



Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO)

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-deposited version published in : [http://oatao.univ-toulouse.fr/Eprints ID : 14426](http://oatao.univ-toulouse.fr/Eprints/14426)

To cite this version :

Manon, Steve. *Mise au point d'un atlas en ligne d'images tomodensitométriques normales de la tortue d'hermann orientale (testudo hermanni hermanni)*. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2015, 40 p.

Any correspondance concerning this service should be sent to the repository administrator: staff-oatao@inp-toulouse.fr.

MISE AU POINT D'UN ATLAS EN LIGNE D'IMAGES TOMODENSITOMETRIQUES NORMALES DE LA TORTUE D'HERMANN OCCIDENTALE (TESTUDO HERMANNI HERMANNI).

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

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

par

MANON Steve

Né, le 27 Août 1989 à ALBERTVILLE (73)

Directeur de thèse : M. Giovanni MOGICATO

JURY

PRESIDENT :

Mme Isabelle BERRY

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :

M. Giovanni MOGICATO

M. Fabrice CONCHOU

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

**Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt
ECOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE**

Directrice : Mme 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. **MARTINEAU Guy**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*
- M. **PETIT Claude**, *Pharmacie et Toxicologie*
- M. **REGNIER Alain**, *Physiopathologie oculaire*
- M. **SAUTET Jean**, *Anatomie*
- 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. **DUCOS Alain**, *Zootéchnie*
- M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la Reproduction, Endocrinologie*
- Mme **HAGEN-PICARD, Nicole**, *Pathologie de la reproduction*
- 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 **BENARD Geneviève**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
- M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et Industrie des aliments d'Origine animale*
- Mme **CHASTANT-MAILLARD Sylvie**, *Pathologie de la Reproduction*
- M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
- M. **GUERIN Jean-Luc**, *Aviculture et pathologie aviaire*
- M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
- M. **LIGNEREUX Yves**, *Anatomie*
- M. **PICAVET Dominique**, *Pathologie infectieuse*

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 **BOUCLAINVILLE-CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*
Mlle **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, Anatomie pathologique*
Mlle **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
M. **DOSSIN Olivier**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
M. **JOUGLAR Jean-Yves**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*
Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*
M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et Mathématiques*
M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*
Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*

MAITRES DE CONFERENCES (classe normale)

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*
Mme **BENNIS-BRET Lydie**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*
Mlle **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
Mme **BOUHSIRA Emilie**, *Parasitologie, maladies parasitaires*
Mlle **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie*
M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*
M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
M. **CUEVAS RAMOS Gabriel**, *Chirurgie Equine*
Mme **DANIELS Hélène**, *Microbiologie-Pathologie infectieuse*
Mlle **DEVIERS Alexandra**, *Anatomie-Imagerie*
Mlle **FERRAN Aude**, *Physiologie*
M. **GUERIN Jean-Luc**, *Elevage et Santé avicoles et cunicoles*
M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
Mlle **LACROUX Caroline**, *Anatomie Pathologique des animaux de rente*
Mlle **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*
M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des Ruminants*
Mme **MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation*
Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie Chirurgicale*
M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, Imagerie médicale*
M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction (en disponibilité)*
Mlle **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
Mlle **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles et porcins*
Mme **PRADIER Sophie**, *Médecine interne des équidés*
M. **RABOISSON Didier**, *Productions animales (ruminants)*
M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et Infectiologie*
M. **VERWAERDE Patrick**, *Anesthésie, Réanimation*
Mme **WARET-SZKUTA Agnès**, *Production et pathologie porcine*

MAITRES DE CONFERENCES et AGENTS CONTRACTUELS

- M. **BOURRET Vincent**, *Microbiologie et infectiologie*
M. **DAHAN Julien**, *Médecine Interne*
Mme **FERNANDEZ Laura**, *Pathologie de la reproduction*
M. **HERRY Vincent**, *Pathologie des ruminants*

ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS

- Mme **COSTES Laura**, *Hygiène et industrie des aliments*
M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophtalmologie*
Mme **LALLEMAND Elodie**, *Chirurgie des Equidés*

REMERCIEMENTS

A notre présidente de thèse,

Madame le Professeur Isabelle BERRY

Professeur des Universités
Université de Paul-Sabatier de Toulouse
Praticien hospitalier
Biophysique
Qui nous a fait l'honneur de présider notre jury de thèse

Hommages respectueux

A notre jury de thèse,

Monsieur le Docteur Giovanni MOGICATO

Maître de Conférences de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Anatomie-Imagerie médicale
Qui a accepté de superviser mon travail et m'a fait confiance dans sa réalisation

Qu'il trouve ici l'expression de ma sincère reconnaissance et de mon profond respect

Monsieur le Docteur Fabrice CONCHOU

Maître de Conférences de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Anatomie-Imagerie médicale
Qui a accepté de superviser l'examen tomodensitométrique et de participer à notre jury de thèse

Remerciements chaleureux

A toutes les personnes qui me sont proches, la famille, les amis et amies, les co-promo Pescader, je vous remercie sincèrement d'avoir cru en moi et de m'avoir soutenu pour obtenir ce titre de Docteur vétérinaire.

Table des matières

REMERCIEMENTS	1
Table des illustrations.....	5
INTRODUCTION	6
1ère PARTIE : PRINCIPES PHYSIQUES DE LA TOMODENSITOMETRIE ET REALISATION PRATIQUE D'UN EXAMEN.....	7
A. PRINCIPES DE BASE DE LA TOMODENSITOMETRIE	7
I. INTRODUCTION	7
II. MECANISMES PHYSIQUES	11
III. EFFETS PHOTOELECTRIQUE ET COMPTON.....	12
B. FONCTIONNEMENT DU SCANNER.....	14
I. L'APPAREIL ET SES REGLAGES	14
II. LES ELEMENTS DE LA CHAINE SCANOGRAPHIQUE	15
2 ^{ème} PARTIE : LE MODELE BIOLOGIQUE, <i>Testudo hermanni hermanni</i>	16
A. LA CLASSIFICATION.....	16
B. LA BIOLOGIE	16
I. BIOTOPE NATUREL	16
II. ALIMENTATION.....	18
III. REPRODUCTION.....	19
IV. HIBERNATION	20
V. ACTIVITEES DURANT L'ANNEE.....	20
C. DIAGNOSE DE TESTUDO HERMANNI HERMANNI	21
I. ELEMENTS PERMETTANT LA DIAGNOSE	21
II. DIMORPHISME SEXUELLE.....	23
D. LES SPECIFICITES ANATOMIQUES DES CHELONIENS.....	24
I. OSTEOLOGIE	24
II. APPAREIL CIRCULATOIRE.....	26
III. APPAREIL RESPIATOIRE.....	27
IV. APPAREIL DIGESTIF	28
V. APPAREIL REPRODUCTEUR ET AUTRES	30
E. LEGISLATION.....	30
3 ^{ème} PARTIE : LE PROJET, L'ATLAS TOMODENSITOMETRIQUE DE LA TORTUE D'HERMANN	31
A. REALISATION D'UN EXAMEN TOMODENSITOMETRIQUE D'UNE TORTUE D'HERMANN	31
I. EXAMEN CLINIQUE	31

II.	ANESTHESIE DU PATIENT.....	33
III.	SCANNER UTILISE ET CHOIX DU PROTOCOLE D'ACQUISITION	34
IV.	ACQUISITION DES COUPES TRANSVERSALES	35
V.	RECONSTITUTIONS DES IMAGES DANS LE MODES DE VISUALISATION MPR.....	35
B.	L'ATLAS TOMODENSITOMETRIQUE.....	35
I.	MISE EN FORME DES IMAGES	35
II.	LEGANDAGE.....	35
III.	PRESENTATION DU SITE INTERNET	36
IV.	EXEMPLES D'IMAGES MISES EN LIGNE.....	36
	CONCLUSION	38
	BIBLIOGRAPHIE.....	40
	RESUME	41

Table des illustrations

Figure 1 Mouvement source - détecteur autour du patient	8
Figure 2 Echelle de Hounsfield.....	9
Figure 3 Notion de fenêtre et de niveau, d'après Hounsfield	10
Figure 4 Illustration du phénomène de freinage.....	11
Figure 5 L'effet photoélectrique.....	13
Figure 6 Diffusion Compton	14
Figure 7 Aire de répartition mondiale de l'espèce.....	17
Figure 8 Evolution de l'aire de répartition de la tortue d'Hermann	17
Figure 9 Plage de température.....	18
Figure 10 Parade sexuelle.....	19
Figure 11 Activités en fonction du mois.....	20
Figure 12 photographie de diagnose écaille supracaudale et griffe de la queue	21
Figure 13 Photographie de diagnose dossière et plastron.....	22
Figure 14 Eléments de dimorphisme sexuelle	23
Figure 15 Nomenclature des plaques osseuses et des écailles de la dossière et du plastron	24
Figure 16 Squelette de tortue	25
Figure 17 Cœur de tortue.....	26
Figure 18 Systèmes porte rénal et hépatique	27
Figure 19 Anatomie générale d'un chélonien en coupe longitudinale médiane (Mader. 1996)	28
Figure 21 Photo de la tortue d'Hermann de l'étude	31
Figure 22 Radiographie cranio caudal.....	32
Figure 23 Radiographie dorso ventrale	32
Figure 24 Radiographie profil droit	33
Figure 25 Scanner et la tortue	34
Figure 26 Planche 8 en fenêtre tissu osseux	36
Figure 27 Planche 5 en fenêtre tissu pulmonaire	37

INTRODUCTION

L'imagerie médicale a depuis ces dernières décennies pris une place importante dans le monde vétérinaire. La radiographie, suivie de l'échographie et plus récemment du scanner et de l'IRM (Imagerie par Résonance Magnétique), accessibles à cette profession, sont une aide indispensable au progrès de la médecine et de la chirurgie. Le recours aux examens d'imagerie médicale dans le milieu vétérinaire tend à s'intensifier. Ce phénomène suit parallèlement l'évolution de la profession allant vers une spécialisation plus importante, et donc l'augmentation significative du nombre de professionnels capables de réaliser et d'interpréter ces examens et mais aussi celle de la clientèle, qui investit beaucoup plus dans les soins de leurs animaux.

A ces débuts réservés uniquement à la médecine humaine et la recherche, l'examen scanner a su ces dernières années investir le monde vétérinaire. Son utilisation restait très confidentielle en raison de son coût et du manque de connaissance à son sujet. Il a su s'imposer ces dernières années comme un examen complémentaire couramment proposé pour son intérêt diagnostic, et leur nombre ne cesse de croître sur le territoire français.

Depuis l'élaboration de son principe, il y a près de 50 ans, les techniques scanographiques n'ont cessé de progresser, tant sur le mode d'acquisition que sur la qualité des images obtenues. Cependant, l'enseignement de ces techniques et de la lecture de ces images est récent et peu développé. Le nombre de personne capable de lire et d'interpréter les résultats de l'examen est limité à des spécialistes en imagerie. Etant donné l'importance que prend l'examen scanner, il semble important de rendre sa compréhension accessible à une part plus importante de la profession.

Ce projet d'atlas tomодensitométrique a pour but d'apporter une base de données gratuite, encore inexistante, utile aussi bien aux étudiants qu'aux praticiens vétérinaires voulant améliorer leur connaissance en matière d'imagerie. Les images anatomiques normales qu'il héberge permettront de servir de point de comparaison avec celles d'examens à portée diagnostic.

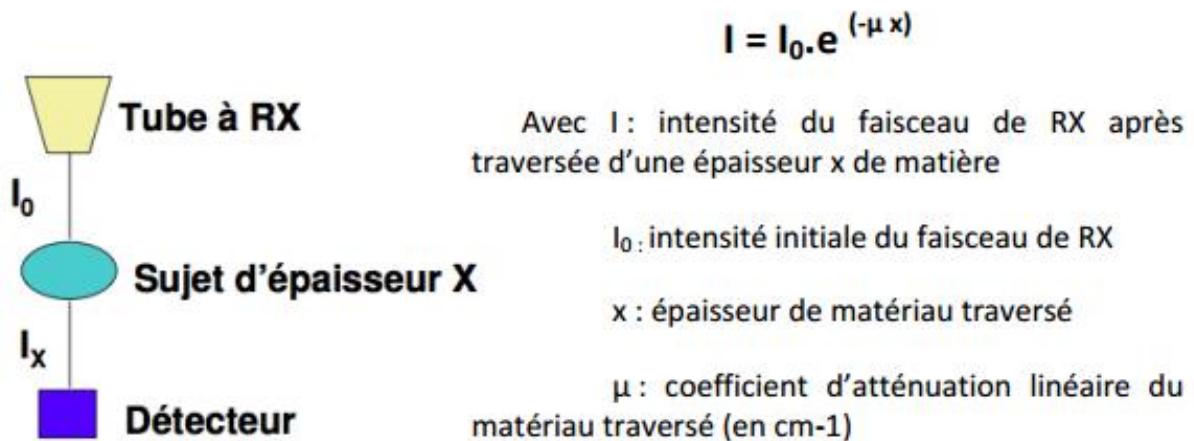
Dans une première partie, nous étudierons le principe de la tomодensitométrie et la réalisation d'un examen. Une deuxième partie sera consacrée à la présentation du modèle biologique. Enfin dans une troisième partie, la présentation du projet d'atlas tomодensitométrique en ligne sera exposée.

1ère PARTIE : PRINCIPES PHYSIQUES DE LA TOMODENSITOMETRIE ET REALISATION PRATIQUE D'UN EXAMEN [8]

A. PRINCIPES DE BASE DE LA TOMODENSITOMETRIE

I. INTRODUCTION

La tomodensitométrie se définit comme une méthode de mesure de la densité radiologique des volumes élémentaires d'une coupe. Cette méthode radiographique utilise le même principe que la radiographie conventionnelle mais elle permet d'obtenir des images d'une coupe d'un corps plus de 100 fois plus précises. Ce principe de base repose sur la différence d'atténuation des rayons électromagnétiques d'un tissu à l'autre :



Le faisceau de rayons X traversant l'objet, subit une atténuation mesurée physiquement par un coefficient μ (coefficient d'atténuation) fonction de la densité électronique de cet objet.

$$\mu = \log (I_x/I_0)$$

Cette technique est un moyen d'étude du coefficient d'atténuation μ des éléments constitutifs d'un volume. Son but est d'effectuer la plus grande discrimination possible parmi les différentes valeurs de μ pour pallier les insuffisances de la radiologie conventionnelle. La tomodensitométrie explore l'objet plan par plan avec une meilleure résolution en densité ce qui permet de distinguer les composantes tissulaires macroscopiques jusqu'alors confondues en radiologie conventionnelle.

Pendant l'examen tomодensitométrique l'arceau constitué du couple source-détecteur effectue une rotation autour du corps à étudier et réalise de nombreuses mesures selon diverses incidences (cf. Figure 1). Un ordinateur détermine ensuite quelle est la participation de chaque volume élémentaire « Voxel » rencontrés par les rayons X à l'atténuation globale et calcule ainsi la densité de chacun de ces volumes.

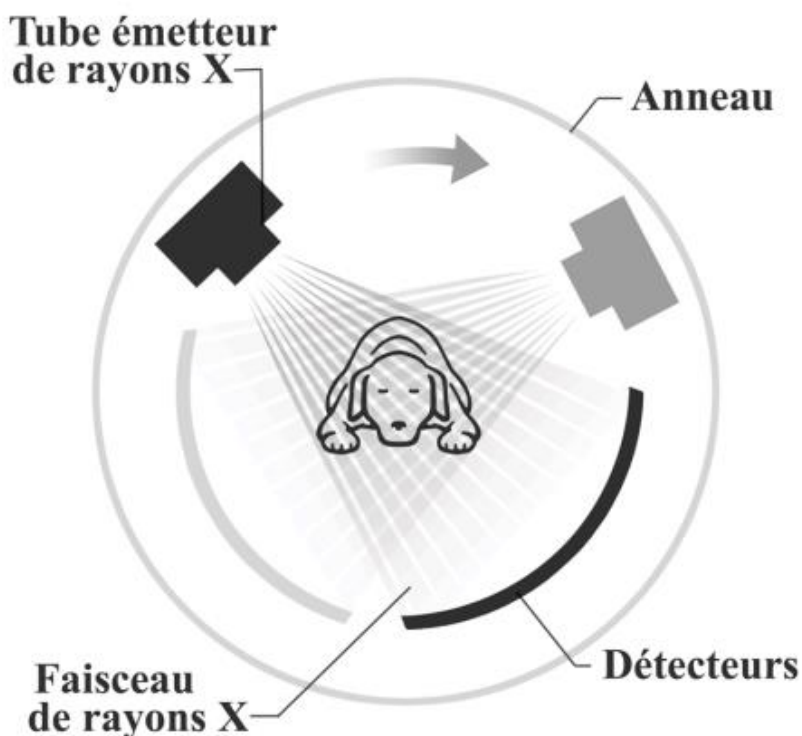


Figure 1 Mouvement source - détecteur autour du patient

L'ordinateur attribue ensuite un ton de gris à chaque densité ce qui permet d'obtenir l'image de la coupe considérée. Il distingue 2000 nuances de densité qui ont été classées par Godfrey Hounsfield sur une échelle portant son nom illustré ci-dessous par la figure 2.

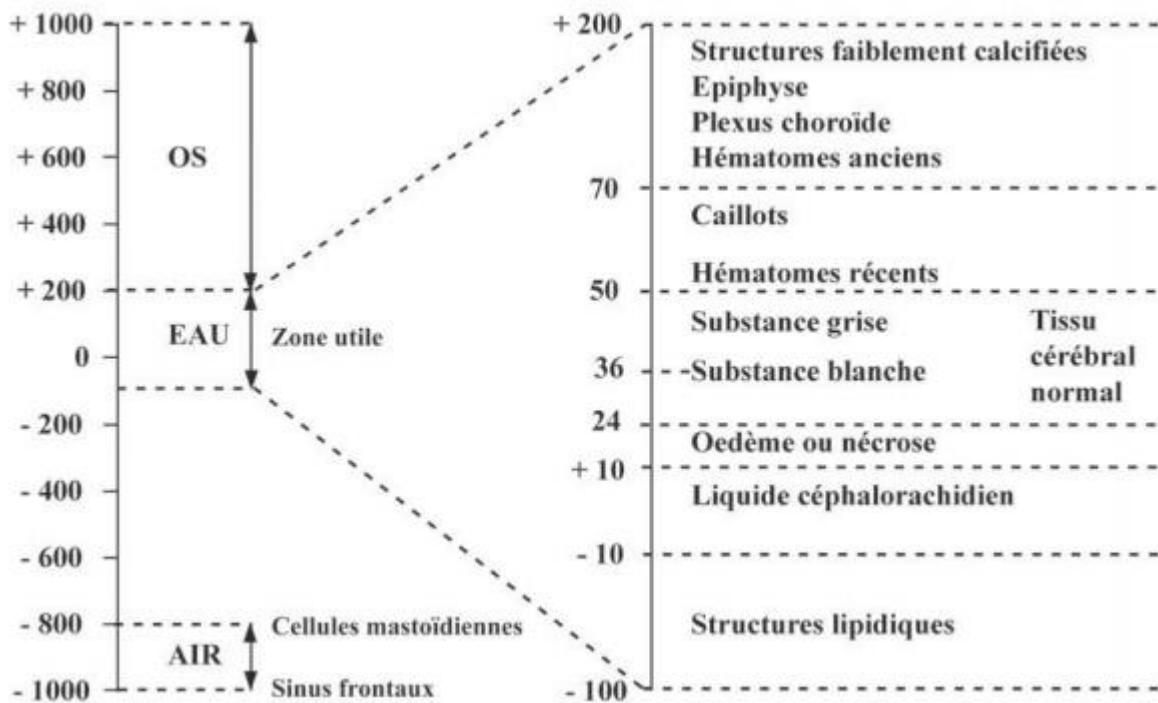


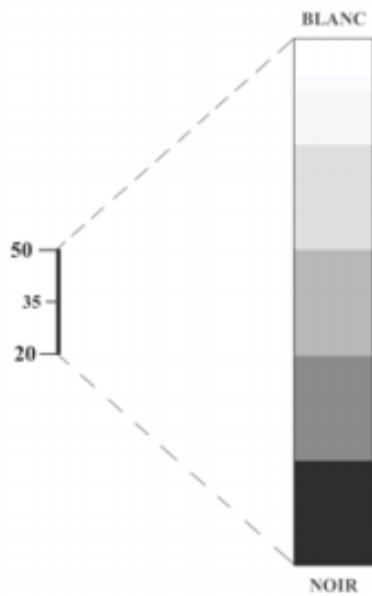
Figure 2 Echelle de Hounsfield

Ainsi chaque μ est exprimé en indice Hounsfield (IH) sur une échelle allant de -1000 (densité de l'air, en noir sur l'écran) à +1000 (densité de l'os, en blanc sur l'écran) selon cette formule :

$$\text{IH d'un corps A} = \frac{\mu_a - \mu_{\text{eau}}}{\mu_{\text{eau}}} \times 1000$$

Sur l'échelle de Hounsfield sont présentées en exemple les densités des différents tissus cérébraux. Cependant cette échelle est trop étendue pour l'œil humain qui ne peut distinguer que 15 à 20 nuances de gris. Si l'on affecte 15 nuances aux 2000 densités discernables par l'appareil, une seule nuance regroupe de nombreuses densités et l'image perd de sa précision. Ainsi, il est préférable de ne présenter qu'une partie de l'échelle appelée « fenêtre », qui est caractérisée par un niveau et une largeur.

Le niveau est la densité sur laquelle on centre l'intervalle, c'est-à-dire la médiane de la fenêtre. La largeur est l'étendue de la fenêtre. Plus la fenêtre est étroite, plus la discrimination est importante et plus différencier des structures de densités très proches est réalisable. Le niveau détermine la brillance de l'image, la largeur de la fenêtre caractérise le contraste. Comme expliqué sur la figure 3.



Dans cet exemple, le niveau de la fenêtre choisie est + 35 ; la largeur de la fenêtre choisie est 30. Toutes les valeurs supérieures à + 50 sont confondues dans le blanc et toutes les valeurs inférieures à 20 sont confondues dans le noir.

Figure 3 Notion de fenêtre et de niveau, d'après Hounsfield

On distingue en général deux types de fenêtre : les fenêtres de type « os » qui permettent de repérer les reliefs et la structure du tissu osseux ; elles sont très larges afin de couvrir tous les types d'os, toute la largeur de l'échelle de Hounsfield est en général choisie.

Les fenêtres de type « tissus mous » destinées, comme leur nom l'indique, aux organes peu calcifiés, sont des fenêtres assez étroites que l'on centre autour du coefficient d'absorption du tissu choisi.

II. MECANISMES PHYSIQUES

1. Définition des rayons X

Les rayons X sont des rayonnements électromagnétiques aparticulaires. Ils se déplacent sous la forme d'une combinaison d'un champ électrique et d'un champ magnétique perpendiculaires l'un à l'autre, en phase et dont l'intensité varie suivant une fonction sinusoïdale. Les ondes électromagnétiques se déplacent en ligne droite dans le vide et la matière, à vitesse constante de 3.108 m.s^{-1} . Elles se caractérisent par une longueur d'onde très courte (10-8 centimètres) et une amplitude. Les rayons X sont beaucoup plus énergétiques que les rayons du visible ($>102 \text{ eV}$), c'est pourquoi, ils sont capables de traverser des corps que la lumière ne peut pas traverser. En les traversant, ils vont ioniser ces corps : Ils génèrent des ions positifs.

Cela à des conséquences sur la structure et la viabilité des cellules, une protection contre les RX est donc nécessaire.

2. Formation des rayons X

Un générateur formé d'un filament de tungstène porté à incandescence, qui constitue la cathode, produit un flux d'électrons (exprimé en mA) dans le vide sur une cible en métaux lourds, l'anode. Se produit alors une accélération d'électrons par une forte tension entre la cathode et l'anode mesurée en KV (Kilovolts). L'anode assure le freinage des électrons accélérés et émet, par le foyer, un faisceau de rayons X dont le spectre résulte de la superposition d'un spectre continu et d'un spectre de raies.

Le spectre continu des rayons X correspond aux interactions des électrons avec les noyaux de la cible : il s'agit du rayonnement de freinage ou *Bremstrahlung* (cf. Figure 4). En effet, l'électron est chargé négativement, le noyau chargé positivement : l'électron accéléré va être attiré par le noyau, il est soumis à une force d'attraction coulombienne ; il va ainsi être dévié de sa trajectoire initiale, il perd alors de l'énergie qui va se dissiper sous forme de rayon X (photon)

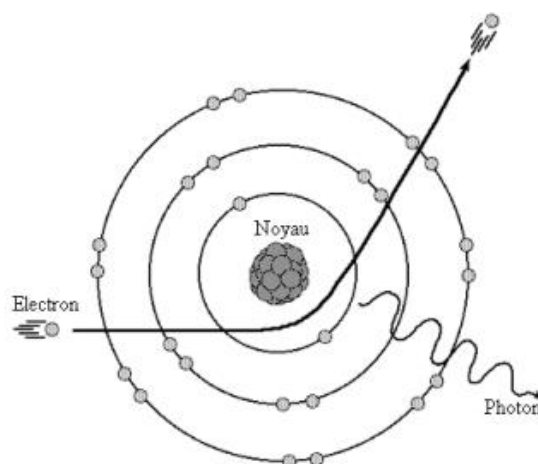


Figure 4 Illustration du phénomène de freinage

Le flux total de rayonnements émis s'exprime selon cette formule :

$$\Omega = k.i.Z.V^2$$

Avec i l'intensité du courant en Ampères, Z le numéro atomique du noyau de la cible et V la différence de potentiel en Volts.

Ainsi, le flux est plus intense quand l'intensité i et la différence de potentiel V augmentent. Les rayons émis sont alors plus énergétiques et pénétrants. La quantité de rayons X est inversement proportionnelle à leur énergie. L'énergie (E) transportée par les rayonnements électromagnétiques est proportionnelle à la fréquence de l'onde électromagnétique (ν) :

$$E = h.\nu$$

Avec h la constante de Planck ($6.63 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2.\text{kg}.\text{s}^{-1}$). L'énergie des rayons X dépend également de la célérité des électrons en millisecondes, de l'attraction du noyau (nombre de protons) et de la distance entre l'électron et le noyau (m).

Le spectre de raies est moins important pour la production de rayons X. Il résulte de l'éjection d'un électron d'une couche profonde de la cible par un électron accéléré émis par la source : il y a ionisation de la cible. L'atome est alors instable, ionisé ou excité suivant l'énergie de l'électron incident, et il retournera à un état d'équilibre en émettant des photons ; leur énergie est égale à la différence des énergies de liaison entre chaque orbite.

III. EFFETS PHOTOELECTRIQUE ET COMPTON

Ces deux effets correspondent aux différentes façons qu'ont les rayons d'interagir avec la matière et déterminent l'atténuation du faisceau incident de rayons X. L'atténuation est d'autant plus importante que le numéro atomique des éléments traversés est élevé et que la densité et l'épaisseur du milieu traversé sont conséquentes et que l'énergie du faisceau incident est faible.

1. Effet photoélectrique

L'effet photoélectrique est le phénomène physique le plus intéressant pour la formation de l'image radiologique. De manière efficace, il atténue les rayonnements pénétrants : le rayon X est absorbé en interagissant avec un électron et émet un rayon secondaire diffracté. La structure en couches des atomes joue un rôle primordial. Le rayon X n'arrache un électron que si son énergie est supérieure à l'énergie de liaison de celui-ci sur sa couche. Cet électron éjecté va percuter d'autres électrons dans la matière et entraîner une suite d'ionisations. Un électron d'une couche plus externe va prendre la place de l'électron manquant et il y a alors libération d'énergie sous la forme d'un rayon X diffracté.

Cet effet prédomine avec des rayons X incidents de basse énergie ($\leq 70 \text{ kV}$), une matière traversée de densité forte ($d_{\text{os}} > d_{\text{tissus mous}} > d_{\text{air}}$), et un tissu de numéro atomique Z élevé. Quand l'absorption augmente, l'éclaircissement augmente. Cet effet photoélectrique est donc à l'origine du contraste radiographique et est illustré ci-dessous par la figure 5.

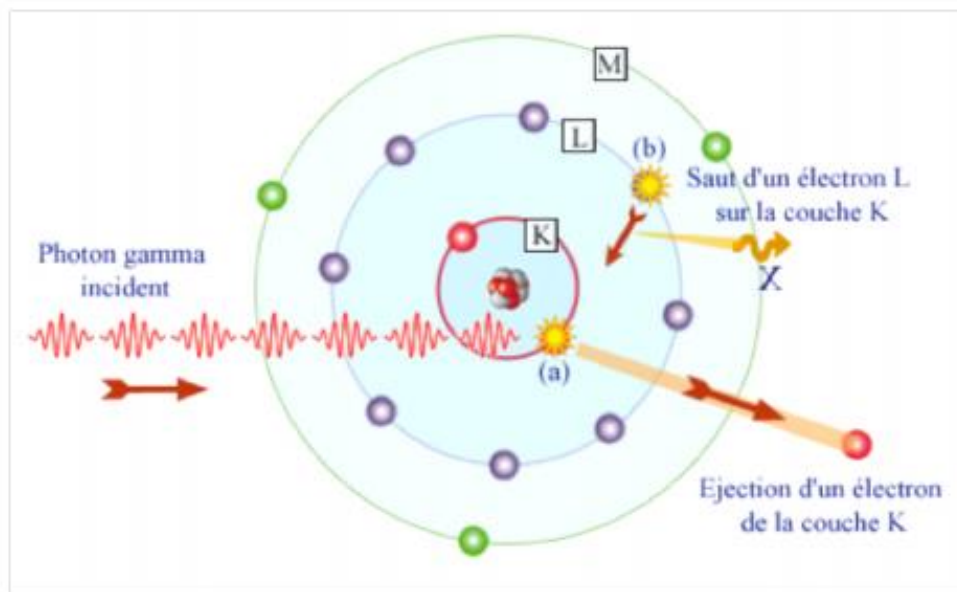


Figure 5 L'effet photoélectrique

2. Effet Compton

En physique, la diffusion Compton est la diffusion d'un rayon X d'incidence E sur un électron de la couche périphérique d'un atome à qui il transfère une énergie E_a . Au cours du processus, l'électron est éjecté de l'atome, qui est donc ionisé. Le reste de l'énergie E_s est emportée sous la forme d'un photon diffusé appelé photon Compton. Ce rayonnement diffusé possède quasiment la même énergie que le rayon X incident ; en effet, les lois de la Physique gouvernant l'effet Compton font que le photon diffusé emporte la majeure partie de l'énergie : 96 % en moyenne à 50 keV, 83 % à 500 keV. De plus, il émerge généralement dans une direction différente du photon incident. Il peut même partir en sens inverse (rétrodiffusion). En moyenne il part avec un angle de 30 à 45 degrés. Des rayons incidents de plusieurs centaines de keV peuvent subir de multiples diffusions Compton avant d'être finalement absorbé par effet photoélectrique.

Cet effet Compton prédomine avec des rayons incidents de forte énergie (>100kV), et une matière de densité moyenne. Cependant, il est indépendant du numéro atomique Z du tissu traversé.

Contrairement à l'effet photoélectrique, l'effet Compton (cf. Figure 6) altère la qualité de l'image radiographique. De plus, il est plus irradiant pour le personnel. La radioprotection est donc nécessaire.

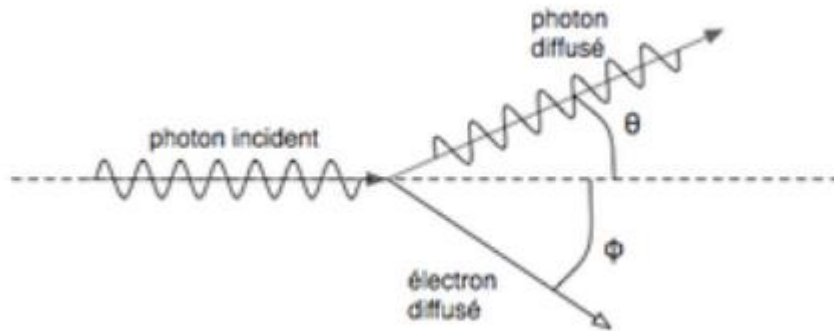


Figure 6 Diffusion Compton

Dans cette plage d'énergie, on le voit très variable, le phénomène concerne tous les électrons de l'atome, alors que dans l'effet photoélectrique ce sont les deux électrons de la couche K la plus interne qui jouent un rôle.

B. FONCTIONNEMENT DU SCANNER

I. L'APPAREIL ET SES REGLAGES

Le patient est placé sur une table qui se déplace dans le sens longitudinal à l'intérieur d'un court anneau. Celui-ci contient un tube à rayons X qui génère un faisceau d'une épaisseur de 1 à 10 millimètres et qui va tourner autour du patient. En face du tube sont disposés des milliers de détecteurs qui vont mesurer l'intensité résiduelle du faisceau qui a traversé le corps du patient. L'appareil multiplie les mesures sur un angle de 360 degrés afin d'obtenir des coupes axiales les plus précises possibles.

Dans l'arceau, un premier détecteur électronique mesure l'intensité de rayons X émis par le tube radiogène avant qu'il ne balaie point par point la tranche du corps à examiner. Pour explorer cette coupe, le tube effectue une rotation complète degré par degré. Une partie du rayonnement incident est absorbé par les tissus traversés. Le rayonnement émergent est capté par un détecteur électronique qui tourne de façon synchrone avec le tube. Au cours de la rotation, rayons X incidents et rayons X émergents captés sont comparés et convertis en signaux électriques.

L'ordinateur permet de calculer l'absorption du rayonnement en chaque point de la coupe. Le scanner utilise l'absorption des rayons X en relation directe avec la densité des tissus que les rayons ont rencontrés. Les résultats sont alors mis en mémoire.

Un traitement informatique complexe permet ensuite de faire apparaître sur l'écran l'image reconstituée d'une coupe axiale de 1 à 10 millimètres d'épaisseur. Cette image traduit les variations d'absorption des tissus traversés auxquelles sont associées des variations de nuances (noir, gris, blanc) ou des couleurs conventionnelles.

Avant tout examen tomodensitométrique plusieurs paramètres doivent être réglés :

- **La tension** en kilovolts (kV), qui va être responsable du contraste c'est à dire de la pénétration des rayons X.
- **Le temps d'exposition** en secondes (s), qui doit être réduit au maximum selon les principes de la radioprotection.
- **L'intensité** du courant en milliampères (mA), qui module le nombre d'électrons et donc le noircissement de l'image finale.
- **Le nombre de coupes et leur espacement**, Concrètement, les coupes peuvent être séparées par une zone aveugle si la distance entre deux coupes est supérieure à la largeur de la coupe, jointives si l'espacement est égal à la largeur des coupes, ou chevauchantes (Overlap) si l'espacement est inférieur à la largeur des coupes.
- **L'épaisseur des coupes**
- **La direction des coupes**
- **Le champ** : il s'agit du diamètre de la tranche anatomique visualisée sur l'image. Plus le champ est limité, et meilleure sera la définition de l'image.

II. LES ELEMENTS DE LA CHAINE SCANOGRAPHIQUE

Un système de mesures comprend la réception du rayonnement résiduel par les couples « tube radiogène – détecteurs », une conversion de ce rayon en signal électrique puis une intégration en signal numérique qui sera par la suite exploitable par l'ordinateur. Chaque mesure correspond à un profil d'absorption. La quantité d'information brute est proportionnelle au nombre de mesures (rotation de 360 degrés, degré par degré) et au nombre de récepteurs. C'est le premier élément de la qualité de l'image radiographique.

Un système de reconstruction de l'image. Le rayonnement résiduel capté par les détecteur est confronté au rayonnement témoin ce qui permet de mesurer l'atténuation des rayons X. Ces signaux électriques sont convertis en nombres binaires qui vont être amplifiés et numérisés par l'ordinateur. Celui-ci traduit en image par des niveaux de gris les différences d'atténuation des rayons X dans les divers volumes élémentaires (Voxel) de l'organe examiné. La durée de la reconstitution de l'image varie de 3 à 8 secondes.

Une console de visualisation de l'image. Chaque donnée numérique va être convertie, sur un écran d'ordinateur, en un point lumineux dont l'intensité (blanc, gris, noir) est proportionnelle à l'absorption des rayons X. On obtient alors une image écran classique. En scanographie, 10 millions d'images sont à effectuer pour produire une seule image.

A. LA CLASSIFICATION [7]

Règne : Animal

Embranchement : Chordé

Classe : Reptile

Ordre : Chélonien

Sous ordre : Cryptodire

Famille : Testudinidée

Genre : Testudo

Espèce : Hermann

Sous espèce:

- *Testudo hermanni hermanni* (Gmelin, 1789) ou Tortue d'Hermann occidentale
- *Testudo hermanni boettgeri* (Mojsisovics, 1889) ou Tortue d'Hermann orientale

La tortue d'Hermann occidentale, dernière tortue terrestre endémique, est le plus vieux vertébré de France et sera notre modèle.

B. LA BIOLOGIE [2, 14, 15]

I. BIOTOPE NATUREL

1. Répartition géographique

Testudo hermanni hermanni, sous espèce occidentale de la tortue d'Hermann, se retrouve en France (département du Var et Corse), en Espagne (Albènes) et en Italie (Abruzzes et la côte ouest du pays) ainsi que dans quelques îles de Méditerranée.

Sa congénère, la tortue *Testudo hermanni boettgeri* (sous espèce orientale), se retrouve majoritairement dans les pays Balkans comme le montre la figure 7.

La densité de population dans le Var est très faible: de 0 à 2 individus par hectare. On la retrouve dans un triangle entre Hyères, Fréjus et Draguignan. Elle est considérée comme une espèce rare et menacée à très court terme.

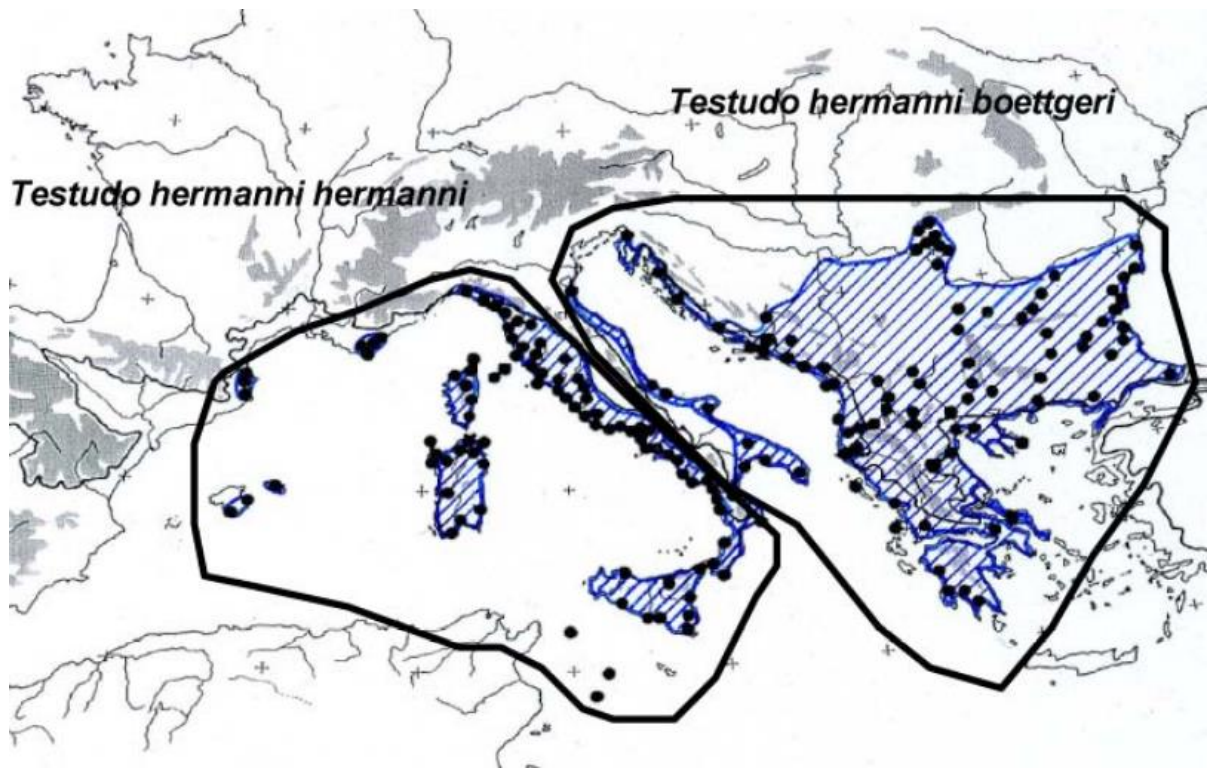


Figure 7 Aire de répartition mondiale de l'espèce

La tortue d'Herman est actuellement dans une situation critique. En effet, son espace naturel diminue à cause de plusieurs facteurs : urbanisation et aménagement du littoral méditerranéen, incendies de forêts, ramassage illicite de spécimens, ainsi qu'abandon des pratiques agricoles et pastorales traditionnelles. Tous ces facteurs entraînent une diminution de son aire de répartition (cf. Figure 8).

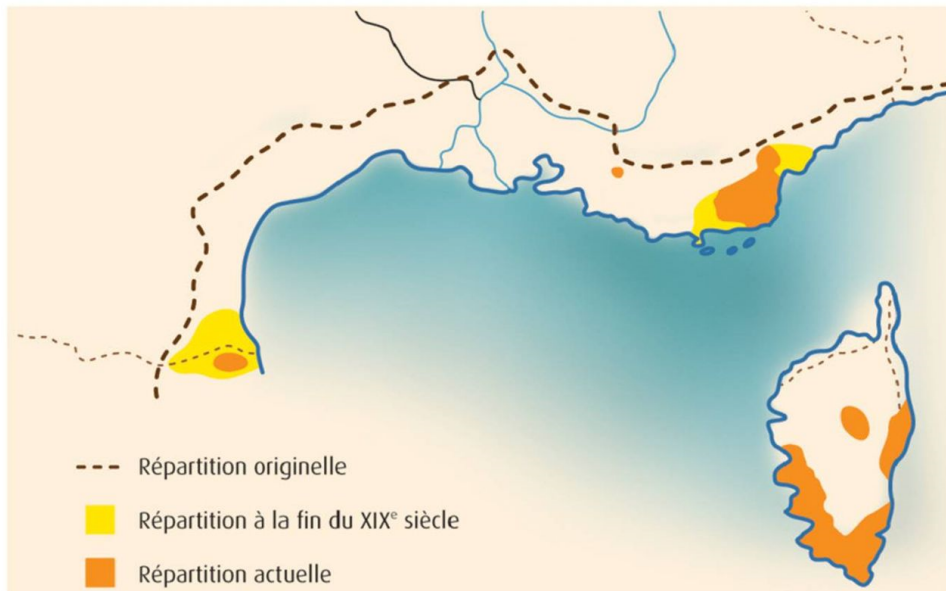


Figure 8 Evolution de l'aire de répartition de la tortue d'Hermann

2. Terrain et végétation

Les lieux de prédilection de cette espèce sont les zones peu accidentées rarement rocheuses où se développe une flore de type sud méditerranéen. Par exemple un maquis dense en sous-bois pour pouvoir hiberner en hiver et pour pouvoir se protéger du soleil en été constitue un habitat propice. Il est nécessaire également d'y trouver des zones ouvertes pour ses pontes. Cette espèce vit généralement sur des territoires situés à une altitude inférieure à 400m, mais on la retrouve parfois jusqu'à 700m comme par exemple en Corse.

3. Climat

La situation géographique d'habitat et de ponte de la tortue d'Hermann lui permet de bénéficier d'hivers doux, avec des températures moyennes toujours au-dessus de zéro en hiver et d'étés secs et chauds aux alentours de 25 degrés en juillet. Dans ces zones, l'ensoleillement annuel compris entre 2500 et 3000 heures lui assure ces températures de vie (Figure 9).

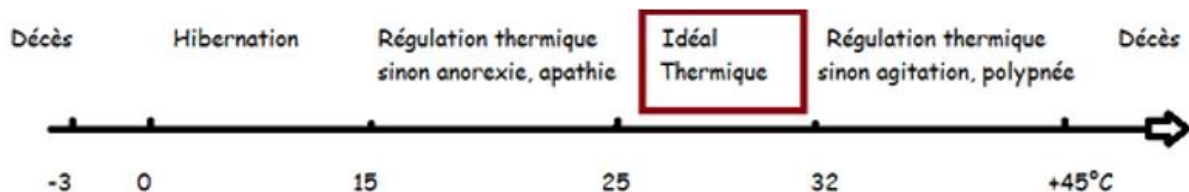


Figure 9 Plage de température

Le cycle d'activité, hors période d'hibernation, s'étend de mars à octobre. Malgré tout, il peut débuter en février et se terminer en novembre en fonction des populations et des conditions climatiques particulières de chaque année. L'activité maximale se situe au printemps et en été.

II. ALIMENTATION

La tortue d'Hermann est majoritairement herbivore et frugivore, avec un menu très varié et a une préférence pour les herbacées annuelles (notamment les astéracées et les fabacées). Son choix est guidé d'abord par les couleurs, avec en particulier une attirance pour le jaune et le rouge, et ensuite par l'odorat. Quelques invertébrés (limaces et escargots) et quelques charognes peuvent faire partie du régime alimentaire à l'occasion.

III. REPRODUCTION

La maturité sexuelle est atteinte vers l'âge de 10 ans pour les mâles et 12 ans pour les femelles. Les accouplements ont lieu durant la période d'activité, avec un pic au printemps (mars - avril) et en fin été (septembre - octobre). La parade sexuelle illustrée par la figure 10 est plutôt violente, le mâle attend que la femelle vienne sur son territoire.

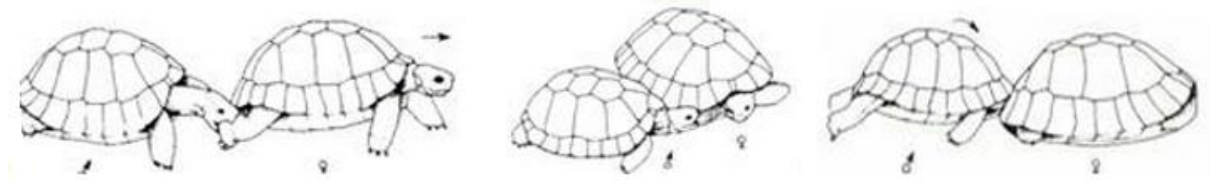


Figure 10 Parade sexuelle

La copulation en elle-même ne dure que cinq minutes avec des chuintements produits par le mâle. La femelle a la capacité de stocker le sperme de son partenaire dans une spermathèque durant quatre ans.

La ponte a lieu un ou deux mois post accouplement, de mai à juillet, sur un terrain meuble et ensoleillé plein sud choisi par la femelle. Les femelles déposent une à deux pontes séparées de 10 à 20 jours environ, généralement composées de 2 à 7 œufs. Le temps d'incubation des œufs est d'environ 90 jours suivant les conditions climatiques. Ainsi les éclosions s'étalent sur une période allant d'août à octobre, très souvent au moment des premières pluies qui ramollissent le sol. La mortalité de l'espèce est très importante au stade de l'œuf et au stade juvénile mais est très faible après.

La température d'incubation des œufs définit le sexe des tortues comme le montre le tableau suivant [13].

Température d'incubation	Ratio mâles/femelles
28°C	100% de mâles
30°C	50% de mâles et 50% de femelles
32°C	100% de femelles
supérieure à 33°C	en principe létale

La croissance est quasi nulle avant la première hibernation. Les individus grandissent ensuite d'environ 8% chaque année jusqu'à leur maturité sexuelle où ils atteignent leur taille définitive. Dans le milieu naturel, la longévité est en moyenne de cinquante ans, et peut atteindre soixante ans dans certains cas.

IV. HIBERNATION

L'hibernation s'étale sur une période de trois à quatre mois. En octobre on observe une diminution de l'activité puis en novembre commence l'hibernation profonde sous des feuilles ou dans un abri creusé à 6-7cm de profondeur. La température idéale pour une hibernation est de 5°C. Le réveil se fera en février.

Il est conseillé de ne pas faire hiberner les jeunes jusqu'à l'âge de 3 ans ainsi que les individus faibles pour limiter la mortalité. Dans tous les autres cas l'hibernation est préférable et permet même d'augmenter la longévité. Entre 10 et 15 degrés, les tortues entrent dans une somnolence froide, sans hibernation vraie, ce qui n'est pas bon pour leur santé.

V. ACTIVITEES DURANT L'ANNEE

Le tableau ci-dessous montre les différentes phases d'activité d'une tortue au cours d'une année.



Figure 11 Activités en fonction du mois

C. DIAGNOSE DE TESTUDO HERMANNI HERMANNI

I. ELEMENTS PERMETTANT LA DIAGNOSE [12, 14]

- Écaille supra caudale avec un sillon médian (cf. Figure 12)
- Absence d'éperons cornés (ergots) à l'arrière des cuisses (cf. Figure 12)
- Eperon corné (griffe) a la base de la queue avec un sillon sur la face ventrale (cf. Figure 12)
- Plastron comprenant deux bandes noires continues sur un fond jaune, le sillon médian des plaques fémorales est plus grand que le sillon médian des plaques pectorales (cf. Figure 13)
- Carapace ovalaire assez fortement bombée, de couleur jaune-verdâtre à jaune-orangé, ornée de motifs noirs aux contours assez réguliers (cf. Figure 13)
- Cinq griffes sur les membres antérieurs et quatre sur les postérieurs
- Présence d'écailles juxtaposées sur 5 rangs au moins sur la face crâniale des avant-bras laissant apparaître, sur la face latérale de la main, une zone dégagée couverte de petites écailles)

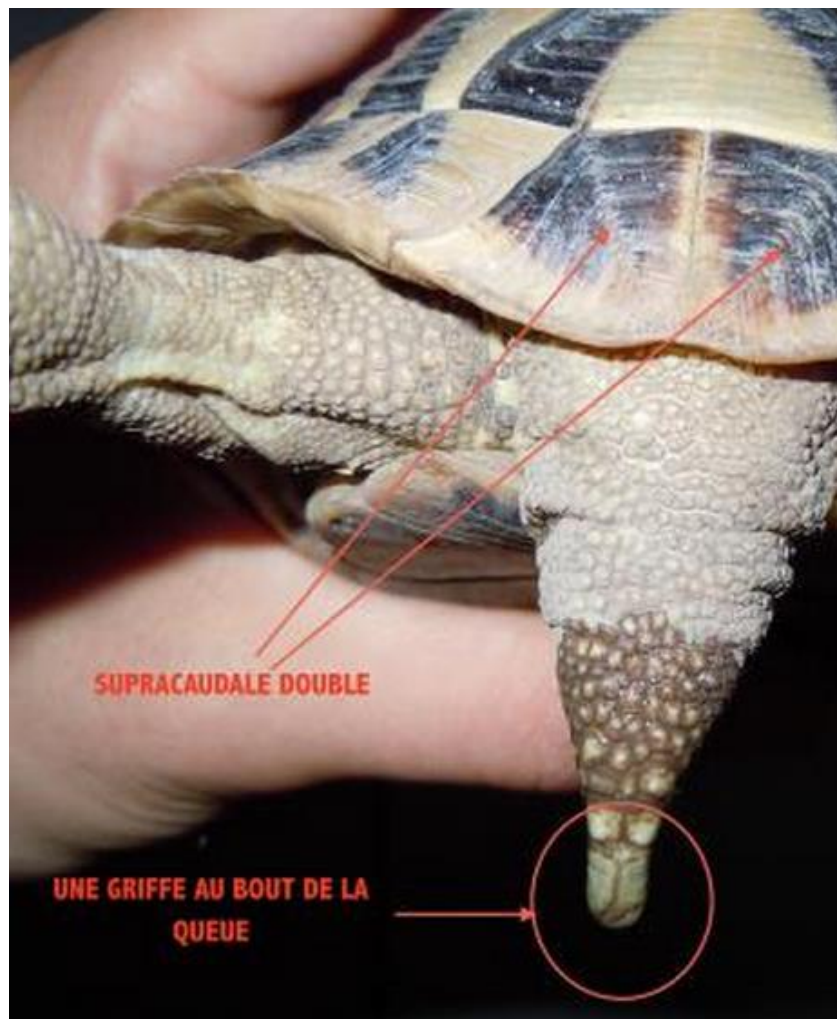


Figure 12 photographie de diagnostic écaille supra-caudale et griffe de la queue

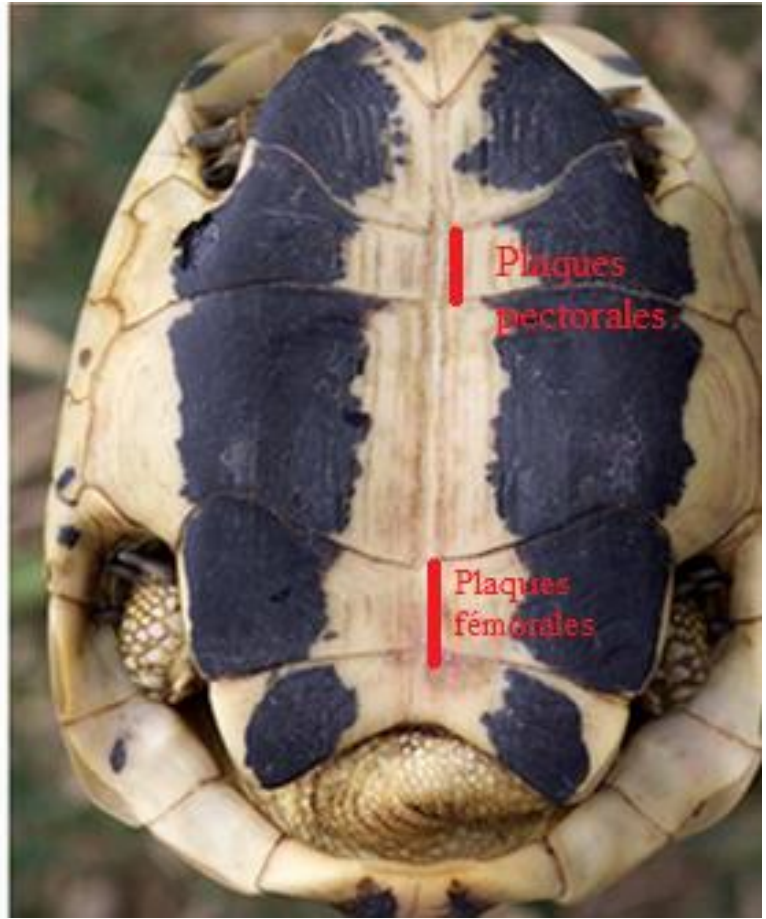


Figure 13 Photographie de diagnose dossière et plastron

II. DIMORPHISME SEXUELLE [14]

Le sexe de la tortue ne peut être identifié que lorsque la tortue mesure environ 10cm (taille atteinte vers l'âge de 5-6 ans) avec les éléments de diagnose ci-dessous.

Longueur moyenne de la carapace: 17 cm chez la femelle contre 14 cm chez le mâle (25 centimètres de longueur maximale). Le mâle a un plastron concave et une queue large et longue comparé à la femelle et qui a un plastron plat. D'autres éléments peuvent aider comme indiqué sur la figure 14.

Poids : jusqu'à 1.5Kg, les femelles sont légèrement plus grosses que les mâles.

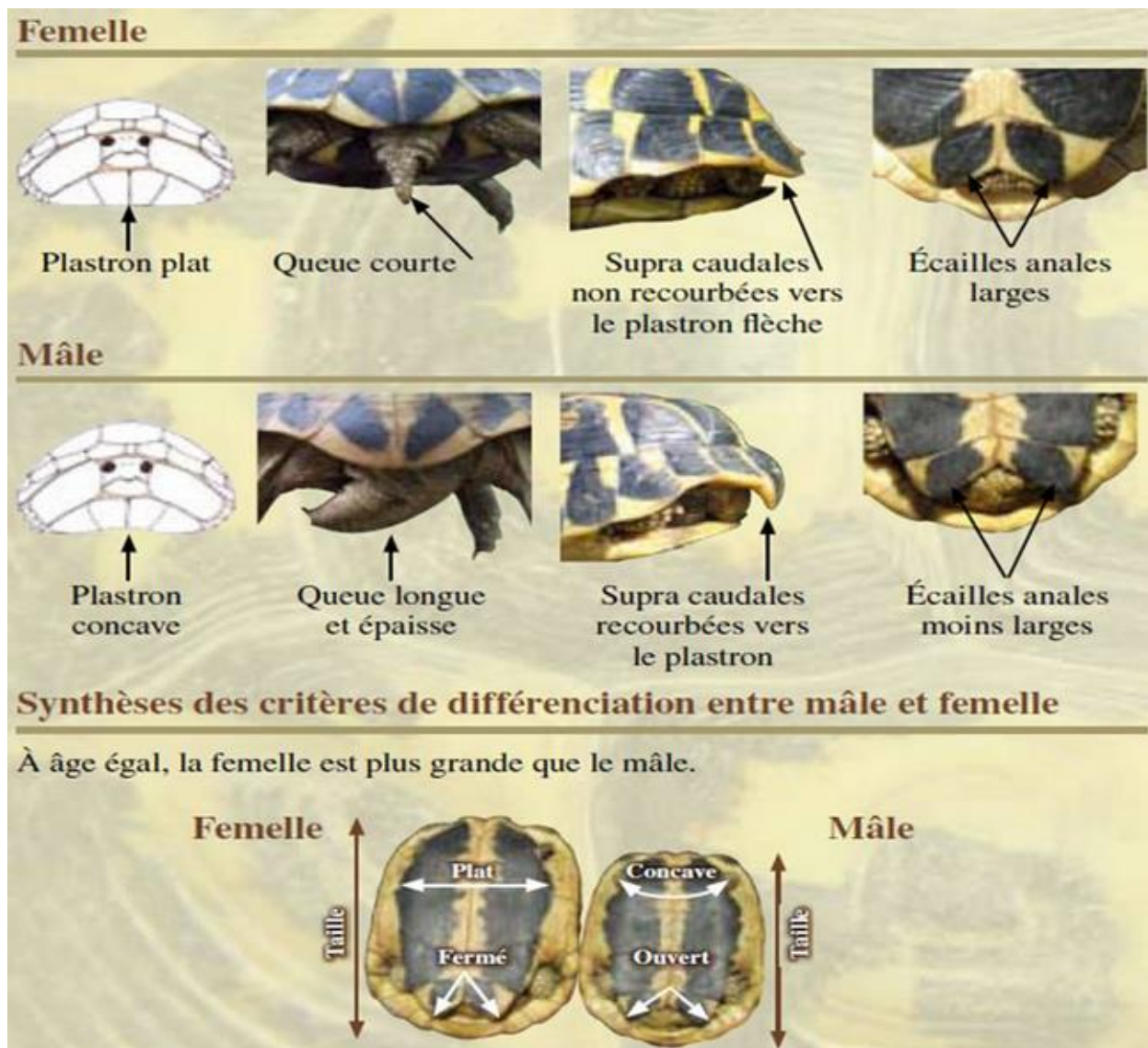


Figure 14 Eléments de dimorphisme sexuelle

D. LES SPECIFICITES ANATOMIQUES DES CHELONIENS [4, 5, 6, 10, 12]

I. OSTEOLOGIE

La première spécificité apparente est la carapace. Elle est composée de la dossière en partie dorsale et du plastron en partie ventrale. Ces deux parties sont constituées de différentes plaques osseuses (appelé aussi ostéoderme) et sont reliées par les ponts axillaire et inguinal. Le tout est recouvert d'écaille de kératine ne se superposant pas aux plaques osseuses (cf. Figure 15).

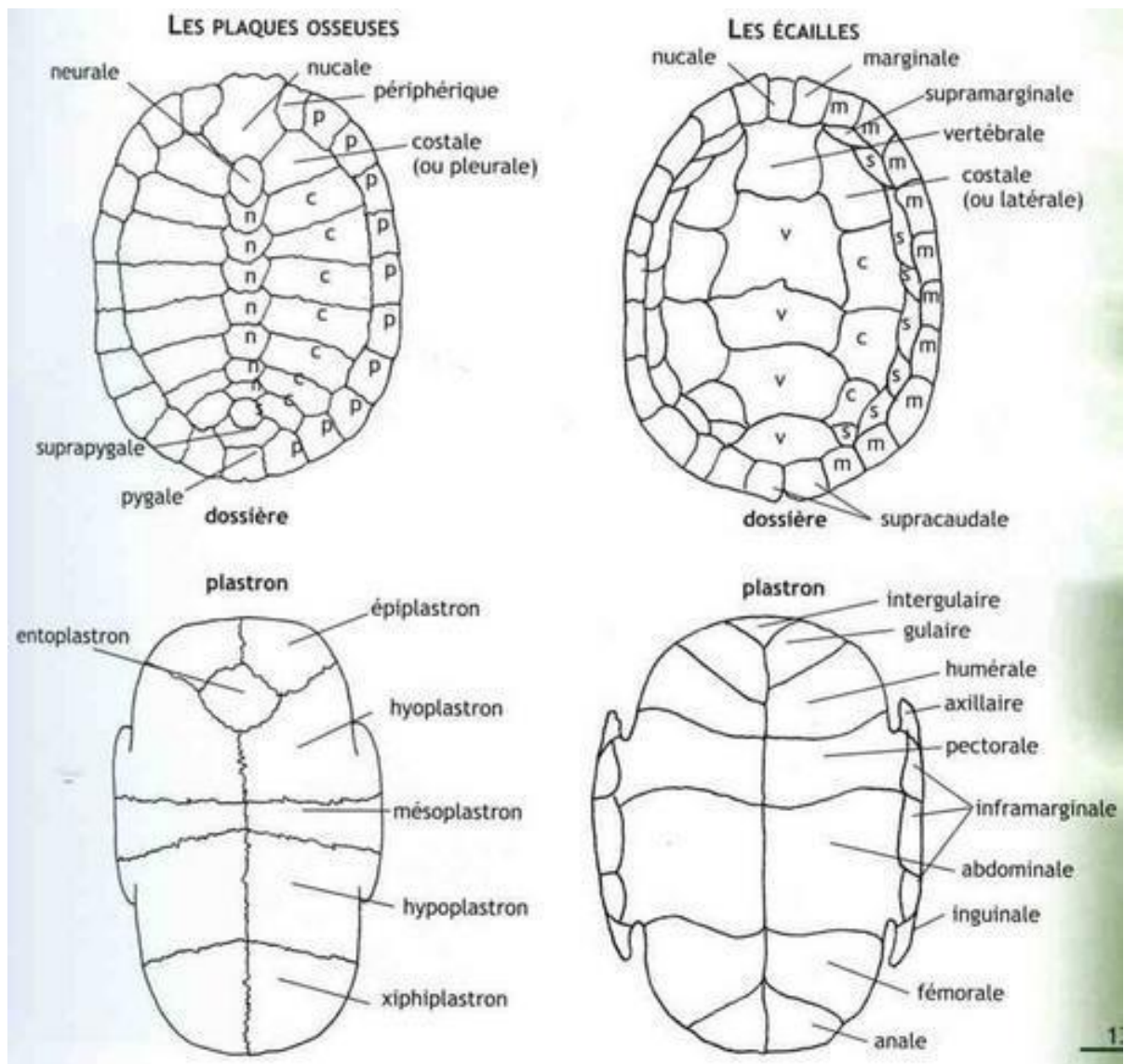


Figure 15 Nomenclature des plaques osseuses et des écailles de la dossière et du plastron

De plus lorsqu'on regarde le squelette d'une tortue terrestre, certains os ont une conformation particulière : par exemple, la forme de l'humérus et du fémur est une conséquence de leur position horizontale.

On peut également noter qu'une partie de la colonne vertébrale (les dix vertèbres dorsales et deux vertèbres sacrées) est soudée à la dossière, ce qui est aussi le cas des côtes. Les huit vertèbres cervicales et les coccygiennes sont libres. On peut aussi remarquer qu'il n'y a pas de sternum et que les ceintures scapulaire thoracique et pelvienne sont soudées à la carapace.

Ci-dessous la figure 16 illustre le squelette d'une tortue terrestre :

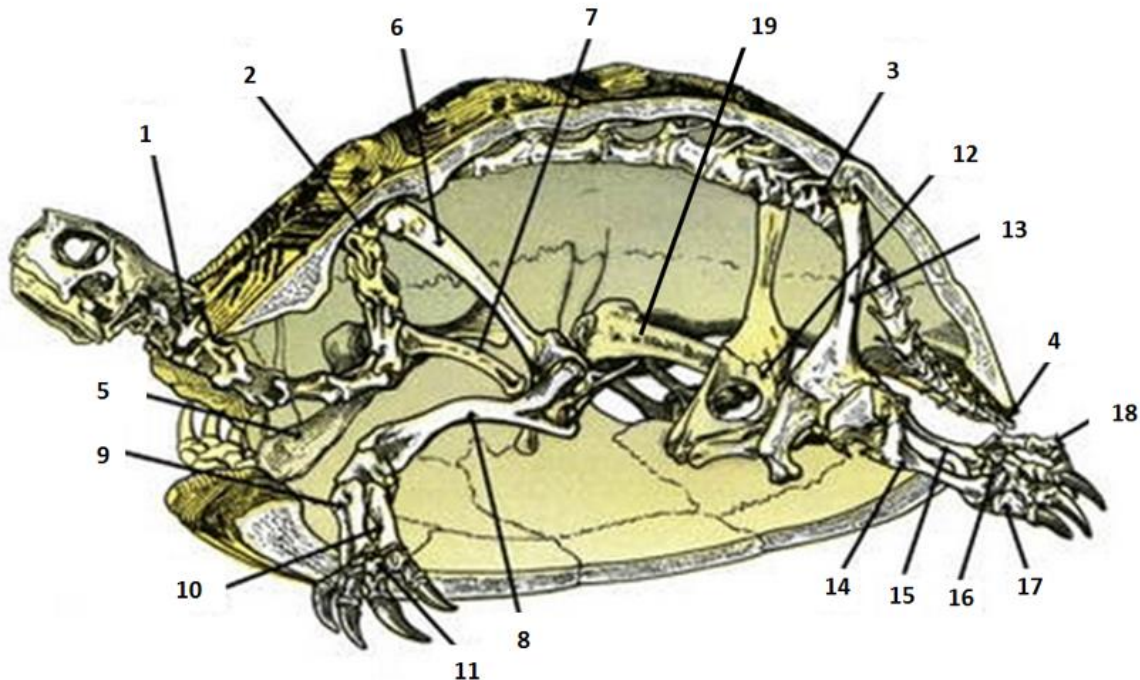


Figure 16 Squelette de tortue

1	vertèbres cervicales	6	scapula	11	carpe	16	tarse
2	vertèbres dorsales	7	coracoïde	12	ceinture pelvienne	17	métatarse
3	vertèbres sacrées	8	humérus gauche	13	ilium	18	phalanges
4	vertèbres caudales	9	ulna	14	tibia	19	fémur
5	humérus droit	10	radius	15	fibula		

Enfin, les os ont une structure particulière au vu de plusieurs de plusieurs critères :

- Ils ne possèdent pas de cavité médullaire.
- Il n'y a pas de centres d'ossification ou de calcification secondaires au niveau des cartilages épiphysaires.
- le périoste est remplacé par des formations similaires au système de Havers des vertébrés supérieurs.

II. APPAREIL CIRCULATOIRE

La circulation sanguine est similaire au mammifère à quelques spécificités près.

La première est que le cœur (cf. Figure 17) est composé de trois cavités comprenant deux oreillettes et un ventricule partiellement cloisonné. Il a une forme triangulaire à la pointe arrondie et un peu aplatie. Il se situe entre les écailles pectorales et abdominales. La deuxième est la présence de deux crosses aortiques. La crosse aortique droite est la plus développée et contient du sang artériel uniquement dirigé vers les artères sous clavières et carotidiennes. La crosse aortique gauche contient du sang mélangé (artériel et veineux) sans aucune branche céphalique. Elles quittent le ventricule et fusionnent plus loin en formant l'aorte abdominale médiane et dorsale.

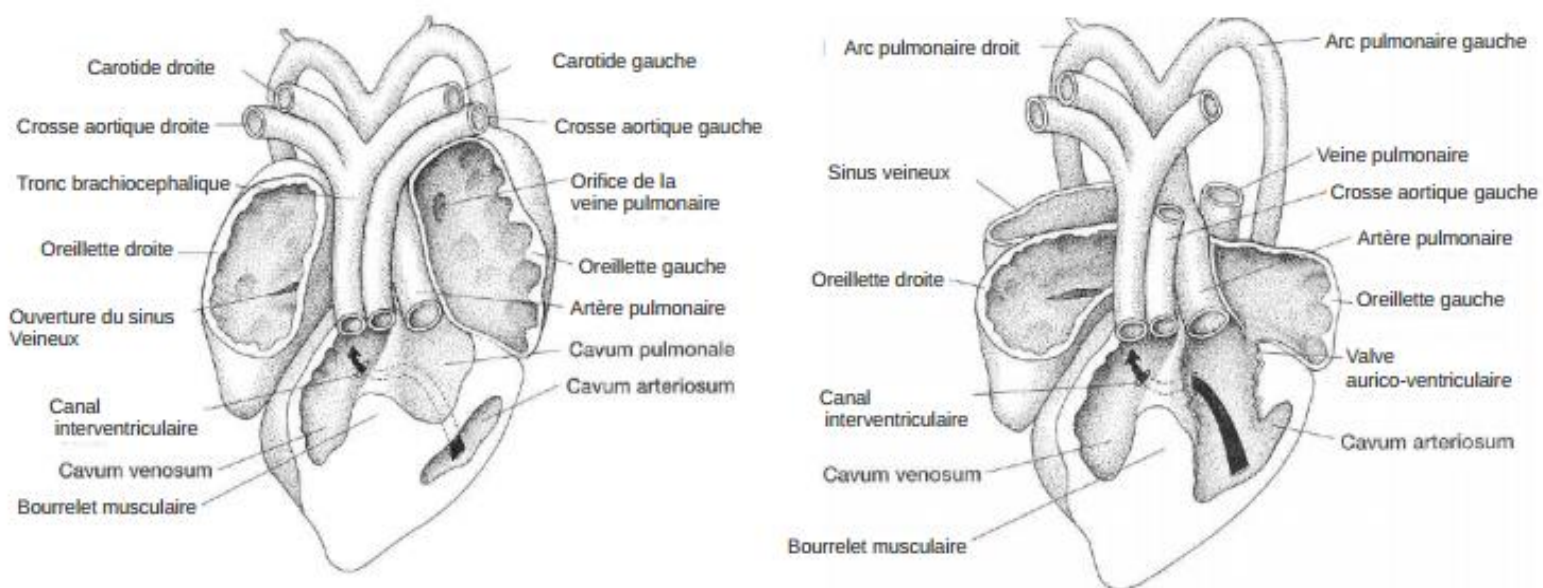


Figure 17 Cœur de tortue

La deuxième est la présence d'un système porte rénal (Hozl, 1997), qui draine le sang des membres pelviens et de la queue vers le parenchyme rénal, plus précisément vers les tubules rénaux. Le système porte hépatique existe comme chez les mammifères (cf. Figure 18).

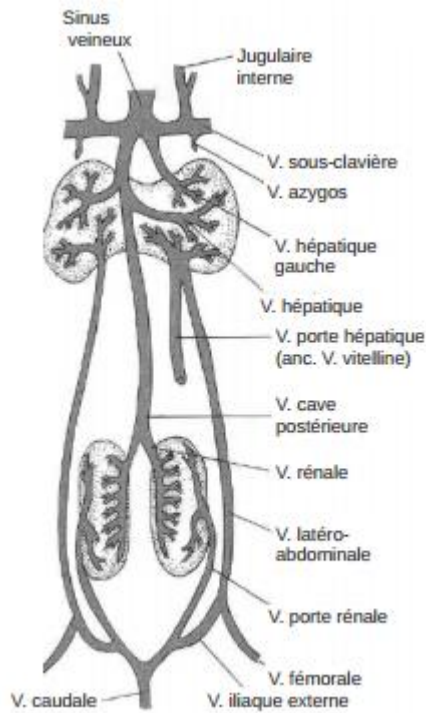


Figure 18 Systèmes porte rénal et hépatique

III. APPAREIL RESPIRATOIRE

Une autre grande différence des chéloniens est l'absence de diaphragme, il n'y a donc pas de thorax et d'abdomen mais une seule cavité cœlomique comme chez les oiseaux.

En ce qui concerne les poumons, ils sont situés dorsalement aux autres organes, collés à la dossière. Ils possèdent un double cloisonnement, longitudinal et transversal. Ceci définit trois espaces longitudinaux eux même divisés en six chambres par des cloisons transversales (la chambre caudale étant plus volumineuse). Ils occupent jusqu'aux deux tiers de la surface dorsale. Ces poumons sont entourés de muscles reliés aux ceintures des membres, à l'appareil hyoïdien, à d'autres muscles à leur périphérie ainsi qu'à des muscles lisses intrinsèques qui sont un des moyens mis en place pour le mécanisme respiratoire.

La trachée de la tortue d'Hermann a des arcs cartilagineux entiers, elle démarre à la base de la langue et se divise très rapidement en deux bronches principales. Dans chaque poumon, la bronche principale forme un conduit aérien central aboutissant dans les différentes chambres. L'abouchement des cavités nasales dans la cavité buccale se fait par les choanes comme chez les oiseaux.

IV. APPAREIL DIGESTIF

Le tractus digestif débute par un bec corné à croissance continue (absence de dents) et se poursuit par un tube digestif classique. Il comprend un œsophage, un estomac situé à gauche ventro-latéralement, et un intestin en trois parties : intestin grêle, caecum volumineux, dérivé sur la droite du corps en position dorsale et colon (20% de la longueur totale de l'intestin). Ce dernier débouche dans un cloaque qui est également l'arrivée des appareils génitaux et urinaires.

Le foie est très volumineux et possède deux lobes entourant complètement la vésicule biliaire et en partie le cœur. Il peut avoir un aspect marbré physiologique et avoir une forme décrite en « selle à cheval ». Le pancréas est contre le duodénum et proche de la rate comme chez les mammifères.

Pour l'appareil urinaire, on retrouve deux reins volumineux lobulés, de structure primitive métanéphrique situés à l'arrière de l'acétabulum.

Les uretères s'abouchent à la limite du cloaque au niveau du col de la vessie. Ainsi quand le sphincter à l'entrée de la vessie est fermé, l'urine passe directement dans le cloaque. La vessie est bilobée, décrite en forme de papillon et possède un épithélium capable d'absorption et de sécrétion. Elle est utilisée comme réserve d'eau notamment au moment de la ponte pour humidifier le sol que les tortues doivent creuser.

Les trois figures suivantes illustrent cela :

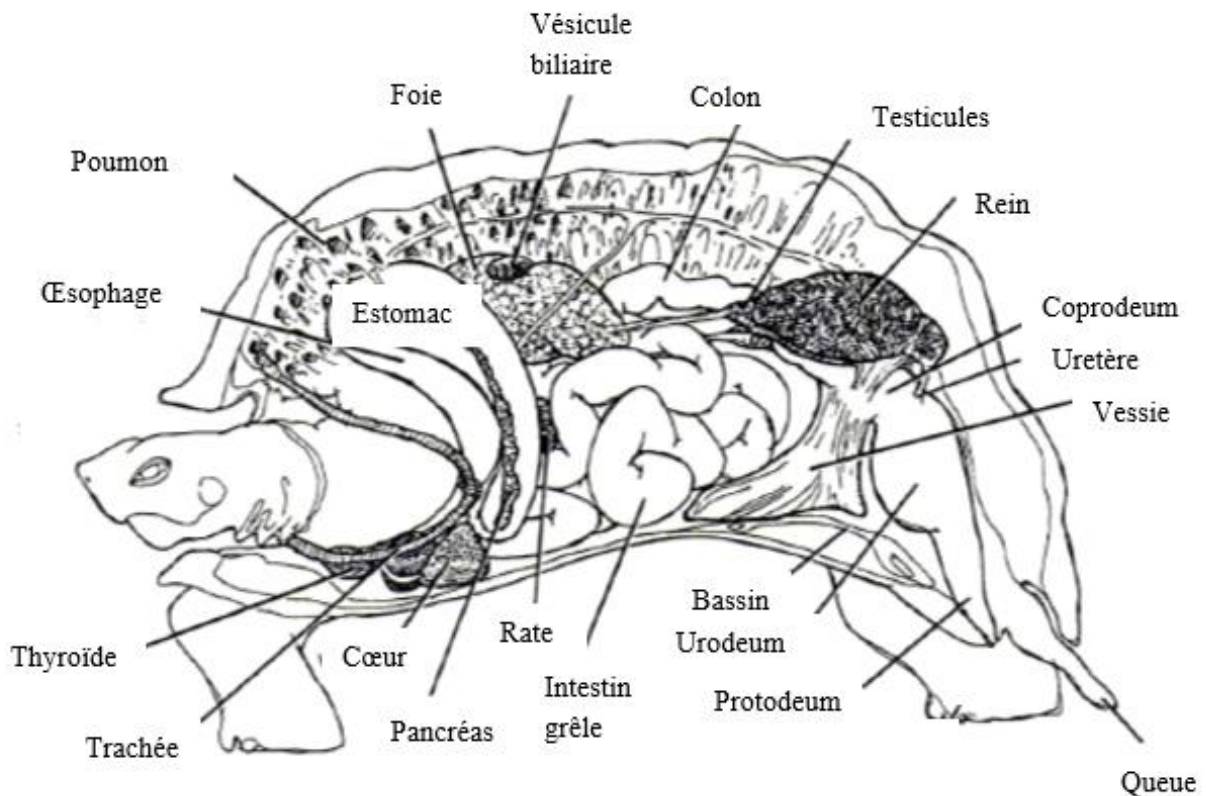


Figure 19 Anatomie générale d'un chélonien en coupe longitudinale médiane (Mader. 1996)

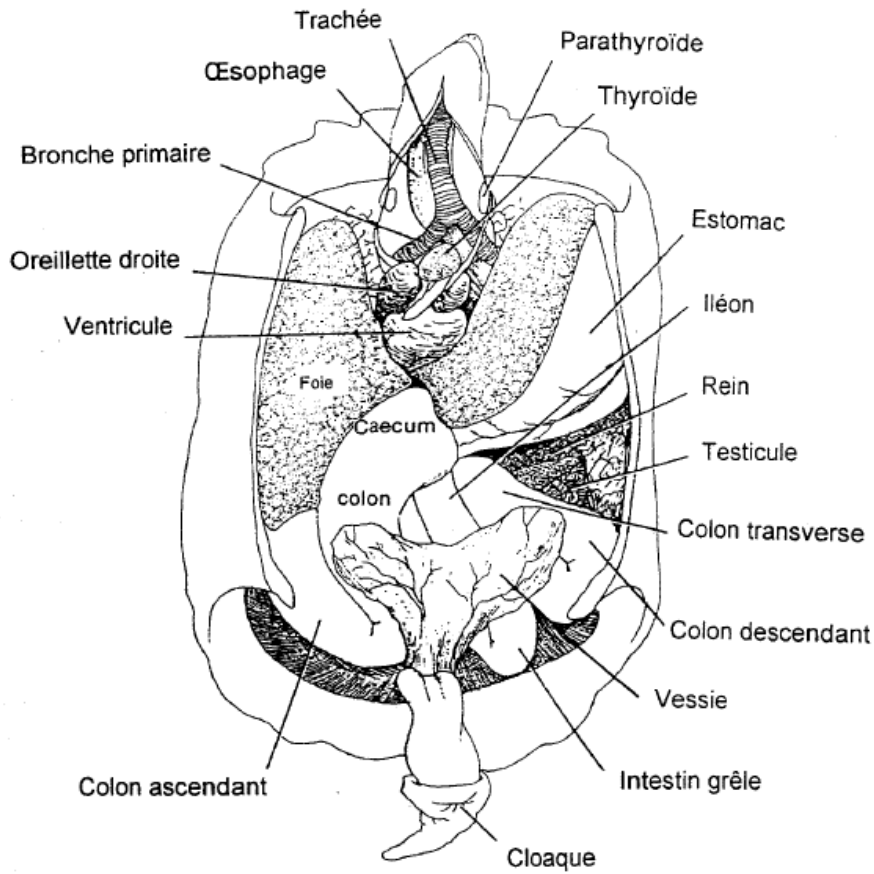


Figure 20 Anatomie générale d'un chélonien en coupe (Mader, 1996)

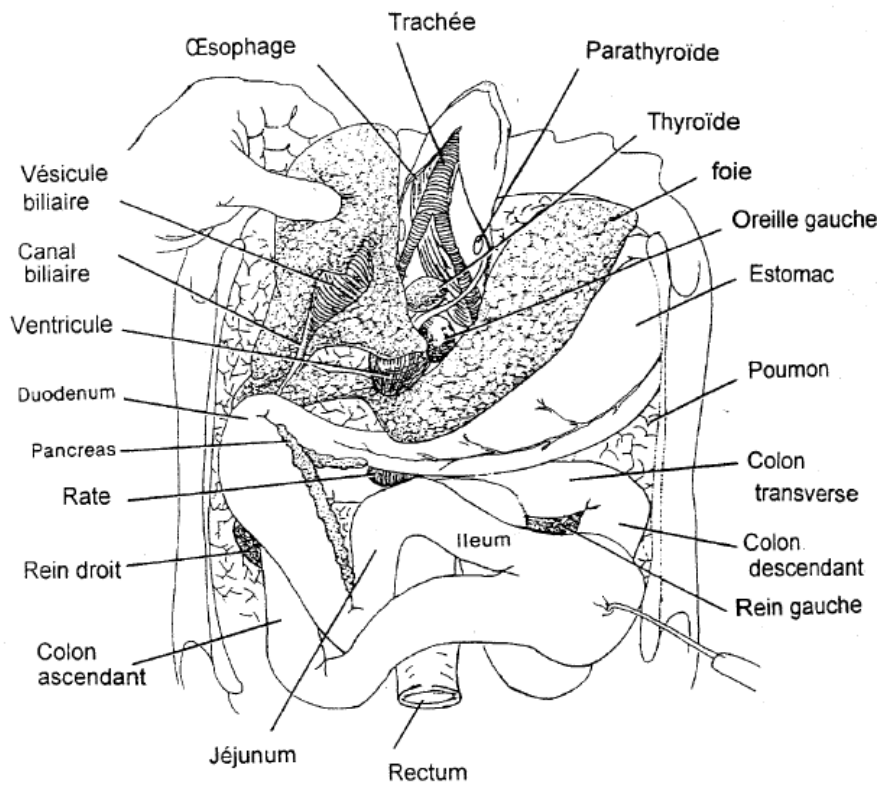


Figure 21 Anatomie générale d'un chélonien en coupe (Mader, 1996)

V. APPAREIL REPRODUCTEUR ET AUTRES

Les organes génitaux, la femelle possèdent des cryptes dans la portion antérieure des oviductes qui permettent une fécondation jusqu'à quatre ans après saillie. Elle a une grappe ovarienne de type disséminé au pôle crânial de chaque rein, insérée en face interne de la dossière, et qui peut atteindre une taille considérable. Les tortues étant ovipares, la croissance embryonnaire se termine hors de l'organisme maternel dans l'œuf. Le mâle possède deux testicules, avec un épидидyme volumineux sur toute leur longueur, situés au pôle crânial des reins. Son unique pénis érectile est de type musculoux et forme une gouttière séminale.

On retrouve aussi d'autres particularités telles que la présence d'un organe voméro-nasal (dit de Jacobson) à l'état de vestige, l'absence d'oreille externe ainsi qu'un tympan en externe.

E. LEGISLATION [3, 9, 11]

La Tortue d'Hermann est protégée règlementairement au niveau international par la Convention de Washington relative au commerce international des espèces menacées d'extinction (Annexe II : CITES Annexe C1) et par la Convention de Berne (Annexe II).

Elle est également classée sur la liste rouge des espèces en danger par l'IUCN (union internationale pour la conservation de la nature).

Au niveau français, elle est notée sur l'Arrêté du 19 novembre 2007 qui établit les listes des amphibiens et des reptiles protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection. Elle figure également sur l'Arrêté du 10 août 2004 qui fixe les règles générales de fonctionnement des installations d'élevage d'agrément d'animaux d'espèces non domestiques

L'arrêté du 24 juillet 2006 (publié dans Le journal Officiel le 14 septembre 2006) permet désormais aux éleveurs déclarés de vendre le fruit de leur élevage en toute légalité (animaux nés en captivité de parents nés en captivité).

L'acquisition légale d'une tortue d'Hermann n'est possible que si cette tortue est identifiée par transpondeur électronique, qu'elle vous est fournie avec un CIC (Certificat Intracommunautaire) accompagné d'un bon de cession et que l'acquéreur possède un certificat de capacité tortue ou une autorisation d'élevage d'agrément. Attention les individus sauvages ou d'origine indéterminée demeurent interdits à la vente.

3^{ème} PARTIE : LE PROJET, L'ATLAS TOMODENSITOMETRIQUE DE LA TORTUE D'HERMANN

A. REALISATION D'UN EXAMEN TOMODENSITOMETRIQUE D'UNE TORTUE D'HERMANN

I. EXAMEN CLINIQUE

Un examen clinique de la tortue (Cf. Figure 22) choisie pour l'étude a été réalisé par l'équipe de NAC de l'ENVT.



Figure 20 Photo de la tortue d'Hermann de l'étude

Trois incidences radiographiques (cf. Figure 23, 24, 25) ont été également réalisées au vu des signes cliniques frustrés qu'un reptile peut présenter (surtout au niveau respiratoire). Un hémocrite, les protéines plasmatiques et la glycémie auraient pu être réalisés pour approfondir l'examen pré-anesthésique mais n'ont pas été nécessaires au vu de la bonne santé de l'animal et de sa bonne tolérance au propofol.

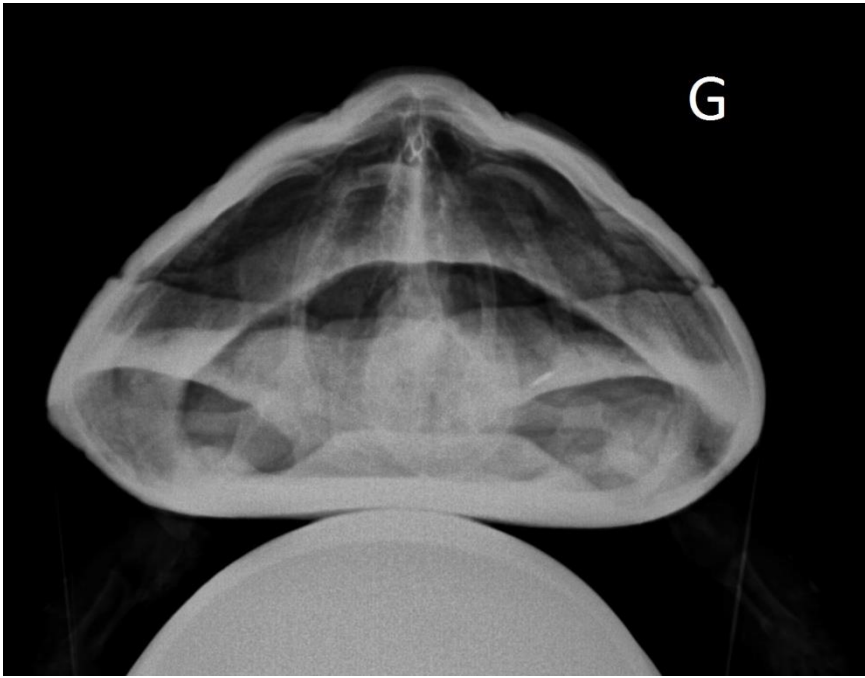


Figure 21 Radiographie cranio caudal



Figure 22 Radiographie dorso ventrale

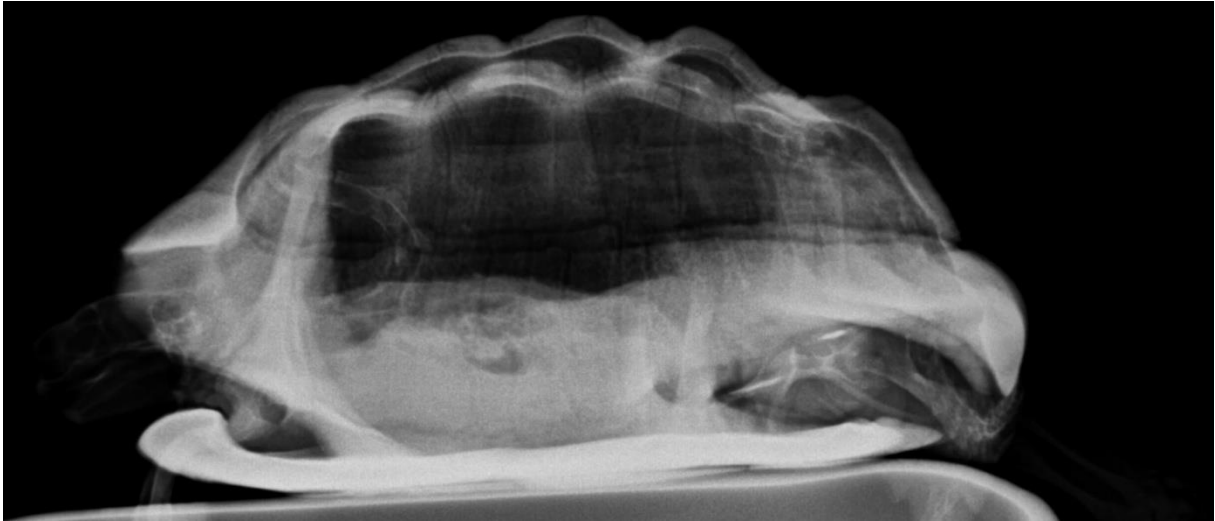


Figure 23 Radiographie profil droit

II. ANESTHESIE DU PATIENT [1, 10]

La première étape de l'examen scanner d'un animal est son anesthésie générale. Elle est en effet, indispensable en médecine vétérinaire afin d'obtenir l'immobilité du patient. Ainsi toute contre-indication à une anesthésie doit être évaluée avant d'effectuer un examen scanner.

Pour notre étude, nous avons choisi le protocole suivant :

- Induction de la narcose au propofol de 5 ml/kg IV, au niveau du sinus crânial avec une aiguille de 23G. Le propofol est l'agent injectable qui offre une durée d'action la plus courte (environ 30 min) avec une induction et un réveil assez rapide. Il est idéal pour la réalisation d'un scanner.
- Entretien à l'isoflurane.

La température de l'environnement est importante vu que la tortue et un animal poïkilotherme. Il faut se situer dans une gamme de température optimale pour que le métabolisme de l'animal fonctionne normalement.

III. SCANNER UTILISE ET CHOIX DU PROTOCOLE D'ACQUISITION

L'examen scanner a été effectué sur une machine Brightspeed (General Electric), 16 coupes sur le site de l'ENVT au sein du service d'Imagerie Médicale comme illustre la figure 26 ci-dessous :

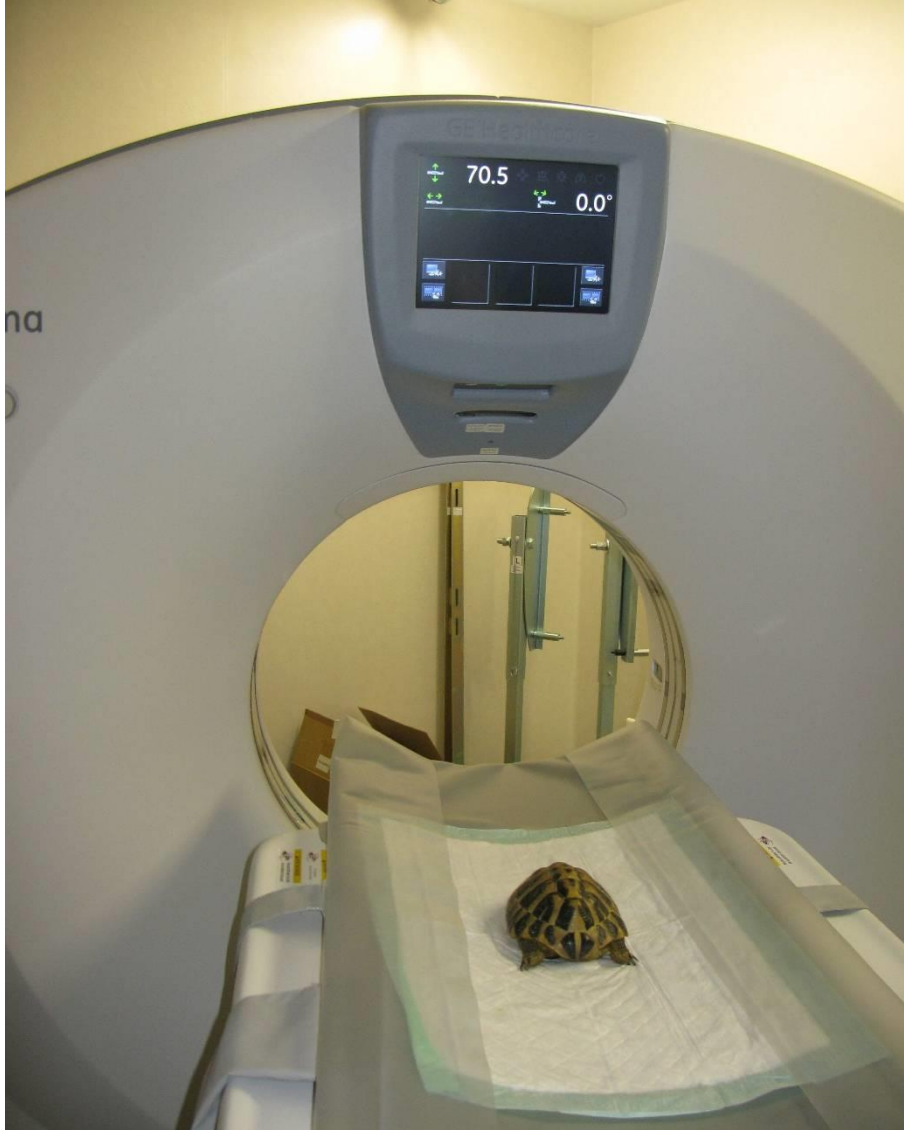


Figure 24 Scanner et la tortue

IV. ACQUISITION DES COUPES TRANSVERSALES

Une fois les caractéristiques de l'examen enregistrées et l'examen commencé, un algorithme de reconstruction permet de recréer à chaque rotation une à plusieurs coupes (en fonction du nombre de canaux de détections).

V. RECONSTITUTIONS DES IMAGES DANS LE MODES DE VISUALISATION MPR

Une fois l'examen réalisé, le traitement informatique permet de visualiser des images sous différents modes : nous avons choisi le mode MPR (multiplanar reconstruction) : c'est un mode qui permet une construction d'images multi planaires. Il permet d'obtenir à partir des informations recueillies en coupe transversales des images reconstruites dans les plans sagittaux et dorsaux.

B. L'ATLAS TOMODENSITOMETRIQUE

I. MISE EN FORME DES IMAGES

L'intégralité des images obtenues par l'examen scanner a été visualisée via logiciel OSIRIXND(ref) afin d'identifier les différentes structures anatomiques.

Une fois la reconnaissance effectuée, les images en coupe transversale ont été sélectionnées, mise en page en position conventionnelle puis légendées grâce au logiciel Power PointND. Chaque image est localisée sur un dessin représentatif d'une tortue en coupe sagittale.

Les images ont ensuite été transférées sur le site internet créé pour héberger cet atlas.

II. MISE EN PLACE DES LEGENDES

Les structures osseuses et pulmonaires ont donné de belles images interprétables. En revanche l'identification des structures en fenêtre tissu mou est très délicate et a posé un problème pour légendé précisément les structures. C'est pour cela que ces images ne seront pas présentées dans cet atlas. Cependant dans la partie deux de cette thèse l'anatomie y est décrite. Pour les tissus mous l'examen d'imagerie de choix est l'IRM.

III. PRESENTATION DU SITE INTERNET

L'atlas scanner est mis en ligne sous l'adresse :

<http://www.anatimagerie-envt.fr/atlas/>

Ce site rassemble des coupes transverses de l'ensemble du corps de la tortue sous deux fenêtres différentes : osseuse et pulmonaire.

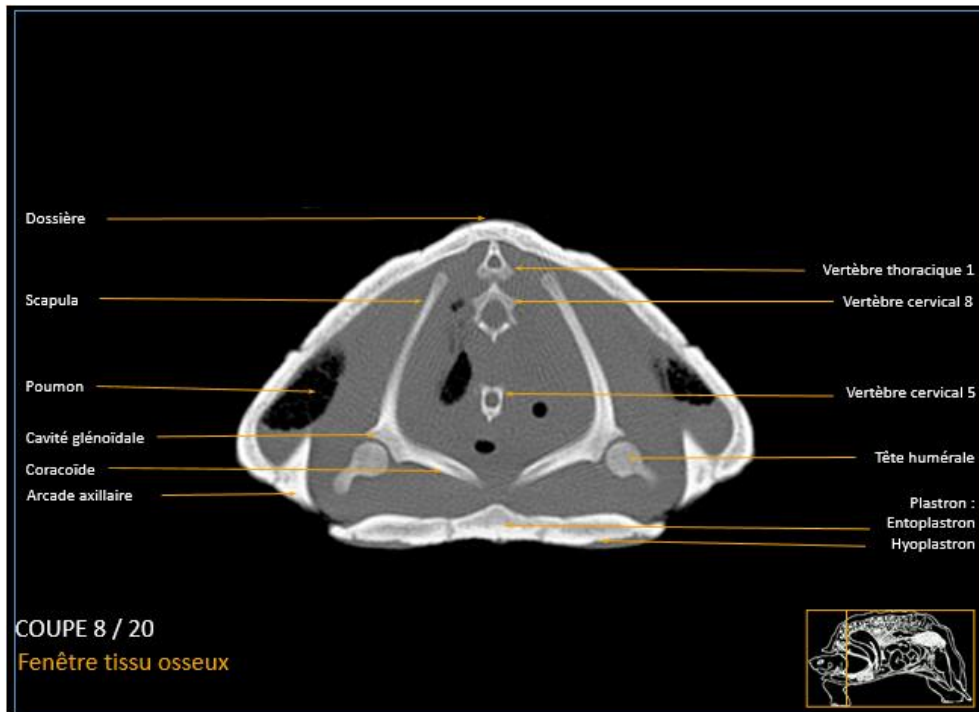
La partie concernant les structures osseuses est composée de vingt images et dix pour la structure pulmonaire.

On retrouve également sur ce site les atlas des espèces suivantes :

- Chien
- Chat
- Furet
- Lapin
- Rat
- Cobaye
- Pogona
- Elaphe

IV. EXEMPLES D'IMAGES MISES EN LIGNE

Ci-dessous la planche 8 en fenêtre tissu osseux.



Et ci-dessous la planche 5 en fenêtre tissu pulmonaire.



Figure 26 Planche 5 en fenêtre tissu pulmonaire

CONCLUSION

L'enseignement de la pratique médicale et chirurgicale des « nouveau animaux de compagnie » et en train de prendre une place importante dans le parcours de la formation vétérinaire. Cependant les outils pédagogiques restent encore peu développés.

L'anatomie des chéloniens est certainement l'un des domaines pauvres de la littérature scientifique. Or, la tomodensitométrie nécessite de solides bases en anatomie afin d'optimiser la lecture des images acquises. C'est pourquoi cet atlas peut devenir un outil non négligeable au perfectionnement des vétérinaires d'autant plus qu'aujourd'hui cet examen complémentaire devient accessible en médecine vétérinaire.

Cependant, il est important de rappeler que cet outil ne peut se substituer à un vétérinaire spécialisé en imagerie médicale qui aura plus d'expérience et sera donc à même de déceler des subtilités, des artefacts. Ce travail ne constitue donc qu'un outil pour débiter dans la scanographie.

AGREMENT SCIENTIFIQUE

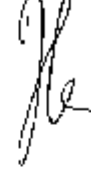
En vue de l'obtention du permis d'imprimer de la thèse de doctorat vétérinaire

Je soussigné, Giovanni MOGICATO, Enseignant-chercheur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, directeur de thèse, certifie avoir examiné la thèse de **MANDY Stève** intitulée « **Mise au point d'un atlas en ligne d'images tomodynamométriques normales du la tortue d'Hermann orientale (*Testudo hermanni hermanni*).** » et que celle dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

Fait à Toulouse, le 16 juillet 2015
Docteur Giovanni MOGICATO
Enseignant chercheur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse



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



Vu :
Le Président du jury :
Professeure Isabelle BERRY



Faculté de Médecine Rangueil
Biophysique Médicale - CHU Rangueil
1, avenue Jean Fournès - TSA 50032
31069 TOULOUSE Cedex

Vu et autorisation de l'impression :
Le Président de l'Université
Paul Sabatier
Professeur Bertrand MONTUBERT
En délégation, la Vice-Présidente du CHU
Madame Régine ANDRÉ OBRECHT



Conformément à l'Arrêté du 20 avril 2007, article 6, la soutenance de la thèse ne peut être autorisée qu'après validation de l'année d'approfondissement.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Carpenter J. W. (2012). Exotic animal formulary, 4^e edition, Saunders, 744p.
- [2] Cheloniophile. Disponible sur : <http://www.cheloniophilie.com/Fiches/Hermanni.php> (consulté le 27/08/2015).
- [3] Convention sur le commerce international des espèces de faune et flore sauvages menacées d'extinction. Disponible sur : <http://www.cites.org/fra/app/appendices.php> (consulté le 27/08/2015).
- [4] GOMIS D (2002). Anatomie appliquée de la tortue. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort – ENVA, 73 p + CD-Rom.
- [5] GRASSE P. P. (1970). Traiter de zoologie Tome XIV (fascicule II), Reptiles : caractères généraux et anatomie, Paris, Mason et Cie, p.
- [6] Guyard A (2010). La Tortue d'Hermann, Testudo hermanni Gmelin, 1789, Famille des Testudinidés [en ligne]. Disponible sur : <http://baladesnaturalistes.hautetfort.com/tag/reptiles> (consulté le 27/08/2015).
- [7] Inventaire National du Patrimoine Naturel [en ligne]. Disponible sur : http://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/77433/tab/taxo (consulté le 27/08/2015).
- [8] LAVAUD A (2013). Mise au point d'un atlas en ligne tomodensitométrique et IRM de l'encéphale du chien sain. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse – ENVT, 61 p.
- [9] Legifrance (2015). Disponible sur : <http://legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000017876248> (consulté le 27/08/2015).
- [10] MADER (2005). Reptile Medecine and Surgery, 4^e edition, Saunders, 1264p.
- [11] Red list (2015.2). Disponible sur : <http://www.iucnredlist.org/details/21648/0> (consulté le 27/08/2015).
- [12] ROUILLARD D (1999). Contribution à l'étude de la tortue d'Hermann. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse – ENVT, 100 p.
- [13] Tortue de terre. Disponible sur : <http://www.tortuedeterre.info/Pages/LATORTUEDHERMANN.aspx> (consulté le 27/08/2015).
- [14] Tortue d'Hermann. Disponible sur : http://www.tortue-hermann.eu/fr/la-tortue-d-hermann_63.html (consulté le 27/08/2015).
- [15] Vétovie. Disponible sur : <http://vetovie.com/reptile-tortue/hibernation-tortues/> (consulté le 27/08/2015).

RESUME

NON : MANON PRENON : Steve

.....

TITRE : REALISATION D'UN ATLAS TOMODENSITOMETRIQUE D'UNE TORTUE D'HERMANN OCCIDENTAL (*Testudo hermanni hermanni*) ET SA MISE EN LIGNE.

RESUME : L'examen tomodensitométrie, a connu une évolution fulgurante ces trente dernières années et se réalise de plus en plus en médecine vétérinaire. Du fait de son utilisation récente dans la discipline vétérinaire, les connaissances liées à son principe et surtout à son interprétation restent encore limitées dans la profession, d'autant plus lorsque cela concerne un chélonien. Le but de cette thèse est de fournir un atlas légendé de coupes tomodensitométriques sagittales et transversales d'images saines d'une tortue d'Hermann orientale afin de servir de modèle de comparaison aux images réalisées sur des sujets malades. Les images recueillies sont obtenues à la fois avec une fenêtre osseuse, une fenêtre tissu mou et une fenêtre pulmonaire. De plus, la mise en ligne de ces données sur internet permet à des vétérinaires pratiquants, des étudiants ou toute autre personne intéressée d'y accéder facilement. La première partie de l'étude expose les principes physiques de la tomodensitométrie et la réalisation pratique de l'examen. Puis la seconde partie est consacrée au modèle biologique avec notamment ses particularités anatomiques. Enfin, la troisième partie, traite de la création de l'atlas.

MOT CLE : TORTUE, TOMODENSITOMETRIQUE, ATLAS, WEB

TITRE : REALIZATION OF AN ATLAS TOMODENSITOMETRIQUE OF HERMANN OCCIDENTAL'S TORTOISE (*Testudo hermanni hermanni*) AND HIS ON-LINE PUBLISHING.

ABSTRACT : The CT scan has shown for the last thirty years an amazing evolution and is more and more used within the veterinary medicine. Due to its recent use in the veterinary discipline, the knowledges related to its standard and interpretation are still considered as restricted, especially when it concerns a chelonii. The aim of this thesis is to provide a captioned atlas of the Hermann's tortoise's cross-sectional tomodensitometric sagittal and transversal images, in order to serve as a comparison model with the images conducted upon the patients. These images are at the same time collected with a pulmonary, soft tissues and osseous level of measurement. What's more, the setting of these data on the Internet allows practicing vets, students or anyone interested to reach it easily. Firstly, the study is exposing the tomodensitometry's physical principles and the practical implementation of the review. Then the second part is dedicated to the biological model, especially with its anatomic particularities. Eventually, the third part is dealing with the atlas creation.

KEY WORDS : TORTOISE, TOMODENSITOMETRIQUE, ATLAS, WEB

.....