



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 : 16208

To cite this version :

Husté, Delphine. *Mise au point d'un atlas en ligne d'images tomodensitométriques normales du cobaye (Cavia porcellus)*.
Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale
Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2016, 65 p.

Any correspondence 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 TOMODENSITOMÉTRIQUES NORMALES DU COBAYE (*Cavia porcellus*)

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

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

par

HUSTÉ Delphine

Née, le 6 novembre 1989 à Nevers (58)

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
Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Répartition des Enseignants-Chercheurs par Département.

Mise à jour : 06/09/2016

DIRECTRICE : ISABELLE CHMITELIN

ELEVAGE ET PRODUITS/SANTÉ PUBLIQUE VÉTÉRINAIRE	SCIENCES BIOLOGIQUES ET FONCTIONNELLES	SCIENCES CLINIQUES DES ANIMAUX DE COMPAGNIE, DE SPORT ET DE LOISIRS
<p>Responsable : M. SANS</p> <p><u>ALIMENTATION ANIMALE :</u> M. ENJALBERT Francis, PR Mme PRIYMENKO Nathalie, MC Mme MEYNADIER Annabelle, MC</p> <p><u>EPIDEMIOLOGIE :</u> Mathilde PAUL, MC</p> <p><u>MALADIES REGLEMENTEES-ZOONOSES- MEDECINE PREVENTIVE DES CARNIVORES DOMESTIQUES-DROIT VETERINAIRE :</u> M. PICAUVET Dominique, PR</p> <p><u>PARASITOLOGIE-ZOOLOGIE :</u> M. FRANC Michel, PR M. JACQUIET Philippe, PR M. LIENARD Emmanuel, MC Mme BOUHSIRA Emilie, MC</p> <p><u>HYGIENE ET INDUSTRIE DES ALIMENTS :</u> M. BRUGERE Hubert, PR M. BAILLY Jean-Denis, PR Mme BIBBAL Delphine, MC Mme COSTES Laura, AERC Mme DAVID Laure, MCC</p> <p><u>PATHOLOGIE DE LA REPRODUCTION :</u> M. BERTHELOT Xavier, PR M. BERGONIER Dominique, MC Mme CHASTANT-MAILLARD Sylvie, PR Mme HAGEN-PICARD Nicole, PR M. NOUVEL Laurent-Xavier, MC Mme MILA Hanna, MC</p> <p><u>PATHOLOGIE DES RUMINANTS :</u> M. SCHELCHER François, PR M. FOUCRAS Gilles, PR M. CORBIERE Fabien, MC M. MAILLARD Renaud, MC M. MEYER Gilles, PR</p> <p><u>PRODUCTION ET PATHOLOGIE AVIAIRE ET PORCINE :</u> Mme WARET-SZKUTA Agnès, MC M. JOUGLAR Jean-Yves, MC M. GUERIN Jean-Luc, PR M. LE LOC'H Guillaume, MC</p> <p><u>PRODUCTIONS ANIMALES AMELIORATION GENETIQUE ECONOMIE :</u> M. DUCOS Alain, PR M. SANS Pierre, PR M. RABOISSON Didier, MC</p>	<p>Responsable : Mme GAYRARD</p> <p><u>ANATOMIE :</u> M. MOGICATO Giovanni, MC M. LIGNEREUX Yves, PR Mme DEVIERS Alexandra, MC</p> <p><u>ANATOMIE PATHOLOGIQUE - HISTOLOGIE :</u> M. DELVERDIER Maxence, PR Mme LETRON-RAYMOND Isabelle, MC Mme BOURGES-ABELLA Nathalie, PR Mme LACROUX Caroline, PR</p> <p><u>BIOLOGIE MOLECULAIRE :</u> Mme BOUCLAINVILLE-CAMUS Christelle, MC</p> <p><u>MICROBIOLOGIE - IMMUNOLOGIE - MALADIES INFECTIEUSES :</u> M. MILON Alain, PR M. BERTAGNOLI Stéphane, PR M. VOLMER Romain, MC Mme BOULLIER Séverine, MC Mme DANIELS Hélène, MC</p> <p><u>BIostatISTIQUES :</u> M. CONCORDET Didier, PR M. LYAZRHI Faouzi, MC</p> <p><u>PHARMACIE-TOXICOLOGIE :</u> M. PETIT Claude, PR Mme CLAUW Martine, PR M. GUERRE Philippe, PR M. JAEG Philippe, MC</p> <p><u>PHYSIOLOGIE -PHARMACOLOGIE THERAPEUTIQUE :</u> M. BOUSQUET-MELOU Alain, PR Mme GAYRARD-TROY Véronique, PR Mme FERRAN Aude, MC M. LEFEBVRE Hervé, PR</p> <p><u>BIOCHIMIE :</u> Mme BENNIS-BRET Lydie, MC</p> <p><u>ANGLAIS :</u> M. SEVERAC Benoît, PLPA Mme MICHAUD Françoise, PCEA</p>	<p>Responsable : Mme CADIERGUES</p> <p><u>ANESTHESIOLOGIE</u> M. VERWAERDE Patrick, MC</p> <p><u>CHIRURGIE :</u> M. AUTEFAGE André, PR M. ASIMUS Erik, MC M. MATHON Didier, MC Mme MEYNAUD-COLLARD Patricia, MC Mme PALIERNE Sophie, MC</p> <p><u>MEDECINE INTERNE :</u> Mme DIQUELOU Armelle, MC M. DOSSIN Olivier, MC Mme LAVOUE Rachel, MC Mme GAILLARD-THOMAS Elodie, MCC</p> <p><u>OPHTALMOLOGIE :</u> M. DOUET Jean-Yves, MC</p> <p><u>DERMATOLOGIE :</u> Mme CADIERGUES Marie-Christine, PR</p> <p><u>IMAGERIE MEDICALE</u> M. CONCHOU Fabrice, MC</p> <p><u>BIOLOGIE MOLECULAIRE :</u> Mme TRUMEL Catherine, PR</p> <p><u>PATHOLOGIE DES EQUIDES :</u> M. CUEVAS RAMOS Gabriel, MC Mme PRADIER Sophie, MC Mme LALLEMAND Elodie, AERC</p>

REMERCIEMENTS

À ma présidente de thèse,

Madame le Professeur Isabelle BERRY
Professeur des Universités à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE
Praticien hospitalier
Biophysique, Imagerie Médicale

*Qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse.
Qu'elle trouve ici le témoignage de mon profond respect.*

À mon jury de thèse,

Monsieur le Docteur Fabrice CONCHOU,
Maître de Conférences à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse,
Anatomie et Imagerie Médicale

*Qui a accepté de diriger cette thèse et de m'encadrer tout en me laissant une grande liberté
d'organisation.
Qu'il trouve ici toute l'expression de ma gratitude pour la confiance qu'il m'a accordée.*

et

Monsieur le Docteur Giovanni MOGICATO,
Maître de Conférences à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse,
Anatomie et Imagerie Médicale

*Qui a accepté de prendre part à ce jury de thèse.
Sincères remerciements.*

À l'équipe de la clinique NAC et Faune sauvage de l'École Nationale Vétérinaire de
Toulouse,

**Monsieur le Docteur Boris RABOT et
Monsieur le Docteur Tony PIACENZA**

pour la gestion de l'anesthésie générale du cobaye de l'étude et le prêt de livres de référence ;
ainsi qu'aux deux manipulatrices en radiologie de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse,

**Madame Sandrine LAROCHE et
Madame Sandy SANTIN**

pour la réalisation de l'examen tomodensitométrie.

Qu'ils trouvent ici toute l'expression de ma reconnaissance.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES ILLUSTRATIONS	p. 11
LISTE DES ABRÉVIATIONS	p. 13
INTRODUCTION	p. 15
<u>1ère PARTIE : LA TOMODENSITOMÉTRIE</u>	p. 16
I . CHAÎNE DE FORMATION DE L'IMAGE SCANNER	p. 16
1 . ACQUISITION DES IMAGES	p. 17
i . Principe physique de base de la tomodensitométrie	p. 17
ii . Principe d'acquisition des données	p. 17
2 . CONSTRUCTION DES IMAGES PAR TRAITEMENT DES DONNÉES INFORMATIQUES	p. 18
3 . VISUALISATION DES IMAGES	p. 19
II . EXAMEN SCANNER EN MÉDECINE VÉTÉRINAIRE	p. 21
1 . DÉROULEMENT DE L'EXAMEN	p. 21
2 . INTÉRÊTS DU SCANNER EN MÉDECINE DU COBAYE	p. 23
<u>2ème PARTIE : LE MODÈLE BIOLOGIQUE, <i>Cavia porcellus</i></u>	p. 24
I . CLASSIFICATION ET HISTOIRE DU COBAYE	p. 24
1 . CLASSIFICATION	p. 24
2 . HISTOIRE DU COBAYE	p. 25
II . BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE DU COBAYE	p. 26
1 . QUELQUES DONNÉES GÉNÉRALES	p. 26
2 . COMPORTEMENT	p. 27
3 . CONDITIONS DE VIE	p. 28
i . Normes d'ambiance	p. 28
ii . Logement	p. 28
iii . Accessoires	p. 29
iv . Cohabitation avec d'autres espèces	p. 29
4 . CONTENTION ET MANIPULATION	p. 30
5 . PHYSIOLOGIE DIGESTIVE ET ALIMENTATION	p. 31
i . Digestion	p. 31
ii . Comportement alimentaire	p. 32

iii . Besoins spécifiques	p. 32
iv . Alimentation recommandée	p. 33
6 . PHYSIOLOGIE DE LA REPRODUCTION	p. 33
i . Cycle œstral et accouplement	p. 33
ii . Gestation et mise-bas	p. 34
iii . Vie néonatale et allaitement	p. 35
III . ANATOMIE DU COBAYE ET SES PARTICULARITÉS	p. 36
1 . ANATOMIE EXTERNE	p. 36
2 . ANATOMIE INTERNE	p. 38
i . Ostéologie	p. 38
ii . Appareil digestif	p. 40
iii . Appareil respiratoire	p. 43
iv . Appareil cardio-vasculaire	p. 44
v . Organes lymphoïdes	p. 45
vi . Appareil urinaire	p. 45
vii . Appareil reproducteur mâle	p. 45
viii . Appareil reproducteur femelle	p. 46
ix . Autres particularités anatomiques	p. 47
<u>3ème PARTIE : LE PROJET D'ATLAS TOMODENSITOMÉTRIQUE</u>	p. 49
<u>DU COBAYE</u>	
I . RÉALISATION D'UN EXAMEN TOMODENSITOMÉTRIQUE	p. 49
D'UN COBAYE	
1 . CHOIX DE L'INDIVIDU	p. 49
2 . EXAMEN CLINIQUE	p. 49
3 . ANESTHÉSIE DU PATIENT	p. 50
4 . POSITIONNEMENT DU SUJET	p. 52
5 . SCANNER UTILISÉ ET ACQUISITION DES IMAGES	p. 53
II . RÉALISATION DE L'ATLAS TOMODENSITOMÉTRIQUE	p. 54
DU COBAYE	
1 . MISE EN FORME DES IMAGES ET MISE EN PLACE DES	p. 54
LÉGENDES	
2 . PRÉSENTATION DU SITE INTERNET ET INTÉRÊT	p. 57
CONCLUSION	p. 59
ANNEXE	p. 61
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	p. 63

TABLE DES ILLUSTRATIONS

FIGURES

Figure 1 : Schéma de la chaîne de formation de l'image scanner	p. 16
Figure 2 : Principe physique de base de la tomодensitométrie : atténuation des rayons X par la matière	p. 17
Figure 3 : Schéma d'un scanner hélicoïdal multicoupe	p. 18
Figure 4 : Du voxel au pixel	p. 19
Figure 5 : Échelle de Hounsfield.	p. 20
Figure 6 : Fenêtrage en tomодensitométrie	p. 21
Figure 7 : Scout views du cobaye de l'étude	p. 22
Figure 8 : Classification simplifiée de <i>Cavia porcellus</i> (Linné, 1758)	p. 24
Figure 9 : Contention d'une femelle pleine	p. 30
Figure 10 : Schéma de l'anatomie générale externe d'un cobaye	p. 36
Figure 11 : Mains et pieds du cobaye	p. 37
Figure 12 : Organes génitaux externes du cobaye	p. 38
Figure 13 : Schéma du squelette d'un cobaye	p. 39
Figure 14 : Scapula droite de cobaye (vue latérale)	p. 39
Figure 15 : Structures de la cavité buccale du cobaye (après section)	p. 41
Figure 16 : Schéma du tube digestif intra-abdominal (vue ventrale, <i>in situ</i>)	p. 42
Figure 17 : Foie du cobaye	p. 43
Figure 18 : Localisation du tronc commun cœlio-mésentérique chez le cobaye	p. 44
Figure 19 : Localisation du plexus veineux ophtalmique important chez le cobaye	p. 44
Figure 20 : Appareil génital mâle du cobaye isolé (face ventrale)	p. 45
Figure 21 : Appareil génital femelle du cobaye isolé (face dorsale)	p. 46
Figure 22 : Schéma d'une vue générale des viscères thoraciques, abdominaux et pelviens chez un cobaye mâle (vue latérale droite)	p. 48
Figure 23 : Schéma d'une vue générale des viscères thoraciques, abdominaux et pelviens chez un cobaye femelle (vue latérale gauche)	p. 48
Figure 24 : Les 3 types de coupes visualisées dans le mode MPR (Multiplanar Reconstruction) du logiciel OsiriX ND	p. 54
Figure 25 : Reconstitution 3D du squelette du cobaye dans le mode Surface Rendering sur le logiciel OsiriX ND	p. 55
Figure 26 : Exemples de planches de l'atlas en fenêtre « tissu osseux » et « tissu mou »	p. 56

PHOTOGRAPHIES

Photographie 1 : <i>Cavia aperea</i> (Erxleben, 1777) ou cobaye du Brésil	p. 25
Photographie 2 : Contention du cobaye	p. 30
Photographie 3 : Incisives du cobaye	p. 40
Photographie 4 : Museau du cobaye	p. 43
Photographie 5 : Induction du cobaye dans une boîte anesthésique reliée à l'appareil d'anesthésie gazeuse	p. 51
Photographie 6 : Nettoyage à l'aide de cotons tiges de la cavité buccale du cobaye induit, sorti de la boîte anesthésique	p. 51
Photographie 7 : Entretien de l'anesthésie gazeuse du cobaye à l'aide d'un masque anesthésique relié à l'appareil d'anesthésie gazeuse	p. 52
Photographie 8 : Cobaye en décubitus ventral pour l'acquisition des images scanner	p. 52
Photographie 9 : Scanner Optima CT540 (General Electric Medical Systems) de l'ENVT	p. 53

LISTE DES ABRÉVIATIONS

°C : degré Celsius

2D : 2 dimensions

3D : 3 dimensions

cm : centimètre

CT : (dans « CT scan ») computed tomography

ENVT : École Nationale Vétérinaire de Toulouse

DICOM : Digital Imaging and Communication in Medicine

g : gramme

h : heure

IRM : Imagerie par Résonance Magnétique

iv : intraveineuse

JPEG : Joint Photographic Experts Group

kg : kilogramme

kV : kilovolt

L : litre

m : mètre

mA : milliampère

mg : milligramme

min : minute

mL : millilitre

mm : millimètre

MPR : Multiplanar Reconstruction

NAC : Nouveaux Animaux de Compagnie

ND : nom de marque déposée

PDF : Portable Document Format

RX : rayons X

s : seconde

TAP : thoraco-abdomino-pelvien

TDM : tomodensitométrie

UH : unité Hounsfield

INTRODUCTION

Depuis le milieu du XX^e siècle, l'imagerie médicale s'est largement développée en médecine des animaux de compagnie jusqu'à devenir un outil incontournable de l'arsenal diagnostique des vétérinaires.

D'abord cantonnée au milieu de la recherche, la tomodensitométrie (ou scanner), à l'instar de la radiographie, de la scintigraphie, de l'échographie ou encore de l'IRM, se modernise et devient de plus en plus accessible au fil du temps. De nos jours, elle n'est plus un examen complémentaire exceptionnel pour les chiens et les chats, et elle tend maintenant à se démocratiser dans le domaine des « Nouveaux Animaux de Compagnie » (NAC).

Parmi ces NAC, les petits mammifères et notamment les rongeurs, tel le cochon d'Inde (ou cobaye), sont de plus en plus courants, du fait de leur grande disponibilité auprès d'animaleries ou d'élevages et de leur faible coût à l'achat.

En nombre croissant dans les foyers français, les NAC sont aussi de plus en plus médicalisés. En effet, leurs propriétaires sont aujourd'hui très demandeurs de soins vétérinaires de qualité pour leurs compagnons. Or le scanner présente également un intérêt diagnostique pour ces espèces et peut donc être proposé comme examen complémentaire dans certains cas.

Cette technique nécessite cependant de solides bases en anatomie afin de bien interpréter les clichés. Néanmoins, l'enseignement des techniques tomodensitométriques et de la lecture de ces images est récent et encore peu développé. Au vu de la place grandissante que prend l'examen scanner, il semble donc important de rendre sa compréhension accessible à une part plus importante de la profession.

Ce projet d'atlas tomodensitométrique en ligne a donc pour objectif d'apporter une base de données gratuite, encore inexistante, utile aussi bien aux étudiants qu'aux praticiens vétérinaires souhaitant améliorer leurs connaissances en matière d'imagerie. Les images anatomiques normales qu'il héberge permettront de servir de point de comparaison avec celles d'examens à portée diagnostique.

Après avoir étudié dans une première partie le principe de la tomodensitométrie et la réalisation pratique d'un examen scanner, une deuxième partie présentera le modèle biologique de cette étude : le cobaye. Enfin, une troisième et dernière partie sera consacrée à la présentation du projet d'atlas tomodensitométrique en ligne.

1^{ère} PARTIE : LA TOMODENSITOMÉTRIE

La tomodensitométrie (TDM), ou « scanner » ou encore « scanographie » (« CT scan », « X-ray computed tomography » ou « computerized axial tomography scan » en anglais) est une technique d'imagerie médicale qui utilise des rayons X pour balayer le patient dans différentes directions afin d'obtenir des images en coupe.

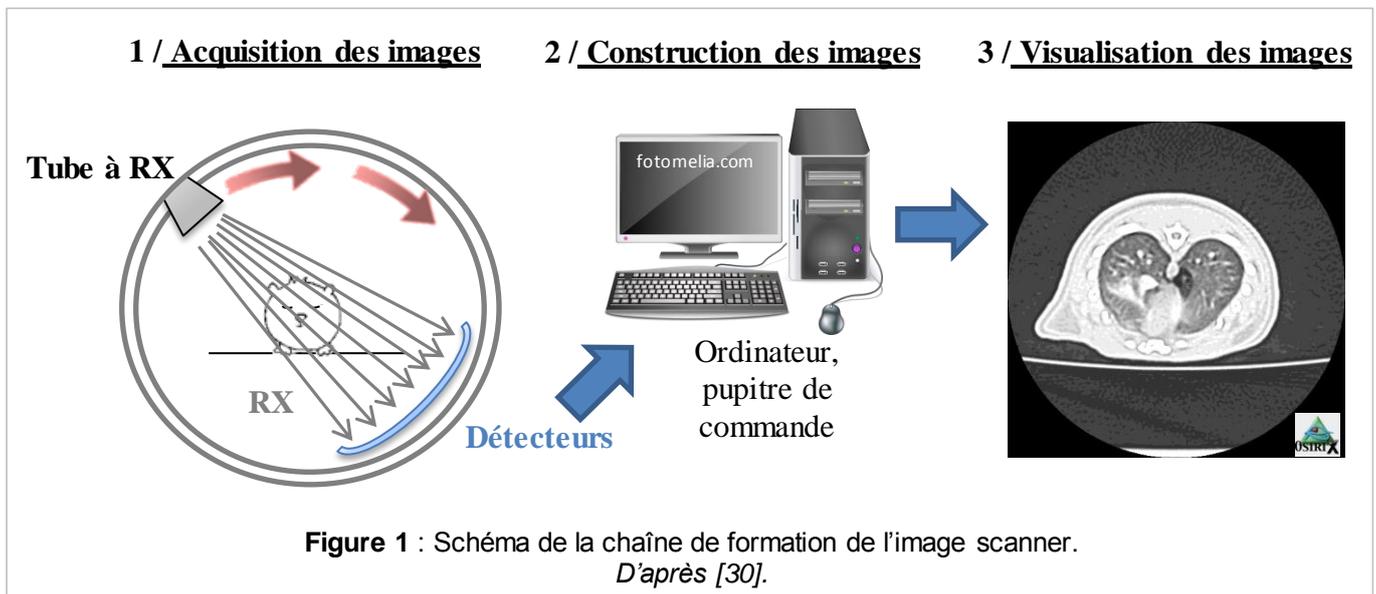
L'invention de cette technique repose sur quatre dates incontournables :

- 1895 : Wilhelm C. Roentgen découvre l'existence des rayons X.
- 1917 : Johann K. A. Radon développe une formulation mathématique qui établit qu'une structure peut être reconstituée à partir de ses projections.
- 1963 : Allan M. Cormack décrit les fondements mathématiques de la technique scanner qui s'appuie sur la mesure de l'atténuation des faisceaux de rayons X traversant des tissus mous sous divers angles.
- 1971 : Godfrey N. Hounsfield passe de la théorie à la pratique en inventant le premier scanner médical.

Depuis, cette technique ne cesse d'évoluer [13], [16], [28], [33].

I. CHAÎNE DE FORMATION DE L'IMAGE SCANNER

La chaîne de formation de l'image scanner se décompose en trois grandes étapes :

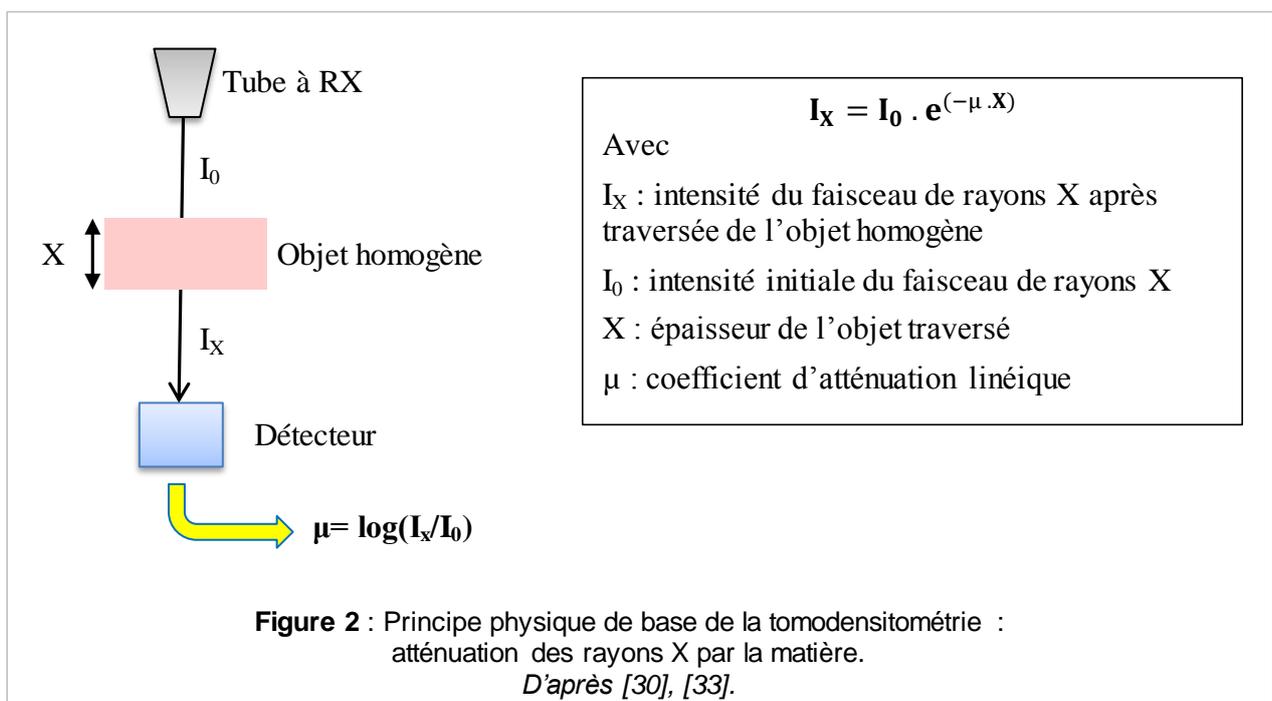


1 . ACQUISITION DES IMAGES

i . Principe physique de base de la tomodensitométrie

La tomodensitométrie repose sur le même principe physique (illustré par la **figure 2**) que la radiographie conventionnelle : la différence d'atténuation d'un faisceau de rayons X selon les tissus traversés.

L'atténuation des rayons X (qui sont des rayonnements électromagnétiques) dépend de la composition chimique, de l'état physique et de l'épaisseur de la structure traversée ainsi que de l'énergie des rayons X [20], [29].



ii . Principe d'acquisition des données

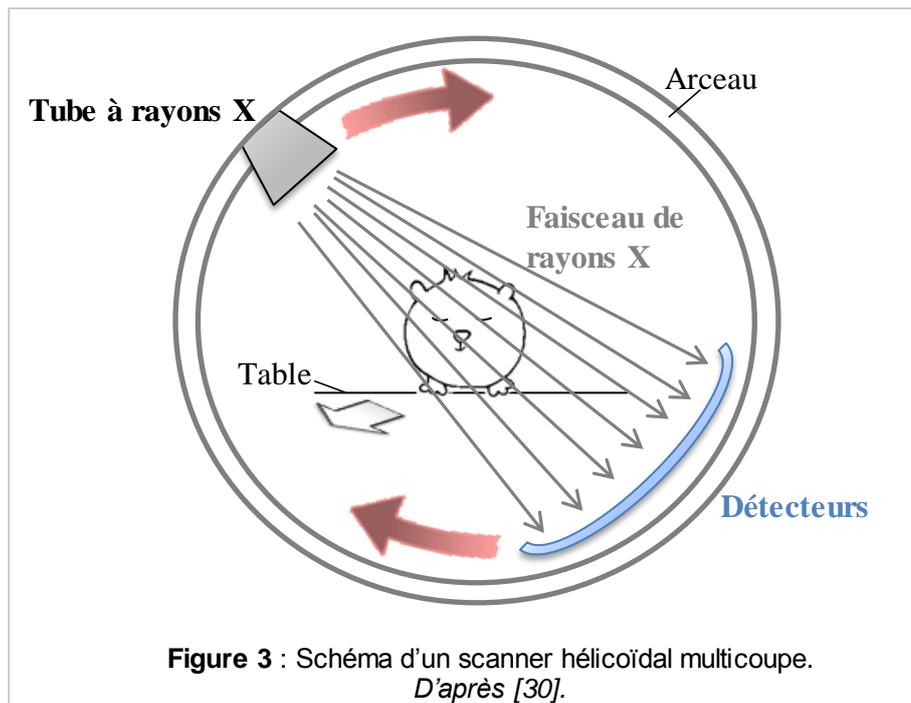
Un appareil de tomodensitométrie est constitué d'un couple [source de rayons X]-[système de détection] placé sur un arceau, et d'une table (sur laquelle est positionné le patient) qui se déplace de manière linéaire à travers le statif en forme d'anneau.

Comme en radiologie, la source de rayons X est un tube radiogène, composé d'une cathode et d'une anode, alimenté par un générateur haute tension. Le faisceau de rayons X produit est collimaté, puis traverse l'animal. L'intensité résiduelle du faisceau (après atténuation dans les structures anatomiques) est mesurée par le système de détection.

Les scanners dernière génération (comme celui utilisé dans cette étude et qui schématisé par la **figure 3**) sont :

- **hélicoïdaux**, c'est-à-dire que le mouvement circulaire continu du tube radiogène autour du patient, synchronisé au déplacement linéaire de la table, génère une acquisition volumétrique en forme d'hélice ; et
- **multicoupes ou multibarrettes**. Cela signifie qu'ils possèdent plusieurs rangées de détecteurs qui permettent ainsi l'acquisition de plusieurs coupes à chaque rotation du statif.

Les détecteurs convertissent l'intensité des rayons X perçus en signaux électriques qui sont ensuite traduits en informations numériques [3], [14], [28], [30].



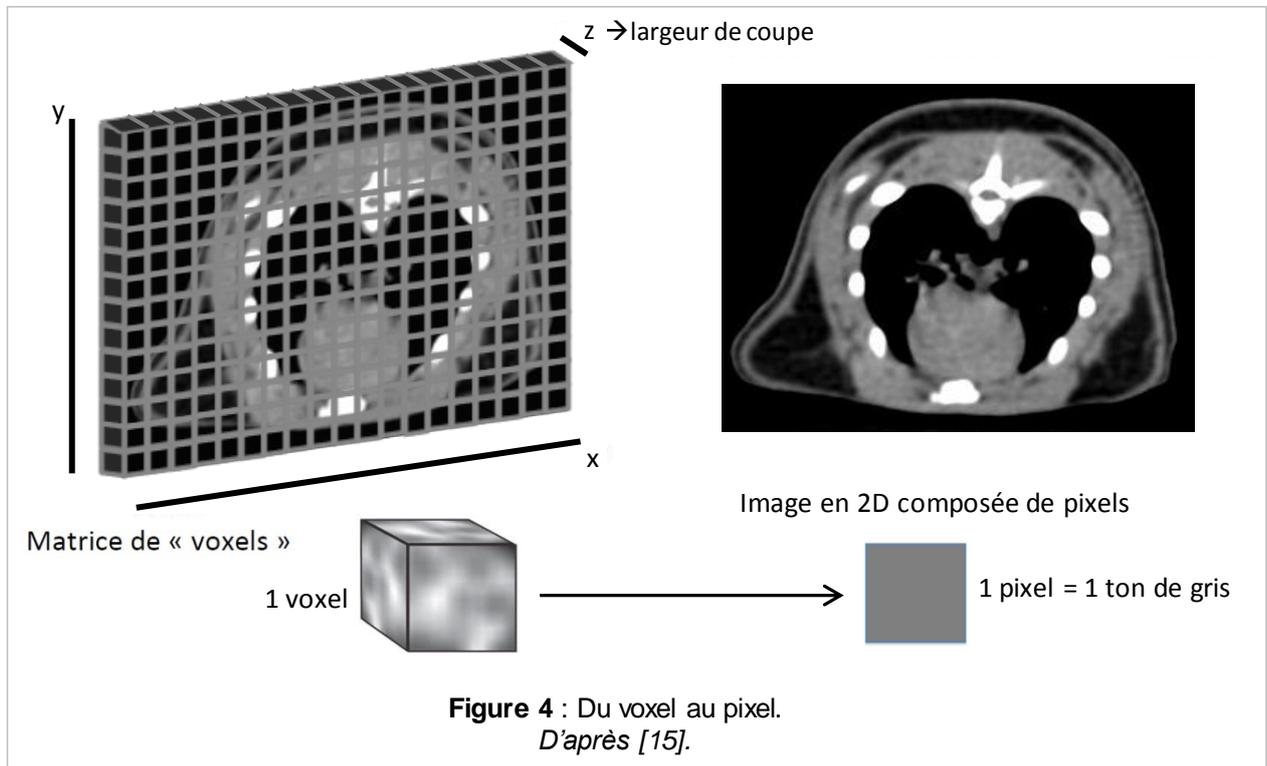
2 . CONSTRUCTION DES IMAGES PAR TRAITEMENT DES DONNÉES INFORMATIQUES

Le système informatique assistant l'acquisition des images recueille l'information de façon volumétrique et reconstruit des tranches axiales du patient. Chaque tranche est découpée en unités de volume appelées voxels (un voxel étant un pixel en 3D).

Selon le principe présenté précédemment par la **figure 2**, le système informatique détermine tous les coefficients d'atténuation μ qu'il reçoit à partir des intensités mesurées par les détecteurs. Il calcule alors un μ moyen pour chaque voxel qui correspond à une densité donnée [13].

3 . VISUALISATION DES IMAGES

Comme illustré par la **figure 4**, l'ordinateur affiche ces résultats sous forme d'images en deux dimensions composées de pixels (un pixel correspond à la surface de section d'un voxel ou à une unité de surface).



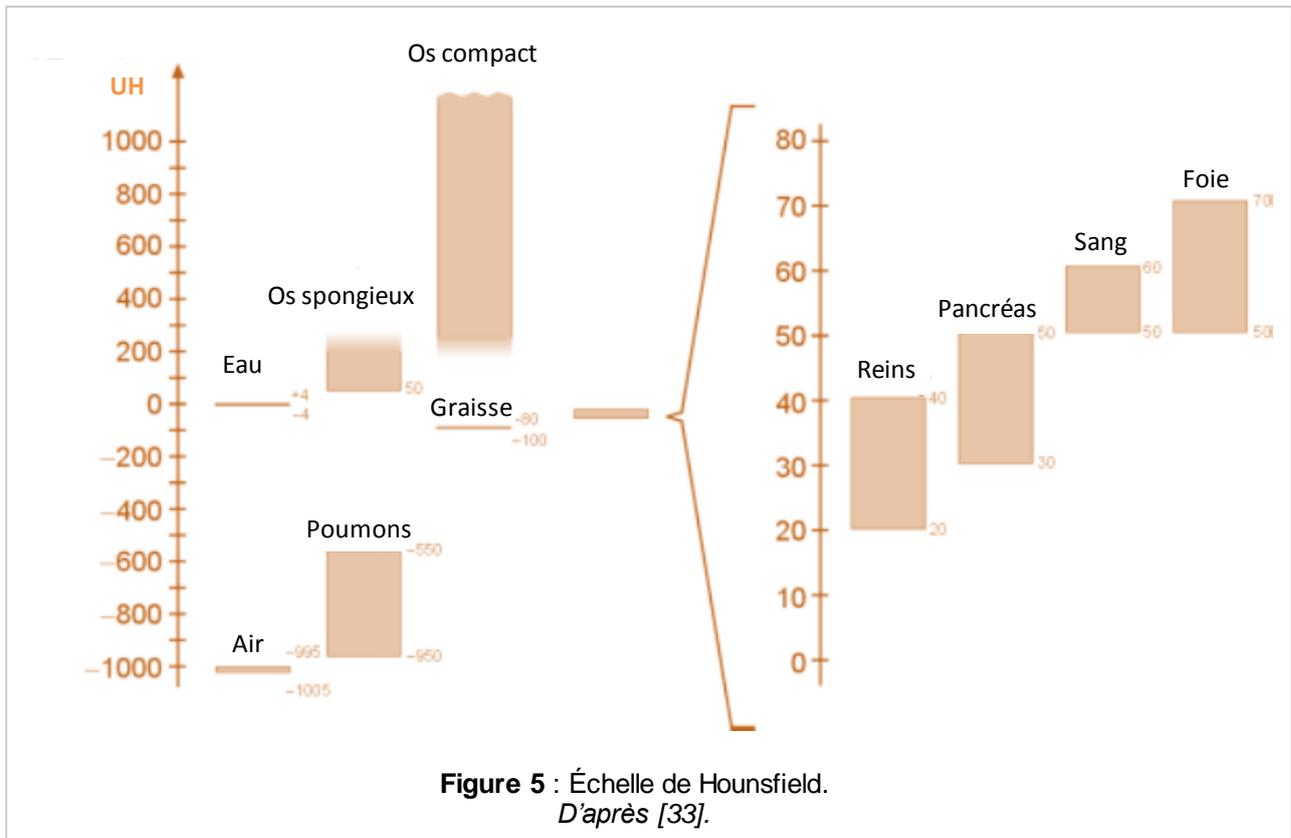
À chaque pixel correspond un coefficient d'atténuation μ . Le système informatique peut calculer 4000 à 6000 valeurs différentes de μ qui correspondent à des densités qu'il exprime en unité (ou indice) Hounsfield selon la relation suivante :

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

Ces densités sont placées sur l'échelle de Hounsfield (du nom de son concepteur), représentée par la **figure 5**, allant de -1000 à $+1000$ (UH), et à chaque densité correspond un niveau de gris :

- La valeur -1000 est attribuée à l'air et correspond à un pixel noir sur l'écran (c'est une matière radio-transparente qui atténue peu le signal).
- La valeur 0 est attribuée à l'eau.
- La valeur $+1000$ est attribuée à l'os compact et correspond à un pixel blanc sur l'écran (c'est une matière radio-opaque qui atténue fortement le signal) [20][30][32][33].

Notons cependant qu'il existe aujourd'hui une nouvelle échelle de Hounsfield étendue jusqu'à 3000 .



Mais l'œil humain ne distingue pas plus de 20 niveaux de gris différents entre le noir et le blanc, et non des milliers ! Il faut donc appliquer un fenêtrage, c'est-à-dire n'afficher que les pixels contenus dans une fourchette d'unités Hounsfield. L'opérateur choisit donc arbitrairement le niveau de gris moyen qu'il veut observer à l'écran ainsi que la largeur de la fenêtre de visualisation :

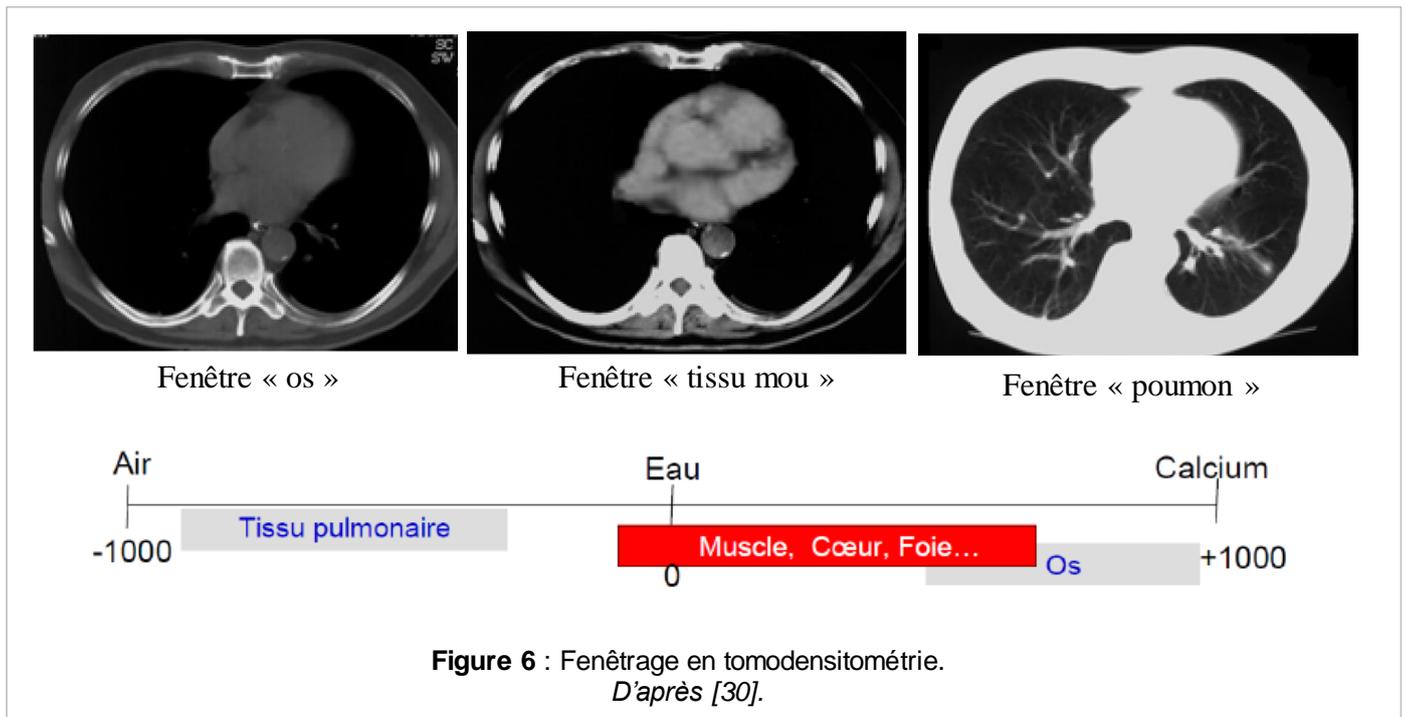
- les densités supérieures à la valeur maximale de la fenêtre apparaissent arbitrairement « blanches » ;
- les densités inférieures à la valeur minimale de la fenêtre apparaissent arbitrairement « noires ».

L'ordinateur ré-échantillonne la gamme de gris selon cette fenêtre. Plus la largeur de la fenêtre est étroite, plus la différenciation des structures de densités voisines est facilitée : autrement dit, le contraste est augmenté.

Selon les organes qu'il veut examiner sur une coupe tomодensitométrique, l'opérateur ajuste le contraste en modifiant la fenêtre. Il peut choisir :

- une fenêtre de type osseux,
- une fenêtre de type parenchymateux (ou « tissu mou »), ou
- une fenêtre de type pulmonaire [3], [9], [14], [30].

Les différences entre les différentes fenêtres sont illustrées par la **figure 6**.



Aujourd'hui, il est possible de visualiser ultérieurement des images scanner sur presque tout ordinateur doté d'un logiciel de visualisation (tel OsiriX ND) car elles sont enregistrées sous le format standard DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine). Certains logiciels proposent, à partir des coupes transversales, des reconstructions dans tous les plans et même tridimensionnelles [16].

II . EXAMEN SCANNER EN MÉDECINE VÉTÉRINAIRE

1 . DÉROULEMENT DE L'EXAMEN

L'acquisition des images tomodensitométriques nécessite une parfaite immobilité, c'est pour cette raison que l'anesthésie générale est indispensable pour réaliser cet examen chez les animaux.

Une fois le patient positionné sur la table, il faut réaliser un « mode radio ». Cela consiste à réaliser deux clichés radiographiques (face et profil) appelés « scout views » ou topogrammes qui permettent à l'opérateur de programmer les séquences d'acquisitions tomographiques (début d'acquisition, fin de l'acquisition, inclinaison du statif, épaisseur de coupe....).

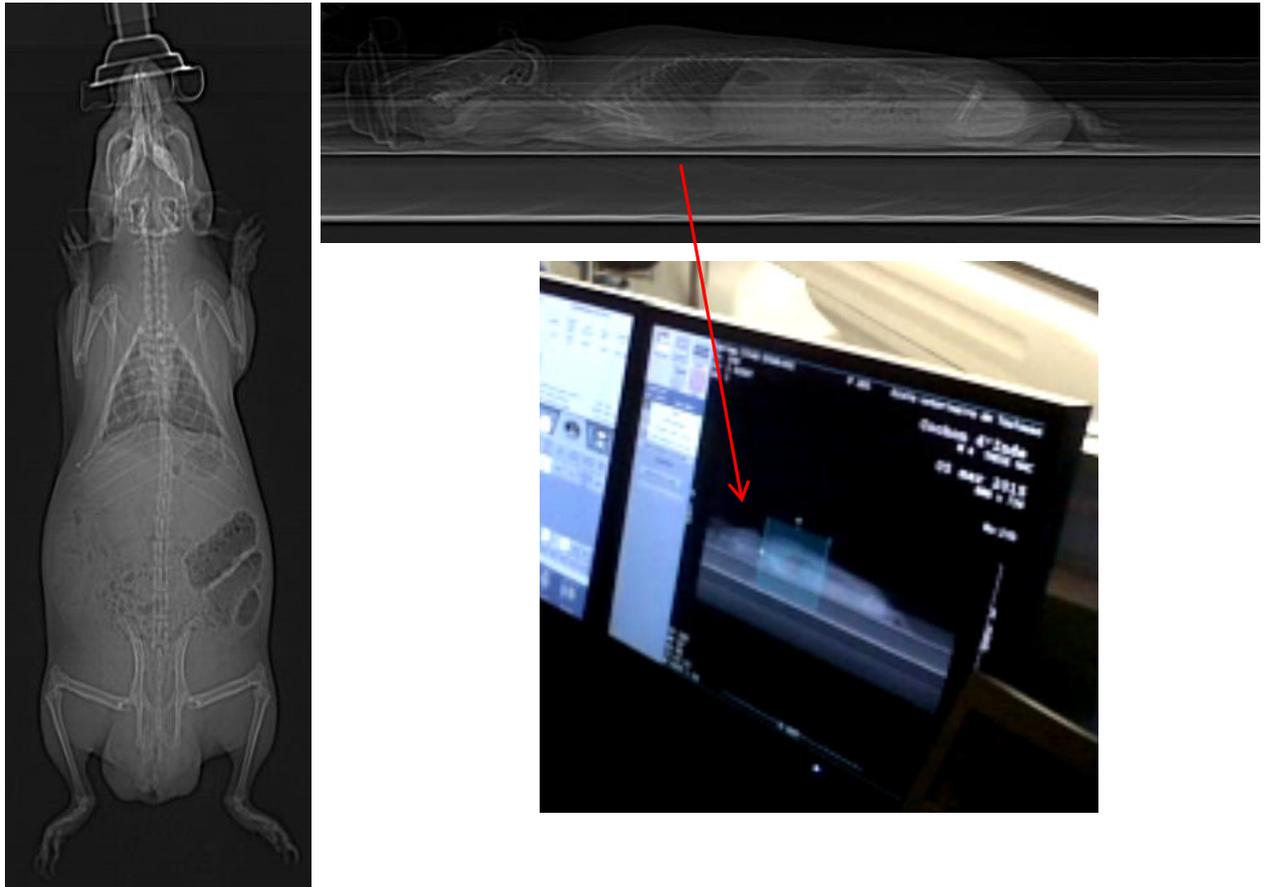


Figure 7 : Scout views du cobaye de l'étude.
 Images DICOM visualisées sur OsiriX ND et photographie de Delphine Husté.

Puis l'opérateur effectue plusieurs réglages :

- **La tension** en kilovolts (kV)

Elle permet de jouer sur le contraste (car elle est responsable de la pénétration des rayons X).

- **Le temps d'exposition** en secondes (s)

Il influe sur la dose de rayons X reçue par l'animal et il doit être réduit au maximum selon les principes de la radioprotection.

- **L'intensité du courant** en milliampères (mA)

Elle module le nombre d'électrons produits dans le tube radiogène et donc le degré de noircissement de l'image finale ainsi que la dose de rayons X reçue par l'animal.

- **Le nombre, l'épaisseur et l'espacement** des coupes (épaisseur et espacement en millimètres, mm)

L'épaisseur des coupes est réglée par la collimation du faisceau de rayons X. Plus la coupe est fine, plus l'examen est précis (meilleure résolution densitométrique), mais l'image est moins qualitativement agréable à l'œil (moins bonne résolution spatiale).

Par ailleurs, les coupes peuvent être :

- Jointives, si l'espacement entre deux coupes est égal à la largeur des coupes.
- Non jointives, si la distance entre elles est supérieure à la largeur de la coupe. Par exemple, sur un examen en coupes de 2 mm tous les 3 mm, il existe une zone non explorée (ou « zone aveugle ») d'un millimètre entre chaque coupe.
- Chevauchantes (« overlapping »), si l'espacement est inférieur à la largeur des coupes.

– **La direction des coupes**

Elles peuvent être perpendiculaires ou plus ou moins inclinées par rapport au grand axe du patient selon l'orientation du portique.

– **Le champ de vue**

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 [13], [20].

2 . INTÉRÊTS DU SCANNER EN MÉDECINE DU COBAYE

L'intérêt majeur du scanner est l'exploration en coupe des tissus, ce qui permet d'éliminer les superpositions. Par ailleurs, bien qu'il possède une résolution spatiale moindre qu'un cliché radiographique, il possède une meilleure résolution en contraste (ou en densité) ce qui permet de détecter beaucoup plus facilement les différentes structures anatomiques [15].

Chez le cobaye, le scanner est une technique adaptée à l'observation des structures osseuses de la tête : il permet d'observer l'état de la dentition ou la présence d'une luxation temporo-mandibulaire. Il peut être indiqué pour identifier des affections pulmonaires ou des tumeurs de la rate. Enfin, il peut s'avérer utile dans le diagnostic et l'évaluation d'otite ou de lymphadénite caséuse.

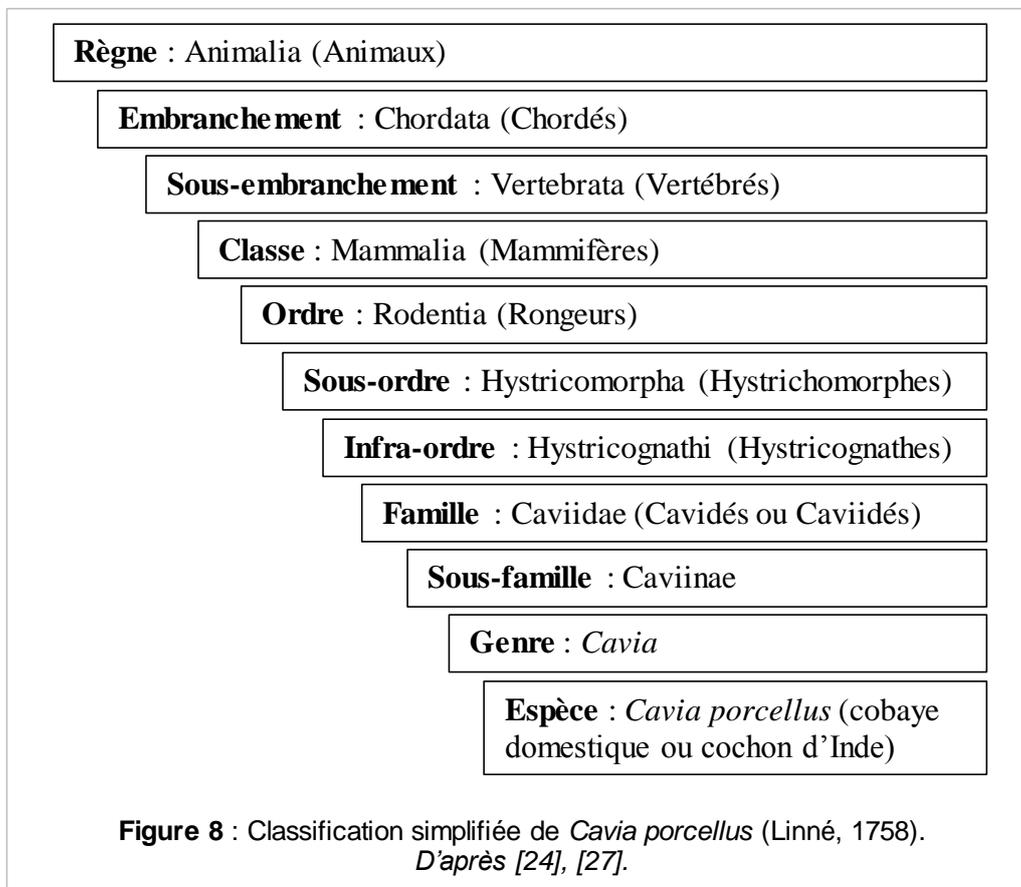
2^{ème} PARTIE : LE MODÈLE BIOLOGIQUE, *Cavia porcellus*

Le cobaye domestique, aussi appelé cochon d'Inde (« guinea pig » ou « cavy » en anglais) est un petit rongeur de compagnie fréquemment rencontré dans les foyers français qui possède de nombreuses particularités à connaître pour mieux le comprendre et le soigner.

I. CLASSIFICATION ET HISTOIRE DU COBAYE

1. CLASSIFICATION

Le cobaye domestique, ou cochon d'Inde, a pour nom scientifique *Cavia porcellus* (Linné, 1758). Cette espèce se classe de la manière suivante dans le règne animal :



En France, deux autres rongeurs hystricognathes sont aussi fréquemment rencontrés comme animaux de compagnie, il s'agit du chinchilla et du dègue du Chili (souvent appelé « octodon »). Ils sont, tout comme le cobaye, considérés comme des caviomorphes (taxon qui comprend les Hystricognathes d'Amérique du Sud) [21], [24].

2 . HISTOIRE DU COBAYE

Le cochon d'Inde porte plutôt mal son nom. En effet, ce rongeur au cri comparable à celui du porc est en réalité originaire d'Amérique du Sud (autrefois appelée « les Indes » par les conquistadores) [18]. Sa domestication y remonterait à plus de 1000 ans avant Jésus-Christ et se serait faite à partir d'une espèce sauvage aujourd'hui disparue [12], [24].

Au moment de la colonisation espagnole des Amériques, les cobayes étaient élevés par les Incas pour être consommés mais aussi utilisés lors des cérémonies religieuses [12]. C'est au XVIème siècle qu'ils furent rapportés en Europe puis sélectionnés au fil du temps par les éleveurs pour obtenir le cobaye domestique que nous connaissons aujourd'hui [2]. En dehors de sa région d'origine, le cochon d'Inde a surtout été élevé comme animal de laboratoire et comme animal de compagnie.

De nos jours, sa viande à forte teneur en protéines (19%) est encore consommée par les habitants des hauts plateaux d'Amérique du Sud. Et dans le reste du monde, on peut la retrouver dans les assiettes des populations émigrées de ces régions mais aussi, par exemple, en République Démocratique du Congo où l'élevage familial est envisagé comme une solution à la malnutrition [12].

À l'état sauvage, plusieurs Cobayes (animaux du genre *Cavia*) vivent dans de nombreux habitats naturels (prairies, marécages, lisières de forêts, aires rocheuses) et peuvent être retrouvés jusqu'à 4000 m d'altitude. Il s'agit de :

- *Cavia aperea* (Erxleben, 1777), visible sur la **photographie 1**,
- *Cavia tschudii* (Fitzinger, 1857),
- *Cavia intermedia* (Cherem, Olimpio, et Ximenez, 1999),
- *Cavia magna* (Ximenez, 1980) et
- *Cavia fulgida* (Wagler, 1831).

Ces espèces se répartissent en Colombie, au Venezuela, au Brésil, en Argentine, au Paraguay et au Pérou [12], [24], [27].



Photographie 1 : *Cavia aperea* (Erxleben, 1777) ou cobaye du Brésil.
Photographie de David Blank sur animaldiversity.org.

À l'état domestique, les éleveurs ont développé de nombreuses races et variétés de cochons d'Inde, et leur nombre varie sans cesse. Les Américains reconnaissent à l'origine trois races standard :

- l'Américain (ou l'Anglais) aux poils courts et souples,
- l'Abyssinien aux poils plus durs et formant des rosettes,
- le Péruvien aux poils très longs et soyeux.

Actuellement, plus de 13 races sont reconnues aux États-Unis (par l'American Cavy Breeders Association) ; plus de 22 en Grande-Bretagne (par le British Cavy Council) ; et au moins 14 en France (par la Fédération française des Associations d'Éleveurs de Cobayes et rongeurs de race). Le **tableau en annexe 1** présente la nomenclature officielle française des races et variétés de cobayes en vigueur au 1^{er} octobre 2013. Celle-ci distingue quatre catégories :

- Les cobayes à poils courts.
- Les cobayes à poils durs ou dressés.
- Les poils longs.
- Les poils satinés.

Les éleveurs ont aussi développé des races sans poils connues sous le nom de Skinny (sans poils sauf sur la tête et l'extrémité des membres) et de Baldwin (animaux nés poilus mais perdant tous leurs poils aux alentours du sevrage).

Les couleurs de robes sont aussi très variées et les cobayes peuvent être unicolores, bicolores ou tricolores [12], [25].

II . BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE DU COBAYE

1 . QUELQUES DONNÉES GÉNÉRALES

Les cochons d'Inde vivent en moyenne 5-6 ans mais leur espérance de vie peut varier de 4 à 8 ans. Les mâles pèsent entre 900 et 1200 g, et sont plus gros que les femelles qui oscillent plutôt entre 700 et 900 g [12], [21].

Leur température corporelle se situe dans l'intervalle [37,5-39,5]°C. Leur fréquence cardiaque est élevée et varie entre 150 et 380 battements par minute. Quant à leur fréquence respiratoire, elle est comprise entre 45 et 150 mouvements par minute [2], [6], [8], [31].

Leurs urines sont alcalines, opaques, de couleur « jaune crémeux » et sont riches en cristaux.

Les cobayes ont un volume sanguin compris entre 70 et 75 mL/kg. Des lymphocytes particuliers, appelés cellules de Kurloff, sont souvent observés dans le sang circulant chez les femelles gravides. Proliférant sous stimulation œstrogénique, ces cellules sont retrouvées en grand nombre dans le placenta où elles empêchent les antigènes fœtaux de sensibiliser les lymphocytes maternels et les immunoglobulines.

Ils possèdent un odorat et une ouïe très développés. À noter aussi, qu'ils sont d'excellents nageurs [2], [12], [21], [26].

2 . COMPORTEMENT

Reconnus pour être gentils, dociles et assez faciles à entretenir, les cobayes peuvent être recommandés aux enfants. Faisant partie des rongeurs les moins destructeurs (ils utilisent rarement leurs dents sur les meubles par exemple), ils s'adaptent aussi à la vie en appartement [5], [31]. Cependant, pour comprendre leur comportement, il faut savoir que les cobayes sont, à la base, des animaux grégaires, de proie et crépusculaires.

Ces animaux très sociables aiment le contact avec leurs congénères. Dans la nature, les Cobayes sauvages vivent en groupes hiérarchisés avec un mâle dominant et il y a toujours des individus pour guetter et donner l'alerte en cas de danger. Il est ainsi déconseillé de détenir un seul cochon d'Inde sauf si l'on a plusieurs heures à lui consacrer par jour. Mais attention, alors que les femelles s'entendent généralement bien entre elles, les mâles peuvent se battre [8]. Il faut aussi éviter toute situation de surpopulation qui augmente les mauvais traitements envers les animaux soumis (oreilles mâchouillées, poils arrachés) [2], [12].

Généralement calmes dans un environnement familial, ils deviennent vite nerveux dans toutes nouvelles situations et dès lors qu'ils croient percevoir un danger [26]. Ils optent alors pour l'un des deux mécanismes de défense suivants :

- l'immobilité, plutôt utilisée par un seul individu lorsqu'il perçoit une menace (un son ou un mouvement inconnu), ou
- la fuite, plus souvent rencontrée dans le cadre d'un groupe qui, en se dispersant, essaye de désorienter le potentiel agresseur [24].

Ils sont plutôt actifs en début de matinée et le soir. La journée, lorsqu'ils ne dorment pas, ils mangent, explorent et font leur toilette (qui, malgré leur caractère grégaire, est le plus souvent individuelle) [8], [12].

Les cochons d'Inde utilisent de nombreuses vocalises ainsi que des cris pour communiquer. Ils ont des vocalises :

- de satisfaction, comme le roucoulement ;
- de curiosité (le gloussement) ;
- d'apaisement (le « cou-cou » qui est un bruit bas et tranquille émis par la femelle pour apaiser ses petits angoissés ou d'autres adultes) ;
- d'alerte, tels le couinement (qui prévient d'un danger et exprime la crainte ou la douleur, mais sert aussi à quémander de la nourriture) ou le grondement « drr » (qui exprime la frayeur, la crainte ou l'excitation) ;
- d'attaque ou d'agressivité (le claquement ou grincement des dents).

Ils émettent aussi différents cris :

- au cours des parades sexuelles ;
- lorsqu'ils sont jeunes et qu'ils têtent ou sont isolés du groupe ;
- lorsqu'ils sont agressés par un congénère... [23]

Outre leur utilisation dans les relations intraspécifiques, les sons qu'émettent les cobayes leur permettent de se faire comprendre de leurs propriétaires.

3 . CONDITIONS DE VIE

i . Normes d'ambiance

Elles doivent être le plus stables possible. Les cochons d'Inde sont particulièrement sensibles à l'hyperthermie et aux coups de chaleur. La température ambiante recommandée doit être comprise entre 18 et 26°C (la température optimale étant de 21°C). Un taux d'humidité de l'air environnant de 50 % est idéal (il convient de rester entre 40 et 70 %). Enfin, une moyenne de 12 heures de lumière par jour est adaptée [2], [6], [21].

ii . Logement

Si on a l'espace suffisant, l'idéal pour ces animaux est d'être maintenus en petits groupes dans un enclos de 3 à 4 m². Sinon, une cage d'1,20 m de long est le minimum pour deux cobayes. Ne sachant pas grimper, ni sauter très haut, elle peut être, à la rigueur, sans couvercle si les parois mesurent plus de 25 cm de haut. La cage doit être bien ventilée mais doit être placée dans un endroit calme, à l'abri du soleil direct, des courants d'air, d'une humidité excessive ou de la fumée.

Les sols lisses avec litière sont à préférer aux sols grillagés car ils sont moins traumatisants, mais la litière doit être changée régulièrement (grand minimum une fois par semaine) car les cobayes produisent énormément de fèces et d'urine et n'ont souvent pas de coin prédéfini. Les copeaux de bois (d'arbres non résineux), de chanvre ou de lin recouverts de paille sont conseillés pour la litière. Les journaux (dont l'encre peut contenir du plomb très toxique) ou les litières pour chat sont à éviter.

Les cobayes vivant en cage souffrent facilement d'obésité, il faut donc leur accorder des sorties suffisantes pour satisfaire leur besoin d'exercice [5], [8], [12], [22].

Durant les beaux jours, les cobayes peuvent être placés à l'extérieur dans un enclos couvert pour les protéger des potentiels prédateurs (chiens, chats, oiseaux de proie...) et des fientes d'oiseaux qui peuvent contenir des bactéries pathogènes. Ils doivent disposer d'un abri ombragé et protégé contre la pluie [1], [26].

iii . Accessoires

Les cochons d'Inde sont des animaux assez désordonnés : ils retournent souvent les récipients instables et souillent le contenu de leurs gamelles avec de la litière ou leurs déjections. De plus, ils peuvent bloquer le système des biberons d'eau en y injectant de la bouillie de nourriture. Il faut donc bien penser l'aménagement de la cage et le choix des accessoires (un râtelier pour le foin, une gamelle lourde et facilement nettoyable pour l'alimentation par exemple) [12], [21].

Les cobayes qui, rappelons-le, sont des animaux proies, apprécient d'avoir une cachette (une boîte, un tunnel...), qui leur sert aussi en cas d'agression intraspécifique. L'inconvénient est que les plus craintifs peuvent avoir tendance à y séjourner en permanence et à rester sur leurs déjections, ce qui accroît le risque de pododermatite.

Par ailleurs, contrairement à d'autres rongeurs comme le hamster ou le rat, inutile de leur acheter une roue : cet accessoire leur est même fortement déconseillé car il peut créer des lésions du rachis, trop rigide chez cette espèce [1], [8], [26].

iv . Cohabitation avec d'autres espèces

Un cochon d'Inde peut cohabiter avec un lapin mais ce n'est pas conseillé. En effet, les besoins nutritionnels de ces deux espèces ne sont pas les mêmes et le lapin est souvent porteur sain de la bactérie *Bordetella bronchiseptica* qui est pathogène pour le cobaye [8].

4 . CONTENTION ET MANIPULATION

Les cobayes sont des animaux paisibles qui mordent rarement mais ils doivent être manipulés avec douceur car ils peuvent être facilement effrayés [17]. Sur une table d'examen, une main placée sur les lombes suffit souvent à les maintenir. S'ils bougent trop et risquent de tomber de la table, un aide peut bloquer la croupe avec ses mains placées en coupe autour de l'arrière-train. Il est également possible de les enrouler dans une serviette afin de les immobiliser [8].

Pour les transporter, il vaut mieux utiliser ses deux mains : une sous le thorax et une autre pour soutenir l'arrière-train comme sur la **photographie 2**. On évite ainsi de blesser les poumons ou le foie par une main serrant trop fort le thorax ou l'abdomen. De plus, porter l'animal contre soi accroît sa sensation de sécurité et donc son calme [2].



Photographie 2 : Contention du cobaye.
Photographie de Delphine Husté.

Pour les femelles gravides, une autre méthode très similaire est conseillée. Comme illustré sur la **figure 9**, on maintient l'animal dans une position plus horizontale (afin que les fœtus ne mettent pas trop de poids sur la filière pelvienne), on place une main au-dessous du bassin et une autre tient le thorax et le cou.



Figure 9 : Contention d'une femelle pleine.
D'après [31].

À noter que les cobayes n'aiment pas être maintenus en décubitus dorsal [8], [31]. Enfin, les cobayes malades sont à manipuler avec beaucoup de délicatesse car ils tolèrent très mal tout stress de contention qui peut être à l'origine d'arrêts cardio-respiratoires [12].

5 . PHYSIOLOGIE DIGESTIVE ET ALIMENTATION

Le cobaye est un herbivore strict (exception faite de la placentophagie), monogastrique à fermentation caecale et coprophage. Il tolère très mal les changements alimentaires ou d'environnement et ses préférences alimentaires sont établies très tôt. Il a des besoins spécifiques dont le plus important est celui en vitamine C [8], [12].

i . Digestion

Chez le cobaye, la vidange gastrique se fait généralement en 2 heures. Le transit gastro-intestinal total dure environ 20 heures (de 8 à 30 heures), mais en prenant en compte le phénomène de coprophagie, cette durée est en réalité de l'ordre de 66 heures.

Le pH gastrique moyen est de 2,9 alors qu'il est compris entre 6,4 et 7,4 dans l'intestin grêle.

Le cochon d'Inde pratique la coprophagie, c'est-à-dire qu'il mange certaines de ses crottes (directement à l'anus, ou au sol dans le cas des animaux obèses ou des jeunes non sevrés qui mangent les crottes de leur mère). Cette coprophagie serait une source de vitamines B et un moyen d'optimiser l'utilisation des protéines. Si on l'empêche, le cobaye perd alors du poids, digère moins les fibres et excrète plus de minéraux dans ses fèces.

Mais cette coprophagie est à différencier de la caecotrophie observée chez le lapin car des études ont montré qu'elle n'apportait pas la même variété de vitamines B et que le mécanisme de séparation colique des deux types de crottes (caecales ou molles et, non caecales ou dures) est différent chez ces deux espèces.

La flore gastro-intestinale du cobaye est surtout composée de bactéries Gram positif. Il possède des lactobacilles anaérobies endogènes, prédominants dans le gros intestin, qui produisent comme acide gras volatil principal l'acide propionique. Il est important de connaître l'existence de cette flore endogène lors de la prescription d'antibiotiques car certains d'entre eux peuvent provoquer des dysbioses létales.

La cellulose est principalement digérée dans le caecum très volumineux. Finalement, les fibres sont mieux digérées que chez le lapin [2], [8], [12].

ii . Comportement alimentaire

Le cobaye développe des préférences alimentaires tôt dans sa vie, et le plus souvent, il s'adapte mal aux changements de type, d'apparence ou de présentation de son alimentation ou de son eau de boisson. Il est par exemple capable de se déshydrater ou de mourir de faim lors d'une hospitalisation. Il est donc important de présenter aux jeunes une variété d'aliments pour minimiser ce problème.

Une autre caractéristique du cochon d'Inde est qu'il contrôle sa prise alimentaire davantage selon le volume ingéré plutôt que par le nombre de calories ingérées. En d'autres termes, sa satiété est davantage contrôlée par la distension de son tractus gastro-intestinal plutôt que par ses besoins métaboliques énergétiques. D'où le risque accru d'obésité avec la distribution excessive de granulés du commerce riches en énergie par rapport au foin.

Un cobaye adulte de taille moyenne consomme approximativement 6 g de nourriture pour 100 g de poids corporel par jour. Il boit 10-40 mL d'eau par jour pour 100 g de poids corporel. Ces quantités varient cependant selon la température ambiante, l'humidité relative, le statut de reproduction et le gaspillage fait par l'animal [2], [12], [31].

iii . Besoins spécifiques

Le cobaye a besoin :

- d'un taux de protéines brutes de 18 à 20 % ;
- d'un taux de fibres de minimum 10 % ;
- de 10 mg/kg/jour de vitamine C (au moins le double chez les jeunes et les sujets malades, jusqu'à 30 mg/kg /jour pendant la gestation) ;
- de quantités spécifiques de calcium, phosphore, magnésium, potassium, vitamine A, vitamine D...

Les déficits en vitamine C (ou acide ascorbique) sont un problème majeur chez le cochon d'Inde. En effet, comme l'homme et les primates, il ne possède pas l'oxydase L-gluconolactone, une enzyme impliquée dans la synthèse d'acide ascorbique à partir du glucose. Il est donc nécessaire d'apporter de la vitamine C via l'alimentation quotidiennement.

Il existe des comprimés et des solutions de vitamine C. Le mode d'administration le plus sûr consiste à l'administrer directement dans la bouche de l'animal plutôt que dilué dans l'eau de boisson ou sur l'alimentation car la vitamine C se dégrade rapidement [2], [8], [12].

iv . Alimentation recommandée

Le régime alimentaire recommandé pour un cochon d'Inde se compose :

- de granulés du commerce en petites quantités (car ils sont trop riches en énergie et ne favorisent pas l'usure des dents à pousse continue chez cette espèce) ;
- de foin de bonne qualité à volonté ;
- de fruits (en très petites quantités, en gourmandises) et de légumes frais ;
- d'eau propre à volonté.

Concernant les aliments industriels, il faut privilégier les granulés aux mélanges de graines pour éviter le tri (l'animal préférant, en général, les graines, d'où un excès de sucres et une insuffisance en fibres). Ils doivent être destinés aux cobayes pour être complétés en vitamine C mais ils doivent être stockés dans un endroit frais et sec (à moins de 22°C) pour que l'acide ascorbique ne se dégrade pas trop vite.

Tous les aliments frais doivent être lavés et préparés comme pour la consommation humaine et doivent être retirés de la cage après quelques heures s'ils n'ont pas été consommés. Tous les légumes ne sont pas bons à donner en grandes quantités. Par exemple, les feuilles vertes comme le chou frisé, le persil, les feuilles de betteraves, la chicorée et les épinards sont riches en vitamine C mais peuvent contenir de fortes teneurs en oxalates de calcium favorisant les calculs urinaires. D'autres légumes riches en eau peuvent provoquer des troubles digestifs.

Enfin, tout changement de régime alimentaire doit être fait très progressivement sous peine de provoquer de sérieux troubles digestifs [5], [8], [12], [26].

6 . PHYSIOLOGIE DE LA REPRODUCTION

Le cochon d'Inde est une espèce prolifique qui donne naissance à des petits précoces après une relativement longue gestation mais les normes physiologiques de la reproduction du cobaye varient selon les sources. Cela est certainement dû aux variations entre les différentes souches de cobayes.

i . Cycle œstral et accouplement

La puberté du cobaye se manifeste aux alentours de 2 mois pour les femelles et vers 3 mois pour les mâles. Mais ces derniers commencent à monter dès l'âge d'un mois et ont leurs

premières éjaculations dès deux mois. Le pic de reproduction pour les femelles se situe entre 3-4 mois et 20 mois mais elles peuvent se reproduire jusqu'à 4 ou 5 ans.

Le cochon d'Inde est une espèce polyoestrienne (environ 3-4 cycles œstraux par an), non saisonnière, dont le cycle œstral dure 15 à 17 jours (13-21 jours) et dont l'ovulation est spontanée. La période d'œstrus elle-même dure environ 24-48 heures et la femelle accepte le mâle pendant 6 à 11 heures. Elle balance son arrière-train, émet un son guttural spécifique et présente une lordose durant cette période.

Un œstrus post-partum survient également chez de nombreuses femelles 2 à 15 h après la mise-bas dont la fertilité varie entre 60 et 80%.

L'accouplement a souvent lieu la nuit mais il peut être confirmé par la présence d'un bouchon vaginal copulatoire qui tombe quelques heures après la copulation. Ce bouchon formé de sécrétions produites par le mâle a pour rôle principal d'empêcher la fécondation par un nouveau mâle. Plus de deux tiers des accouplements sont fertiles et l'implantation des embryons se fait en une semaine [2], [6], [8], [12], [19], [21], [26].

ii . Gestation et mise-bas

La gestation dure en moyenne 68 jours (de 59 à 72 jours selon la souche de cobaye, le rang de parité de la mère et la taille de la portée). Elle est généralement plus courte chez les femelles primipares.

La placentation est du même type que chez l'homme : elle est hémochoriale. Cela signifie que les trophoblastes sont en contact avec le sang maternel. Le placenta sécrète de la progestérone à partir du 15^e jour. De plus, les petits reçoivent les anticorps maternels à partir du placenta plutôt que par le colostrum en post-partum.

Les ampoules fœtales peuvent être palpées dès 15 jours de gestation mais la palpation est plus facile entre 28 et 35 jours. A partir de 40-48 jours de gestation, les fœtus sont visibles sur des clichés radiographiques car leur squelette s'ossifie.

Dix jours avant la parturition, l'hormone relaxine, sécrétée par le placenta, commence à dégrader le fibrocartilage de la symphyse pubienne, ce qui provoque un écartement de la filière pelvienne. Un espace de 15 mm est ainsi palpable environ deux jours avant la mise-bas. Il augmente jusqu'à 25 mm, voire plus, au moment du part.

Dans la littérature, il est décrit que la symphyse retrouve sa position anatomique initiale dès le lendemain de la parturition et que les femelles n'ayant pas mis bas avant l'âge de 7 à 12 mois présentent une ossification du fibrocartilage de la symphyse pubienne à l'origine de dystocies.

Cependant, ces affirmations ont été remises en question par une étude récente [19] qui, par une analyse tomodensitométrique, n'a pas observé sur les sujets étudiés d'ossification de la symphyse en l'absence de gestation précoce ni de retour à sa position initiale complète après le part.

Mais il est vrai que les dystocies sont nombreuses au sein de cette espèce et souvent dues à une disproportion fœto-pelvienne. Les femelles obèses ont souvent une accumulation de graisse au niveau pelvien qui gêne la parturition.

Une mise-bas normale est rapide (une demi-heure), avec seulement quelques minutes entre les naissances. Elle a souvent lieu très tôt le matin. La mère lèche ses petits et, bien qu'herbivore, mange le placenta (qui peut aussi être mangé par d'autres adultes s'ils sont présents). Notons que les cochons d'Inde mangent rarement leurs fœtus morts (ou vivants d'ailleurs) contrairement à d'autres rongeurs.

La taille des portées varie selon la souche de cobaye et les pratiques d'élevage mais elle est généralement de 2 à 4 petits (cela peut aller de 1 à 13 petits) [2], [8], [12], [19].

iii . Vie néonatale et allaitement

Les cobayes ne construisent pas de nids. Les nouveau-nés sont précoces ou nidifuges : ils ont tous leurs poils et presque toutes leurs dents, leurs yeux et leurs oreilles sont ouverts et ils sont capables de tenir debout très rapidement après la naissance.

Ils peuvent peser de 45 à 115 grammes, mais le taux de mortalité est très élevé chez les petits pesant moins de 60 grammes. À noter que leur poids est inversement proportionnel à la taille de la portée.

Même s'ils peuvent grignoter de la nourriture solide dès les premiers jours (dont les crottes caecales de leur mère avec lesquelles ilsensemencent leur tube digestif), s'ils ne reçoivent pas le lait maternel durant les 3-4 premiers jours de leur vie, ils survivent rarement. Par ailleurs, la mère doit lécher leur zone ano-génitale pour stimuler leur défécation et leur miction (la miction volontaire n'apparaissant qu'à la deuxième semaine de vie).

La femelle cobaye ne possède que deux mamelles inguinales ce qui est parfois insuffisant lorsque la taille de la portée est trop grande. Mais dans cette espèce, les femelles se laissent aussi téter par les petits des autres, ce qui peut pallier le problème. Les mères sont considérées comme peu maternelles car c'est aux petits d'aller les téter : si l'un d'entre eux reste à l'écart, elle ne cherchera pas à l'allaiter.

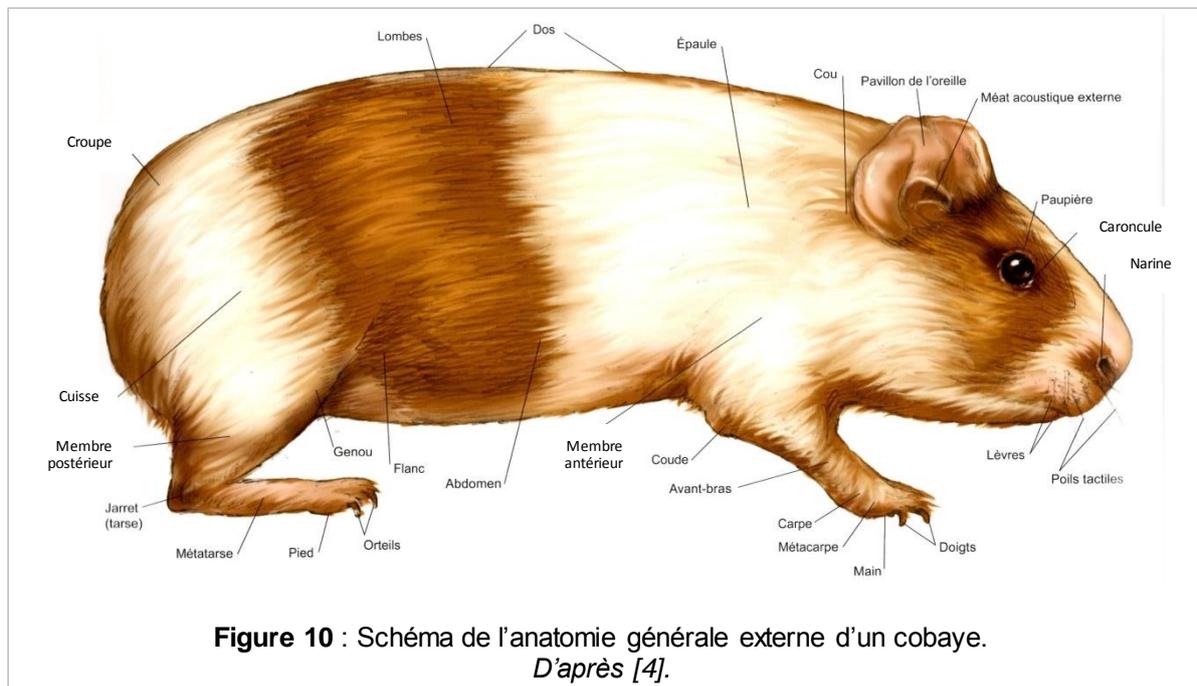
Le lait de cobaye contient 4% de lipides, 8 % de protides, 3 % de lactose, 83 % d'eau et 0,8 % de matières minérales. Le pic de lactation s'observe entre le 5^e et le 8^e jour après la mise-bas. Les petits sont sevrés vers 21 jours ou lorsqu'ils atteignent un poids d'environ 180g (c'est-à-dire entre 15 et 28 jours d'âge).

Lorsque la mère et ses jeunes sont laissés au sein d'un groupe, il existe un risque de piétinement et de mâchouillement des oreilles par les adultes. À noter que peu d'informations sont disponibles sur les potentiels soins paternels apportés aux jeunes [2], [8], [12], [23], [24].

III . ANATOMIE DU COBAYE ET SES PARTICULARITÉS

1 . ANATOMIE EXTERNE

Le cobaye possède un corps trapu, compact, cylindrique et n'a pas de queue, comme on peut le voir sur la **figure 10**.



Ses membres sont petits et fins. Il a quatre doigts aux membres antérieurs mais seulement trois sur les membres postérieurs. Comme observé sur la **figure 11**, chaque doigt possède une griffe normalement courte (mais qui peut avoir besoin d'être coupée de temps à autre chez certains individus).

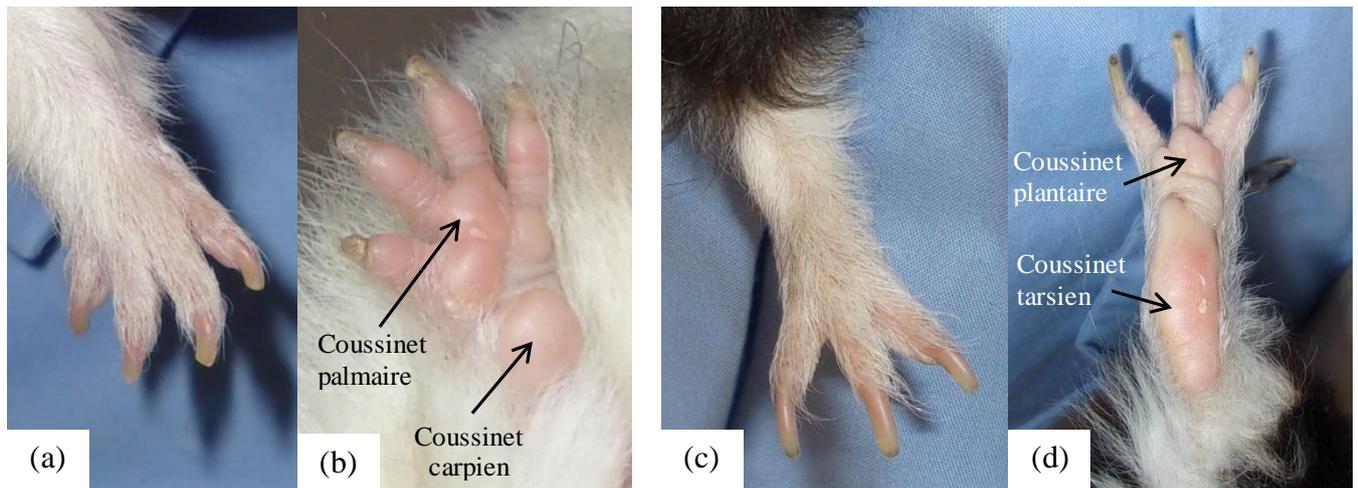


Figure 11 : Mains et pieds du cobaye.
 (a) Face dorsale de la main droite : 4 doigts bien visibles.
 (b) Face palmaire de la main droite.
 (c) Face dorsale du pied gauche : 3 doigts bien visibles.
 (d) Face plantaire du pied gauche.
Photographies de Delphine Husté.

Ses petits pavillons auriculaires arrondis et couverts de très peu de poils sont placés latéralement sur le sommet de la tête. Une zone d'alopécie physiologique est visible derrière chaque oreille. À mi-chemin entre les oreilles et le nez se trouvent les yeux en position latérale. La membrane nictitante n'est que rudimentaire [2], [12], [18], [24], [26].

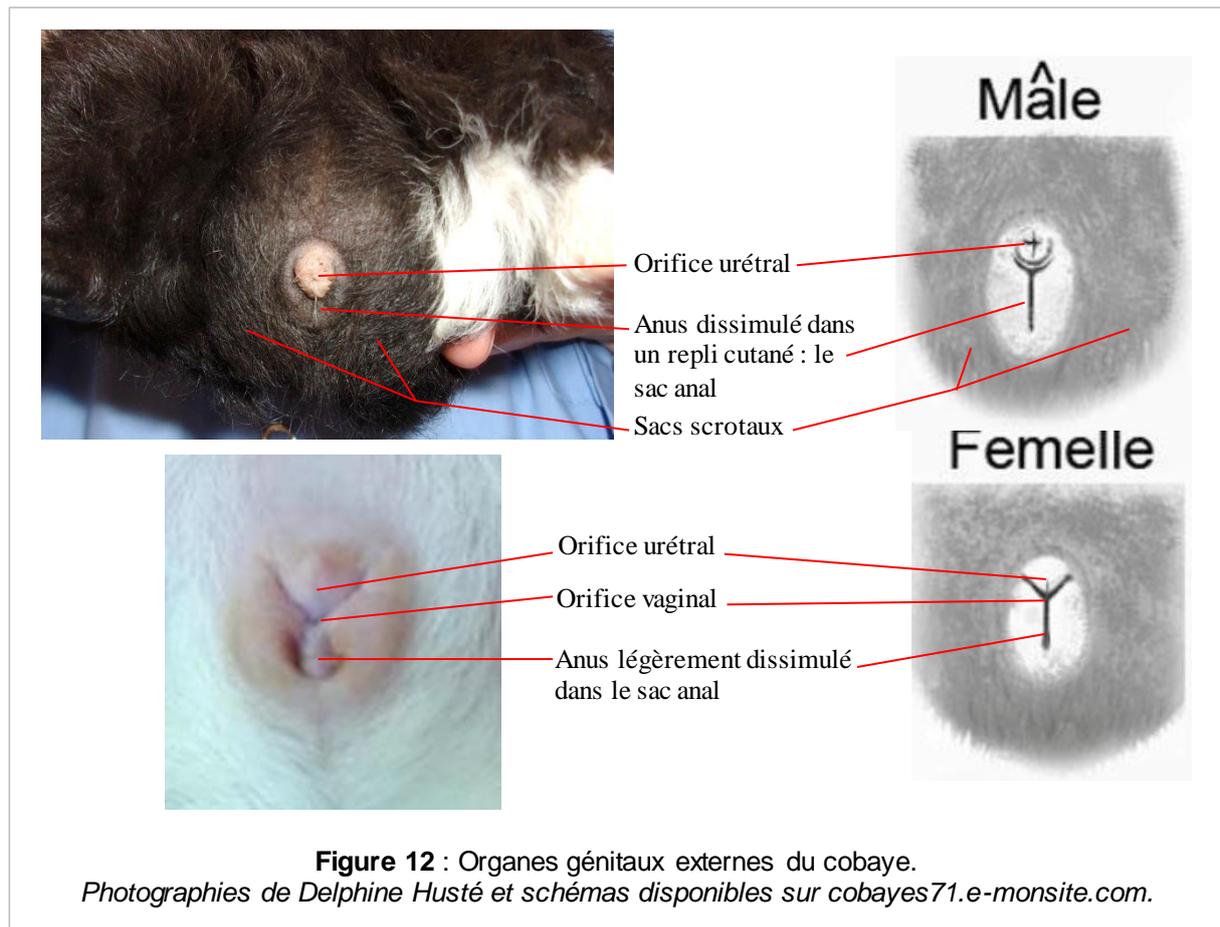
Le mâle se distingue souvent de la femelle par sa taille plus importante. Tous deux n'ont qu'une seule paire de mamelles inguinales mais elles sont plus longues et proéminentes chez la femelle.

Sur des nouveau-nés, la différenciation mâle/femelle se fait en fonction de la longueur ano-génitale plus importante chez le mâle.

À l'âge adulte le sexage est facile :

- Les mâles possèdent des sacs scrotaux dans lesquels on peut faire descendre les larges testicules. Le pénis peut être facilement extériorisé du prépuce en appuyant légèrement à sa base. L'anus est dissimulé par un repli cutané appelé sac anal ou périanal (qui est souvent encombré de sécrétions caséuses).
- Les femelles ont une région ano-génitale en forme de Y. Les branches du Y entourent l'ouverture urétrale. L'ouverture vulvaire est à l'intersection des trois branches du Y et l'anus est localisé à la base du Y. L'ouverture vulvaire, comme chez toutes les femelles caviomorphes, est recouverte d'une membrane qui s'ouvre uniquement pendant 2 jours au cours de l'œstrus et avant la mise-bas. Les femelles présentent aussi un sac périanal mais beaucoup moins développé que chez les mâles [2], [8], [31], [21].

Ces différences anatomiques sont visibles sur la **figure 12**.



2 . ANATOMIE INTERNE

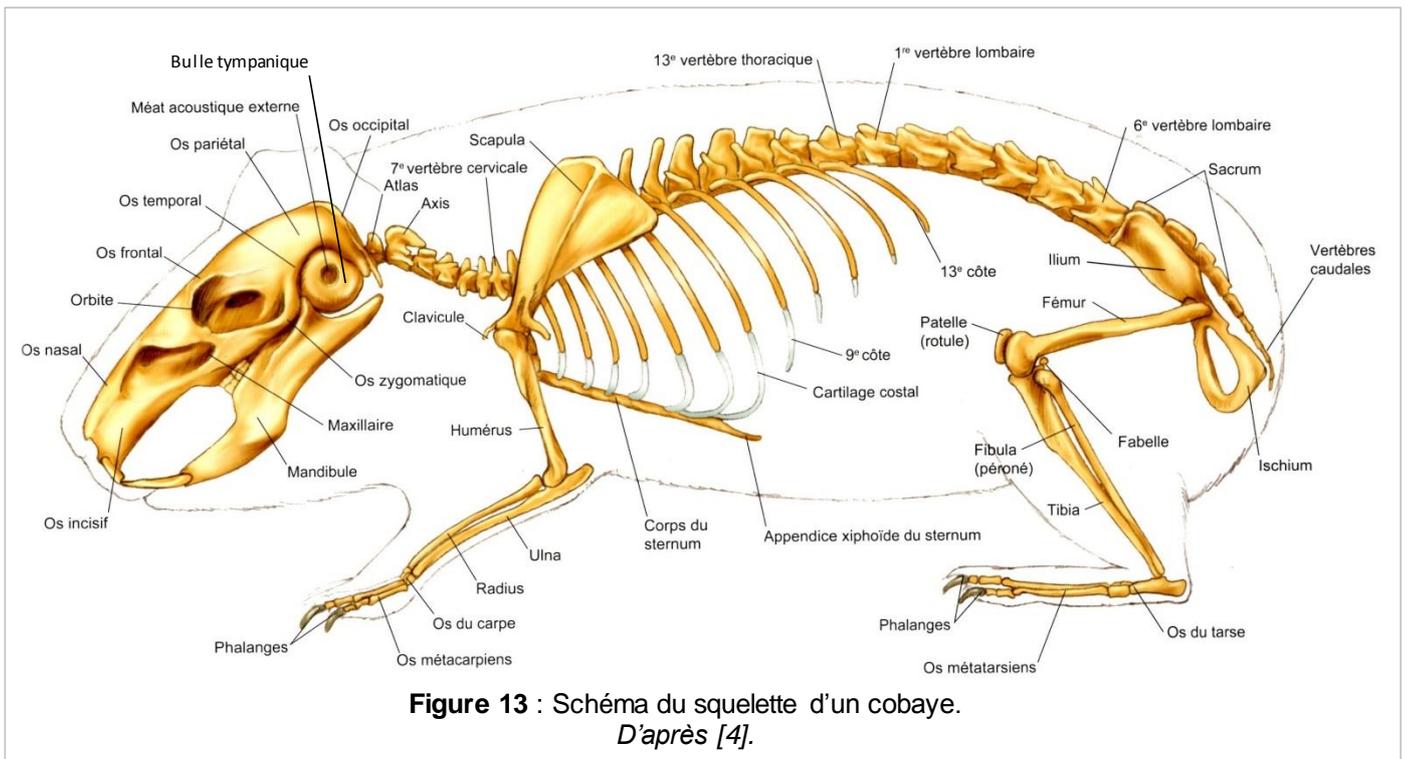
i . Ostéologie

Le squelette du cobaye est présenté sur la **figure 13**.

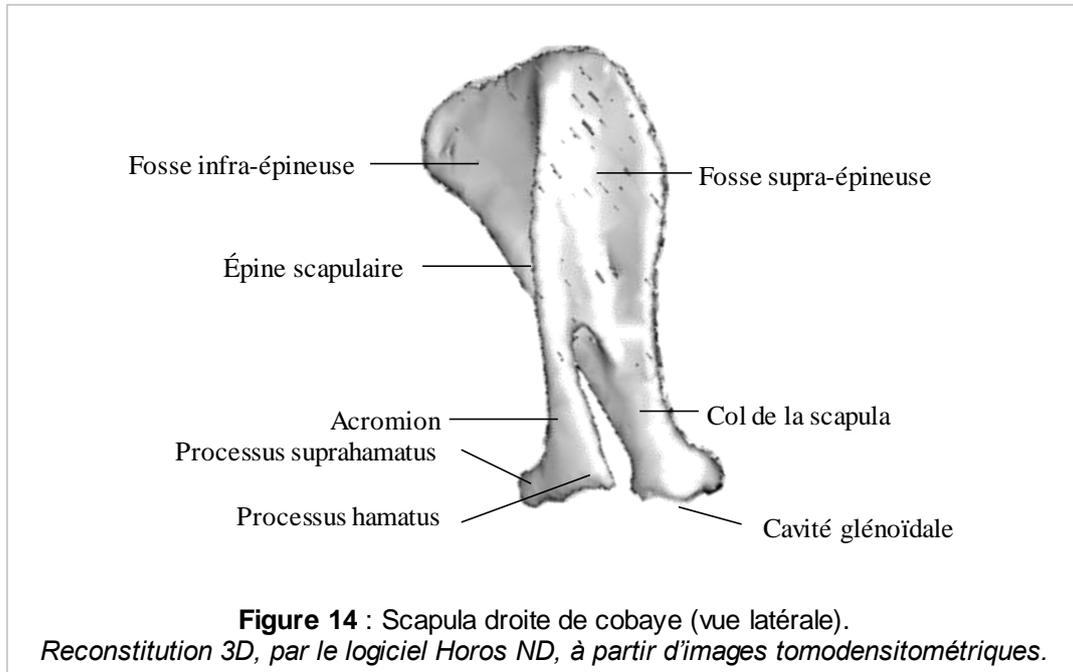
Le cochon d'Inde peut posséder entre 32 et 38 vertèbres. Sa formule vertébrale est la suivante :

- 7 vertèbres cervicales ;
- 13 ou 14 vertèbres thoraciques ;
- 6 vertèbres lombaires ;
- 2 ou 3 (femelle) ou 4 (mâle) vertèbres sacrées ;
- 4 à 7 vertèbres caudales.

Il a 13 ou 14 paires de côtes dont au moins les six premières sont articulées avec le sternum et possède deux petites clavicules à la base du cou.



La scapula présente un acromion développé, en forme de L comme illustré sur la **figure 14**.



Au niveau de la tête, les particularités anatomiques sont les larges bulles tympaniques, une mandibule forte et des arcades zygomatiques proéminentes.

À noter que le cobaye mâle possède un os pénien [7], [12], [18].

ii . Appareil digestif

→ *Cavité buccale et dentition*

Le cobaye possède des dents (incisives, prémolaires et les deux premières molaires) dès la naissance [24].

À l'âge adulte, 20 dents se répartissent en 1 incisive, 1 prémolaire et 3 prémolaires par demi-mâchoire (que ce soit sur la mâchoire supérieure ou inférieure). Sa formule dentaire est donc :

$$2(I 1/1, C 0/0, PM 1/1, M 3/3) = 20.$$

L'absence de canine laisse un espace entre les incisives et les prémolaires appelé diastème. On note sur la **photographie 3** que les incisives du cobaye sont blanches (et non pas jaunes comme chez beaucoup d'autres rongeurs) et que les incisives inférieures sont plus longues que les incisives supérieures.

Toutes les dents sont élodontes (ou aradiculaires et hypsodontes), c'est-à-dire qu'elles sont à racine ouverte (elles ne développent pas de réelles racines anatomiques) et à croissance continue. Seule une bonne alimentation riche en fibres permet d'obtenir une usure correcte des dents et donc d'éviter les malocclusions. Les prémolaires et molaires mandibulaires sont inclinées vers l'intérieur de la cavité buccale (lésant ou enfermant la langue lors d'une usure dentaire insuffisante) alors que les dents jugales maxillaires poussent en direction de la muqueuse jugale.

Les mouvements masticateurs chez le cochon d'Inde sont principalement rostro-caudaux.

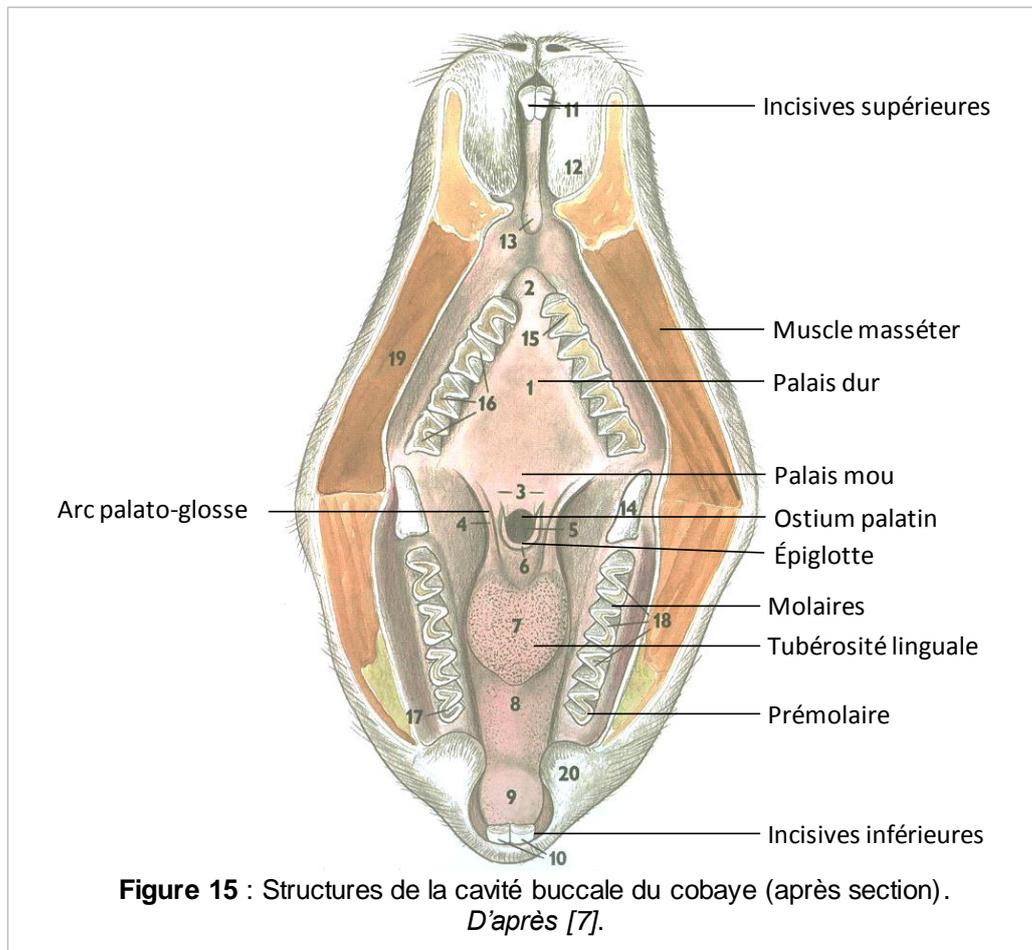


Photographie 3 : Incisives du cobaye.
Photographie de Delphine Husté.

La cavité buccale est relativement longue et étroite, avec une faible ouverture physiologique, une grosse langue (avec, caudalement, une tubérosité linguale proéminente) et des joues charnues qui s'invaginent, rendant son examen et l'intubation difficiles.

Le palais mou est en continuité avec la base de la langue via l'arc palato-glosse (ou palato-pharyngien) et possède un trou qui connecte l'oropharynx avec le reste du pharynx nommé l'ostium palatin [2], [12], [6].

Les différentes structures de la cavité buccale sont présentées sur la figure ci-dessous :



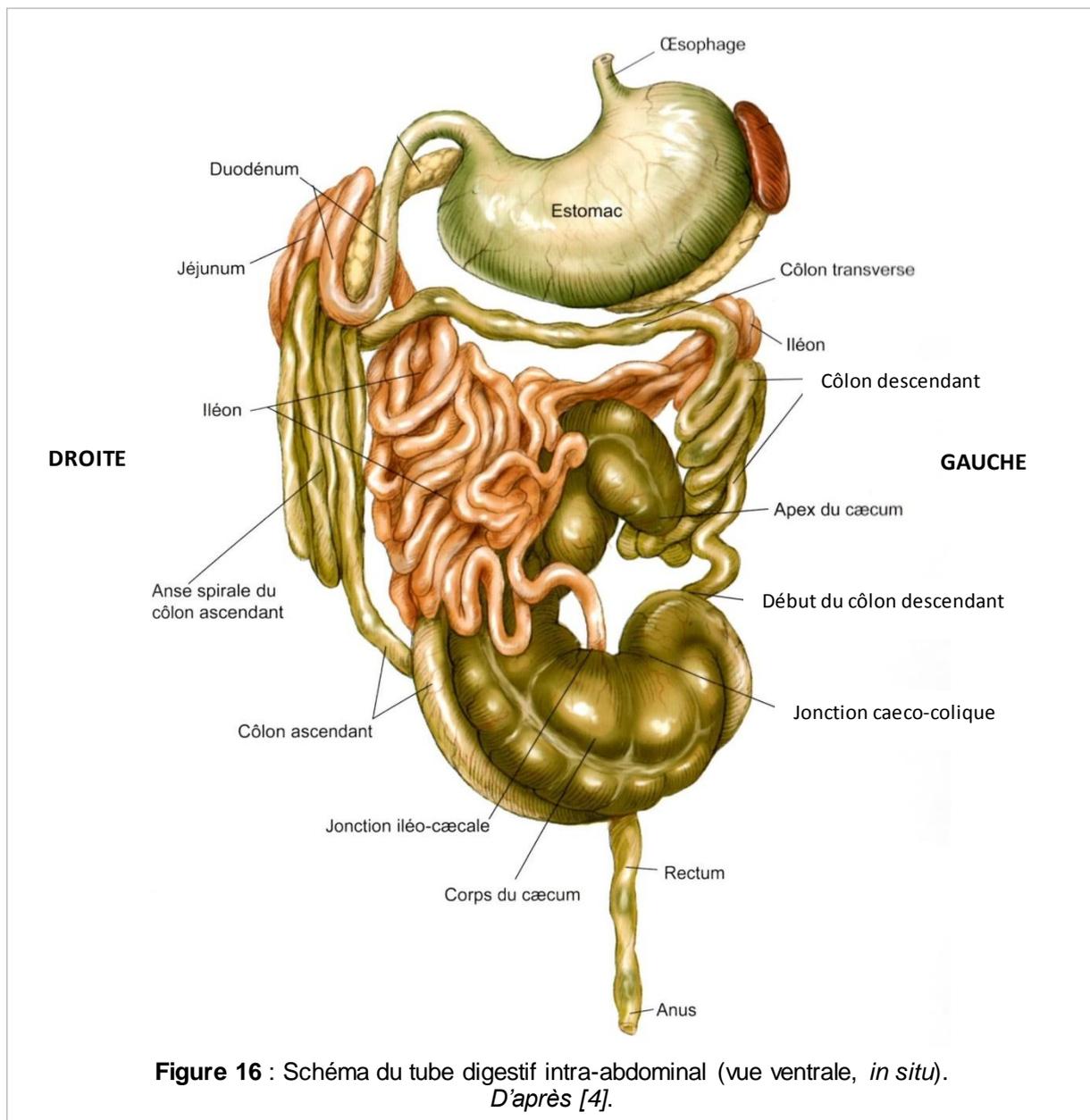
→ Tube digestif du pharynx à l'anus

Le tractus digestif entier d'un cochon d'Inde mesure plus de deux mètres du pharynx à l'anus. Ce monogastrique possède un estomac (toujours rempli) qui n'est recouvert que d'un épithélium glandulaire, contrairement à d'autres rongeurs (rats, souris, hamsters) chez qui on retrouve aussi une portion non glandulaire.

Dans la cavité abdominale, l'intestin grêle est localisé du côté droit alors que le gros caecum occupe les parties ventrales centrale et gauche.

Le duodénum mesure 12 cm de long en moyenne ; le jéjunum et l'iléon font 120 cm. Le caecum ressemble à un large sac de 15 à 20 cm qui contient jusqu'à 65 % du contenu gastro-intestinal. Enfin, le côlon mesure 80 cm [1], [2], [12], [26].

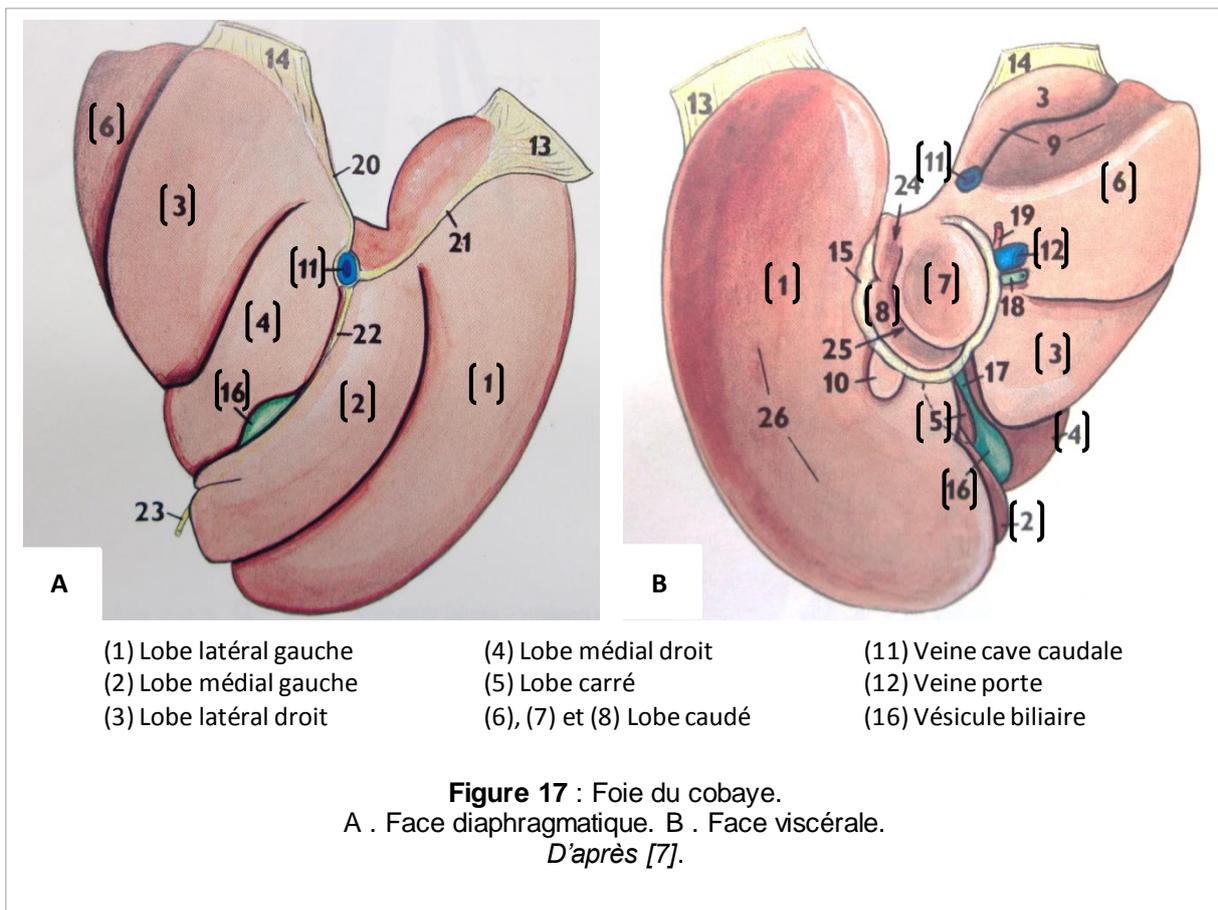
Les organes intra-abdominaux du tube digestif sont représentés *in situ* sur la **figure 16**.



➔ Glandes annexes du tube digestif

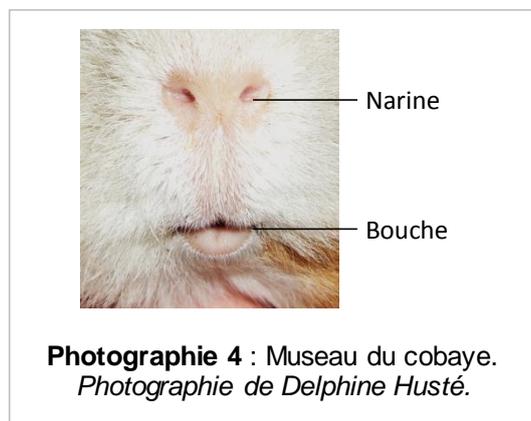
Le cobaye possède quatre paires de glandes salivaires majeures : parotides, mandibulaires, sublinguales et molaires (ou zygomatiques). Leurs canaux s'abouchent au niveau des molaires.

Le foie a 6 lobes (visibles sur la **figure 17**) : latéral droit, médial droit, latéral gauche, médial gauche, caudé et carré. La vésicule biliaire et le pancréas sont bien développés [12], [18].



iii . Appareil respiratoire

Les narines écartées forment des fentes presque horizontales comme on peut le voir sur la **photographie 4**.



Le larynx est soutenu comme chez les autres mammifères par cinq cartilages mais ne contient pas de ventricules laryngés. De plus, les cordes vocales du cobaye sont petites, mais elles commandent une vaste variété de sons.

Le poumon droit est composé de 4 lobes (crânial, moyen, caudal et accessoire) alors que le poumon gauche est composé de 3 lobes (crânial, moyen et caudal) [12], [18].

iv . Appareil cardio-vasculaire

Le cœur du cobaye occupe la cavité thoracique entre le 2^{ème} et le 4^{ème} espace intercostal. Comme chez d'autres mammifères, la valve atrio-ventriculaire droite est tricuspide alors qu'elle est bicuspide à gauche. Il n'y a généralement qu'une seule trabécule septo-marginale à travers la lumière du ventricule droit et elle est généralement absente dans le ventricule gauche. Le réseau des artères coronaires collatérales est tellement bien développé que la formation d'un infarctus du myocarde est difficile.

Le cobaye présente quelques spécificités de vascularisation. Par exemple, l'artère cœliaque et l'artère mésentérique crâniale peuvent naître d'un tronc commun (et non pas isolément) depuis l'aorte, tel que sur la **figure 18**. Un important plexus veineux ophtalmique se trouve dans l'orbite (visible sur la **figure 19**). Quant aux reins, ils reçoivent chacun deux artères rénales (crâniale et caudale). Enfin, contrairement aux autres rongeurs et aux lagomorphes, le cochon d'Inde ne possède qu'une seule veine cave crâniale à l'instar des autres mammifères [2], [12], [18].

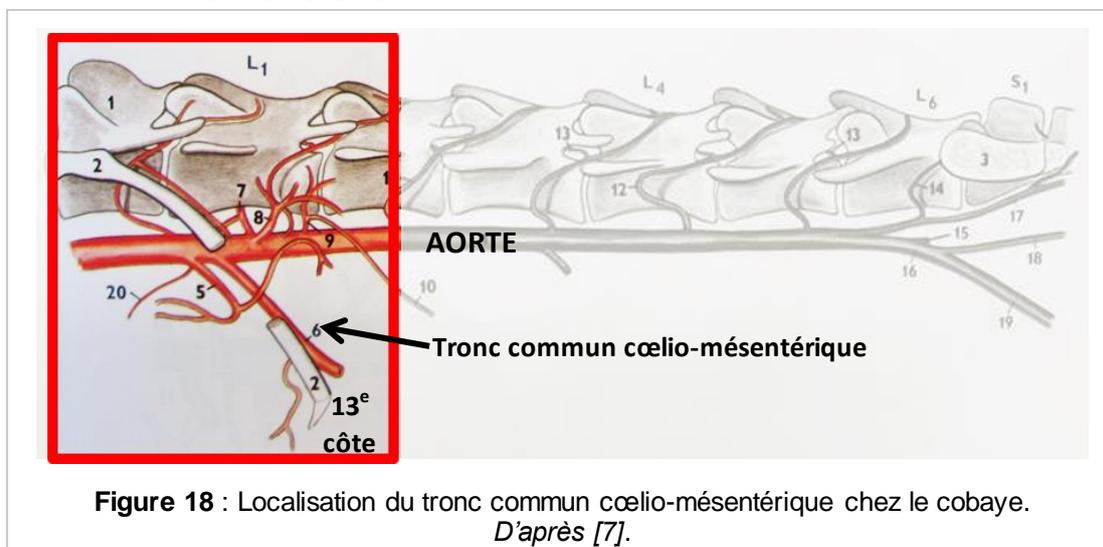


Figure 18 : Localisation du tronc commun cœlio-mésentérique chez le cobaye.
D'après [7].

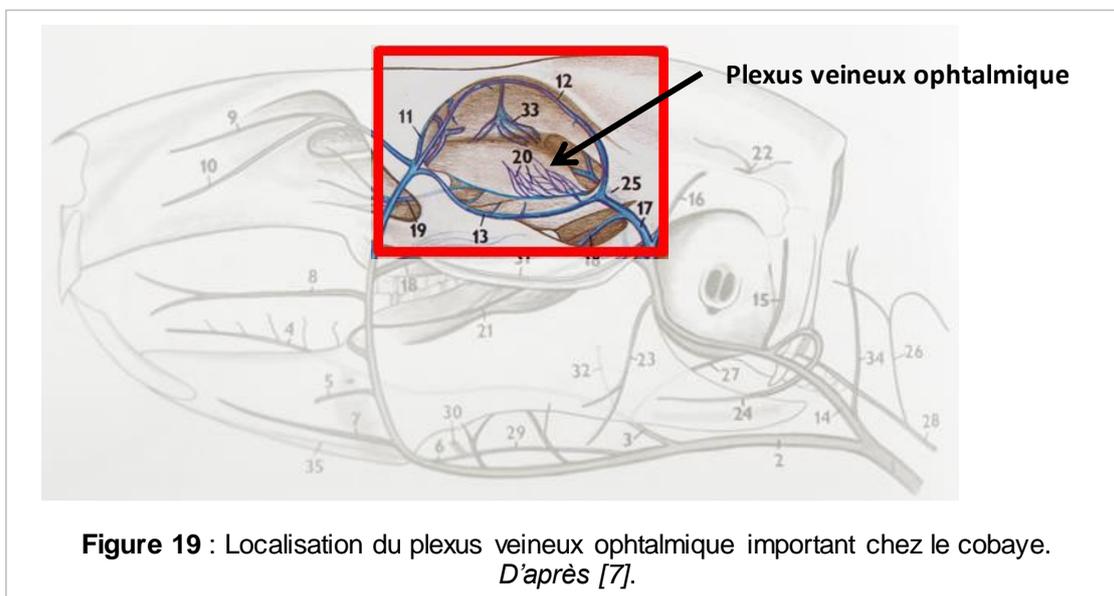


Figure 19 : Localisation du plexus veineux ophtalmique important chez le cobaye.
D'après [7].

v . Organes lymphoïdes

Le cobaye possède des nœuds lymphatiques dont on peut vérifier la taille lors d'un examen clinique. Ce sont les nœuds lymphatiques mandibulaires, axillaires, inguinaux et poplités. Il ne possède pas d'amygdale.

La rate est relativement large chez le cochon d'Inde.

Chez les jeunes, le thymus est sous-cutané ventralement de chaque côté de la trachée dans le cou, et une portion s'étend caudalement jusqu'au médiastin crânial. Chez les adultes, un vestige de thymus peut être présent dans le médiastin crânial [2], [12], [18].

vi . Appareil urinaire

Les deux reins ont une surface lisse. Le bassinet rénal est relativement large et n'a qu'une seule papille rénale longitudinale.

La vessie, pleine ou vide, est toujours située en avant du pubis comme on peut le constater sur les **figures 22 et 23** [2], [12].

vii . Appareil reproducteur mâle

L'appareil génital mâle isolé des autres viscères abdominaux est présenté sur la figure ci-après.

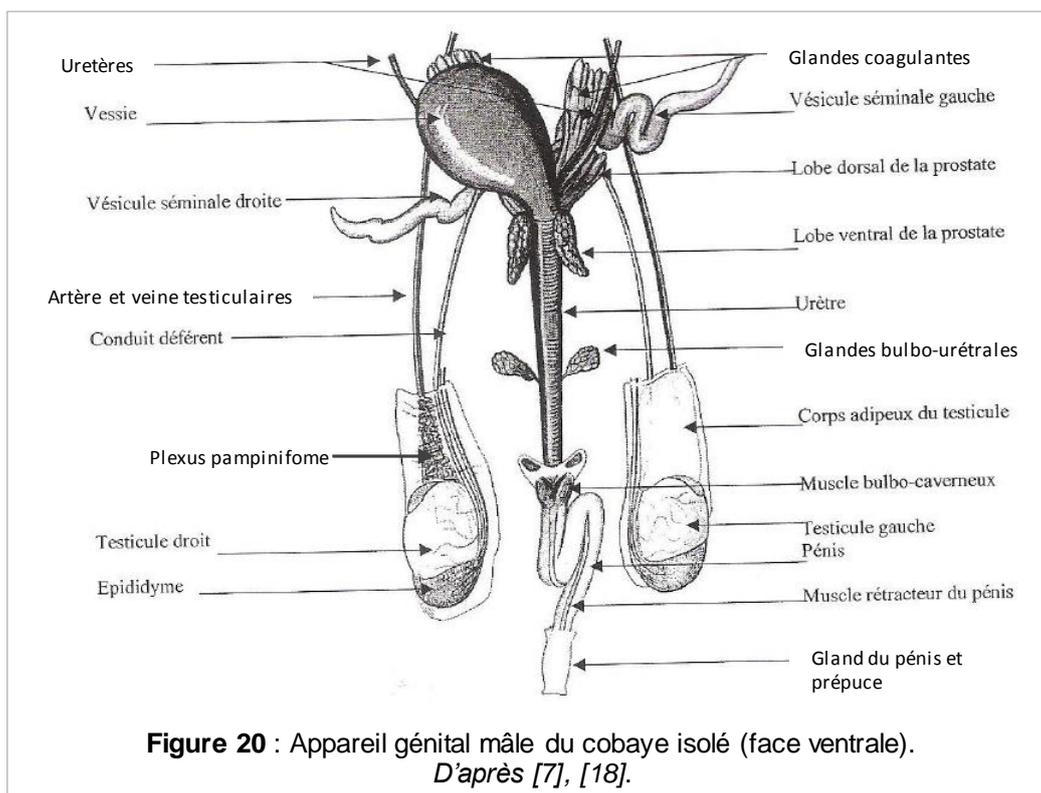


Figure 20 : Appareil génital mâle du cobaye isolé (face ventrale).
D'après [7], [18].

Le canal inguinal étant ouvert en permanence chez le cobaye mâle, les testicules peuvent descendre en position scrotale, rester en position inguinale ou remonter en position abdominale.

Les glandes sexuelles accessoires sont :

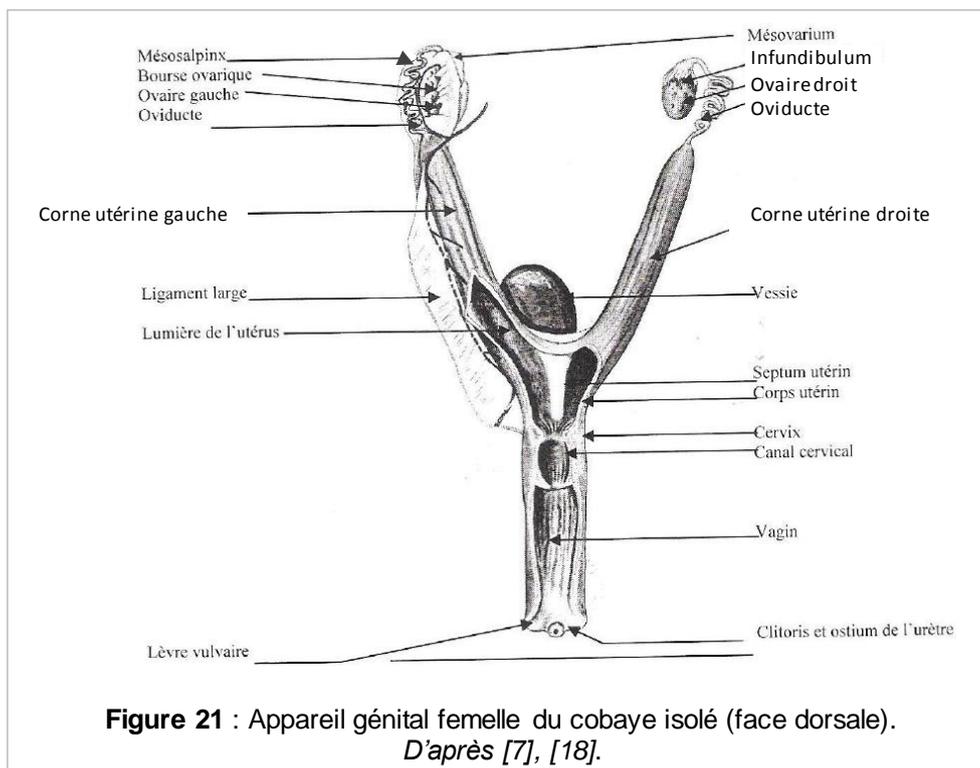
- les vésicules séminales, lisses et transparentes, qui s'étendent sur 10 cm crânialement dans la cavité abdominale ;
- la prostate qui possède un lobe ventral et un lobe dorsal ;
- les glandes coagulantes (droite et gauche) ;
- les glandes bulbo-urétrales.

On peut aussi observer des vestiges des glandes préputiales. Notons que les vésicules séminales ressemblent finalement à des cornes utérines. Par ailleurs, le pénis, comme déjà évoqué dans la partie sur l'ostéologie du cobaye, contient un os pénien [2], [12], [26].

viii . Appareil reproducteur femelle

Comme on peut l'observer sur la **figure 21**, le cobaye femelle possède deux cornes utérines (on parle d'utérus bifide), un corps utérin court (12 mm de long) et un col de l'utérus relié au vagin. Les ovaires (très souvent kystiques dans cette espèce) sont majoritairement irrigués par le sang apporté par l'artère utérine.

Une membrane vaginale ferme le vagin sauf lors de l'œstrus et de la parturition (et chez beaucoup d'animaux au 26^{ème} ou 27^{ème} jour de gestation).



Les glandes mammaires sont beaucoup plus développées que chez le mâle (qui possède aussi une paire de mamelles inguinales) et ne semblent pas avoir de communication sanguine entre elles [2], [6], [12], [18], [21].

ix . Autres particularités anatomiques

Ses glandes surrénales sont grandes et bilobées. Elles peuvent atteindre plus d'un tiers de la taille des reins.

Le cobaye possède différentes glandes de marquage sébacées qui sont localisées autour de l'anus et sur la croupe. Il n'est pas rare de le voir marcher ou s'asseoir en pressant son arrière-train sur le sol. Les mâles peuvent parfois présenter une hyperséborrhée de la glande sébacée caudale visible par les poils collés entre eux au niveau du coccyx [2], [18].

Une vue générale des viscères thoraciques, abdominaux et pelviens est présentée sur les **figures 22 et 23**.

3^{ème} PARTIE : LE PROJET D'ATLAS

TOMODENSITOMÉTRIQUE DU COBAYE

Afin de réaliser cet atlas, un examen tomodensitométrique sur un cobaye choisi a été réalisé le jeudi 5 mars 2015 avec le scanner disponible à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse. L'ensemble de la procédure a mobilisé l'équipe de la clinique NAC et faune sauvage ainsi que les manipulatrices en radiologie de l'ENVT.

I . RÉALISATION D'UN EXAMEN TOMODENSITOMÉTRIQUE D'UN COBAYE

1 . CHOIX DE L'INDIVIDU

Le cobaye utilisé dans le cadre de cette thèse est un cobaye Rex/Teddy mâle entier de 3 ans et demi (au moment du scanner), prénommé Chadwick, appartenant à l'auteure. Sa disponibilité, son âge moyen, son bon état de santé et son absence d'antécédent médical notable ont constitué les critères de choix pour l'intégrer à cette étude.

2 . EXAMEN CLINIQUE

Avant la réalisation du scanner, une consultation vétérinaire a été effectuée sur ce cobaye le matin-même à la clinique NAC et faune sauvage de ENVT, afin de vérifier son état de santé général.

Outre le recueil de l'anamnèse et des commémoratifs, un examen clinique de base a été réalisé de manière méthodique et dans le calme.

Cet examen clinique commence d'abord par un examen à distance où l'on apprécie l'état général, l'état de vigilance, le comportement, la position et les mouvements respiratoires de l'animal. Un cobaye en bonne santé est alerte, attentif à ce qui l'entoure, a des yeux brillants grands ouverts et un beau poil.

Il est ensuite pesé, et une prise de température est effectuée avant que l'animal ne soit trop stressé [8], [17].

L'examen rapproché doit inclure :

- **Un examen cardio-respiratoire** tant que l'animal n'est pas trop excité. On observe les muqueuses, on ausculte le cœur et les poumons, et on vérifie sa respiration.

- **Un examen de la tête.** On regarde l'aspect de la peau, des yeux, des oreilles et du nez.
- **Un examen général de la peau et du pelage.** On vérifie son aspect, l'absence de lésions et de parasites externes.
- **Un examen du système nerveux.** En plus de sa vigilance et de son état de conscience, on s'assure de son équilibre et de ses réflexes de posture.
- **Un examen des nœuds lymphatiques** afin de s'assurer qu'aucun n'est réactionnel.
- **Un examen de l'appareil digestif et des organes génitaux.** On commence par ausculter l'abdomen pour écouter les borborygmes intestinaux (normalement au nombre de 1 à 2 par minute mais réduits par le stress). On palpe l'abdomen à la recherche de toute anomalie (douleur, masse, gonflement excessif...). On examine les mamelles. On s'assure de l'absence d'impaction fécale en vérifiant la région anale. Enfin, on palpe, chez les mâles, le pénis et les testicules.
- **Un examen de l'appareil locomoteur.** On palpe et on évalue la mobilité des membres et des articulations afin de vérifier l'absence de douleur ou de gonflement (qui apparaissent par exemple lors d'un déficit en vitamine C). On examine les griffes (qui ne doivent pas être trop longues), les espaces interdigités et les coussinets (pour notamment contrôler l'absence de pododermatite).
- **Un examen de la cavité buccale** qui doit se faire en dernier car il est source de grand stress chez le cobaye. On apprécie la longueur et la position des dents à l'aide d'un spéculum ou d'un otoscope. Par ailleurs, la bouche d'un animal en bonne santé doit contenir des restes de nourriture sinon cela signifie qu'il n'a certainement pas mangé depuis longtemps [8], [12], [17].

Le cobaye de l'étude pesait 840 g et montrait un bon état général lui permettant de rester dans l'étude et de subir une anesthésie nécessaire à l'examen tomodensitométrie.

3 . ANESTHÉSIE DU PATIENT

Une anesthésie générale est indispensable pour immobiliser parfaitement l'animal lors de l'acquisition des images scanner et ainsi éviter le flou cinétique. Celle-ci peut être de courte durée (car l'acquisition se fait en quelques secondes) et dépourvue de valence analgésique (puisque l'examen est indolore).

Pour notre étude, l'équipe de la clinique NAC et faune sauvage de l'ENVT a opté pour une anesthésie gazeuse à l'isoflurane précédée d'une prémédication au midazolam (sédatif myorelaxant). En effet, ce protocole anesthésique répond aux exigences de l'examen réalisé et fait partie des moins risqués pour ce rongeur.

Ainsi, une injection sous-cutanée de midazolam à raison d'1 mg/kg (soit une injection de 0,17 mL de MIDAZOLAM ND, 5 mg/mL) a été réalisée. Après 10 minutes d'attente, le sujet a été placé dans une boîte hermétique reliée à l'appareil d'anesthésie gazeuse délivrant un mélange de dioxygène (au débit d'1,5 L/min) et d'isoflurane gazeux (à 5 %).

Une fois induit, le cobaye a été retiré de la boîte. Sa cavité buccale a été nettoyée des débris alimentaires à l'aide de cotons tiges puis l'entretien de l'anesthésie s'est fait au masque avec l'isoflurane baissé à 2 %. Les différentes étapes sont illustrées par les **photographies 5, 6 et 7**.

Les yeux restant ouverts pendant l'anesthésie, ils ont été humidifiés avec de l'OCRYGEL ND pour éviter le dessèchement voire une ulcération de la cornée.



Photographie 5 : Induction du cobaye dans une boîte anesthésique reliée à l'appareil d'anesthésie gazeuse.

Photographie de Delphine Husté.



Photographie 6 : Nettoyage à l'aide de cotons tiges de la cavité buccale du cobaye induit, sorti de la boîte anesthésique.

Photographie de Delphine Husté.



Photographie 7 : Entretien de l'anesthésie gazeuse du cobaye à l'aide d'un masque anesthésique relié à l'appareil d'anesthésie gazeuse.
Photographie de Delphine Husté.

4 . POSITIONNEMENT DU SUJET

L'examen tomодensitométrique doit être réalisé le plus rapidement possible afin de limiter au maximum le temps d'anesthésie, et les risques qui y sont associés. Ainsi, une fois anesthésié, le cochon d'Inde est placé en décubitus ventral comme le montre la **photographie 8**. Des repères lumineux rouges permettent aux manipulatrices en radiologie de correctement positionner le sujet sur la table. Enfin, juste avant l'acquisition, l'animal est bloqué en phase inspiratoire afin d'obtenir des images plus facilement interprétables, notamment dans la sphère thoracique.



Photographie 8 : Cobaye en décubitus ventral pour l'acquisition des images scanner.
Photographie de Delphine Husté.

5 . SCANNER UTILISÉ ET ACQUISITION DES IMAGES

L'appareil utilisé pour l'acquisition des images tomodensitométriques de cet atlas est le scanner multicoupe 16 barrettes acquis par le service d'Imagerie Médicale de l'ENVT début novembre 2014. Il s'agit du modèle Optima CT540 de la marque General Electric Medical Systems visible sur la **photographie 9**.



Photographie 9 : Scanner Optima CT540 (General Electric Medical Systems) de l'ENVT.
Photographie d'Audrey Huber.

L'appareil a été réglé selon des paramètres prédéfinis regroupés sous le nom de « 5.6 Corps entier chien moyen avec crane ». Notre sujet « Cochon d'Inde » a été enregistré comme un individu mâle de 4 ans pesant 1 kg.

Quatre séries d'images ont été acquises par le scanner :

1. Série « Scout » (2 scout views : face et profil).
2. Série « TAP sans iv » (thoraco-abdomino-pelvien sans produit de contraste) qui correspond au fenêtrage « tissu mou » ou « tissu parenchymateux » (547 coupes transversales).
3. Série « Poumons » pour le fenêtrage « tissu pulmonaire » (162 coupes transversales).
4. Série « Osseux » pour le fenêtrage « tissu osseux » (547 coupes transversales).

Les coupes transversales avec les différents fenêtrages sont obtenues via le mode hélicoïdal du scanner. Les images acquises enregistrées sous format DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) peuvent ensuite être traitées informatiquement de manière à les visualiser sous différents modes.

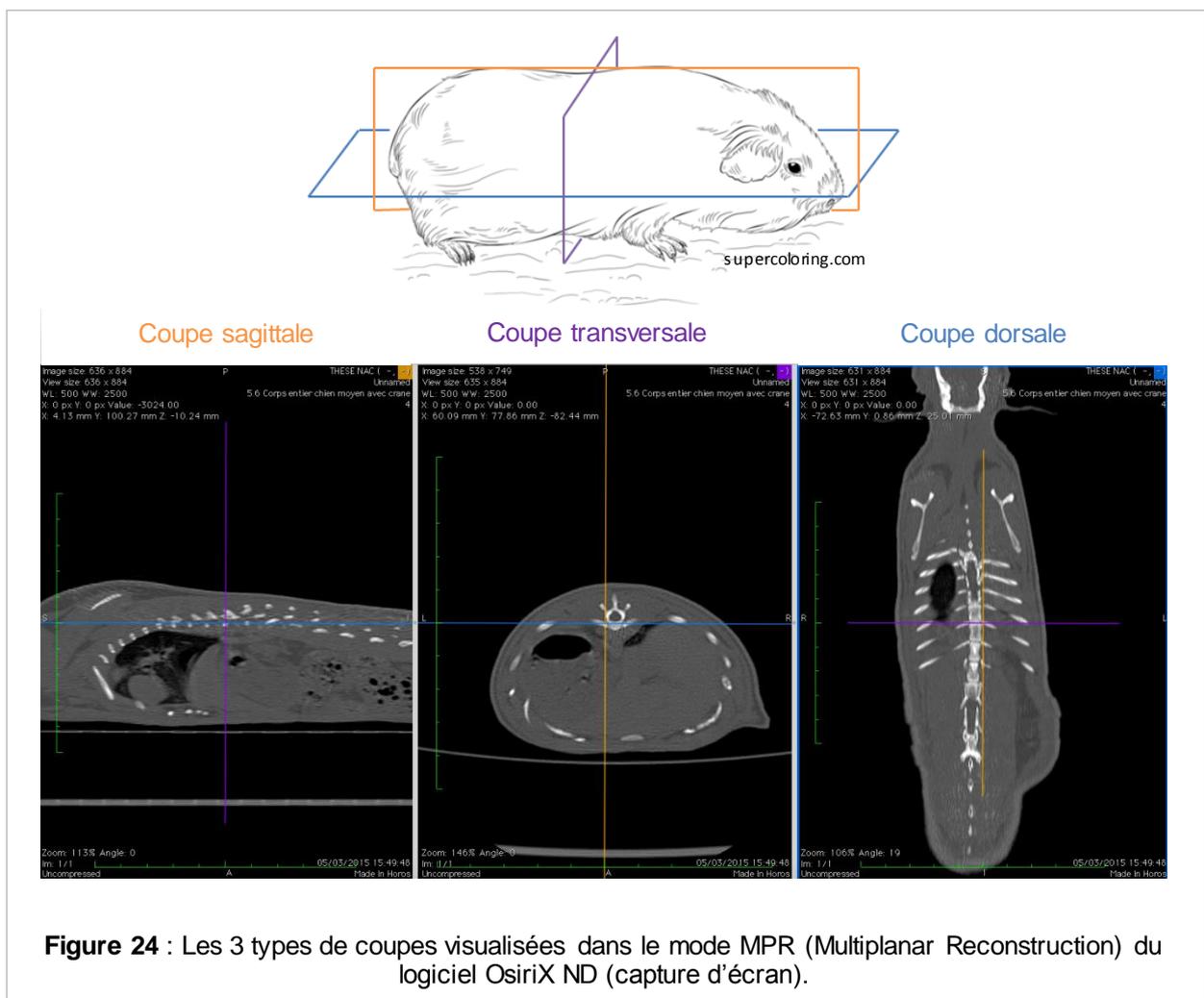
II . RÉALISATION DE L'ATLAS TOMODENSITOMÉTRIQUE DU COBAYE

1 . MISE EN FORME DES IMAGES ET MISE EN PLACE DES LÉGENDES

L'ensemble des images obtenues à l'issue de l'examen scanner ont été enregistrées sur CD-Rom. Ces fichiers DICOM ont ensuite pu être visualisés sur deux logiciels différents :

- OsiriX ND sur un ordinateur disposant d'un système d'exploitation Mac ND disponible au service d'Imagerie Médicale de l'ENVT ;
- Mango ND sur un ordinateur personnel avec un système d'exploitation Microsoft Windows ND.

Afin d'identifier plus facilement les structures anatomiques, les images ont été regardées dans le mode de visualisation MPR (Multiplanar Reconstruction) qui, à partir des coupes transversales reconstruit des coupes sagittales et des coupes dorsales. Les trois types de coupes sont représentés sur la **figure 24**.



Sur le logiciel OsiriX ND, le mode Surface Rendering a aussi aidé à l'identification des structures osseuses en reconstruisant le squelette du sujet en trois dimensions comme présenté sur la **figure 25**.

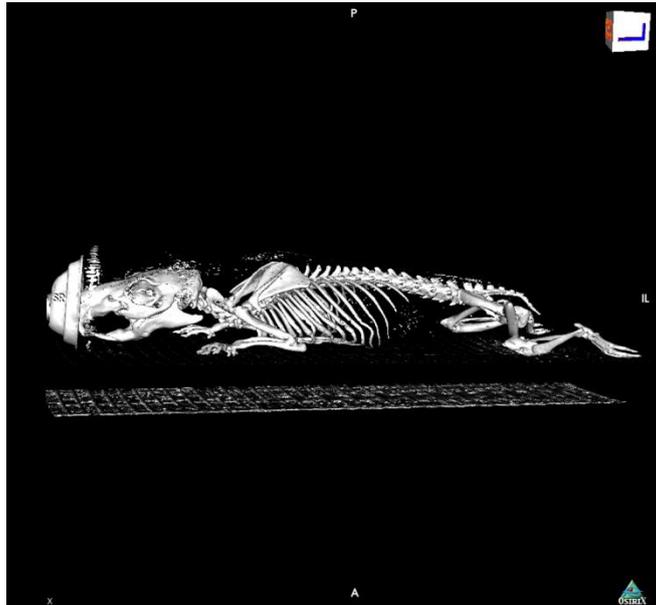


Figure 25 : Reconstitution 3D du squelette du cobaye dans le mode Surface Rendering sur le logiciel OsiriX ND (capture d'écran).

Une fois la reconnaissance des structures anatomiques effectuée à l'aide de différentes sources bibliographiques ([4], [7], [10], [11]), nous avons sélectionné les images en coupe transversale les plus pertinentes pour les trois fenêtrages « tissu osseux », « tissu mou » et « tissu pulmonaire ».

Chaque image sélectionnée a été convertie sous format JPEG pour être légendée selon un modèle défini sur le logiciel Microsoft PowerPoint ND. Et afin d'en faciliter la compréhension, chaque diapositive comporte un dessin représentatif de cobaye en coupe sagittale sur lequel est située la coupe transversale, comme illustré sur la **figure 26** ci-après.

Enfin, chaque diapositive a été convertie en PDF afin d'être transférée sur le site internet créé pour héberger les atlas tomodensitométriques réalisés dans le cadre du service d'Imagerie Médicale de l'ENVT.

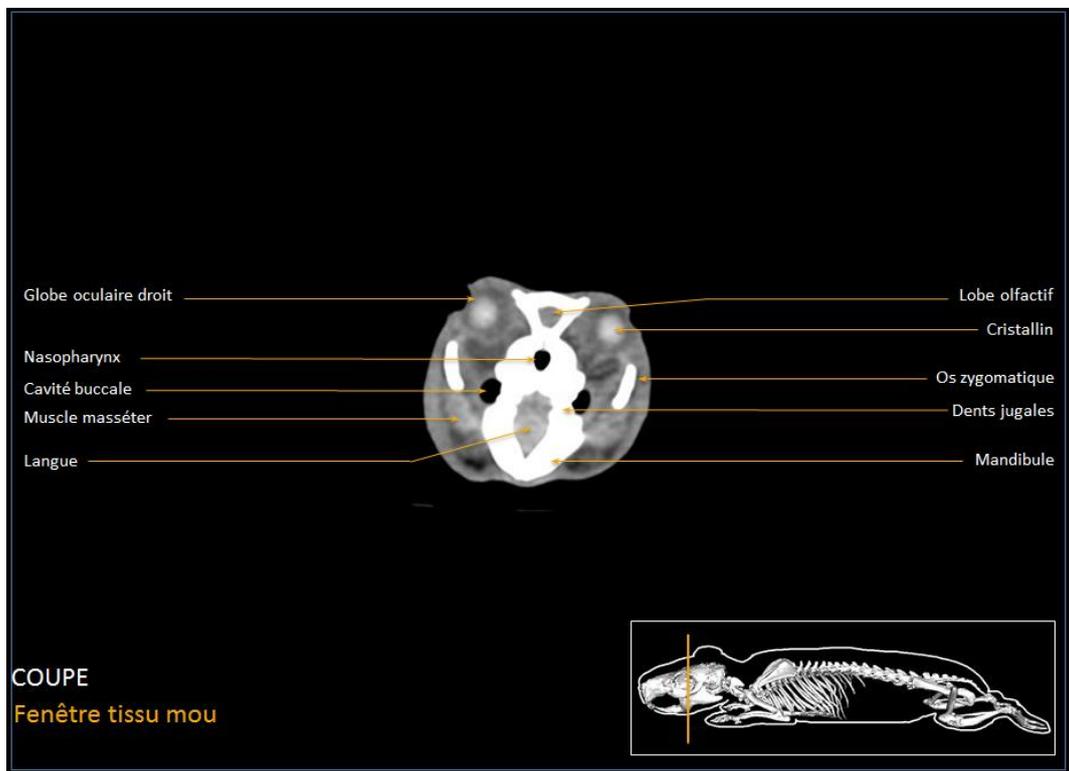
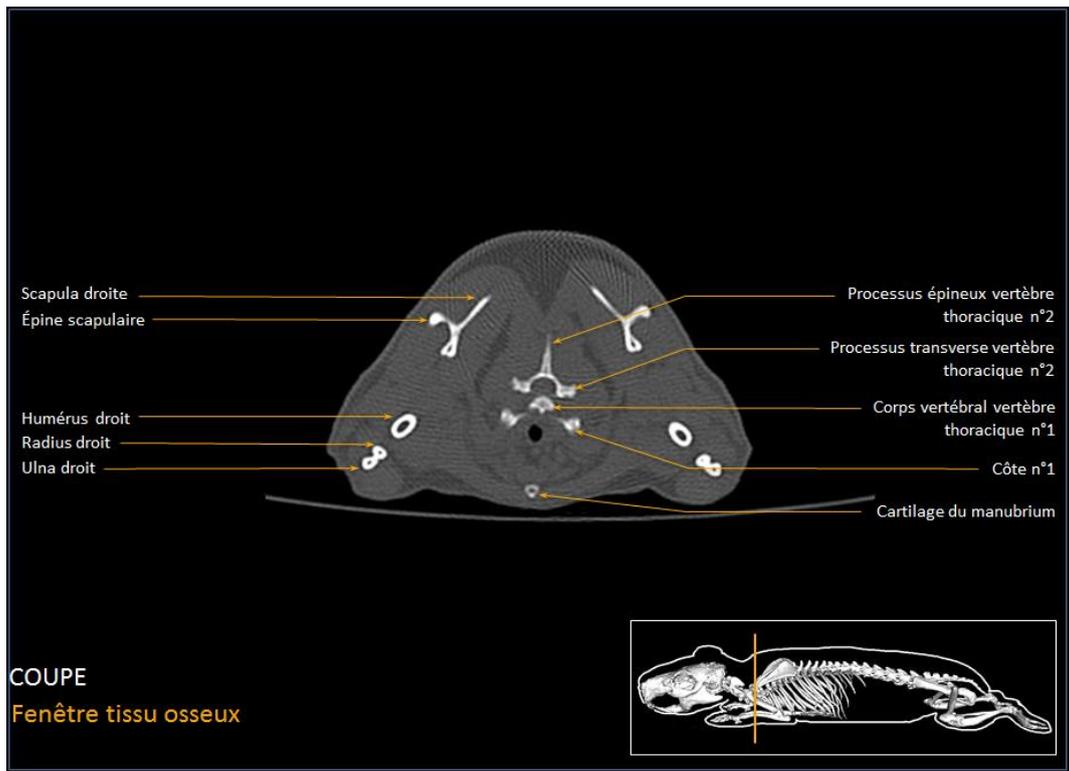


Figure 26 : Exemples de planches de l'atlas en fenêtré « tissu osseux » et « tissu mou » (capture d'écran sur Microsoft PowerPoint ND).

2 . PRÉSENTATION DU SITE INTERNET ET INTÉRÊT

L'atlas scanner est disponible en ligne à l'adresse suivante :

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

Ce site internet a été réalisé par un professionnel sous WordPress ND et sous la direction du Docteur Giovanni MOGICATO (maître de conférences à l'ENVT) en 2014. Il héberge déjà des atlas tomodensitométriques du chien, du chat et de la tortue d'Hermann occidentale. D'autres espèces de NAC s'y ajouteront (le furet, le rat...).

Ce site internet est gratuit et accessible à tous (grand public, monde vétérinaire...). Il représente un outil simple pour les praticiens qui veulent se familiariser avec la lecture des images tomodensitométriques. Il est aussi un support pédagogique pour les étudiants vétérinaires qui peuvent s'en servir pour mieux comprendre l'anatomie topographie de ces espèces.

CONCLUSION

De nos jours, le cobaye n'est plus cantonné au rôle d'animal de laboratoire mais est largement répandu au sein des foyers français en tant qu'animal de compagnie. Comme pour les carnivores domestiques et les autres NAC, ses propriétaires sont de plus en plus demandeurs de diagnostics précis et de qualité. Ceci peut passer par des examens complémentaires dont l'imagerie médicale fait partie.

La tomodensitométrie, qui a progressé de façon spectaculaire durant ces dernières décennies, s'est ajoutée à la liste des techniques disponibles en médecine vétérinaire. Le cochon d'Inde, au même titre que les chiens ou les chats, peut donc aujourd'hui profiter de cette technique et être mieux soigné. Toutefois, l'enseignement de la lecture des images scanner est encore peu développé et une méconnaissance des aspects anatomiques normaux subsiste.

L'objectif de cet atlas (accessible à tous sur internet) est d'apporter un support aux vétérinaires praticiens qui réalisent des images tomodensitométriques et qui souhaitent les comparer à des images de référence sur animaux sains. Il peut aussi servir à ceux qui veulent simplement se familiariser avec la lecture de ce type de clichés. Enfin, il peut représenter une aide précieuse pour les étudiants vétérinaires dans l'étude de l'anatomie de cet animal.

Néanmoins, cette base de données constituée à partir d'un seul individu est à considérer comme un exemple puisque les images sont susceptibles de varier selon la race, le sexe et l'âge du cobaye. Enfin, elle ne peut remplacer l'expérience et le recul d'un vétérinaire spécialisé en imagerie médicale vétérinaire.

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 **HUSTÉ Delphine** intitulée « **Mise en ligne d'un atlas d'images normales scanner chez le cobaye.**» et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

Fait à Toulouse, le 11 juillet 2016
Docteur Fabrice CONCHOU
Enseignant chercheur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse



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



Vu :
Le Président du jury :
Professeure Isabelle BERRY



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



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.

ANNEXE : NOMENCLATURE OFFICIELLE DES RACES ET VARIÉTÉS DE COBAYES AU 01/10/2013

D'après la Fédération française des Associations d'Éleveurs de Cobayes et rongeurs de race.

Catégories	Classes (n°)	Races (nom) et variétés qu'elles regroupent
Poils courts	1	Unicolores à Poils Lisses (Blanc aux yeux roses, Blanc aux yeux noirs, Blanc aux yeux foncés, Blanc aux yeux bleus, Noir, Ardoise, Lilas, Havane, Beige, Rouge, Doré aux yeux noirs, Doré aux yeux roses, Fauve, Safran, Crème)
	2	– Agouti (Doré, Havane, Gris, Crème, Saumon, Argenté, Cannelle) – Solids
	3	– Feu Noir (Ardoise, Lilas, Havane, Beige) – Noir (Ardoise, Lilas, Havane, Beige) et Blanc – Noir (Ardoise, Lilas, Havane, Beige) et Crème
	4	Dessins : – Arlequin – Bringé – Dalmatien (toutes couleurs définies) – Ecaille de Tortue (rouge, doré, fauve, safran ou crème / noir, ardoise, lilas, havane, beige ou agouti divers) – Ecaille de Tortue et Blanc (rouge, doré, fauve, safran ou crème / noir, ardoise, lilas, havane, beige ou agouti divers / blanc) – Himalayen (noir ou havane) – Hollandais (toutes couleurs définies) – Rouan (toutes couleurs définies)
	5	– Couonnés anglais non satinés (toutes couleurs reconnues) – Couonnés américain non satinés (toutes couleurs reconnues)
Poils durs ou dressés	6	Abyssiniens (toutes couleurs admises, même non définies)
	7	Rex - US Teddy (toutes couleurs admises, même non définies)
	8	Teddy Suisse (toutes couleurs admises, même non définies)
Poils longs	9	– Shelties – Shelties couonnés – Péruviens (toutes couleurs admises, même non définies)
	10	– Texels – Texels couonnés – Alpagas (toutes couleurs admises, même non définies)
	11	Lunkarya (toutes couleurs admises, même non définies)
Poils satinés	12	Satins (toutes couleurs reconnues)
	13	Satins couonnés (toutes couleurs reconnues)
	14	– Satins shelties – Satins péruviens (toutes couleurs admises, même non définies)



Unicolore à Poils Lisses Fauve



Alpaga tricolore noir blanc et rouge



Ecaille de Tortue et Blanc



Abyssinien Rouge

<http://www.cobayesclub.com>

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

MONOGRAPHIES

- [1] BERGHOFF PC (1990). *Les petits animaux familiers et leurs maladies : Cobaye, lapin, hamster, écureuil, rat et souris, chinchilla*. Paris : Maloine. 132 p. ISBN 2-224-02003-1.
- [2] HARKNESS JE, TURNER PV, VANDE WOUDE S, WHELER CL (2010). *Harkness and Wagner's biology and medicine of rabbits and rodents*. Fifth edition. Ames (Iowa, USA) : Wiley-Blackwell. 455 p. ISBN 978-0-8138-1531-2.
- [3] KERAVEL O (2011). *Guide pratique du scanner en médecine et chirurgie vétérinaire canine et féline*. Paris : Med'com. 160 p. ISBN 978-2-35403-087-2.
- [4] MCCRACKEN TO, KAINER RA (2010). *Atlas d'anatomie du chien, du chat et des NAC : Les fondamentaux*. Paris : Med'com. 136 p. ISBN 978-2-35403-058-2.
- [5] MOCCHETTI L (1986). *Cobayes et hamsters*. Paris : Editions De Vecchi S.A. 111 p. ISBN 2-7328-0314-6.
- [6] MORAILLON R, LEGEAY Y, BOUSSARIE D (2007). *Dictionnaire pratique de thérapeutique chien, chat et NAC*. 6^e édition. Issy-les-Moulineaux : Elsevier-Masson. 913 p. ISBN 978-2-294-05608-6.
- [7] POPESKO P, RAJTOVÁ V, HORÁK J (1992). *A colour atlas of anatomy of small laboratory animals : Volume 1 : rabbit – Guinea pig*. London : Wolfe Pub. Ltd. 255 p. ISBN 0-7234-1822-5.
- [8] QUINTON JF (2009). *Atlas des nouveaux animaux de compagnie : Petits mammifères*. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson. 416 p. ISBN 978-2-294-08157-6.
- [9] RÉGENT D, LISBONA A, MASSON F, NOËL A (2013). *Scanner et rayons X*. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson SAS. 200 p. ISBN 978-2-294-73417-5.
- [10] RÜBEL GA, ISENBÜGEL E, WOLVEKAMP P (1991). *Atlas of diagnostic radiology of exotic pets : Small mammals, birds, reptiles and amphibians*. London (Grande-Bretagne) : Wolfe publishing limited. 224 p. ISBN 0-7234-1642-7.
- [11] SILVERMAN S, TELL LA (2005). *Radiology of rodents, rabbits, and ferrets : An atlas of normal anatomy and positioning*. St. Louis (Missouri, USA) : Elsevier Saunders. 299 p. ISBN 0-7216-9789-5.

CHAPITRES DE MONOGRAPHIES

- [12] QUESENBERRY KE, DONNELLY T, MANS C (2012). Chapter 22 : Biology, Husbandry, and Clinical Techniques of Guinea Pigs and Chinchillas. In *Ferrets, rabbits,*

and rodents : Clinical medicine and surgery. Third edition. Saint-Louis (Missouri, USA) : Saunders Elsevier. p. 279-294.

THÈSES OU MÉMOIRES

- [13] CHEYLAN J (2014). *Apport de la tomodensitométrie dans le diagnostic de l'hypertension pulmonaire chez le chien. Mesure des diamètres du tronc pulmonaire et de l'aorte ascendante dans une étude préliminaire chez le chien*. Thèse de doctorat vétérinaire, Toulouse 3, 70 p.
- [14] CHEYROU-LAGREZE M (2013). *Mise en ligne d'un atlas tomodensitométrique d'images normales d'abdomen du chien*. Thèse de doctorat vétérinaire, Toulouse 3, 32 p.
- [15] COLAMONICO C (2015). *Apport de l'IRM et de la tomodensitométrie dans le diagnostic des affections de l'oreille chez les carnivores domestiques*. Thèse de doctorat vétérinaire, Toulouse 3, 153 p.
- [16] DECOUPIGNY B (2011). *Le développement des technologies numériques d'imagerie médicale en France. Etude bibliographique et résultats d'une enquête auprès d'un échantillon de cliniques vétérinaires*. Thèse de doctorat vétérinaire, Faculté de Médecine de Créteil, 124 p.
- [17] FOYART N (2005). *La consultation du cobaye domestique : examen clinique et dominantes pathologiques*. Thèse de doctorat vétérinaire, Faculté de Médecine de Nantes, 119 p.
- [18] HEGELEN M, THIRIET A (2012). *Atlas photographique de l'anatomie clinique des NAC (petits mammifères à l'exception du furet)*. Thèse de doctorat vétérinaire, Faculté de Médecine de Créteil, 186 p.
- [19] HUGON H (2015). *Suivi de l'évolution du tissu fibro-cartilagineux de la symphyse pubienne par tomodensitométrie chez des cobayes femelles précocement primipares ou non mises à la reproduction au cours de la première année de vie*. Thèse de doctorat vétérinaire, Faculté de Médecine de Nantes, 110 p.
- [20] MOULIS C (2014). *Atlas tomodensitométrique de l'abdomen du chat sain : Apport et intérêt pour une approche pédagogique*. Thèse de doctorat vétérinaire, Toulouse 3, 44 p.
- [21] SOLAU POISSONNET C (2004). *Principales maladies du lapin, du cobaye, du chinchilla, du hamster et du rat de compagnie*. Thèse de doctorat vétérinaire, Faculté de Médecine de Créteil, 128 p.

SITES WEB

- [22] BARLERIN L (2015). Des cochons d'Inde à la maison. *France 5.fr* [en ligne]. Disponible sur : http://www.france5.fr/emissions/la-quotidienne/a-la-une/des-cochons-d-inde-a-la-maison_314009 (consulté le 24/04/2016).

- [23] *Cobaye's club : Le cochon d'Inde ou cobaye : un rongeur, une passion !* [en ligne]. Disponible sur : http://www.cobayesclub.com/cochon_inde.htm (consulté le 28/04/2016).
- [24] HIXON J (2011). *Cavia porcellus*. *Animal Diversity Web* [en ligne]. Disponible sur : http://animaldiversity.org/accounts/Cavia_porcellus/ (consulté le 24/04/2016).
- [25] *Fédération française des Associations d'Éleveurs de Cobayes et rongeurs de race* [en ligne]. Disponible sur : <http://f.a.e.c.free.fr/Fichiers/Accueil.html> (consulté le 24/04/2016).
- [26] LONGLEY L (2015). Approaches to guinea pig care. *Vet times* [en ligne]. Disponible sur : <http://www.vettimes.co.uk/article/approaches-to-guinea-pig-care/> (consulté le 05/04/2016).
- [27] *Wilson & Reeder's Mammal Species of the World : Third edition* [en ligne]. Disponible sur : <http://www.departments.bucknell.edu/biology/resources/msw3/browse.asp?s=y&id=1340018> (consulté le 25/04/2016).

ARTICLES EN LIGNE

- [28] CEUGNART L, TAIEB S (2005). Tomodensitométrie multicoupe : Principes techniques, nouvelles applications en imagerie et en radiothérapie. *Cancer / Radiothérapie* [en ligne], **9**, 223-229. <http://www.em-consulte.com/en/article/34634> (consulté le 18/12/2015).
- [29] RAGETLY G, DAVID F, RAGETLY C (2013). L'imagerie au service du diagnostic de hernie discale. *Le Point Vétérinaire* [en ligne], **332**, 26-30, <http://www.lepointveterinaire.fr/media/e18/2abf5ed311041b4df26f54a25f791/Ma%20revue%20num%C3%A9ro%20332%20page%2026.pdf> (consulté le 18/12/2015).

SUPPORTS DE COURS

- [30] CONCHOU F. *La Tomodensitométrie ou scanner*. Toulouse : ENVT, 2012, 42 p.
- [31] *Le cobaye, optionnel NAC*. Toulouse : ENVT, 2001-2002, 8 p.

SUPPORTS DE COURS ÉLECTRONIQUES

- [30] *La tomodensitométrie* [en ligne], Faculté de Rennes, 2009, 54 p. https://facmed.univ-rennes1.fr/wkf/stock/RENNES20090204112358cpiszkorRX_PCEM2_2009-2.pdf (consulté le 23/04/2016).
- [31] LISBONA A. *Le scanner : Principe - Technologie – Applications* [en ligne], Nantes : Institut de cancérologie de l'Ouest - René Gauducheau, 2002, 76 p. <http://e2phy.in2p3.fr/2002/presentations/lisbona.pdf> (consulté le 05/04/2016).

Toulouse, 2016

NOM : HUSTÉ

Prénom : Delphine

TITRE: MISE AU POINT D'UN ATLAS EN LIGNE D'IMAGES TOMODENSITOMÉTRIQUES NORMALES DU COBAYE (*Cavia porcellus*)

RESUMÉ: La médecine des Nouveaux Animaux de Compagnie, dont fait partie le cobaye, est en plein essor depuis plusieurs années. On peut aujourd'hui proposer à leurs propriétaires des examens complémentaires d'imagerie médicale, telle la tomodensitométrie, afin de poser un diagnostic précis. En effet, le scanner se démocratise en pratique vétérinaire, mais son utilisation récente, surtout chez ces animaux, rend l'interprétation des images délicate. Nous avons donc créé un atlas d'images scanner d'un cobaye en bonne santé pour servir d'outil à l'interprétation d'images pathologiques lors d'un diagnostic. Des coupes transversales, acquises avec les fenêtres tissus « osseux », « mou » et « pulmonaire » du scanner multicoupe 16 barrettes de l'ENVT ont été sélectionnées puis légendées d'après des ouvrages de référence. L'atlas, en libre accès sur un site web dédié, pourra aider les étudiants et les cliniciens à mieux appréhender l'imagerie du cobaye.

MOTS-CLÉS : COBAYE, TOMODENSITOMETRIE, SCANNER, ATLAS, WEB, ANATOMIE

ENGLISH TITLE: DEVELOPMENT OF A HEALTHY GUINEA PIG (*Cavia porcellus*) ONLINE COMPUTED TOMOGRAPHY ATLAS

ABSTRACT: Exotic pet medicine like guinea pig medicine has known a rapid expansion lately. We can now propose further medical imaging tests such as computed tomography (CT) to their owners in order to obtain accurate diagnoses. Indeed, CT is becoming more accessible to veterinarians, but its new use, especially for these animals, makes interpretation of CT scans difficult. Hence we designed a computed tomography atlas of the healthy guinea pig to be used as a tool to interpret pathological images for diagnosis. Acquisition of cross sections was done with "bone", "soft tissue" and "lung" windows of the 16-slice CT scan at ENVT. Images were then selected and labelled thanks to reference books. The atlas, with free access on a specific website, is meant to assist veterinary students and practitioners in better comprehending guinea pig medical imaging.

KEYWORDS: GUINEA PIG, TOMOGRAPHY, CT SCAN, ATLAS, WEB, ANATOMY