



**HAL**  
open science

## Atlas radiographique du maki catta (Lemur catta)

Thomas Lucas

► **To cite this version:**

Thomas Lucas. Atlas radiographique du maki catta (Lemur catta). Médecine vétérinaire et santé animale. 2012. dumas-04574822

**HAL Id: dumas-04574822**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04574822>**

Submitted on 14 May 2024

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

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



## 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 : 6256](http://oatao.univ-toulouse.fr/Eprints/ID/6256)

**To cite this version :**

Lucas, Thomas. *Atlas radiographique du maki catta (Lemur catta)*.  
Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale  
Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2012, 148 p.

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

# ATLAS RADIOGRAPHIQUE DU MAKI CATTÀ (*Lemur catta*)

---

THESE  
pour obtenir le grade de  
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

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

*par*

**LUCAS Thomas**

Né, le 21/05 1986 à Chatenay-Malabry (92)

---

**Directeur de thèse : M. Jacques DUCOS DE LAHITTE**

---

## JURY

PRESIDENT :  
**M. Alexis VALENTIN**

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :  
**M. Jacques DUCOS DE LAHITTE**  
**M. Yves LIGNEREUX**

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



**Ministère de l'Agriculture et de la Pêche  
ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE**

**Directeur** : M. A. MILON

**Directeurs honoraires** M. G. VAN HAVERBEKE.  
M. P. DESNOYERS

**Professeurs honoraires** :

M. L. FALIU	M. J. CHANTAL	M. BODIN ROZAT DE MENDRES NEGRE
M. C. LABIE	M. JF. GUELF	M. DORCHIES
M. C. PAVAU	M. EECKHOUTTE	
M. F. LESCURE	M. D.GRIESS	
M. A. RICO	M. CABANIE	
M. A. CAZIEUX	M. DARRE	
Mme V. BURGAT	M. HENROTEAUX	

**PROFESSEURS CLASSE  
EXCEPTIONNELLE**

M. **AUTEFAGE André**, *Pathologie chirurgicale*  
M. **BRAUN Jean-Pierre**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*  
M. **CORPET Denis**, *Science de l'Aliment et Technologies dans les Industries agro-alimentaires*  
M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*  
M. **EUZEBY Jean**, *Pathologie générale, Microbiologie, Immunologie*  
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. **TOUTAIN Pierre-Louis**, *Physiologie et Thérapeutique*

**PROFESSEURS 1°  
CLASSE**

M. **BERTHELOT Xavier**, *Pathologie de la Reproduction*  
Mme **CLAUW Martine**, *Pharmacie-Toxicologie*  
M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, Statistiques, Modélisation*  
M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie Pathologique*  
M. **SCHELCHER François**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*

**PROFESSEURS 2°  
CLASSE**

Mme **BENARD Geneviève**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*  
M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Physiologie et Thérapeutique*  
Mme **CHASTANT-MAILLARD Sylvie**, *Pathologie de la Reproduction*  
M. **DUCOS Alain**, *Zootéchnie*  
M. **DUCOS DE LAHITTE Jacques**, *Parasitologie et Maladies parasitaires*

- M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*  
 Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la Reproduction, Endocrinologie*  
 M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*  
 Mme **HAGEN-PICARD Nicole**, *Pathologie de la Reproduction*  
 M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*  
 M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et Thérapeutique*  
 M. **LIGNEREUX Yves**, *Anatomie*  
 M. **PICAVET Dominique**, *Pathologie infectieuse*  
 M. **SANS Pierre**, *Productions animales*  
 Mme **TRUMEL Catherine**, *Pathologie médicale des Equidés et Carnivores*

<b>PROFESSEURS CERTIFIES DE L'ENSEIGNEMENT          AGRICOLE</b>
--

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

<b>MAITRES DE CONFERENCES HORS          CLASSE</b>
--

- M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*  
 M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la Reproduction*  
 Mlle **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*  
 Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, Anatomie pathologique*  
 M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*  
 Mlle **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*  
 M. **JOUGLAR Jean-Yves**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*  
 M **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants.*  
 Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*

<b>MAITRES DE CONFERENCES (classe          normale)</b>
---

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*  
 Mme **BENNIS-BRET Lydie**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*  
 M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*  
 Mlle **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*  
 Mme **BOUCLAINVILLE-CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*  
 Mlle **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie*  
 M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*  
 M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*  
 M. **CUEVAS RAMOS Gabriel**, *Chirurgie Equine*  
 M. **DOSSIN Olivier**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*  
 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*  
 M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*  
 M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et Mathématiques*  
 M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des Ruminants*  
 M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*  
 Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie Chirurgicale*  
 M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, Imagerie médicale*  
 M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction*  
 Mlle **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*  
 Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*  
 Mme **TROEGELER-MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation*  
 M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et Infectiologie (disponibilité à cpt du 01/09/10)*  
 M. **VERWAERDE Patrick**, *Anesthésie, Réanimation*

**MAITRES DE CONFERENCES et AGENTS CONTRACTUELS**

M. **BOURRET Vincent**, *Microbiologie et infectiologie*

M. **DASTE Thomas**, *Urgences-soins intensifs*

**ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE  
CONTRACTUELS**

Mlle **DEVIERS Alexandra**, *Anatomie-Imagerie*

M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophthalmologie*

Mlle **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*

Mlle **PASTOR Mélanie**, *Médecine Interne*

M. **RABOISSON Didier**, *Productions animales*

Mlle **TREVENNEC Karen**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles et porcins*

M **VERSET Michaël**, *Chirurgie des animaux de compagnie*



A Monsieur le Professeur Alexis VALENTIN, professeur des Universités, Praticien hospitalier, en Zoologie-Parasitologie, qui nous fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse,

*Hommages respectueux.*

A Monsieur le Professeur Jacques DUCOS de LAHITTE de L'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, Parasitologie-Maladies parasitaires, qui nous fait l'honneur d'accepter la direction de cette thèse,

*Sincère reconnaissance.*

A Monsieur le professeur Yves LIGNEREUX de L'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, Anatomie, qui nous fait l'honneur de prendre part à notre jury de thèse.

*Qu'il trouve ici le témoignage de notre grande gratitude.*

Au technicien de radiologie de L'ENVT, Mr CHARPENTIER,

*Qu'il soit remercié pour son aide et ses conseils lors de la réalisation des clichés  
radiographiques*

Au Muséum d'Histoire Naturelle de Toulouse et particulièrement son taxidermiste, Mr Benoit  
GRANDSAC,

*Qu'il soit remercié pour la préparation du squelette*

A Mr Pascal VERSIGNY,

*Sincères remerciements*

## Remerciements

A mes parents, sans qui tout cela n'aurait pu exister. Un grand merci pour m'avoir poussé vers cette voie qui m'a permis de m'épanouir personnellement et professionnellement ainsi que pour votre soutien sans faille qu'il soit moral ou financier. En espérant un jour vous le rendre au centuple.

A mes sœurs, pour toutes ces années de jeux et de joie,.... et de critiques sur mon long... long parcours d'étudiant même si je sais qu'au fond vous n'espérez que ma réussite, .....pour pouvoir profiter de ma future piscine.

A Sevan, qui déjà depuis plus de deux ans, m'a apporté bonheur, rires, joie, et soutien permanent tout cela accompagnés de nombreux resto, repas et sorties inoubliables. En espérant que tous ces projets communs que l'on a et qui me font rêver se réalisent un jour, je t'aime.

A Clandé, symbole de ces cinq années d'école, qui, je pense sans le savoir ni le comprendre, m'apporte beaucoup de choses. Tu reflète parfaitement l'état d'esprit de ton maître : très social, aimant manger et squattant chez les voisins.

A mes trois "sales", Bibou, la buj et ma blonde, pour tous ces souvenirs inoubliables que l'on a partagé, les soirées à l'école et à l'extérieur, les vieilles charrues, les vacances à Lacanau et tant d'autres choses. En espérant en avoir encore plein d'autres, je vous adore.

A Brice et Gaëlle, loin des yeux mais jamais loin du cœur, même si la distance nous a séparés, rien n'a changé et j'espère pouvoir revivre à nouveaux nos délires et nos soirées passées.

A Marie, merci pour ces cinq années, pour ta voiture, pour les aprem glandouilles, les nombreux footing de malade, les marches, les sorties et tant d'autres choses encore et surtout ces vacances magiques avec Gazou sur ton île, la Corse.

A Angel, co-loozeuse de la mort, merci pour m'avoir permis de squatter un max ton canapé et ton thé ainsi que ta voiture. Nos soirées resteront inoubliables comme les cumcum party et tout le reste.

A Marion, merci d'avoir animé ces cinq années de tes rires, de tes chansons de Téléphone revisités et de nos nombreux délires.

A Clairette, crotinette 1°, merci d'avoir rempli mes journées d'école en entraînant dans tous les plans d'organisation galères, les REV, l'amical'y mucho et j'en passe mais qui m'ont permis de faire le plein de souvenirs de Toulouse.

A Clémence et Laurette, mes co-rouleuses de pelles préférées, je vous souhaite un maximum de bonheur, l'une dans sa campagne avec son essoreuse et l'autre en CC de médecine.

A Pauline, co-groupe de folie, merci d'avoir animé mes semaines passées en cliniques et de les avoir rendu plus vivante.

A toutes mes poulots et poulottes des deux générations, Justine, Carole, Catty, Mamie Largeaud, bruguel, la durusselle, camille et j'en oublie, profitaient un maximum de vos dernières années.

A mes Docs, merci pour cet accueil et ce we inoubliable et de nous avoir apprises les vraies valeurs de l'école.

A L'ENVT, merci pour ces cinq années qui resteront gravés comme mes meilleures années étudiantes.

A Toulouse, ville d'adoption et qui restera ma ville du cœur.

## Table des matières

<b><u>Introduction</u></b> .....	<b>p 15</b>
<b><u>Partie 1 – Présentation du modèle d'étude : Le maki catta, <i>Lemur catta</i></u></b> .....	<b>p 17</b>
<b>A - Relation entre Madagascar et la spécificité de <i>Lemur catta</i></b> .....	<b>p 17</b>
1 - <u>L'île de Madagascar</u> .....	p 17
2 - <u>Un développement unique</u> .....	p 17
<b>B - Phylogénétique</b> .....	<b>p 18</b>
1 - <u>L'ordre des Primates</u> .....	p 19
2 - <u>Le sous-ordre des Strepsirrhiniens</u> .....	p 20
3 - <u>L'infra-ordre des Lémuriformes</u> .....	p 21
4 - <u>La famille des <i>Lemuridae</i></u> .....	p 21
5 - <u>Le genre <i>Lemur</i></u> .....	p 21
<b>C - Biologie de <i>Lemur catta</i></b> .....	<b>p 22</b>
1 - <u>Biotope et répartition géographique</u> .....	p 22
2 - <u>Morphologie</u> .....	p 23
3 - <u>Déplacements et alimentation</u> .....	p 24
4 - <u>Structure sociale</u> .....	p 25
5 - <u>Reproduction</u> .....	p 26
6 - <u>Compétition et prédation</u> .....	p 27
7 - <u>Relation à l'homme</u> .....	p 27
<b><u>Partie II - Matériel et Méthode</u></b> .....	<b>p 29</b>
<b>A - Sujet étudié</b> .....	<b>p 29</b>
<b>B - Matériel radiographique</b> .....	<b>p 29</b>
<b>C - Radioprotection</b> .....	<b>p 30</b>
<b>D - Préparation du squelette</b> .....	<b>p 31</b>
<b><u>Partie III - Atlas radiographique de <i>Lemur catta</i></u></b> .....	<b>p 33</b>
<b>A - Techniques radiographiques générales</b> .....	<b>p 33</b>
<b>B - Squelette axial</b> .....	<b>p 34</b>
1 - <u>Squelette céphalique</u> .....	p 34
a) Techniques radiographiques spécifiques et matériel	
b) Positions de l'animal et critères de qualité	
c) Observations anatomiques	
- Face	
- Crâne	
- Orbites	
- Denture	
2 - <u>Colonne vertébrale</u> .....	p 46

2.1 - Base architecturale des vertèbres	
2.2 - Techniques	
2.3 - Indications	
2.4 - Rachis cervical.....	p 47
a) Positions et critères de qualité	
b) Observations anatomiques	
c) Intérêt des clichés	
2.5 - Rachis thoracique.....	p 55
a) Positions et critères de qualité	
b) Observations anatomiques	
- vertèbres thoraciques	
- côtes	
c) Intérêt des clichés	
2.6 - Rachis lombaire.....	p 61
a) Positions et critères de qualité	
b) Observations anatomiques	
c) Intérêt des clichés	
2.7 - Sacrum.....	p 66
a) Positions et critères de qualité	
b) Observations anatomiques	
c) Intérêt des clichés	
2.8 - Rachis coccygien.....	p 70
a) Positions et critères de qualité	
b) Observations anatomiques	
c) Intérêt des clichés	
<b>C - Le squelette appendiculaire.....</b>	<b>p75</b>
1. <u>Techniques</u> .....	p 75
2. <u>Membre thoracique</u> .....	p 75
2.1 - Ceinture scapulaire et articulation de l'épaule.....	p 75
a) Positions et critères de qualité	
b) Observations anatomiques	
c) Intérêt des clichés	
2.2 - Humérus.....	p 82
a) Positions et critères de qualité	
b) Observations anatomiques	
c) Intérêt des clichés	
2.3 - Articulation du coude.....	p 87
a) Positions et critères de qualité	
b) Observations anatomiques	
c) Intérêt des clichés	
2.4 - Radius et ulna.....	p 92
a) Positions et critères de qualité	
b) Observations anatomiques	
c) Intérêt des clichés	

2.5 - Squelette de la main.....	p 98
a) Positions et critères de qualité	
b) Observations anatomiques	
- Carpe	
- Métacarpes	
- Phalanges	
c) Intérêt des clichés	
3 - <u>Membre pelvien</u> .....	p 105
3.1 - Ceinture pelvienne.....	p 105
a) Positions et critères de qualité	
b) Observations anatomiques	
c) Intérêt des clichés	
3.2 - Articulation de la hanche.....	p 111
a) Positions et critères de qualité	
b) Observations anatomiques	
c) Intérêt des clichés	
3.3 - Fémur.....	p 116
a) Positions et critères de qualité	
b) Observations anatomiques	
c) Intérêt des clichés	
3.4 - Articulation du genou.....	p 121
a) Positions et critères de qualité	
b) Observations anatomiques	
c) Intérêt des clichés	
3.5 - Tibia et fibula.....	p 126
a) Positions et critères de qualité	
b) Observations anatomiques	
c) Intérêt des clichés	
3.6 - Squelette du pied.....	p 132
a) Positions et critères de qualité	
b) Observations anatomiques	
- Tarse	
- Métatarses	
- Phalanges	
c) Intérêt des clichés	

**Conclusion.....**p 139

**Annexes.....**p 140

Liste des figures

Liste des clichés radiographiques

**Bibliographie.....**p 145



## Introduction

Le maki catta, *Lemur catta*, est un lémurien présent à l'état sauvage; uniquement sur l'île de Madagascar. Découvert lors des 17<sup>ème</sup> et 18<sup>ème</sup> siècles, période des grandes explorations, il a depuis toujours intéressé les chercheurs et scientifiques de toutes époques. Primate ayant eu une évolution spécifique liée à son isolement sur l'île de Madagascar, il a été longtemps perçu comme un ancêtre de l'homme. Même si de nos jours, on reconnaît aux lémuriens une branche spécifique dans l'arbre phylogénétique des primates, la construction de celle-ci reste encore controversée.

L'intérêt scientifique pour *Lemur catta* et tous les autres lémuriens s'est intensifié depuis les années 1950. Des centres d'études tels que le *Duke lemur center* aux Etats-Unis ont été créés pour permettre la recherche et la compréhension de ces primates. Leur isolement lors de leur évolution ainsi que leur mélange de caractères primitifs et de traits communs avec des primates dits anthropoïdes en font des modèles d'étude de choix pour essayer de comprendre l'évolution de l'Homme. Les recherches portent essentiellement sur leur organisation sociale et son lien à l'écologie ainsi que leur comportement et leur morpho-physiologie.

Outre l'aspect scientifique, le maki catta est le lémurien le plus représenté dans les zoos du monde. Sa bonne adaptation à la captivité ainsi qu'un taux de reproduction élevé en font un animal de choix. Cette présence a appuyé sa notoriété auprès du grand public, renforcée par des films d'animations tels que "Madagascar". Cette forte exposition est un atout pour les campagnes de protection des lémuriens. Car malgré son importance scientifique, il n'en reste pas moins menacé par la présence humaine sur l'île et son effet néfaste sur les écosystèmes.

La médecine vétérinaire est basée sur des connaissances fondamentales comme l'anatomie ou la physiologie. L'apparition de nouvelles méthodes d'investigation telles que l'imagerie médicale a permis de développer cette base de savoir et d'améliorer la qualité des soins. Comme décrit précédemment, le maki catta est de plus en plus présent dans des centres de recherche ainsi que dans les zoos, lieux où l'on se doit de prodiguer une bonne protection et des soins adaptés aux animaux captifs. Mais contrairement aux animaux dits "de compagnie", les bases de connaissances de la faune sauvage sont beaucoup moins développées. Cet atlas radiographique a pour but de créer une première base anatomique et radiographique du squelette complet de *Lemur catta* en présentant des clichés de référence à comparer aux images radiographiques. C'est un outil indispensable à l'évolution et l'amélioration des soins des lémuriens et en particulier de *Lemur catta*.

Dans cet atlas sont présentés des clichés de tout le squelette dans les incidences classiques utilisées en médecine vétérinaire, accompagnés d'indications sur le positionnement de l'animal ainsi que des critères de qualité permettant de juger les clichés obtenus. Les clichés sont légendés, commentés et accompagnés de photographies du squelette permettant d'illustrer et d'aider à la compréhension des radiographies.



## **1 – Présentation du modèle d'étude : le maki catta (*Lemur catta*)**

### **A - Relation entre Madagascar et la spécificité de *Lemur catta***

Les lémuriens ont souvent été présentés comme des ancêtres de l'Homme, mais les diverses études ont montré qu'il n'en était rien. Ils présentent en fait un ancêtre commun dit primate primitif datant de 65 à 34 millions d'années (cela varie selon les experts) à l'embranchement entre leurs deux groupes : les Simiens, représentant la branche primitive de l'Homme et les Prosimiens dont découlent les Lémuriens. Cette évolution différente est étroitement liée à leur isolement sur l'île de Madagascar.

#### **1 - L'île de Madagascar**

Séparée du continent africain par un bras d'eau de 400 km de large, le canal du Mozambique, l'île de Madagascar est la cinquième île la plus grande de la planète. Appartenant auparavant au supercontinent Gondwana, l'île de Madagascar s'est isolée en raison de la dérive des continents. Elle fut d'abord séparée de l'Afrique orientale (il y a environ 160 millions d'années, Ma), puis de l'Antarctique (il y a entre 80 et 130 Ma) et de l'Inde (il y a 80 à 90 Ma). Surnommée la grande île rouge à cause de la couleur de ses sols, Madagascar mesure 1600 km du nord au sud et 600 km d'est en ouest. Elle offre une grande variété de paysages de par la diversité de ses climats, de sa faune et de sa flore.

Au nord-est, ce ne sont que forêts humides et luxuriantes, où poussent à foison un millier d'espèces d'orchidées, dont la vanille, mais aussi diverses lianes fleuries, des caféiers, bananiers, girofliers, poivriers et litchis. Ces forêts offrent un contraste saisissant avec les paysages du grand sud qui se résument en savanes sèches et broussailles. Entre ces paysages extrêmes, il y a les Hautes Terres centrales.

Cette grande diversité en fait une île unique où l'on rencontre de nombreuses espèces d'animaux ou de plantes endémiques. La présence de ces spécimens, uniquement sur Madagascar, est à relier avec leur histoire et leur isolement du supercontinent il y a des millions d'années. Ainsi, même s'ils ont pu retrouver de nombreuses plantes identiques sur le continent africain et sur l'île, l'isolement de cette dernière a pu permettre à des espèces ailleurs éteintes d'y survivre et favoriser l'apparition de nouvelles espèces uniques. Ainsi, tous les mammifères terrestres indigènes, soient 66 espèces, sont endémiques à Madagascar. C'est dans cet isolement que la branche des Lémuriformes s'est développée et a acquis ses spécificités.

#### **2 - Un développement unique**

Les premiers lémuriens, probablement venus d'Afrique il y a environ 62 à 65 millions d'années, ont dû traverser le canal du Mozambique pour atteindre l'île. Cette colonisation fait encore aujourd'hui débat parmi le monde scientifique. En effet, le chenal mesurant environ 400 km de large, de nombreuses questions se posent sur les moyens de traversée permettant de rejoindre l'île. Au début du 20<sup>ème</sup> siècle, le paléontologue W.D. Matthew propose un modèle de colonisation basé sur la dispersion par radeaux de végétation, où de très petites

populations d'animaux venus d'Afrique ont été portées par les courants marins sur des tapis de végétaux emmêlés. Ce type de colonisation est basé sur une grande part de hasard lié à la dérive aléatoire des radeaux. Cette explication de la colonisation par les radeaux de végétation est le modèle actuellement le plus accepté pour expliquer la présence des lémuriens sur Madagascar même si de nombreux doutes persistent, liés aux courants marins qui ont tendance à éloigner les objets flottants de l'île.

Récemment, un rapport paru en janvier 2010 appuie cette théorie en démontrant qu'il y a environ 60 millions d'années, la localisation de Madagascar et de l'Afrique était plus au sud de 1600 km par rapport à leur position actuelle, les plaçant dans des courants océaniques différents de ceux qu'ils ont aujourd'hui. Ces courants puissants permettaient une traversée en 30 jours, délai compatible avec la survie de petits mammifères sur ces radeaux de végétaux. La dérive des plaques étant continue, les courants ont progressivement changé et la colonisation de l'île basée sur la dispersion par radeaux de végétation est devenue impossible au bout de 20 millions d'années isolant la faune de l'île, dont les lémuriens, du continent africain.

Cet isolement sur Madagascar limitant la concurrence, les lémuriens ont pu se développer aisément dans de nombreuses niches écologiques sans devoir rivaliser avec d'autres mammifères arboricoles ou primates évoluant sur le continent.

## **B – Phylogénétique**

Le terme lémur désigne d'un point de vue taxonomique uniquement le genre *Lemur*, composé seulement d'une espèce, *Lemur catta*. Mais aujourd'hui, il est familièrement employé pour désigner tous les primates malgaches.

La taxonomie des lémuriens fut et reste encore de nos jours très controversée du fait de leur découverte tardive et du nombre croissant d'espèces lié aux découvertes récentes. On peut retenir deux grandes théories pour cette classification. L'une incluant des lémuriens subfossiles récemment éteints élevant ainsi le nombre d'espèces ou de sous-espèces de lémuriens à 100, l'autre rejetant cette idée de rassemblement et limitant le nombre d'espèces de lémuriens à environ 50.

De même, selon les publications on retrouve des arbres phylogénétiques d'apparences similaires mais ayant tout de même certaines différences notables telles que le nombre d'infra-ordres dans le sous-ordre des Strepsirrhiniens.

Pour établir l'arbre suivant, nous avons choisi de suivre le modèle proposé par le *Duke lemur center*.

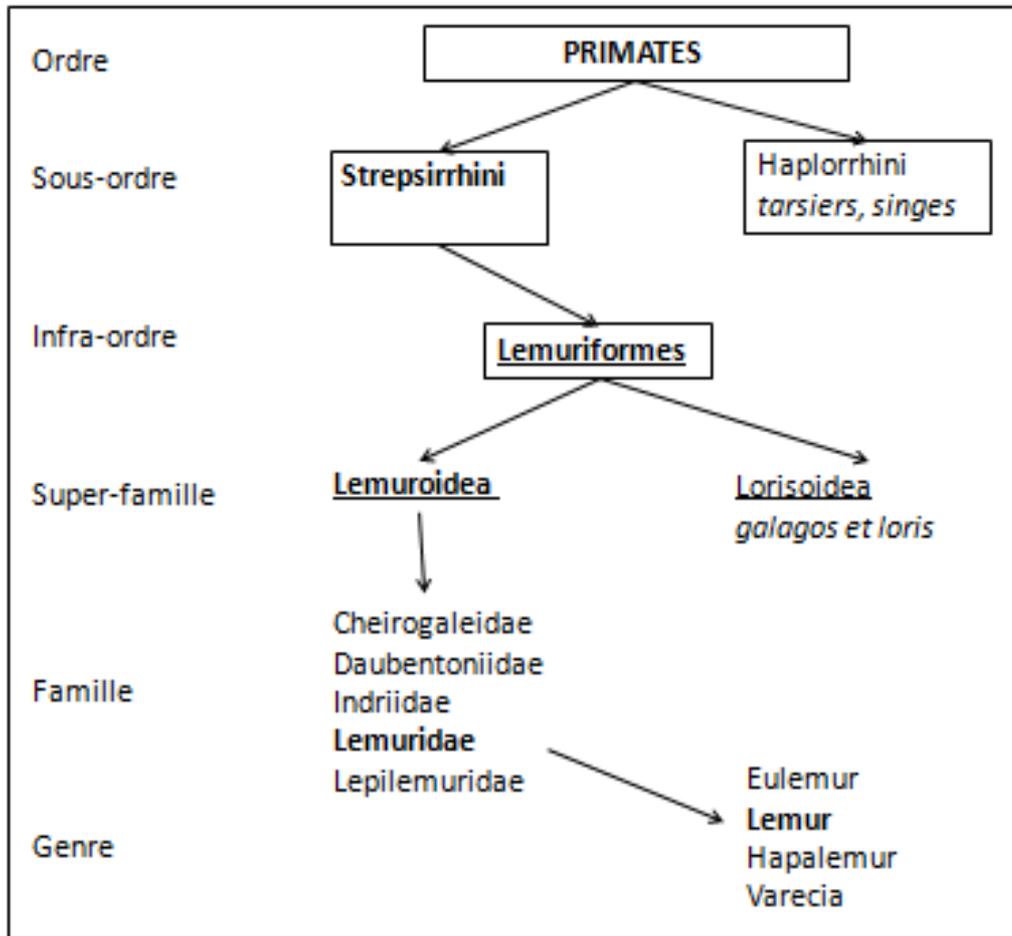


figure n°0, classification de *lemur catta*

## 1 - L'ordre des Primates

Le terme Primate, dont le nom provient du latin *primas, atis* signifiant « celui qui occupe la première place » regroupe dans un même ordre, au sein des mammifères placentaires, 188 espèces réparties en deux clades : celui des Strepsirrhiniens auquel appartiennent les lémurs, et celui des Haplorrhiniens qui comprend entre autres les Hominidés dont fait partie l'Homme.

Les Primates sont généralement plantigrades, ont des ongles plats, un pouce et un gros orteil généralement opposables, et une denture comprenant deux paires d'incisives coupantes et des crocs bien développés. Leurs mœurs sont arboricoles ou terrestres, et leur régime alimentaire est omnivore, avec cependant une dominance herbivore. Ils présentent aussi des mamelles pectorales développées.

Ils se caractérisent surtout par le grand développement de leur cerveau. Lors de l'évolution, l'écorce cérébrale (néocortex) a augmenté sa surface par des plissements ou en recouvrant d'autres structures encéphaliques, ce qui a entraîné l'augmentation du volume du crâne et la régression des os de la face. Les yeux se trouvent orientés vers l'avant (et non sur le côté, comme chez les autres mammifères) et le recouvrement des champs visuels droit et

gauche permet une bonne évaluation des distances et une appréhension du monde en trois dimensions, très utile pour la vie dans les arbres.

## 2 - Le sous-ordre des Strepsirrhiniens

Comme énoncé précédemment, il comprend un ou trois infra-ordres selon la classification utilisée dont celui des Lémuriformes. Il correspond à des animaux ayant les caractéristiques suivantes : ce sont des vertébrés munis d'une queue recouverte de fourrure, présentant 5 doigts aux mains et aux pieds, étant munis d'un rhinarium (une truffe) avec des vibrisses et des yeux ronds dans des orbites ouvertes formant une barre dite post-orbitaire.

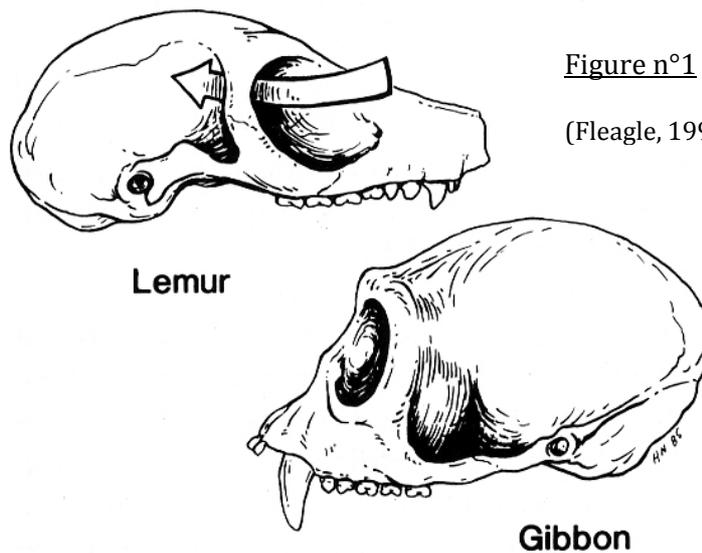


Figure n°1 : L'orbite des primates

(Fleagle, 1999)

Une des autres caractéristiques principales qui les distinguent des autres primates est la présence d'un peigne dentaire à l'avant de leur denture : c'est un ensemble de 6 dents constitué des 4 incisives et des 2 canines inférieures, toutes allongées et orientées vers l'avant. Ce peigne dentaire sert à récupérer la gomme des arbres dont ils se nourrissent, mais également à l'épouillage.

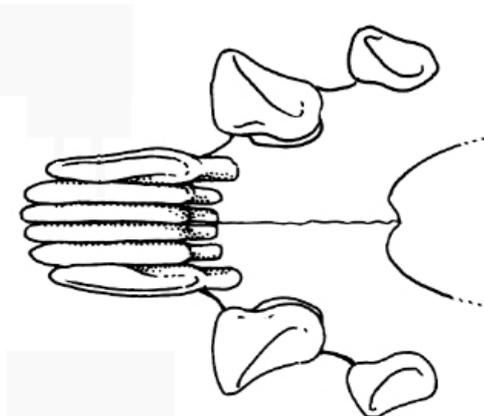


Figure n°2 : Peigne dentaire : 4 incisives et 2 canines

(Lecointre & Le Guyader, 2001)

### 3 - L'infra-ordre des Lémuriformes

Ce clade rassemble tous les primates strepsirrhiniens endémiques de l'île de Madagascar, vulgairement appelés les lémuriens.

Le nom de lémurien dérive des "*lemures*", les âmes des morts, des spectres issus des croyances de l'Antiquité romaine, nom qui leur a été attribué à cause de leurs grands yeux réfléchissant la lumière, de leurs habitudes nocturnes ainsi que de leurs vocalises rappelant des cris associés aux fantômes. Aujourd'hui, une centaine d'espèces de lémuriens ont été découvertes et la plupart depuis seulement les années 1990. Mais leur classification taxonomique reste très controversée parmi les spécialistes.

Dérivant d'un même ancêtre commun, ils ont de nombreuses caractéristiques communes avec les Primates Anthropoïdes, sauf, entre autres, la taille du cerveau par rapport à leur corps qui est bien inférieure.

Les lémuriens sont généralement les plus sociaux des Primates Strepsirrhiniens et communiquent davantage avec les odeurs et les vocalisations qu'avec la vue. Leurs nombreuses adaptations morphologiques sont une réponse à l'environnement hautement saisonnier de Madagascar, tels que des métabolismes de base relativement faibles, une reproduction plus ou moins saisonnière ou encore une femelle dominante socialement. Bien que de nombreuses espèces de lémuriens partagent des régimes alimentaires semblables (fruits et végétaux principalement), les différentes espèces de lémuriens partagent les mêmes forêts en occupant différentes niches.

### 4 - La famille des *Lemuridae*

Elle comprend 10 espèces vivantes réparties en 4 genres, auxquels on ajoute parfois un cinquième genre comportant des espèces éteintes. Ces animaux présentent tous un museau allongé et des yeux ronds assez volumineux.

### 5 - Le genre *Lemur*

Il ne comprend qu'une unique espèce, le maki catta ou *Lemur catta* dont la morphologie et les caractéristiques seront développées dans la suite de cette étude.

## C - Biologie de *Lemur catta*

### 1 - Biotope et répartition géographique

L'île de Madagascar est composée de divers biotopes différents permettant l'obtention d'une grande diversité de la flore et de la faune. Le maki catta se retrouve dans une zone limitée, située au sud et sud-ouest de l'île.



Figure n°3 : Répartition géographique de *Lemur catta* sur l'île de Madagascar

Source IUCN

Ces zones géographiques sont recouvertes de grandes forêts sèches dites xérophiles. C'est une région au climat aride subissant une petite saison des pluies de janvier à mars (350 à 750 mm de précipitations annuelles). La végétation composée de nombreux buissons, d'arbres à petits troncs, d'épineux ou de plantes grasses (telles que les *Didierea* ou les tamariniers). est adaptée à la sécheresse

Le maki catta est l'un des rares lémuriens diurnes appréciant cette région aride et vit dans le tapis végétal continu composé par les hauts tamariniers. Il y joue un rôle primordial dans la dissémination des espèces végétales grâce à ses nombreux déplacements.

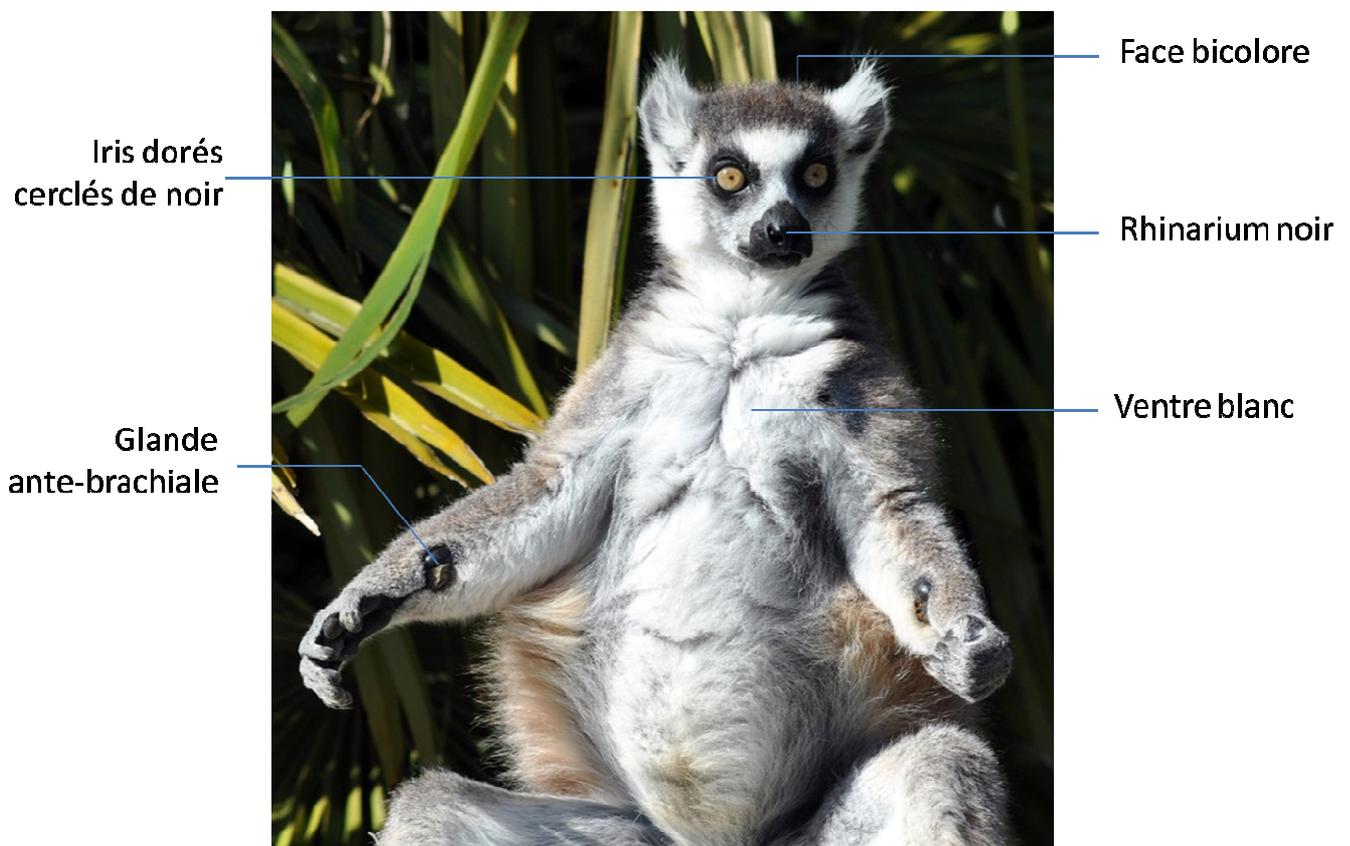
## 2 - Morphologie

*Lemur cata* est un petit lémurien de 2 à 4kg mesurant environ 40cm sans la queue. Son corps est presque entièrement recouvert d'un pelage gris brillant, plus clair sur le ventre et teinté de brun sur le dos. Certaines parties de son corps sont glabres telles que les poignets et le scrotum laissant apparaître une peau noire.

Sa tête est bicolore, blanche sur la face et noire autour des yeux et du museau. Ses taches font ressortir la couleur dorée de ses iris cerclés de noir. Il existe un dimorphisme sexuel sur la forme de la face, le mâle a un museau moins allongé et une tête plus forte. Il est l'un des rares primates possédant une truffe (rhinarium) nue qui est fendue latéralement et se prolonge jusqu'à la lèvre supérieure.

Il possède des pouces opposables sur tous ses membres dont il se sert pour se déplacer dans les branches et attraper fruits et feuillages. Ses doigts de mains ou de pieds portent tous des ongles à l'exception du deuxième doigt de pied terminé par une griffe appelée " griffe de toilette". L'animal l'utilise pour épouiller ses congénères ou lui-même. Sur la face interne des mains et des pieds, on retrouve des coussinets en forme de petits bourrelets présentant des dessins caractéristiques de l'individu en forme de boucles.

Les makis catta portent également sur la partie caudale-médiale de l'avant-bras une glande dite antée-brachiale recouverte de peau glabre, utile pour le marquage de territoire.



atta  
tml

Mais la partie du corps qui est la plus spécifique de *Lemur catta* dans l'imaginaire des gens est sa queue. Aussi longue que son corps et sa tête réunis, soit environ 50 cm à l'âge adulte, elle comporte 14 anneaux de poils blancs en alternance avec 14 anneaux de poils plus sombres. Cette alternance de couleurs très marquées lui permet d'être repéré facilement même la nuit et apparaît comme un signe de ralliement pour ses congénères. Elle n'a pas de rôle de préhension comme certains singes et l'animal la porte toujours dressée lorsqu'il se déplace. Elle a un rôle important dans le déplacement mais surtout dans la communication au sein du groupe ou lors d'affrontement (par exemple, le mouvement de balancier effectué par la queue lors de grognement indique le degré d'excitation du lémurien).

Ce lémurien possède des sens très développés, sa vision excellente lui permet de garder sans cesse le contact avec son groupe, de communiquer avec eux et de les reconnaître. La vue joue un rôle primordial dans le modèle de vie sociale du maki ; de même que son odorat très développé qui indique un comportement de marquage de territoire très prononcé.

### 3 - Déplacement et alimentation

Le maki catta est principalement frugivore. Il passe la majeure partie de son temps à se déplacer en quête de nourriture sur son domaine pouvant s'étendre sur 5 à 8 ha selon la taille du groupe. Ainsi il peut parcourir jusqu'à 1 km en une journée lors de ses déplacements. Cette constante mobilité lui permet d'explorer l'ensemble de la flore poussant sur son domaine et de profiter de la floraison et de la fructification d'une grande diversité de plantes tout au long de l'année.

*Lemur catta* est une exception parmi les autres lémuriens dans son mode de vie et d'alimentation. Contrairement aux autres qui vivent et passent la majorité de leur temps en altitude dans les arbres, celui-ci aime se déplacer et se nourrir au sol. Il y reste même la majeure partie de son temps (environ 65 % selon le primatologue Robert Sussman), adoptant soit une démarche bipède soit une démarche quadrupède qui lui permet de galoper. Lors de ses déplacements à 4 pattes, il porte sa queue en arc de cercle et son mouvement est accompagné d'une alternance de flexion et d'extension de sa colonne vertébrale. Au sol, il ramasse les fruits tombés, cueille des baies d'arbustes ou des feuilles et des branchages. Il aime aussi se nourrir de la sève des arbres en arrachant avec ses incisives l'écorce pour en faire sortir le liquide qu'il lèche ensuite. Il se désaltère aussi au sol avec la rosée des feuilles ou dans les mares, mais ses besoins en eau sont peu importants, son alimentation étant constituée à 80 % d'eau.

Même s'il passe la plupart de son temps au sol, le maki catta reste néanmoins un excellent grimpeur et se déplace avec une grande agilité dans les branches. Il monte à la cime des arbres pour dormir et se nourrir de feuillages et de cueillettes de fruits. Il est capable de faire des bonds de quatre mètres entre les branches et sa grande agilité lui permet de fuir extrêmement rapidement le danger pour se cacher dans les feuillages. Le chercheur R.Sussman a dénombré en 1974, 24 espèces de plantes consommées par ces animaux mais 70 % de leur alimentation était composée par seulement 8 espèces de végétaux. Les tamariniers (*Tamarindus indicus*)

fournissent à eux seuls 24 % de l'alimentation du maki catta qui cueille fruits, feuilles et fleurs de ces arbres.

#### 4 - Structure sociale

Ce lémurien diurne est un animal grégaire vivant en groupe d'une vingtaine d'individus en moyenne et axé autour d'un noyau formé par une femelle adulte dominante, sa progéniture et un ou deux mâles dominants mais soumis à la femelle. Ce noyau est prioritaire et décisionnaire de toute l'activité du groupe que cela soit pour l'accès à la nourriture ou pour les déplacements. Gravitant autour de ce noyau, on trouve les femelles dominées, leurs petits et les mâles juvéniles ou soumis. Le groupe est très soudé et les makis se déplacent tous ensemble avec à leur tête la femelle dominante. Les jeunes mâles et les soumis peuvent être partiellement autonomes mais s'éloignent rarement à plus de 50 mètres du noyau. Le groupe se rassemble très souvent pour se reposer ou dormir dans des arbres pouvant tous les abriter. Cette extrême cohésion est exprimée et visualisée par un panel de signaux sonores et visuels que les membres du groupe s'adressent mutuellement.

Ils utilisent un code très spécifique qui peut rappeler le morse. Ils modulent leurs cris en associant des grognements, des crachements, des miaulements, des grincements ou des ronflements sur de courtes ou longues durées. Cette communication sonore module toute l'activité quotidienne du groupe. Ainsi, grâce à ce répertoire vocal très étendu, les makis catta peuvent communiquer dans de nombreuses situations :

- hurlement de cohésion d'un mâle dominant auquel répondent les autres membres par des couinements,
- des grognements d'alerte lors de dangers qui s'accélèrent et s'intensifient lorsque le danger approche,
- plainte de détresse,...

Parfois ces cris s'accompagnent de mimiques faciales ou de mouvements corporels.

Comme décrit précédemment, leur odorat très prononcé indique un comportement de marquage très prononcé. Tous les membres du groupe, mâles et femelles, participent au marquage de toute l'étendue du territoire. Il s'effectue par les urines, les selles mais surtout grâce à des glandes situées sur les bras, les avant-bras, le scrotum et autour de l'anus. Le marquage génital est très fréquent chez les deux sexes. Lorsqu'il a repéré la branche à marquer, l'animal se retourne et appuie son scrotum ou son clitoris contre l'objet tout en faisant des mouvements de va-et-vient. Il utilise aussi des glandes sébacées présentes sur ses avant-bras (glande antée-brachiale) lors du marquage du territoire en appliquant ces zones glandulaires sur tout le tour des branches.

Ils utilisent aussi ces glandes pour s'imprégner le pelage et la queue de leur propre odeur, très utilisée chez les mâles lors des affrontements. Ces derniers possèdent aussi une glande brachiale située sur la face antérieure du bras, près de l'articulation sterno-humérale, volumineuse (3 cm de diamètre), sécrétant un liquide brun épais et très odorant utilisé aussi dans le marquage. Les femelles ont à la place une petite papille non sécrétrice.

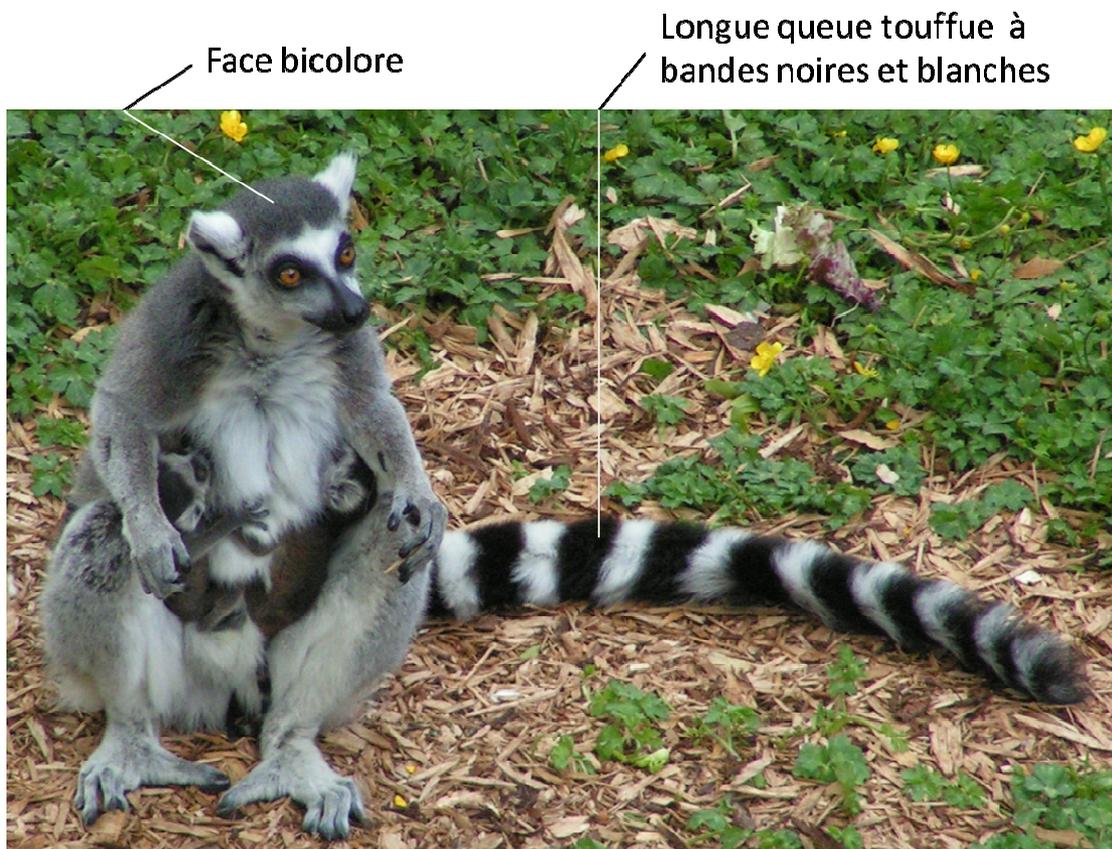


Figure n°4b, Glande ante-brachiale de *Lemur catta*, original

## 5 - Reproduction

La saison des accouplements se déroule d'avril à juin et concerne les adultes ayant atteint leur maturité sexuelle (20 mois pour les femelles et 29 mois pour les mâles). Ces derniers s'affrontent alors lors de "combats d'odeurs", ils se font face en émettant de nombreux grognements et grincements puis imprègnent leur queue à l'aide de leur glande brachiale. Ils agitent ensuite cette dernière en direction de leur adversaire jusqu'à ce que l'un des deux s'avoue vaincu et parte, ces combats durent en moyenne 5 à 25 min. La femelle accepte alors le mâle vainqueur en le giflant. La période d'œstrus est très brève, 3 à 7 jours et la femelle n'est réceptive que 8 à 44 h. La copulation comporte plusieurs montes espacées (de 3 à 12).

La période de gestation dure environ 135 jours avec un fort taux de gémeauté. Les naissances ont lieu principalement d'août à septembre. Le nouveau-né est déjà couvert d'un pelage identique à celui de sa mère et ses yeux sont ouverts. La première semaine, il s'accroche au pelage de sa mère qui l'emmène partout, qui l'allaite et le toilette très régulièrement. Au bout d'une semaine, le groupe entier s'occupe des petits, ceux-ci passent de femelle en femelle, principalement sur leur dos. Vers un mois, ils quittent leur mère et entament leurs premières explorations et jeux avec ceux de leur âge, retournant vers le groupe pour l'allaitement. Le sevrage a lieu vers 2,5 mois et les petits sont vraiment indépendants à l'âge de 4 mois. Malgré cette surveillance de groupe, le taux de mortalité des jeunes reste assez élevé.



avec ses petits  
 photographer: sannse

## 6 - Compétitions / Prédation

Le maki catta vit dans un milieu au climat aride et ne partage ce biotope qu'avec un petit nombre d'autres lémuriniens ou primates tels que le maki brun (*Lepilemur mustelinus*), et le microcèbe murin (*Microcebus murinus*, le plus petit des primates). Mais la compétition entre ces espèces est quasi inexistante car tous ont adopté des modes de vie et d'alimentation très divers. Seul le maki brun est diurne et frugivore comme le maki catta.

Il n'existe aussi qu'un nombre réduit de prédateurs tels que le fossa (une sorte de mangouste) et le grand faucon ; mais le maki possède des techniques de défense et surtout de camouflage pour leur échapper. Le plus grand prédateur reste l'Homme, même si le maki est extrêmement prudent, se déplaçant sans le moindre bruit et attendant d'être seul pour descendre sur le sol. En cas de danger, il émet des grognements de menace pour alerter ses congénères, et n'hésite pas à attaquer pour se défendre.

## 7 - Relations à l'Homme

Les premiers récits de rencontre avec les makis catta remontent à février 1608 lorsqu'un commerçant de la Compagnie des Indes, William Finch, décrit ces "singes à longue queue noire et blanche". Les peuples Malgaches relatant aussi de nombreuses histoires et légendes autour de ces animaux, qu'ils nomment esprits ou fantômes et à qui ils donnent de nombreux pouvoirs. En 1758, Linné fait apparaître le *Lemur catta* dans sa classification en zoologie publiée dans la dixième édition de son recueil *Systema Naturae*.

Tous les Lémuridés sont inscrits depuis 1973 à l'annexe 1 de la Cites (Convention sur le commerce international des espèces menacées d'extinction) entraînant une forte réglementation de leur exploitation ainsi que l'interdiction de les chasser ou de les capturer sans autorisation.

La présence humaine et surtout son activité de déforestation pour exploiter le bois mais aussi pour augmenter les surfaces agricoles, a un effet néfaste sur la survie des lémuriens de l'île. La destruction de leur biotope ainsi que le défrichage des terres a fait diminuer la population de maki catta de 20 à 25 % en 24 ans. Leur aire traditionnelle de répartition ayant diminué de plus de la moitié en 50 ans, le maki catta est classé depuis 1990 dans la liste des espèces vulnérables et plus récemment en 2008, parmi les espèces quasi menacées. À la forte menace des agriculteurs s'ajoute une forte pression venant du braconnage encore très répandu dans l'île.

Mais si le maki catta à l'état sauvage est très menacé, en captivité, il est le lémurien le plus répandu dans les zoos du monde entier grâce à sa docilité et surtout sa facilité de reproduction en captivité. L'ISIS (*International Species Information System*) compte, au 25 décembre 2011, 2866 makis catta dans tous les zoos du monde. Grâce à cette forte représentation, il est le lémurien le plus connu du grand public, un atout pour les campagnes de défense. De nombreux décrets et mesures de protection ont été mis en place pour protéger l'habitat naturel des lémuriens tels que l'interdiction d'exploitation de ressources dans les réserves naturelles, la lutte contre le braconnage et les campagnes de sensibilisation des peuples autochtones. Malgré cela, le manque de fonds et les habitudes des malgaches font que la destruction massive du milieu naturel des makis catta continue inlassablement, provoquant à court terme leur extinction.

De nombreux centres d'études du maki catta existent à travers le monde tels que le *Lemur Center* à l'université de Duke aux États-Unis ou le Laboratoire d'Ecologie Générale, unité mixte de recherche (Muséum National d'Histoire naturelle / CNRS). Les chercheurs s'intéressent surtout aux systèmes sociaux et à la cognition qui peuvent apporter d'importantes informations sur l'évolution des primates.

## **Partie II - Matériel et Méthodes**

### **A - Sujet étudié**

L'animal étudié et utilisé pour la réalisation de cet atlas est une femelle maki catta provenant d'un parc animalier privé situé dans les environs de Toulouse. Elle a été déposée à la clinique de la faune sauvage de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse pour explorer la mort soudaine survenue quelques temps auparavant. L'autopsie effectuée n'a pu apporter de conclusion précise sur le décès de cet animal.



figure n°6, spécimen étudié, original

Cédée à l'École, elle a par la suite permis la réalisation de cet atlas radiographique après avoir été conservée à  $-18^{\circ}\text{C}$  pendant 6 mois avant le début de la réalisation de cet atlas.

### **B - Matériel radiographique**

L'ensemble des clichés radiographiques présentés dans cet atlas ont été réalisés à l'aide d'un appareil radiographique appartenant à l'École National Vétérinaire de Toulouse avec l'utilisation de cassettes numériques Fuji film (Fuji IP type C et 3A).

## C - Radioprotection

L'utilisation de plus en plus intensive des rayons ionisants en médecine a entraîné une prise de conscience du danger de leur excès pouvant avoir des effets néfastes pour la santé humaine. Les autorités ont alors établi des normes réglementaires de limite d'exposition et la notion de radioprotection. Il existe de nombreux organismes à toutes les échelles pour donner des directives sur ce sujet, comme par exemple l'*United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation* (UNSCEAR) au sein de l'ONU, l'Euratom au niveau européen et l'Autorité de Sureté Nucléaire (ASN) en France.

La loi française définit la radioprotection comme « la protection contre les rayonnements ionisants, c'est-à-dire l'ensemble des règles, des procédures et des moyens de prévention et de surveillance visant à empêcher ou à réduire les effets nocifs des rayonnements ionisants produits sur les personnes, directement ou indirectement, y compris par les atteintes portées à l'environnement ». La radioprotection s'appuie sur trois principes fondamentaux qui sont :

- la **justification** de l'utilisation de sources de rayonnements ionisants (recherche d'alternatives moins délétères, nécessité médicale).
- la **limitation** des doses d'expositions (doses définies par chaque pays selon les recommandations de la Commission Internationale de protection radiologique).
- l'**optimisation** en cherchant la dose minimale d'exposition nécessaire pour obtenir le résultat souhaité, recherche basée selon le principe ALARA (signifiant "aussi bas que raisonnablement possible").

Différents décrets ont été édités pour permettre l'application de ces principes dont celui du 31 mars 2003, édité par l'Institut de Radioprotection et de Sureté Nationale (IRSN), relatif à la protection des travailleurs contre le danger des rayons ionisants, modifié en 2007 et 2008. Il impose :

- Une déclaration et une autorisation de fonctionnement des locaux et des matériels auprès de l'IRSN.
- L'emploi d'une personne formée à la radioprotection (PCR) qui a entre autres pour rôle la délimitation des différentes zones, l'établissement des mesures de protection et l'évaluation des risques.
- Une catégorisation des zones à risque et du personnel autorisé selon les doses d'exposition minimale annuelle dans des conditions normales de fonctionnement.
- Une limitation des doses d'exposition contrôlée par la dosimétrie passive (port permanent d'un dosimètre par le personnel) et la dosimétrie opérationnelle.
- L'établissement d'un règlement intérieur définissant des règles de bases de sécurité telles que le port de gants, tabliers et protège-thyroïde en plomb.

## **D - Préparation du squelette**

Après la prise des clichés radiographiques, l'animal est préparé pour pouvoir photographier ses ossements. Cette étape a été effectuée par le taxidermiste du Muséum d'Histoire Naturelle de Toulouse.

Le protocole appliqué fut le suivant :

- Décongélation de l'animal pendant 24h:
- Dépouillage du corps du maki catta:
- Dépeçage et isolation des parties du corps (membres, tête et tronc):
- Écharnage des pièces isolées:

Pour faciliter l'identification des divers os, il est conseillé d'isoler les diverses parties du corps dans des filets à petites mailles mais lors de la préparation cette étape n'a pas été effectuée.

- Trempage dans l'eau pendant 48h;
- Bain à 37° dans une solution contenant un produit industriel de nettoyage de canalisations (ECOGENE® Vert Nettoyant biologique CANALISATIONS) composé de bactéries et d'enzymes facilitant le nettoyage des os. Ce bain est changé régulièrement pendant 8-10 jours.
- Tamisage de la solution contenant les ossements;
- Identification des os



### **Partie III - Atlas radiographique de *Lemur catta***

La radiographie est un outil de diagnostic qui s'est extrêmement développé ces dernières années et son utilisation est devenue chose courante dans l'investigation de nombreuses pathologies. On distingue deux grands ensembles de clichés radiographiques que l'on peut effectuer sur un animal : les radiographies de tissus mous, comprenant la zone du thorax et la zone de l'abdomen et les radiographies du squelette. Il aurait été intéressant d'effectuer des radiographies des divers organes et tissus mous mais l'historique du sujet étudié (alternance de congélation et de décongélation, temps d'attente en chambre froide,...) fut délétère pour ces derniers et empêche leur bonne visualisation sur les clichés radiographiques (contours flous et cristaux de glace présents) limitant alors leur étude.

Les clichés radiographiques du squelette permettent de mettre en évidence :

- des lésions osseuses diffuses ou multifocales d'origines diverses : congénitales, nutritionnelles, métaboliques, tumorales (myélome....) ou idiopathiques (panostéite...);
- des lésions locales de nature traumatique, tumorale (ostéosarcome....), infectieuse (ostéomyélite....) ou congénitale;
- des atteintes articulaires diverses : tumeurs, fractures, infection (arthrite), atteinte dégénérative (arthrose) ou atteintes congénitales.

L'utilisation de clichés radiographiques du squelette est alors préconisée lors de traumatismes pouvant affecter des os ou des articulations, lors de boîtieries de tous types, lors de déformations osseuses ou lors de certaines douleurs spécifiques. Leur utilisation est aussi courante lors de suivi d'opération ou de certaines maladies systémiques.

#### **A - Techniques radiographiques générales**

Pour obtenir des radiographies de bonne qualité lors de l'étude du squelette, il est préférable de suivre quelques principes de base :

- Un temps de pose élevé pour éviter le flou cinétique, cela induit une certaine immobilité de l'animal radiographié que l'on peut obtenir si nécessaire grâce à une sédation ou une tranquillisation;
- La prise de radiographies selon au minimum deux projections orthogonales, qui sont généralement une radiographie de face et une radiographie de profil;
- Un réglage avec un kilo-voltage bas, à adapter selon l'épaisseur de l'os radiographié (> 60 kV pour des os < 10 cm et 90-100 kV pour des os plus épais). Cela est nécessaire pour pouvoir observer les détails de la trame osseuse même si l'os est un tissu naturellement très contrasté;
- Le choix d'un écran lent à très lent permettant d'obtenir une meilleure finesse de la radiographie en augmentant la résolution. Même si ce dernier ne restitue que peu d'énergie cela est compensé par l'augmentation du temps de pose.

- Un bon positionnement en limitant le champ à la zone étudiée et en centrant le rayon directeur sur le centre de l'os ou de l'articulation. Pour limiter au maximum le flou cinétique, il est préférable de placer l'objet d'étude au plus près de la table.

La qualité de la radiographie obtenue s'évalue ensuite selon les critères suivants :

- La densité, évaluée en visualisant la corticale qui doit être un trait fin, blanc et bien délimité;
- Le contraste, évalué selon la finesse de la structure osseuse;
- La netteté;
- Le positionnement. Pour un os, la radiographie doit inclure toutes les articulations dans lequel il est impliqué, pour une articulation, le champ doit inclure toutes les portions osseuses intervenant dans celle-ci.

## **B - Radiographie du squelette axial**

L'association du crâne et de la colonne vertébrale forme ce que l'on nomme le squelette axial.

### 1 - Squelette céphalique

Le squelette céphalique, articulé à la première vertébrale, l'Atlas, comprend deux parties : les os du crâne et les os de la face. Le crâne est constitué par les os entourant l'encéphale et ses méninges ainsi que l'organe vestibulocochléaire. Les os de la face forment la charpente des cavités du nez et de la bouche. Leurs unions avec les os du crâne s'effectuent au niveau des orbites.

#### a) Techniques radiographiques spécifiques et matériel

La radiographie standard du squelette céphalique permet une bonne visualisation des structures externes de celui-ci mais cet examen montre ses limites lorsque l'on s'intéresse aux structures internes telles que l'encéphale. Pour visualiser ces organes, il est préférable d'avoir recours à des techniques d'investigation plus poussées telles que l'IRM. Comme décrit précédemment, le crâne est formé d'un ensemble d'os enfermant l'encéphale qui communique avec le reste du corps par le biais de vaisseaux et de nerfs passant au travers de nombreux trous ou orifices. Cette multitude d'os et d'orifices entraînent obligatoirement, lors de l'examen radiographique simple du crâne, une superposition d'images rendant son examen ardu. Pour limiter au maximum cette superposition, on choisira des incidences très précises permettant la visualisation d'une partie ciblée du crâne.

Les critères de choix des divers paramètres radiographiques préalablement développés sont à appliquer ; notre choix se porte donc sur :

- Un écran fin ou très fin permettant une meilleure visualisation des structures osseuses épaisses;

- Un film monocouche offrant une meilleure résolution de l'image radiographique;
- Un foyer réduit au maximum pour augmenter la résolution et limiter le flou géométrique;
- Un temps de pose élevé, obtenu avec une sédation ou une tranquillisation si nécessaire;
- Un kilovoltage faible (50 kV).

#### b) Positions de l'animal et critères de qualité

##### - Incidence latérale

Position : l'animal est en décubitus latéral, la bouche fermée et la tête est placée perpendiculairement à la colonne vertébrale. Le faisceau directeur est orienté sur le milieu du crâne et le champ doit comprendre l'ensemble du crâne et les premières vertèbres cervicales.

Critères de qualité : Superposition des deux mandibules, des deux bulles tympaniques et des deux orbites.

##### - Incidence rostro-caudale

Position : l'animal est en décubitus dorsal, la bouche est fermée et la tête est placée perpendiculairement à la colonne vertébrale, face orientée au zénith. Le faisceau directeur est orienté sur le milieu du crâne et le champ doit comprendre l'ensemble du crâne et les premières vertèbres cervicales.

Critères de qualité : Symétrie des orbites et des cavités nasales par rapport au septum nasal  
Position parallèle des processus zygomatiques

En gardant une position identique et en tirant le menton crânialement, on peut effectuer un cliché d'incidence ventro-dorsale.

Un deuxième cliché de chaque incidence est effectué avec la bouche entrouverte

#### c) Observations anatomiques

Pour l'étude du squelette céphalique, on le divise en deux parties : les os de la face constituant la partie rostrale et les os du crâne pour la partie dorsale et caudale.

##### - Face

Dans le plan superficiel, on retrouve dorsalement l'os incisif, portant les dents incisives de l'arcade dentaire supérieure qui présentent une suture interincisive incomplète et qui portent deux processus : les processus palatin et nasal. De plus on peut noter la présence de fissures palatines importantes. Plus dorsalement, l'os nasal, pair et plat, délimite la partie dorsale du nez avec la partie nasale de l'os frontal.

En position plus latérale se situent les os maxillaires qui composent les arcades dentaires supérieures et la face interne des cavités nasales où se dispose le cornet nasal ventral. Ils portent également chacun une lame osseuse qui se détache perpendiculairement de

la face nasale, les processus palatins, qui forment le palais dur. Ce dernier est visible sous la forme d'une ligne radio-opaque sur le cliché. Dorsalement aux os maxillaires se trouvent les os zygomatiques que l'on divise en trois processus : une partie rostrale et médiale formant le bord infra-orbitaire, une partie plus saillante, latérale et horizontale appelée le processus temporal et la branche montante, le processus frontal qui s'unit avec le processus zygomatique de l'os frontal pour former la barre post-orbitaire. Ainsi l'orbite de *Lemur catta* est ouverte, ce qui est une caractéristique des Strepsirrhini à l'inverse des primates plus évolués. Médialement à l'os zygomatique se trouve l'os lacrymal, très développé chez les lémuriens, dont la face interne entre dans la constitution de la cavité nasale et dont la face externe présente une partie faciale et une partie orbitaire.

Ventralement à ces os se trouvent les mandibules, portant les dents de l'arcade dentaire inférieure. Os mobiles, elles s'articulent avec l'os temporal au niveau de l'articulation temporo-mandibulaire. On distingue deux parties : le corps, la partie horizontale, composée d'une partie incisive et d'une partie molaire et la branche, la partie verticale, dont l'extrémité dorsale comporte deux processus, les processus coronoïde et condyalaire.

Les os de la face du plan profond sont moins identifiables sur les clichés à cause des superpositions. Il s'agit du Vomer, os impair séparant les cavités nasales et constituant la partie osseuse du septum nasal, des os palatins, dont les lames horizontales participent à la formation du palais dur avec les processus palatins des maxillaires. Dans la continuité de la lame verticale des os palatins se trouve l'os ptérygoïde, mince lame osseuse terminée par un processus, le crochet ptérygoïdien, visible sur le cliché à l'arrière des maxillaires, dans la continuité du palais dur. On aperçoit aussi les cornets nasaux, lames osseuses très minces enroulées sur elles-mêmes, divisés en deux paires, une dorsale et une ventrale.

#### - Crâne

Dorsalement, le crâne est délimité par l'os frontal, os pair divisible en trois parties :

- l'écaille dorsale qui se soude à son homologue au niveau de la suture interfrontale et entre dans la formation de la cavité crânienne;
- la partie nasale soudée à l'os nasal pour former la région dorsale du nez;
- la partie orbitaire portant le processus zygomatique relié au processus frontal de l'os zygomatique pour former la barre post-orbitaire.

Caudalement à ceux-ci se trouvent l'os pariétal, os pair extrêmement développé chez *Lemur catta* et composant la majeure partie de la voûte du crâne.

Latéralement, les os temporaux s'articulent avec la mandibule au niveau de l'articulation temporo-mandibulaire. Ils sont constitués de deux parties, la partie écailleuse comportant le processus zygomatique intervenant dans la formation de l'arcade zygomatique avec l'os homonyme et la partie auriculaire où se loge une grande partie de l'organe vestibulocochléaire. À la base du processus zygomatique se trouve le rocher, partie osseuse de l'os temporal qui protège l'oreille interne. La superposition de nombreuses structures endocrâniennes empêche la visualisation des différentes parties de l'oreille. Par exemple, le

pore acoustique externe bien développé chez *Lemur catta* n'est pas visible. Seule la partie ventrale des bulles tympaniques, oreille moyenne, sont bien visibles sur le cliché, sous la forme de structures radio-opaques caudales aux mandibules.

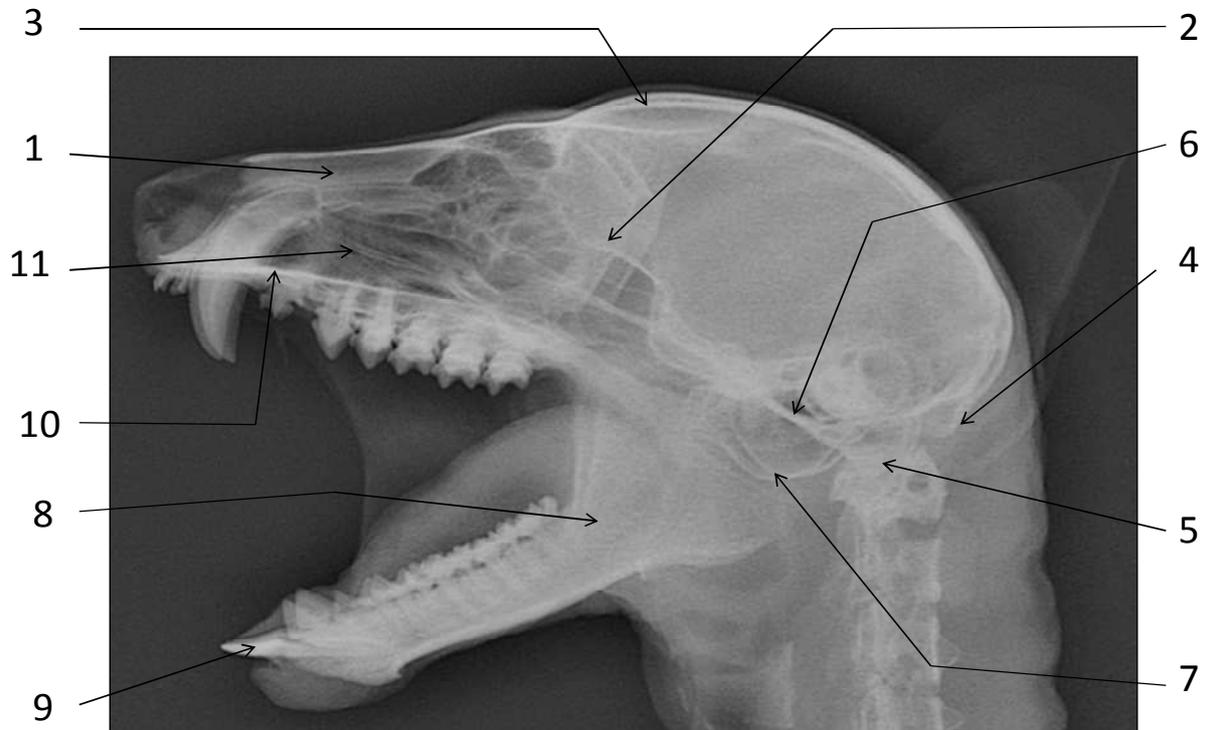
Ventralement, la base du crâne est formée par deux os principaux. Médialement, on retrouve l'os sphénoïde qui résulte de la fusion de deux os, il porte le processus ptérygoïde qui entre, avec l'os ptérygoïde et la lame perpendiculaire de l'os palatin, dans la formation de la crête ptérygopalatine. Plus visible sur les clichés, l'os occipital intervient dans l'articulation atlanto-occipitale avec l'atlas, la première vertèbre cervicale. Il peut se diviser en 4 parties : l'écaille occipitale portant la protubérance occipitale externe très peu développée chez *Lemur catta*, la partie basilaire, lieu d'insertion de muscles et les deux parties latérales délimitant le foramen magnum. Ce dernier est surmonté du tubercule nuchal et est encadré par les condyles occipitaux.

En situation rostrale, on retrouve l'os ethmoïde, os impair qui constitue le fond des cavités nasales, visible uniquement sur certaines incidences. Il se compose de la lame perpendiculaire formant un éperon de la partie rostrale de la cavité crânienne, de la lame criblée qui sépare les cavités nasales de la cavité crânienne et de la masse latérale.

#### - Orbites

Ces vastes cavités, très développées chez les lémuriens, accueillent l'œil et ses organes accessoires. L'entrée de l'orbite est délimitée par les bords supra-orbitaire (formés par l'os frontal et l'os lacrymal) et infra-orbitaire (formés par l'os zygomatique) ainsi que latéralement par la "barre post-orbitaire". L'os frontal vient ensuite former la paroi dorsale, l'os ethmoïde participe à la paroi médiale et le plancher est constitué par une petite étendue d'os zygomatique. Contrairement aux primates évolués, les lémuriens présentent des orbites dites ouvertes qui communiquent largement avec la fosse temporale, particularité anatomique que les chercheurs ont rapproché de la vie nocturne des lémuriens mais qui entraîne une vision moins développée.

Radiographie du crâne, incidence latérale



cliché n°1 , original, ENVT

- |                               |                                  |                                |
|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| <b>1</b> Os nasal             | <b>5</b> Condyle occipital       | <b>9</b> Incisive              |
| <b>2</b> Barre post-orbitaire | <b>6</b> Pore acoustique externe | <b>10</b> Palais dur           |
| <b>3</b> Sinus frontal        | <b>7</b> Bulle tympanique        | <b>11</b> Cornet nasal ventral |
| <b>4</b> Crête nuchale        | <b>8</b> Mandibule               |                                |

Photographie du crâne, aspect latéral gauche

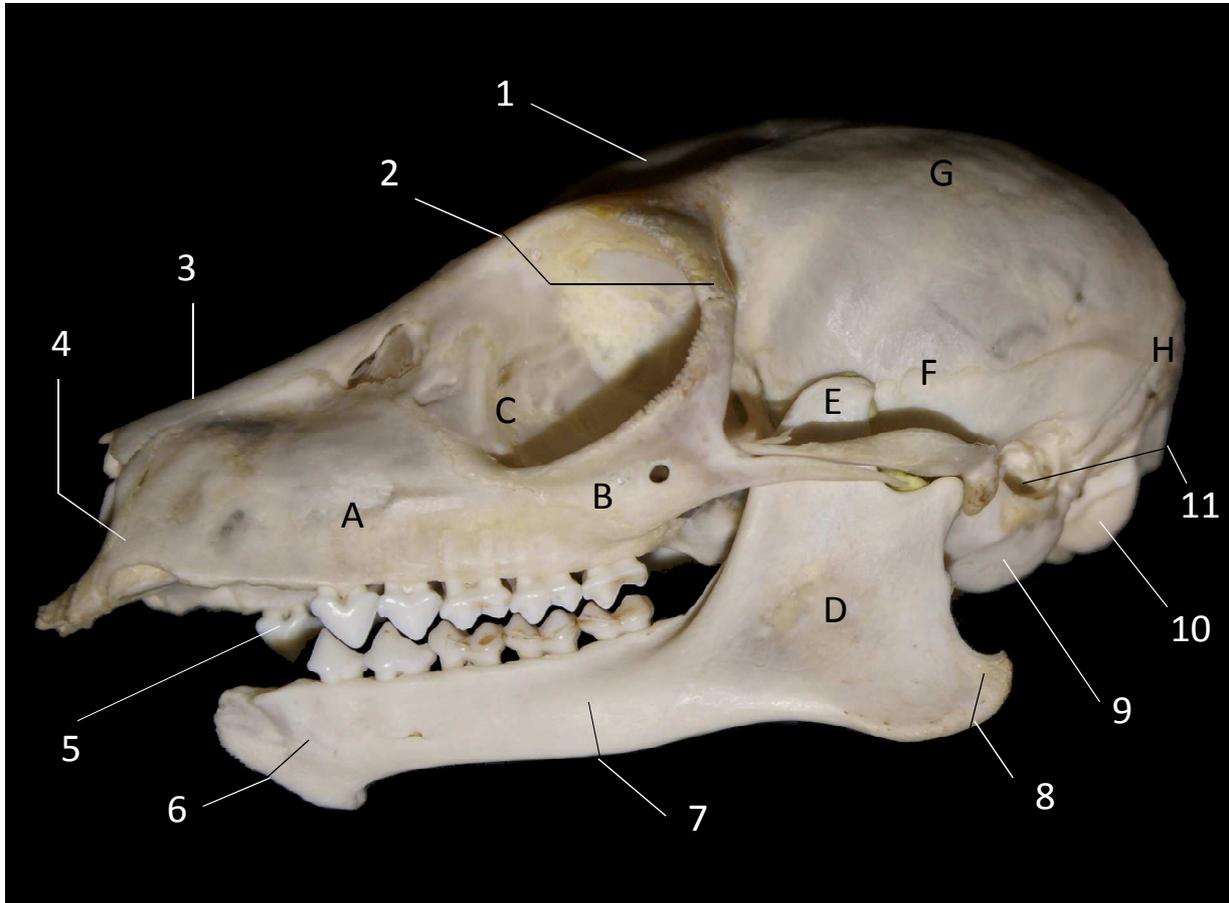


figure n°7 , original

- |  |                                   |                                  |
|--|-----------------------------------|----------------------------------|
| <b>1</b> Os frontal                      | <b>7</b> Corps de la mandibule    | <b>A</b> Maxillaire              |
| <b>2</b> Processus zygomatique           | <b>8</b> Processus angulaire      | <b>B</b> Os zygomatique          |
| <b>3</b> Os nasal                        | <b>9</b> Bulle tympanique         | <b>C</b> Os lacrymal             |
| <b>4</b> Os incisif                      | <b>10</b> Condyle occipital       | <b>D</b> Branche de la mandibule |
| <b>5</b> Prémolaire                      | <b>11</b> Pore acoustique externe | <b>E</b> Processus coronoïde     |
| <b>6</b> Partie incisive de la mandibule |                                   | <b>F</b> Suture squameuse        |
|  |                                   | <b>G</b> Os pariétal             |
|  |                                   | <b>H</b> Os occipital            |

Photographie du crâne, aspect dorsal

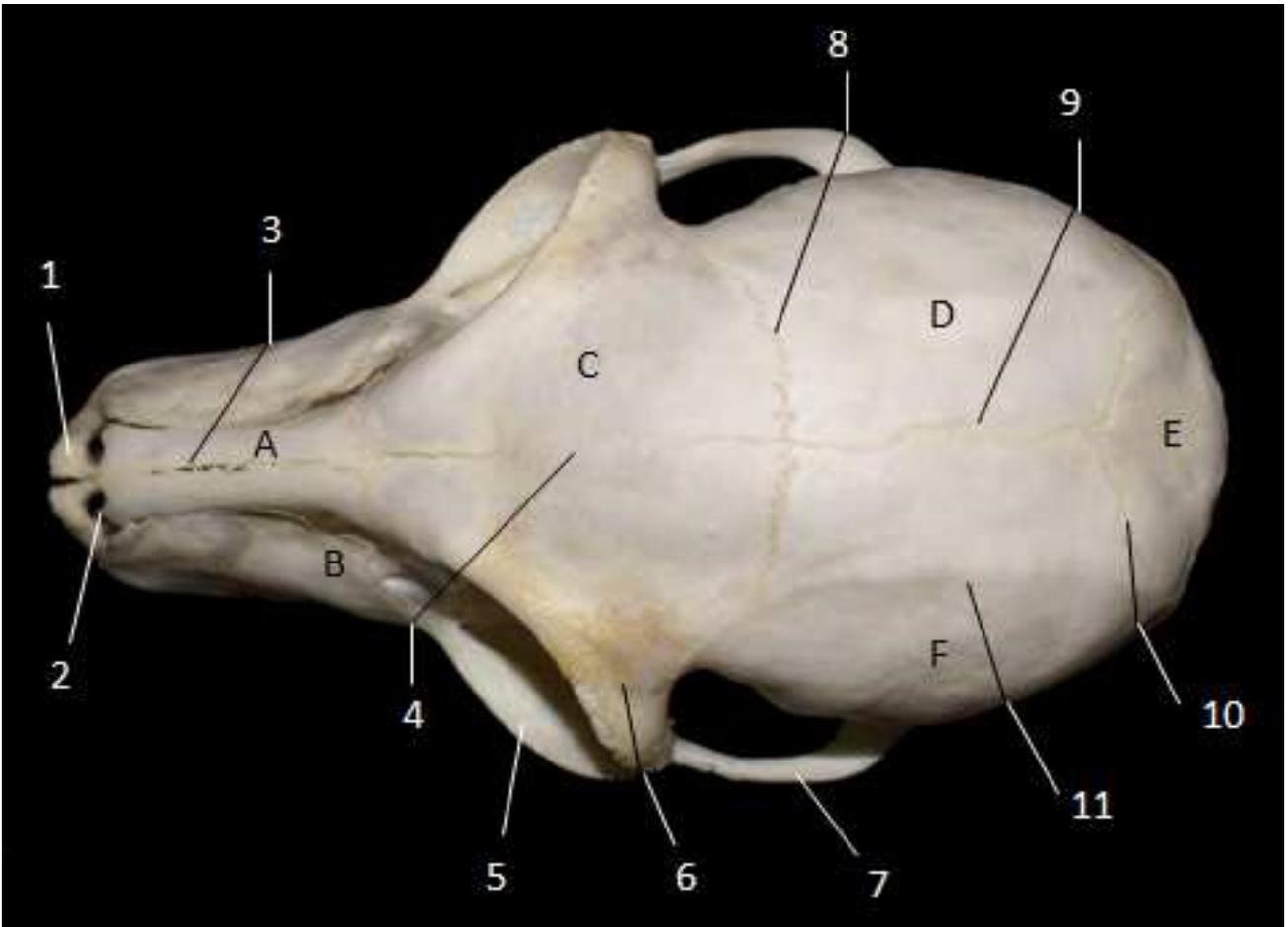


figure n°8 , original

l'os pariétal

Photographie du crâne, aspect ventral

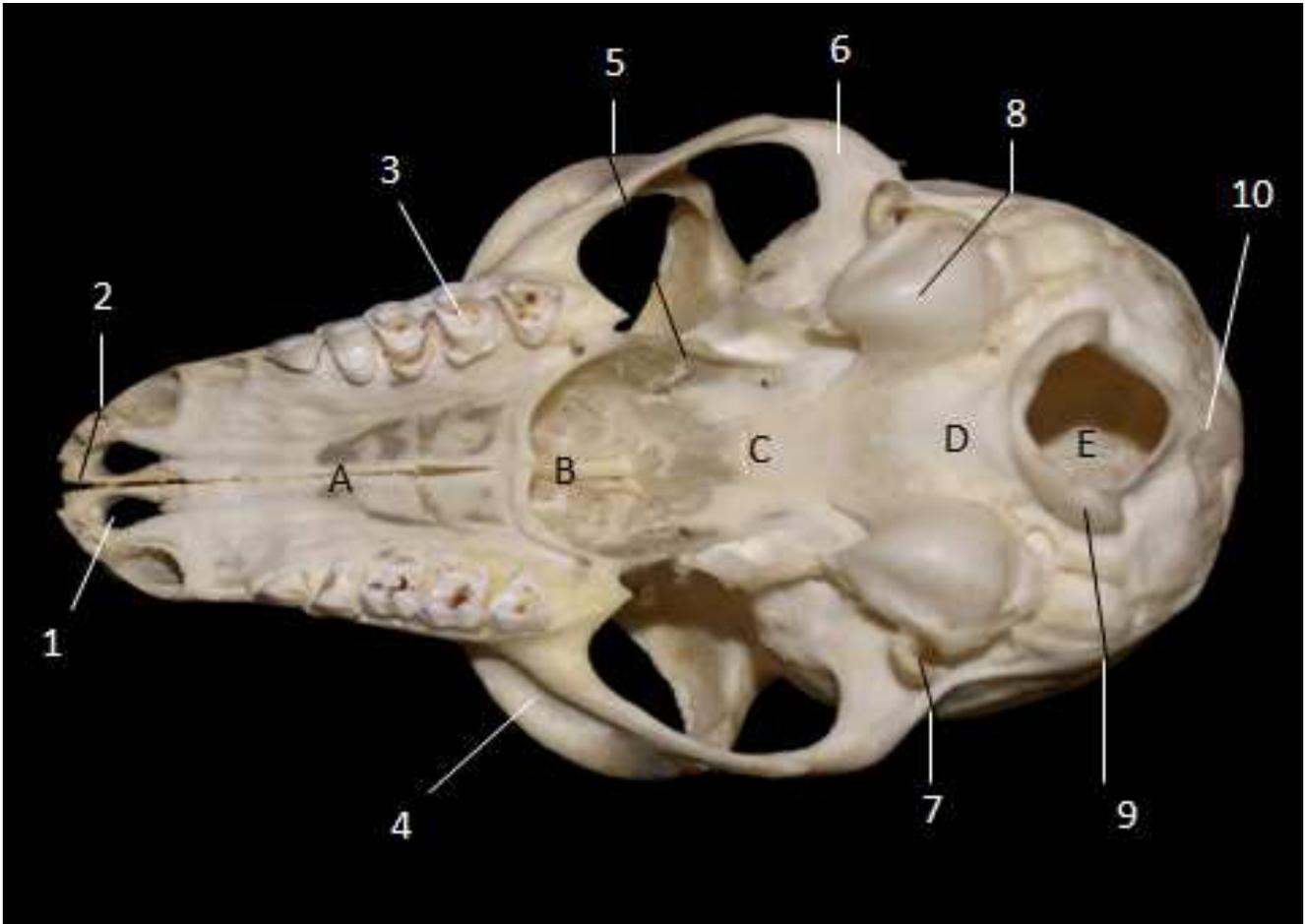


figure n°9 , original

3  
re de l'os occipital  
gnum

Radiographie du crâne, incidence ventro-dorsale



ginal, ENVT

ipital  
re de l'os occipital  
ire

Photographie du crâne, aspect de face

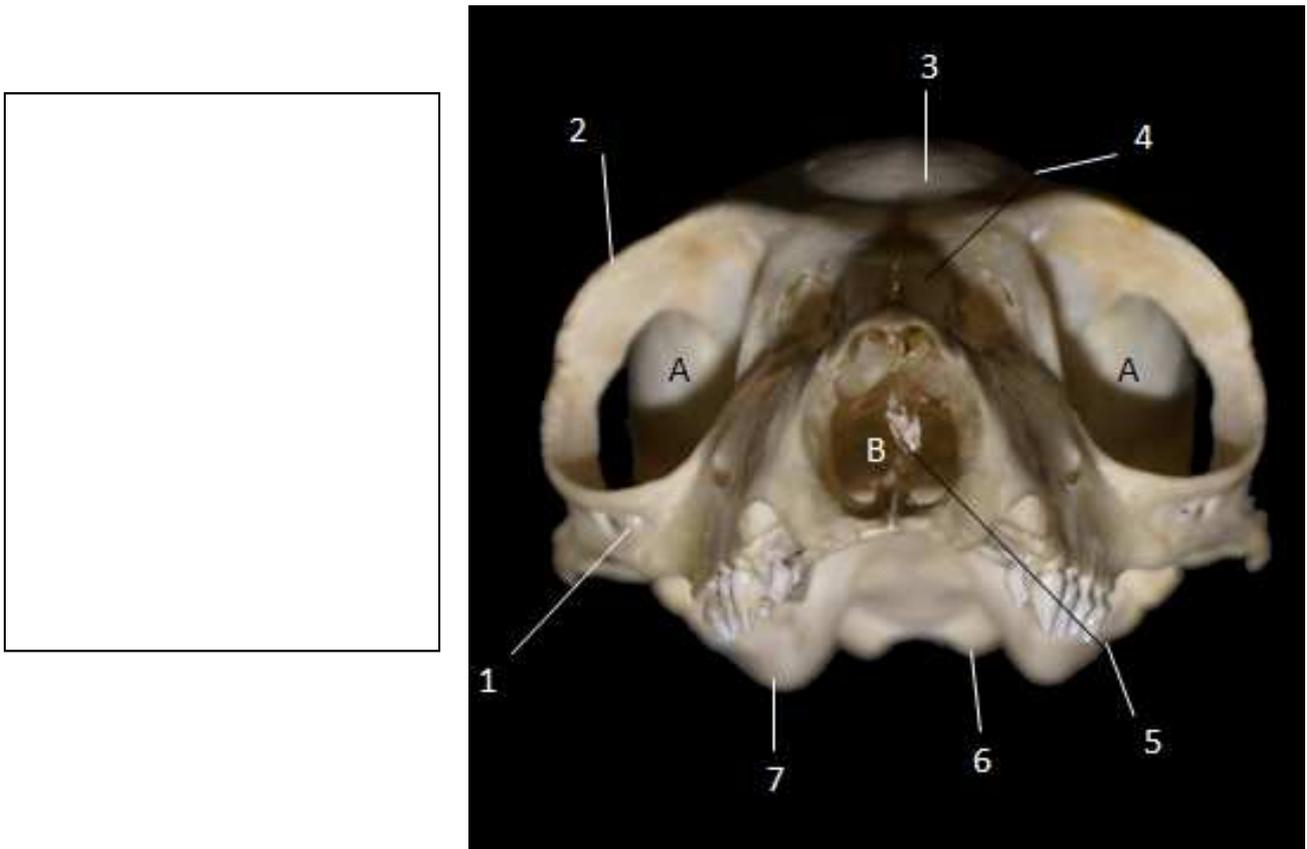
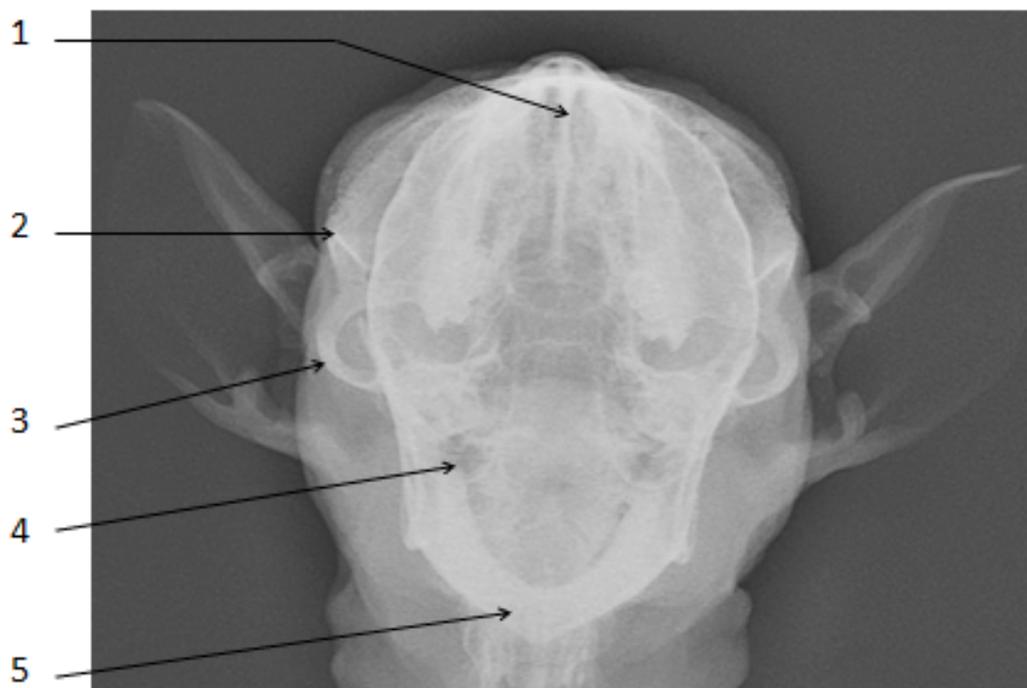


figure n°10, original

Radiographie du crâne, incidence rostro-caudales, bouche ouverte



- 1 Fissure palatine
- 2 Barre post-orbitaire
- 3 Arc zygomatique
- 4 Bulle tympanique
- 5 Mandibule

cliché n°3, original, ENVT

- Denture

*Lemur catta* est un animal principalement herbivore et frugivore qui présente la formule dentaire définitive suivante : I 2/2 C 1/1 PM 3/3 M 3/3. L'arc (arcade) dentaire supérieure est formée par les incisives portées par l'os incisif et les autres dents, canines, prémolaires et molaires, portées par le maxillaire. La mâchoire inférieure est constituée par la mandibule qui s'articule à l'os temporal. Le maki catta comme d'autres lémuriens présente un peigne dentaire

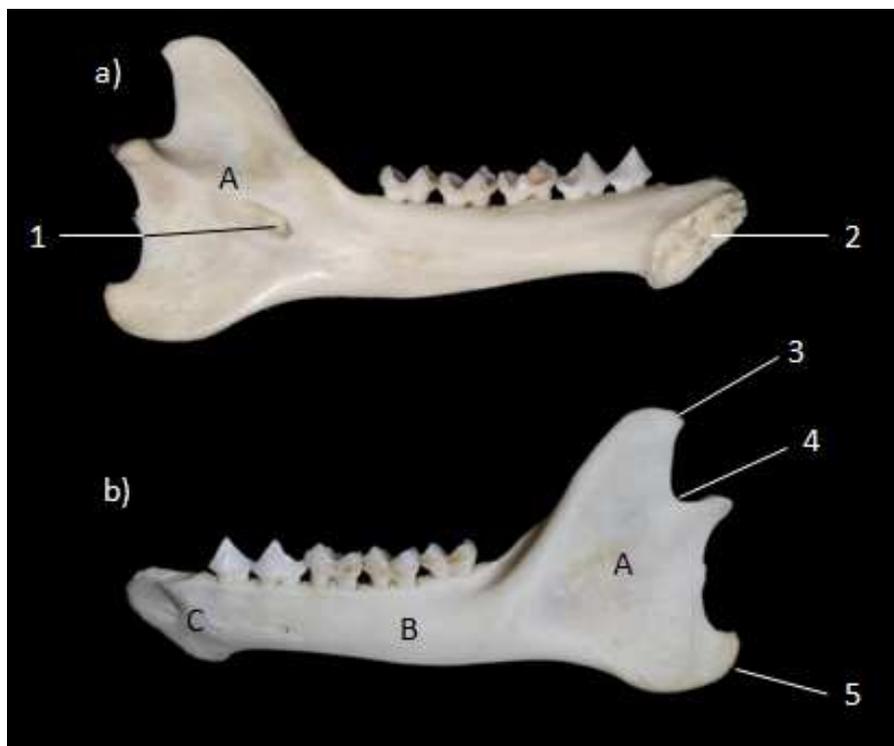


constitué par les incisives et les canines inférieures dont l'orientation vers l'avant et l'espacement en font un outil utile pour la toilette et l'alimentation. Il présente aussi des canines bien développées permettant d'arracher les écorces.

ire de *Lemur catta*

omb.jpg

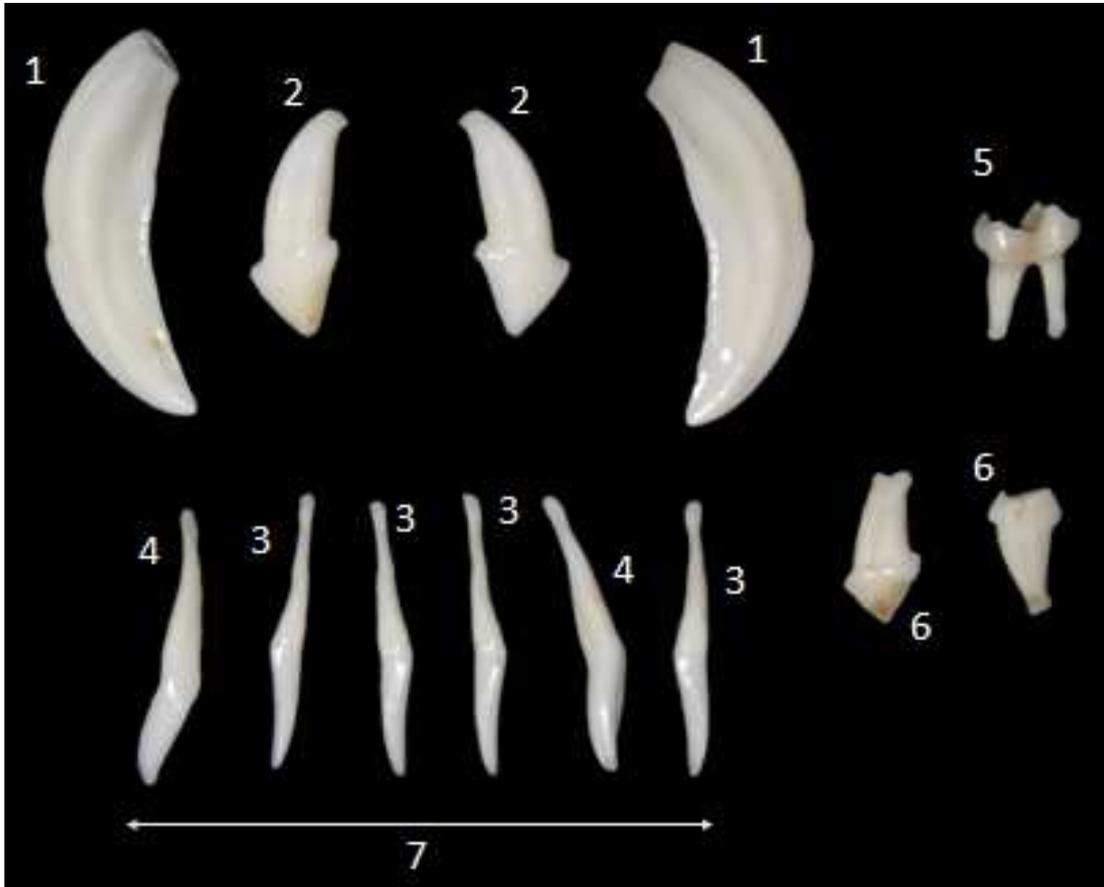
Photographies de la mandibule gauche, aspect des profils médial (a) et latéral (b)



- Trou mandibulaire
- Surface articulaire
- Coronulaire
- Processus coronoïde
- Col de la mandibule
- Processus angulaire
  
- Tête de la mandibule
- Partie molaire du
- aps de la mandibule
- Partie incisive du
- aps de la mandibule

figure n°12 , original

Photographies des dents, aspect de profil



ε n°13, original



re

## 2 - Colonne vertébrale

La colonne vertébrale est formée par les vertèbres, os courts, impairs et de forme annulaire. On peut la diviser en 5 segments, différenciables selon la forme des vertèbres qui les composent :

- Le rachis cervical composé de 7 vertèbres et formant la base anatomique de la région du cou. L'articulation atlanto-occipitale permet les mouvements entre la colonne vertébrale et le crâne;
- Le rachis thoracique composé de 12 vertèbres, base anatomique de la région du dos;
- Le rachis lombaire composé de 7 vertèbres:
- L'os sacrum composé de 3 vertèbres soudées, jouant un grand rôle dans l'articulation de la colonne vertébrale avec le bassin:
- Le rachis coccygien formé de 15 vertèbres, base anatomique de la queue.

### 2.1 - Base architecturale commune des vertèbres

Toutes les vertèbres sont formées d'un corps ventral, partie la plus massive et d'un arc dorsal, constitué par la réunion des pédicules qui s'aplatissent dorsalement en lame puis se rejoignent. Le corps et l'arc délimitent ainsi le foramen vertébral. Leur succession constitue le canal vertébral abritant la moelle spinale entourée de ses méninges. Sa forme varie de grand et circulaire dans la région cervicale jusqu'à devenir petit et triangulaire en région lombosacrée et prend fin au niveau des vertèbres coccygiennes.

Le corps vertébral, délimité ventralement et caudalement par les plateaux vertébraux, s'articule avec les corps vertébraux adjacents par une symphyse intervertébrale comprenant un disque intervertébral. L'extrémité crâniale du corps (ou tête de la vertèbre) est convexe contrairement à son extrémité caudale (fosse de la vertèbre) qui est concave. Cette concavité s'atténue progressivement du rachis cervical au sacrum pour devenir convexe au niveau des vertèbres caudales.

L'arc vertébral possède des proéminences osseuses, les processus, dont la taille et la forme varient selon la portion de colonne étudiée :

- Le processus épineux, dorsal et impair;
- Les processus transverses horizontaux d'orientation crânio-caudale au nombre de deux;
- Les processus articulaires, une paire crâniale et une paire caudale, par lesquels la vertèbre s'articule aux vertèbres adjacentes.

L'arc vertébral porte à ses extrémités rostrales et caudales des incisures vertébrales formant avec celles des vertèbres voisines un trou intervertébral dans lequel passent nerfs spinaux et vaisseaux sanguins.

## 2.2 Technique

Pour radiographier la colonne vertébrale, on applique les règles préalablement décrites et on réalise pour chaque région deux incidences orthogonales (un cliché de face et un cliché de profil). La difficulté principale dans l'examen radiographique de la colonne vertébrale réside dans la visualisation des espaces intervertébraux. Pour cela, il faut centrer les clichés sur la zone étudiée en réduisant le foyer au minimum et en prenant une distance maximale entre le film radiographique et le foyer.

## 2.3 - Indications

Lors de douleur rachidienne et/ou présence de troubles de type nerveux affectant les membres, les fonctions de miction ou de défécation, l'examen radiographique sans préparation de la colonne vertébrale est un bon outil diagnostique de première intention. Il permet d'observer un certain nombre d'anomalies affectant les vertèbres : vertèbre surnuméraire, fusion de corps, d'arc ou de processus vertébraux, traumatismes (fracture ou luxation), anomalie congénitale, ostéomyélite, spondylodiscite, arthrose, spondylose.

À l'étude des clichés, on s'intéressera aux modifications de nombre, de forme ou de position des vertèbres ainsi qu'aux modifications de l'opacité. Ces dernières peuvent traduire une fracture ou une tumeur lors d'augmentation ou bien un dysfonctionnement métabolique voire certains types de tumeurs (lymphome ou myélome) lors de diminution de l'opacité. Cet examen permet aussi d'observer des lésions affectant le canal vertébral ou les espaces intervertébraux telles que des hernies discales mais cette investigation devra être complétée par d'autres outils d'imagerie médicale (scanner, IRM).

## 2.4 - Rachis cervical

On s'intéresse à la partie la plus crâniale de la colonne vertébrale, formée par les 7 premières vertèbres notée C1 à C7. La région cervicale associée à la tête forme un important balancier d'équilibre.

### a) Positions et critères de qualité

#### - Incidence ventro-dorsale

Position : L'animal est placé en décubitus dorsal, le cou est droit et étiré pour permettre la visualisation de toutes les vertèbres cervicales. Le faisceau directeur est centré sur C3-C4 et le champ doit comprendre la base du crâne jusqu'à la première vertèbre thoracique.

Critères de qualité : Visualisation des corps vertébraux de C1 à C7;

Position médiane des processus épineux sur les corps vertébraux;

Positions symétriques des processus articulaires de part et d'autre de l'axe sagittal.

## - Incidence latérale

Position : L'animal est en décubitus latéral, le cou est tendu et la colonne vertébrale reste parallèle à la table de radiographie. Les membres thoraciques sont étirés ventralement pour éviter toute superposition osseuse. Le faisceau directeur est centré sur C3-C4 et le champ doit comprendre la base du crâne jusqu'à la première vertèbre thoracique.

Critères de qualité : Superposition des processus articulaires;  
Superposition des ailes de l'Atlas;  
Visualisation des espaces intervertébraux.

### b) Observations anatomiques

Atlas, première vertèbre cervicale a la particularité de ne présenter ni corps vertébral ni processus épineux mais d'être formée de deux masses latérales reliées par un arc ventral et un arc dorsal qui lui donnent une forme annulaire. Ces masses portent les processus transverses, appelés ailes d'atlas, bien visibles sur le cliché radiographique. Les deux racines de chaque processus délimitent les foramens transverses, dans lesquels passe l'artère vertébrale. L'Atlas s'articule avec le crâne en impliquant les fossettes articulaires crânielles présentes sur la face crâniale des masses osseuses et les condyles de l'os occipital. L'ensemble forme l'articulation atlanto-occipitale permettant les mouvements de flexion et d'extension de la tête.

L'articulation avec la deuxième vertèbre cervicale, appelée Axis fait intervenir les fossettes articulaires caudales des masses osseuses. L'Axis a une structure proche de celle des autres vertèbres tout en ayant des caractéristiques propre. Elle possède un processus épineux très développé et un processus articulaire original appelé dent de l'axis, qui résulte de la fusion du corps de l'atlas à l'axis. Ce processus s'articule au niveau de la fovea dentis, fossette articulaire présente sur l'arc ventral de l'Atlas pour former l'articulation atlanto-axoïdienne permettant les mouvements de rotation de l'ensemble tête-Atlas.

Le reste des vertèbres cervicales, C3 à C7, répondent au schéma général de structure des vertèbres. C3 à C6 possèdent un arc vertébral imposant mais un corps vertébral et un processus épineux peu développés. La taille de ces deux derniers augmente en s'éloignant du crâne. Leurs processus transverses bien visibles sur le cliché de face sont bituberculés, orientés caudalement et percés d'un foramen transverse laissant passer vaisseaux et nerfs vertébraux. C7 a un processus épineux développé et possède des surfaces articulaires pour recevoir la première paire de côtes.

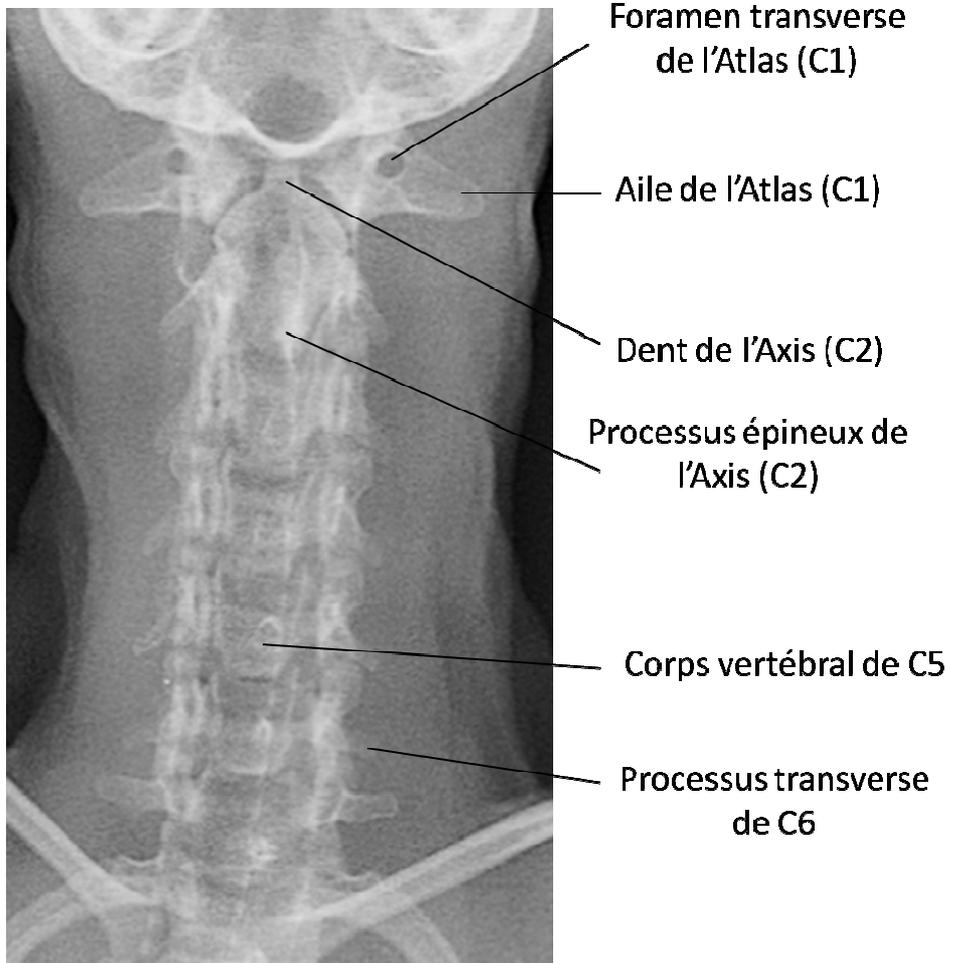
### c) Intérêt des clichés

Incidence ventro-dorsale : le cliché permet l'observation de la forme et de la taille des vertèbres mais surtout permet de contrôler le bon alignement des vertèbres cervicales. Un bon

positionnement et une extension suffisante du cou sont nécessaires pour l'observation de la totalité des vertèbres cervicales.

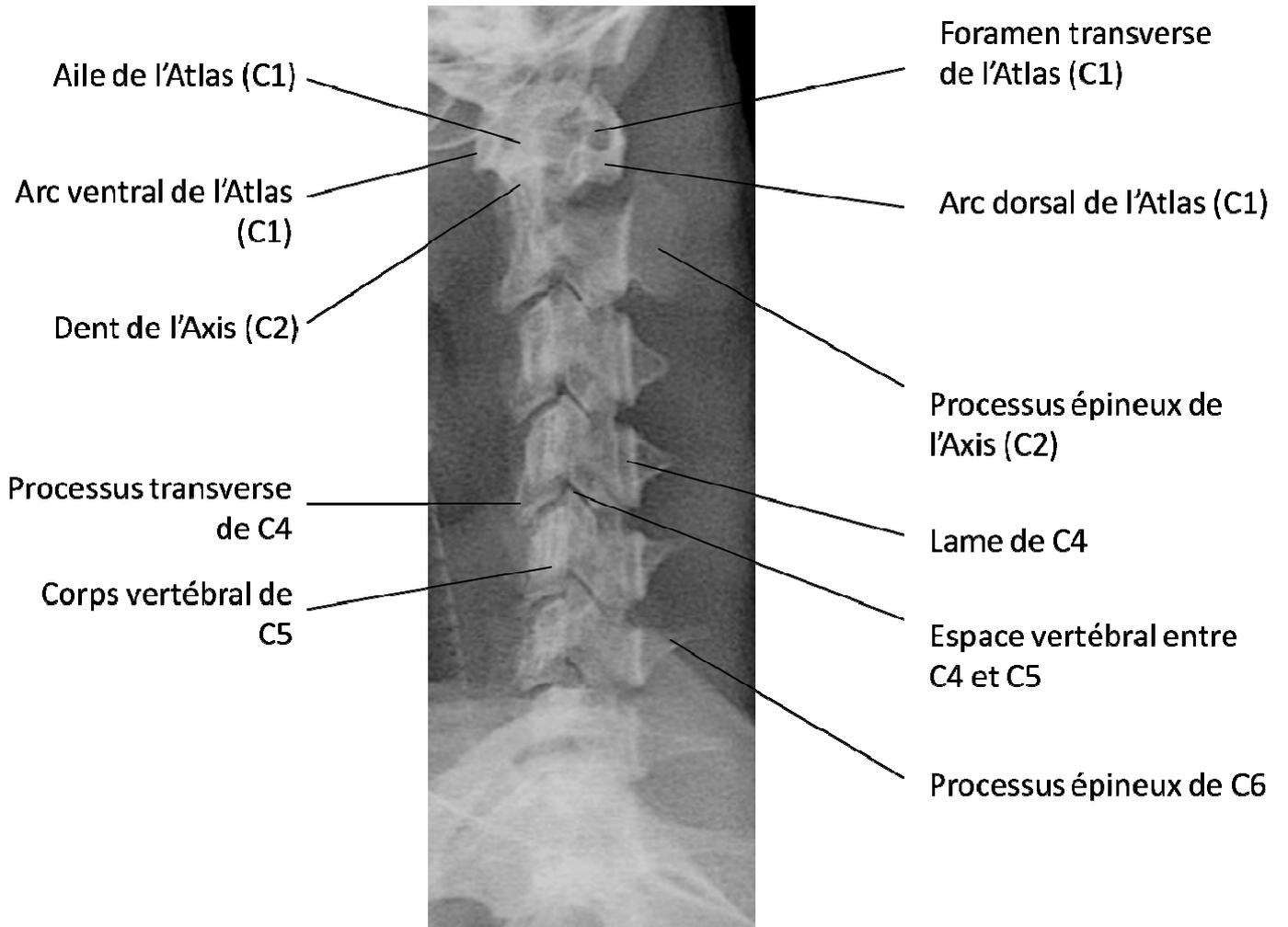
Incidence latérale : il permet d'observer, comme le précédent, la taille, le positionnement et la forme des vertèbres cervicales mais aussi la taille des espaces intervertébraux et la courbure générale du rachis cervical.

Radiographie du rachis cervical, incidence ventro-dorsale



cliché n°4, original, ENVF

Radiographie du rachis cervical, incidence latérale



cliché n°5, original, ENVT

Photographies du rachis cervical, aspect dorsal et de profil gauche

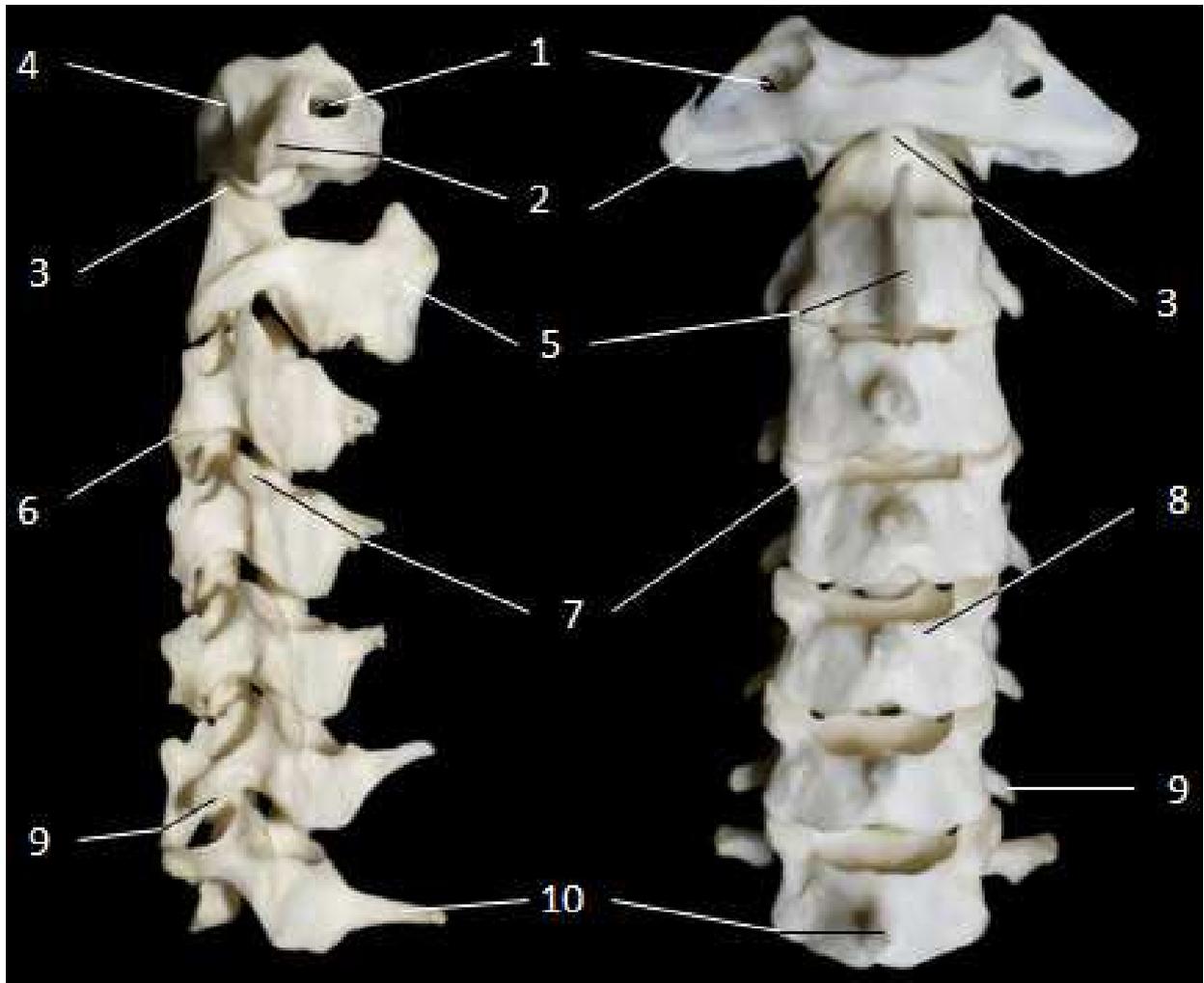


figure n°14, original

}  
crânial de C4  
  
de C6  
e C7

Photographies de l'Atlas (a) et de l'Axis (b)

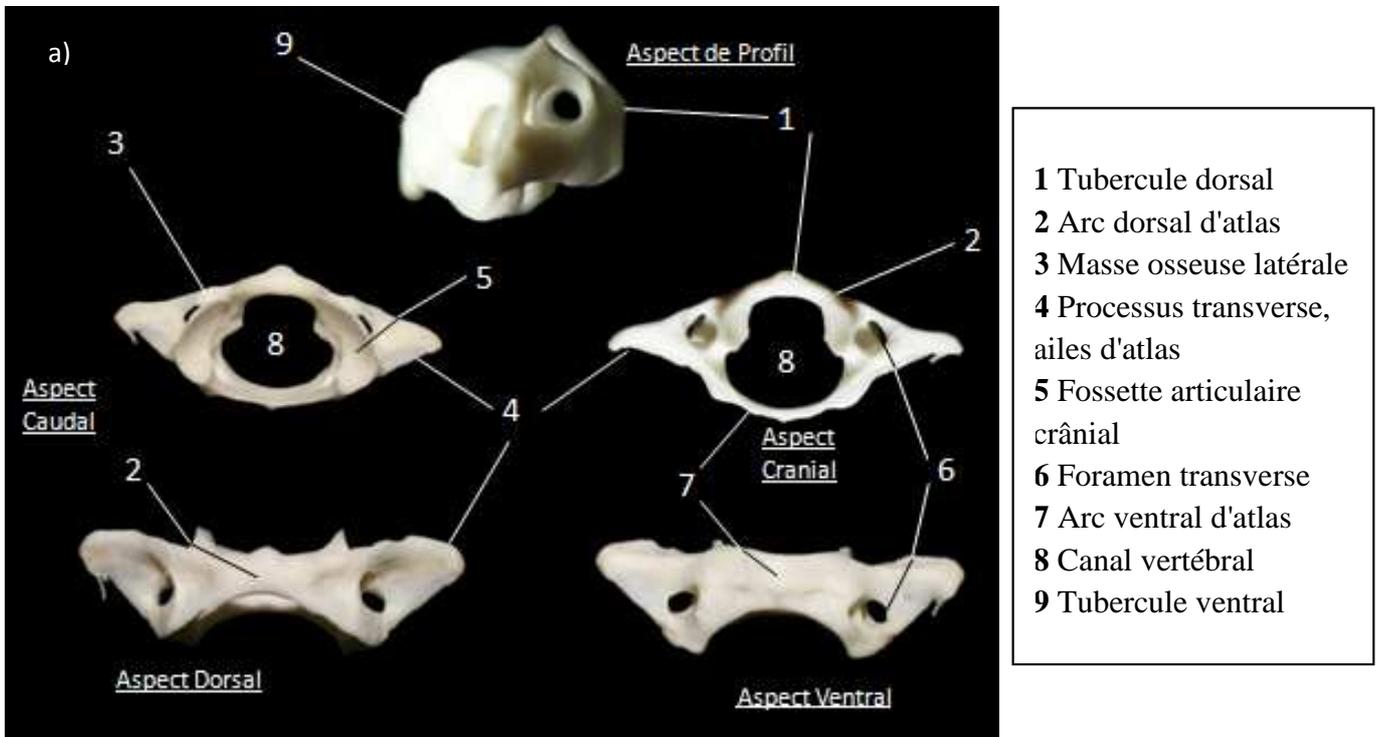


figure n°15, original

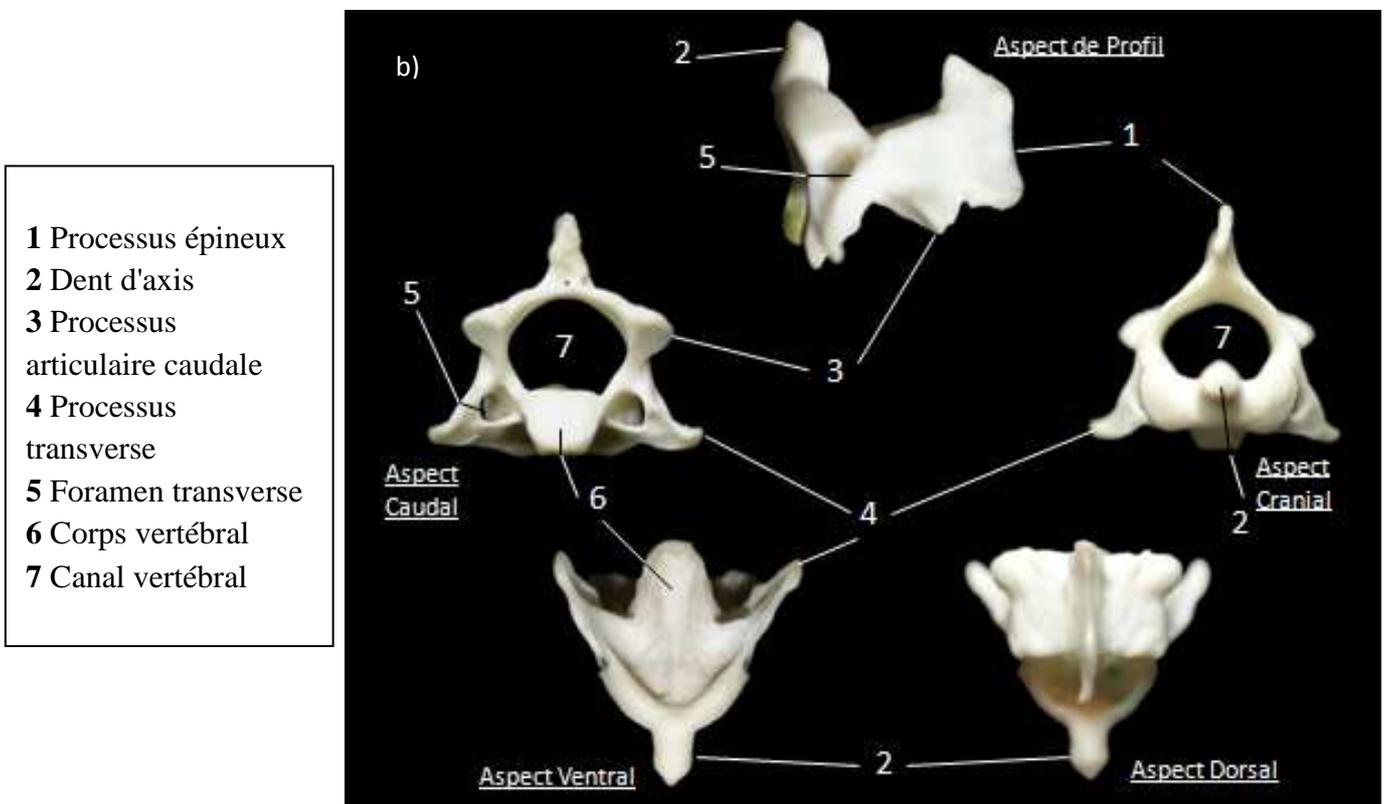


figure n°16 , original

Photographies des vertèbres cervicales C3, C5 et C7, aspects latéral et caudal

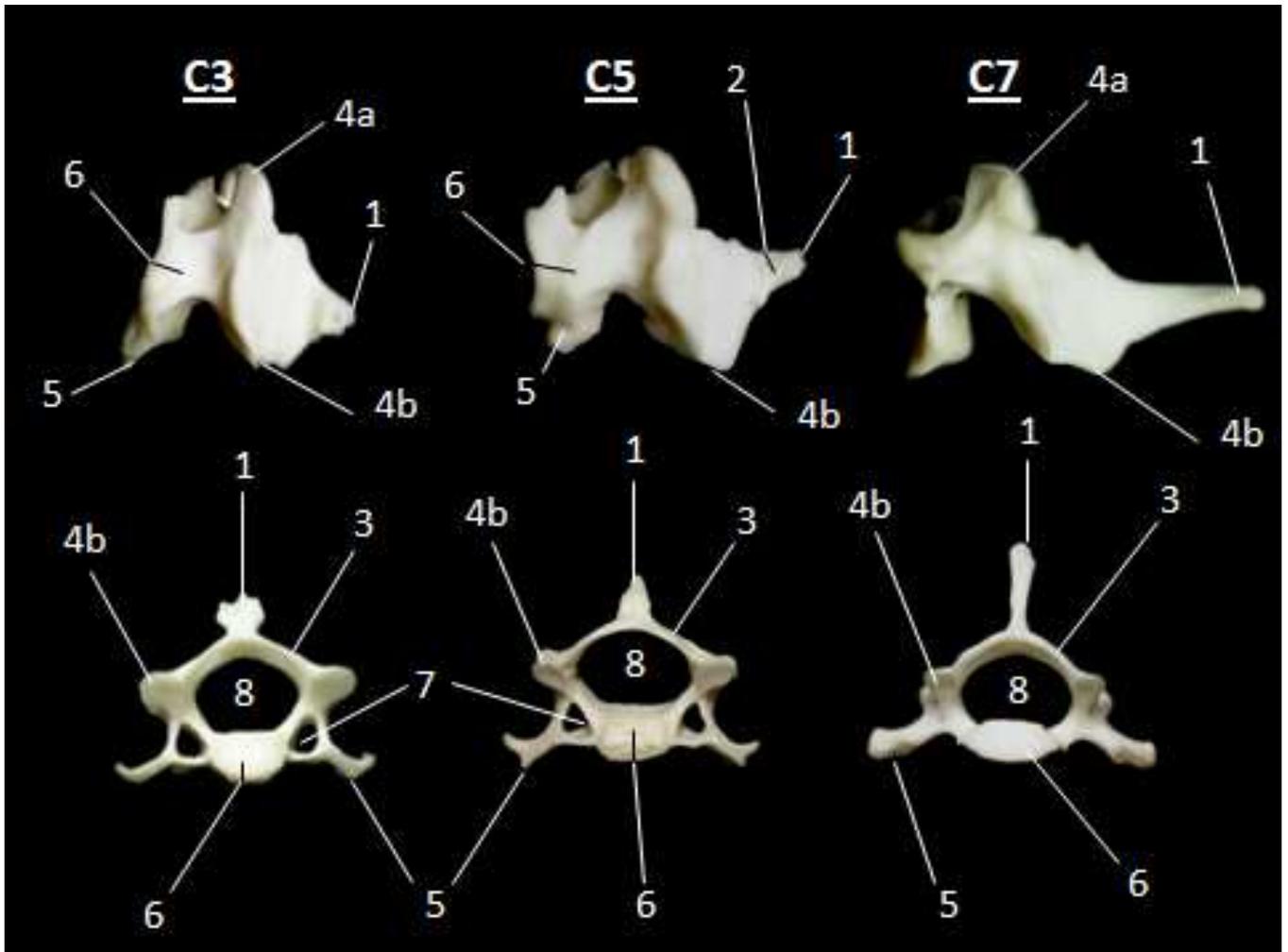


figure n°17, original

bituberculé

## 2.5 - Rachis thoracique

Composée de 12 vertèbres notées T1 à T12, cette partie de la colonne vertébrale forme le plafond du thorax et est articulé aux côtes.

### a) Positions et critères de qualité

#### - Incidence ventro-dorsale

Position : l'animal est placé en décubitus dorsal, la colonne vertébrale est alignée parallèlement à la table de radiologie, en évitant toute rotation. Le faisceau directeur est dirigé sur T6-T7 et le champ réduit à la colonne vertébrale de C7 à L1. La prise du cliché est effectuée entre deux mouvements respiratoires.

Critères de qualité : Symétrie des côtes et des processus articulaires par rapport à la colonne vertébrale;

Alignement des processus épineux en position centrale des corps vertébraux;

Visualisation des espaces intervertébraux;

Superposition des vertèbres avec les sternèbres.

#### - Incidence latérale

Position : l'animal est en décubitus latéral, la partie caudale du corps est dans l'alignement de la colonne vertébrale pour éviter toute torsion. Les membres thoraciques sont étirés pour éviter au maximum la superposition entre la scapula et les premières vertèbres thoraciques. Le faisceau directeur est dirigé sur T6-T7 et le champ réduit à la colonne vertébrale de C7 à L1. La prise du cliché est effectuée entre deux mouvements respiratoires.

Critères de qualité : Superposition maximales de la partie proximale des côtes;

Visualisation des corps vertébraux et des espaces intervertébraux;

### b) Observations anatomiques

#### - Vertèbres thoraciques

Les vertèbres thoraciques ont un corps vertébral qui s'épaissit et s'allonge en s'éloignant du crâne. L'incidence de profil permet une bonne visualisation, de cette augmentation du volume des corps vertébraux, À l'inverse, les arcs vertébraux diminuent de diamètre. Sur le cliché ventro-dorsal, on visualise les plateaux vertébraux sous forme de liseré radio-opaque de forme concave pour les plateaux crâniens et convexes pour les plateaux caudaux.

Leur processus épineux est imposant et est dirigé d'abord caudalement (en postéversion) puis à partir de T10, vertèbre dite anticlinale, il s'oriente crânialement (en antéversion).

Les processus transverses, courts, sont pourvus d'une fossette costale pour la côte du même rang. On peut visualiser ces articulations au niveau des zones radio-opaques situées au niveau des espaces intervertébraux. Sa position par rapport au corps vertébral évolue en avançant le long de la colonne vertébrale, débutant en partie ventrale du corps vertébral sur les premières vertèbres thoraciques puis se déplaçant dorso-caudalement pour finir en partie dorsale du corps vertébrale des dernières. Ce déplacement indique une modification de l'emplacement des processus transverses sur les vertèbres.

#### - Les côtes

Les côtes, os plats recourbés, au nombre de 24 forment, avec les vertèbres thoraciques et le sternum, la cage thoracique protégeant le cœur et les poumons. Dorso-ventralement, les côtes sont formées des éléments suivants :

- une tête portant deux surfaces articulaires appartenant à l'articulation costo-vertébrale, délimitée par un col;
- une autre surface articulaire portée par la tubérosité costale,
- un angle costal qui donne sa courbure caractéristique à la côte,
- un corps arqué dont le bord caudal est creusé par un sillon costal dans lequel se logent les vaisseaux et nerfs intercostaux;
- la partie distale appartenant à l'articulation sterno-costale

L'articulation costo-vertébrale est composée de deux entités, la partie costo-corporeale entre la côte et les corps vertébraux des vertèbres n et n-1 (La côte de rang n s'articule avec la partie caudale de la vertèbre n-1 et avec la partie crâniale de la côte n) et la partie costo-transversaire entre la tubérosité costale et la tubérosité transverse de la côte n. Ce schéma ne s'applique pas pour la première et les trois dernières côtes qui s'articulent uniquement avec la côte de même rang.

Photographie des côtes, aspect externe

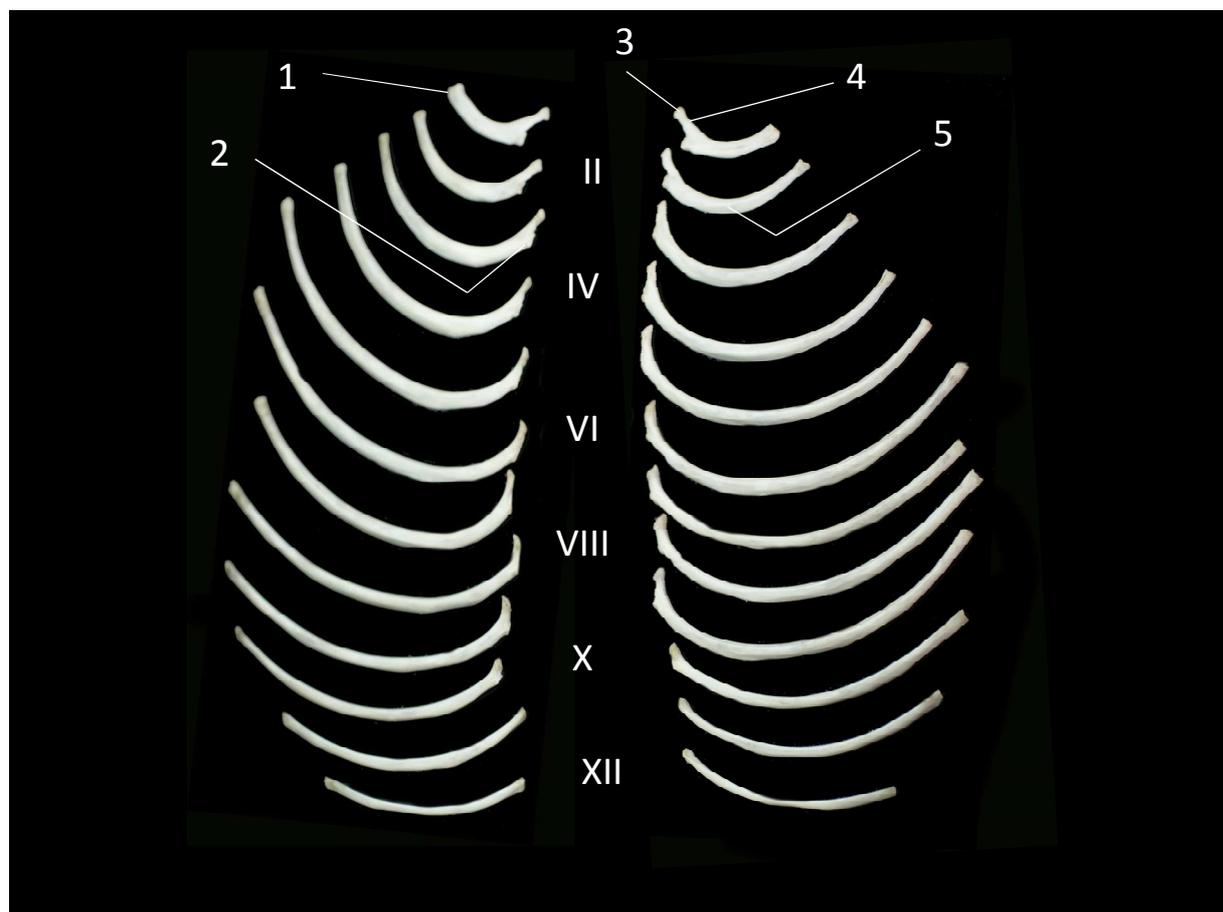


figure n°18, original

- |                                |                    |
|--------------------------------|--------------------|
| 1 Surface articulaire sternale | 4 Col de la tête   |
| 2 Tubérosité costale           | 5 Corps de la côte |
| 3 Tête de la côte              |                    |

c) Intérêt des clichés

Incidence ventro-dorsale : ce cliché permet d'observer le bon alignement des vertèbres, leur intégrité ainsi que celle des processus transverses et la forme des espaces intervertébraux.

Incidence latérale : Il permet d'observer comme le précédent la forme et l'intégrité des vertèbres thoraciques ainsi que celles des processus épineux. Il permet d'apprécier la courbure du rachis thoracique. On peut aussi nettement voir la forme et la régularité des espaces intervertébraux dont la modification peut signifier la présence d'une hernie discale, une tumeur ou une dégénérescence.

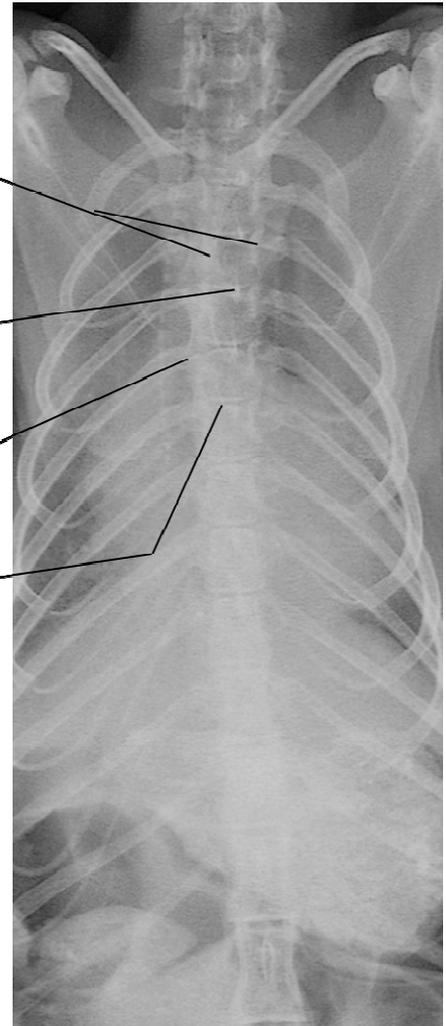
Radiographie du rachis thoracique, incidences ventro-dorsale et latérale

Processus articulaires  
caudaux de T3

Processus épineux de T4  
en postéversion

Insertion de la côte  
entre T5 et T6

Espace intervertébral  
T6-T8



n°6, original, ENVT



Processus épineux de T3  
en postéversion

Corps vertébral de T5

Articulation costo-  
vertébrale

Espace intervertébral  
T8-T9

Vertèbre T10,  
anticlinale

Processus épineux de T11  
en antéversion

Foramen transverse  
de T11

Photographie du rachis thoracique, aspects dorsal et de profil

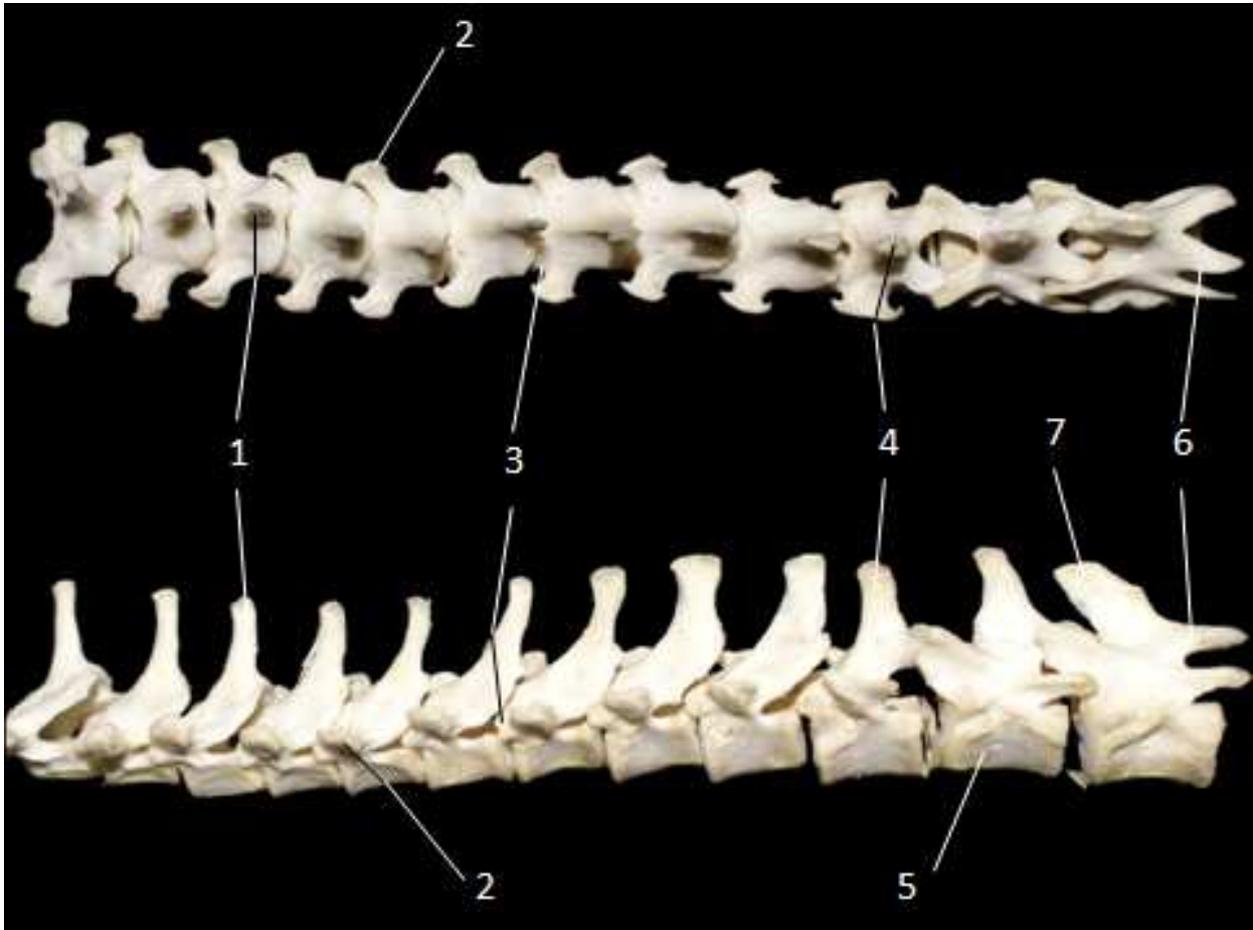
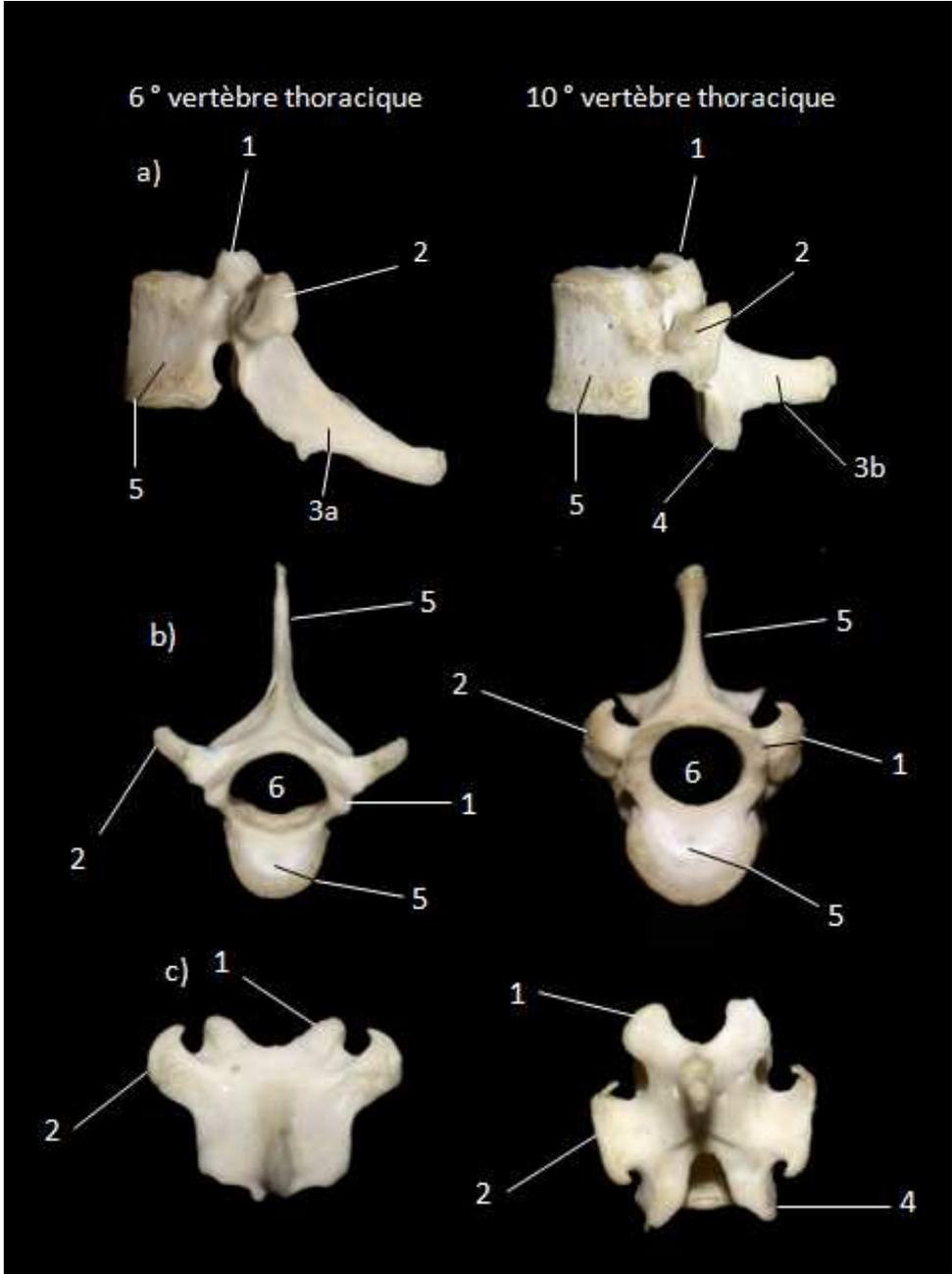


figure n°19, original

audal T12  
T12 en antéversion

Photographies de la 6<sup>e</sup> et la 10<sup>e</sup> vertèbre thoracique, aspects latéral (a), caudal (b) et dorsal (c)



, original

κ anticlinal  
e caudal

## 2.6 Rachis lombaire

Il se compose de 7 vertèbres, qui jouent un rôle de protection pour les viscères sous-jacents comme les reins et un rôle majeur dans le maintien de la posture verticale et le support de la masse.

### a) Positions et critères de qualité

#### - Incidence ventro-dorsale

Position : l'animal est en décubitus dorsal, la colonne vertébrale est parallèle à la table et les membres sont étirés pour limiter toute rotation. Le faisceau directeur est centré sur L4 et le champ doit inclure T12 et le début du sacrum.

Critère de qualité : Symétrie des processus transverses et articulaires par rapport au rachis;  
Alignement des processus épineux en position centrale des corps vertébraux.

#### - Incidence latérale

Position : l'animal est en décubitus latéral, les membres sont ramenés ventralement pour obtenir un bon alignement des vertèbres. Le faisceau directeur est centré sur L4 et le champ doit inclure T12 et le début du sacrum.

Critères de qualité : Superposition des processus transverses;  
Visualisation des corps vertébraux et des espaces intervertébraux.

### b) Observations anatomiques

Les corps vertébraux, imposants et rectangulaires, s'allongent jusqu'à L6. Leur plateau caudal s'élargit plus rapidement que le plateau crânial et les bords latéraux se creusent, ce qui donne un aspect caractéristique aux vertèbres lombaires en forme de sablier. Leur arc vertébral présente des pédicules épais qui s'allongent sur toute la longueur du corps vertébral et leur lame est large. Le canal rachidien change de forme : il était rectangulaire pour les vertèbres thoraciques et devient triangulaire pour les lombaires.

Les processus épineux orientés crânialement sont larges et développés tout comme les processus transverses qui s'aplatissent et s'agrandissent jusqu'à L6 pour devenir "costiformes".

Les processus transverses, très développés, sont orientés crânialement et placés vers l'avant des corps vertébraux. Les processus articulaires bien développés forment des liaisons serrées entre chaque vertèbre. Les processus articulaires caudaux, convexes et en position centrale, s'articulent par leur face externe à la face interne des processus articulaires crâniiaux, concaves et en position plus latérale, de la vertèbre suivante. Ainsi ils limitent les mouvements de cette partie de la colonne vertébrale.

L7 présente de nombreuses différences anatomiques avec L6 : elle est plus courte, massive et porte des processus transverses moins développés. Ses processus articulaires caudaux sont étroitement liés au sacrum.

### c) Intérêt des clichés

Incidence ventro-dorsale : le cliché permet la visualisation de l'intégrité et de l'alignement des vertèbres lombaires ainsi que la visualisation des processus transverses.

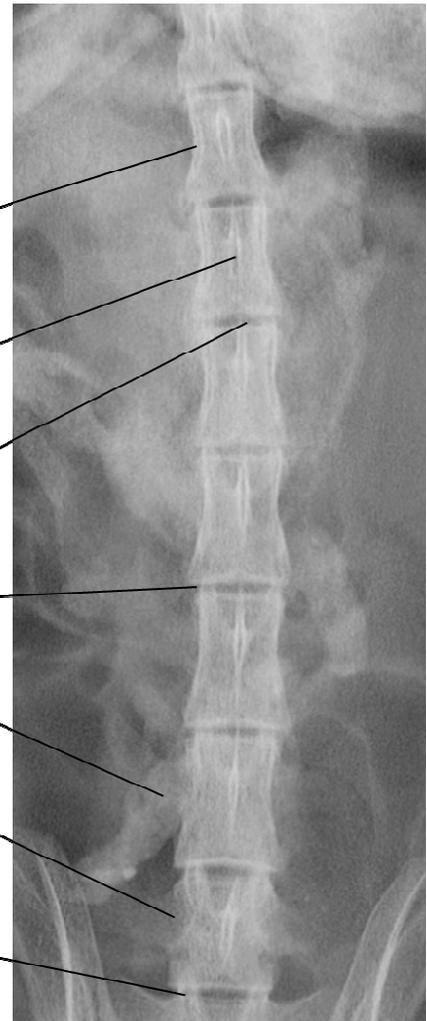
Incidence latérale : il permet la visualisation de la zone lombaire, d'en apprécier la courbure, ainsi que l'intégrité et la forme des vertèbres et espaces intervertébraux qui la composent.

Radiographies du rachis lombaire, incidences latérale et ventro-dorsale



cliché n°8, original, ENVT

- Corps vertébral de L1
- Processus épineux de L2
- Processus articulaires caudaux de L3
- Processus transverse de L4
- Foramen transverse de L4
- Plateau vertébral caudal de L5



- Corps vertébral de L1
- Processus épineux de L2
- Espace intervertébral L2-L3
- Processus articulaires caudaux de L4
- Processus transverse de L6
- Processus transverse de L7
- Processus articulaires caudaux de L7

}, original, ENVT

Photographies du rachis lombaire, aspects dorsal (a) et latéral (b)

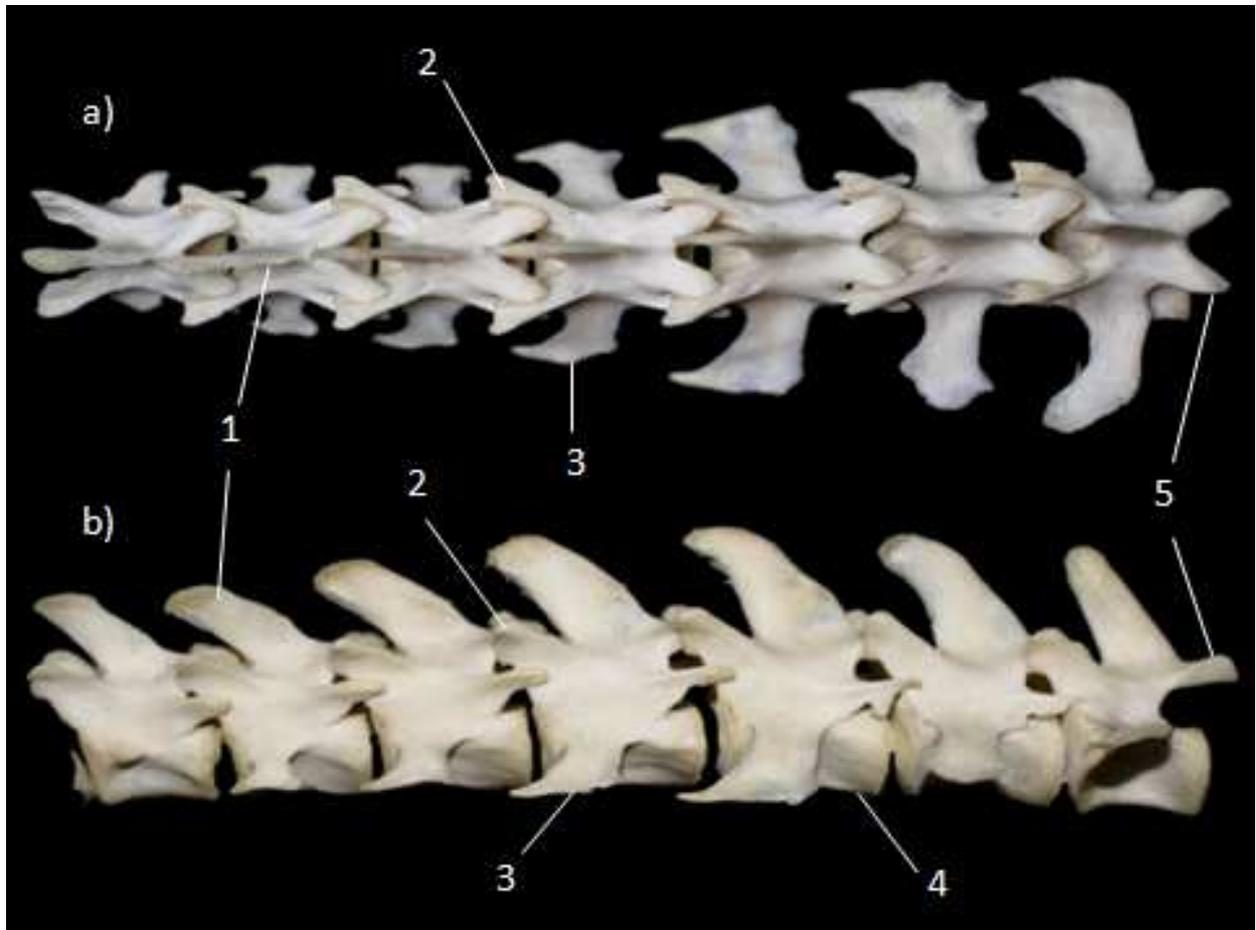


figure n°21, original

rânial L4  
.4

audal L7

Photographie de la 5<sup>o</sup> vertèbre lombaire,  
aspect latéral (a), caudal (b), crânial (c) et dorsal (d)

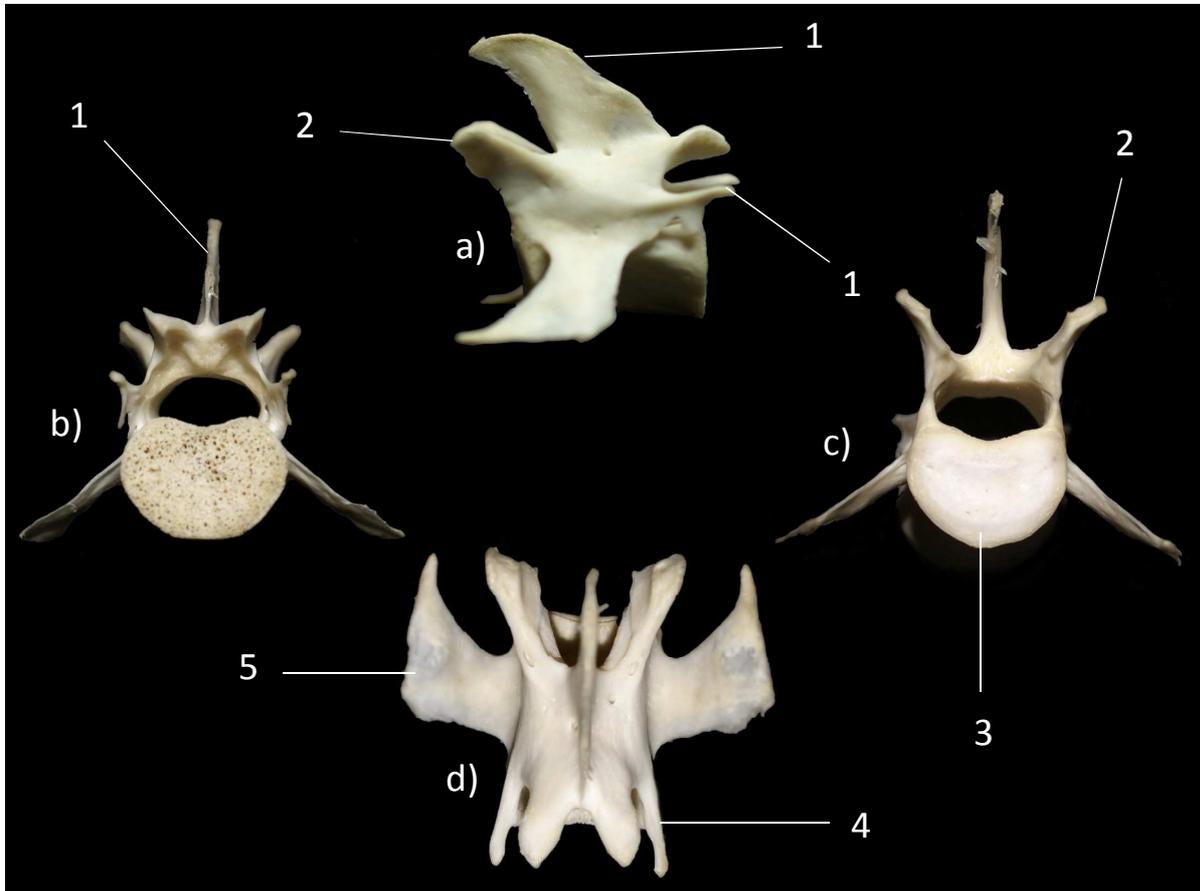


figure n°22, original

- 1 Processus épineux
- 2 Processus articulaire crânial
- 3 Corps vertébral
- 4 Processus articulaire caudal
- 5 Processus transverse

## 2.7 - Le sacrum

Os impair et symétrique, il résulte de la fusion, chez *Lemur catta*, de 3 vertèbres. Situé dans la continuité des vertèbres lombaires et placé entre les deux os iliaques, il constitue le plafond du bassin et permet son articulation avec la colonne vertébrale.

### a) Positions et critères de qualité

#### - Incidence ventro-dorsale

Position : l'animal est en décubitus dorsal, la colonne vertébrale est alignée parallèlement à la table de radiographie en évitant toute rotation. Les membres pelviens sont légèrement repliés pour éviter toute traction sur le sacrum et pour plaquer au maximum la colonne contre la table. Le faisceau directeur est orienté sur la région pelvienne et le champ doit inclure L7 et les premières vertèbres coccygiennes.

Critères de qualité : Symétrie des ailes de l'ilium et des processus articulaires;  
Position centrale des processus épineux sur les corps épineux.

#### - Incidence latérale

Position : l'animal est en décubitus latéral, les membres pelviens sont ramenés ventralement et la queue est alignée avec le reste de la colonne vertébrale. Le faisceau directeur est orienté sur la région pelvienne et le champ doit inclure L7 et les premières vertèbres coccygiennes.

Critères de qualité : Superposition maximale des ailes de l'ilium;  
Superposition des processus transverses des vertèbres lombaires.

### b) Observations anatomiques

Les corps vertébraux des 3 vertèbres qui composent le sacrum ont complètement fusionné pour ne former qu'un bloc osseux percé par 2 paires de forams transverses, les trous sacrés dorsaux et ventraux, qui livrent passage aux rameaux des nerfs spinaux sacrés.

Les processus transverses ont eux aussi fusionné et forment les crêtes sacrales latérales. Les processus transverses de la première vertèbre sont beaucoup plus larges et développés que ceux des autres et sont appelés ailes du sacrum. Avec l'ilium, ils forment l'articulation sacro-iliaque. Les processus transverses de la dernière vertèbre sont rejetés caudalement.

Les processus épineux ont gardé une grande indépendance et ne sont fusionnés qu'à leur base et forment la crête sacrale médiane. Comme pour les vertèbres lombaires, le sacrum présente une paire de processus articulaires crâniens en position latérale s'articulant avec L7 et une paire de processus articulaire caudaux plus centraux s'articulant avec la première vertèbre coccygienne.

### c) Intérêt des clichés

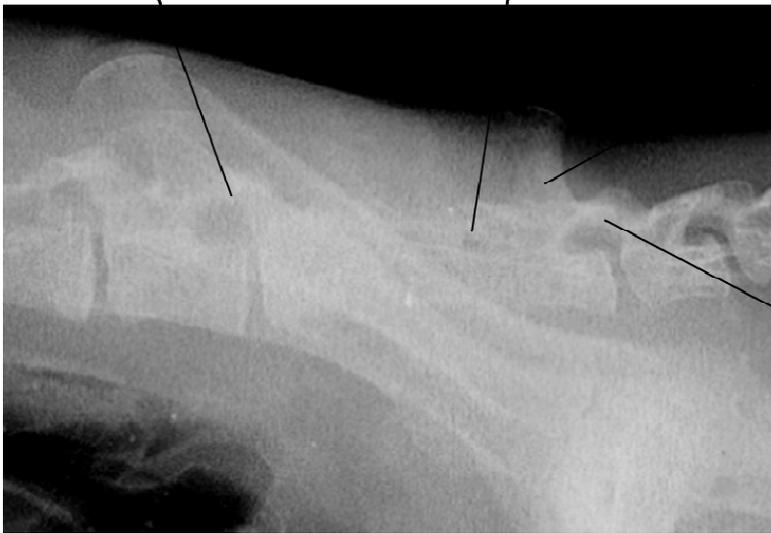
Incidence ventro-dorsale: Il permet d'observer l'articulation sacro-iliaque et l'intégrité du sacrum

Incidence latérale : Il permet l'observation de l'intégrité du sacrum même si la superposition avec les ailes de l'ilium n'en fait pas un cliché de choix.

Radiographies du sacrum, incidences latérale et ventro-dorsale

Processus articulaires  
crâniens du sacrum

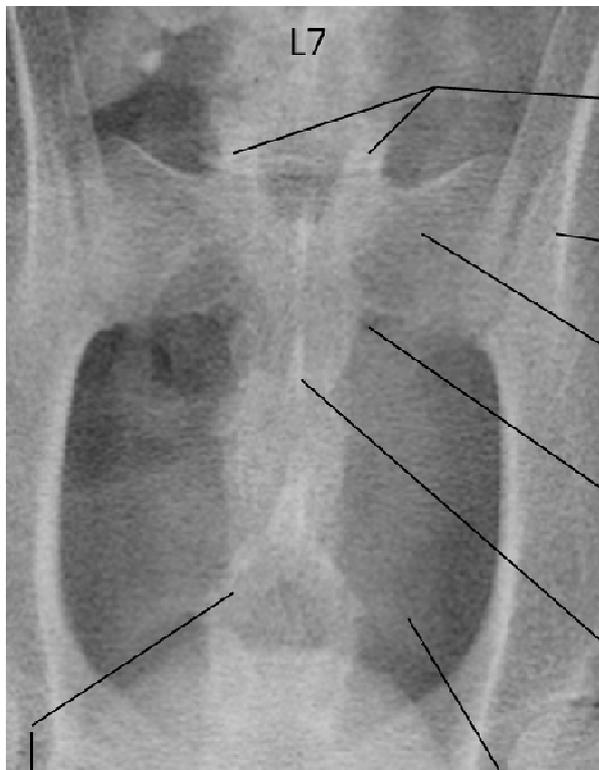
Foramen transverse  
caudal



Processus épineux de S3

Processus articulaires  
caudaux du sacrum

Document n°10, original, ENVT



L7

Processus articulaires  
crâniens du sacrum

Aile de l'iliac

Aile du sacrum

Foramen transverse  
crânial

Processus épineux de S2

Document n°11, original, ENVT

Processus articulaires  
caudaux du sacrum

Processus transverse de S3

Photographies du sacrum, aspects dorsal (a), ventral (b) et latéral (c)

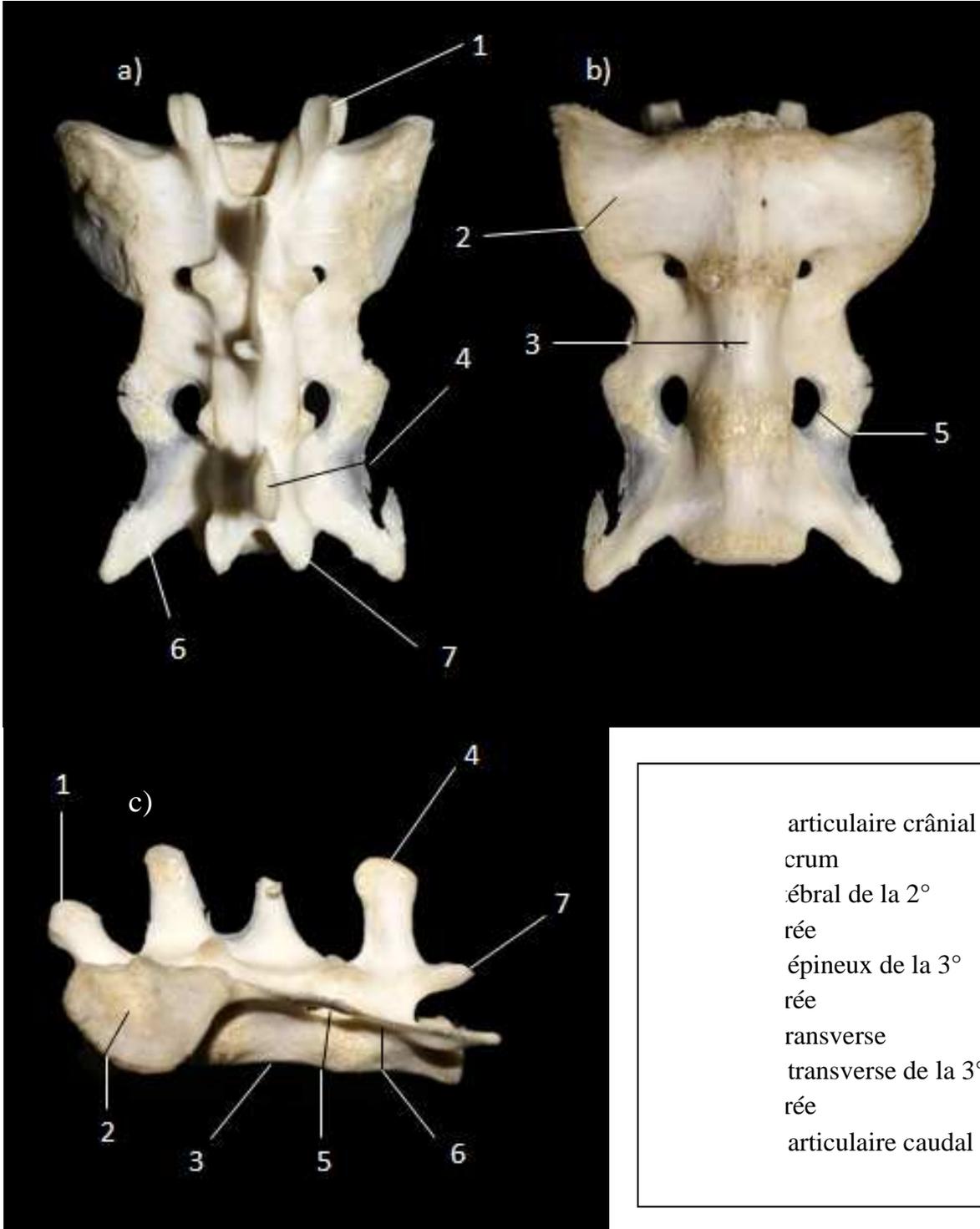


figure n°23, original

## 2.8 - Rachis coccygien

Il est composé de 14 vertèbres coccygiennes chez notre lémurien qui présente une fracture sur la 14<sup>e</sup> vertèbre, ce nombre peut varier selon les individus.

### a) Positions et critères de qualité

#### - Incidence ventro-dorsale

Position : l'animal est en décubitus dorsal, les membres pelviens sont écartés latéralement, la queue est étirée pour éviter toute rotation des vertèbres. Le faisceau directeur est orienté sur le milieu de la queue et le champ doit inclure l'intégralité de la queue si cela est réalisable.

Critères de qualité : Absence de rotation des vertèbres coccygiennes.

#### - Incidence latérale

Position : l'animal est en décubitus latéral, les membres pelviens sont ramenés ventralement, la queue est légèrement étirée dorsalement. Le faisceau directeur est orienté sur le milieu de la queue et le champ doit inclure l'intégralité de la queue si cela est réalisable.

Critères de qualité : Absence de rotation des vertèbres coccygiennes.

### b) Observations anatomiques

On peut séparer les vertèbres coccygiennes en deux groupes différenciables par leur anatomie.

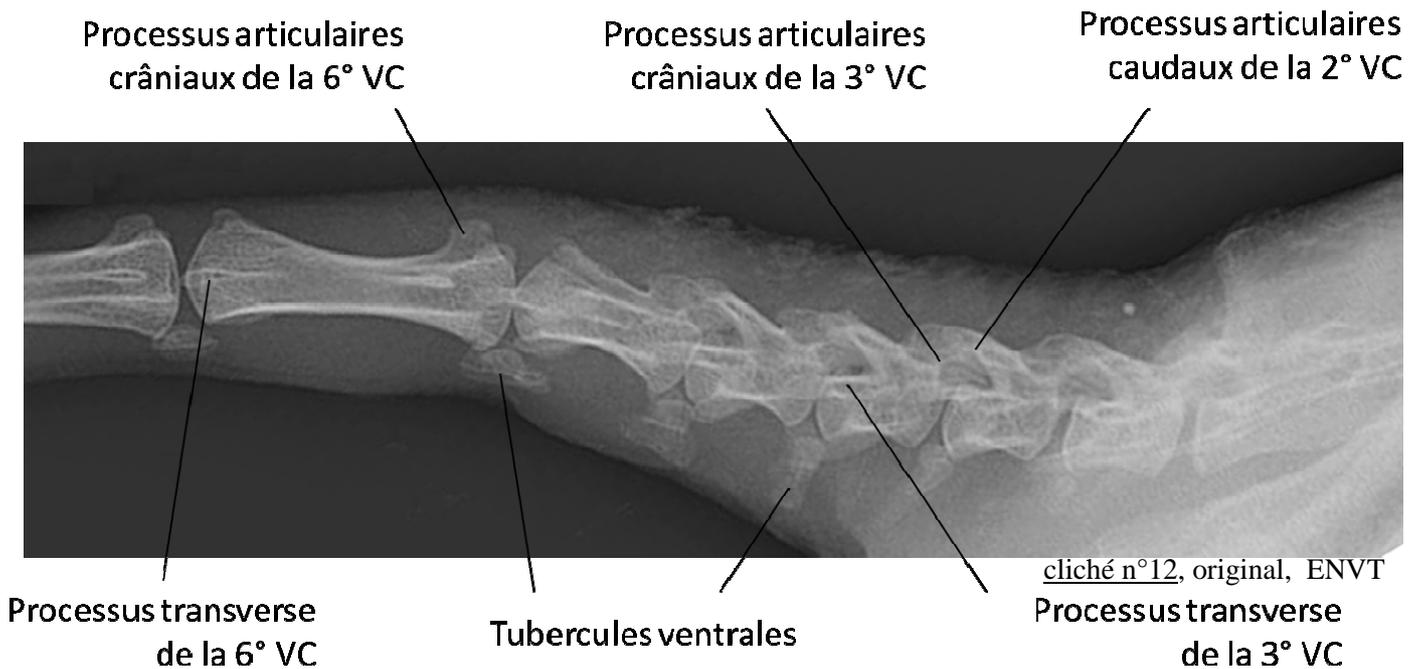
Le premier groupe formé par les 5 premières vertèbres présentant un corps vertébral cuboïde qui s'allonge en s'éloignant du sacrum et un arc vertébral présent mais peu développé. Ces derniers portent des processus épineux de petite taille qui disparaissent progressivement. Les processus transverses très développés et rejetés caudalement sur les premières vertèbres coccygiennes se rapetissent et se dédoublent dans la longueur par la suite. On retrouve des processus articulaires très développés et anatomiquement proches de ceux des vertèbres lombaires. Sur le cliché de profil, on peut apercevoir un tubercule en position ventrale développé sur les 5 premières vertèbres et qui disparaît sur les vertèbres suivantes.

Le second groupe rassemble le reste des vertèbres coccygiennes, elles présentent un corps très allongé, en forme de cylindre avec un rétrécissement en son milieu et leur arc vertébral a complètement disparu. Les processus transverses forment une lame latérale sur toute la longueur du corps vertébral avec une taille plus importante aux extrémités. Les vestiges des processus épineux ne sont présents que sous forme d'une lame dorsale peu développée. À l'opposé, une lame ventrale peu développée apparaît dès la 8<sup>e</sup> vertèbre coccygienne. Les processus articulaires ne sont présents que sous forme de petits pédicules qui tendent à disparaître sur les dernières vertèbres.

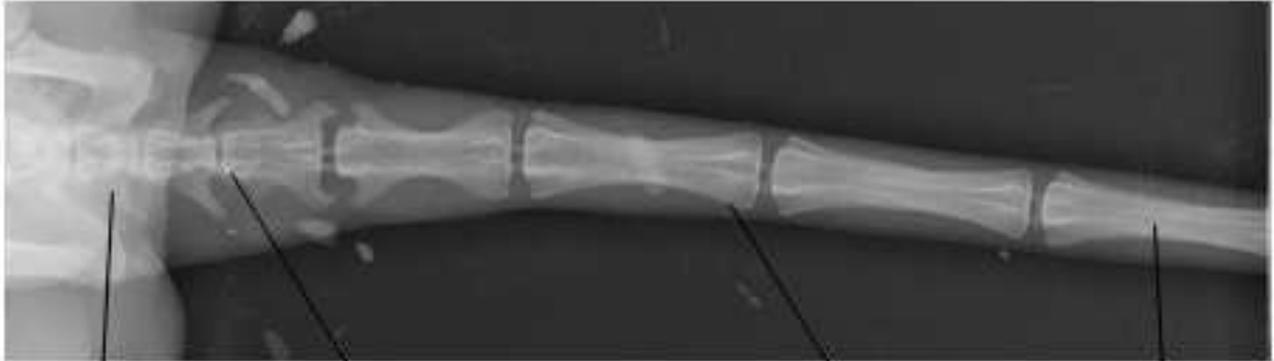
c) Intérêt des clichés

Les deux incidences permettent la visualisation de l'intégralité du rachis coccygien pour rechercher, par exemple, des fractures ou des luxations.

Radiographie du rachis coccygien, incidence latérale



Radiographie du rachis coccygien, incidences ventro-dorsale en deux parties



Processus transverse  
de la 3<sup>e</sup> VC

Processus articulaires  
crâniens de la 5<sup>e</sup> VC

Processus transverse  
de la 7<sup>e</sup> VC

9<sup>e</sup> VC



9<sup>e</sup> VC

Vestige des processus  
articulaires crâniens de la 11<sup>e</sup> VC

Vestige du processus  
transverse de la 12<sup>e</sup> VC

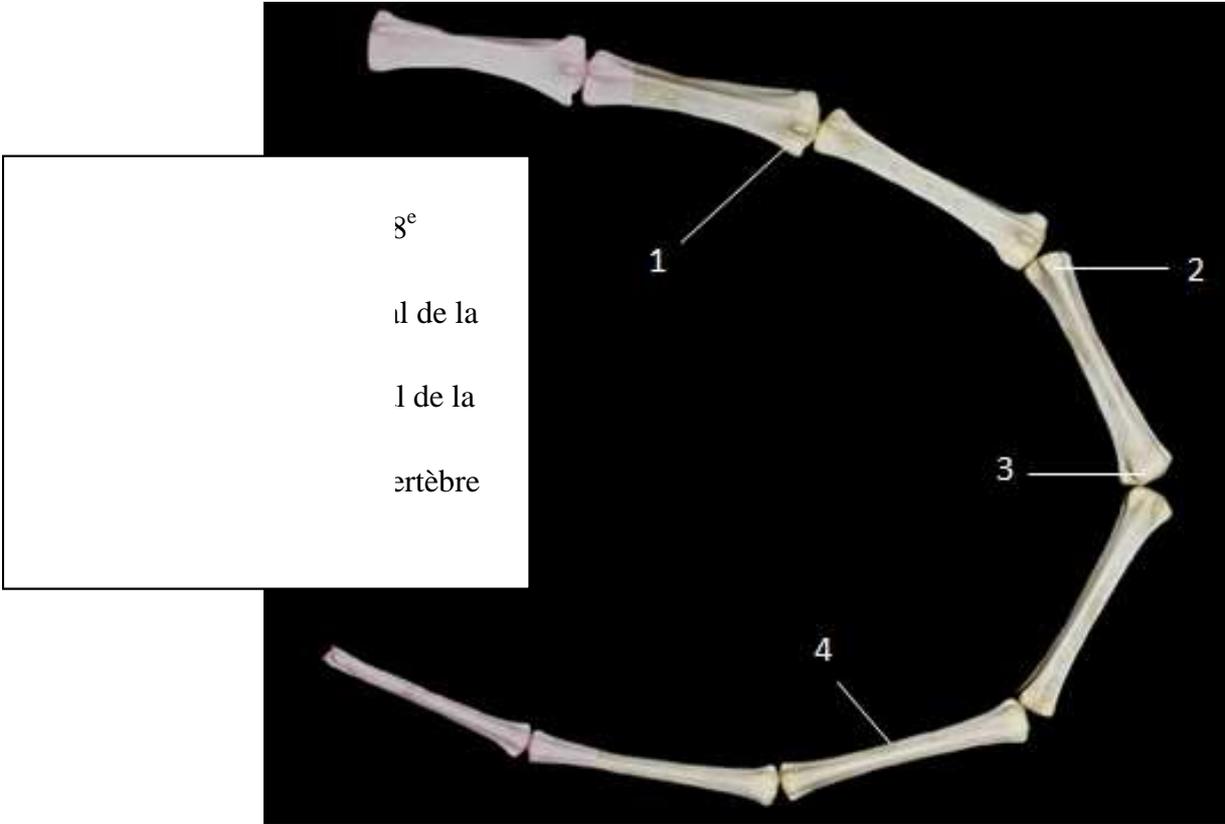
cliché n°13, original, ENVT

Photographies de la première partie du rachis coccygien, aspect dorsal et latéral et de la deuxième partie, aspect dorsal



rocessus transverse de la  
 ertèbre coccygienne  
 rocessus articulaire  
 rial de la 3<sup>e</sup> vertèbre  
 cygienne  
 rocessus articulaire  
 dal de la 3<sup>e</sup> vertèbre  
 cygienne  
 orps vertébral de la 6<sup>e</sup>  
 èbre coccygienne  
 rocessus articulaire  
 dal de la 6<sup>e</sup> vertèbre  
 cygienne  
 rocessus transverse de la  
 ertèbre coccygienne

figure n°24, original



3<sup>e</sup>  
 il de la  
 l de la  
 ertèbre

figure n°25, original

Photographies des 3<sup>e</sup> (a), 6<sup>e</sup> (b) et 11<sup>e</sup> (c) vertèbres coccygiennes, aspects latéral, dorsal et crânial

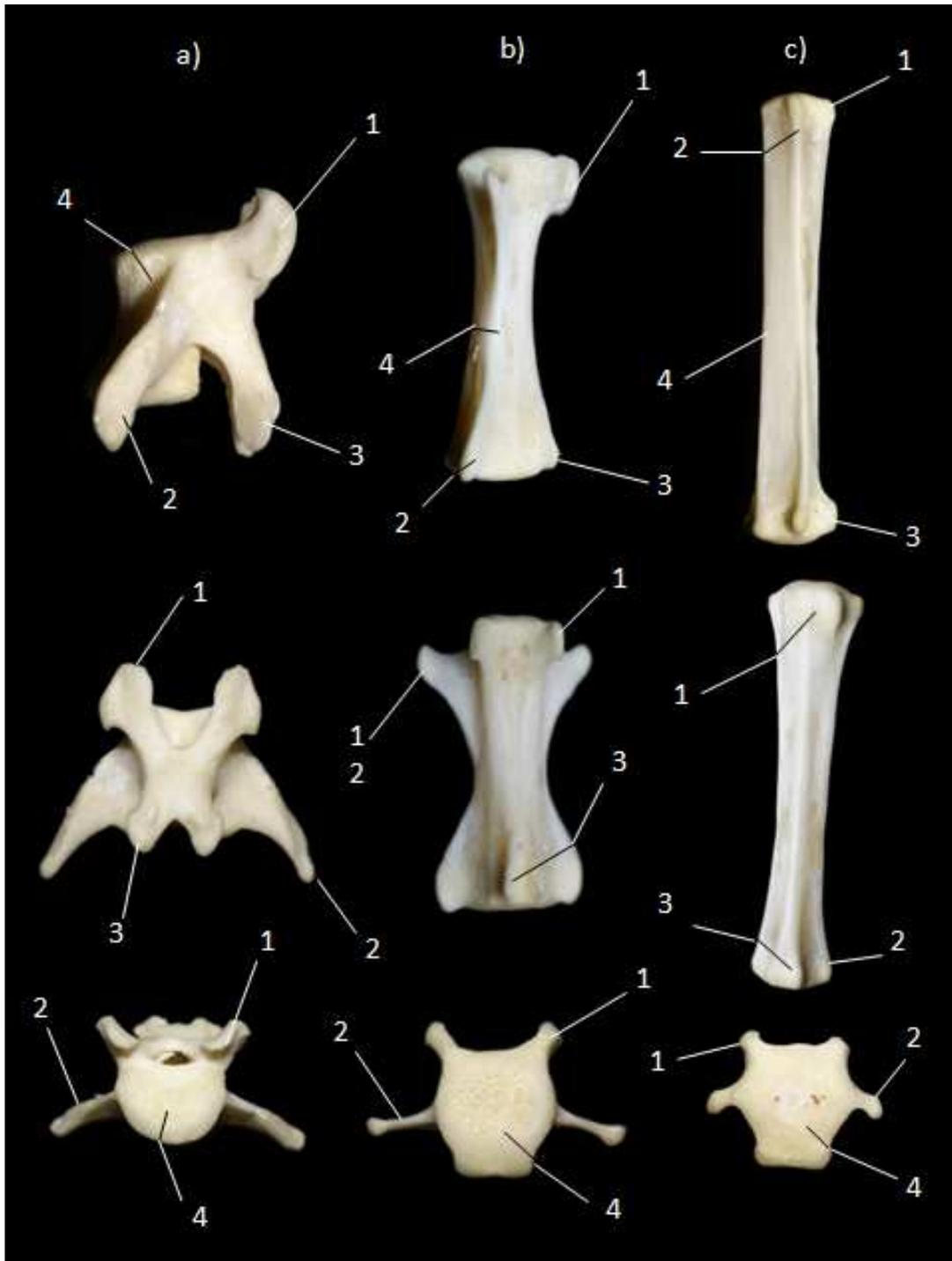


figure n°26, original

caudal

## **C - Squelette appendiculaire**

Le squelette appendiculaire désigne celui des membres thoraciques et pelviens. Ces 4 membres présentent un même type d'architecture et sont attachés au tronc par une ceinture constituée par la scapula et la clavicule pour le membre thoracique et par l'os coxal pour le membre pelvien.

### 1 - Techniques

Comme pour les autres segments osseux, on applique ici les mêmes principes de base évoqués précédemment, c'est-à-dire des écrans lents, un temps de pose élevé, un kilovoltage bas (50 kV) et un bon positionnement. Pour cette partie, on effectue pour chaque segment une prise de deux clichés d'incidence orthogonale, classiquement un cliché de face et un cliché de profil. À cela s'ajoutent parfois des clichés pris selon d'autres incidences pour permettre la visualisation de certains détails ou spécificités peu visibles selon les incidences dites "classiques".

### 2 - Membre thoracique

#### 2.1 - Ceinture scapulaire et articulation de l'épaule

Composée de la clavicule et de la scapula, la ceinture scapulaire met en relation le tronc et le membre supérieur. Dotée d'une grande liberté de mouvement, elle intervient dans l'articulation composée de l'épaule à trois endroits différents :

- au niveau de l'articulation scapulo-humérale entre la tête humérale et la glène de la scapula, lien entre le membre et la ceinture scapulaire;
- au niveau de l'articulation sterno-claviculaire entre le manubrium sternal et la surface articulaire sternal de la clavicule, lien entre le tronc et la ceinture scapulaire;
- au niveau de l'articulation acromio-claviculaire entre l'acromion de la scapula et la surface articulaire correspondante de la clavicule.

#### a) Positions et critères de qualité

- Incidence ventro-dorsale

Position : l'animal est en décubitus dorsal, le membre thoracique est écarté perpendiculairement au thorax. Le faisceau directeur est orienté sur l'articulation de l'épaule et le champ doit inclure l'intégralité de l'épaule.

Critères de qualité : Visualisation de l'épaule et de tous ses composants;  
Non superposition de l'épaule et de la cage thoracique.

#### b) Observations anatomiques

La scapula est un os plat, de forme triangulaire possédant deux faces : une face costale et une face latérale. Cette dernière porte l'épine scapulaire représentée radiologiquement par un trait radio-opaque qui divise la scapula en deux fosses, la fosse supra-épineuse plus petite et la fosse infra-épineuse. À l'extrémité de l'épine se trouve l'acromion, saillie osseuse bien développée chez le maki catta, qui s'articule sur son bord médial à la surface articulaire acromiale de la clavicule.

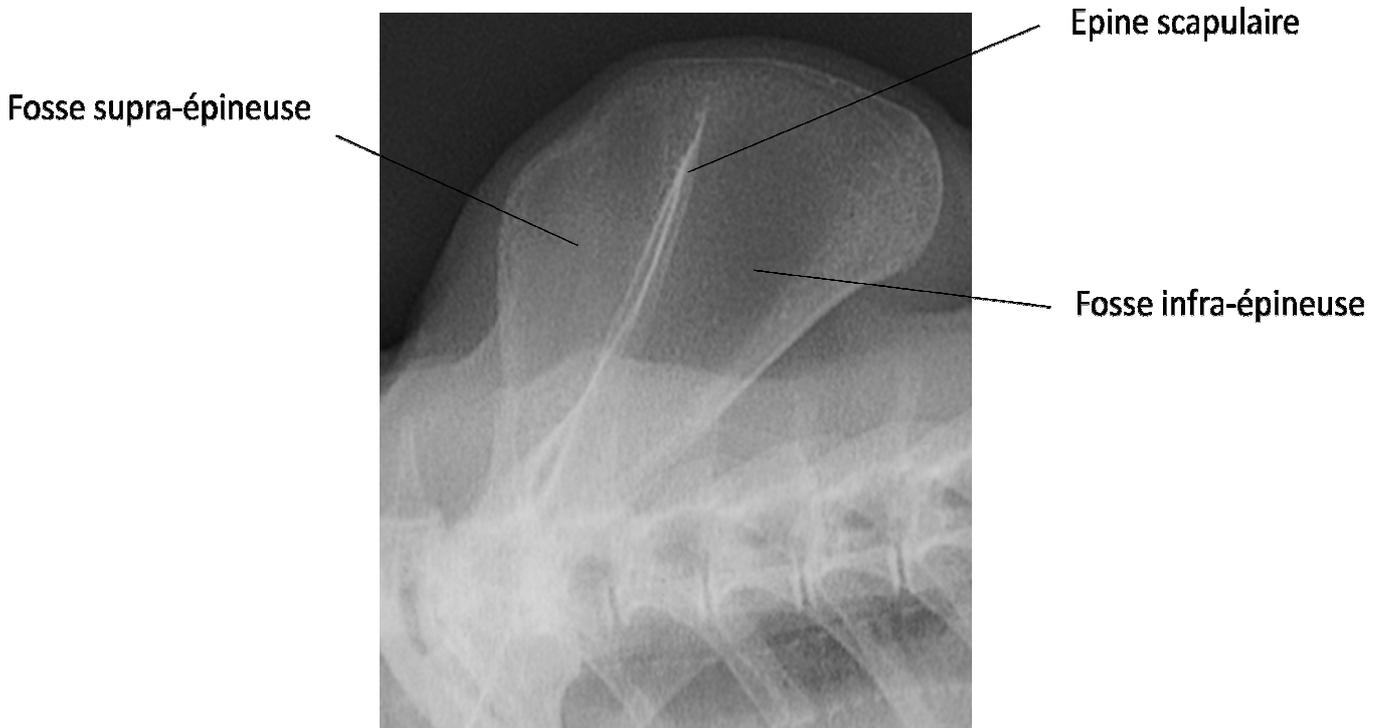
Son bord supérieur contient deux éléments importants, l'incisure scapulaire où passent nerfs et vaisseaux et le processus coracoïde, lieu d'insertion de nombreux muscles stabilisant l'épaule. Au niveau de l'angle supérieur, en position latérale se trouve la cavité glénoïdale, cavité articulaire qui répond à la tête de l'humérus, surmontant le tubercule infraglénoïdal et surmonté par le tubercule supraglénoïdal. Cette cavité est majorée par un anneau fibreux-cartilagineux appelé bourrelet glénoïdal qui augmente l'espace entre la tête de l'humérus et la cavité glénoïdale. Le col huméral apparaît bien visible, avec en position médio-dorsalement le grand tubercule et plus ventralement, devant la tête humérale, le petit tubercule.

La clavicule, os bien visible sur l'incidence ventro-dorsale, présente chez les makis catta une forme sigmoïde peu prononcée. Son extrémité latérale, aplatie dorso-ventralement, présente sur sa face caudale une surface articulaire répondant à l'acromion.

### c) Intérêts des clichés

Ces clichés sont utilisés lors de suspicion de luxation de l'épaule.

Radiographie de la scapula, incidence médio-latérale



cliché n°14 , original, ENVT

Photographie de la scapula, aspects crânial (a), latéral (b), médial (c) et caudal (d)

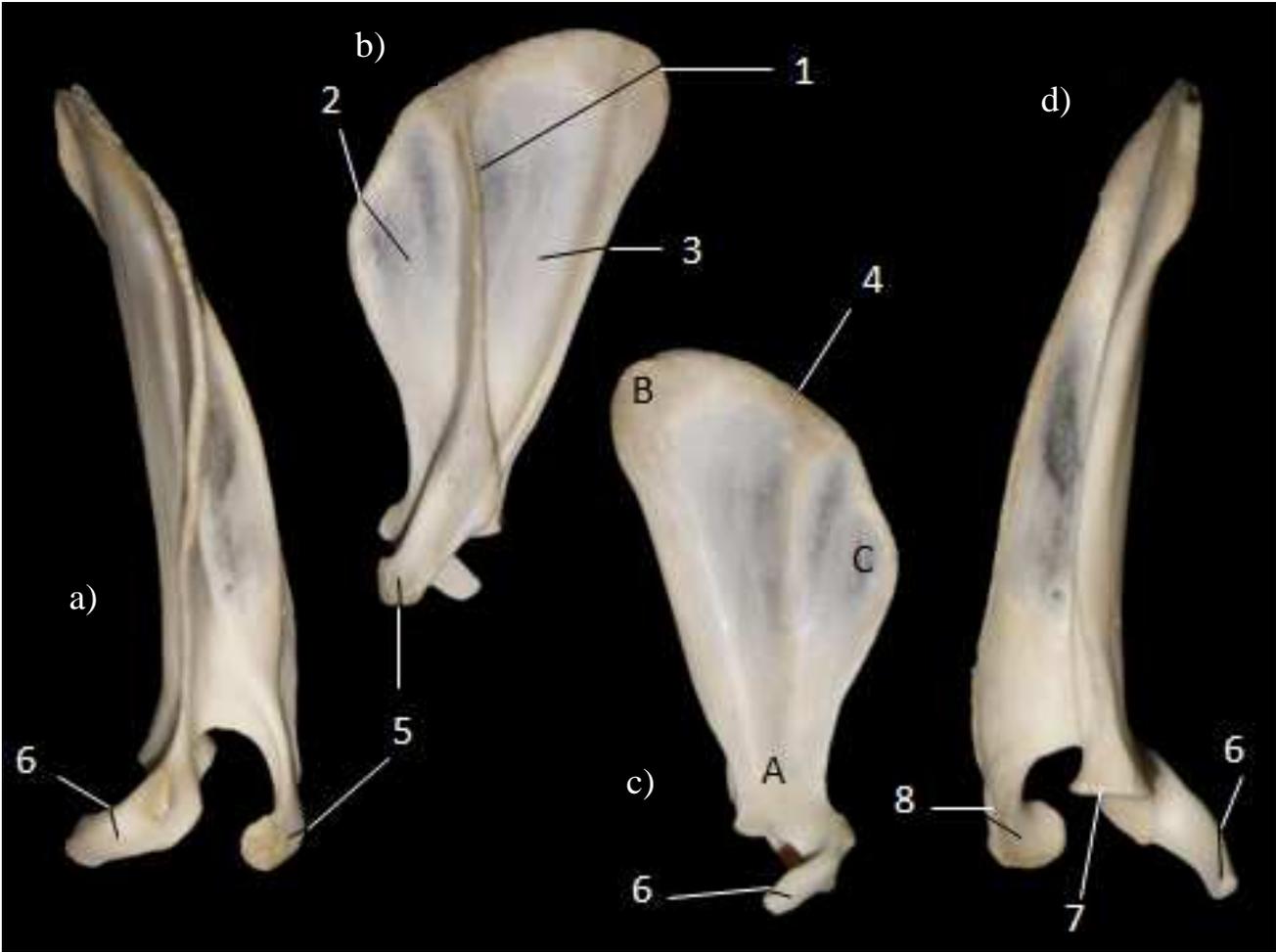
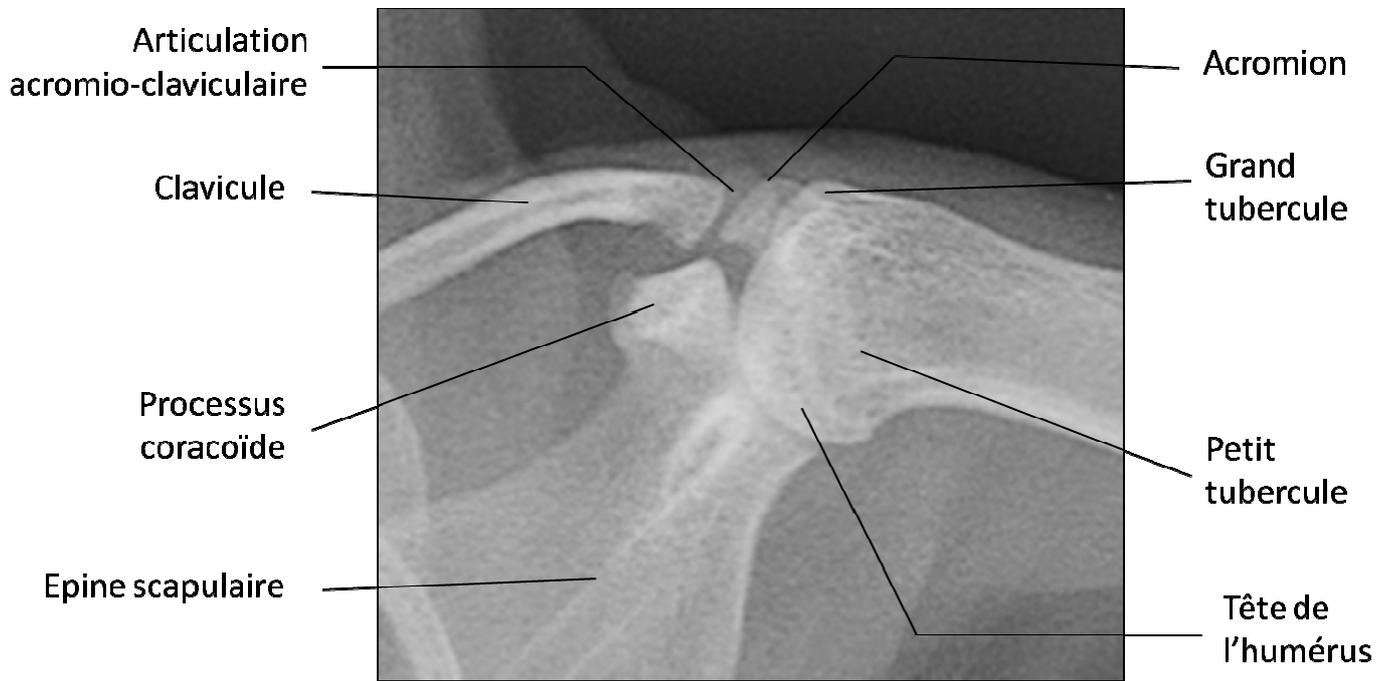


figure n°27, original

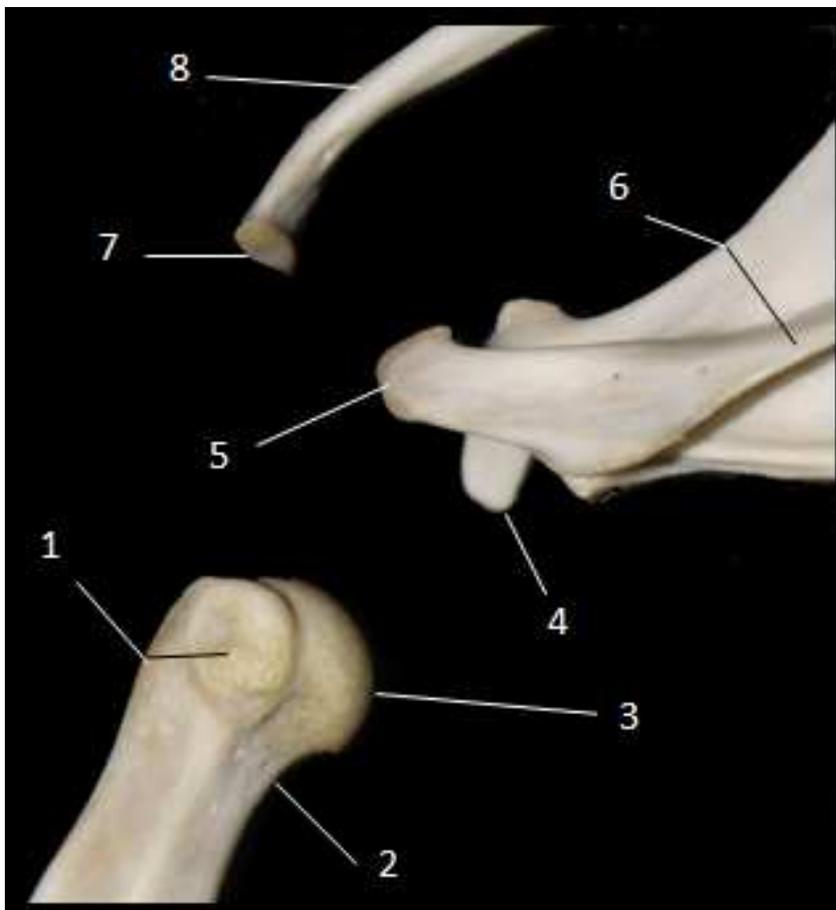
- ∧ Col scapulaire
- ∩ Angle caudal
- ∪ Angle crânial

Radiographie de l'épaule gauche, incidence ventro-dorsale



cliché n°15, original, ENVT

Photographie épaule gauche, aspect dorsal, os éclatés ou montés



8 Clavicule  
 7 Épine scapulaire  
 6 Cavité glénoïdale  
 5 Tête du radius  
 4 Col radial  
 3 Grand tubercule  
 2 Petit tubercule  
 1 Acromion

figure n°28, original

- 1 Acromion
- 2 Petit tubercule
- 3 Grand tubercule
- 4 Col radial
- 5 Tête du radius
- 6 Cavité glénoïdale
- 7 Épine scapulaire
- 8 Clavicule

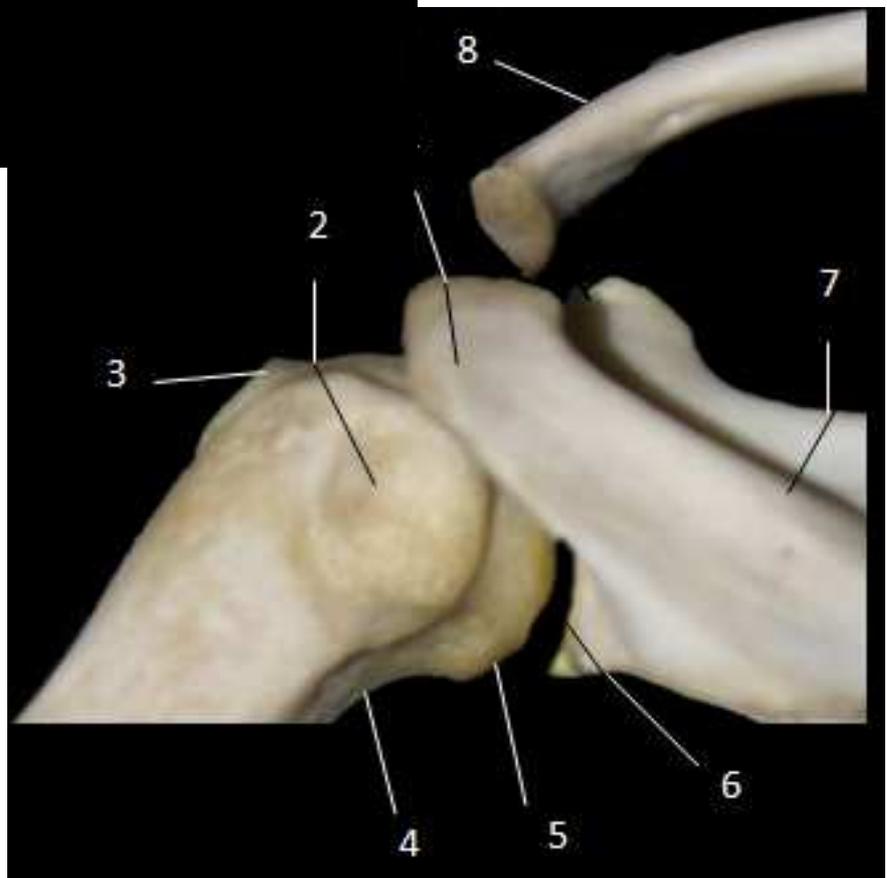
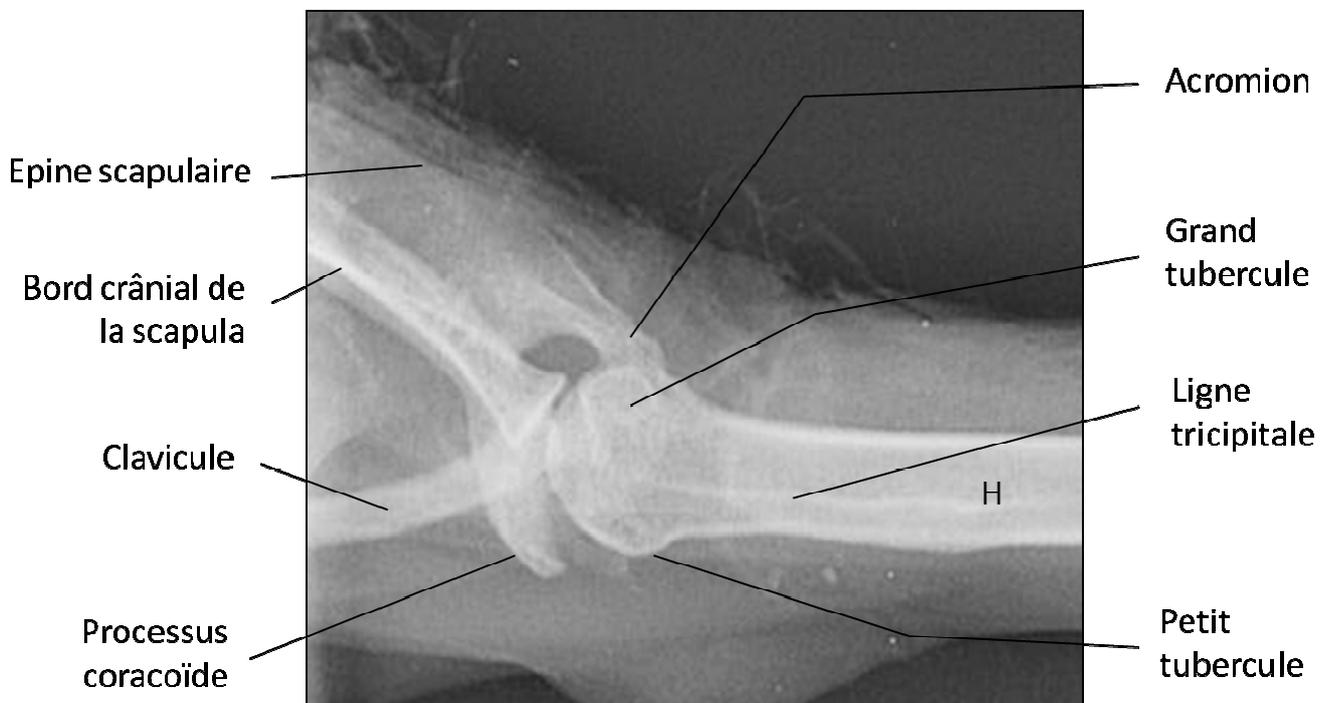


figure n°29, original

Radiographies de l'épaule gauche, incidence médio-latérale et crânio-caudale



cliché n°16, original, ENVT



cliché n°17, original, ENVT

H Humérus

Photographie de l'épaule gauche, aspect crânial

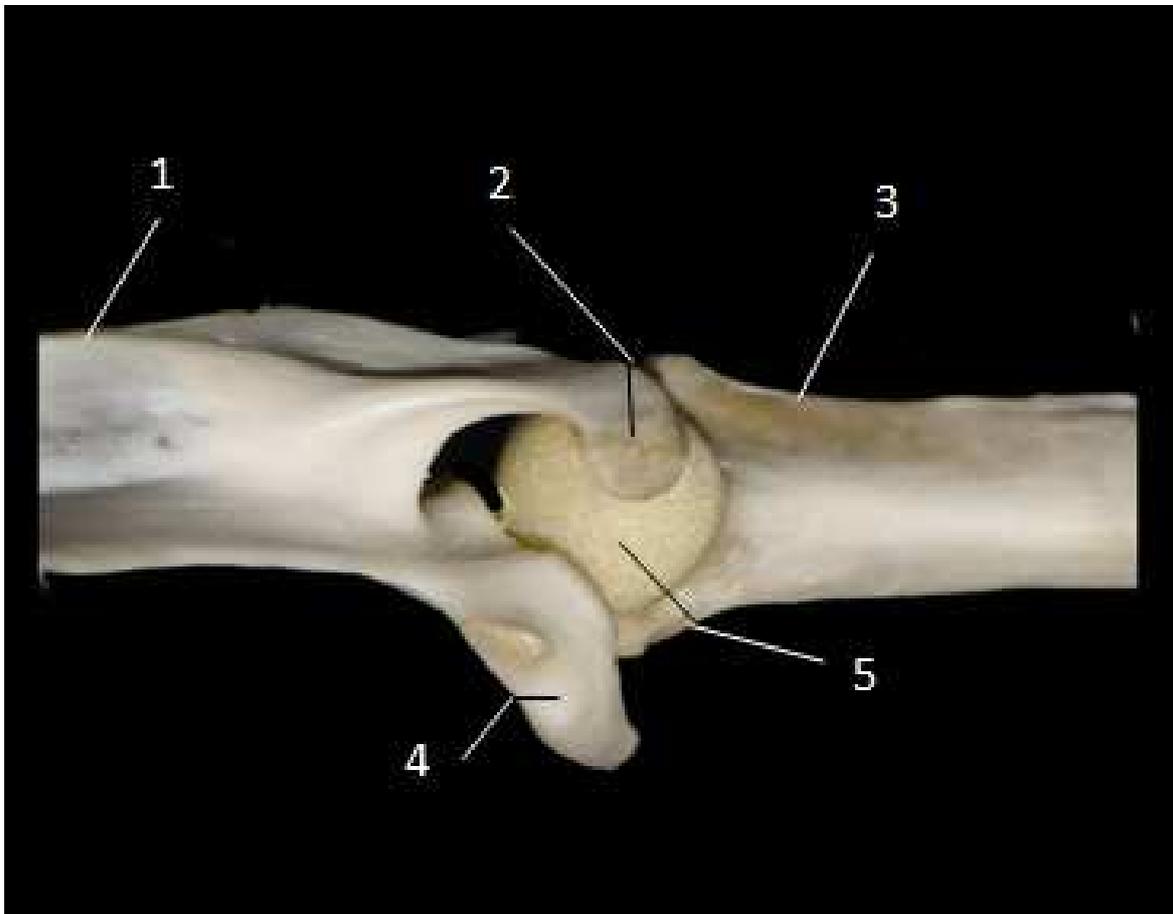


figure n°30, original

4 Processus coracoïde  
5 Tête humérale

## 2.2 - Humérus

L'humérus est un os long formant à lui seul le squelette du bras, il est composé comme tout os long d'une diaphyse et de deux épiphyses. Son épiphyse proximale porte la tête humérale qui s'articule à la scapula au niveau de l'épaule et son épiphyse distale s'articule aux os de l'avant-bras, au niveau du coude par le biais du condyle huméral pour le radius et de la trochlée humérale pour l'ulna.

### a) Positions et critères de qualité

#### - Incidence médio-latérale

Position : l'animal est maintenu en décubitus dorsal, le membre à radiographier contre la table, écarté latéralement de la cage thoracique pour éviter les superpositions, l'articulation du coude légèrement fléchie pour dégager l'épiphyse distale. Le membre controlatéral est ramené au niveau du cou et mis en extension pour dégager l'épaule. Le faisceau directeur est orienté sur le milieu du bras et le champ doit inclure l'humérus et les articulations de l'épaule et du coude.

Critères de qualité : Visualisation des articulations du coude et de l'épaule;  
Visualisation de l'espace huméro-ulnaire;  
Superposition des épicondyles huméraux.

#### - Incidence ventro-dorsale

Position : l'animal est en décubitus dorsal, le membre à radiographier étiré crânialement contre la table, la tête basculée latéralement. Le faisceau directeur est orienté sur le milieu du bras et le champ doit inclure l'humérus et les articulations de l'épaule et du coude.

Critères de qualité : Visualisation des articulations du coude et de l'épaule;  
Position centrée de l'olécrâne sur le condyle huméral.

### b) Observations anatomiques

L'extrémité proximale est composée de la tête de l'humérus déjetée caudalement, délimitée par un col épais mais visible radiologiquement. La tête humérale qui s'articule avec l'acromion, porte sur sa face latérale le grand tubercule et sur sa face médiale le petit tubercule, bien visible sur les clichés en position médiale. Entre ces deux tubercules se trouve le sillon intertuberculaire. Crânialement, dans le prolongement du grand tubercule, se dessine la ligne tricipitale qui descend jusqu'à une tubérosité volumineuse, la tubérosité deltoïdienne, bien visible sur le cliché en incidence médio-latérale.

Le corps du radius de *Lemur catta* est droit et son diamètre évolue et diminue médio-latéralement. Sur la face médiale se trouve la tubérosité du grand rond, lieu de terminaison du muscle homonyme et du muscle grand dorsal. En partie distale on aperçoit sous la forme d'une ligne radio-opaque le sillon du muscle brachial.

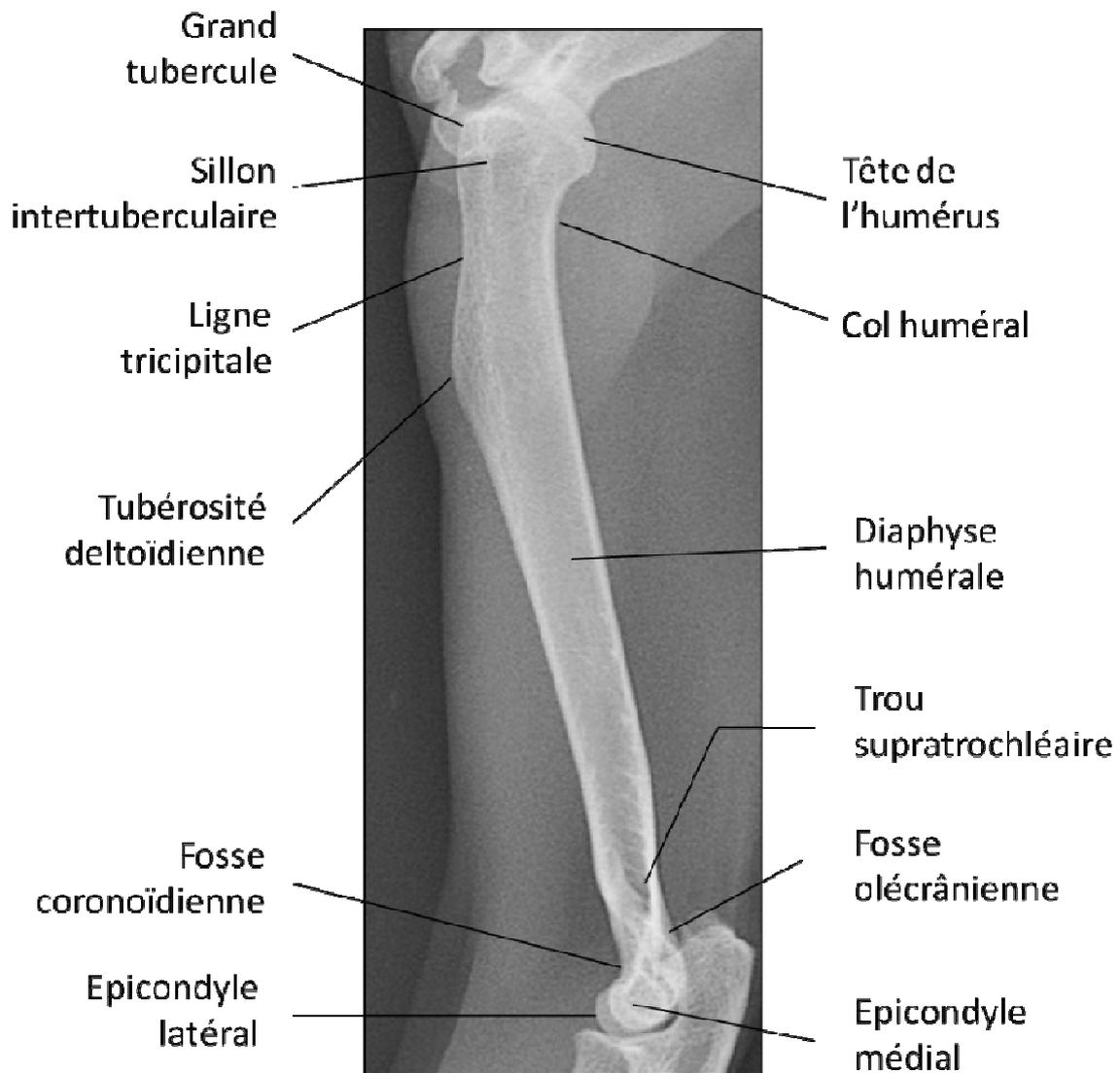
L'extrémité distale s'articule avec le radius et l'ulna. La partie la plus large est la trochlée humérale, rejetée crânialement, qui répond à l'ulna. Elle est constituée de deux lèvres,

une médiale et une latérale, séparées par une fossette synoviale. Latéralement au condyle huméral se trouve le capitulum qui s'articule avec le radius. Cette ensemble appelé "palette humérale" est encadré par les épicondyles médial et latéral. Crânialement à la trochlée se situent la fosse radiale, qui reçoit la tête du radius et la fosse coronoïdienne, qui reçoit le processus coronoïde de l'ulna lorsque le coude se fléchit. Caudalement, se trouve la fosse olécrânienne, qui reçoit lors de l'extension de l'avant bras, l'olécrâne de l'ulna. Chez *Lemur catta*, il existe un trou supratrochléaire reliant la face médiale à la face crâniale visible sur les clichés radiographiques.

#### c) Intérêt des clichés

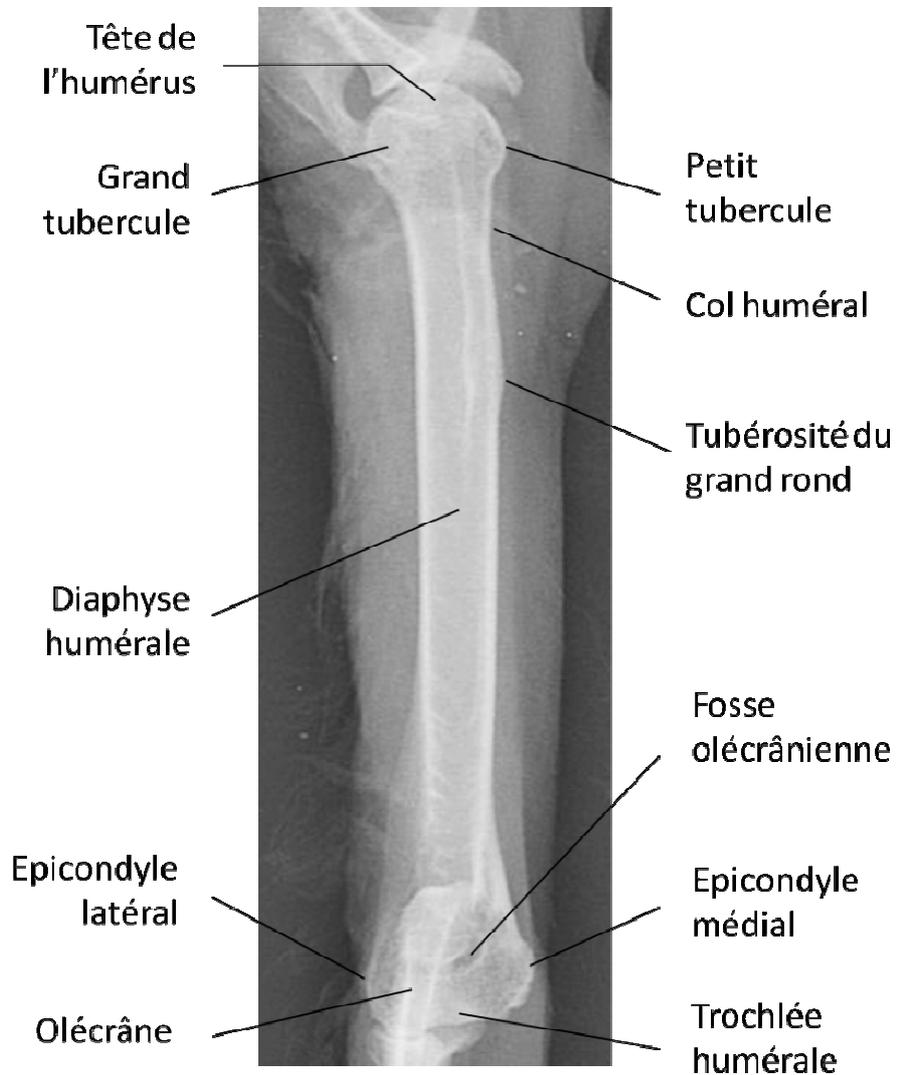
Ils permettent la visualisation de l'intégrité de l'humérus et de rechercher des images de fractures par exemple.

Radiographie de l'humérus droit, incidence médio-latérale



cliché n°18, original, ENVT

Radiographie de l'humérus droit, incidence crânio-caudale



cliché n°19, original, ENVT

Radiographies de l'humérus droit, aspects caudal (a), médial (b), crânial (c) et latéral (d)

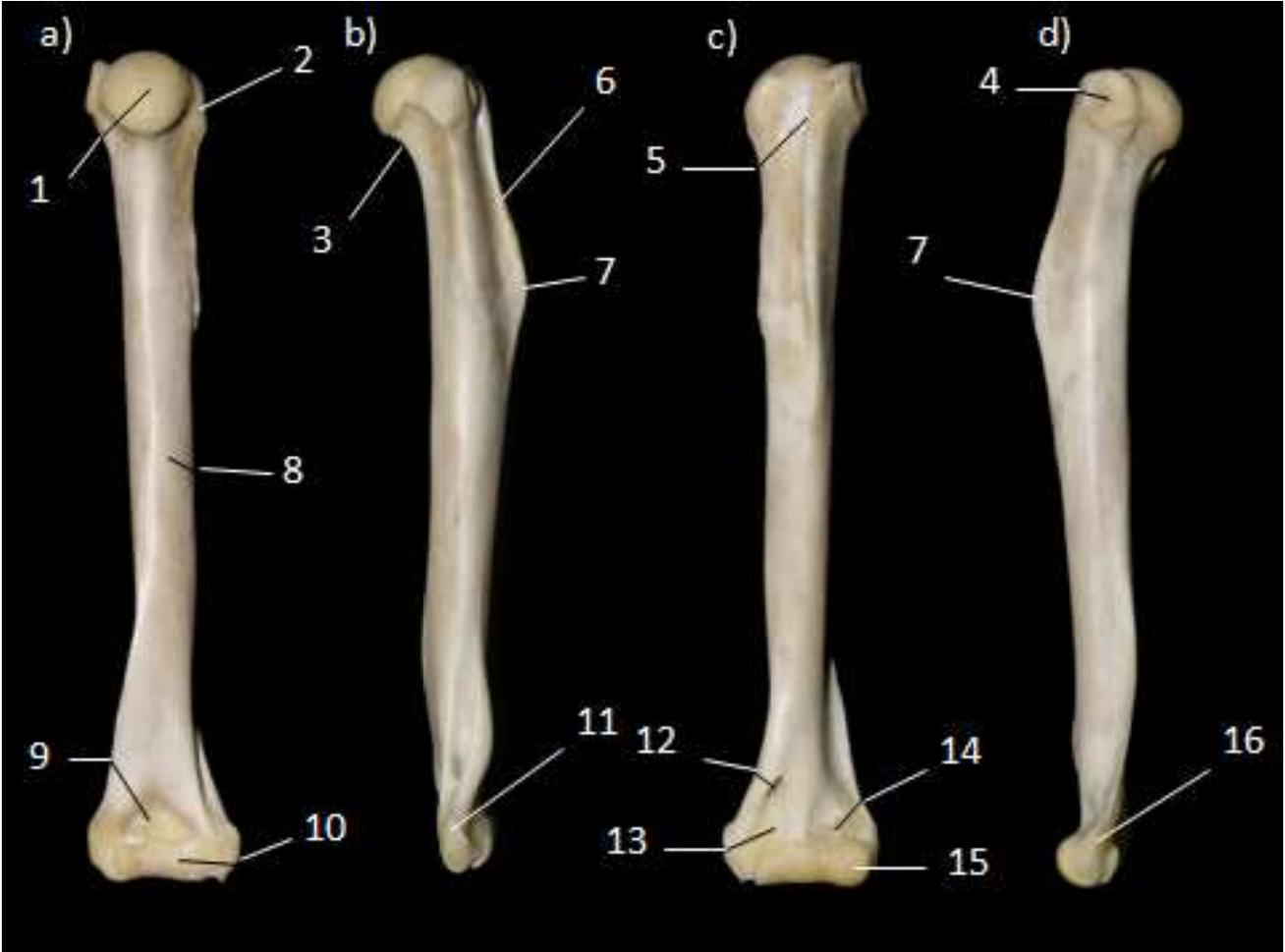


figure n°31, original

ronoïdienne  
diale  
m  
yle latéral

## 2.3 - Coude

Le coude contient l'articulation entre le bras et l'avant-bras, c'est un complexe articulaire synovial qui unit l'humérus, le radius et l'ulna et qui se décompose en trois articulations, l'huméro-ulnaire, l'huméro-radiale et la radio-ulnaire proximale. Cette dernière permet les mouvements de pronation et de supination.

### a) Positions et critères de qualité

#### - Incidence médio-latérale

Position : l'animal est en décubitus latéral, le membre à radiographier est plaqué contre la table et écarté de la cage thoracique, le coude forme un angle de 90° pour dégager l'olécrâne, la main est laissée en position neutre. Le membre controlatéral est rejeté dorsalement. Le faisceau directeur est centré sur le coude et le champ doit inclure tous les abouts osseux intervenant dans l'articulation.

Critères de qualité : Superposition des épicondyles huméraux;  
Visualisation de l'espace huméro-ulnaire.

#### - Incidence crânio-caudale

Position : l'animal est en décubitus ventral, le membre à radiographier est étiré crânialement, placé en extension contre la table, la tête est basculée sur le coté opposé. Le faisceau directeur est centré sur le coude et le champ doit inclure tous les abouts osseux intervenant dans l'articulation.

Critères de qualité : Position centrale de l'olécrâne sur le condyle humérale.

### b) Observations anatomiques

L'articulation du coude fait intervenir le radius, l'humérus et l'ulna et peut se décomposer en trois articulations de type synovial.

L'articulation huméro-radiale s'effectue entre la cupule radiale et le capitulum huméral, ce dernier est bien visible sur le cliché médio-latéral, latéralement au condyle huméral. Médialement au capitulum se trouve la zone capitulo-trochléaire qui s'articule avec le bord médial de la fossette articulaire du radius. Lors de la flexion du coude, la tête du radius est bloquée au niveau de la fosse radiale de l'humérus. Sous le col radial, sur sa face médio-caudale, le radius porte la tubérosité radiale où se termine le biceps brachial.

L'articulation huméro-ulnaire s'effectue entre la trochlée de l'humérus et l'incisure trochléaire de l'ulna. La trochlée peut s'apparenter à une poulie composée de deux lèvres séparées par une fossette, la lèvre médiane plus développée est bien visible radiologiquement. Elle est surmontée crânialement par la fosse coronôidienne et caudalement par la fosse olécranienne. L'incisure trochléaire est une grande incisure concave encadrée par deux processus osseux, qui répond parfaitement à la trochlée. La partie la plus proximale de l'ulna est appelée l'olécrâne dont la tubérosité est peu développée chez le maki catta. Sur la face

dorsale de l'olécrâne se trouve le processus anconé, délimitant caudalement l'incisure trochléaire, qui limite l'extension du coude en venant buter dans la fosse olécrânienne de l'humérus. Crânialement, l'incisure trochléaire est délimitée par le processus coronoïde, visible en superposition de la tête humérale, qui vient buter dans la fosse coronoïdienne lors de la flexion du coude.

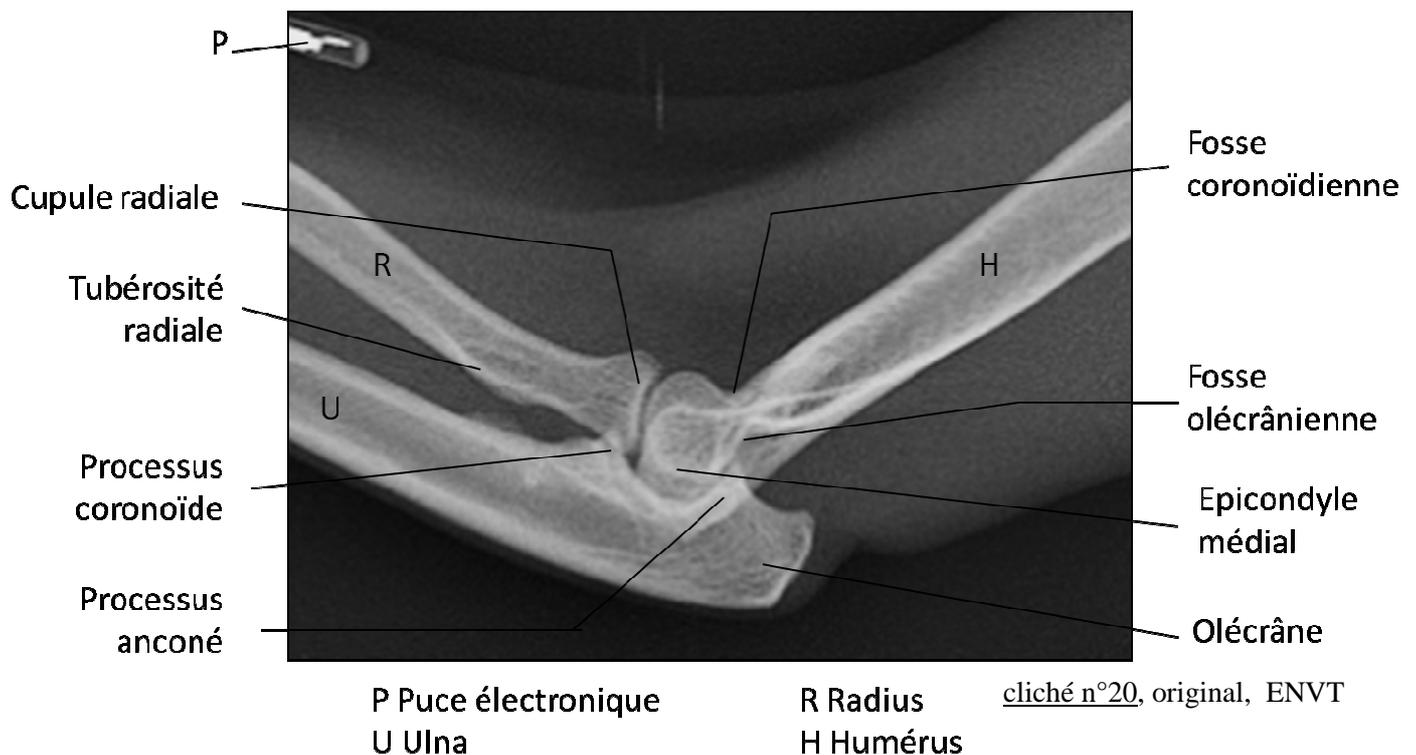
L'articulation radio-ulnaire, non visible sur les clichés, permet les mouvements de pronation et supination. La face latérale du processus coronoïde porte l'incisure radiale qui s'articule avec la circonférence articulaire du radius, partie périphérique de la tête du radius.

### c) Intérêts des clichés

Incidence médio-latérale : Ce cliché permet la visualisation du coude et de tous ses composants. On l'utilise pour le diagnostic de luxation du coude, l'investigation de symptômes articulaires en cherchant des corps étrangers ou des signes de dégénérescence et la mise en évidence de fracture de l'olécrâne ou de la partie distale de l'humérus.

Incidence crânio-caudale : Ce cliché permet la bonne visualisation de la palette humérale ainsi que des deux épicondyles. Il permet aussi d'apprécier l'alignement humérus-radius-ulna.

Radiographie du coude droit, incidence médio-latérale



Photographie du coude gauche, aspect latéral

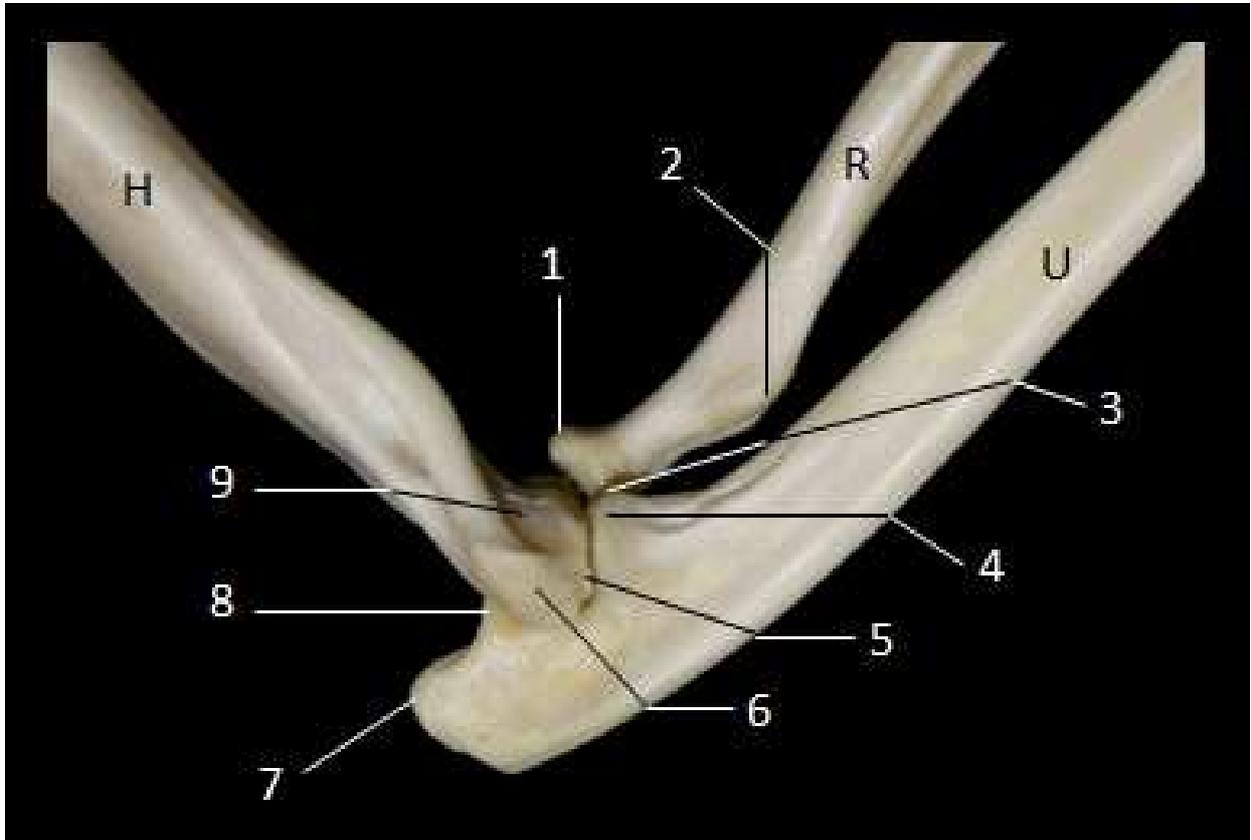
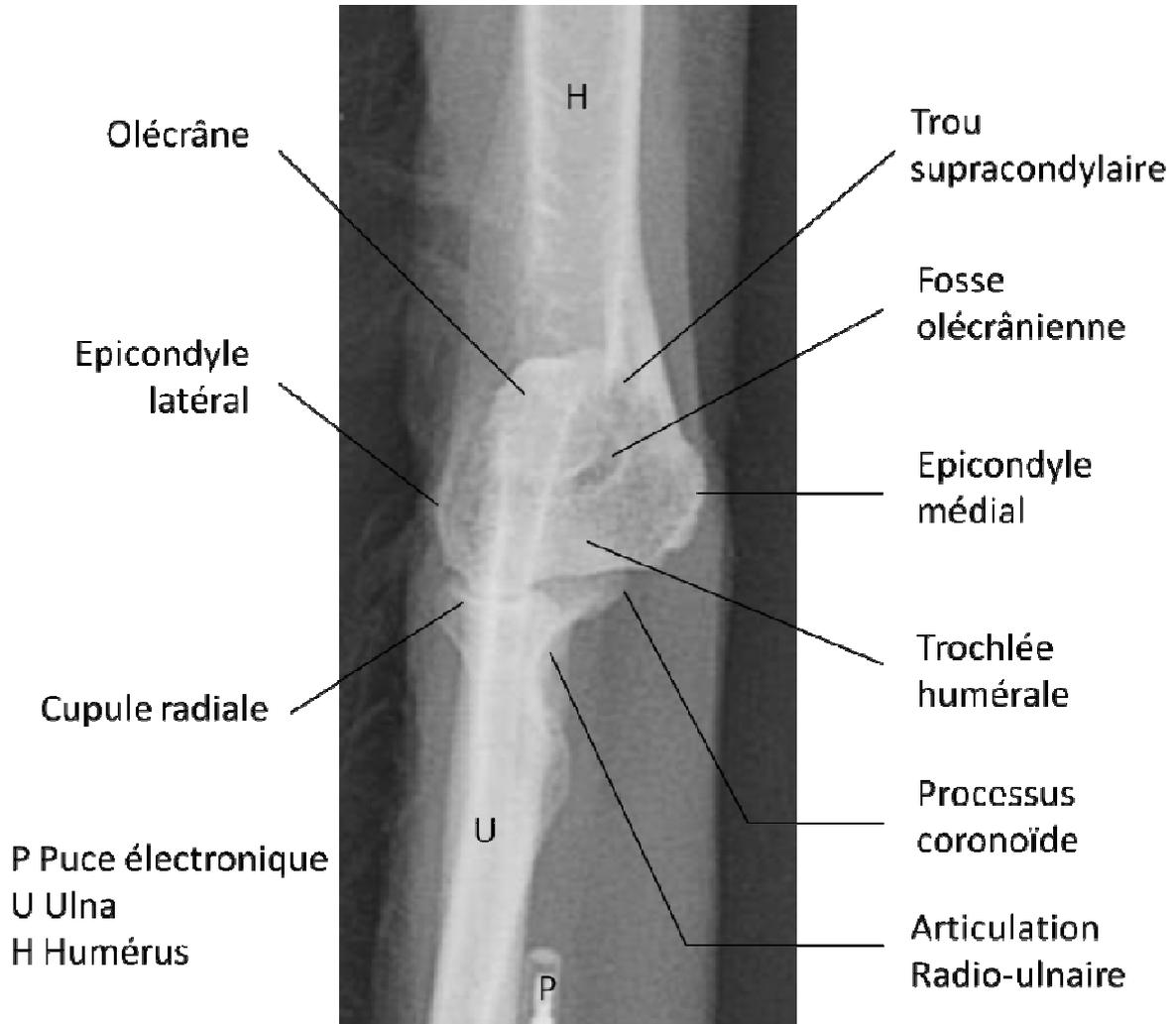


figure n°32, original

olécrâne  
roccessus anconé  
osse coronoïde

Radiographie du coude gauche, incidence caudo-crâniale



cliché n°21, original, ENVT

Photographie coude gauche, aspect crâniale

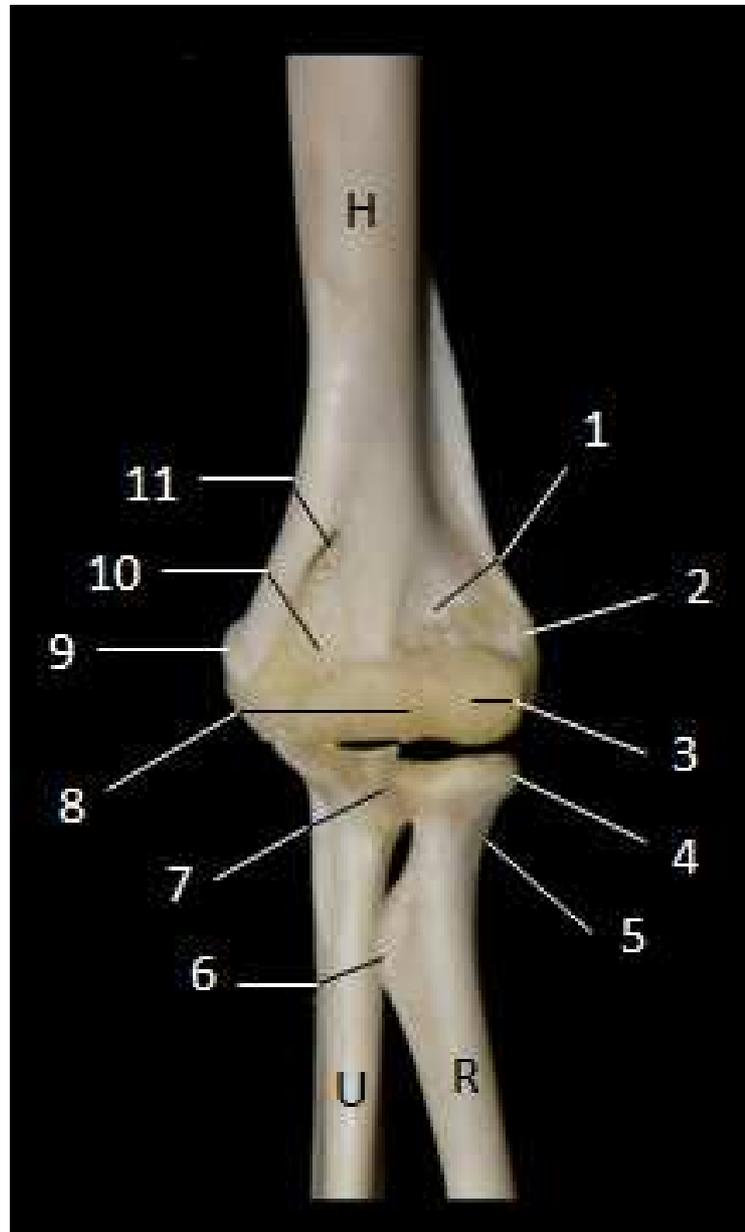
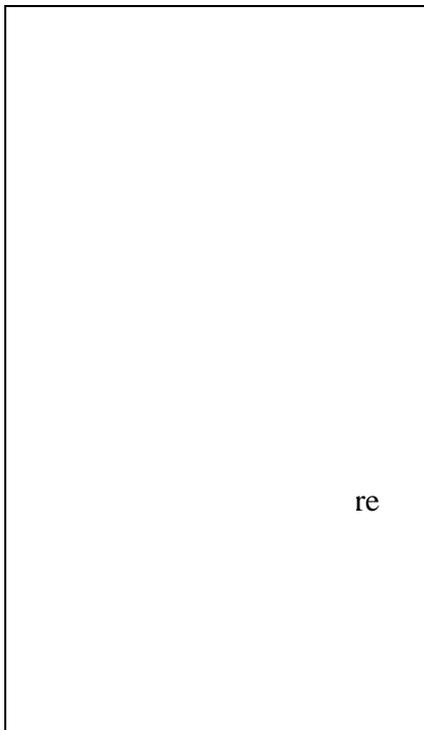


figure n°33, original

## 2.4 - Radius-ulna

L'avant-bras comprend deux os, le radius légèrement curviligne et l'ulna plus long et plus rectiligne. Ils s'articulent entre eux à deux niveaux différents et permettent les mouvements de pronation et supination avec une ampleur maximale de 180°

### a) Positions et critères de qualité

#### - Incidence médio-latérale

Position : l'animal est en décubitus latéral, le membre à radiographier posé de profil contre la table en position neutre, le membre controlatéral est ramené dorsalement. Le faisceau directeur est centré à mi-hauteur de l'avant bras et le champ doit inclure le radius, l'ulna et les articulations du coude et radio-carpienne.

Critères de qualité : Superposition des épicondyles huméraux;

Visualisations des articulations du coude et radio-carpienne, et de l'interligne huméro-ulnaire.

#### - Incidence crânio-caudale

Position : l'animal est en décubitus dorsal, le membre à radiographier est étiré crânialement, légèrement écarté du corps et placé contre la table le coude tendu et la main en position neutre. Le faisceau directeur est centré à mi-hauteur de l'avant bras et le champ doit inclure le radius, l'ulna et les articulations du coude et radio-carpienne.

Critères de qualité : Position centrale de l'olécrâne sur le condyle humérale;

Visualisations des articulations du coude et radio-carpienne, et de l'interligne huméro-ulnaire.

### b) Observations anatomiques

Le radius, l'os crânial de l'avant-bras, présente une incurvation orientée crânialement. L'extrémité proximale porte la tête du radius délimitée par un col possédant deux surfaces articulaires répondant à l'humérus et à l'ulna. La première est la fosse de la tête en forme de simple cupule articulaire qui répond au capitulum huméral et permet les mouvements de flexion et d'extension du coude. La seconde, la circonférence articulaire radiale, forme un cylindre sous la cupule qui pivote contre l'incisure radiale de l'ulna et permet les mouvements de rotation axiale. On visualise aussi la zone d'ancrage du muscle biceps brachial sous le col, sur la tubérosité radiale. La face crâniale du corps de du radius est lisse, contrairement à sa face caudale qui présente une concavité sur toute sa longueur où s'insère le ligament interosseux le reliant à l'ulna.

L'extrémité distale appelée trochlée du radius s'articule à l'ulna et aux os du carpe. Sur la face intérieure, elle présente deux surfaces articulaires pour les os du carpe, une externe pour le scaphoïde et une interne pour le semi-lunaire. Sur la face médio-caudale, elle s'articule

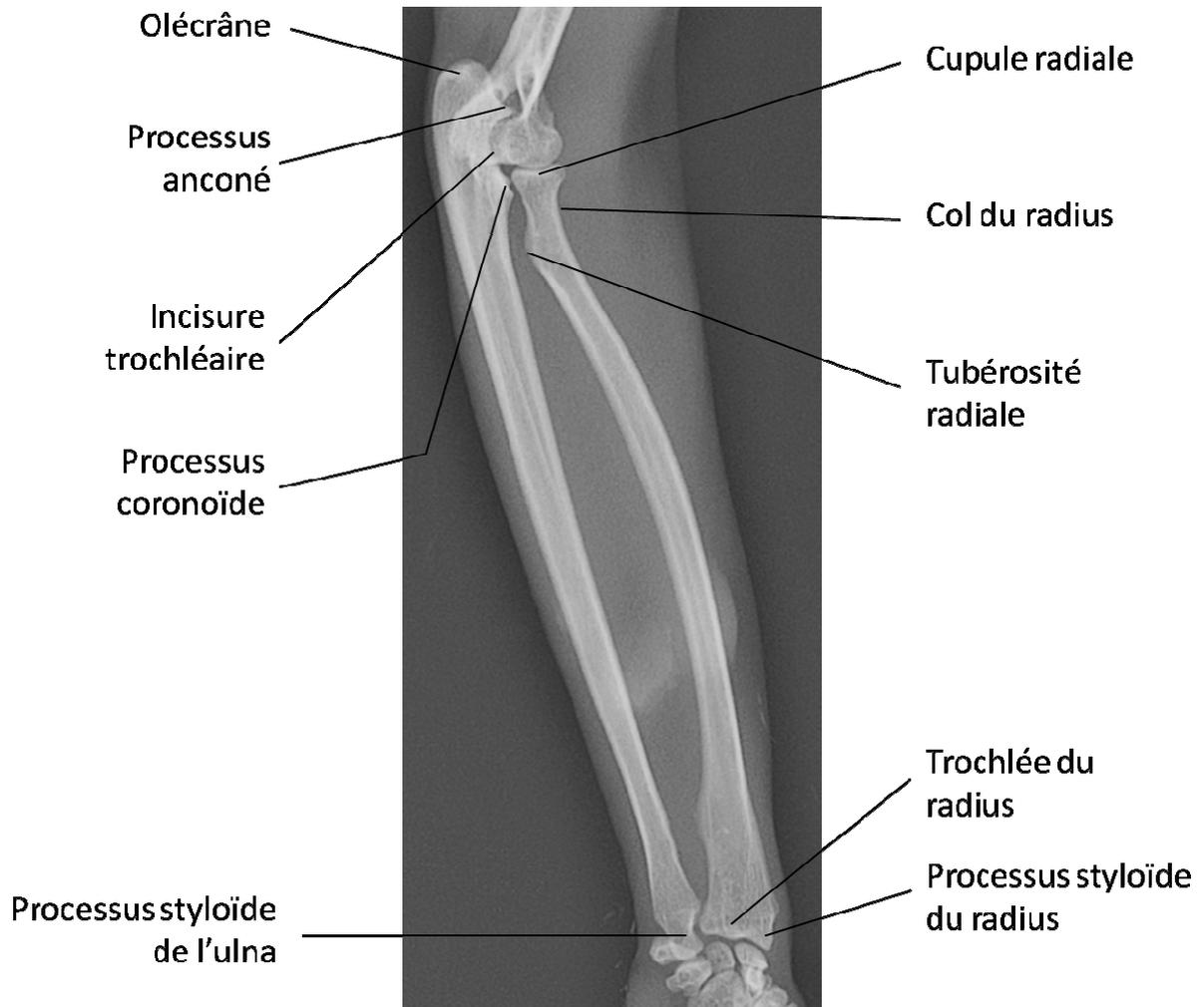
avec la tête de l'ulna par l'incisure ulnaire. On note aussi que sa face latérale se prolonge par le processus styloïde.

L'ulna, os médial de l'avant-bras, présente une circonférence qui progressivement diminue jusqu'à son extrémité distale ainsi que caudalement une légère courbure. La partie proximale, la plus massive, est constituée par l'olécrâne. Elle porte le processus anconé qui, avec le processus coronoïde, délimite l'incisure trochléaire s'articulant avec la trochlée humérale. Ces deux processus s'insèrent respectivement dans les fosses olécrânienne et coronoïde de l'humérus pour bloquer et limiter l'angle de flexion/extension du coude à 180°. La face latérale du processus coronoïde porte l'incisure radiale qui s'articule à l'ulna au niveau de la circonférence articulaire. Son extrémité distale, appelée tête de l'ulna, s'articule avec l'extrémité distale du radius lors des mouvements de pronation. Sur le bord médio-caudal, une saillie osseuse, le processus styloïde porte l'insertion de ligaments.

#### c) Intérêt des clichés

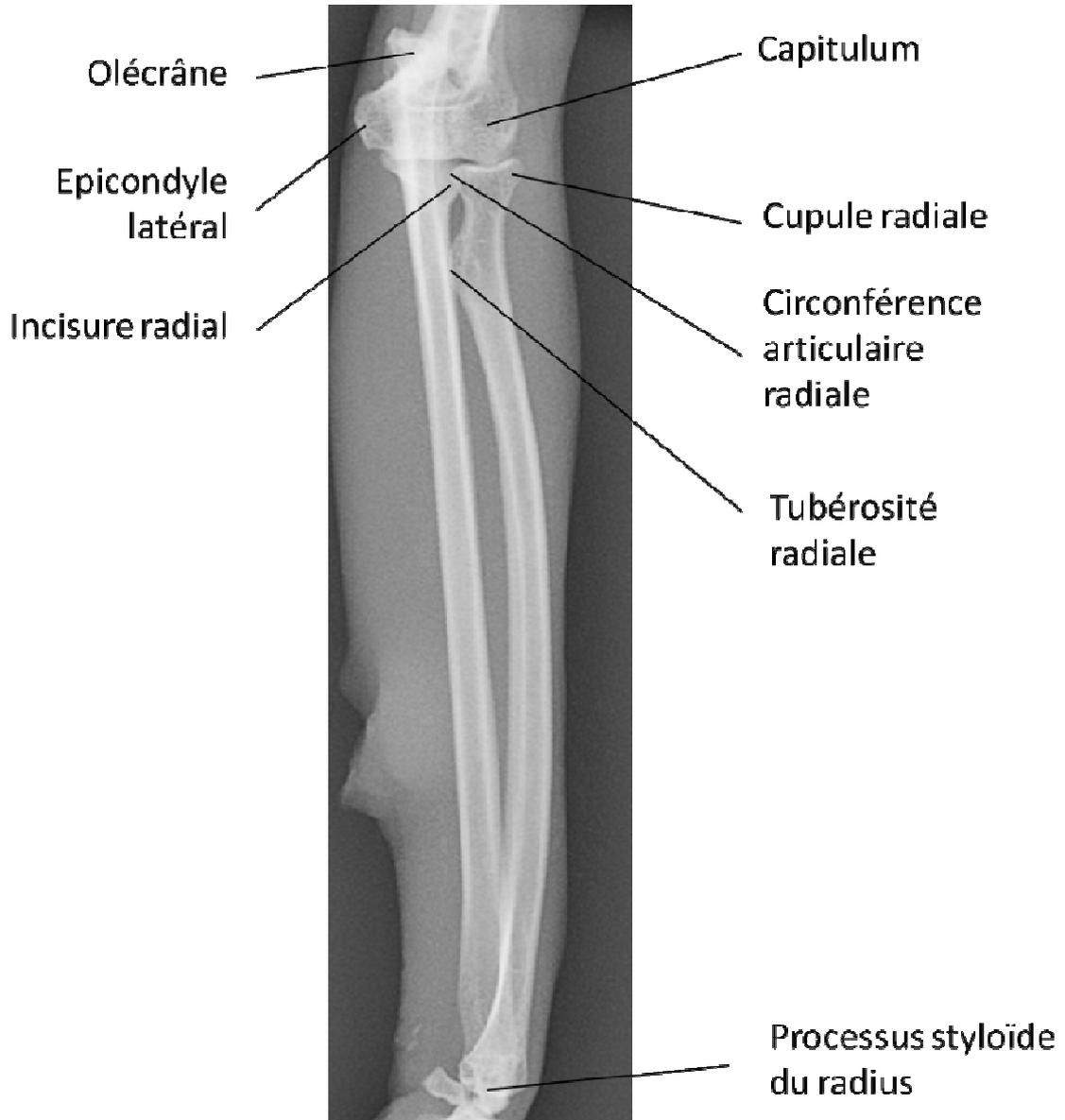
Ils permettent l'observation de l'intégralité du radius et de l'ulna, d'objectiver la présence de masses ou de proliférations osseuses lors de l'exploration de boiteries par exemple.

Radiographie du radius et de l'ulna, incidence médio-latérale



cliché n°22, original, ENVT

Radiographies du radius et de l'ulna, incidence crânio-caudale



cliché n°23, original, ENVT

Photographies de l'ulna, aspects latéral (a), médial (b) et crânial (c)

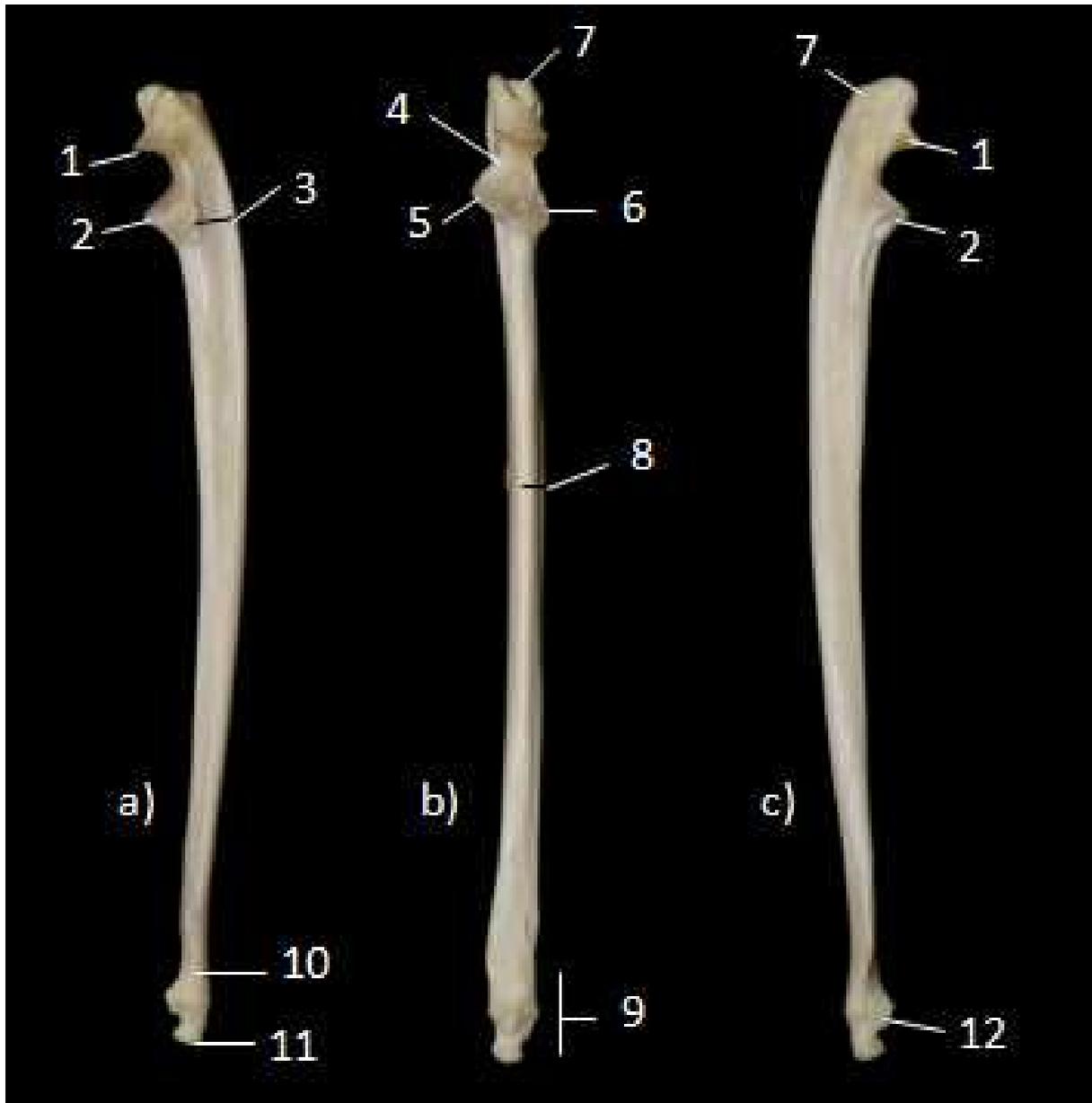


figure n°34 , original

culaire

carpienne

Photographies du radius, aspects latéral (a), médial (b) et crânial (c)

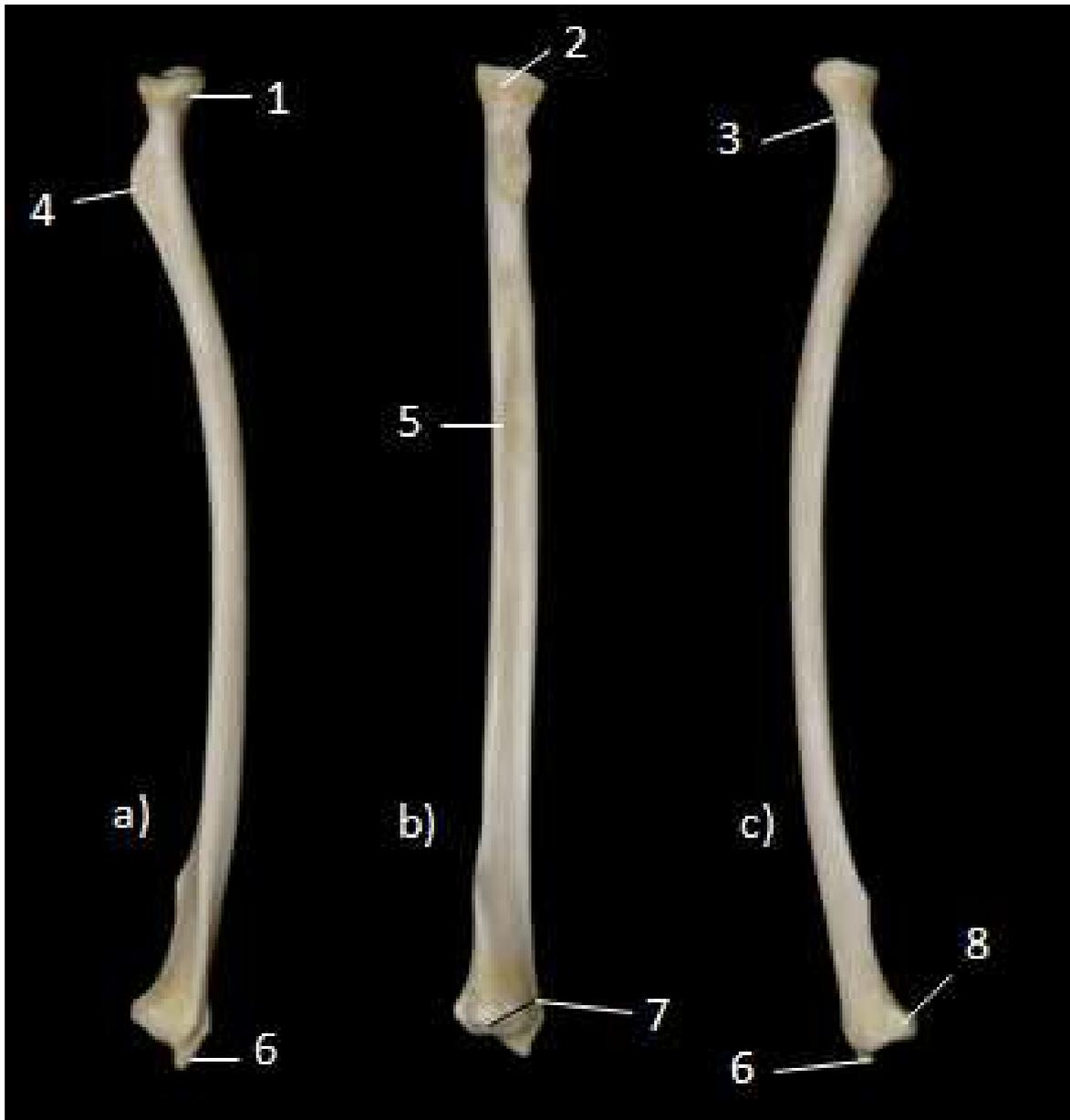


figure n°35, original

res carpiennes

## 2.5 - Squelette de la main

Cet ensemble d'os se divise en trois parties : le carpe, le métacarpe et les phalanges. Pour leur étude, on les radiographie sur un même cliché car la technique radiographique est identique. La grande proximité et les superpositions des différents os rendent leur observation difficile.

### a) Positions et critères de qualité

#### - Incidence médio-latérale

Position : l'animal est en décubitus latéral, le membre à radiographier est placé contre la table radiographique. Le faisceau directeur est centré sur les métacarpiens et le champ doit inclure l'articulation radio-carpienne et l'intégralité des doigts.

Critères de qualités : Superposition des métacarpiens.

#### - Incidence dorso-palmaire

Position : l'animal est en décubitus sternal, le membre à radiographier est étiré crânialement et placé contre la table, la main est maintenue en pronation. Le faisceau directeur est centré sur les métacarpiens et le champ doit inclure l'articulation radio-carpienne et l'intégralité des doigts.

Critères de qualités : Séparation des métacarpiens ainsi que du radius et de l'ulna.

### b) Observations anatomiques

#### - Carpe

Le carpe, ou poignet, s'articule avec l'avant-bras par l'intermédiaire du radius ainsi qu'avec les métacarpiens. Il est composé de 9 os indépendants permettant ainsi une grande mobilité articulaire. Ces os sont disposés en deux rangées superposées.

La rangée proximale, constituée de 5 os, s'articule avec l'avant-bras au niveau de l'articulation antébrachio-carpienne. Les os sont liés par de nombreux ligaments permettant de conserver la forme du carpe tout en donnant une grande liberté de mouvement.

L'os ulnaire du carpe / os pyramidal est placé du côté de l'ulna avec qui il s'articule par sa face proximale via le ligament triangulaire. Sa face distale s'articule avec l'os carpal IV, sa face médiale avec l'os intermédiaire du carpe et sa face palmaire avec l'os accessoire du carpe.

L'os accessoire du carpe apparaît comme un os hors rang en face palmaire, souvent considéré comme un os sésamoïde. Il entre avec l'os ulnaire dans l'articulation ulno-carpienne via sa face dorsale. Sa face palmaire reçoit la terminaison de nombreux muscles.

L'os intermédiaire / semi-lunaire placé en position centrale entre les os radial / scaphoïde et ulnaire, présente une forme de croissant de lune faisant saillie sur la face palmaire. Il joue un rôle prépondérant dans la biomécanique du poignet grâce à son articulation avec le radius via

sa face dorsale, convexe. Sa face interne, concave, s'articule médialement avec le scaphoïde et latéralement avec l'os ulnaire

L'os radial du carpe / scaphoïde est fortement lié avec l'os central mais ils restent différenciables sur les clichés. Ce sont les os les plus médiaux de la première rangée du carpe et ils forment la base de la colonne du pouce. L'os radial, partie proximale de cette association s'articule avec le radius et l'os intermédiaire tandis que l'os central, plus distal, s'articule avec les os carpaux II et III.

La rangée distale est constituée par 4 os et s'articule proximale avec les os de la première rangée et distalement avec les métacarpiens au niveau des articulations carpo-métacarpiennes.

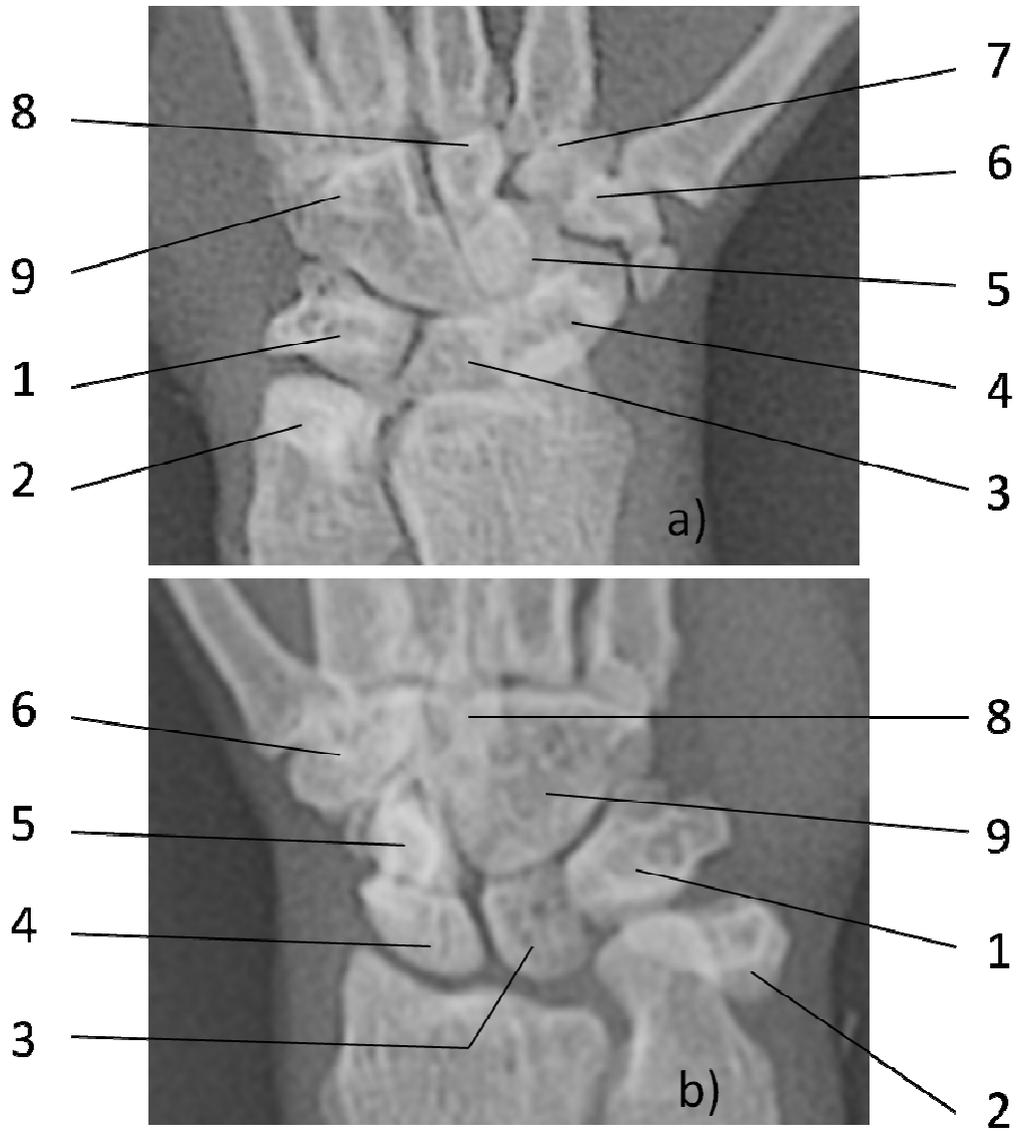
L'os carpal I / trapèze, os le plus médial, s'articule distalement avec le métacarpien I mais présente aussi une surface articulaire côté palmaire avec le métacarpien II. Sa partie proximale s'articule avec l'os central et aussi lors de la flexion du poignet avec l'os radial. Latéralement il s'articule avec l'os radial II.

L'os carpal II / trapézoïde, latéral à l'os carpal I, s'articule distalement avec le métacarpien II. Sa partie proximale s'articule avec l'os central du carpe. Par sa position imbriquée entre les os carpaux I et III, il présente aussi des surfaces articulaires sur la face dorsale avec ces deux derniers.

L'os carpal III / capitatum, présente une partie distale élargie portant deux surfaces articulaires distinctes pour les métacarpiens III et IV. Il est l'os le plus distal de la colonne du majeur formée avec l'os intermédiaire. Il s'articule sur sa partie proximale avec l'os intermédiaire, l'os scaphoïde et le semi-lunaire. Sa face médiale est aplatie pour permettre l'insertion de l'os carpal II.

L'os carpal IV / crochu, est l'os ulnaire de la deuxième rangée. Il présente une large partie distale qui s'articule avec les métacarpiens IV et V et présente sur sa face palmaire un crochet osseux. Il s'articule médialement avec le capitulum et sa partie proximale présente une forme oblique pour épouser la forme de la partie distale de l'os ulnaire.

Radiographies du carpe gauche, incidence dorso-palmaire (a) et palmaro-dorsale (b)



clichés n°24 et 25, originaux, ENVT

<p>trapezoïde apitatum rochu</p>
--

### - Métacarpiens

Les os métacarpiens, au nombre de 5, forment le squelette de la partie moyenne de la main et donc de la paume de la main. Ils présentent tous une structure commune. Le corps est allongé et cylindroïde avec une face dorsale et palmaire. L'extrémité proximale, ou base, est élargie et porte une grande surface articulaire plane pour répondre au carpe. Médialement et latéralement, on trouve des facettes articulaires pour s'articuler aux os métacarpiens voisins. L'extrémité distale, ou tête, forme un double condyle représentant un cylindre articulaire pour répondre au doigt correspondant flanqué latéralement de deux os sésamoïdes.

Le métacarpien I, plus épais et court que les autres, s'articule avec l'os carpal I et présente une légère rotation interne permettant la fonction de préhension entre le pouce et les autres doigts. Les 4 autres métacarpiens ont une structure anatomique plus proche. Le métacarpien III est le plus long et le V le plus petit.

### - Phalanges

Les doigts sont les appendices libres et mobiles qui terminent la main. Ils sont constitués de trois phalanges pour les doigts II à V, deux phalanges pour le doigt I, et de petits os complémentaires, les sésamoïdes. Les phalanges sont des os allongés dont la taille diminue en augmentant de rang.

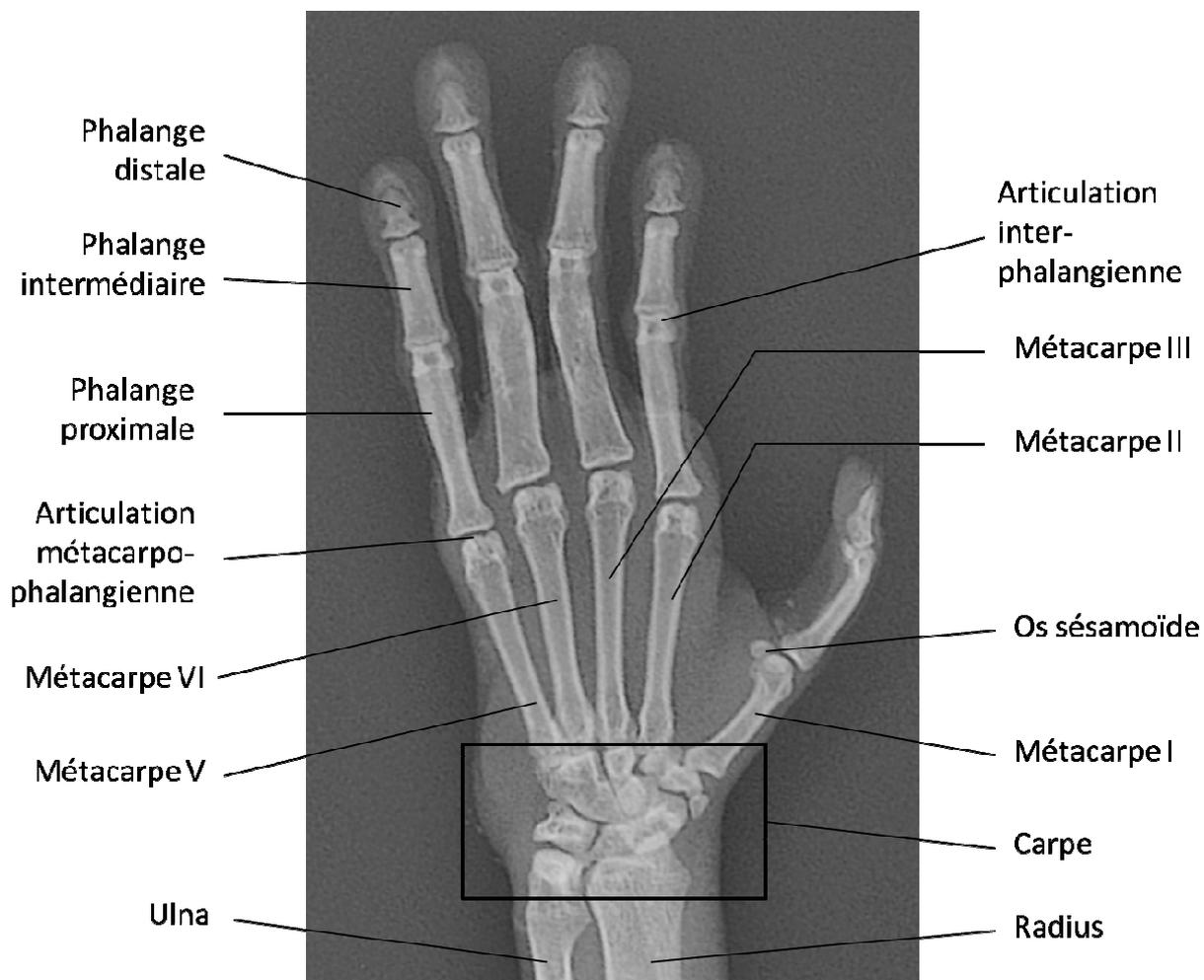
La phalange proximale possède à son extrémité proximale une surface articulaire appelée fosse articulaire répondant à l'os métacarpien correspondant. Les os sésamoïdes proximaux complètent l'articulation métacarpo-phalangienne en position palmaire. Le corps des phalanges des deux premiers rangs est aplati dans le sens dorso-palmaire contrairement à celui des phalanges du dernier rang qui est aplati latéralement. Ces dernières présentent aussi distalement une tête aplatie. Les articulations inter-phalangiennes sont constituées d'une surface articulaire en forme de trochlée répondant à la surface articulaire proximale de la phalange supérieure et de deux os sésamoïdes.

### c) Intérêt des clichés

L'incidence médio-latérale montre une superposition d'os peu exploitable, seul l'os accessoire du carpe est bien visible.

L'incidence dorso-palmaire permet d'apprécier l'intégralité des os du carpe, des métacarpiens et des phalanges et leurs différentes interactions articulaires.

Radiographie de la main gauche, incidence dorso-palmaire



cliché n°26, original, ENVT

Radiographie de la main gauche, incidence médio-latérale



cliché n°27, original, ENVT

Photographie de la main gauche, aspect dorsal

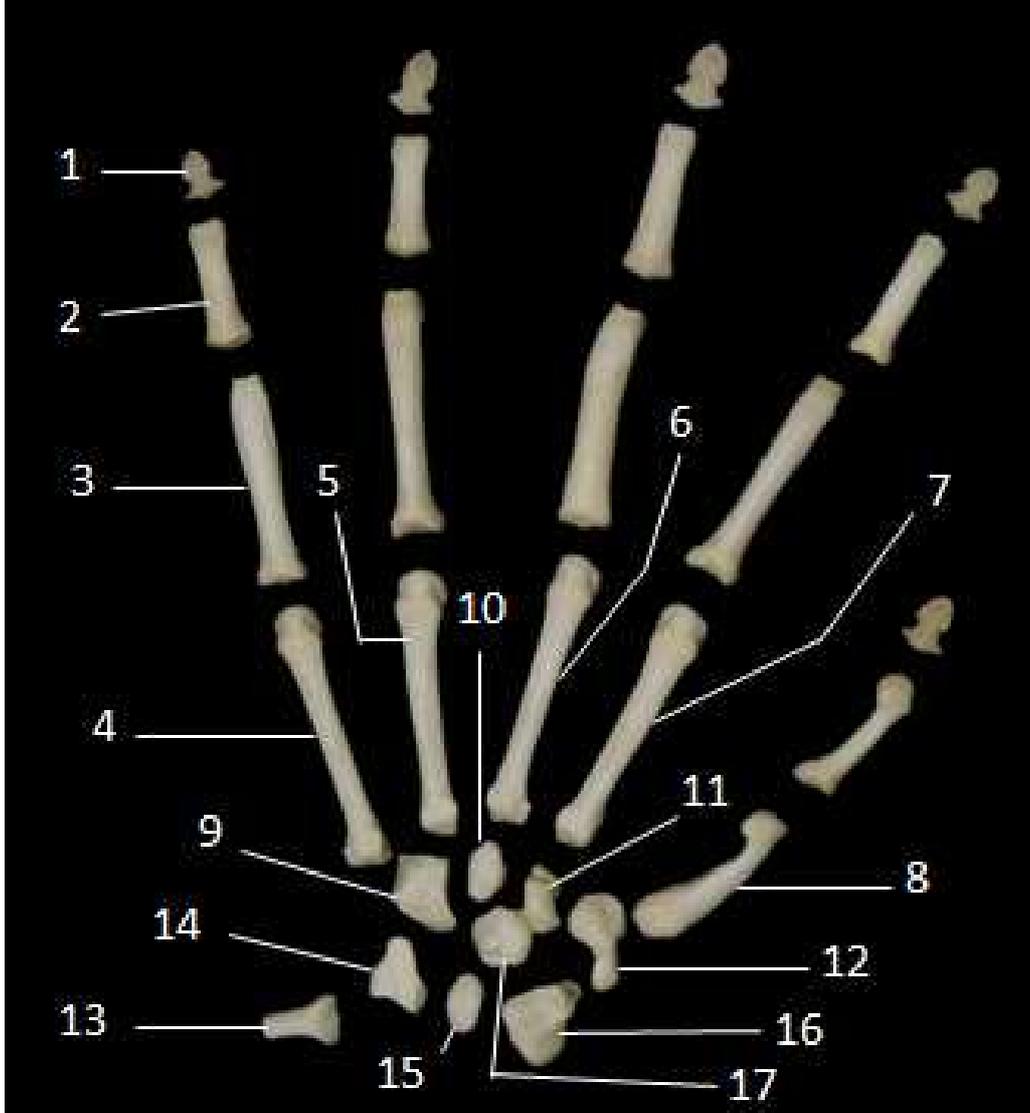


figure n°36, original

s accessoire  
s pyramidal  
s semi-lunaire  
s scaphoïde  
s central

### 3 - Membre pelvien

#### 3.1 - Ceinture pelvienne

La ceinture pelvienne, ou os coxal, est constitué de trois pièces osseuses soudées ensemble, une pièce dorsale, l'os ilium et deux autres pièces ventrales, l'os pubis et l'os ischium, plus caudales. Ces trois os convergent et s'unissent sur l'acétabulum destiné à donner appui à l'os de la cuisse, le fémur. L'os coxal s'unit avec son homologue du côté opposé par la symphyse pubienne. Ces deux os coxaux associés à l'os sacrum avec qui ils s'articulent forment le bassin. Ils délimitent ainsi la cavité pubienne, plus large entre les os iliaques qu'entre les ischiums.

##### a) Positions et critères de qualité

###### - Incidence ventro-dorsale

Position : l'animal est en décubitus dorsal, les membres pelviens sont étirés caudalement, la queue alignée dans l'axe de la colonne vertébrale. Le faisceau directeur est centré sur la partie la plus caudale du bassin et le champ doit inclure l'intégralité des deux os coxaux.

Critères de qualité : Superposition du sacrum à la symphyse pubienne;

Visualisation de l'intégralité des os du bassin, du sacrum et des têtes des fémurs:.

Position symétrique des trous obturés et des ailes iliaques par rapport à l'axe central.

###### - Incidence latérale

Position : l'animal est en décubitus latéral, les membres pelviens sont superposés et ramenés à 90° en position neutre, l'utilisation de tapis de mousse peut aider pour stabiliser le bassin et éviter toute rotation. La queue est placée dans la continuité de la colonne vertébrale. Le faisceau directeur est orienté sur les hanches, le champ doit inclure l'intégralité du bassin.

Critères de qualité : Visualisation de l'intégralité du bassin;

Superposition maximale des parties proximales des fémurs et des ailes de l'ilium.

##### b) Observations anatomiques

La partie crânio-dorsale de l'os coxal est constituée entièrement par l'os ilium. Ce dernier est constitué d'un corps portant des surfaces d'insertion de muscles et d'une aile portée par un col qui la rattache au col. L'aile, de forme allongée chez le maki catta, présente à son extrémité crâniale la crête iliaque déjetée latéralement, mieux visible sur le cliché d'incidence crânio-dorsale. Elle s'étend de l'épine iliaque ventro-crâniale portant la tubérosité coxale à l'épine iliaque dorso-crâniale portant la tubérosité sacrale. Les aponévroses des muscles fessiers s'attachent sur la face latérale de l'aile de l'ilium selon les lignes glutéales, chez *Lemur*

*catta*, la ligne glutéale caudale est très développée caudalement. Sa face médiale porte la tubérosité iliaque, surface articulaire répondant à l'os sacrum dans l'articulation sacro-iliaque. Cette articulation de type fibreuse permet de légers mouvements du sacrum par rapport aux ailes iliaques.

La partie moyenne est centrée sur l'acétabulum, visible sur le cliché d'incidence crânio-dorsale, contenant la fosse acétabulaire entourée par la surface semi-lunaire qui intervient dans l'articulation coxo-fémorale. Dorsalement se trouve l'épine sciatique.

La partie caudale présente la zone de liaison entre les deux os coxaux au niveau de la symphyse pubienne. Séparant l'os pubis, en position ventrale, et l'os ischium, en position dorsale, le trou obturé forme une vaste ouverture. Le pubis est formé d'un corps, prolongé ventralement par un processus pubien ventral développé, et par deux branches, une crâniale et une dorsale portant la surface symphysaire. L'ischium s'étale en une table osseuse, peu développée chez le maki *catta*, prolongée par deux branches encadrant le foramen obturé. Le prolongement latéral constitue le corps de l'ischium et le prolongement médial la branche de l'ischium. L'extrémité caudale de la table de l'ischium, appelée tubérosité ischiatique est une zone d'insertion de muscles peu développée chez les makis *cattas*. Le bord latéral de l'ischium forme la petite échancrure sciatique.

#### c) Intérêt des clichés

Incidence latérale : la superposition empêche la visualisation des articulations mais peut s'avérer utile pour l'observation de possibles lésions fracturaires ou pour décrire le sens de déplacement lors de luxation.

Incidence ventro-dorsale : le cliché permet une bonne visualisation complète des deux hémibassins ainsi que des diverses articulations du bassin. Il est indispensable lors de suspicion d'atteinte du bassin comme les boiteries, les luxations, les dysplasies ou les fractures.

Photographies de l'os coxal gauche, aspects latéral (a), ventral (b),  
médial (c) et dorsal (d)

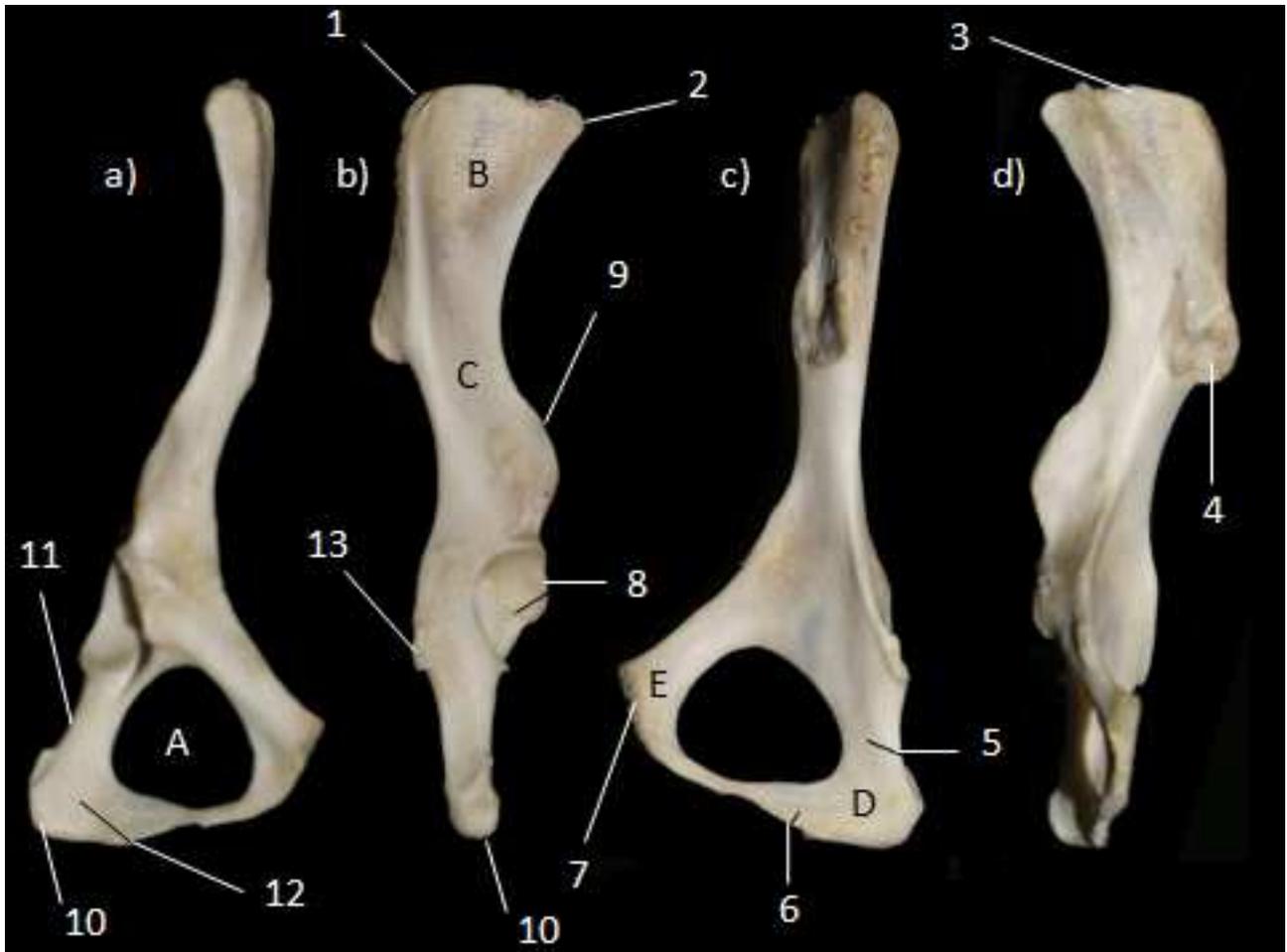
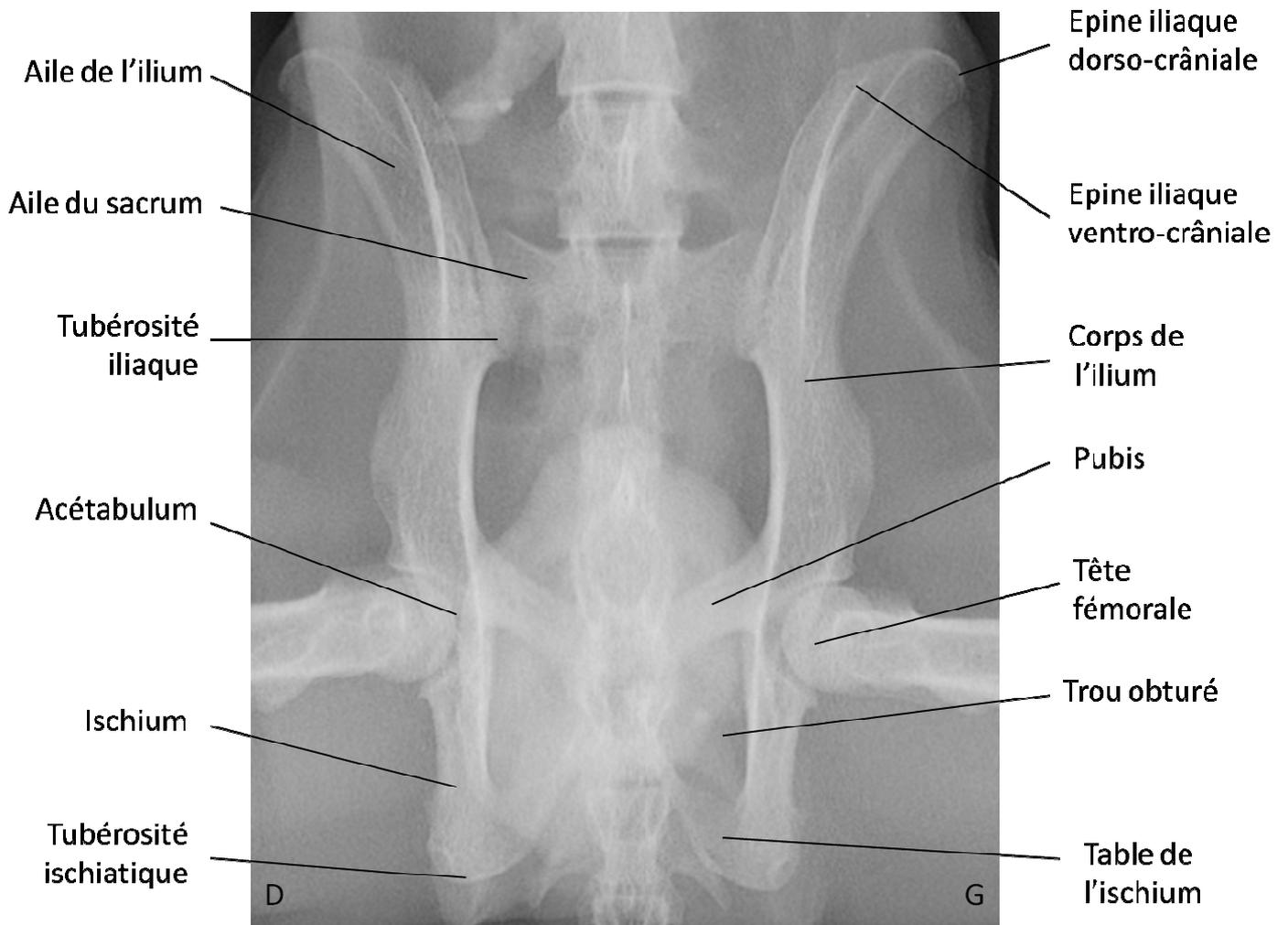


figure n°37, original

**A** Trou obturé  
**B** Aile de l'ilium  
**C** Col de l'Ilium  
**D** Ischium  
**E** Pubis

Radiographie de la ceinture pelvienne, incidence ventro-dorsale



cliché n°28, original, ENVF

Photographies du bassin, aspects ventral (a) et dorsal (b)

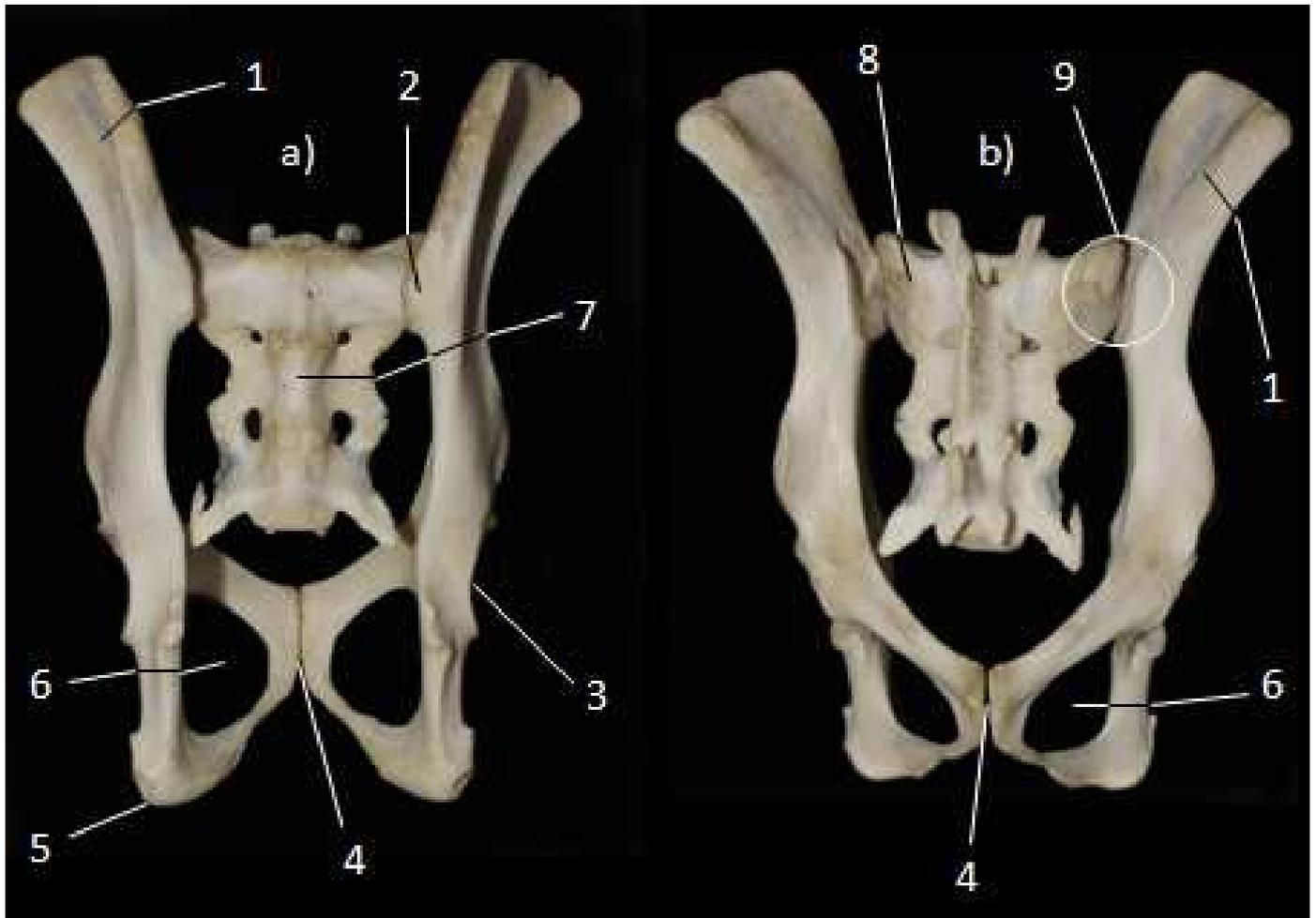
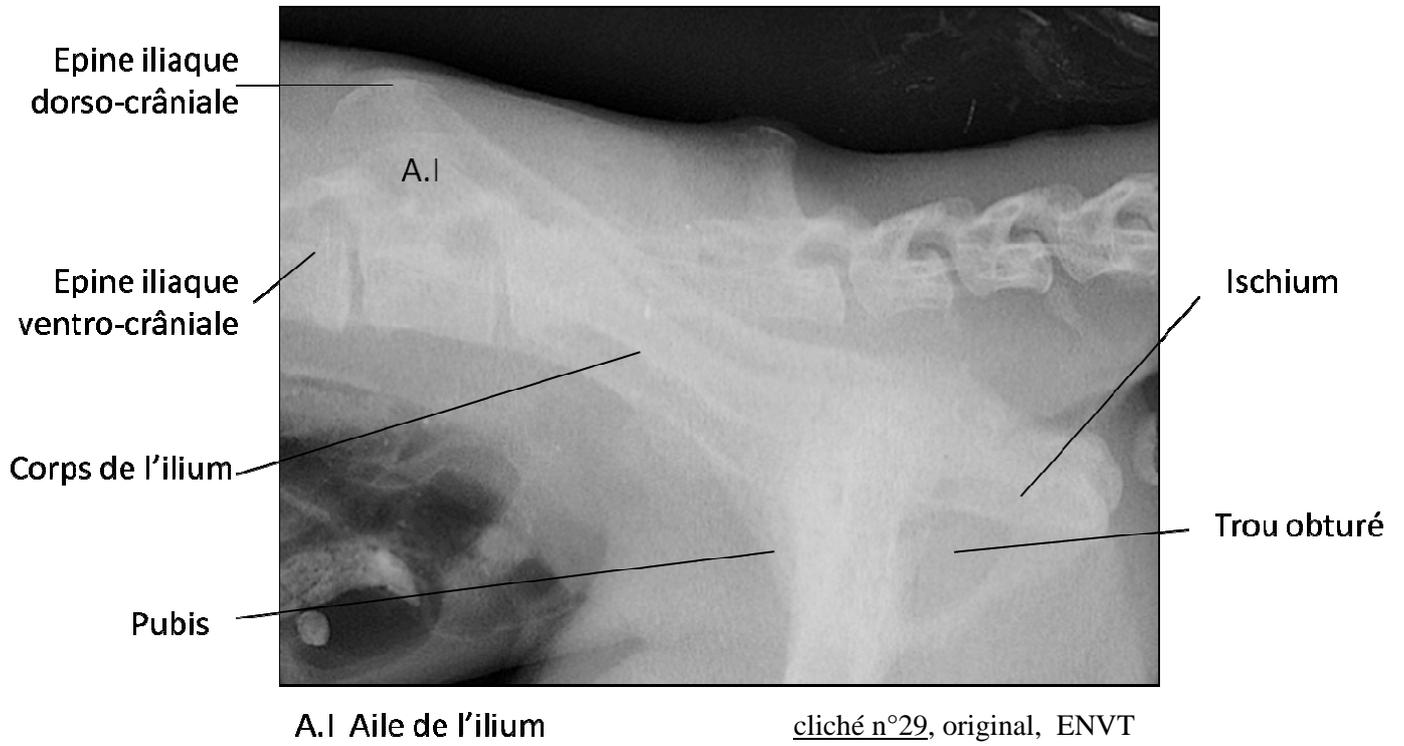


figure n°38, original

u sacrum  
l sacrum  
tion sacro-iliaque

Radiographie de la ceinture pelvienne, incidence latérale



### 3.2 - Articulation de la hanche

Le fémur, l'os de la cuisse, et le bassin sont reliés par l'articulation coxo-fémorale mettant en jeu l'acétabulum et la tête fémorale. Pour l'étudier, on effectue des clichés en incidence latérale et en incidence ventro-dorsale mais en positionnant les membres pelviens dans diverses postures pour permettre une meilleure observation des différents segments osseux intervenant dans l'articulation de la hanche.

#### a) Positions et critères de qualité

##### - Incidence latérale

Position : l'animal est placé en décubitus latéral, les membres pelviens ramenés ventralement et superposés. Le bassin est placé de manière à éviter toute rotation. Le faisceau directeur est orienté sur les hanches et le champ doit inclure la partie proximale du fémur et le bassin.

Critères de qualité : Visualisation du bassin et de la partie proximale du fémur;  
Superposition des têtes fémorales et des ailes iliaques;  
Non visualisation du col fémoral.

Le cliché étant identique au cliché n°29, il ne sera pas inclus une nouvelle fois.

##### - Incidence ventro-dorsale, hanche en extension

Position: l'animal est en décubitus dorsal, les membres pelviens sont mis en extension symétriquement au plan sagittal tout en exerçant une légère rotation interne pour permettre la visualisation des cols fémoraux et des grands trochanters. On radiographie les deux articulations sur un même cliché pour permettre une comparaison entre les deux côtés. Le faisceau directeur est orienté sur la symphyse pubienne et le champ doit inclure le bassin et les parties proximales des fémurs.

Critères de qualité : Symétrie du bassin, les ailes iliaques et les trous obturés doivent être symétriques par rapport au plan sagittal;

Visualisation des grands trochanters des têtes fémorales et des cols fémoraux.

##### - Incidence ventro-dorsale, hanche en flexion

Position: l'animal est en décubitus dorsal, les membres pelviens sont mis en abduction, les genoux pliés à 90°. On radiographie les deux articulations sur un même cliché pour permettre une comparaison entre les deux côtés. Le faisceau directeur est orienté sur la symphyse pubienne et le champ doit inclure le bassin et les parties proximales des fémurs.

Critères de qualité : Symétrie du bassin, les ailes iliaques et les trous obturés doivent être symétriques par rapport au plan sagittal.;

Visualisation des petits trochanters et grands trochanters peu visibles.

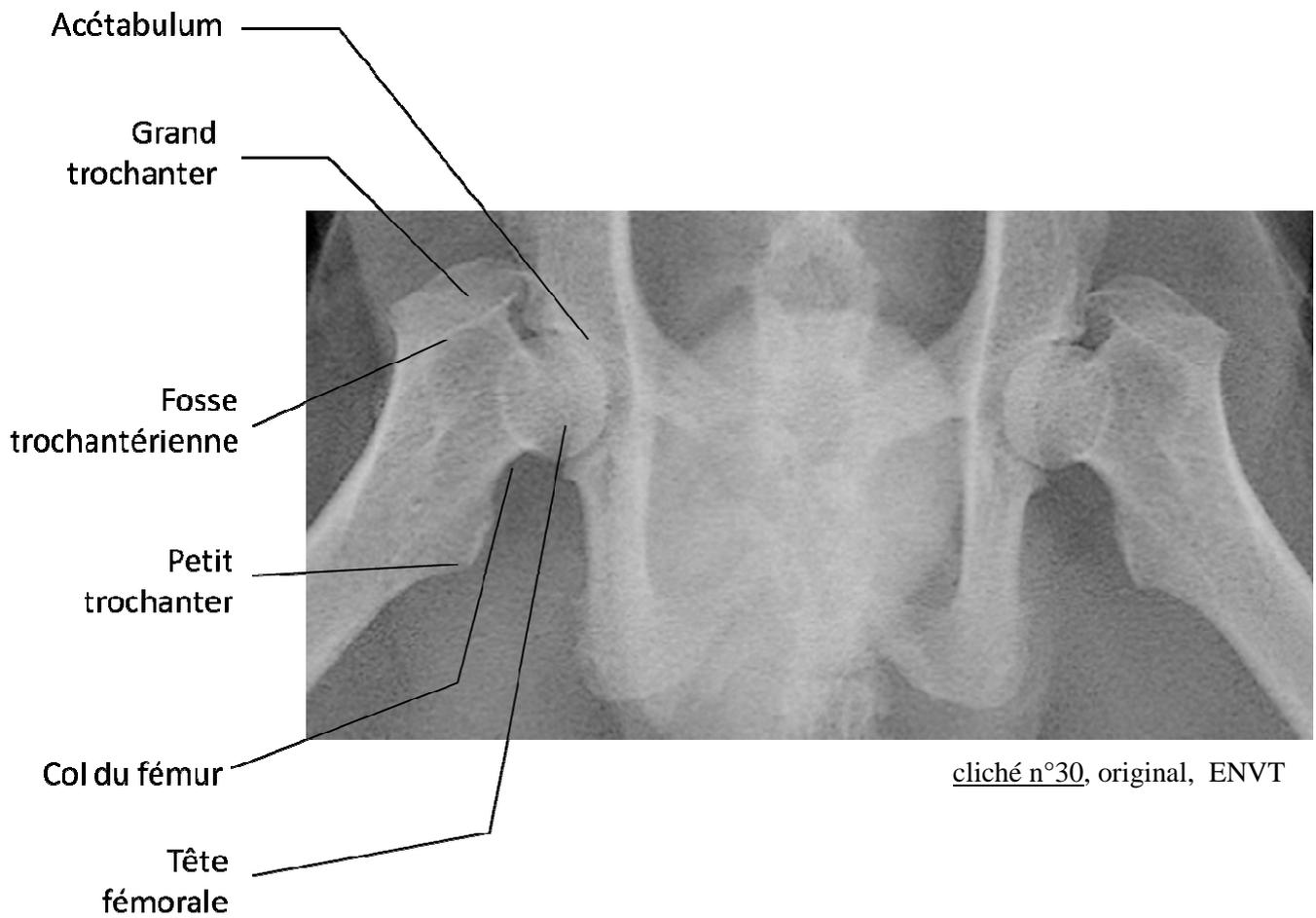
## b) Observations anatomiques

À la jonction des trois os formant l'os coxal, l'acétabulum contient l'incisure de l'acétabulum, voie d'accès à la fosse acétabulaire, dépression profonde de forme arrondie qui permet une grande amplitude de mouvement à la tête fémorale. Entourant au 3/4 cette fosse, la surface semi-lunaire délimite l'incisure. L'acétabulum présente un recouvrement important de la tête fémorale, visible sur les clichés d'incidence ventro-dorsale, permettant une bonne stabilité de cette articulation. La fosse est comblée par un paquet adipeux donnant l'impression d'espace sur les clichés. Pour répondre à l'acétabulum, l'épiphyse proximale du fémur comprend la tête fémorale orientée crânialement et médialement, en forme de sphère portée par un col. Elle est échancrée médialement par une fossette d'insertion ligamentaire, la fossette de la tête, zone d'accroche du ligament rond. Sur la face médiale, située sous le col, se trouve le petit trochanter, lieu d'insertion de muscles et de ligaments, visible sur le cliché lors de l'abduction. Plus crânialement et sur la face latérale, le grand trochanter, aussi volumineux que la tête, joue aussi un rôle dans la stabilité de l'articulation coxo-fémorale grâce à ses attaches ligamentaires et musculaires.

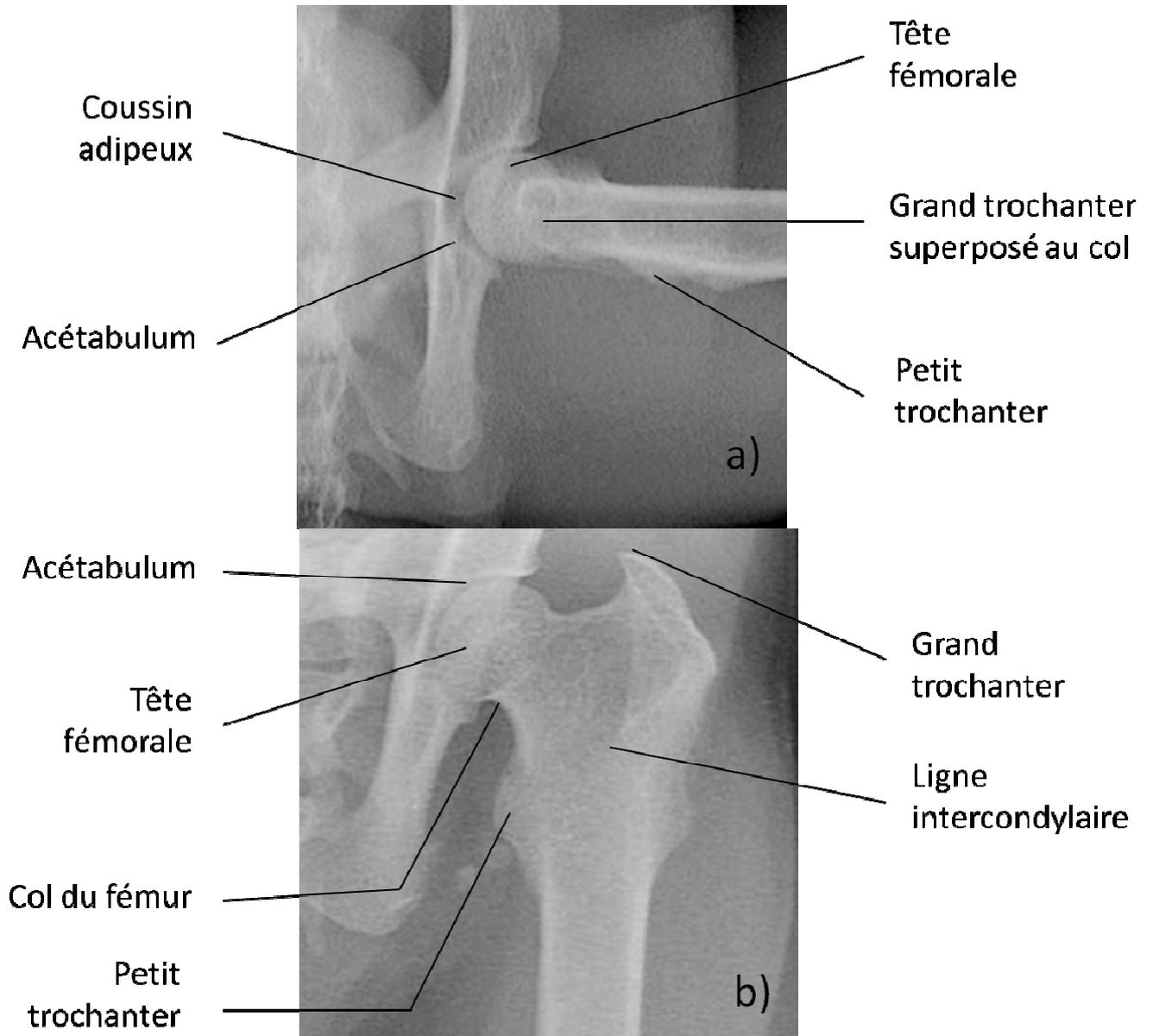
## c) Intérêt des clichés

Incidence latérale : le cliché permet la visualisation de l'intégrité de la diaphyse proximale du fémur mais à cause des superpositions, on a difficilement accès à l'articulation coxo-fémorale.  
Incidences ventro-dorsales : ils permettent la recherche de corps étrangers, de luxation, de signes arthrosiques ou de dégénérescence au niveau de l'articulation. Selon la position des membres, on visualise les différentes zones de la partie proximale du fémur (col, tête ou trochanters) ou de l'acétabulum.

Radiographie des hanches, incidence ventro-dorsale, membres pelviens en position neutre



Radiographies de l'articulation de la hanche gauche, incidence ventro-dorsale  
en abduction (a) et en extension (b)



clichés n°31 et 32, originaux, ENVT

Photographie de la hanche gauche, aspect ventral, avec rotation du membre (a) et en extension(b)

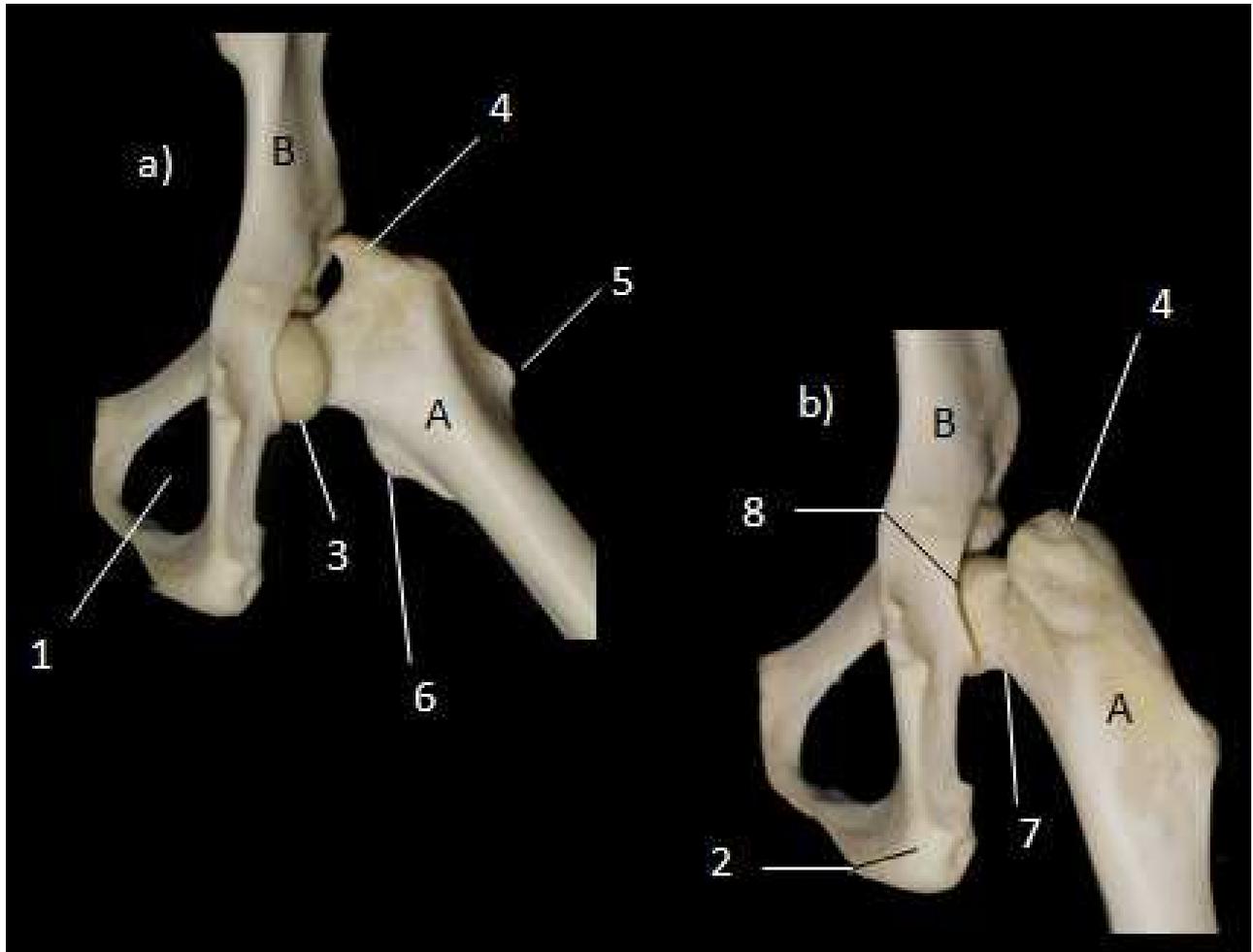


figure n°39, original

Fémur  
Os coxal

### 3.3 - Fémur

Il est l'unique os de la cuisse. Os long, il s'articule par son épiphyse proximale au bassin via l'articulation coxo-fémorale, composée de l'acétabulum de l'os coxal et la tête fémorale, et par son épiphyse distale à la jambe grâce à l'articulation du genou composée du fémur, du tibia, de la fibula et de la patelle.

#### a) Positions et critères de qualité

##### - Incidence médio-latérale

Position : l'animal est en décubitus latéral, le membre à radiographier est placé contre la table, le tarse légèrement surélevé pour aligner les axes du fémur et du tibia et éviter la rotation du grasset. Le genou est plié à 90°. Le membre controlatéral est tiré caudalement et placé en abduction pour éviter toute superposition et libérer l'articulation coxo-fémorale. Le faisceau directeur est orienté sur le milieu du fémur et le champ doit inclure l'intégralité du fémur ainsi que les articulations coxo-fémorales et du grasset.

Critères de qualité : Superposition des condyles fémoraux;  
Visualisation du petit trochanter, visualisation réduite du grand trochanter.

##### - Incidence crânio-caudale

Position : l'animal est en décubitus dorsal, le membre à radiographier est placé en extension contre la table en effectuant une légère rotation interne pour dégager la tête fémorale. Le faisceau directeur est orienté sur le milieu de la diaphyse fémorale et le champ doit inclure l'intégralité du fémur ainsi que les articulations coxo-fémorale et du grasset.

Critères de qualité : Position symétrique de la patelle entre les condyles fémoraux;  
Visualisation des deux articulations du grasset et coxo-fémorales.

#### b) Observations anatomiques

Le fémur est l'os le plus long et solide du squelette du maki catta. Il est rectiligne et comme tout os long, est composé d'une diaphyse et de deux épiphyses.

L'épiphyse proximale comprend la tête fémorale, sphère d'orientation cranio-médiale qui s'articule avec l'acétabulum de l'os coxal. Elle est portée par un col qui la rattache au reste du fémur et qui est encadré dorsalement et ventralement par des proéminences osseuses visibles radiologiquement, les trochanters. À la jonction entre le col et la partie dorsale du corps fémoral, le grand trochanter est le support de nombreux muscles. Sa surface médiale présente à sa base une dépression appelée la fosse trochantérique, bordée caudalement par la crête intertrochantérique, zone d'attache du ligament ilio-fémoral, qui est peu développée chez *Lemur catta*. Sur la face caudale, le petit trochanter est situé juste sous le col.

Dans la continuité du grand trochanter, face latérale, au même niveau que le petit trochanter se trouve la tubérosité glutéale. Radiologiquement, on visualise bien les deux corticales radio-opaques de la diaphyse fémorale.

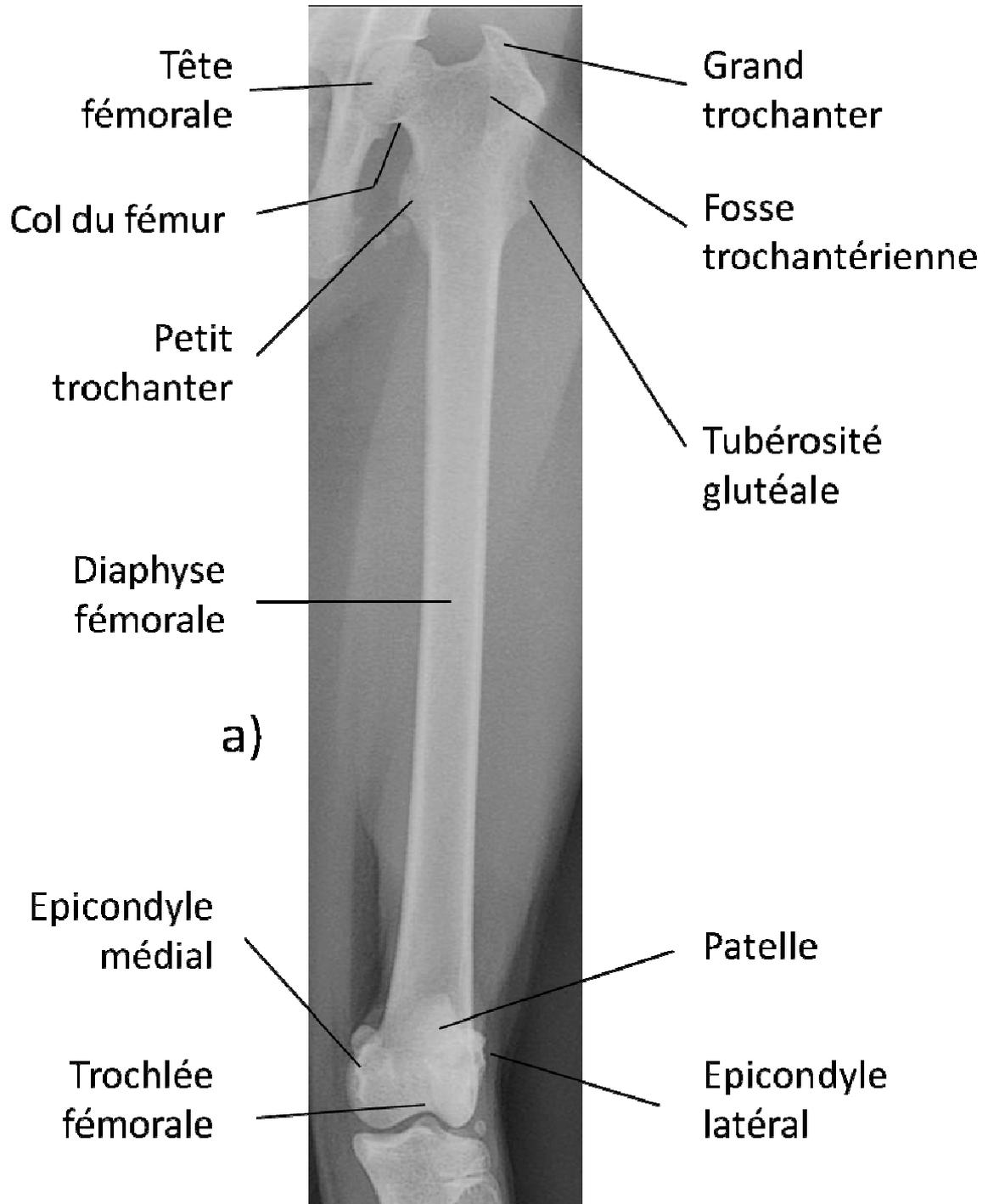
L'épiphyse distale présente plusieurs surfaces articulaires répondant à la patelle, au tibia et à la fibula dans le complexe articulaire du grasset. La face crâniale porte la trochlée fémorale s'articulant avec la patelle. Elle est constituée d'une gorge bordée par deux lèvres, une latérale et une médiane plus épaisse chez le maki catta. Elle n'est pas visible sur les clichés. La face caudale porte deux structures articulaires massives, les condyles médial et latéral qui s'articulent avec le tibia et sont séparés par la fosse intercondyalaire. Chacun d'entre eux est surmonté par un épicondyle, lieu d'attache de ligaments. Les condyles apparaissent lisses, ronds et sont superposés sur le cliché de profil. On les visualise plus facilement sur la vue de face où ils se superposent à la patelle, le condyle latéral apparaissant plus fin que le médial.

#### c) Intérêts des clichés

Incidence médio-latérale : ce cliché permet l'observation de l'intégrité du fémur en cas de suspicion de lésions.

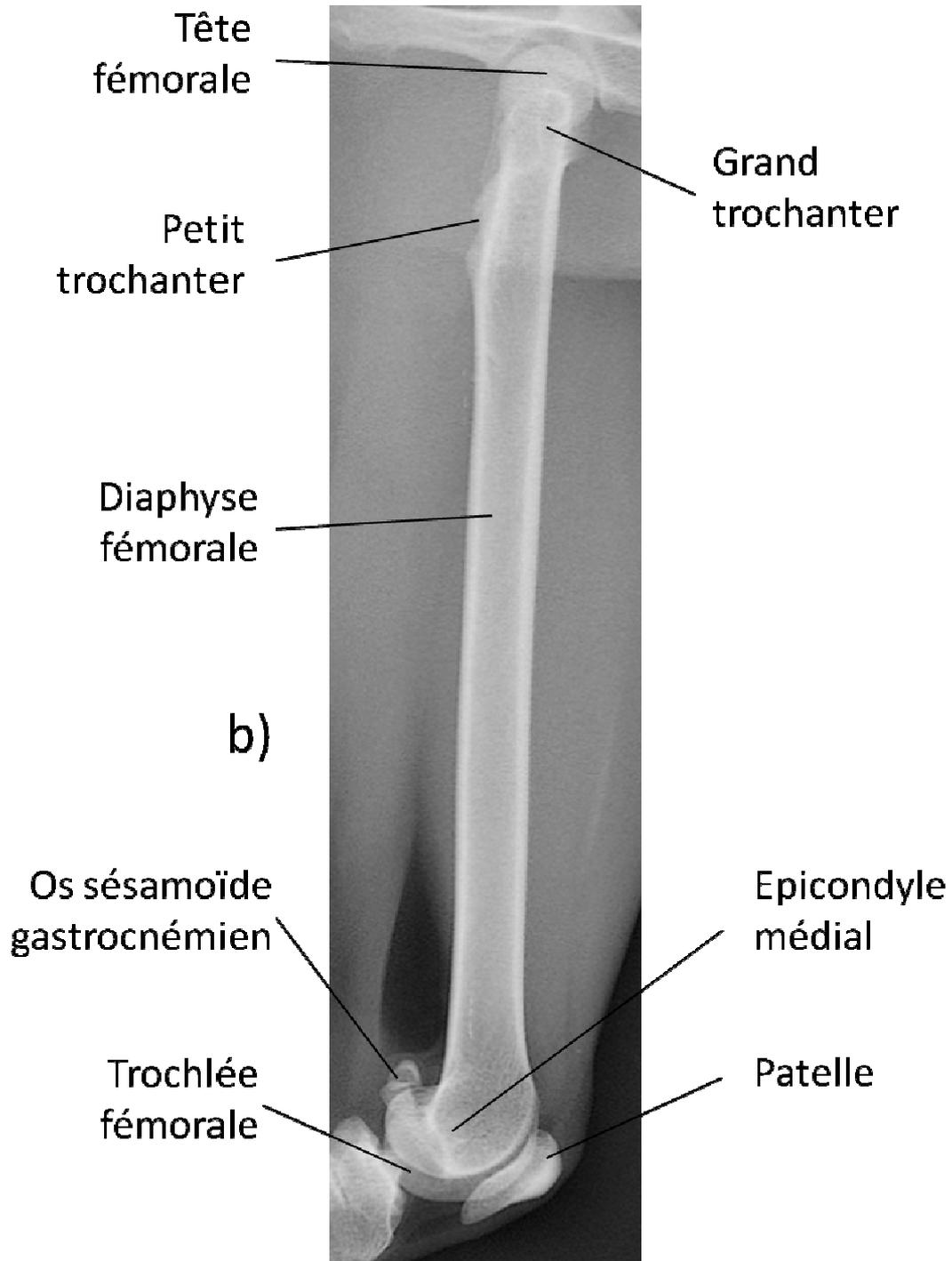
Incidence crânio-caudale : comme le précédent, il permet de visualiser l'intégralité du fémur mais il peut aussi servir à calculer l'angle cervico-diaphysaire du fémur, angle entre le col et la diaphyse, utile lors de la suspicion de dysplasie par exemple.

Radiographie du fémur gauche, incidence crânio-caudale (a)



cliché n°33, original, ENVT

Radiographie du fémur gauche, incidence médio-latérale (b)



b)

cliché n°34, original, ENVT

Photographies du fémur gauche, aspects crânial (a), médial (b),  
caudale (c) et latéral (d)

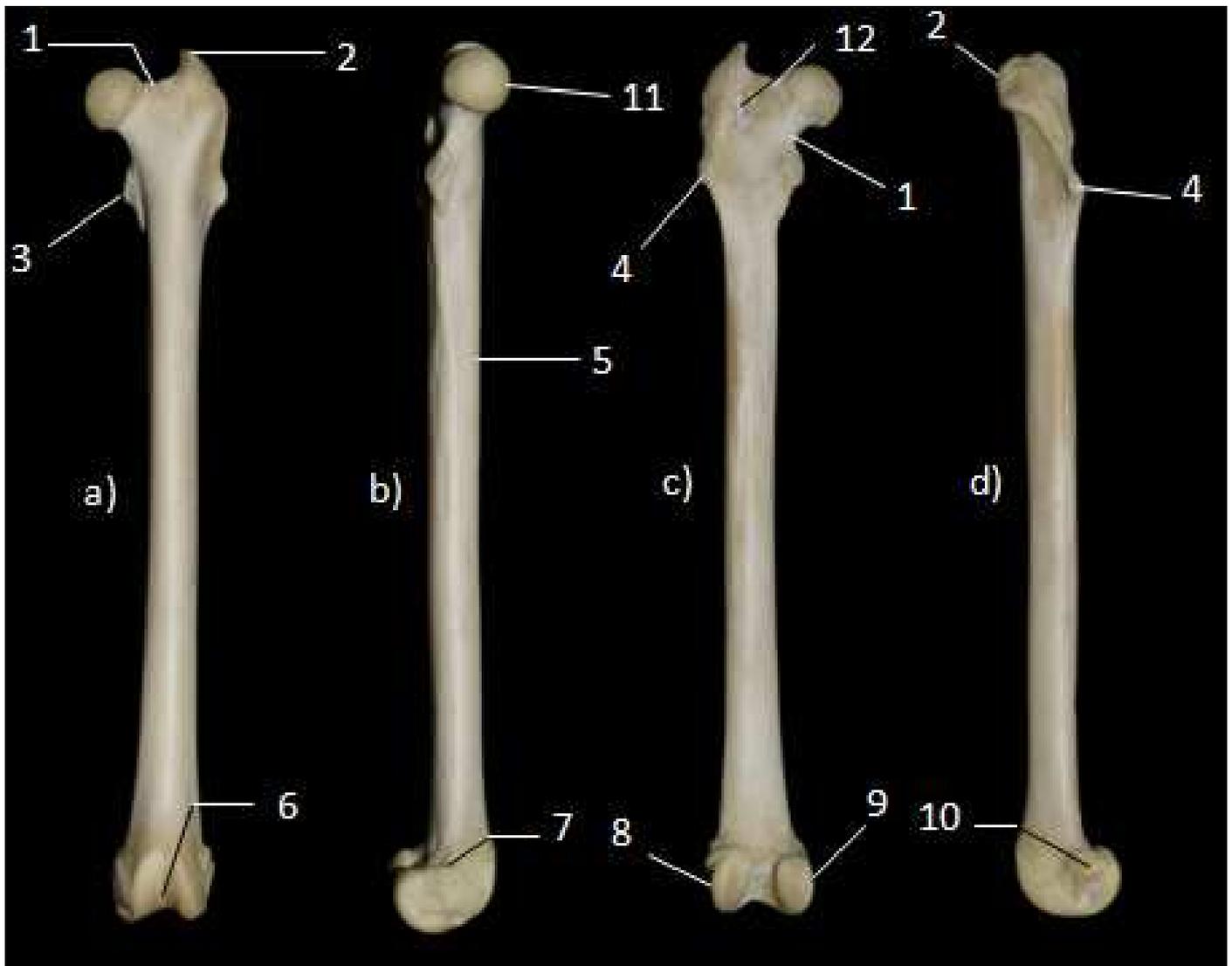


figure n°40, original

condyle latéral  
 picondyle latéral  
 tête fémorale  
 fosse trochantérique

### 3.4 - Articulation du genou (ou grasset)

L'articulation du grasset permet de joindre la cuisse à la jambe et met en jeu le tibia, le fémur et la patelle. On la décompose en trois articulations, l'articulation fémoro-patellaire entre la patelle et la trochlée fémorale et une double articulation fémoro-tibiale entre les condyles fémoraux et tibiaux. Le grasset est une articulation moins mobile que le coude et permet de larges mouvements de flexion et d'extension mais des mouvements de rotation très limités.

#### a) Positions et critères de qualité

##### - Incidence médio-latérale

Position : l'animal est en décubitus latéral, le membre à radiographier est placé contre la cassette radiographique, le tarse est légèrement surélevé pour éviter les rotations et obtenir une bonne superposition des condyles fémoraux. Le membre controlatéral est mis en abduction ou étiré caudalement. Le faisceau directeur est orienté sur le grasset et le champ doit inclure l'articulation du grasset, le tiers distal du fémur et le tiers proximal du tibia. Pour une meilleure observation, on peut effectuer des clichés avec le grasset en position neutre et en flexion à 90°

Critères de qualité : Superposition des condyles fémoraux.

##### - Incidence crânio-caudale

Position : l'animal est en décubitus dorsal, le membre à radiographier est étiré caudalement en effectuant une légère rotation interne afin de placer la patelle au zénith. Le faisceau directeur est orienté sur le grasset et le champ doit inclure l'articulation du grasset, le tiers distal du fémur et le tiers proximal du tibia. On effectue généralement un cliché pour chaque grasset pour pouvoir effectuer des comparaisons.

Critères de qualité : Tête de la fibula non visible;

Position centrale de la patelle au milieu des deux condyles fémoraux;

Position symétrique des tubercules intercondyliques par rapport à la fosse intercondylole.

#### b) Observations anatomiques

On décompose le grasset en trois articulations

L'articulation fémoro-patellaire s'effectue entre la trochlée fémorale et la patelle, observable surtout sur le cliché de profil. Sur sa face crâniale, la partie distale du fémur est composée d'une gorge bordée par deux lèvres, une médiale et une latérale formant la trochlée fémorale où vient glisser la patelle. C'est un os sésamoïde du tendon terminal du muscle droit de la cuisse. Cet os court situé crânialement à la trochlée fémorale reçoit la terminaison de

nombreux muscles de la cuisse et transmet leur action au tibia. Sa base est la partie proximale qui est épaisse et élargie contrairement à la partie distale qui se rétrécit et se loge entre les lèvres de la trochlée. Elle s'articule au tibia sur sa face caudale dont la forme est moulée à celle de la trochlée. Sa face crâniale est convexe. Sur le cliché de profil, on visualise une zone plus radio-transparente formant un triangle entre la patelle, le plateau tibial et le ligament tibio-patellaire qui correspond à un coussin adipeux.

Les articulations fémoro-tibiales s'effectuent entre les condyles fémoraux et tibiaux. Sur sa face caudale, la partie distale du fémur porte deux condyles séparés par la fosse intercondyloire et surmontés par deux épicondyles. Le condyle latéral porte une fosse de l'extenseur ainsi qu'une fosse du muscle poplité. Ces condyles s'articulent avec le plateau tibial, la volumineuse extrémité proximale du tibia. Cette surface articulaire porte deux condyles, un latéral et un médial plus large répondant respectivement au condyle latéral et médial du fémur. Le condyle tibial latéral présente aussi une surface articulaire pour la fibula, le tubercule latéral, et plus crânialement, une large échancrure appelée gouttière des extenseurs permettant le passage du tendon du muscle extenseur commun des doigts. Ces deux condyles sont séparés par l'éminence intercondyloire formée de deux tubercules intercondyloires médial et latéral.

Sur le cliché de face, on remarque la dissymétrie des condyles tibiaux, le médial étant plus large. On peut noter la différence de radio-opacité des lignes sous-chondrales plus importante au niveau médial liée à la différence de contrainte exercée. L'articulation du grasset comprend aussi trois os accessoires, l'os sésamoïde du muscle poplité, visible latéralement à l'articulation et les os sésamoïdes du muscle gastrocnémien, caudaux aux condyles fémoraux.

#### c) Intérêts des clichés

Incidence médio-latérale : ce cliché permet de visualiser le contour des condyles fémoraux, l'intégrité du plateau tibial ou de la patelle. On peut aussi voir le volume du coussin adipeux et la place des sésamoïdes. Ce cliché est préconisé pour l'investigation de boiterie des postérieurs et en variant l'angle de flexion ainsi que la position, il permet d'explorer en partie l'articulation en recherchant une inflammation, une dégénérescence, un corps étranger, des lésions arthrosiques ou une luxation.

Incidence crânio-dorsale : ce cliché permet une visualisation limitée de l'articulation mais il met en avant l'interligne tibio-fémoral ce qui permet d'en évaluer l'épaisseur lors par exemple de suspicion d'arthrose.

Radiographie du grasset gauche, incidence médio-latérale  
 Photographie du grasset gauche, aspect médial



cliché n°35, original, ENVT

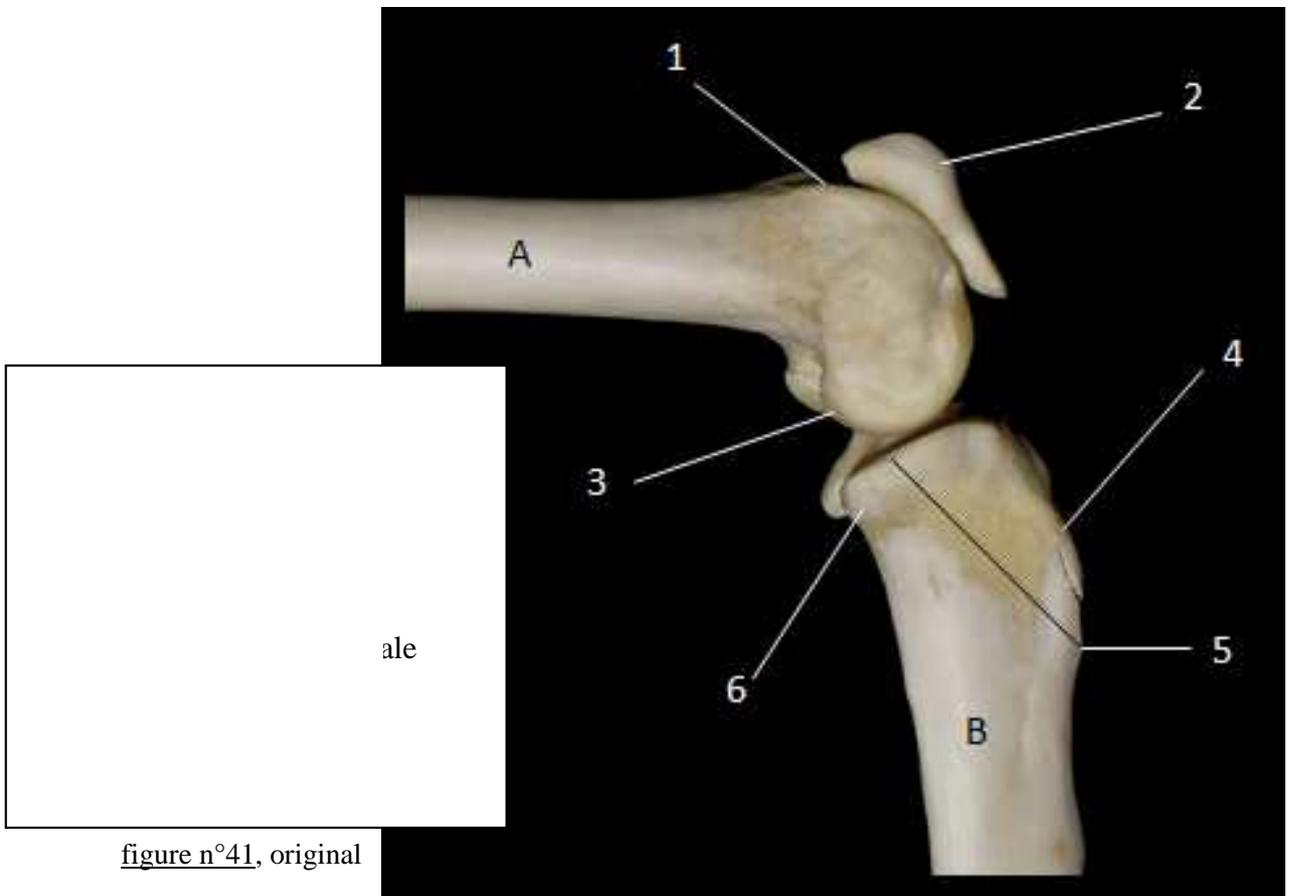
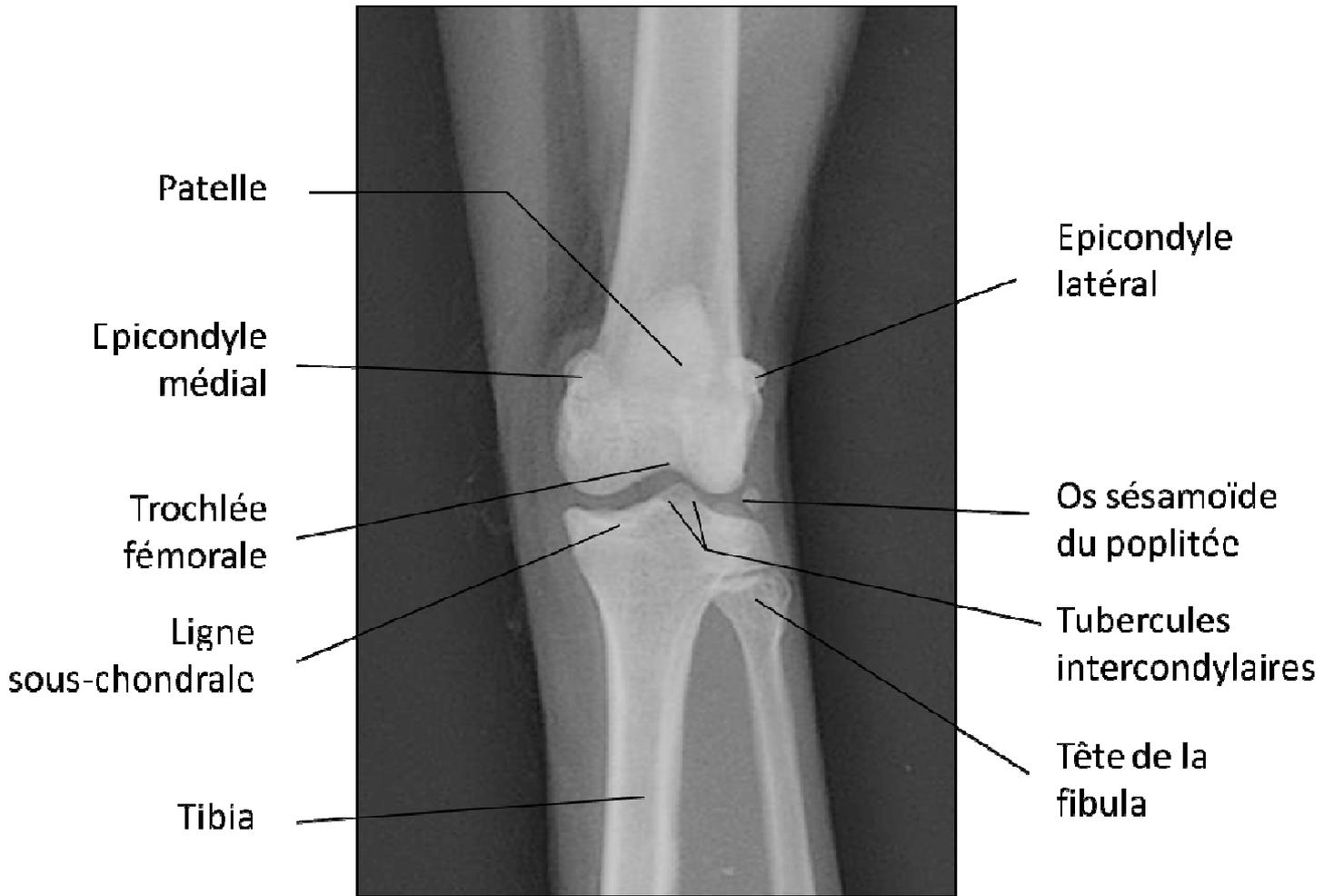


figure n°41, original

Radiographie du grasset gauche, incidence crânio-caudale



cliché n°36, original, ENVT

Photographie du grasset gauche, aspect crânial en position éclatée (a) et normale (b)

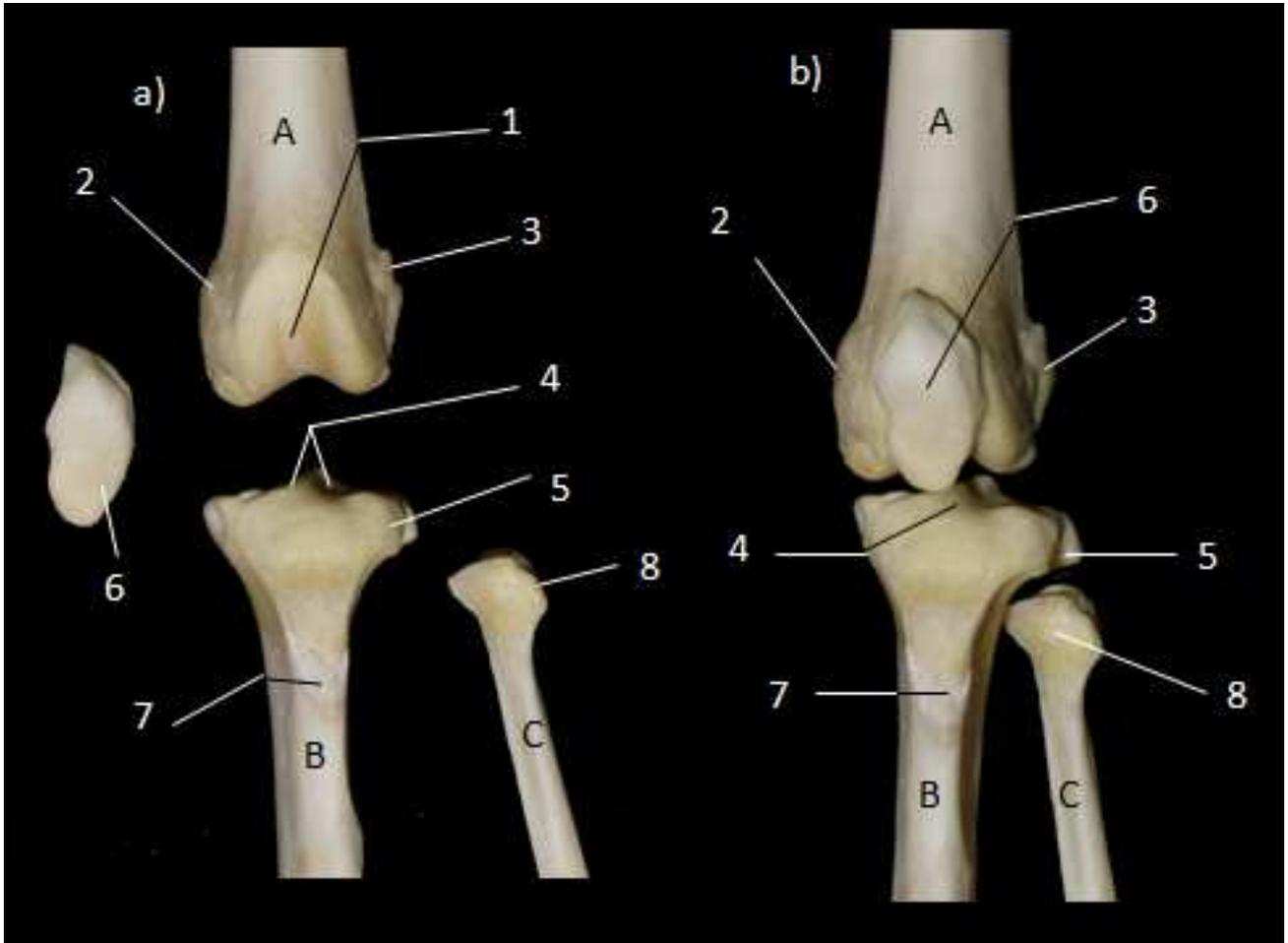


figure n°42, original

**A** Fémur  
**B** Tibia  
**C** Fibula

### 3.5 - Tibia et Fibula

La jambe est constituée de deux os, l'un médial et prépondérant, le tibia et l'autre latéral, la fibula. Ces os n'effectuent l'un sur l'autre aucun mouvement comparable à la pronation ou la supination comme l'avant-bras. Par conséquent, ils restent à peu près parallèles l'un à l'autre.

#### a) Positions et critères de qualité

##### - Incidence médio-latérale

Position: l'animal est en décubitus latéral, le membre à radiographier est placé contre la table radiographique en position neutre. Le membre controlatéral est étiré caudalement ou placé en abduction. Le faisceau directeur est centré sur le milieu de la jambe et le champ doit inclure l'intégralité du tibia et de la fibula ainsi que les articulations du grasset et du jarret.

Critères de qualité : Superposition des condyles tibiaux;  
Position de profil du calcaneus.

##### - Incidence crânio-caudale

Position : l'animal est en décubitus dorsal, le membre à radiographier est étiré caudalement et placé contre la table, le pied laissé en position neutre pour éviter la superposition avec l'extrémité distale du tibia. Le faisceau directeur est centré sur le milieu de la jambe et le champ doit inclure l'intégralité du tibia et de la fibula ainsi que les articulations du grasset et du jarret.

Critères de qualité : Visualisation des deux malléoles;  
Position centrale de la patelle au milieu des deux condyles fémoraux;  
Position symétrique des tubercules intercondyliques par rapport à la fosse intercondylienne.

#### b) Observations anatomiques

L'os principal de la jambe est le tibia. C'est un os long qui s'articule par sa partie proximale avec les condyles du fémur, par sa partie distale avec les os du tarse, essentiellement le talus et latéralement avec la fibula. Comme tous les os longs, il possède une diaphyse et deux épiphyses. L'extrémité proximale comprend une large surface articulaire, le plateau tibial s'articulant avec le fémur, composé de deux condyles, un médial et un latéral. Ce dernier porte un tubercule latéral s'articulant avec la fibula ainsi qu'une large échancrure, en position crâniale, la gouttière des extenseurs. Les deux condyles sont séparés par l'éminence intercondylienne formée de deux tubercules intercondyliques, un latéral et un médial. Le bord crânial du corps du tibia, porte la crête tibiale, où se dessine une tubérosité volumineuse visible sur le cliché de profil, la tubérosité tibiale, qui est un lieu d'insertion du ligament patellaire. L'extrémité distale porte la surface articulaire répondant au tarse formée par deux

gorges parallèles formant la cochlée tibiale. Médialement se trouve la malléole médiale et latéralement se trouve l'incisure fibulaire pour s'articuler avec la fibula.

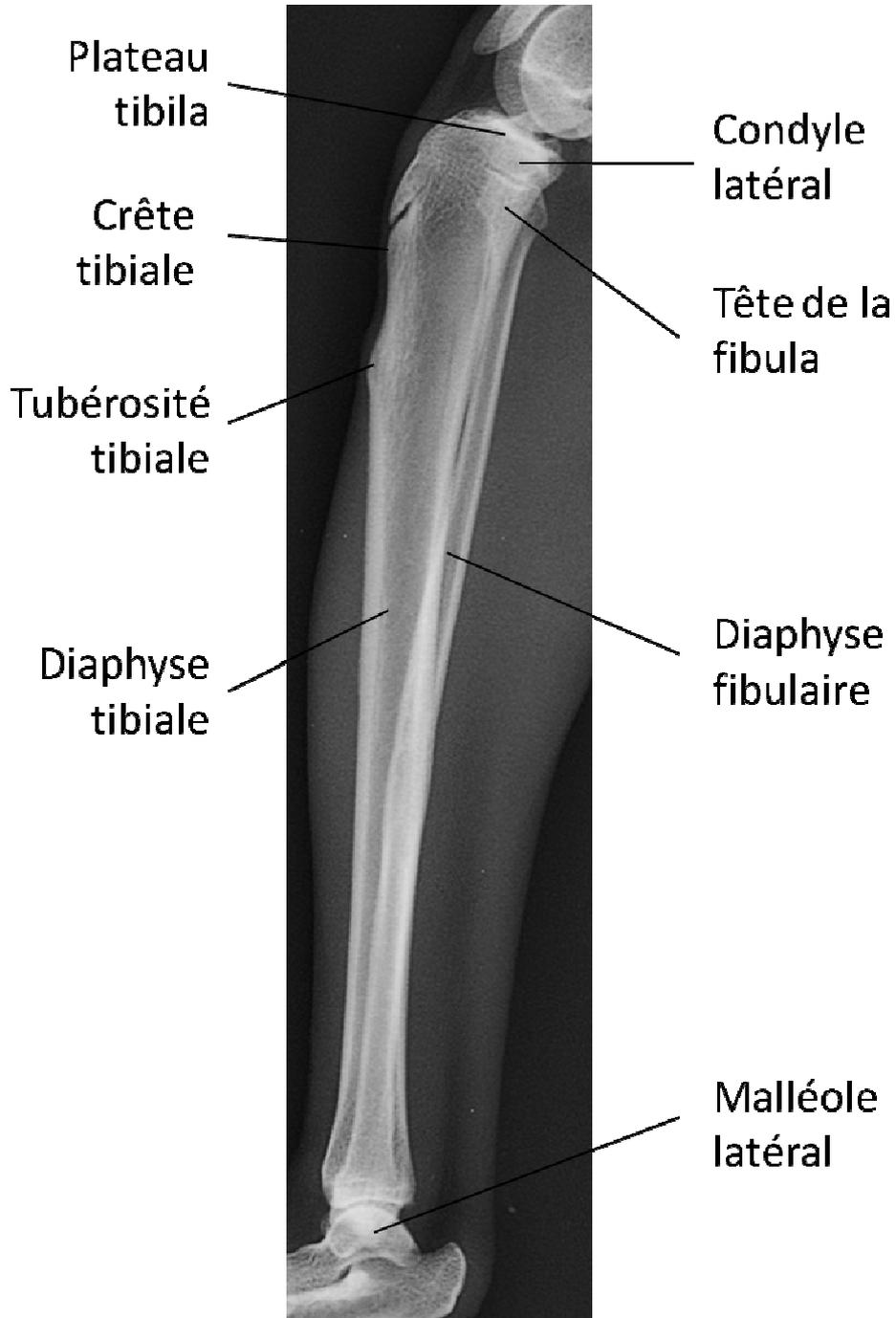
Le deuxième os de la jambe, plus latéral et moins développé est la fibula. Son épiphyse proximale, appelée tête de la fibula, est portée par un col et s'articule avec le condyle latéral du tibia. Son extrémité distale est constituée de la malléole latérale s'articulant avec la cochlée tibiale et d'une surface articulaire répondant à la face latérale du talus.

#### c) Intérêts des clichés

Incidence médio-latérale : ce cliché permet d'observer l'intégrité des os de la jambe pour rechercher une éventuelle fracture, masse ou dégénérescence osseuse. Il permet aussi lors de mouvement spécifique de mettre en évidence des ruptures de ligaments croisés ou d'abaissement du plateau tibial.

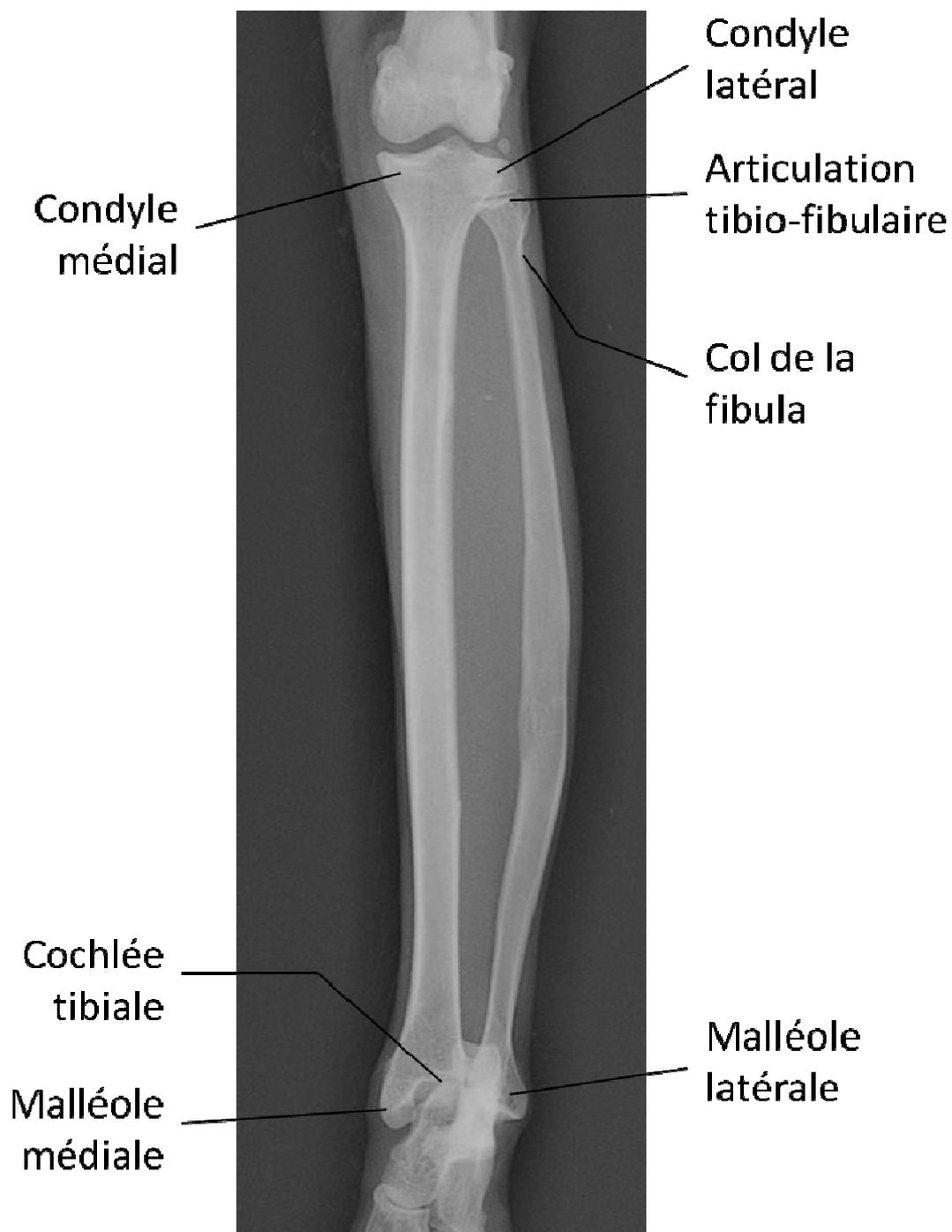
Incidence cranio-caudale : ce cliché permet d'observer l'intégralité du tibia et de la fibula mais aussi des deux malléoles, zones plus exposées aux chocs de par leur position. Elle permet aussi d'observer l'articulation talo-crurale.

Radiographie du tibia et de la fibula du membre pelvien droit, incidence médio-latérale



cliché n°37, original, ENVT

Radiographie du tibia et de la fibula du membre pelvien gauche, incidence crânio-caudale



cliché n°38, original, ENVT

Photographies du tibia gauche, aspects crânial (a), médial (b),  
caudal (c) et latéral (d)

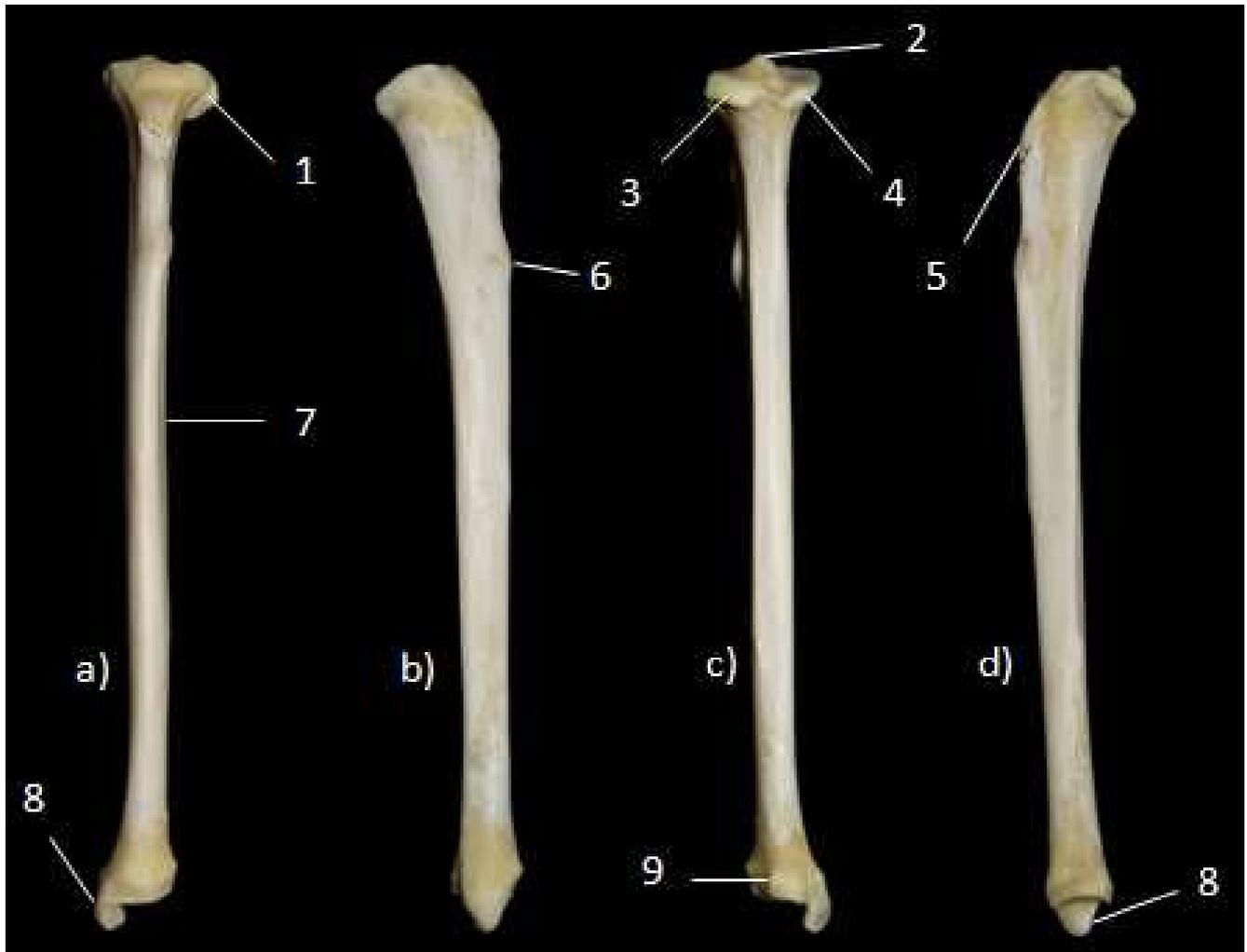


figure n°43, original

7 Diaphyse  
8 Malléole médiale  
9 Incisure fibulaire

Photographies de la fibula gauche, aspect crânial (a), médial (b),  
caudal (c) et latéral (d)

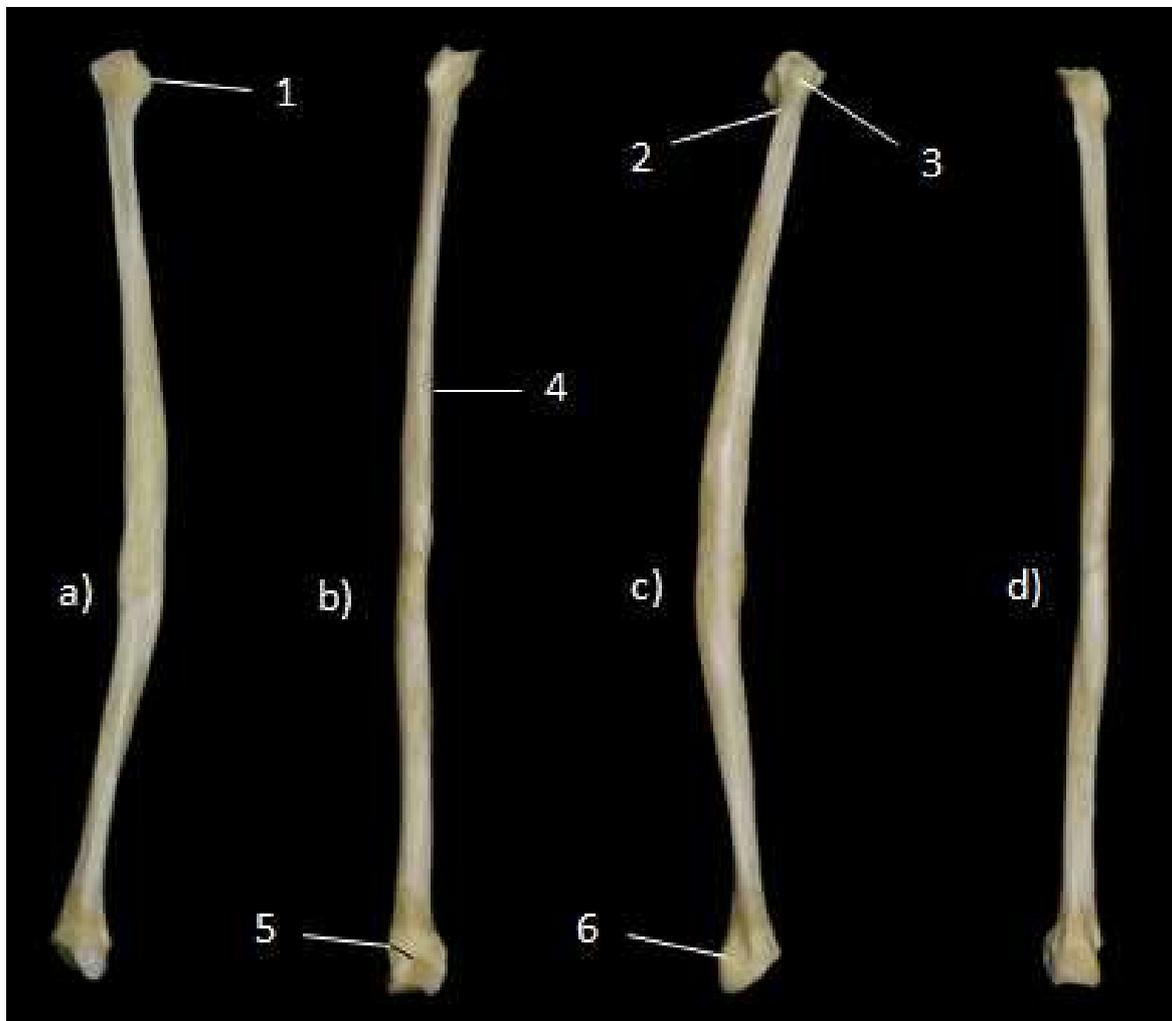


figure n°44, original

e tibiale distale

### 3.6 - Squelette du pied

Comme la main, le pied est composé d'un ensemble d'os divisible en trois parties, le tarse, les métatarses et les doigts. Pour son étude, on radiographie sur un même cliché l'ensemble du pied. La superposition de cet ensemble d'os rend leur étude difficile.

#### a) Positions et critères de qualité

##### - Incidence médio-latérale

Position : l'animal est en décubitus latéral, le membre à radiographier est placé contre la table. Le faisceau directeur est orienté sur les métatarses et le champ doit inclure la totalité du pied, de l'articulation tarso-crurale aux extrémités des doigts. On peut effectuer des clichés avec le pied en position neutre et avec la cheville fléchie.

Critères de qualité : Superposition des métatarses.

##### - Incidence dorso-plantaire

Position : L'animal est en décubitus dorsal, le membre à radiographier est étiré et placé contre la table. Le faisceau directeur est orienté sur les métatarses et le champ doit inclure la totalité du pied, de l'articulation tarso-crurale aux extrémités des doigts.

Critères de qualité : Séparation des métatarses.

#### b) Observations anatomiques

##### - Tarse

Le tarse correspond à la région de la cheville qui relie le pied à la jambe. Il est composé de deux rangées d'os superposées de part et d'autre d'un os central, l'os naviculaire. La rangée proximale est composée de deux os volumineux, le talus et le calcaneus tandis que la région distale comprend 4 os, appelés os tarsaux numérotés de I à IV.

Le talus est situé médialement et s'articule au tibia. Il sert de pivot pour les mouvements de flexion et d'extension de la cheville. Il est constitué d'une tête portée par un col qui répond par la surface articulaire naviculaire à l'os central et d'un corps. Ce dernier comprend sur le bord proximal une trochlée constituée d'une gorge entourée de deux lèvres répondant à la trochlée tibiale et sur le bord latéral plusieurs surfaces articulaires calcanéennes séparées de la trochlée par un sillon. Sur la face latérale, il présente une petite surface articulaire répondant à la fibula.

Le calcaneus est situé latéralement et caudalement au talus. De forme d'un parallépipède, c'est l'os le plus volumineux du tarse. Il est composé caudalement par une tubérosité proéminente formant le talon appelée tubérosité du calcaneus, de nombreuses surfaces articulaires répondant au talus ainsi que, sur sa face crâniale, d'une surface répondant à l'os

cuboïde ou tarsien IV. Il présente aussi un prolongement important répondant au talus appelé substentaculum du talus.

L'os central ou naviculaire est un os de forme cuboïde qui s'articule avec de nombreux os l'entourant. Il s'articule sur sa face proximale, qui est concave, avec la tête du talus et sur sa face distale, plus convexe, augmentant la surface articulaire, avec les os tarsaux I, II et III. La face médiale porte une tubérosité appelée processus naviculaire visible sur les clichés.

Les os de la rangée distale, au nombre de quatre, répondent aux métatarsiens.

L'os tarsal IV ou cuboïde est le plus latéral et volumineux de la deuxième rangée. Il est positionné entre l'os tarsal III et l'os central et porte sur sa face plantaire une tubérosité servant de zone d'insertion à un tendon. Sa face proximale répond au calcanéum et sa face distale aux métatarsiens IV et V, selon deux surfaces articulaires distinctes.

Les os tarsaux I, II et III ou os cunéiformes médial, intermédiaire ou latéral sont des os rectangulaires s'articulant par leur face proximale à l'os central et par leur face distale aux os métatarsiens correspondants. Ils s'articulent également latéralement entre eux et l'os tarsal III présente une surface articulaire avec l'os tarsal IV. La particularité de l'os tarsal I est de présenter à la fois une surface articulaire au métatarsien I mais aussi au métatarsien II. Cela confère une certaine latéralité au doigt I du pied.

Photographies du talus, du calcanéus, de l'os cuboïde et de l'os naviculaire, aspects dorsal (a) et de profil (b)

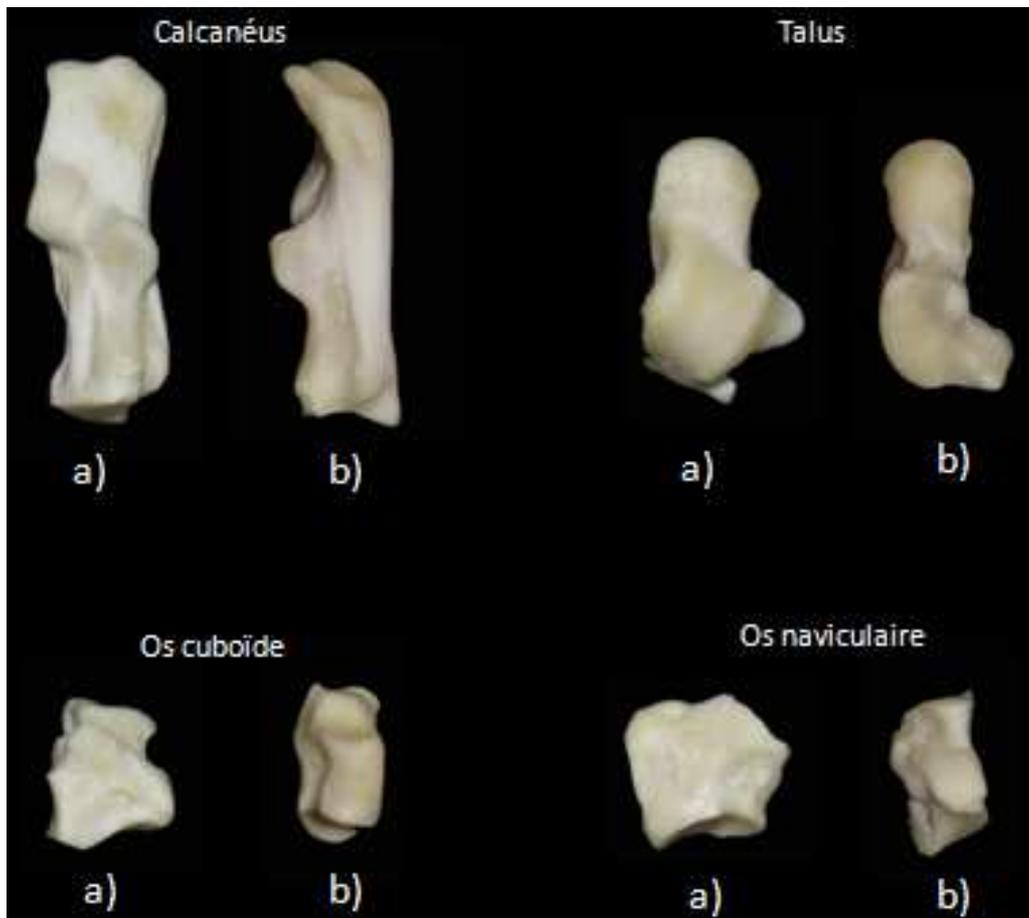


figure n°45, original

Radiographies du tarse, incidences dorso-plantaire (a) et latérale (b)



cliché n°39, original, ENVV



cliché n°40, original, ENVV

- . tarsal II
- . tarsal III
- . cuboïde

## - Métatarses

Les métatarsiens, au nombre de cinq, sont des os allongés avec une seule épiphyse (la tête) dont l'extrémité proximale, ou base, porte une grande surface articulaire tarsienne. L'extrémité distale, ou tête, forme un double condyle répondant aux phalanges correspondantes. Le métatarsien I plus court et large que les autres s'articule avec l'os tarsal I et est positionné latéralement et en légère rotation par rapport aux autres doigts. Le métatarsien V quant à lui, s'articulant avec l'os tarsal IV, présente une tubérosité sur sa face proximo-latérale.

## - Phalanges

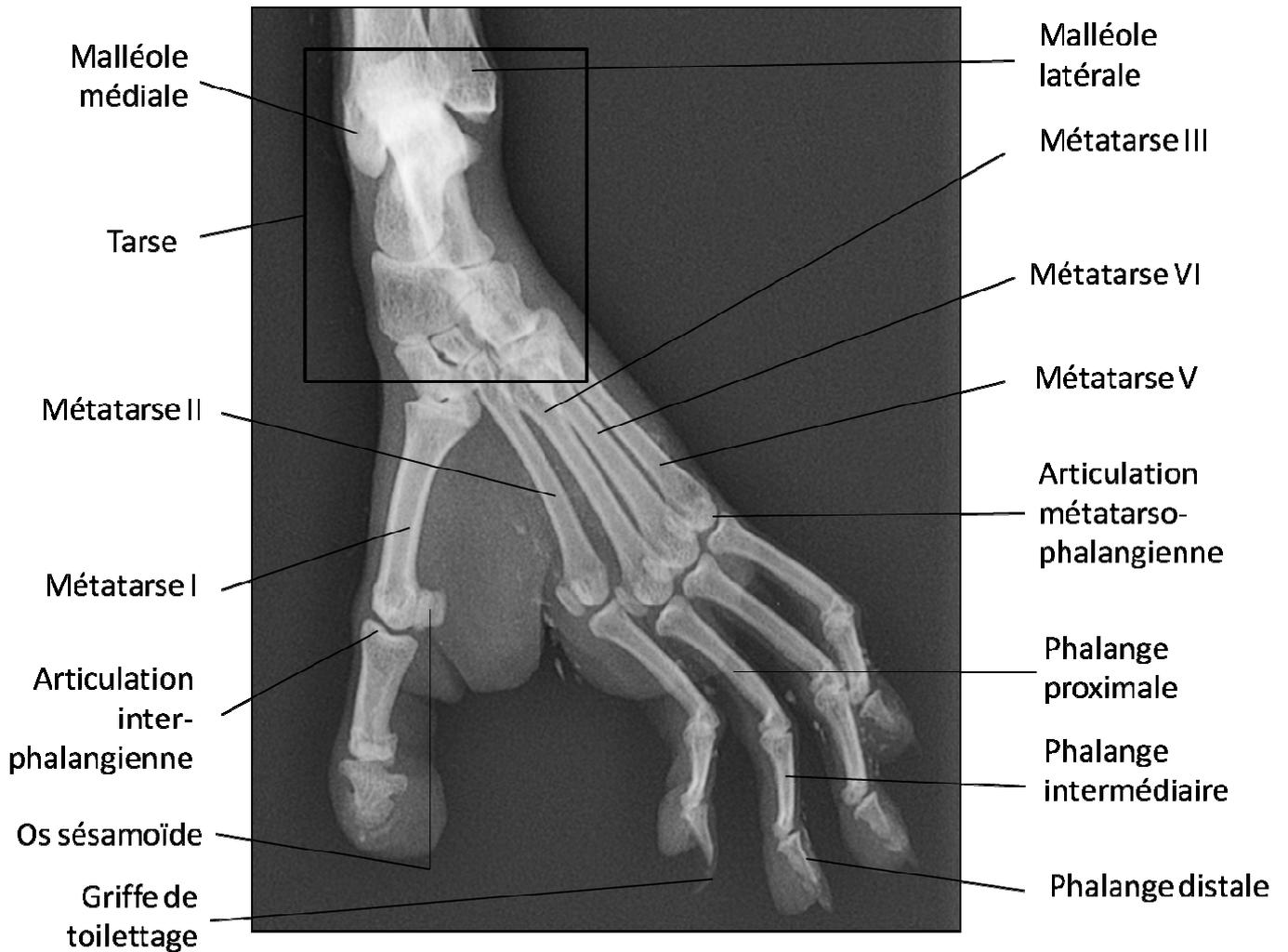
Les os des doigts du pied sont anatomiquement proches de ceux des doigts de la main. Ils sont constitués de trois phalanges pour les doigts II à V, deux phalanges pour le doigt I et de petits os complémentaires, les sésamoïdes. Les phalanges sont des os allongés dont la taille diminue en augmentant de rang. Le corps des phalanges des deux premiers rangs est aplati dans le sens dorso-palmar contrairement à celui des phalanges du dernier rang qui est aplati latéralement. La phalange proximale possède à son extrémité proximale une surface articulaire appelée fosse articulaire répondant à l'os métatarsien correspondant. Les os sésamoïdes proximaux complètent l'articulation métacarpo-phalangienne en position plantaire. Les articulations inter-phalangiennes sont constituées d'une surface articulaire en forme de trochlée répondant à la surface articulaire proximale de la phalange supérieure et de deux os sésamoïdes.

### c) Intérêts des clichés

L'incidence médio-latérale de par la superposition de tous les os ne permet que d'observer les processus dépassant face palmaire et caudale du profil du pied.

L'incidence dorso-plantaire permet de visualiser l'intégrité des métatarses et des phalanges lors de suspicion de fractures ou d'investigation de masses présentes sur les doigts. On peut aussi observer les os du tarse s'ils ne sont pas trop superposés.

Radiographie du pied gauche, incidence dorso-plantaire en rotation externe



cliché n°41, original, ENVT

Radiographie du pied gauche, incidence médiale



cliché n°42, original, ENVT

Photographie du pied gauche, aspect dorsal

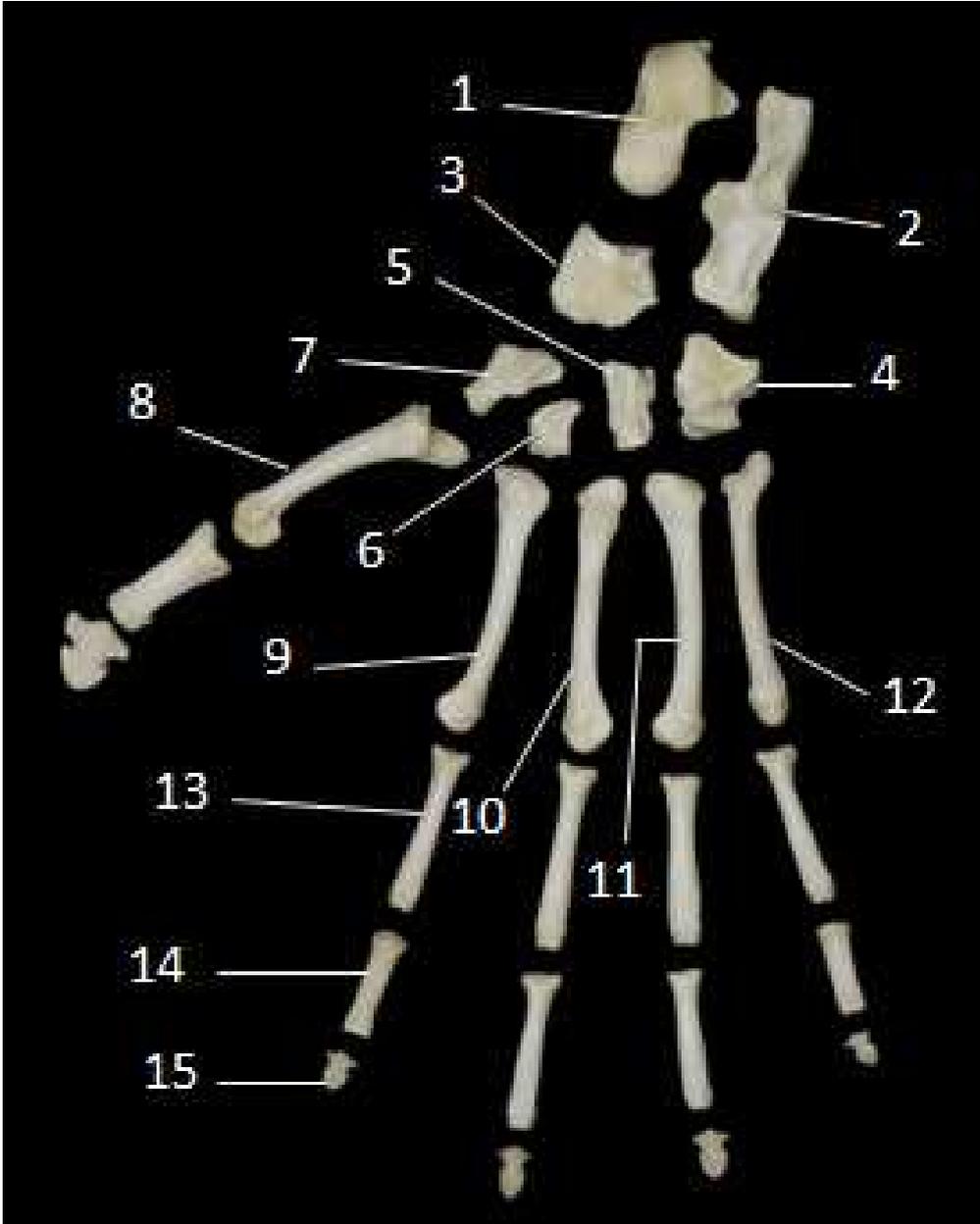


figure n°46, original

ien IV  
ien V  
proximale  
intermédiaire  
distale

## **Conclusion**

L'imagerie médicale en médecine vétérinaire est aujourd'hui devenue chose courante pour le diagnostic de nombreuses pathologies. L'aspect non-invasif, le coût peu élevé, la rapidité des résultats ainsi que l'immense base de données scientifiques font de la radiologie un examen complémentaire de choix. Mais contrairement à d'autres outils d'imagerie tels que le scanner ou l'IRM, les images radiographiques ne représentent qu'une vision en deux dimensions des structures, il est donc nécessaire de posséder de bonnes connaissances anatomiques pour pouvoir les exploiter au mieux.

Cet atlas associe la prise de clichés radiographiques à des photographies de structures osseuses pour permettre aux lecteurs de visualiser le squelette en trois dimensions et ainsi mieux comprendre l'anatomie de *Lemur catta*. Le sujet étudié ne semblait pas présenter d'anomalie osseuse spécifique mais pour justifier au maximum les résultats de cette étude, il aurait été pertinent de s'appuyer sur l'observation radiographique d'un plus grand nombre de spécimens. En revanche, nous espérons que cet atlas restera représentatif de l'anatomie de *Lemur catta* et aidera au développement de la médecine vétérinaire ainsi qu'à la recherche.

Nous espérons aussi que ce travail ouvrira la voie à des travaux similaires portant sur d'autres lémuriens malgaches et offrira une meilleure connaissance de cette faune extrêmement riche et unique de l'île de Madagascar.



## Annexe 1 liste des illustrations

<u>Figure n°0</u> : Classification de <i>Lemur catta</i> , graphique	p 19
<u>Figure n°1</u> : L'orbite des primates, dessin	p 20
<u>Figure n°2</u> : Peigne dentaire : 4 incisives et 2 canines, dessin	p 20
<u>Figure n°3</u> : Répartition géographique de <i>Lemur catta</i> sur l'île de Madagascar, carte	p 22
<u>Figure n°4</u> : <i>Lemur catta</i> , photographie	p 23
<u>Figure n°4b</u> : Glande ante-brachiale de <i>Lemur catta</i> , photographie	p 26
<u>Figure n°5</u> : Femelle <i>Lemur catta</i> avec ses petits, photographie	p 27
<u>Figure n°6</u> : Spécimen étudié, photographie	p 29
<u>Figure n°7</u> : Crâne, aspect latéral gauche, photographie	p 39
<u>Figure n°8</u> : Crâne, aspect dorsal, photographie	p 40
<u>Figure n°9</u> : Crâne, aspect ventral, photographie	p 41
<u>Figure n°10</u> : Crâne, aspect de face, photographie	p 43
<u>Figure n°11</u> : Peigne dentaire de <i>Lemur catta</i> , photographie	p 44
<u>Figure n°12</u> : Mandibule gauche, aspect des profils médial et latéral, photographie	p 44
<u>Figure n°13</u> : Dents, aspect de profil, photographie	p 45
<u>Figure n°14</u> : Rachis cervical, aspect dorsal et de profil gauche, photographie	p 52
<u>Figure n°15</u> : Atlas, photographie	p 53
<u>Figure n°16</u> : Axis, photographie	p 53
<u>Figure n°17</u> : Vertèbres cervicales C3, C5 et C7, aspect de profil et caudal, photographie	p 54
<u>Figure n°18</u> : Côtes, aspect externe, photographie	p 57
<u>Figure n°19</u> : Rachis thoracique, aspect dorsal et de profil, photographie	p 59
<u>Figure n°20</u> : Vertèbres thoraciques T6 et T10, aspect latéral, caudal et dorsal, photographie	p 60
<u>Figure n°21</u> : Rachis lombaire, aspect dorsal et latéral, photographie	p 64
<u>Figure n°22</u> : Vertèbre lombaire L5, aspect latéral, caudal, crânial et dorsal, photographie	p 65
<u>Figure n°23</u> : Sacrum, aspect dorsal, crânial et latéral, photographie	p 69
<u>Figure n°24</u> : 1° partie du rachis coccygien, aspect dorsal et de profil, photographie	p 73
<u>Figure n°25</u> : 2° partie du rachis coccygien, aspect dorsal, photographie	p 73
<u>Figure n°26</u> : Vertèbres coccygiennes, n°3, n°6 et n°11, aspect latéral, dorsal, et crânial photographie	p 74
<u>Figure n°27</u> : Scapula, aspect crânial, latéral, médial et caudal, photographie	p 77
<u>Figure n°28</u> : Epaule gauche, aspect dorsal, photographie	p 79
<u>Figure n°29</u> : Epaule gauche, aspect dorsal en vue éclatée, photographie	p 79
<u>Figure n°30</u> : Epaule gauche, aspect crânial, photographie	p 81
<u>Figure n°31</u> : Humérus gauche, aspect caudal, médial, crânial et latéral, photographie	p 86
<u>Figure n°32</u> : Coude gauche, aspect latéral, photographie	p 89
<u>Figure n°33</u> : Coude gauche, aspect crânial, photographie	p 91
<u>Figure n°34</u> : Ulna, aspect latéral, médial et crânial, photographie	p 96
<u>Figure n°35</u> : Radius, aspect latéral, médial et crânial, photographie	p 97
<u>Figure n°36</u> : Main gauche, aspect dorsal, photographie	p 104
<u>Figure n°37</u> : Os coxal, aspect latéral, ventral, médial et dorsal, photographie	p 107

<u>Figure n°38</u> : Bassin, aspect ventral et dorsal, photographie	p 109
<u>Figure n°39</u> : Hanche gauche, aspect ventral, en extension et en flexion, photographie	p 115
<u>Figure n°40</u> : Fémur gauche, aspect crânial, médial, caudal et latéral photographie	p 120
<u>Figure n°41</u> : Grasset gauche, aspect médial, photographie	p 123
<u>Figure n°42</u> : Grasset gauche, aspect crânial en vue éclatée et normale, photographie	p 125
<u>Figure n°43</u> : Tibia gauche, aspects crânial, médial, caudal et latéral, photographie	p 130
<u>Figure n°44</u> : Fibula gauche, aspects crânial, médial, caudal et latéral, photographie	p 131
<u>Figure n°45</u> : Talus, calcanéus, os cuboïde et os naviculaire, aspects dorsal et de profil, photographie	p 133
<u>Figure n°46</u> : Pied gauche, aspect dorsal, photographie	p 138

## Annexe II liste des clichés radiographiques

<u>Cliché n°1</u> : Crâne, incidence latérale	p 38
<u>Cliché n°2</u> : Crâne, incidence ventro-dorsale,	p 42
<u>Cliché n°3</u> : Crâne, incidence rostro-caudale	p 43
<u>Cliché n°4</u> : Rachis cervical, incidence ventro-dorsale,	p 50
<u>Cliché n°5</u> : Rachis cervical, incidence latérale,	p 51
<u>Cliché n°6</u> : Rachis thoracique, incidence ventro-dorsale,	p 58
<u>Cliché n°7</u> : Rachis thoracique, incidence latérale,	p 58
<u>Cliché n°8</u> : Rachis lombaire, incidence latérale,	p 63
<u>Cliché n°9</u> : Rachis lombaire, incidence ventro-dorsale,	p 63
<u>Cliché n°10</u> : Sacrum, incidence latérale,	p 68
<u>Cliché n°11</u> : Sacrum, incidence ventro-dorsale,	p 68
<u>Cliché n°12</u> : Rachis coccygien, incidence latérale,	p 71
<u>Cliché n°13</u> : Rachis coccygien, incidence ventro-dorsale, en deux parties,	p 72
<u>Cliché n°14</u> : Scapula, incidence médio-latérale;	p 76
<u>Cliché n°15</u> : Epaule gauche, incidence ventro-dorsale,	p 78
<u>Cliché n°16</u> : Epaule gauche, incidence médio-latérale,	p 80
<u>Cliché n°17</u> : Epaule gauche, incidence crânio-caudale	p 80
<u>Cliché n°18</u> : Humérus droit, incidence médio-latérale,	p 84
<u>Cliché n°19</u> : Humérus droit, incidence crânio-caudale	p 85
<u>Cliché n°20</u> : Coude droit, incidence médio-latérale,	p 88
<u>Cliché n°21</u> : Coude gauche, incidence caudo-crâniale,	p 90
<u>Cliché n°22</u> : Radius et Ulna, incidence médio-latérale,	p 94
<u>Cliché n°23</u> : Radius et Ulna, incidence crânio-caudale,	p 95
<u>Cliché n°24</u> : Carpe gauche, incidence dorso-palmaire,	p 100
<u>Cliché n°25</u> : Carpe gauche, incidence palmo-dorsale,	p 100
<u>Cliché n°26</u> : Main gauche, incidence dorso-palmaire,	p 102
<u>Cliché n°27</u> : Main gauche, incidence médio-latérale,	p 103
<u>Cliché n°28</u> : Ceinture pelvienne, incidence ventro-dorsale,	p 108
<u>Cliché n°29</u> : Ceinture pelvienne, incidence latérale,	p 110
<u>Cliché n°30</u> : Hanches, incidence ventro-dorsale, membres pelviens en position neutre,	p 113
<u>Cliché n°31</u> : Hanche gauche, incidence ventro-dorsale, membre pelvien en extension,	p 114
<u>Cliché n°32</u> : Hanche gauche, incidence ventro-dorsale, membre pelvien en flexion,	p 114
<u>Cliché n°33</u> : Fémur gauche, incidence crânio-caudale,	p 118
<u>Cliché n°34</u> : Fémur gauche, incidence médio-latérale,	p 119
<u>Cliché n°35</u> : Grasset gauche, incidence médio-latérale,	p 123
<u>Cliché n°36</u> : Grasset gauche, incidence crânio-caudale,	p 124
<u>Cliché n°37</u> : Tibia et fibula du membre pelvien droit, incidence médio-latérale,	p 128
<u>Cliché n°38</u> : Tibia et fibula du membre pelvien gauche, incidence crânio-caudale,	p 129
<u>Cliché n°39</u> : Tarse gauche, incidence dorso-plantaire,	p 134
<u>Cliché n°40</u> : Tarse gauche, incidence médio-latérale,	p 134
<u>Cliché n°41</u> : Pied gauche, incidence dorso-plantaire en légère rotation externe,	p 136
<u>Cliché n°42</u> : Pied gauche, incidence médio-latérale.	p 137



## **Bibliographie**

### Sources internet

Site de l'ASN, Agence de sureté Nucléaire : <http://www.asn.fr>

Site de l'IRSN, Institut de Radioprotection et de Sureté Nucléaire : <http://www.irsn.fr>

Site de L'ISIS, International Species Information System <http://www2.isis.org>

Site du *Duke lemur center* : <http://lemur.duke.edu/>



**AGREMENT SCIENTIFIQUE**

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

Je soussigné, *DUCOS DE LAHITTE Jacques*, Enseignant-chercheur, de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse, directeur de thèse, certifie avoir examiné la thèse de *LUCAS Thomas* intitulée « *Atlas radiographique du Maki catta (Lemur catta)* » et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

Fait à Toulouse, le 2 Mai 2012  
Professeur Jacques DUCOS DE LAHITTE  
Enseignant chercheur  
de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse



  
Vu :  
Le Directeur de l'École Nationale  
Vétérinaire de Toulouse  
Professeur Alain MILON



Vu :  
Le Président du jury :  
Professeur Alexis VALENZIN



Vu et autorisation de l'impression :  
Le Président de l'Université  
Paul Sabatier  
Professeur Bertrand MONTHUBERT


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.



Toulouse, 2012

NOM : LUCAS

PRENOM : Thomas

TITRE : ATLAS RADIOGRAPHIQUE DU MAKI CATTÀ (*Lemur catta*)

RESUME : Le maki catta ou *lemur catta* est un lémurien malgache très reconnaissable à sa longue queue alternant anneaux noirs et anneaux blancs. L'originalité de son évolution, liée à son isolement sur l'île de Madagascar depuis des millions d'années, intéresse de nombreux centres d'études spécialisés. De plus, sa docilité et sa facilité d'adaptation à la vie en captivité en ont fait le lémurien le plus représenté dans les parcs zoologiques.

Cet atlas a été conçu dans le but de faciliter la médecine spécialisée en faune sauvage en formant une base de données ostéologiques et radiographiques de *Lemur catta*. Il présente l'ensemble des incidences radiographiques du squelette utilisées en médecine vétérinaire appliquées au maki catta ainsi que des conseils sur le positionnement de l'animal et des critères pour juger de la qualité des clichés obtenus. Des descriptifs anatomiques et des photographies des diverses structures osseuses accompagnent les radiographies pour en faciliter la compréhension.

MOTS-CLES : Maki catta, *Lemur catta*, Lémurien, Atlas, Radiographie, Ostéologie, Imagerie Médicale, Madagascar.

---

LAST NAME: LUCAS

FIRST NAME: Thomas

TITLE: RING-TAILED LEMUR (*Lemur catta*) X-RAY ATLAS

SUMMARY: The ring-tailed lemur (*Lemur catta*) is a Madagascan lemur easily recognizable because of its long black and white ringed tail. Many specialized research centers show interest in the originality of its evolution, which results from millions of years of isolation on the island of Madagascar. This lemur has a docile nature and a strong capacity of adaptation, especially to life in captivity; that's why it is the most represented lemur in zoos.

This atlas was designed to facilitate specialized wildlife medicine by setting up an osteological and radiographic database about *Lemur catta*. It presents all the skeletal radiographs used in veterinary medicine applied to *Lemur catta*, as well as advice on how to place the animal. It also provides criteria to assess the quality of the radiographs.

Detailed descriptions and photos of bones structures go along with the X-ray shots to make their comprehension easier.

KEYWORDS: Ring-tailed lemur, *Lemur catta*, Lemur, Atlas, Radiography, Osteology, Medical imaging, Madagascar.