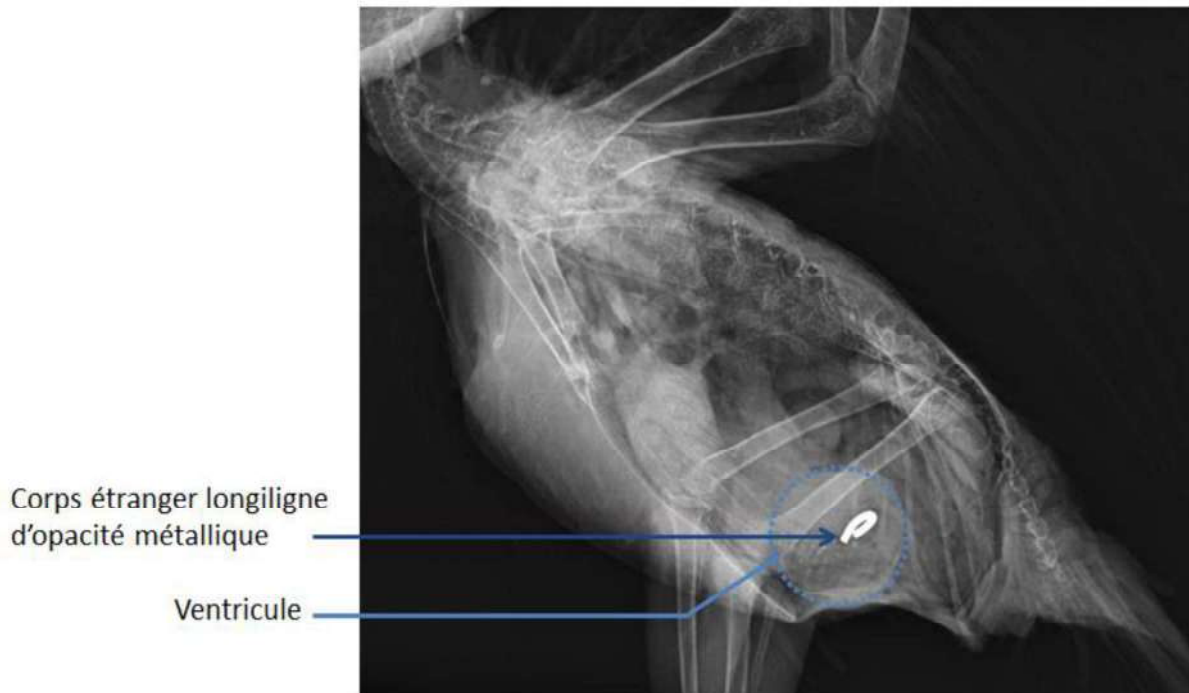


Figure 31 : Radiographie légendée de profil de la cavité coelomique de Brady, compatible avec une aérosacculite. Cliché de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (2015).

Conclusion : Corps étranger dans la zone de projection du ventricule

Hypothèses lésionnelles :

- Agrafe en métal galvanisé utilisée dans la nouvelle volière

→ *Impossibilité de retirer le corps étranger par fibroscopie. Réalisation d'une laparotomie par abord gauche. Retrait des 2 dernières côtes. Incision du proventricule, retrait du corps étranger gastrique sans complication.*

5. Cas d'hépatomégalie

Anamnèse / commémoratifs :

Pepito est un perroquet (*espèce non précisée*) de sexe inconnu et d'âge estimé à 21 ans. Il est présenté pour sexage et des vocalisations. Il est nourri avec un mélange de graines.

Liste des anomalies :

- Obésité
- Respiration forte et saccadée

Radiographie : Figure 32



Figure 32 : Radiographie de face de la cavité coelomique de Pepito. Cliché de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (2015).

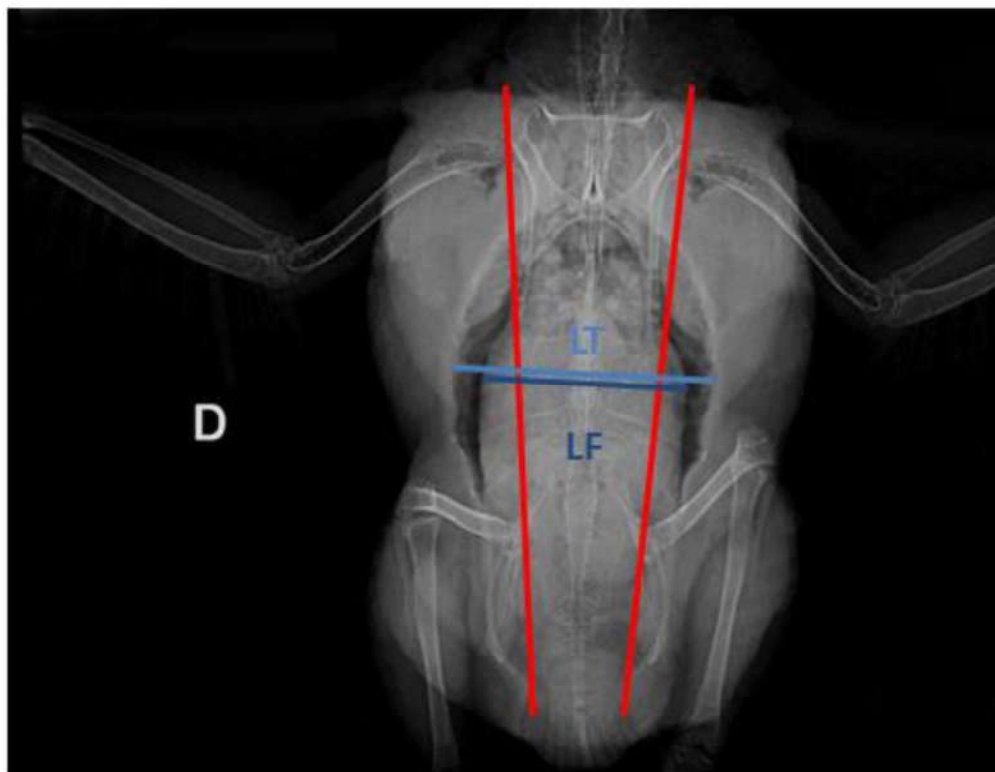
Description radiographique :

- ✓ Le foie dépasse de la droite (en rouge sur la figure 33) allant de la tête de l'humérus jusqu'au col du fémur
→ Hépatomégalie
- ✓ Rapport largeur foie (LF) / largeur thorax (LT) = 79%

Autres lésions présentes :

- ✓ Opacité graisseuse sur les flancs et les cuisses
- ✓ Lésions compatibles avec de l'athérosclérose

Radiographie légendée : Figure 33



LT : Largeur du thorax

LF : Largeur du foie

— : Droite allant de la tête de l'humérus jusqu'au col du fémur

Figure 33 : Radiographie légendée de face de la cavité coelomique de Pepito : hépatomégalie.
Cliché de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (2015).

Conclusion : Hépatomégalie

Hypothèses lésionnelles :

1) Le plus probable : cause métabolique

- Lipidose hépatique (alimentation déséquilibrée trop riche en graines)

2) Très peu probable :

- Infectieux (chlamyphilose aviaire, tuberculose...)
- Autres causes métaboliques : Atteinte cardiaque (insuffisance cardiaque droite)

→ *Analyses biochimiques : sérum lactescent reflet de l'hypertriglycéridémie, augmentation des ASAT 1010 U/L [15-150] et des CK 3964 U/L [45-265] compatible avec une atteinte cardiaque en 1^{ère} hypothèse ou hépatique.*

6. Cas de dystocie

Anamnèse / commémoratifs :

Margareth est une poule (*Gallus gallus domesticus*) de 3 ans et demi présentée pour une suspicion de rétention d'œuf et un **léger abattement**. Elle est dysorexique, la propriétaire note une réduction de la quantité de selles.

Liste des anomalies :

- Masse dans la cavité coelomique compatible avec un œuf

Radiographie : *Figure 34*



Figure 34 : Radiographie de profil de la cavité coelomique de Margareth.
Cliché de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (2016).

Description radiographique :

- ✓ Présence de deux structures sphériques délimitées par une paroi d'opacité minérale en région caudale de la cavité coelomique : œufs dont l'un moins calcifié que l'autre

Radiographie légendée : *Figure 35*

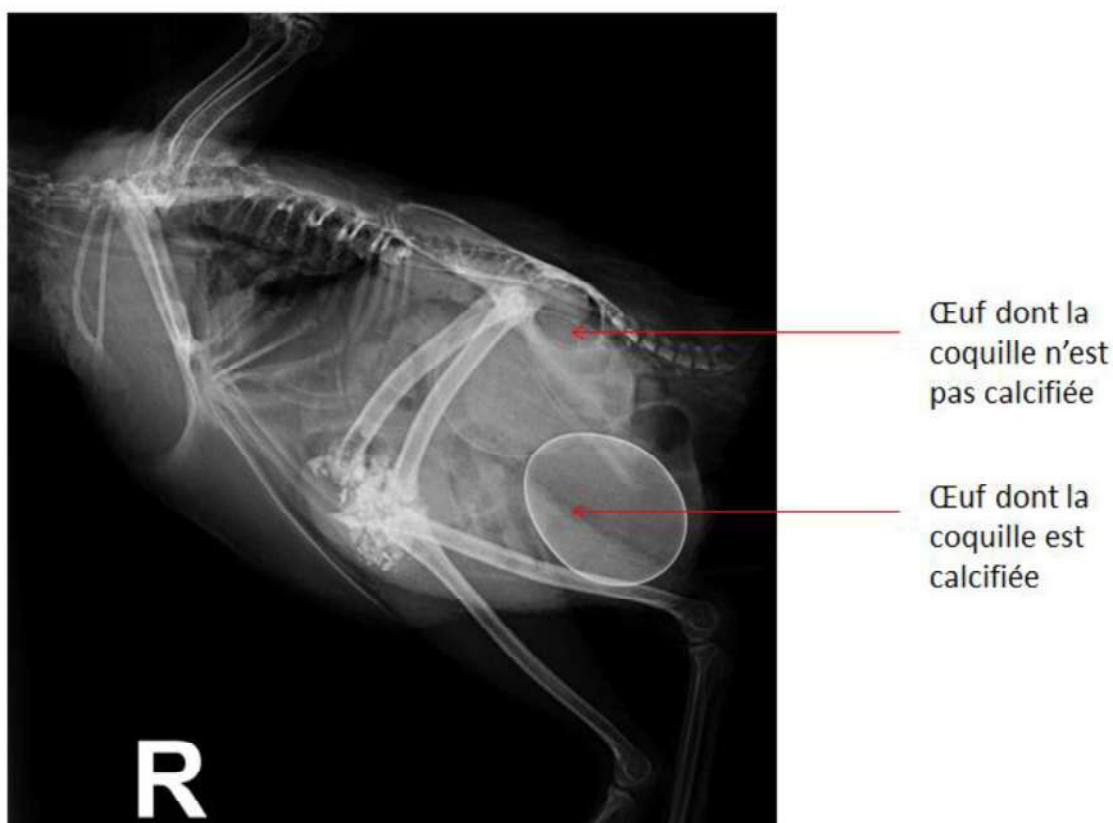


Figure 35 : Radiographie légendée de profil de la cavité coelomique de Margareth, compatible avec une dystocie. Cliché de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (2016).

Conclusion : Dystocie : rétention de deux œufs dont un non calcifié.

Hypothèses lésionnelles:

- Carences en vitamines et minéraux
- Manque d'exercice
- Prédisposition génétique

→ *Retrait des deux œufs par salpingotomie. Une ovariectomie a également été réalisée.*

7. Cas d'hyperostose polyostotique

Anamnèse / commémoratifs :

Jarvis est une callopsitte (*Nymphicus hollandicus*) femelle de 9 ans présentée pour **boiterie**.

Liste des anomalies :

- Boiterie

Radiographie : Figure 36



Figure 36 : Radiographie de profil de la cavité coelomique de Jarvis. Cliché de la Clinique vétérinaire des NAC (2017).

Description radiographique :

- ✓ Augmentation de la densité osseuse dans la cavité médullaire des fémurs et des tibiotarses : opacité osseuse
- ✓ La densité de la cavité médullaire est la même que la densité de la corticale → Perte de la différenciation corticale/cavité médullaire.

Radiographie légendée : Figure 37

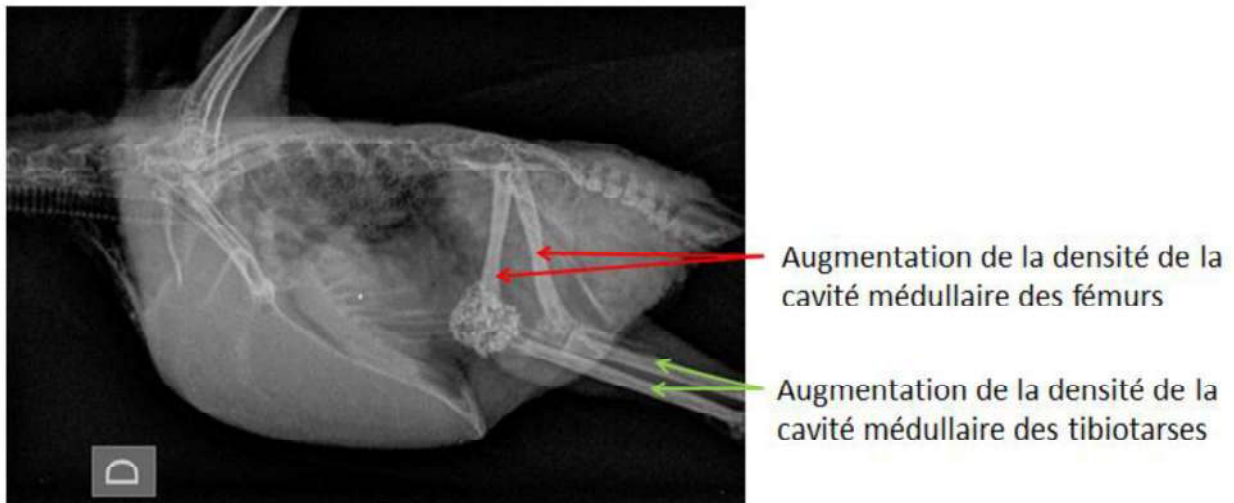


Figure 37 : Radiographie légendée de profil de la cavité coelomique de Jarvis, compatible avec une hyperostose polyostotique. Cliché de la Clinique vétérinaire des NAC (2017).

Conclusion : Hyperostose polyostotique

Hypothèses lésionnelles :

- 1) Physiologique si ne concerne que les os longs
- 2) Pathologique :
 - Tumeur ovarienne
 - Kyste ovarien
 - Autre affection de l'appareil reproducteur

→ La mise en place d'un implant de desloréline (agoniste GnRH) a permis une amélioration de la boiterie.

Conclusion

Les propriétaires de NAC et donc d'oiseaux sont de plus en plus demandeurs de diagnostics sur leurs animaux. Cela passe notamment par l'imagerie médicale. La radiographie présente l'avantage d'être une technique non invasive et peu onéreuse. Les oiseaux sont des animaux très sensibles au stress. L'examen clinique peut s'avérer compliqué et limité dans la majorité des cas. La radiographie d'un oiseau nécessite presque toujours une anesthésie. L'avantage est la présence des sacs aériens qui permettent d'obtenir des images avec un bon contraste. De plus, il s'agit d'un examen complémentaire qui peut être réalisé par la plupart des vétérinaires canins en routine sans matériel spécifique. Le praticien doit tout de même avoir des connaissances concernant le réglage de l'appareil de radiographie, l'anesthésie, le positionnement et enfin concernant l'interprétation des clichés.

L'objectif de cet atlas est donc d'apporter un support aux étudiants désireux d'enrichir leurs connaissances dans le domaine de la radiographie aviaire. Il présente les affections les plus fréquentes. Les lésions sont décrites, légendées et enfin des hypothèses lésionnelles sont émises en corrélation avec l'anamnèse.

Bibliographie

ABDOULAYE, Taye, 2014. Bases technologiques de la radiologie aux rayons X. . 6 mars 2014. Présentation au séminaire à l'hôpital Abass NDAO

CALIENDO, Valentina, MIDDELTON, Rachael et RAGHAV, Raj, 2016. Radiographic Measurement of Internal Organs in Gyr Falcons (*Falco rusticolus*) and Gyr Peregrine Hybrids (*Falco rusticolus* × *Falco peregrinus*). *Journal of Exotic Pet Medicine*. janvier 2016. Vol. 25, n° 1, pp. 13-17. DOI 10.1053/j.jepm.2015.12.007.

CONCHOU, Fabrice, MOGICATO, Giovanni et LAMOUR-LAYSSOL, Cathy, 2016. Du Rayon X à l'Image Radiographique. [en ligne]. 2016. [Consulté le 28 juillet 2018]. Disponible à l'adresse :

http://moodle3.envt.fr/pluginfile.php/2276/mod_resource/content/1/Du%20Rayon%20X%20a%CC%80%20limage%20radiographique.pdf

DENNISON, Sophie E., ADAMS, William M., JOHNSON, Philippa J., YANDELL, Brian S. et PAUL-MURPHY, Joanne R., 2009. Prognostic accuracy of the proventriculus : keel ratio for short-term survival in psittacines with proventricular disease. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. septembre 2009. Vol. 50, n° 5, pp. 483-486. DOI 10.1111/j.1740-8261.2009.01582.x.

DENNISON, Sophie E., PAUL-MURPHY, Joanne R. et ADAMS, William M., 2008. Radiographic determination of proventricular diameter in psittacine birds. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2008. Vol. 232, n° 5, pp. 709–714.

FARROW, Charles S., 2008. Section 1 : Birds. In : *Veterinary Diagnostic Imaging, Birds , Exotic pets, and Wildlife*. Mosby Elsevier. pp. 1-236.

FRONEFIELD, Stephen, 2010. The Goal: Quality Avian Medicine. *Journal of Exotic Pet Medicine*. janvier 2010. Vol. 19, n° 1, pp. 4-21. DOI 10.1053/j.jepm.2010.01.003.

GRUNKEMEYER, Vanessa L., 2010. Advanced Diagnostic Approaches and Current Management of Avian Hepatic Disorders. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*. septembre 2010. Vol. 13, n° 3, pp. 413-427. DOI 10.1016/j.cvex.2010.05.005.

HARRISON, Greg et LIGHTFOOT, Teresa, 2006. *Clinical Avian Medicine* [en ligne]. Spix Publishing. Disponible à l'adresse : http://avianmedicine.net/publication_cat/clinical-avian-medicine/

HEARD, Darryl J., 1997. Avian respiratory anatomy and physiology. *Journal of Exotic Pet Medicine*. 1997. Vol. 6, n° 4, pp. 172–179.

JOSSIER, Renaud, FUSELLIER, Marion et LABORDE, Aurélie, 2013. Partie I: Bases physiques et techniques d'imagerie médicale. Chapitre 1 - Radiographie. In : *L'imagerie médicale du chat et du chien au service du praticien*. Elsevier Masson. pp. 4-8.

KRAUTWALD-JUNGHANNS, Maria-Elisabeth, PEES, Michael, REESE, Sven et TULLY, Thomas, 2011. Birds. In : *Diagnostic imaging of exotic pets: birds, small mammals, reptiles*. Hannover : Schlüter. pp. 1-141. Vet. ISBN 978-3-89993-049-8.

MCLELLAND, J, 1990. *A Colour Atlas of Avian Anatomy*. Wolfe Publishing Ltf.

MIRSHAHI, Ali, SHARIATZADEH, Mahnaz, RAZMYAR, Jamshid et AZIZZADEH, Mohammad, 2016. Evaluation of Cardiac Size in the Common Kestrel (*Falco tinnunculus*) Based on Radiographic Measurements. *Journal of Avian Medicine and Surgery*. décembre 2016. Vol. 30, n° 4, pp. 345-349. DOI 10.1647/2015-097.

O'MALLEY, Bairbre, 2005. Chapter 6 : Avian anatomy and physiology. In : *Clinical anatomy and physiology of exotic species: structure and function of mammals, birds, reptiles, and amphibians*. Edinburgh ; New York : Elsevier Saunders. pp. 97-161. ISBN 978-0-7020-2782-6. SF997.5.E95 O44 2005

RANGEARD, Damien, 2015. *Atlas radiographique des tissus mous des psittacidés*. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse. T-2015-072

RETTMER, Helen, DEB, Amrita, WATSON, Ryan, HATT, Jean-Michel et HAMMER, Sven, 2011. Radiographic Measurement of Internal Organs in Spix's Macaws (*Cyanopsitta spixii*). *Journal of Avian Medicine and Surgery*. décembre 2011. Vol. 25, n° 4, pp. 254-258. DOI 10.1647/2009-062.1.

SILVERMAN, Sam et TELL, Lisa, 2009. *Radiology of birds, an atlas of normal anatomy and positioning*. Saunders Elsevier.

STRAUB, Jens, PEES, Michael et KRAUTWALD-JUNGHANNS, Maria-E., 2002. Measurement of the cardiac silhouette in psittacines. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. juillet 2002. Vol. 221, n° 1, pp. 76-79. DOI 10.2460/javma.2002.221.76.

THRALL, Donald et WIDMER, William, 2013. Chapter 1 : Physics of Diagnostic Radiology, Radiation Protection, and Darkroom Theory. In : *Textbook of veterinary diagnostic radiology*. Elsevier. pp. 2-13.

VELAYATI, Mozghan, MIRSHAHI, Ali, RAZMYAR, Jamshid et AZIZZADEH, Mohammad, 2015. Radiographic reference limits for cardiac width of budgeridars (*Melopsittacus Undulatus*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. mars 2015. Vol. 46, n° 1, pp. 34-38. DOI 10.1638/2013-0225R4.1.

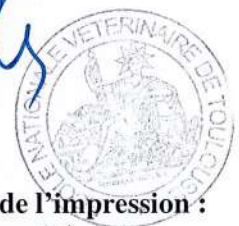
AGREMENT SCIENTIFIQUE

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

Je soussigné, **Fabrice CONCHOU**, Enseignant-chercheur, de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, directeur de thèse, certifie avoir examiné la thèse de **Lauren GOULET** intitulée «**Mise en place d'un atlas radiographique, disponible en intranet, des principales lésions rencontrées chez les oiseaux** » et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

Fait à Toulouse, le 28 septembre 2018
Docteur **Fabrice CONCHOU**
Maître de Conférences
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Vu :
La Directrice de l'Ecole Nationale
Vétérinaire de Toulouse
Isabelle CHMUTELIN



Vu : 4/10/18
Le Président du jury :
Professeur **BERRY**

Vu et autorisation de l'impression :
Président de l'Université
Paul Sabatier
Monsieur Jean-Pierre VINEL

Faculté de Médecine Rangueil
Biophysique Médicale - CHU Rangueil
1, avenue Jean Poulhès - TSA 50032
31059 TOULOUSE Cedex



Le Président de l'Université Paul Sabatier
par délégation,
La Vice-Présidente de la CFVU

Régine ANDRE-OBRECHT

Mlle Lauren GOULET
a été admis(e) sur concours en : 2013
a obtenu son diplôme d'études fondamentales vétérinaires le : 13/07/2017
a validé son année d'approfondissement le : 06/09/2018
n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.



MISE EN PLACE D'UN ATLAS RADIOGRAPHIQUE, DISPONIBLE EN INTRANET, DES PRINCIPALES LESIONS RENCONTRÉES CHEZ LES OISEAUX.

Laureen GOULET

La médecine des Nouveaux Animaux de Compagnie dont font partie les oiseaux est un domaine qui s'est récemment développé. Les propriétaires sont demandeurs de diagnostic et cela passe notamment par l'imagerie médicale. La radiographie présente l'avantage d'être une technique non invasive et peu onéreuse. Cette thèse s'inscrit dans un projet du service d'imagerie de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse. L'objectif est de réaliser un atlas en ligne regroupant des images radiographiques, coupes de scanner et images échographiques chez le chien, le chat mais aussi les NAC. La première partie de cette thèse développe quelques points d'anatomie et de physiologie aviaires nécessaires à l'interprétation des radiographies. Une seconde partie détaille les recommandations pratiques pour la réalisation d'un cliché de bonne qualité et la troisième partie évoque l'interprétation d'une radiographie d'oiseau. La dernière partie se compose de quelques exemples afin d'illustrer l'atlas en ligne.

Mots clés : IMAGERIE – RADIOGRAPHIE – OISEAUX – LESIONS - ATLAS

Jury : Président : Pr Isabelle BERRY

Directeur : Dr Fabrice CONCHOU

Assesseur : Pr Giovanni MOGICATO

ESTABLISHMENT OF A RADIOGRAPHIC ATLAS, AVAILABLE IN INTRANET, OF THE MAIN LESIONS ENCOUNTERED IN BIRDS.

Laureen GOULET

Exotic Pet medicine just like bird medicine is a field that has recently been developed. Bird owners expect a diagnosis which can include medical imaging. Radiography has the advantage of being a non-invasive and inexpensive technique. This thesis is part of a project of the Imaging Department of the École Nationale Vétérinaire de Toulouse. The first part of the work shows some points of avian anatomy and physiology necessary for the interpretation of radiographs. The second part puts the emphasis on practical recommendations for the realization of a good quality x-ray and the third part mentions the interpretation of a bird radiography. The last part is made up of some examples to illustrate the online atlas.

Key words: IMAGING – RADIOGRAPHIE – BIRDS – LESIONS - ATLAS

Jury : President : Pr Isabelle BERRY

Director : Dr Fabrice CONCHOU

Assessor : Pr Giovanni MOGICATO