



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 : 4255](http://oatao.univ-toulouse.fr/Eprints/ID%3A4255)

To cite this version :

CONNEFROY, Sébastien. *Atlas radiographique du macaque cynomolgus (Macaca fascicularis)* . Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Toulouse 3, 2010, 186 p.

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

ATLAS RADIOGRAPHIQUE DU MACAQUE CYNOMOLGUS (*Macaca fascicularis*)

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

*présentée et soutenue publiquement en 2010
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

par
Sébastien, Philippe, Yves-marie CONNEFROY
Né, le 13 décembre 1982 à AUCH (Gers)

Directeur de thèse : **Monsieur le Professeur Jacques DUCOS de LAHITTE**
Co-directeur de thèse : **Monsieur le Professeur Yves LIGNEREUX**

JURY

PRESIDENT :
Pr. Alexis VALENTIN

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :
Pr. Jacques DUCOS de LAHITTE
Pr. Yves LIGNEREUX

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



Enseignement agricole
Formations grandeur nature



**Ministère de l'Agriculture et de la Pêche
ECOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE 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. GUELFY	
M. C. PAVAUX	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. **BRAUN Jean-Pierre**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*
M. **DORCHIES Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
M. **EUZEBY Jean**, *Pathologie générale, Microbiologie, Immunologie*
M. **FRANC Michel**, *Parasitologie et Maladies parasitaires*
M. **PETIT Claude**, *Pharmacie et Toxicologie*
M. **TOUTAIN Pierre-Louis**, *Physiologie et Thérapeutique*

PROFESSEURS 1° CLASSE

M. **AUTEFAGE André**, *Pathologie chirurgicale*
Mme **CLAUW Martine**, *Pharmacie-Toxicologie*
M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, Statistique, Modélisation*
M. **CORPET Denis**, *Science de l'Aliment et Technologies dans les Industries agro-alimentaires*
M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie Pathologique*
M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*
M. **MARTINEAU Guy**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*
M. **REGNIER Alain**, *Physiopathologie oculaire*
M. **SAUTET Jean**, *Anatomie*
M. **SHELCHER 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. **BERTHELOT Xavier**, *Pathologie de la Reproduction*
M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Physiologie et Thérapeutique*
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. **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*

PROFESSEURS CERTIFIES DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

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

MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE

- Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, Anatomie pathologique*
M. **JOUGLAR Jean-Yves**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*

MAITRES DE CONFERENCES (classe normale)

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*
M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
Mme **BENNIS-BRET Lydie**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*
M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la Reproduction*
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 **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
Mlle **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie*
M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
Mlle **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
M. **DOSSIN Olivier**, (DISPONIBILITE) *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
M. **GUERIN Jean-Luc**, *Elevage et Santé avicoles et cunicoles*
M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
Mlle **LACROUX Caroline**, *Anatomie Pathologique des animaux de rente*
Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*
M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et Mathématiques*
M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des Ruminants*
M. **MAGNE Laurent**, *Urgences soins-intensifs*
M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*
M **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants.*
Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie Chirurgicale*
M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, Imagerie médicale*
Mlle **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*
Mme **TROEGELER-MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation*
M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et Infectiologie*
M. **VERWAERDE Patrick**, *Anesthésie, Réanimation*

MAITRES DE CONFERENCES et AGENT CONTRACTUEL

- M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*
M. **CORRAND Leni**, *Médecine Interne*
Mlle **DEBREUQUE Maud**, *Médecine Interne*
M **DOUET Jean-Yves**, *Ophthalmologie*
M. **IRUBETAGOYENA Iban**, *Médecine*
M. **LE BOEDEC Kevin**, *Médecine Interne*

ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS

- Mlle **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*
M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction*
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

Zoologie – Parasitologie

Qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse.

Hommages respectueux.

A Monsieur le Professeur Jacques DUCOS de LAHITTE

Professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Parasitologie et Maladies Parasitaires

Qui nous a fait l'honneur d'accepter la direction de cette thèse,
Pour sa compréhension, ses conseils et sa patience.

Sincères reconnaissances.

A Monsieur le Professeur Yves LIGNEREUX

Professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Anatomie

Qui nous a fait l'honneur de prendre part à notre jury de thèse.

Sincères remerciements.

Au technicien de radiologie, monsieur REY,

Qu'il soit remercié pour l'aide et les conseils qu'il nous a prodigués dans la réalisation des clichés radiographiques.

Au personnel de la clinique de la faune sauvage de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
(et plus particulièrement Pascal),

Qu'il soit remercié pour sa participation et son aide.

MERCI

A mes **parents** : Pour l'amour et le soutien que vous m'avez toujours apportés en toutes circonstances ... Quelle patience ! Merci d'avoir su nous inculquer un esprit de famille aussi fort, point de repère essentiel qui m'a permis de devenir ce que je suis ...

A mes **frères**, pour le plaisir qu'on a à se retrouver (« tous sur le ritieu ! »), ça fait quand même chaud au cœur de savoir qu'on sera toujours là les uns pour les autres

A mon **parrain**, ma **marraine**, pour l'attention particulière que vous m'avez apportée depuis ma naissance ...

Aux **cousins** : pour cette impression de s'être quittés à l'instant à chaque fois que l'on se revoit ...

Aux **normands** : buvons un coup, buvons-en deux, à la santé

A **tatie rosie** (vaillante protectrice des droits du fonctionnaire) : pour ta présence bienveillante et ton soutien.

Aux **Chauvières**, des amis qui sont devenus membres de la famille !

A **mamie Jeanette**, pour l'extraordinaire force de caractère dont elle fait preuve tous les jours.

Aux autres membres de cette grande famille (notamment aux nouveaux membres ...) : que les réunions de famille soient toujours aussi festives !

A **MIRAMAR**, site historique, villa mythique, et à d'anciens collocs qui ne le sont pas moins : vous méritez bien une petite attention particulière ...

- **GG** (« artisan festif du désenclavement rural ») : lanceur émérite de couteaux et de collocs, tu restes l'éternel partenaire toujours motivé, souvent déguisé, de soirées parfois prolongées, rarement modérées et jamais oubliées ! Parti à la conquête des poney-clubs landais, tu resteras inscrit aux fan-clubs de Jeanne Mas, Julie Piétri et Muriel Moreno, et c'est parfait comme ça !
- **THOMAS** (« urgentiste-réanimateur de l'extrême, oreillette d'or du décrochage nocturne de téléphone ») : tu vas de l'avant en assurant, bien à l'aise dans tes charentaises, et malgré un goût prononcé pour l'aventure, les voyages, les manifestations à thème et les fourrures de soirées, tu seras probablement le premier à fonder une famille ... Encore bravo ! Par contre, tu devras malheureusement sûrement quitter le fan-club d'Erica Moon ...
- **LOLO** (« le r(ugb)iz c'est pour la vie, et la canaïque aussi ») : rice, et ça repart ! mon adversaire naturel du combat riz-pâtes, partenaire artistique des clichés « champagne en folie sur fond de bucolie champêtre », tu es parti promouvoir les deux-sèvres autour du monde, adhérant au fan-club d'Arnold et Wallis ... Mais à quand le retour du pygmée prodigue ?
- **BIBI** (« du patéou en entréeou ») : Toujours en quête de l'ultrason ultime et du doppler absolu, tu restes l'un des rares à savoir différencier un yoko géri kékomi d'un nidan mae tobi geri ... Membre du fan-club de Matsumura-le-sage et Kirakoshi-le-vaillant, j'espère que tu finiras un jour par reconnaître la supériorité des combattants belges ! Co-salsero gersoï acharné et « terroir-addicted », continue à diffuser la bonne parole du 32 autour de toi !

A **Romain** et **Charlotte** : invités perpétuels du bâtiment C, pour cet humour unique et déjanté et une amitié à l'épreuve de l'espace et du temps ... Yeah baby !

A la promo **Laborde** en général et à tous ces « potes d'aventures » en particulier qui ont rythmé une scolarité vétérinaire mouvementée ...

Aux expatriés : **Valérie, Coline, Laurent**, ... partis à la découverte de contrées lointaines et parfois exotiques, les retrouvailles, bien qu'espacées, n'en sont que plus poignantes et enrichissantes !

A **Mag, Choco** : pour le plaisir sans cesse renouvelé que l'on a de se retrouver.

A **Damien, Lisa, Christelle, Pov** : pour avoir partagé avec moi cette passion de la chirurgie, pendant ces années d'apprentissage intensif, studieux, mais littéralement captivant !

Aux **adeptes de la salsa**, tout émoustillés à la simple évocation d'une « Setenta complicadissimo » : 1,2,3, ... 5,6,7, ...

Aux **gersois** : bien que dispersés aux quatre coins du pays, nous serons toujours liés par un terroir unique et par les fêtes de Vic ...

TABLE DES MATIERES

Introduction.....	p 16
I. LE MACAQUE CYNOMOLGUS.....	p 17
A. PHYLOGENETIQUE.....	p 18
1. L'ordre des primates.....	p 18
2. Le sous-ordre des <i>Anthropoidea</i>	p 19
3. La super-famille des <i>Catarhiniens</i>	p 19
4. La famille des <i>Cercopithecidae</i>	p 19
5. La sous-famille des <i>Cercopithecinae</i>	p 19
6. Le genre <i>Macaca</i>	p 19
7. L'espèce <i>Macaca fascicularis</i>	p 20
B. BIOLOGIE.....	p22
1. Morphologie.....	p 22
2. Habitat.....	p 22
3. Alimentation.....	p 22
4. Reproduction.....	p 22
5. Bases de la vie sociale.....	p 23
6. Protection.....	p 24
C. IMPORTANCE DU MACAQUE CYNOMOLGUS DANS L'EXPERIMENTATION ANIMALE	p 26
II. MATERIEL ET METHODE.....	p 27
A. LES ANIMAUX.....	p 28
B. LE MATERIEL DE RADIOLOGIE.....	p 28
C. LA RADIOPROTECTION.....	p 29
D. LA CONTENTION DES ANIMAUX.....	p 30
1. La contention physique.....	p 30
2. La contention chimique.....	p 31
2.1. La démarche anesthésique.....	p 31
2.2. La période pré-anesthésique.....	p 31
a) Examen clinique.....	p 31
b) La diète.....	p 32
c) La prémédication.....	p 32
2.3. Le déroulement de l'anesthésie générale.....	p 34
a) Intubation et voie veineuse.....	p 34
b) Les produits anesthésiques utilisables.....	p 34
c) Le suivi des animaux.....	p 37
d) Le réveil.....	p 38
2.4. Les protocoles utilisés en pratique pour les manipulations radiologiques.....	p 38
a) Radiographies sans préparation.....	p 38
b) Radiographies avec préparation.....	p 39
E. LA PREPARATION DU SQUELETTE.....	p 40

III.	ANATOMIE RADIOGRAPHIQUE DU CYNOMOLGUS.....	P 41
	1) RADIOGRAPHIES DES STRUCTURES OSSEUSES.....	p 42
	A) RADIOGRAPHIES DU CRANE.....	p 42
	1) TECHNIQUE.....	p 42
	1.1. Généralités.....	p 42
	1.2. Constantes d'exposition.....	p 42
	2) LE CRANE.....	p 43
	2.1 Incidence latérale.....	p 43
	2.2 Incidence ventro-dorsale.....	p 44
	B) RADIOGRAPHIES DU RACHIS.....	p 50
	1) TECHNIQUE.....	p 50
	2) VERTEBRES CERVICALES.....	p 50
	2.1. Incidence latérale.....	p 50
	2.2. Incidence ventro-dorsale.....	p 52
	3) VERTEBRES THORACIQUES.....	p 52
	3.1. Incidence latérale.....	p 52
	3.2. Incidence ventro-dorsale.....	p 55
	4) VERTEBRES LOMBAIRES.....	p 58
	4.1. Incidence latérale.....	p 58
	4.2. Incidence ventro-dorsale.....	p 59
	5) JONCTION LOMBO-SACREE.....	p 61
	5.1. Incidence latérale.....	p 61
	5.2. Incidence ventro-dorsale.....	p 61
	6) VERTEBRES CAUDALES.....	p 64
	6.1. Incidence latérale.....	p 64
	6.2. Incidence ventro-dorsale.....	p 64
	C) RADIOGRAPHIES DU SQUELETTE APPENDICULAIRE.....	p 66
	1) TECHNIQUE.....	p 66
	1.1. Généralités.....	p 66
	1.2. Constantes d'exposition.....	p 66
	2) MEMBRE THORACIQUE.....	p 67
	2.1. SCAPULA ET CLAVICULE.....	p 67
	2.1.1. Incidence médio-latérale oblique.....	p 67
	2.1.2. Incidence caudo-craniale.....	p 68
	2.2. ARTICULATION DE L'EPAULE.....	p 72
	2.2.1. Incidence médio-latérale.....	p 72
	2.2.2. Incidence caudo-craniale.....	p 72
	2.3. HUMERUS.....	p 78
	2.3.1. Incidence médio-latérale.....	p 78
	2.3.2. Incidence caudo-craniale.....	p 79
	2.4. ARTICULATION DU COUDE.....	p 84
	2.4.1. Incidence médio-latérale.....	p 84
	2.4.2. Incidence crânio-craniale.....	p 85
	2.5. RADIUS-ULNA.....	p 88
	2.5.1. Incidence médio-latérale.....	p 88
	2.5.2. Incidence caudo-craniale.....	p 88
	2.6. CARPE.....	p 94
	2.6.1. Incidence médio-latérale.....	p 94
	2.6.2. Incidence dorso-palmaire.....	p 95

2.7. METACARPES ET DOIGTS.....	p 97
2.7.1. Incidence médio-latérale.....	p 97
2.7.2. Incidence dorso-palmaire.....	p 97
3. MEMBRE PELVIEN.....	p 102
3.1. BASSIN ET ARTICULATION DE LA HANCHE.....	p 102
3.1.1. Incidence latérale.....	p 102
3.1.2. Incidence ventro-dorsale des hanches en flexion...	p 103
3.1.3. Incidence ventro-dorsale des hanches en extension..	p 104
3.2. FEMUR.....	p 114
3.2.1. Incidence médio-latérale.....	p 114
3.2.2. Incidence cranio-caudale.....	p 115
3.3. ARTICULATION DU GENOU.....	p 120
3.3.1. Incidence médio-latérale.....	p 120
3.3.2. Incidence cranio-caudale.....	p 120
3.4. TIBIA-FIBULA.....	p 123
3.4.1. Incidence médio-latérale.....	p 123
3.4.2. Incidence cranio-caudale.....	p 124
3.5. TARSE.....	p 129
3.5.1. Incidence médio-latérale.....	p 129
3.5.2. Incidence dorso-plantaire.....	p 130
3.6. METATARSEES ET DOIGTS.....	p 133
3.6.1. Incidence médio-latérale.....	p 133
3.6.2. Incidence dorso-plantaire.....	p 133
2) RADIOGRAPHIES DES TISSUS MOUS.....	p 138
A) RADIOGRAPHIES DU THORAX.....	p 138
1. TECHNIQUE.....	p 138
1.1. Généralités.....	p 138
1.2. Constantes d'exposition.....	p 139
2. LE THORAX.....	p 140
2.1. Incidence latérale droite.....	p 140
2.2. Incidence latérale gauche.....	p 144
2.3. Incidence dorso-ventrale.....	p 144
2.4. Incidence ventro-dorsale.....	p 146
B) RADIOGRAPHIES DE L'ABDOMEN.....	p 154
1. TECHNIQUE.....	p 154
1.1. Généralités.....	p 154
1.2. Constantes d'exposition.....	p 155
2. L'ABDOMEN.....	p 155
2.1. Incidence latérale droite.....	p 155
2.2. Incidence ventro-dorsale.....	p 158
3) RADIOGRAPHIES AVEC PREPARATION.....	p 162
A) TRANSIT BARYTE.....	p 162
1. INTRODUCTION.....	p 162
1.1. Principe.....	p 162
1.2. Indications et contre-indications.....	p 163
2. TECHNIQUE.....	p 163
2.1. PREPARATION DE L'ANIMAL.....	p 163
2.2. LES PRODUITS DE CONTRASTE UTILISES.....	p 163
2.3. PROTOCOLE RADIOGRAPHIQUE.....	p 164
3. IMAGES RADIOGRAPHIQUES.....	p 164

B) UROGRAPHIE INTRAVEINEUSE.....	p 175
1. INTRODUCTION.....	p 175
1.1. Principe.....	p 175
1.2. Indications et contre-indications.....	p 175
2. TECHNIQUE.....	p 175
2.1. PREPARATION DE L'ANIMAL.....	p 175
2.2. LES PRODUITS DE CONTRASTE UTILISES.....	p 175
2.3. PROTOCOLE RADIOGRAPHIQUE.....	p 176
3. IMAGES RADIOGRAPHIQUES.....	p 176
Conclusion.....	p 181
BIBLIOGRAPHIE.....	p 183

TABLE DES ILLUSTRATIONS

LES CLICHES RADIOGRAPHIQUES

1. CRANE	
Planche 1 : incidence de profil.....	p 45
Planche 2 : incidence ventro-dorsale.....	p 47
2. VERTEBRES CERVICALES	
Planche 3 : incidences de profil et ventro-dorsale.....	p 53
3. VERTEBRES THORACIQUES	
Planche 4 : incidences de profil.....	p 56
Planche 4' : incidences de face.....	p 57
4. VERTEBRES LOMBAIRES	
Planche 5 : incidences de profil et ventro-dorsale.....	p 60
5. JONCTION LOMBO-SACREE	
Planche 6 : incidences de profil et ventro-dorsale.....	p 63
6. VERTEBRES CAUDALES	
Planche 7 : incidence de profil.....	p 65
7. SCAPULA	
Planche 8 : incidences de profil et caudo-crâniale.....	p 69
8. EPAULE	
Planche 9 : incidence de profil.....	p 74
Planche 10 : incidence caudo-crâniale.....	p 76
9. HUMERUS	
Planche 11 : incidence de profil.....	p 80
Planche 12 : incidence caudo-crâniale.....	p 82
10. COUDE	
Planche 13 : incidences de profil et crânio-caudale.....	p 86
11. RADIUS-ULNA	
Planche 14 : incidence de profil.....	p 90
Planche 15 : incidence crânio-caudale.....	p 92
12. CARPE	
Planche 16 : incidence de profil et dorso-palmaire.....	p 96
13. MAIN	
Planche 17 : incidence dorso-palmaire.....	p 100
Planche 18 : incidence de profil.....	p 98

14. BASSIN ET HANCHES	
Planche 19 : incidence latérale.....	p 106
Planche 20 : incidence ventro-dorsale, hanches en extension.....	p 108
Planche 21 : incidence ventro-dorsale, hanche en flexion.....	p 110
Planche 22 : incidence ventro-dorsale, hanche en extension.....	p 112
15. FEMUR	
Planche 23 : incidence médio-latérale.....	p 116
Planche 24 : incidence crânio-caudale.....	p 118
16. GENOU	
Planche 25 : incidences de profil et crânio-caudale.....	p 121
17. TIBIA-FIBULA	
Planche 26 : incidence de profil.....	p 125
Planche 27 : incidence crânio-caudale.....	p 127
18. TARSE	
Planche 28 : incidences de profil et dorso-plantaire.....	p 132
19. PIED	
Planche 29 : incidence de profil.....	p 134
Planche 30 : incidence dorso-plantaire.....	p 136
20. THORAX	
Planche 31 : incidence de profil gauche.....	p 147
Planche 32 : incidence de profil droit.....	p 148
Planche 33 : incidence ventro-dorsale.....	p 149
Planche 34 : incidence dorso-ventrale.....	p 150
Planche 35 : profil gauche, lobes pulmonaires légendés.....	p 151
Planche 36 : incidence ventro-dorsale, lobes pulmonaires légendés.....	p 151
21. ABDOMEN	
Planche 37 : incidence de profil droit.....	p 159
Planche 38 : incidence ventro-dorsale.....	p 161
22. TRANSIT BARYTE	
Planche 39 : incidences de profil et ventro-dorsale, à T 0.....	p 165
Planche 40 : incidences de profil et ventro-dorsale, à T 10.....	p 166
Planche 41 : incidences de profil et ventro-dorsale, à T 30.....	p 167
Planche 42 : incidences de profil et ventro-dorsale, à T 60.....	p 168
Planche 43 : incidences de profil et ventro-dorsale, à T 120.....	p 169
Planche 44 : incidences de profil et ventro-dorsale, à T 180.....	p 170
Planche 45 : incidences de profil et ventro-dorsale, à T 240.....	p 171
Planche 46 : incidences de profil et ventro-dorsale, à T 300.....	p 172
Planche 47 : incidences de profil et ventro-dorsale, à T 360.....	p 173
Planche 48 : incidences de profil et ventro-dorsale, à T 0 + 24 H.....	p 174

23. UROGRAPHIE INTRAVEINEUSE

Planche 49 : incidences ventro-dorsales de T 0 à T 12.....	p 177
Planche 50 : incidences ventro-dorsales de T 15 à T 20.....	p 178
Planche 51 : incidences latérale droites, à T 0 et T 20.....	p 179
Planche 52 : incidences ventro-dorsales obliques à T 25.....	p 180

LES PHOTOGRAPHIES

Photo 1 : crâne, aspect de profil.....	p 46
Photo 2 : crâne, aspects dorsal et ventral.....	p 48
Photo 2' : mandibule, aspects dorsal et ventral.....	p 49
Photo 3 : crâne, aspect rostral.....	p 49
Photo 4 : scapula, aspects médial et latéral.....	p 70
Photo 4' : scapula, aspect caudo-crânial.....	p 71
Photo 5 : épaule, aspects latéral et médial.....	p 75
Photo 6 : épaule, aspects crânial et caudal.....	p 77
Photo 7 : humérus, aspects médial et latéral.....	p 81
Photo 8 : humérus, aspects crânial et caudal.....	p 83
Photo 9 : coude, aspects médial, latéral, crânial, caudal.....	p 87
Photo 10 : radius-ulna, aspects médial et latéral.....	p 91
Photo 11 : radius-ulna, aspects crânial et caudal.....	p 93
Photo 12 : main, aspects dorsal et palmaire.....	p 101
Photo 13 : main, aspects médial et latéral.....	p 99
Photo 14 : bassin, aspect latéral.....	p 106
Photo 14' : bassin, aspect oblique latéral.....	p 107
Photo 15 : acétabulum.....	p 107
Photo 16 : bassin, aspects dorsal et ventral.....	p 109
Photo 17 : hanche en flexion, aspect ventral.....	p 111

Photo 18 : hanche en extension, aspect ventral.....	p 113
Photo 19 : fémur, aspects médial et latéral.....	p 117
Photo 20 : fémur, aspects crânial et caudal.....	p 119
Photo 21 : genou, aspects crânial, caudal, médial et latéral.....	p 122
Photo 22 : tibia-fibula, aspect latéral.....	p 126
Photo 23 : tibia-fibula, aspects crânial et caudal.....	p 128
Photo 25 : Pied, aspect médial.....	p 136
Photo 24 : Pied, aspects dorsal et plantaire.....	p 138

LES SCHEMAS

Schéma 1 : Place de <i>Macaca fascicularis</i> dans la systématique.....	p 20
Schéma 2 : place et importance de <i>Macaca fascicularis</i> dans la systématique.....	p 21
Tableau 1 : Produits utilisés couramment pour l'anesthésie des primates.....	p 39

LES DOCUMENTS

Document 1 : Schéma explicatif du système cardio-vasculaire thoracique pour une radiographie du thorax en décubitus latéral droit.....	p 152
Document 2 : Conformation extérieure du cœur du cynomolgus, vue latérale droite.....	p152
Document 3 : Conformation extérieure du cœur du cynomolgus, vue latérale gauche.....	p 153
Document 4 : Topographie des viscères du cynomolgus (viscères superficiels du côté droit, fixés en place).	p 160
Document 5 : Topographie des viscères du cynomolgus (viscères superficiels du côté gauche, fixés en place).	p 160

INTRODUCTION

Découverts par Wilhelm Conrad Röntgen en 1895, les rayons X ont donné naissance à la radiologie. Depuis, le principe de la radiographie n'a cessé de se développer, jusqu'à devenir un outil indispensable dans le domaine médical : il s'agit actuellement d'un examen de routine en médecine humaine mais aussi vétérinaire.

La radiographie est en effet une technique d'imagerie qui permet de visualiser du vivant du sujet les structures internes de l'organisme sans intervention chirurgicale. Même si aujourd'hui d'autres techniques d'imagerie très performantes se sont développées (échographie, scanner, IRM), elle constitue toujours un outil diagnostique essentiel.

L'anatomie radiographique est plus difficile à appréhender que l'anatomie conventionnelle, car elle correspond à une représentation sur un plan de structures en trois dimensions ; la projection obtenue est une image de la réalité qui par de nombreux aspects est fort différente des ouvrages d'anatomie. De nombreux ouvrages existent donc pour présenter une interprétation anatomique des images radiographiques, avec des images de référence pour de nombreuses espèces rencontrées fréquemment en pratique courante vétérinaire (canins, félins, équins, bovins, ...).

Par contre, ces ouvrages font défaut pour nombre d'espèces utilisées en expérimentation animale.

Les primates anthropoïdes sont de tous les mammifères ceux qui sont les plus proches de l'homme tant par leur anatomie que par leur comportement ; ils constituent ainsi un recours incontournable en expérimentation animale.

Actuellement, les singes utilisés en expérimentation ne sont plus issus de leur milieu naturel mais proviennent de centres d'élevages spécifiques.

L'utilisation très importante du macaque *Cynomolgus* en particulier s'explique par sa petite taille et par la disponibilité de l'espèce liée à sa reproduction aisée en captivité.

Mais si des ouvrages existent déjà sur l'étude anatomique de différentes parties du corps du cynomolgus, il n'y a pas de données de référence pour son étude globale sur un plan radiologique.

Or toute interprétation d'image radiographique avec une recherche d'état pathologique nécessite impérativement la connaissance des images normales, à l'état physiologique.

Il nous est donc apparu utile d'établir un atlas radiographique pour cette espèce, suite à son étude radiologique.

I. LE MACAQUE CYNOMOLGUS

A. PHYLOGENETIQUE

Le cynomolgus est un singe, et appartient donc à l'ordre des primates. Après un court rappel des principales caractéristiques communes aux représentants de cet ordre, nous nous intéresserons à la place du cynomolgus au sein de celui-ci.

1) L'Ordre des PRIMATES

Le terme de primate dérive du latin « primas » signifiant « qui est au premier rang », et fut choisi par Linné pour nommer un ordre de mammifères comprenant les singes, les Anthropomorphes et l'homme .

L'Ordre des primates contient près de deux cents espèces, aujourd'hui recensées et définies par leurs adaptations communes à la vie arboricole : structure du cerveau, possessions d'ongles aux mains et aux pieds, présence de doigts opposables, ou encore finesse de leurs sens (en particulier le toucher et la vue).

D'un point de vue morphologique, trois caractères dominent la tendance générale du groupe des primates :

- l'adaptation à la vie arboricole, qui commande les grandes lignes de l'organisation des primates, ce que l'on va voir surtout au niveau des membres : clavicule conservée (qui permet des mouvements de latéralité du membre antérieur), cubitus et radius respectivement indépendants du tibia et du péroné (permet la pronation et la supination), opposabilité du pouce et de l'index, extrémité des doigts aplatie.
- la céphalisation : le volume du cerveau augmente par rapport à l'ensemble du corps, les orbites s'orientent vers l'avant (avec une superposition des champs visuels des deux yeux), mais les cavités nasales diminuent.
- la conservation d'un très grand nombre de dispositions primitives : denture complète non spécialisée (forme des dents peu modifiée), persistance d'un estomac simple et d'un foie lobé, pentadactylie.

Aujourd'hui encore, même si les primates ont passionné très tôt les scientifiques du monde entier, aucune classification ne semble universellement satisfaisante : la littérature diffère selon que l'on s'intéresse aux paramètres évolutifs, anatomiques, géographiques ou comportementaux.

La plupart des spécialistes s'accordent cependant à considérer que de nos jours, la plus recevable est celle citée par François Boulière, établie par Simpson (« Principles of classification and a classification of mammals », 1945) et adoptée par l'organisme ISIS (International Species Information System).

2) Le Sous-ordre des ANTHROPOIDEA

Les *ANTHROPOIDEA* (ou Simiens) regroupent les primates les plus évolués, dont l'homme. On les oppose aux *PROSIMII* (ou Prosimiens), qui incluent les primates à caractères primitifs rappelant ceux des insectivores (ils rassemblent les Tupaïdés, les Indriidés, les Lorisidés, les Lémuridés, les Tarsiidés et les Daubentoniidés).

3) La Super-Famille des CATARRHINI

Les *CATARRHINI* sont des animaux puissants à cloisons nasales minces, narines rapprochées, queue peu préhensile quand elle existe, et pouces très développés ; ils ont souvent des callosités ischiatiques (ou fessières). Ce sont les singes de l' ANCIEN MONDE.

On les oppose aux *PLATYRRHINI* (ou singes du NOUVEAU MONDE), singes plutôt petits avec une cloison nasale assez large, des narines rondes, une queue longue et plutôt préhensile, un pouce assez peu développé et pas de callosités ischiatiques (ils vivent tous en Amérique du sud ou centrale).

4) La Famille des CERCOPITHECIDAE

Les *CERCOPITHECIDAE* sont de taille dite moyenne, caractérisés par une queue le plus souvent longue, des callosités ischiatiques (ou fessières) plus ou moins grandes mais toujours présentes et des membres postérieurs au moins aussi longs que les antérieurs.

On les oppose aux *PONGIDAE*, qui sont caractérisés par un volume corporel important, une très puissante musculature, l'absence de queue et des membres antérieurs plus longs que les postérieurs (ce sont les Gorilles, les Chimpanzés, les Orang-outans, les Gibbons et les Siamang).

5) La Sous-Famille des CERCOPITHECINAE

Les *CERCOPITHECINAE* possèdent tous un pouce aux mains et aux pieds, ont un estomac de structure simple et des abajoues ; ils rassemblent cinq genres différents de singes.

On les oppose aux *COLOBINAE*, qui sont des singes ne possédant que quatre doigts aux mains, un pouce atrophié (voire absent), un estomac de structure complexe et pas d'abajoues.

6) Le Genre MACACA

Ce genre rassemble des singes massifs et corpulents, ayant un museau arrondi à narines non terminales et de larges callosités fessières. Ils sont de taille plutôt grande et, chez les formes africaines, la queue est absente.

Quinze espèces de Macaques ont été répertoriés, dont les plus connues sont : le Macaque Cynomolgus, le Macaque rhésus (*Macaca mulatta* : a servi à identifier le facteur rhésus du sang chez les humains), le Macaque à face rouge (*Macaca fuscata* : représente l'une des nombreuses sagesse bouddhistes, « ne rien voir, ne rien entendre et ne rien dire ») et le macaque de barbarie ou magot (*Macaca sylvanus* : se différencie par une absence complète de queue).

7) L'espèce Cynomolgus

On distingue de nombreux synonymes pour le macaque cynomolgus : *Macaca irus*, macaque d'Indonésie, singe crabier, macaque des Philippines, macaque commun, macaque de Java, macaque à longue queue, *Macaca fascicularis*.

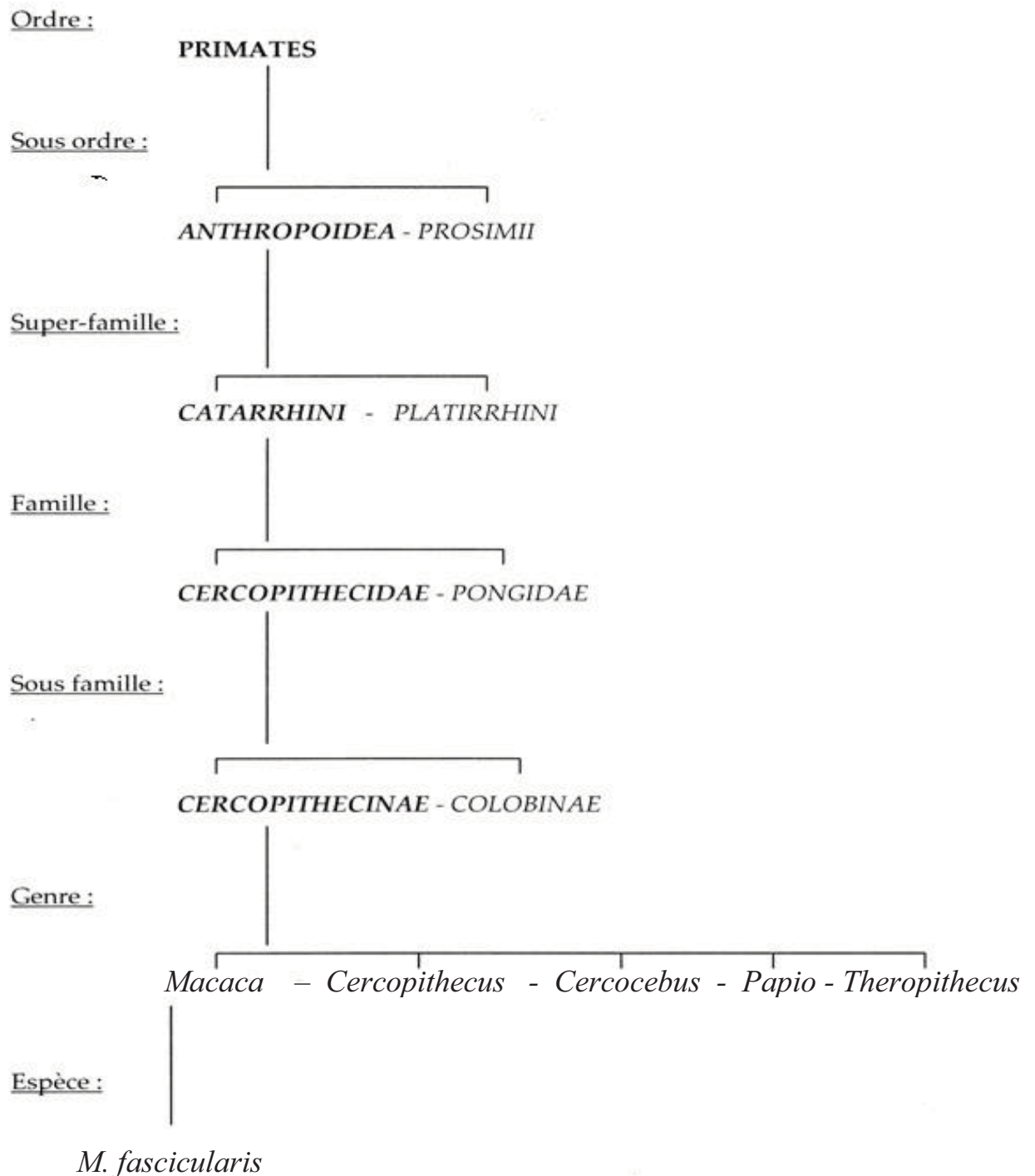


Schéma 1 : Place de *Macaca fascicularis* dans la systématique.

Liste des 15 espèces du genre *Macaca* :

Macaca sylvanus ou magot
Macaca sinica ou macaque couronne
Macaca radiata ou macaque à bonnet chinois
Macaca silenus ou macaque ouandérou
Macaca nemestrina ou macaque à queue de cochon
Macaca mulatta ou macaque rhésus
Macaca assamensis ou macaque d'Assam
Macaca cyclopis ou macaque de Formose
Macaca arctoïdes ou macaque brun
Macaca thibetana ou macaque du Tibet
Macaca fuscata ou macaque japonais
Macaca nigra ou macaque nègre
Macaca maura ou macaque de Célèbes
Macaca tankoana ou macaque du Tonkin
Macaca fascicularis ou macaque d'Indonésie

Liste des 21 sous-espèces de *Macaca fascicularis*

<i>Macaca fascicularis fascicularis</i>	<i>Macaca fascicularis mindanensis</i>
<i>Macaca fascicularis phaeura</i>	<i>Macaca fascicularis capitalis</i>
<i>Macaca fascicularis mordax</i>	<i>Macaca fascicularis laeti</i>
<i>Macaca fascicularis cupida</i>	<i>Macaca fascicularis pumila</i>
<i>Macaca fascicularis baweana</i>	<i>Macaca fascicularis fusca</i>
<i>Macaca fascicularis philipinensis</i>	<i>Macaca fascicularis lasiae</i>
<i>Macaca fascicularis mindora</i>	<i>Macaca fascicularis aurea</i>
<i>Macaca fascicularis tua</i>	<i>Macaca fascicularis umbrosa</i>
<i>Macaca fascicularis limitis</i>	<i>Macaca fascicularis valida</i>
<i>Macaca fascicularis sublimitis</i>	<i>Macaca fascicularis atriceps</i>
<i>Macaca fascicularis argentimembris</i>	

Autres synonymes de macaque cynomolgus :

LATINS

Macaca irus
Macaca cynomolgus
Simia fascicularis
Cynomolgus irus

ANGLAIS

Crab-eating macaque
Crab-eating monkey
Java monkey
Philippine macaque
Irus macaque
Cynomolgus monkey

ASIATIQUE

Kra

B. BIOLOGIE

1) Morphologie

Un individu mâle mesure entre 41 et 65 cm et pèse de 3,5 à 8,3 kg tandis que la femelle est plus petite (38 à 50 cm) et plus légère (de 2,5 à 5,7 kg). Il possède de plus grandes canines que celle-ci.

Son épais pelage présente diverses nuances du brun olive avec un coloris plus clair sur le dessous que sur le dessus.

Son visage aplati à peau gris foncé est légèrement prognathe, entouré par une frange de longs poils gris.

Il possède une queue non préhensile dont la longueur peut être égale voire supérieure à la longueur tête-corps soit de 60 cm.

Il se caractérise de plus par des callosités fessières proéminentes qui ne se rejoignent pas sur la ligne médiane.

Son espérance de vie est de 15 à 25 ans.

2) Habitat

Le macaque cynomolgus a une importante répartition en Asie : on le rencontre à l'état sauvage dans l'Est de l'Inde, en Birmanie, en Thaïlande et de la Malaisie jusqu'aux Philippines. Il a été introduit sur l'île Maurice.

Son habitat typique se situe à la lisière des forêts, aux bordures des rivières, dans les estuaires et les mangroves (NB : dans les régions agricoles de Malaisie, il a colonisé les jardins et les plantations et devient un fléau pour les populations locales).

Ce singe, qui mène une vie essentiellement terrestre, se déplace au sol en position quadrupède mais adopte la position bipède quand ses mains sont occupées.

3) Alimentation

Son régime alimentaire omnivore à prédominance frugivore se compose de fruits, de jeunes feuilles, d'insectes ainsi que de crabe. Excellent nageur, il capture les crustacés à l'aide de ses mains agiles puis les tue en employant un outil tel un caillou qui lui sert à briser la carapace.

4) Reproduction

La maturité sexuelle est plus tardive chez le mâle que chez la femelle, et s'adapte aux conditions extérieures.

La croissance s'achève vers 6 ans chez le mâle et vers 10 ans chez la femelle (un Macaque peut vivre plus de 30 ans !).

Si le cycle sexuel se déroule toute l'année avec des périodes d'oestrus (cycle oestral de 28 jours), il existe une saisonnalité des naissances : un seul petit à chaque mise bas et 160 à 180 jours de gestation.

Par exemple, la saison de naissance en Malaisie est de mai à juillet.

Le sevrage s'effectue à l'âge de 14 à 18 mois, et la maturité sexuelle est de 4,2 ans chez le mâle et de 4,3 ans chez la femelle.

On peut noter une particularité chez la femelle chez qui lors de l'oestrus, le gonflement périnéal affecte une partie de la base de la queue.



Jeune femelle cynomolgus mauricienne en oestrus.

5) Bases de la vie sociale

Le cynomolgus vit dans des groupes de plusieurs femelles et plusieurs mâles, allant de 6 à 58 individus. Cela leur permet d'être mieux protégés contre les prédateurs, mais cela augmente aussi la compétition pour la nourriture ; si la nourriture vient à manquer, le groupe se sépare en de plus petits groupes.

Les femelles cynomolgus restent dans leur groupe natal, où est installée une forte hiérarchie de dominance dans laquelle le rang est passé de mère à fille. Les indicateurs de rang sont la direction du toilettage (les femelles de haut rang jouissent plus longtemps et plus souvent des sessions de toilettage que celles de bas rang), la « parade de la présentation des dents » (lors de laquelle la femelle soumise montre ses dents à la femelle dominante) et le déplacement (au cours duquel une dominante déplace une femelle soumise sur un site de nourriture).

Si le groupe vient à se séparer, le groupe principal est constitué des dominantes, alors que les femelles de bas rang partent de leur côté.

Les mâles montrent aussi une forte hiérarchisation : le mâle dominant a un plus grand accès aux femelles reproductrices et engendre la majorité des petits du groupe tant qu'il est le dominant. Le mâle de deuxième rang engendre les 20 % de petits restants.

Les bagarres entre mâles peuvent causer de sérieux dégâts, en particulier les lacérations dues à leurs longues canines.

Le lien entre le mâle et la femelle dominante est entretenu par le toilettage : la femelle le toilette fréquemment, et repousse violemment les autres femelles qui voudraient l'approcher.

Les mâles quittent leur groupe natal avant leur majorité sexuelle, souvent entre 4 et 6 ans, avec un petit groupe de leurs pairs. Il immigreront généralement dans d'autres groupes, dans lesquels ils essaient d'atteindre le plus haut rang entre 7 et 9 ans (si un de leurs pairs y arrive, ils quittent le groupe au lieu de le défier). Les mâles migrent ainsi toute leur vie (ils restent en moyenne 45 mois dans un même groupe), et ceux issus de femelles de haut rang sont plus susceptibles de devenir dominants. Une fois qu'un mâle devient dominant, il reste à ce « poste » seulement 3 ans.

6) Protection

Le cynomolgus a la troisième plus grande répartition géographique de toutes les espèces de primates, seulement derrière l'homme et le macaque rhésus. Depuis que la capture d'espèces sauvages pour la recherche médicale s'est arrêtée grâce aux animaux élevés en captivité, la population totale de cynomolgus n'est pas significativement menacée.

Le cynomolgus est sur la liste rouge de l'IUCN (« International Union for Conservation of Nature »), qui désigne les espèces à faible risque ; et la CITES (« Convention on International Trade in Endangered Species ») le classe dans l'Appendice II (« pas menacé d'extinction, mais pour lequel le commerce doit être contrôlé pour éviter une utilisation incompatible avec sa survie »).

Le commerce international de cynomolgus est donc légal, mais contrôlé par la CITES.



***Macaca fascicularis*, images extraites du site internet www.pin.primate.wisc.edu.com**

C. IMPORTANCE DU MACAQUE CYNOMOLGUS DANS L'EXPERIMENTATION ANIMALE

Les primates anthropoïdes, qu'ils soient du nouveau ou de l'ancien monde, sont de tous les mammifères ceux qui sont les plus proches de l'Homme tant par leur anatomie que par leur comportement ; aussi les incomparables affinités biologiques de ces animaux avec l'Homme ont-elles été utilisées dans de nombreuses expériences scientifiques depuis de nombreuses années. Les primates constituent ainsi un recours incontournable en expérimentation animale (même si les rongeurs demeurent de loin les animaux les plus utilisés en laboratoire).

Actuellement, les singes utilisés en expérimentation ne sont plus issus de leur milieu naturel mais proviennent de centres d'élevage spécifique qui permettent de garantir un meilleur état sanitaire des animaux et de limiter les risques de zoonoses. Les babouins et les macaques dont *Macaca fascicularis* et *Macaca rhesus* occupent une large place dans la recherche du fait que sont les mieux connus de tous les Primates.

Si l'on s'intéresse au macaque cynomolgus en particulier, on voit que son utilisation s'explique par sa petite taille et par la disponibilité de l'espèce liée à sa reproduction aisée en captivité. Il a servi avec le singe vert (*Chlorocebus aethiops*) à l'étude de la pathogénie de la poliomyélite dont l'évolution chez cette espèce reflète celle de l'Homme (il est toujours utilisé pour les contrôles de neuro-virulence des vaccins contre cette maladie).

Il sert aussi de modèle expérimental en neurologie, en pathologie infectieuse, en immunologie, en toxicologie, en pharmacologie et pour les recherches concernant l'appareil reproducteur du fait des similitudes anatomiques et endocriniennes de son appareil génital avec celui de la femme.

Il est à noter que l'on n'utilise ces espèces que si les expériences conduites sur d'autres espèces de mammifères ne peuvent pas apporter des résultats de même niveau.

Conformément à la réglementation française et européenne (86/609/ECC), le nombre de macaques soumis aux expérimentations est restreint, de plus le respect des lois sur l'éthique et le bien-être animal est garanti (personnel formé et autorisé à effectuer des expérimentations sur les animaux, certificat de capacité). De plus, toutes les méthodologies et nouveaux protocoles expérimentaux sont développés d'abord chez les rongeurs (rats et cobayes) avant d'être appliqués aux primates, afin de limiter le nombre de primates utilisés.

II. MATERIEL ET METHODE

A) LES ANIMAUX

Les clichés radiographiques avec et sans préparation sont effectués sur un singe mâle âgé de cinq ans issu d'un centre de quarantaine, manipulé vivant et anesthésié.

B) LE MATERIEL DE RADIOLOGIE

Tous les clichés radiographiques présentés ici ont été réalisés au service de radiologie de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse à l'aide d'un appareil de radiologie de type Siemens Tube Opti 150/30/500, et de cassettes numériques.



Photographies réalisées au service de radiologie de l'Ecole Vétérinaire de Toulouse : salle de radiologie, développeuse numérique.

C) LA RADIOPROTECTION

Les mesures de radioprotection visent à réduire l'exposition humaine aux rayons ionisants ; Cela peut se faire déjà en respectant des principes de base simples :

- Les locaux et installations de radiologie doivent être spécifiques et satisfaire aux règles générales fixées par la norme française homologuée NFC15-160 et NFC 15-161.
- Une personne « compétente en radioprotection », ayant reçu une formation adéquate, est responsable des sources et de leurs conditions d'utilisation.
- Toute personne exposée doit être indispensable à la manipulation.
- Aucune partie de l'opérateur ne doit être exposée au rayonnement primaire, même protégée par du plomb (un faisceau lumineux simulant le faisceau primaire de rayons X permet de visualiser celui-ci).
- On surveille l'exposition individuelle à l'aide d'un dosifilm (dosimètre radiographique), muni de différents écrans permettant de simuler les différences de composition du corps humain. Il se porte à la poitrine et/ou aux poignets (zones les plus exposées).

Dans la pratique quotidienne de la radiologie, les trois éléments clés de la radioprotection sont :

- 1) Le temps : il faut réduire la durée d'exposition au maximum.
- 2) La distance : Il faut augmenter au maximum la distance entre le radiologue et la source de rayons X (quand la distance double, la dose est divisée par 4).
 - la salle de radiologie doit donc être suffisamment grande pour permettre au personnel de s'éloigner.
 - l'animal est laissé seul sur la table de radiologie si cela est possible.
 - Si une contention manuelle est nécessaire, elle est réalisée en maintenant son corps le plus loin possible du tube (bras tendus).
- 3) Les barrières de protection : elles permettent de se protéger contre le rayonnement diffusé. Le matériel le plus utilisé pour se protéger des rayons X est le plomb :
 - le personnel exposé doit se protéger en portant tablier, gants, protège thyroïde et lunettes plombées.
 - le personnel utilisant la console de commandes doit être protégé par une cloison plombée.
 - les murs, plancher et plafond de la salle doivent aussi être plombés (plus l'épaisseur de la barrière est grande, plus elle est efficace).

Ces mesures de radioprotection doivent donc faire partie intégrante de tout acte radiographique et être connues de l'ensemble du personnel employé.



Photographies réalisées au service de radiologie de l'Ecole Vétérinaire de Toulouse : mesures de radioprotection.

D) LA CONTENTION DES ANIMAUX

1) La contention physique :

Les primates non humains sont des animaux stressés, et peuvent causer des dommages physiques à l'homme en cas de mauvaise contention ; ainsi, si de petits primates (comme les marmosets, *Callithrix jacchus*) peuvent être manipulés après une légère sédation (prémédication par voie intramusculaire ou intrapéritonéale) permettant de poser une voie veineuse, un primate tel que le macaque cynomolgus requiert une profonde sédation avant manipulation.

Cette sédation, effectuée par injection intramusculaire, doit se faire dans le calme, rapidement, en stressant l'animal le moins possible.

L'injection est réalisée de préférence dans les muscles caudaux de la cuisse, ou dans les muscles épiauxiaux (le long de la colonne vertébrale, au niveau des vertèbres lombaires) ou la fesse.

Si l'animal est dans une cage, il est bloqué au moyen d'un fond amovible, et l'injection est réalisée au travers des barreaux.

Dans de plus grand espaces où l'animal ne peut pas être contenu, on utilise des fléchettes, projetées par une sarbacane ou un fusil à air comprimé.

La manipulation des ces animaux nécessite des précautions particulières, car du fait de leur liens phylogénétiques étroits avec l'homme, ils peuvent transmettre de nombreux agents infectieux (tuberculose, shigellose, salmonellose, hépatite B, filovirus, herpesvirus). Il faut donc se protéger par des gants, masque et habits de protection lors de chaque contact.

2) La contention chimique :

2.1. La démarche anesthésique

Pour effectuer les clichés radiographiques, il est indispensable d'avoir recours à une anesthésie générale pour bien positionner l'animal et éviter tout flou cinétique.

Pour préparer l'anesthésie, il va falloir prendre en compte plusieurs paramètres :

- La nature de l'acte effectué : de part sa durée (une radiographie sans préparation nécessite une anesthésie de plus courte durée qu'une radiographie avec préparation), l'interaction éventuelle des molécules employées avec le protocole (ne pas utiliser de modificateurs de la vidange gastrique lors d'un transit baryté !) ou son caractère plus ou moins invasif et douloureux. .

- L'état physiologique de l'animal : cela nécessite de connaître les commémoratifs et l'anamnèse de l'animal, de faire un examen physique et d'éventuelles analyses de laboratoire (il est surtout important de détecter d'éventuelles anomalies des fonctions cardio-pulmonaires, hépatique ou rénale). Cela peut être difficile voire dangereux en fonction de l'agressivité de l'animal (il faudrait ici réaliser une anesthésie pour prélever du sang !).

Il n'y a pas de protocole anesthésique idéal : Il va falloir toujours s'adapter au cas par cas, et assurer une surveillance soutenue de la phase pré-anesthésique jusqu'au réveil complet de l'animal !

2.2. La période pré-anesthésique

a) Examen clinique :

Il ne faut jamais négliger l'examen clinique pré-anesthésique, notamment des informations telles que le poids, la température, l'auscultation cardiaque et pulmonaire.

Dans cette étude, vu l'impossibilité de manipuler l'animal vigile, on s'est surtout focalisés sur les signes extérieurs de maladie : modification de la posture, comportement anormal, anorexie, surveillance des urines et des fécès.

Le bilan sanguin, s'il est peu utile sur un adulte en bonne condition physique, va se révéler capital en cas de suspicion :

- de problème cardio-pulmonaire : en cas de léthargie, détresse respiratoire, perte de poids, dyspnée, tachypnée. On doit rechercher une cardiopathie (hypertrophique, dilatée), une insuffisance cardiaque congestive, une hypertension,...

- de problème hépatique : en cas d'anorexie, de léthargie, de vomissements, de diarrhée, de douleur abdominale, d'ascite, d'œdème généralisé ou de problème de coagulation.

Le foie va en effet intervenir dans le métabolisme de l'anesthésique, la synthèse de protéines.

- de problème rénal : en cas d'insuffisance rénale chronique (Polyuro-polydipsie) ou aigüe (anurie). Le rein doit en effet permettre l'élimination de l'anesthésique.

Les résultats permettront d'adapter le choix des molécules utilisées.

b) La diète

Pour prévenir tout risque de régurgitation ou de vomissement, il faut respecter une diète de 12 heures avant l'anesthésie pour toute alimentation solide, 3 heures pour l'eau ; cela permet d'éviter une fausse déglutition.

Il faut néanmoins se méfier d'une hypoglycémie chez le jeune : on réduit dans ce cas la diète à 2-3 heures.

c) La Prémédication

Les objectifs de la prémédication sont de réduire le stress et la douleur de l'animal tout en facilitant sa capture, prévenir les effets indésirables des médicaments administrés et diminuer les risques anesthésiques ; cela consiste en l'administration de tranquillisants, d'analgésiques et/ou d'anticholinergiques.

i. Les tranquillisants

Ils sont très peu utilisés comme agents pré-anesthésiques chez les primates, car bien qu'ils procurent un certain degré de sédation, cela n'est pas suffisant à la manipulation sans danger des animaux : on va donc les utiliser pour potentialiser l'agent anesthésique et diminuer ses effets secondaires, en injectant les deux simultanément.

- Ainsi, contrairement aux carnivores domestiques, on utilise très peu les phénotiazines.
- Les Benzodiazépines (Diazépam, Midazolam) ont des propriétés hypnotique, myorelaxante et anti-convulsivante : on va donc les utiliser en association avec la Kétamine pour avoir une bonne myorelaxation, d'autant plus qu'elles ont très peu d'effets sur la fonction cardio-pulmonaire.
- Les α_2 agonistes (xylazine médétomidine, dexmédétomidine) procurent sédation, analgésie et myorelaxation, mais ne doivent pas être utilisés seuls (risque de réveil rapide après profonde sédation, surtout chez les grands primates) : on les utilise principalement associés avec la Kétamine. Ils présentent des effets secondaires biphasiques sur le système cardiovasculaire (d'abord hypertension due à une vasoconstriction périphérique, puis bradycardie intense, éventuellement Blocs atrio-ventriculaires de degrés I et II), et sont donc contre-indiqués en cas d'hypertension, de bradycardie ou de dysrythmies. Ceci dit, ces effets sont moins importants chez les primates que chez le chien, et on peut les réduire en injectant par voie intra-musculaire. Il est à noter que la Médétomidine est beaucoup plus sélective vis-à-vis des récepteurs α_2 que la Xylazine (1600 fois plus !).

ii. Les analgésiques

Les opioïdes sont utilisés pour diminuer la quantité de gaz anesthésiques et augmenter l'analgésie. Ils ont peu de répercussions sur la fonction cardio-vasculaire (exceptée une hypotension engendrée par la morphine), mais engendrent une dépression respiratoire dose-dépendante. Ils sont antagonisables par la Naloxone (0.01 mg/kg IV).

- La Morphine et l'Oxymorphone (10 fois plus puissante que la Morphine) sont utilisées pour l'analgésie post-opératoire.
- Le Fentanyl est utilisé comme composante analgésique à l'anesthésie balancée (100 fois plus puissant que la Morphine), en bolus intraveineux (5-10 µg/kg) ou en perfusion (10-25 µg/kg/h).

Il est aussi utilisé pour la neuroleptanalgie (association d'un sédatif et d'un morphinique) : association Fentanyl-Dropéridol (Imnovar-vet ND, 0.1 à 0.3 ml/kg IM) ou Fentanyl-Fluanisone (Hypnorm ND : 0.3 ml/kg IM), pour engendrer une bonne sédation et analgésie (mais faible myorelaxation).

L'injection concomitante d'Atropine (0.05 mg/kg IM) permet de lutter contre la bradycardie engendrée.

- Le Butorphanol : il faut se méfier de son utilisation chez les primates, car s'il s'agit d'un agoniste (récepteurs κ) / antagoniste (récepteurs μ) chez le chien (analgésie et faible dépression respiratoire), son profil pharmacologique est différent chez les primates (il a une activité essentiellement μ agoniste !). Il va donc engendrer une forte dépression respiratoire.
- La Buprénorphine : 30 fois plus puissante que la Morphine, elle devient très populaire en raison de sa pharmacocinétique (elle agit plus longtemps : de 6 à 8 h). De plus, elle n'engendre qu'une faible dépression respiratoire.

iii. Les anticholinergiques

Ils ont des propriétés parasympholytiques, et sont donc utilisés pour diminuer les sécrétions salivaires et bronchiques, et prévenir les manifestations vagales, les bradycardies réflexes et les vomissements.

On peut utiliser l'Atropine (0.02-0.05 mg/kg) ou le Glycopyrrolate (Robinul ND, 5 µg/kg) par voie intra-musculaire. Le Glycopyrrolate est deux fois plus puissant que l'Atropine et à une plus longue durée d'action.

Associés aux protocoles Kétamine- α_2 agonistes ou contenant du fentanyl, ils permettent de lutter contre la bradycardie et de limiter les risques de fausse déglutition de salive si l'animal n'est pas intubé (anesthésie gazeuse par un masque).

Ils présentent par contre des effets secondaires à prendre en compte :

- tachycardie, dysrythmies ventriculaire : ne pas utilisés chez les animaux présentant tachycardie ou hypertension !
- Atonie gastro-intestinale : ne pas utiliser lors d'un transit baryté !
- Diminue la sécrétion des larmes : ne pas utiliser lors de Kérato-conjonctivite sèche !

Application dans les protocoles utilisés ici en pratique :

Dans le cas du cynomolgus, on utilisera la Kétamine (Imalgène ND) à une posologie de 10 mg/kg en intra-musculaire, qui constitue l'anesthésique de choix chez les primates en raison de sa sécurité d'utilisation.

Elle procure une sédation ainsi qu'une analgésie superficielle suffisantes pour la réalisation d'actes courts et légers, comme la prise de clichés radiographiques sans préparation.

2.3.Le déroulement de l'anesthésie générale

a) Intubation et voie veineuse :

L'intubation permet d'assurer l'étanchéité des voies aériennes supérieures, et d'avoir un accès direct pour oxygéner les animaux ou réaliser une anesthésie gazeuse.

Elle nécessite une sédation et une myorelaxation de façon à ne pas avoir de réflexe de déglutition (ne pas intuber un animal ayant reçu uniquement de la Kétamine !).

Le cou tendu pour mieux visualiser le larynx, on ouvre la bouche grâce à un pas-d'âne et on utilise de la Lidocaïne en spray pour réaliser une anesthésie locale. Un laryngoscope permet alors d'abaisser la langue et de rabattre l'épiglotte pour visualiser l'entrée du larynx, entre les cartilages arythénoïdes.

Il est à noter que les primates ont une trachée bien plus courte que les carnivores domestiques : il faut faire attention à utiliser des sondes trachéales relativement courtes pour ne pas dépasser la bifurcation trachéo-bronchique ! Pour être sûr que l'on n'a pas intubé un seul poumon, on ausculte systématiquement les deux côtés de la poitrine et on peut éventuellement faire une radiographie de contrôle.

Chez le singe, on peut poser un cathéter intra-veineux à la veine saphène ou à la veine céphalique ; Cela permet de le mettre sous perfusion ou de réinjecter des produits en IV.

b) Les produits anesthésiques utilisables :

On peut utiliser des produits injectables, des agents volatils ou une association des deux.

i. Les anesthésiques injectables

- Les anesthésiques dissociatifs :

- La Kétamine (Imalgène ND) : Elle est utilisée largement pour la contention chimique et l'induction des primates non humains depuis 1970.

Elle procure une bonne sédation et une analgésie périphérique, et sa grande sécurité d'utilisation en fait l'anesthésique de choix chez les primates (on peut administrer par voie intra musculaire de 0.5 à 20 mg/kg). Elle présente une activité cardio-stimulatrice, et une faible dépression respiratoire (avec une action broncho-dilatatrice).

Par contre, on n'a qu'une très faible myorelaxation, et l'on peut avoir des mouvements tonocloniques au cours de l'anesthésie. Il y a aussi persistance des réflexes palpébral, pharyngé et laryngé : la persistance du laryngospasme empêche l'intubation.

On peut l'utiliser en association avec de l'Atropine pour limiter l'hypersalivation : à forte dose, la Kétamine engendre une augmentation des sécrétions de mucus par les glandes salivaires et trachéo-bronchiques.

Si l'on peut la réverser chez le chat par la Yohimbine, cela est très peu utilisé chez les primates.

On l'utilise chez le cynomolgus à la posologie de 10 mg/kg en induction, ce qui permet un passage en relais gazeux (au masque !) ou injectable (autres injections de Kétamine par voie veineuse, de 3 à 6 mg/kg) : On a une action au bout de 5 à 10 minutes, et qui dure de 20 à 30 minutes (avec juste l'induction).

Il faut faire attention car chez le macaque, son utilisation trop fréquente peut induire un phénomène de tolérance, qui peut nécessiter d'augmenter les doses (cela s'est confirmé au cours de cette étude : à la même dose de 10 mg/kg en induction, la sédation durait de moins en moins longtemps, jusqu'à être réduite de moitié !).

Pour limiter ses effets secondaires, potentialiser son action et obtenir une bonne myorelaxation, on peut associer la Kétamine à diverses molécules :

✓ Un $\alpha 2$ -agoniste :

- Kétamine (10 mg/kg IM) + Xylazine (Rompun ND, 0.5 à 2 mg/kg IM) : on obtient une meilleure sédation, avec analgésie et myorelaxation de meilleure qualité.

Mais la xylazine induit bradycardie et hypotension, que l'on peut contrer par une administration d'anticholinergique.

- Kétamine (2-6 mg/kg IM) + médétomidine (Domitor ND, 50-100 μ g/kg IM) : procure une induction rapide et prolongée (60 min), analgésie et bonne myorelaxation, tout en diminuant la dose de Kétamine. De plus, on peut antagoniser la médétomidine par l'Atipamézole (Antisédan ND).

✓ Une Benzodiazépine :

- Kétamine (10 mg/kg IM) + Diazépam (Valium ND : 0.2 à 0.35 mg/kg IV) : Le valium améliore la myorelaxation et l'immobilisation. Par contre, on ne peut injecter le valium en IM : cela se révèle douloureux, et l'absorption est alors aléatoire (il faut alors multiplier les injections, ce qui pose problème du fait de son élimination lente !). Or l'injection intraveineuse sur le cynomolgus vigile se révèle impossible.

- Kétamine + Midazolam (Hypnovel ND, 0.05-0.15 mg/kg) : comparé au Diazépam, le Midazolam présente une meilleure absorption IM (il est plus hydrosoluble), une meilleure sédation (4 fois plus puissant) et un temps d'élimination inférieur.

- La Tilétamine : on la trouve en association avec une benzodiazépine, le Zolazépam, dans le Zolétel ND ou le Télazol ND. Utilisée à la dose de 4 à 6 mg/kg, on obtient une sédation de 45 à 60 minutes, tout en ayant peu de répercussions cardio-pulmonaires (la Tilétamine présente des caractéristiques semblables à la Kétamine). On l'utilise dans les fléchettes pour les anesthésies à distance, car on a une meilleure efficacité que la Kétamine pour un volume réduit.

- Les Barbituriques :

- Le Pentobarbital : utilisé en IV stricte, à la dose de 20-30 mg/kg (demi-dose en bolus, le reste à la demande), il procure une sédation rapide, de 1 heure environ.

Son utilisation actuelle se réduit aux neurochirurgies (car il diminue la perfusion sanguine cérébrale et modifie peu la pression du liquide cérébro-spinal), avec une induction à la Kétamine et un relais au Pentobarbital à 11 mg/kg.

- Le Thiopental (Nesdonal ND) : utilisé en IV stricte, à la dose de 10-15 mg/kg (demi-dose en bolus, puis à la demande) seul ou 5-7 mg/kg après induction à la Kétamine. Il procure lui

aussi une sédation rapide, mais présente une activité beaucoup plus courte (environ 15 minutes).

Cependant, les barbituriques induisent une sévère dépression cardio-respiratoire, une impossibilité à bien moduler la profondeur de l'anesthésie, et un effet cumulatif important lors de ré-injections (ce qui peut entraîner des retards de réveil très importants).

Ils sont contre-indiqués en cas de problème cardio-respiratoire, d'hypotension, d'hypovolémie ainsi que chez les animaux trop maigres.

De plus, on ne peut les utiliser chez les macaques qu'en relais car on ne peut les injecter que par voie veineuse, ce qui peut se révéler dangereux sur un animal vigile.

- Le propofol (Rapinivet ND) :

Il permet une induction douce avec une bonne myorelaxation. Sa clairance très rapide (10 à 15 minutes) permet un réveil rapide et d'excellente qualité.

On l'utilise par voie IV stricte, en administration lente (de 2 à 5 mg/kg, sachant qu'on a un risque d'apnée au-delà de 2.5 mg/kg chez le cynomolgus).

Sa formulation constitue un excellent support pour le développement de bactéries, aussi faut-il limiter les ré-injections et la conservation d'un même flacon.

- L'Etomidate

Il est métabolisé très rapidement, et présente des effets secondaires cardio-pulmonaires minimes : c'est la molécule anesthésique de choix en cas de problème cardiaque, hépatique, rénal ou d'état de choc. Cependant, son prix très élevé limite son usage.

De plus, il engendre un arrêt de la synthèse de cortisol pendant 24 heures : il faut compléter son utilisation par de la Dexaméthasone .

On l'utilise en association avec une benzodiazépine, à la dose de 0.5 – 2 mg/kg en IV stricte.

ii. Les anesthésiques volatils

Ils permettent une très bonne maîtrise de la profondeur et de la durée de l'anesthésie.

On les utilise après induction par un anesthésique injectable : l'anesthésique gazeux prend alors le relais jusqu'à la fin de l'anesthésie.

On peut les administrer soit au masque, soit par une sonde trachéale après intubation, raccordés à un appareil d'anesthésie.

On va utiliser de préférence un circuit ouvert de type coaxial (ou circuit de Bain), particulièrement adapté aux macaques (pour un poids inférieur à 10 kgs) : Il présente un espace mort réduit et une faible résistance à la circulation des fluides.

- L'Halotane :

D'utilisation antérieure à l'Isoflurane, il présente une sédation et une myorésolution de qualité, mais induit une hypotension, une bradycardie, une dépression respiratoire et une hépato-toxicité (car il doit être métabolisé au niveau du foie avant d'être éliminé).

- L'Isoflurane :

Procurant une induction et un réveil rapides, c'est le principal gaz anesthésique utilisé car il présente peu d'effets secondaires comparé à l'Halotane : pas de toxicité hépatique (très peu métabolisé et peu soluble, il est éliminé quasi-intégralement par les poumons), faible réduction du débit cardiaque et rythme cardiaque stable. Par contre, il induit une hypotension dose-dépendante, aussi l'utilise-t-on à une concentration inférieure à 3-4 % au masque et à 2 % si l'animal est intubé.

c) Le suivi des animaux :

Pendant toute la durée de l'anesthésie, il faut effectuer une surveillance rigoureuse des paramètres vitaux de l'animal et de la profondeur de l'anesthésie.

Le suivi cardiovasculaire se fait au moyen d'un Electrocardiogramme et/ou d'un stéthoscope oesophagien, pour pouvoir vérifier la fréquence et le rythme cardiaque à tout moment (la norme se situe autour de 200 battements par minute).

Un brassard pédiatrique donne la pression artérielle indirecte.

En cas de problème cardiaque ou respiratoire avant l'anesthésie, on peut mettre en place en plus un cathéter artériel (cathéter de 20-G en téflon à l'artère fémorale pour avoir la pression artérielle directe) ou veineux (cathéter de 20-G à la veine jugulaire externe pour avoir la pression veineuse centrale) pour un monitoring optimal de la fonction cardiovasculaire.

Le suivi de la fonction respiratoire se fait en mesurant la fréquence respiratoire (normalement elle est de 50 par minute), en vérifiant la couleur des muqueuses, et par un monitoring spécifique : sonde d'oxymétrie pulsée (placée sur l'oreille ou la langue, permet une mesure continue de la saturation artérielle en oxygène), capnomètre (donne le capnogramme : courbe d'évolution du taux de CO², très important pour savoir si la ventilation est adéquate et si les voies aériennes sont bien perméables).

Le suivi de la profondeur de l'anesthésie se fait en évaluant la perte des réflexes palpébral et cornéen (attention à l'anesthésie par la Kétamine seule : ces réflexes persistent une fois l'animal sédaté !), le degré de relaxation musculaire, la fréquence et la profondeur respiratoire, la perte de réponse somatique aux stimuli chirurgicaux, la fréquence cardiaque.

La température corporelle peut fortement diminuer au cours d'une anesthésie prolongée ; une sonde oesophagienne ou rectale de température permet de la surveiller (la norme se situe entre 37.2 ° C et 39.4 ° C). Une température trop basse cause une diminution du débit cardiaque, une bradycardie, un retard de réveil et une consommation accrue d'oxygène par les tremblements.

Enfin le suivi de la production d'urines renseigne sur la fonction rénale ; Si l'anesthésie se prolonge, on peut mettre l'animal sous perfusion de Ringer Lactate au rythme de 10 ml/kg/h.

d) Le réveil :

La surveillance du réveil est très importante : L'animal est placé au calme dans une cage, avec une lumière de faible intensité, sans nourriture ou boisson.

S'il est intubé, on l'extube dès les premiers signes de déglutition.

Il faut particulièrement surveiller la température, et lutter contre l'hypothermie induite par l'anesthésie : on met l'animal sous des couvertures chauffantes, avec éventuellement une lampe chauffante (en pensant bien à protéger les cornées, très sensibles à la chaleur, avec un gel protecteur tel que l'Ocrygel ND).

Si l'animal est issu d'un groupe social, il faut s'assurer qu'il soit parfaitement réveillé avant de le relâcher (pour éviter toute agression).

2.4. Les protocoles utilisés en pratique lors des manipulations radiologiques

a) Radiographies sans préparation

Pour la réalisation des clichés radiographiques sans préparation, la sédation du cynomolgus est réalisée à l'aide de Kétamine (Imalgène ND) à la dose de 10 mg/kg par voie intramusculaire (grâce à une cage avec fond amovible). Cela permet le transport du singe de la clinique de faune sauvage jusqu'à la salle de radiologie, et le relais anesthésique est effectué avec de l'Isoflurane, inhalé au moyen d'un masque.



Photographies réalisées au service de radiologie de l'Ecole Vétérinaire de Toulouse : matériel d'anesthésie gazeuse (ici au masque, avec un circuit de Bain).

b) Radiographies avec préparation

Pour la réalisation des clichés radiographiques avec préparation, la sédation du cynomolgus est réalisée à l'aide de Kétamine à la dose de 10 mg/kg par voie intra musculaire.

Pour l'Urographie intra-veineuse, un cathéter est mis en place au niveau de la veine céphalique, et l'anesthésie est prolongée par une injection intra-veineuse de Kétamine à la dose de 6 mg/kg.

Pour le transit baryté, l'utilisation d'Isoflurane est proscrite (on peut avoir une action sur la vidange gastrique ou le péristaltisme intestinal) : l'animal est induit à la Kétamine, puis ré-anesthésié 10 minute avant la prise de chaque cliché à partir de T 30 (inclus) avec une dose de 6 mg/kg par voie intra musculaire.

Molécule	Posologie (mg/kg)	Voie d'injection	Durée d'action
Agents préanesthésiques			
Tranquillisants			
Midazolam	0.05-0.15	IM, IV	30 min
Opioides			
Buprénorphine	0.01-0.02	IM, IV	8-12 h
Butorphanol	0.1-0.2	IM, IV	3-4 h
Morphine	1.0-2.0	PO, SC, IM, IV	3-4 h
Oxymorphone	0.03-0.2	SC, IM, IV	3-4 h
Fentanyl	0.005-0.01	IV	30 min
Alpha-2 agonistes			
Xylazine	0.5-2	IM	30 min
Médétomidine	0.05-0.1	IM	30 min
Agents d'induction			
Kétamine	5-20	IM, IV	30 min
Propofol	2-6	IV	20 min
Etomidate	0.5-2	IV	20 min
Telazol	4-6	IM	45-60 min

Tableau 1 : Produits utilisés couramment pour l'anesthésie des primates (« Primate anesthesia », Veterinary Clinics of North America : exotic animal practice, January 2001, p 254).

E) LA PREPARATION DU SQUELETTE

Après l'euthanasie du singe, les os ont été récupérés puis photographiés de manière à associer à chaque position radiographique du squelette la pièce anatomique correspondante. Ces photographies ont été légendées de manière à permettre une meilleure interprétation des images radiographiques.

La récupération des os a demandé une préparation méthodique du squelette.

La préparation du squelette commence par le dépeçage et l'éviscération de l'animal.

Les membres sont isolés du tronc (squelette appendiculaire / squelette axial). Sont ensuite séparés le crâne, la colonne vertébrale et la cage thoracique.

L'étape suivante consiste à décharner les membres et à isoler les mains et les pieds. Ces derniers sont placés dans des filets (moustiquaires à maille 1 mm cousues pour constituer des sachets).

Le crâne est également placé dans un filet, après en avoir enlevé mécaniquement l'encéphale.

L'ensemble des éléments est ensuite immergé dans un récipient inoxydable contenant une eau tempérée à 35°C, de la papaïne (enzyme issue de la papaye qui digère les fibres musculaires) et des bactéries qui détruisent les graisses. L'eau est renouvelée au bout de 15 jours ; les os sont laissés à tremper 15 jours à 1 mois, jusqu'à décharnage et dégraissage complet.

Puis le tout est rincé à l'eau courante et immergé dans l'eau additionnée d'ammoniac 2-3 %. Au bout de 48h, est ajouté du peroxyde d'hydrogène 30 % afin d'obtenir le blanchiment terminal (son action est activée par l'ammoniac).

Les os sont rincés 48 h plus tard et séchés à l'air ventilé sur tissu absorbant.

Les structures cartilagineuses (cartilage des côtes, cartilage scapulaire,...) sont détruites par le traitement décrit ci-dessus.

III. ANATOMIE RADIOGRAPHIQUE DU CYNOMOLGUS

En radiologie vétérinaire, l'examen standard d'une partie du corps sera systématiquement composée d'au minimum deux vues avec des incidences orthogonales (une de face, une de profil).

En effet, cela permet de détecter les artéfacts, d'éviter les erreurs d'interprétation liées à une superposition fortuite d'images, et de repérer des anomalies qui souvent sont visibles sur une seule projection.

Dans certains cas, des informations supplémentaires seront nécessaires pour confirmer une anomalie vue sur un cliché radiographique standard : on peut alors réaliser des radiographies selon des incidences supplémentaires (obliques, positions forcées) ou des radiographies avec produit de contraste pour mettre en évidence un organe en particulier (transit baryté, urographie intraveineuse).

Les radiographies sont marquées par des repères de positionnement droit (D) ou gauche (G) qui indiquent selon les cas : le membre radiographié, la latéralisation sur une vue de face (distinction droite-gauche) ou de profil (côté sur lequel l'animal est couché).

1) RADIOGRAPHIES DES STRUCTURES OSSEUSES

A) RADIOGRAPHIES DU CRANE

1) TECHNIQUE

1.1) Généralités

Le crâne est une structure complexe à étudier radiographiquement de par le nombre d'os qui le composent et les superpositions qui en découlent.

Il est donc nécessaire de multiplier le nombre d'incidences afin de localiser de façon certaine une lésion. Cependant, on n'étudiera ici que des radiographies sous deux incidences orthogonales, dans le cadre d'un examen standard.

La radiographie permet l'étude de lésions en dehors de la boîte crânienne : pour les structures internes comme l'encéphale, des techniques d'imagerie « en coupe » comme la tomodensitométrie ou l'imagerie par résonance magnétique sont indispensables.

Une anesthésie générale est indispensable lors d'un examen radiographique du crâne.

1.2) Constantes d'exposition

On utilise des écrans fins avec film monocouche (films à mammographie) ou bicouche, ainsi qu'une tension basse de l'ordre de 50 à 70 kV.

2) LE CRANE

2.1) Incidence latérale

a) Positionnement

Le singe est en décubitus latéral. La bouche est maintenue fermée ici, mais peut aussi être ouverte à moitié (au moyen de liens pour ne pas s'exposer au rayonnement primaire !). Le champ est ouvert de manière à inclure le bout du nez et la base du crâne.



b) Critères de qualité

On doit avoir :

- une superposition des deux mandibules.
- une superposition des dents maxillaires.
- une superposition des bulles tympaniques.

c) Anatomie radiographique

cf. planche 1 et photos 1 et 3.

La tête est un massif osseux complexe, que l'on peut séparer en une région caudale (le crâne) et une région crâniale (la face).

Le crâne comprend :

- l'os occipital : situé ventralement, il est percé du foramen magnum, et s'articule avec l'atlas.
- l'os sphénoïde : constitue l'os principal du plancher du crâne.
- l'os ethmoïde : c'est le squelette de l'appareil olfactif.
- l'os temporal : situé latéralement, il assure les articulations avec la mandibule et l'os hyoïde.
- l'os pariétal : forme une grande partie des régions latérales du crâne.
- l'os frontal : il débute dorsalement au bord supra-orbitaire, et est relativement peu étendu comparé aux carnivores domestiques.

La face comprend :

- les orbites : très larges, elles sont limitées dorsalement par l'os frontal, ventro-médialement par l'os maxillaire et ventro-latéralement par l'os zygomatique.

- La région orale comprend les dents : ici, une demi-mâchoire supérieure comprend 2 incisives, 1 canine, 2 prémolaires, 3 molaires.

Ce sont des dents de type brachiodonte : les incisives supérieures et inférieures s'affrontent.

Les incisives et les canines comportent une seule racine, alors que les prémolaires en comportent deux et les molaires trois (deux vestibulaires très fortes, et une linguale plus petite). On peut observer sur un cliché l'os alvéolaire.

- La mandibule : elle est constituée d'un corps et d'une branche, séparés par l'angle mandibulaire. Le processus condylien de la branche de la mandibule s'articule avec l'os temporal du crâne.

- L'os maxillaire : on distingue sur le cliché les reliefs alvéolaires.

- L'os incisif : dans le prolongement de l'os maxillaire, son corps porte les incisives.

- L'os nasal : il est situé au-dessus de l'os incisif.

2.2) Incidence ventro-dorsale

a) Positionnement

Le singe est en décubitus dorsal, la bouche fermée, la tête et le cou en extension (la tête est maintenue à l'aide de liens).

Le champ est ouvert de manière à inclure le bout du nez et la base du crâne.

b) Critères de qualité

On doit avoir :

- une symétrie des arcades zygomatiques.

- une symétrie de la bulle et de la cavité nasale.

c) Anatomie radiographique

cf. planche 2 et photos 2, 2' et 3.

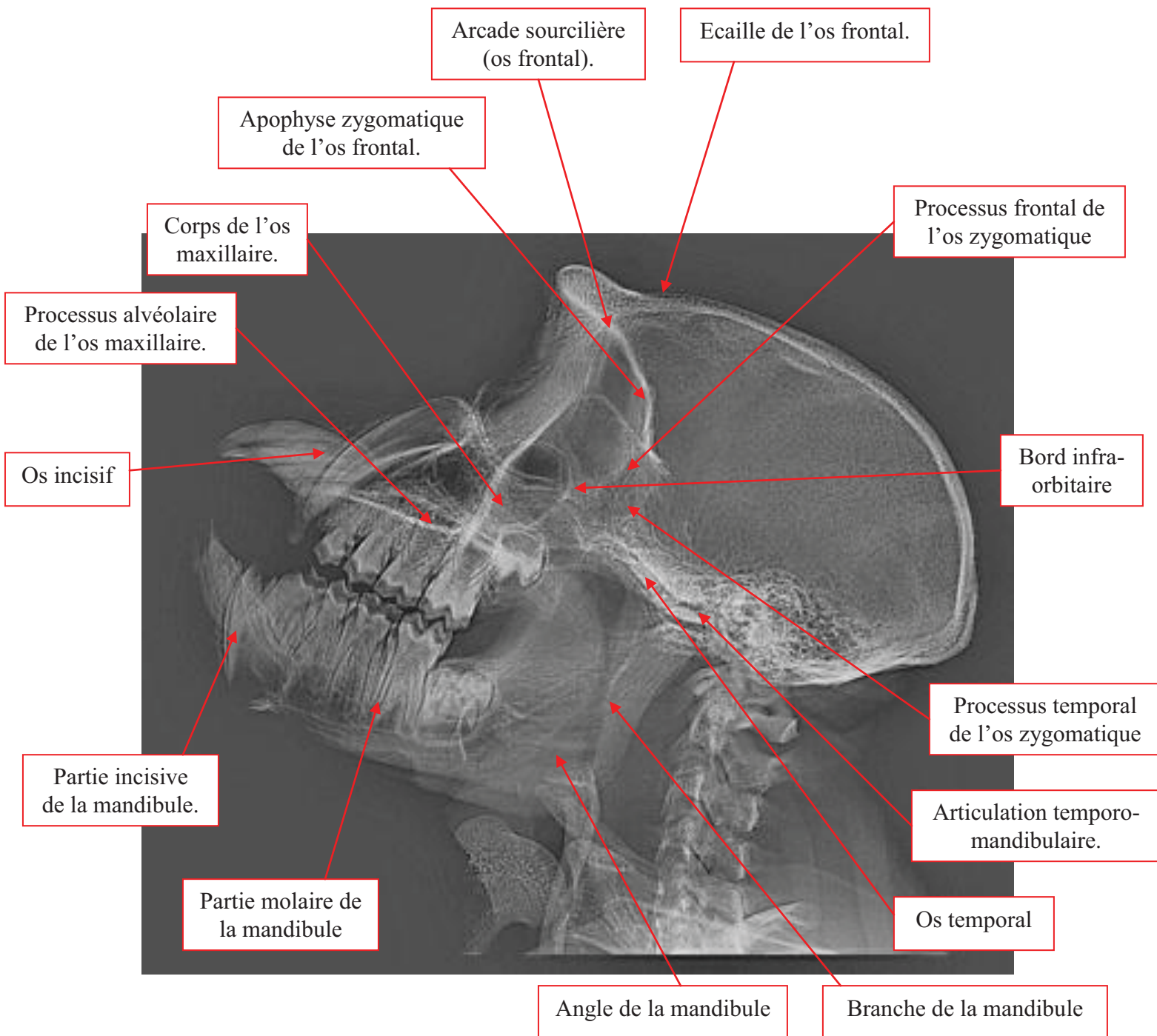
Sur le cliché, au centre, la mandibule forme un V, avec la pointe du V dirigée crânialement.

On peut identifier le septum nasal (axe de symétrie sagittal du cliché) ainsi que les lames criblées et les volutes de l'ethmoïde.

L'articulation temporo-mandibulaire est visible, caudalement au processus coronoïde.

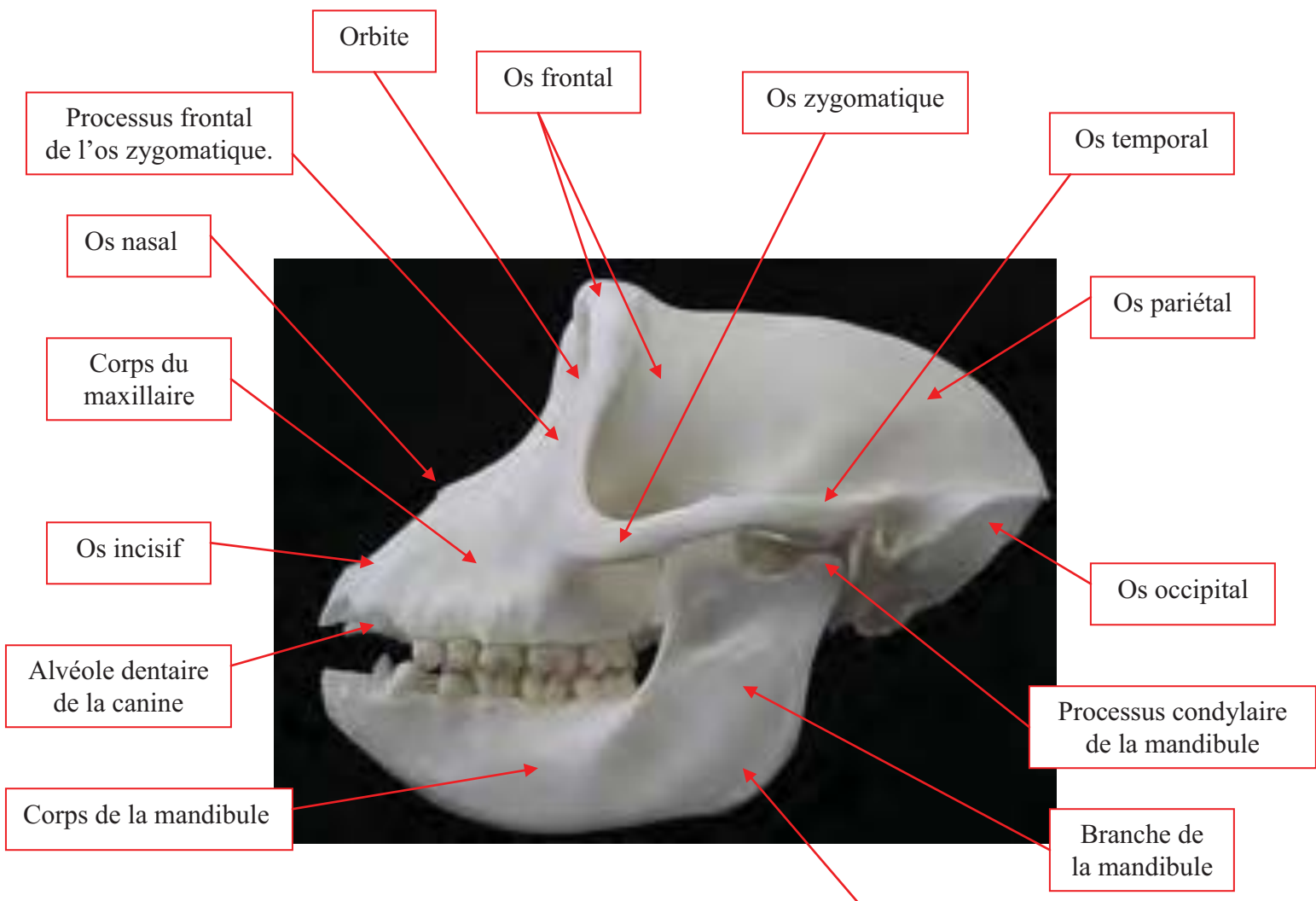
Les arcades zygomatiques sont visibles latéralement.

Caudalement, la partie nucale de l'os occipital est visible par transparence, de même que le corps de l'atlas et les trous transversaires dans ses ailes.

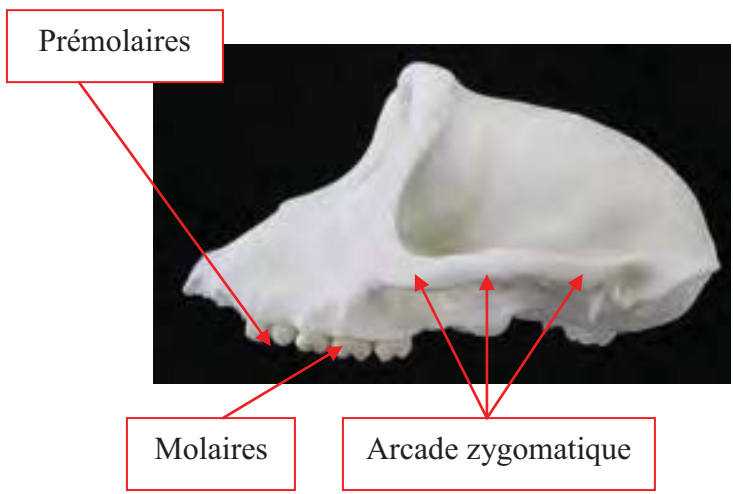


Incidence de profil (droit).

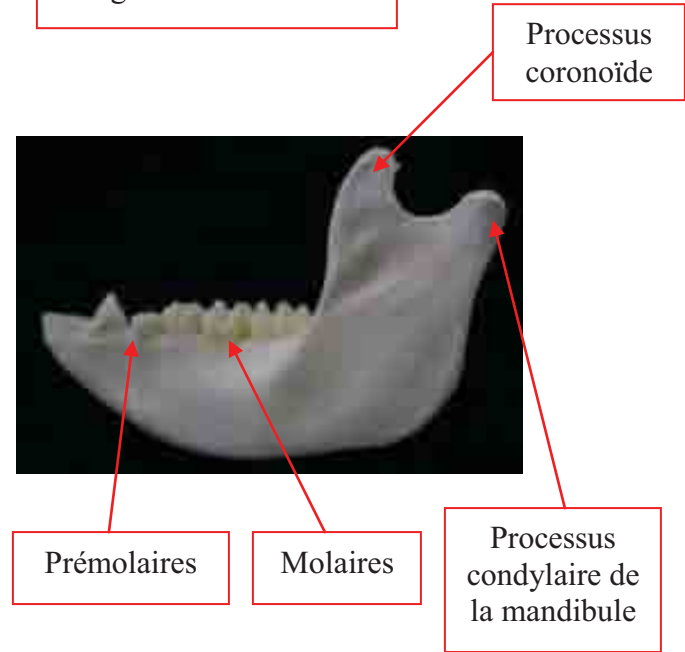
Planche 1 : Image radiographique du crâne de *Macaca fascicularis*, incidence de profil.



Aspect latéral gauche du crâne.

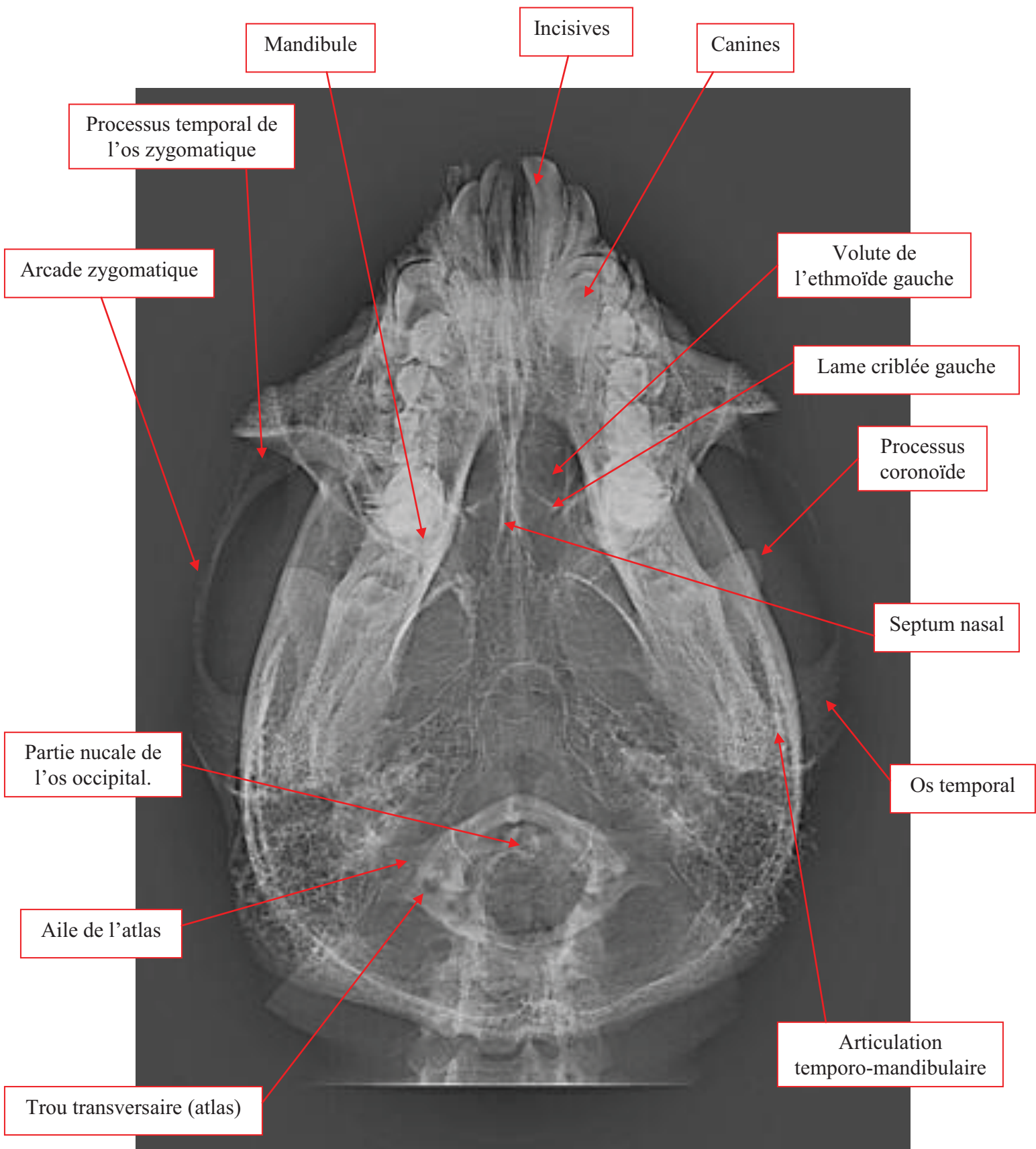


Aspect latéral gauche du crâne, sans la mandibule.



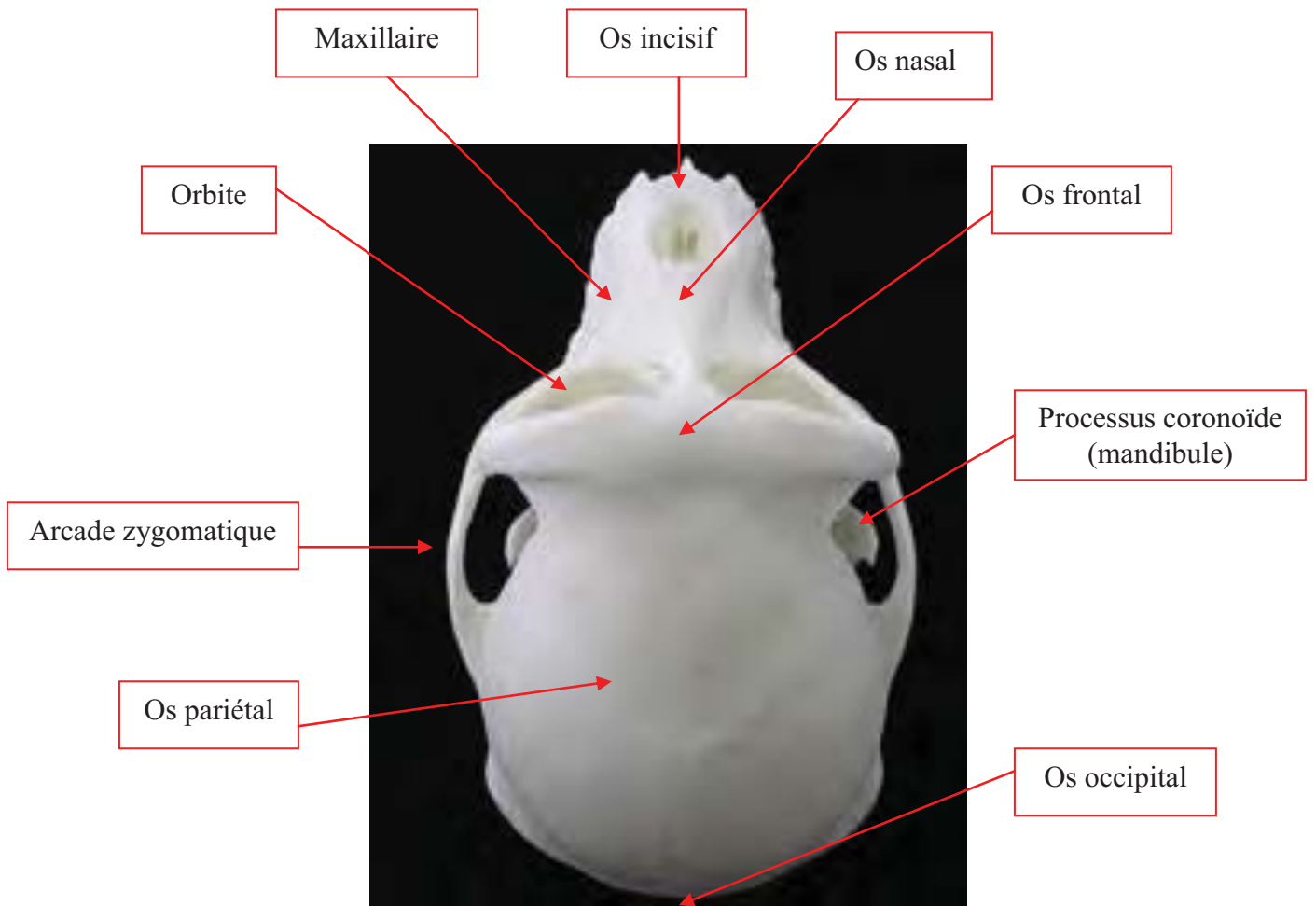
Aspect latéral de la mandibule gauche.

Photo 1 : Crâne de *Macaca fascicularis*, aspect de profil.

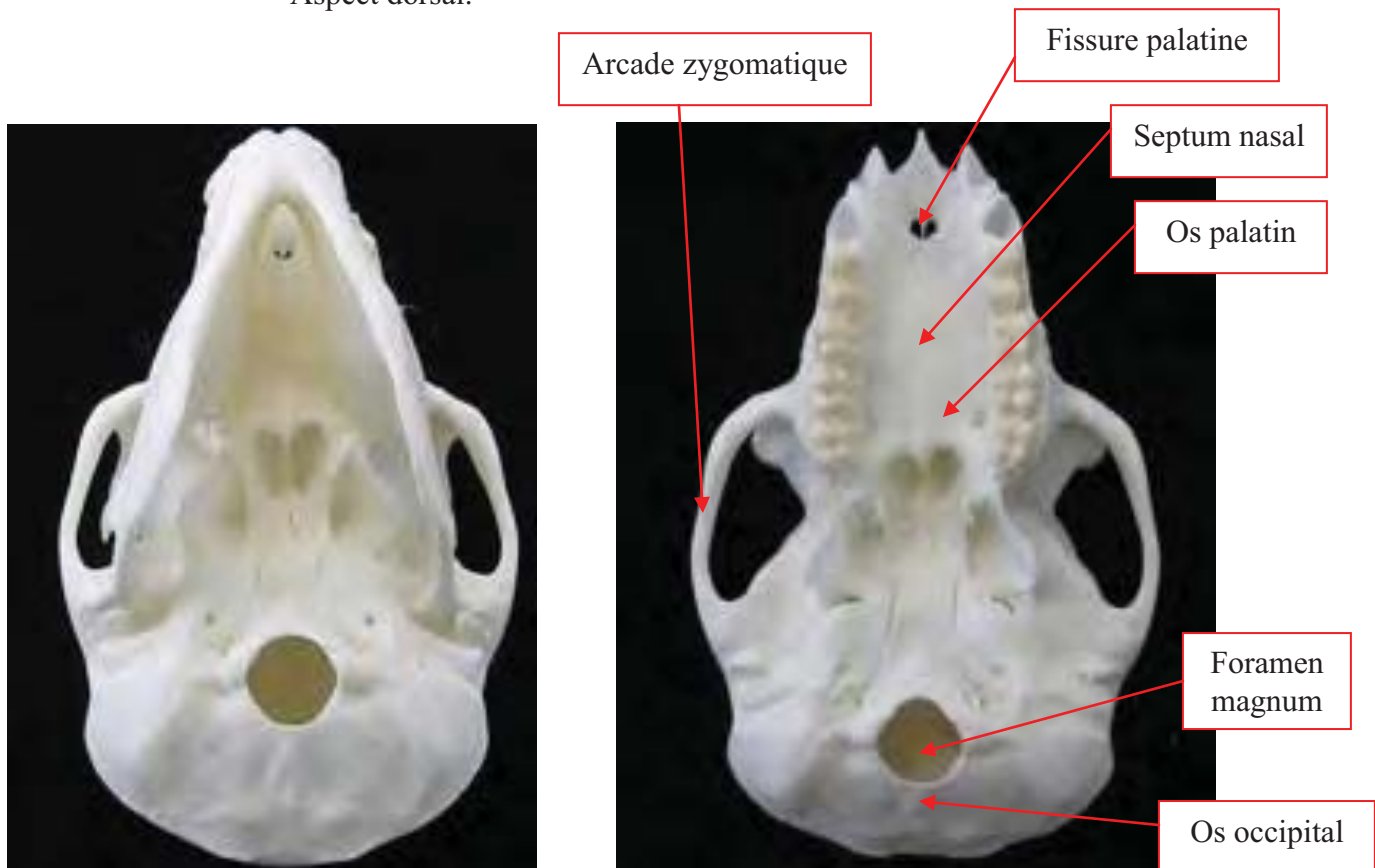


Incidence ventro-dorsale.

Planche 2 : Image radiographique du crâne de *Macaca fascicularis*, incidence ventro-dorsale.



Aspect dorsal.



Aspect basilaire (avec mandibule).

Aspect basilaire (sans mandibule).

Photo 2 : Crâne de *Macaca fascicularis*, aspects dorsal et basilaire.

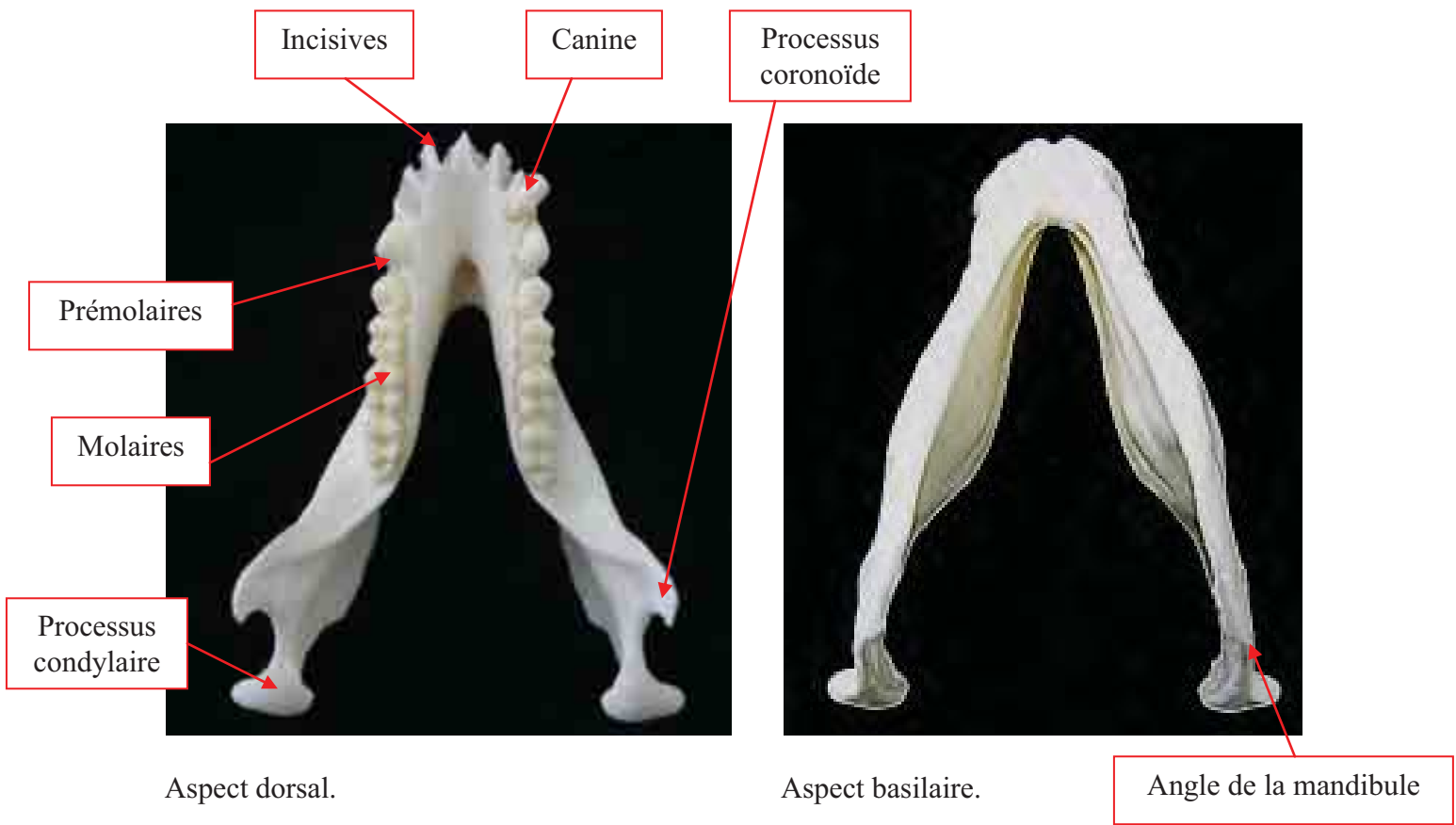


Photo 2' : Mandibule de *Macaca fascicularis*, aspects dorsal et basilaire.

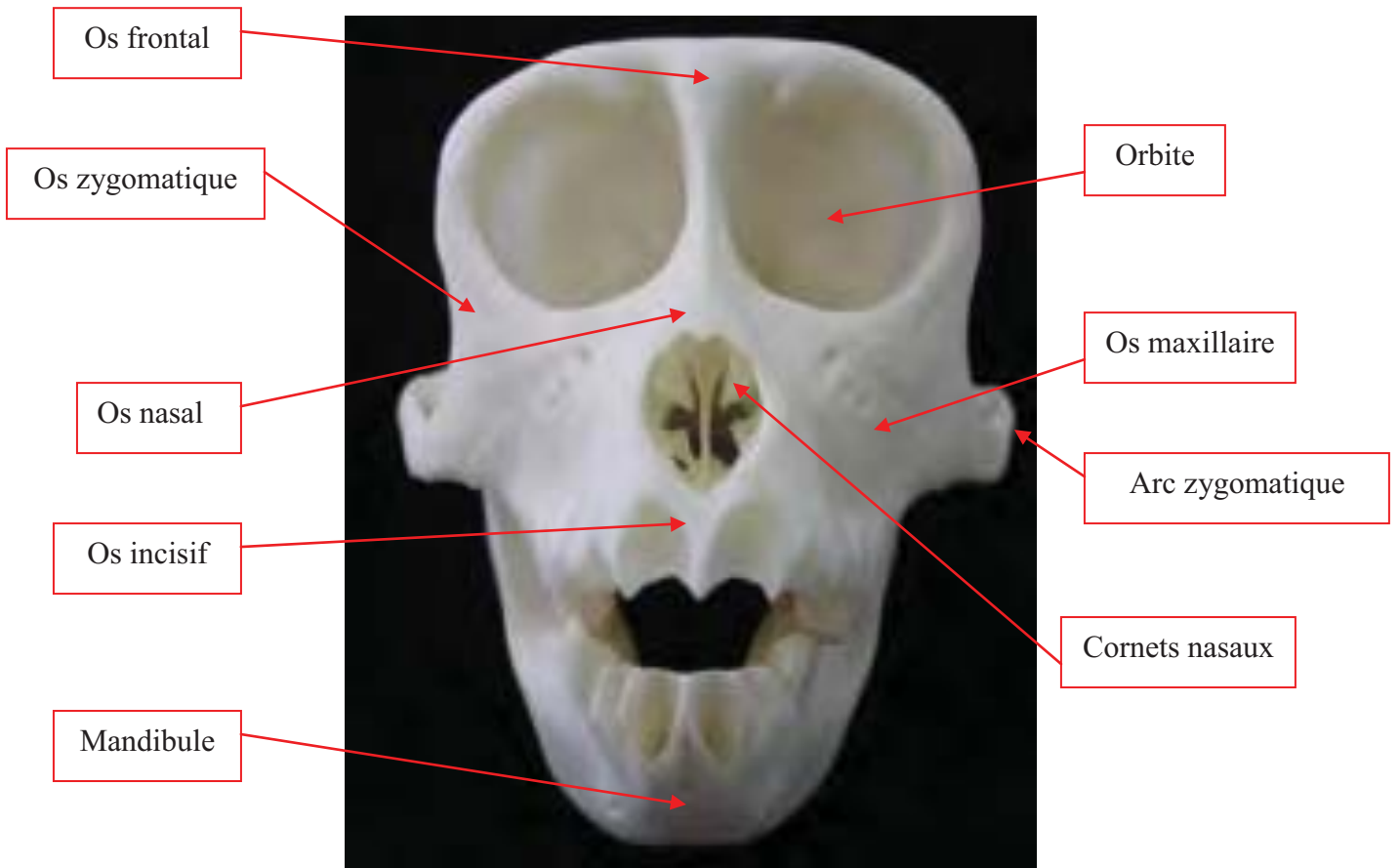


Photo 3 : crâne de *Macaca fascicularis*, vue rostrale.

B) RADIOGRAPHIES DU RACHIS

1) TECHNIQUE

L'examen radiographique de la colonne vertébrale comprend les examens sans préparation (étudiés ici) et les examens avec injection de produit de contraste dans l'espace sous-arachnoïdien (myélographie).

Les caractéristiques techniques des radiographies de la colonne vertébrale sont dans l'ensemble semblables aux techniques utilisées pour radiographier le squelette appendiculaire (cf. chap C.1).

On utilise un kilovoltage bas (50 à 70 kV) pour augmenter le contraste naturel de l'os (déjà très bon), et obtenir ainsi une image correcte de tous les fins détails de la trame osseuse. L'anesthésie générale, utilisée pour effectuer toutes les radiographies du singe (par sécurité), permet d'avoir un flou cinétique réduit et donc des temps d'exposition relativement longs. Pour obtenir une image d'une bonne finesse avec une bonne visualisation de la trame osseuse, on utilise des écrans lents ou intermédiaires, avec une grille anti-diffusante pour des épaisseurs supérieures à 10 cm (épaule, hanche).

L'examen standard comprend deux incidences orthogonales : une latérale et une ventro-dorsale.

Il est nécessaires d'effectuer des clichés sériés du rachis afin de faciliter l'interprétation des radiographies obtenues. En effet, le rayonnement incident doit toujours être perpendiculaire à la colonne, sans quoi des déformations importantes se produisent sous l'influence de la projection conique (par exemple les espaces intervertébraux apparaissent de plus en plus étroits lorsqu'on s'éloigne du centre de la radiographie).

On réalise donc toujours plusieurs clichés successifs de petits segments rachidiens, plutôt qu'un seul cliché global d'une portion étendue de la colonne.

2) VERTEBRES CERVICALES

2.1) Incidence latérale

a) Positionnement

Le singe est en décubitus latéral. Les membres thoraciques sont ramenés en arrière, de manière à dégager l'entrée de la poitrine, et la tête et le cou sont en extension.

Le faisceau de rayons X est centré au milieu du cou, et doit inclure la base du crâne ainsi que les scapulae.

b) Critères de qualité

On doit avoir :

- La superposition des ailes de l'atlas.
- la superposition des processus articulaires.

c) Anatomie radiographique

cf. planche 3.

La région cervicale de la colonne vertébrale du *cynomolgus* est constituée de sept vertèbres. Elle présente une courbure à convexité ventrale.

Les vertèbres cervicales sont caractérisées par un corps vertébral relativement court, et un arc vertébral large. Le processus épineux est court, mais s'allonge de la 3^{ème} à la 7^{ème} vertèbre. L'extrémité craniale du corps vertébral (« tête ») est saillante, l'extrémité caudale (« fosse ») est profonde.

Les processus transverses se distinguent sur cette vue, et dépassent des corps vertébraux ventro-caudalement.

Certaines vertèbres cervicales ont des formes particulières :

- l'atlas, première vertèbre cervicale, est aplati dans une direction dorso-ventrale et marquée par deux processus transverses aplatis : les ailes de l'atlas. Il s'articule cranialement avec les condyles occipitaux et caudalement avec l'axis.

- l'axis est doté d'un processus épineux particulièrement proéminent dont le bord cranial vient recouvrir partiellement l'arc dorsal de C1. Il possède aussi un processus odontoïde, encore appelé « dent de l'axis » qui recouvre le plancher du canal vertébral de l'atlas (d'où la radio-densité importante de cette région).

- Les vertèbres C3 à C7 sont anatomiquement assez semblables. C6 possède un processus développé ventralement aux processus transverses, qui constitue un élément de reconnaissance utile. Le processus épineux de C7 est assez développé.

Les processus articulaires vertébraux recouvrent partiellement le foramen intervertébral, ce qui rend l'évaluation de celui-ci difficile.

Les espaces intervertébraux sont en forme de parallélogramme. Ils sont normalement d'opacité liquidienne (ils apparaissent ici radio-transparents), entre la tête et la fosse de deux vertèbres adjacentes, et les espaces adjacents sont généralement de même taille.

2.2) Incidence ventro-dorsale

a) Positionnement

Le singe est en décubitus dorsal, le cou maintenu en extension (au moyen de liens passés derrière les canines), les membres ramenés en arrière.

Des coussins peuvent être placés de part et d'autre du thorax pour limiter toute rotation.



b) Critères de qualité

On doit avoir :

- les processus épineux superposés au milieu des corps vertébraux.
- une symétrie des processus articulaires et transverses.

c) Anatomie radiographique

cf. planche 3.

Les corps vertébraux apparaissent assez nettement selon cette incidence, malgré la superposition avec l'arc vertébral ; on distingue la tête, légèrement convexe, la fosse et l'espace intervertébral.

L'atlas présente la forme caractéristique d'un papillon.

Latéralement aux corps vertébraux, les processus transverses sont bien visibles.

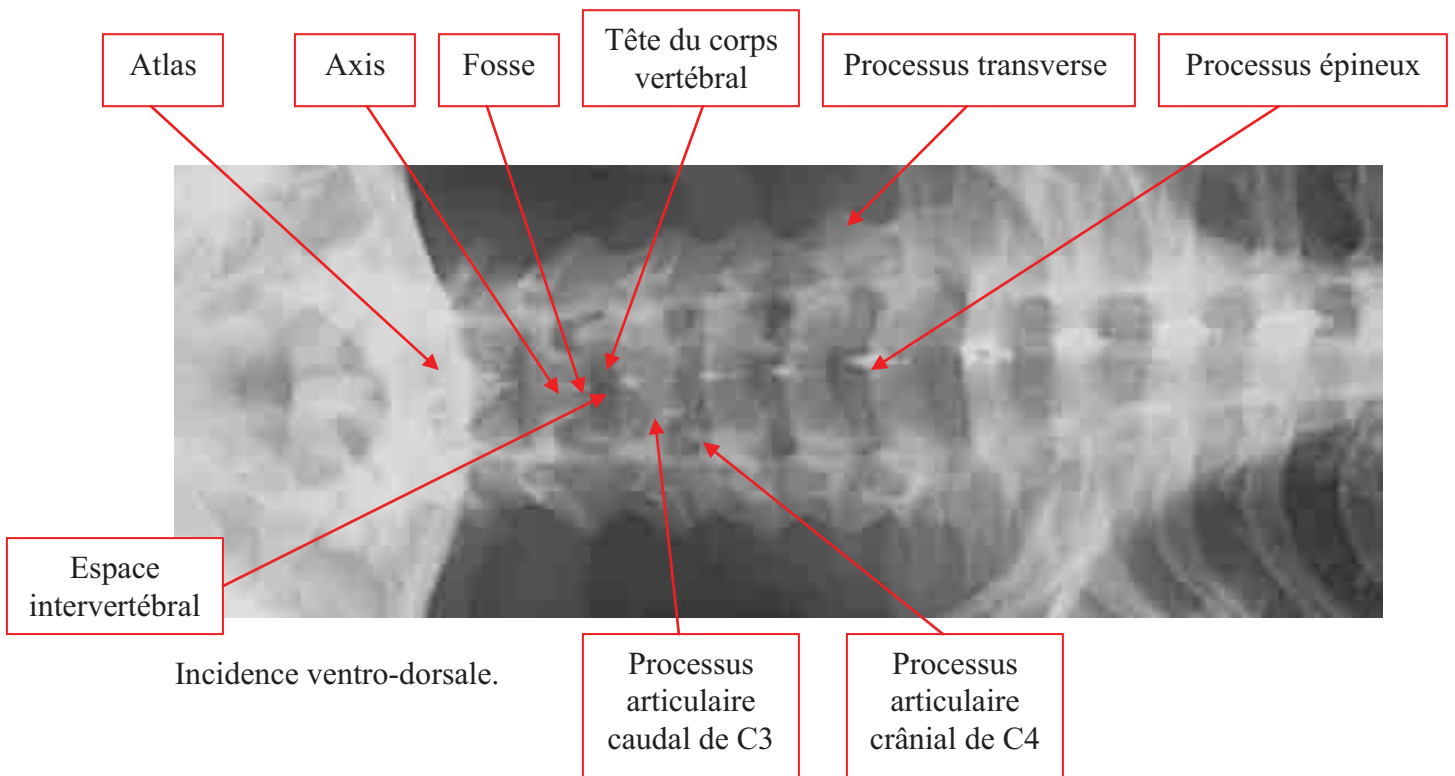
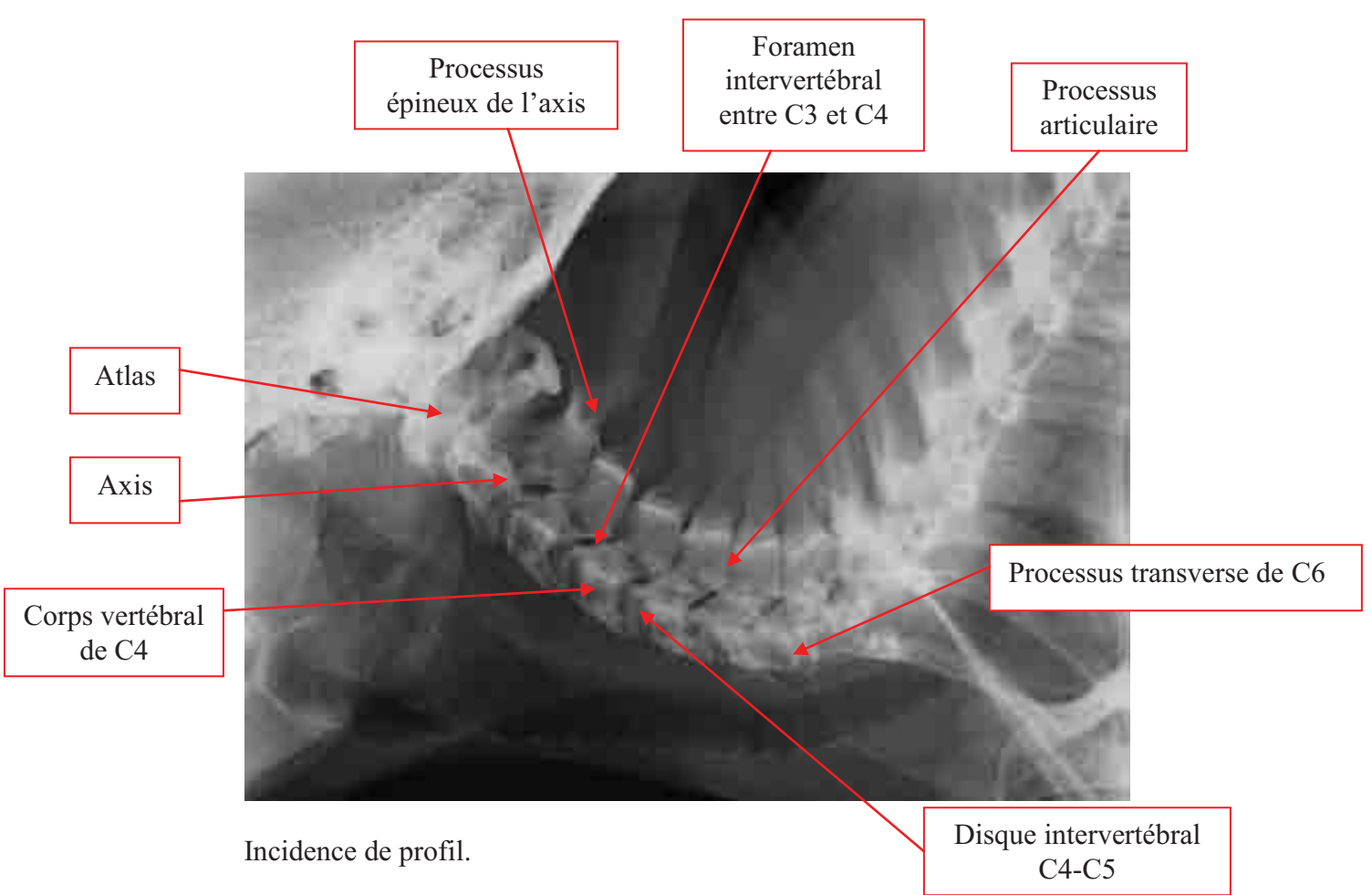


Planche 3 : Images radiographiques des vertèbres cervicales de *Macaca fascicularis*, incidences de profil et ventro-dorsale.

3) VERTEBRES THORACIQUES

3.1) Incidence latérale

a) Positionnement

Le singe est en décubitus latéral, sans rotation, les membres thoraciques placés en extension. Le faisceau de rayons X est centré au milieu de la colonne vertébrale thoracique (limitée par les scapulae crânialement, et le jonction thoraco-lombaire avec la dernière côte caudalement). Le champ est limité à la colonne vertébrale.

La prise du cliché doit se faire entre deux mouvements respiratoires pour limiter le flou cinétique.

b) Critères de qualité

On doit avoir :

- une superposition des côtes à leur base.

c) Anatomie radiographique

cf. planche 4.

La région thoracique de la colonne vertébrale est composée de 12 vertèbres thoraciques.

L'opacité de la scapula recouvre systématiquement les trois premières vertèbres thoraciques, quelle que soit la position des antérieurs.

Les vertèbres thoraciques sont caractérisées par un corps relativement court et un processus épineux particulièrement proéminent. Les corps vertébraux s'allongent cependant de la 3^{ème} à la 12^{ème} vertèbre thoracique, et on note en parallèle une diminution progressive de la hauteur des processus épineux.

Jusqu'à T10, les processus épineux sont obliques en direction caudale. A partir de T11, la direction de l'obliquité change et s'oriente en direction crâniale : T11 est la vertèbre anticlinale.

L'espace intervertébral T10-T11 est normalement le plus étroit de toute la colonne vertébrale thoracique.

Le foramen intervertébral est plus facilement visible en région thoraco-lombaire qu'en région cervicale, avec une forme de « tête de cheval ».

Les espaces intervertébraux sont bien visibles (surtout à partir de la 4^{ème} vertèbre thoracique), et de forme rectangulaire. Cela permet de détecter une anomalie du disque intervertébral : un espace anormalement étroit ou de forme triangulaire est le signe d'une hernie discale.

3.2) Incidence ventro-dorsale

a) Positionnement

Le singe est en décubitus dorsal, sans rotation, les membres thoraciques ramenés en arrière le long du thorax.

Le faisceau de rayons X est centré au milieu de la colonne vertébrale thoracique, le champ est limité à la colonne vertébrale.

La prise du cliché doit se faire entre deux mouvements respiratoires.

b) Critères de qualité

On doit avoir :

- les processus épineux superposés au milieu des corps vertébraux.
- une symétrie des processus articulaires et transverses.
- les vertèbres superposées aux sternèbres.

c) Anatomie radiographique

cf. planche 4'.

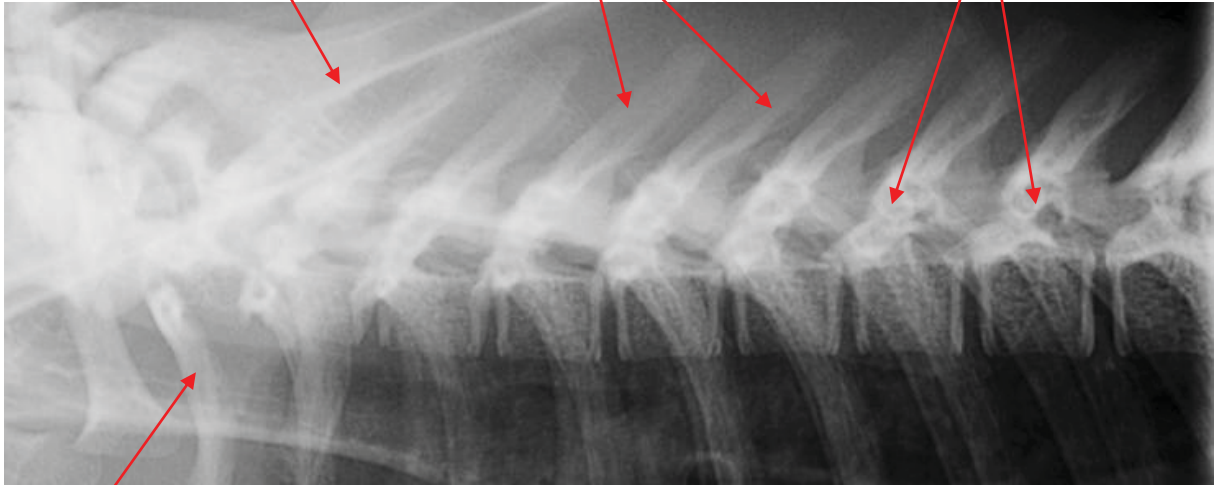
Cette projection permet de voir les articulations costo-vertébrales : la tête de la côte s'articule avec une facette articulaire présente sur la vertèbre adjacente (cranialement), avec le disque intervertébral (au milieu) et avec la facette costale du bord supérieur de la vertèbre suivante (caudalement).

Les têtes de côtes sont ainsi placées crânialement à la vertèbre thoracique de même ordre.

Épine scapulaire

Processus épineux

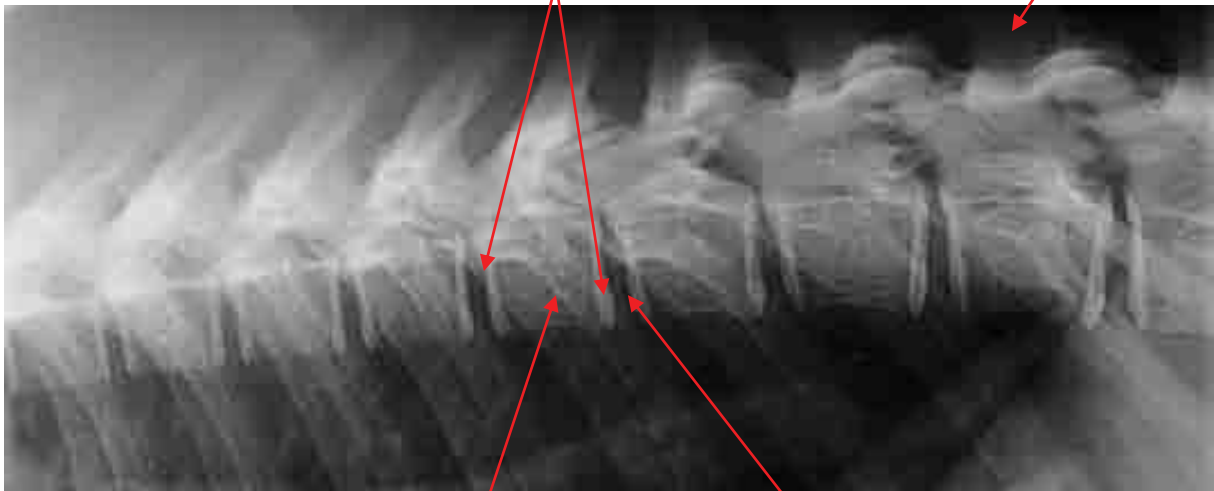
Processus articulaires



1^{ère} paire de côtes

Tête et fosse non épiphysées de T8.

Processus épineux de T11 (vertèbre anticlinale)

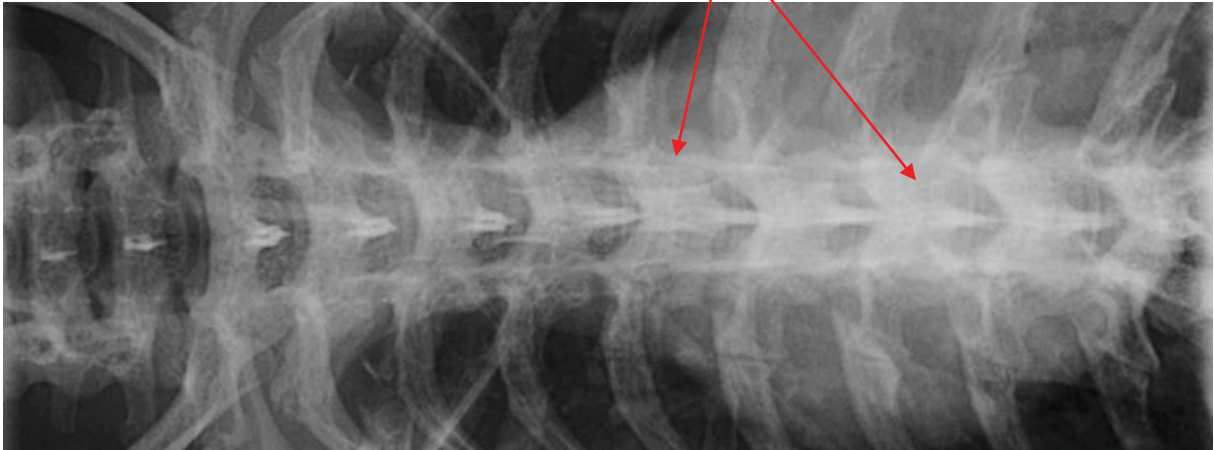


Corps vertébral de T8

Disque intervertébral entre T8 et T9

Planche 4 : Images radiographiques des vertèbres thoraciques de *Macaca fascicularis*, incidences de profil.

Processus articulaires



Articulation
costo-vertébrale

Processus transverse

Processus épineux de T11
(vertèbre anticlinale)

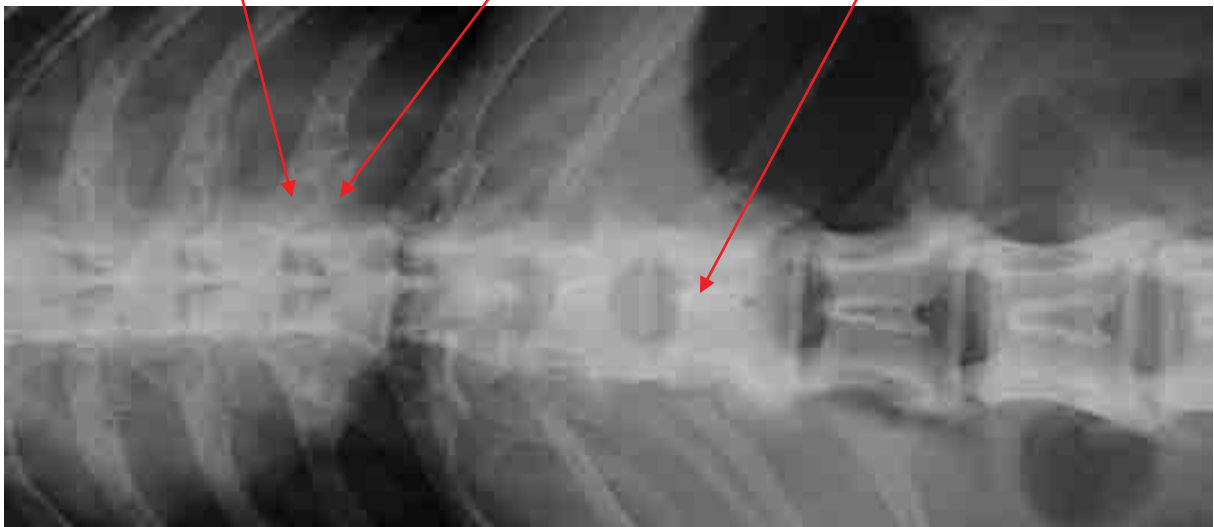


Planche 4' : Images radiographiques des vertèbres thoraciques de *Macaca fascicularis*, incidences ventro-dorsales.

4) VERTEBRES LOMBAIRES

4.1) Incidence latérale

a) Positionnement

Le singe est en décubitus latéral, sans rotation.

Le champ est limité à la colonne vertébrale, et s'étend de la jonction thoraco-lombaire au sacrum (lorsqu'on suspecte une hernie discale, il est intéressant d'avoir en plus un cliché centré sur la jonction thoraco-lombaire, site fréquent de hernies).

Le déclenchement doit se faire entre deux mouvements respiratoires.



b) Critères de qualité

On doit avoir :

- la superposition des côtes à leur base.
- la superposition des processus transverses.
- la superposition des ailes de l'ilium.

c) Anatomie radiographique

cf. planche 5.

La région lombaire de la colonne vertébrale est composée de 7 vertèbres lombaires.

Les vertèbres lombaires ont un corps plus long que les autres vertèbres, des processus transverses proéminents et des processus épineux moins hauts (mais plus larges). Elles sont peu différentes les unes des autres.

On distingue très bien le canal vertébral, les espaces intervertébraux, mais aussi les processus articulaires : ces derniers sont constitués des processus articulaire (dorsalement) et accessoire (ventralement) sur la vertèbre crâniale et du processus mamillaire (à mi-hauteur) sur la vertèbre caudale. Le foramen intervertébral se situe ventralement au processus accessoire.

4.2) Incidence ventro-dorsale

a) Positionnement

Le singe est en décubitus dorsal. Les membres thoraciques sont ramenés en arrière le long du thorax, les membres pelviens placés en abduction.

Le faisceau de rayons X est centré au milieu de la colonne vertébrale lombaire, le champ est limité à la colonne vertébrale.

La prise du cliché doit se faire entre deux mouvements respiratoires.

b) Critères de qualité

On doit avoir :

- une symétrie des processus transverses et articulaires.
- les processus épineux superposés au milieu des corps vertébraux.

c) Anatomie radiographique

cf. planche 5.

On distingue très nettement les corps vertébraux, qui ont la forme d'un rectangle, les processus transverses qui s'en détachent latéralement, ainsi que les processus épineux et articulaires.

La longueur des corps vertébraux augmente de la 1^{ère} à la 6^{ème} vertèbre lombaire, la 7^{ème} vertèbre ayant un corps plutôt carré, avec des processus transverses plus proéminents.

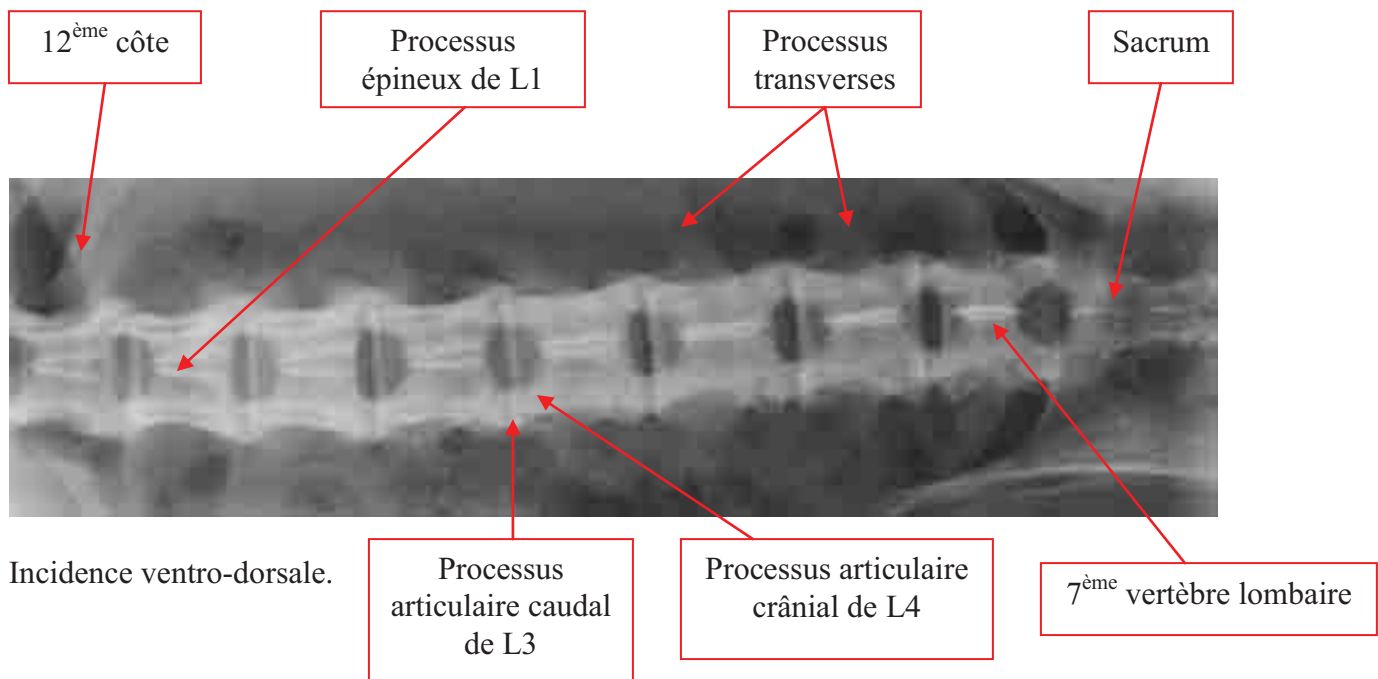
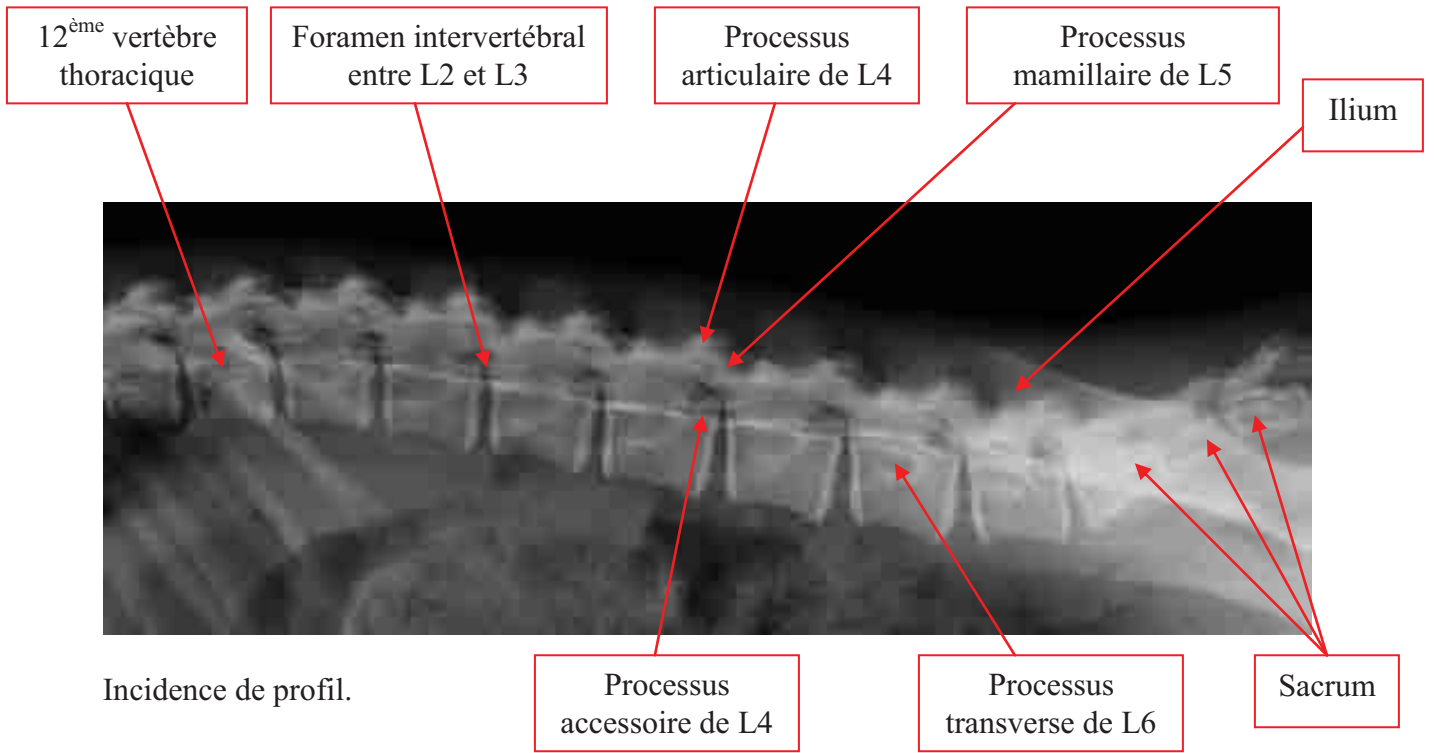


Planche 5 : Images radiographiques des vertèbres lombaires de *Macaca fascicularis*, incidences de profil et ventro-dorsale.

5) REGION LOMBO-SACREE

5.1) Incidence latérale

a) Positionnement

Le singe est en décubitus latéral, le faisceau de rayons X centré sur la jonction lombo-sacrée. Le champ est limité aux dernières vertèbres lombaires, et aux premières vertèbres caudales.

b) Critères de qualité

On doit avoir :

- la superposition des processus transverses des vertèbres lombaires.
- la superposition des ailes de l'ilium.

c) Anatomie radiographique

cf. planche 6.

On distingue nettement selon cette incidence les trois vertèbres sacrales fusionnées, ainsi que les deux lignes radio-transparentes formées par les traces de soudures intervertébrales.

Les processus épineux diminuent de longueur dans le sens crânio-caudal, et forment la crête sacrale médiane.

Le promontoire est le bord crânio-ventral de la 1^{ère} vertèbre du sacrum, et la pointe du sacrum est formée par la 3^{ème} vertèbre.

Caudalement au sacrum, on aperçoit ici la 1^{ère} vertèbre caudale.

5.2) Incidence ventro-dorsale

a) Positionnement

Le singe est placé en décubitus dorsal, sans rotation. Les membres thoraciques sont en flexion, ramenés en arrière le long du thorax, les membres pelviens sont en extension. Le faisceau de rayons X centré sur la jonction lombo-sacrée, le champ est limité à la colonne vertébrale.

b) Critères de qualité

On doit avoir :

- une symétrie des processus transverses et articulaires.
- les processus épineux superposés au milieu des corps vertébraux.
- une symétrie des ailes de l'ilium.

c) Anatomie radiographique

cf. planche 6.

On distingue selon cette incidence un élargissement du sacrum au niveau des deux premières vertèbres, qui correspond aux deux articulations sacro-iliaques (les surfaces articulaires au niveau du bassin se situent sur les faces médiales des deux ailes des iliums).

Les trous sous-sacrés (aussi appelés trous sacraux pelviens) sont les lieux de passage des branches ventrales des nerfs sacraux.

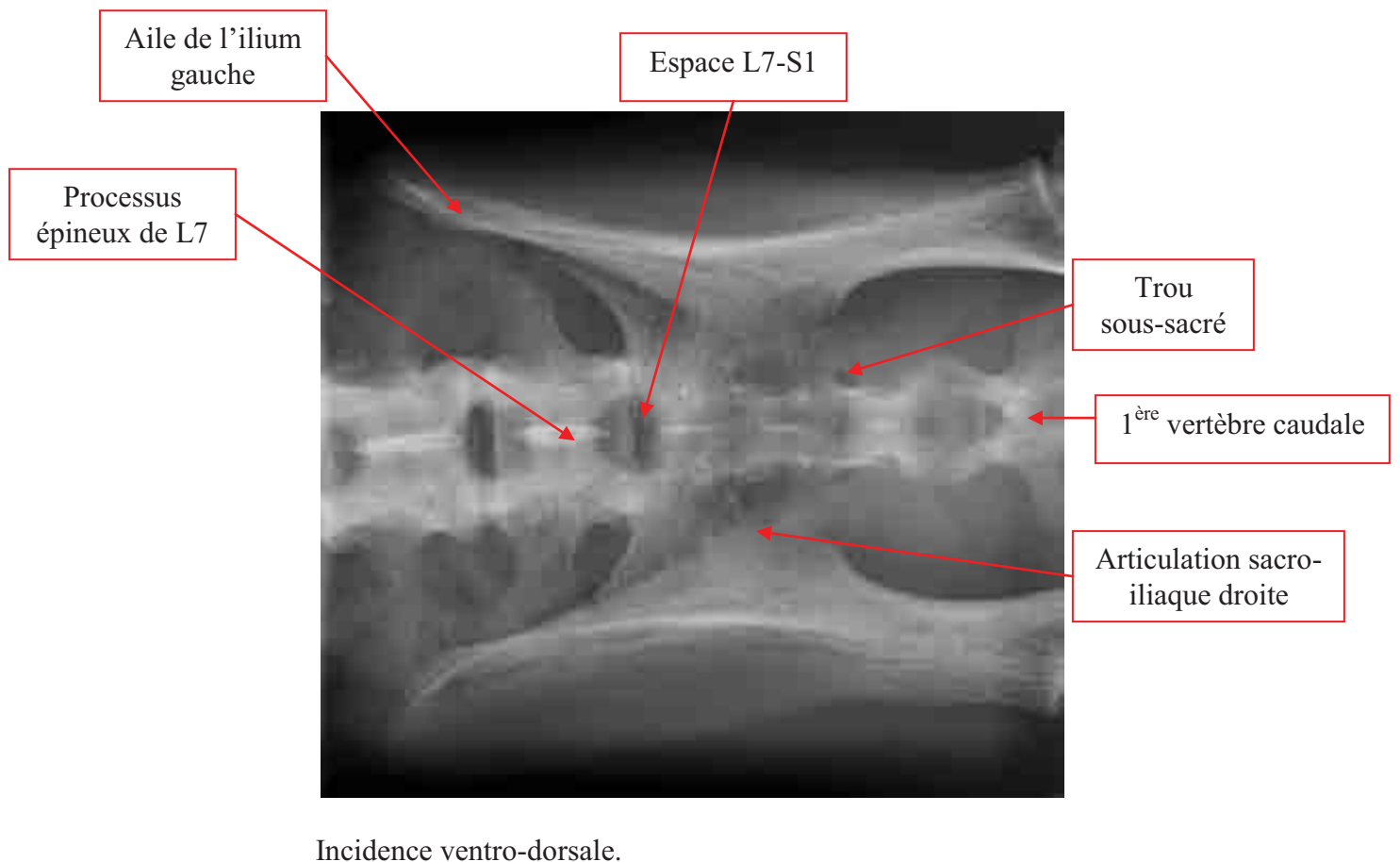
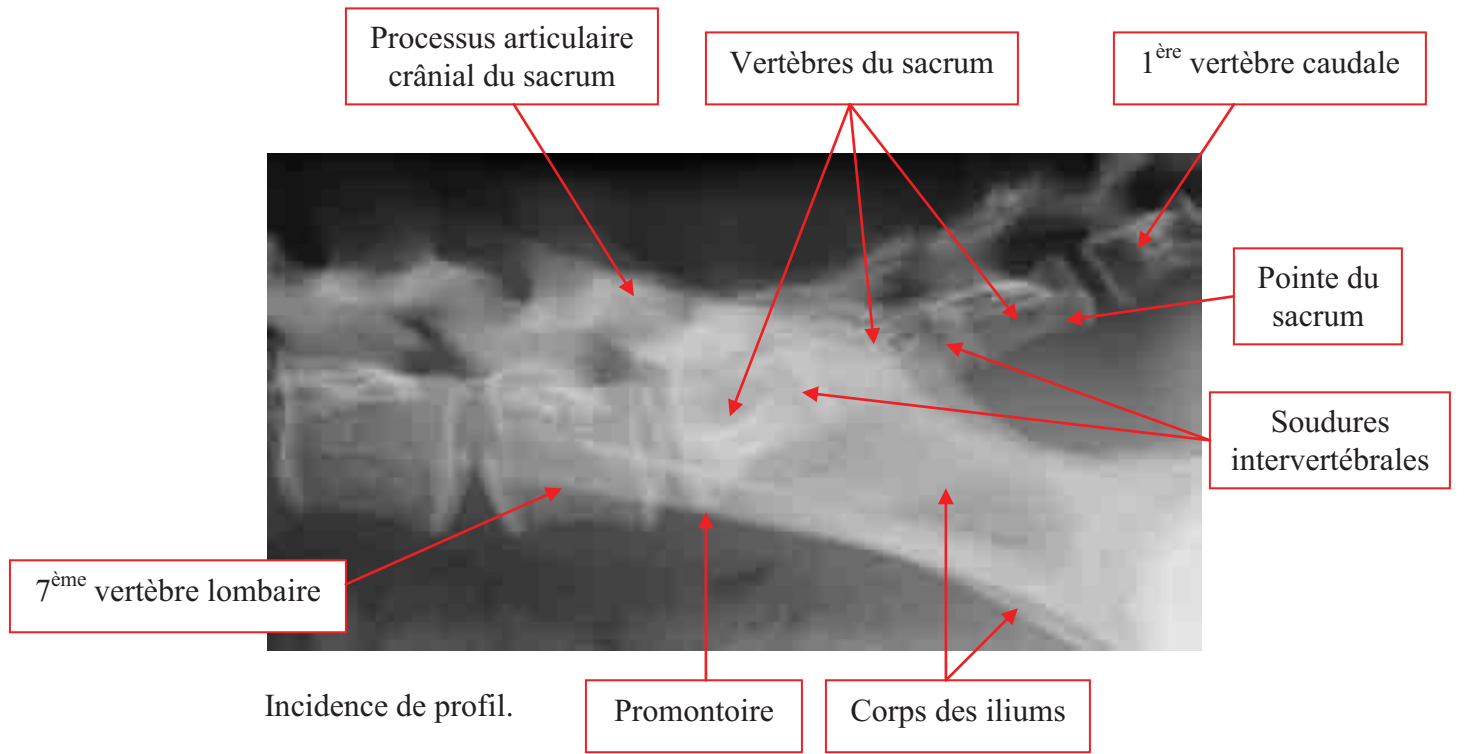


Planche 6 : Images radiographiques de la jonction lombo-sacrée de *Macaca fascicularis*, incidences de profil et ventro-dorsale.

6) VERTEBRES CAUDALES

6.1) Incidence latérale

a) Positionnement

Le singe est en décubitus latéral. Le faisceau de rayons X est centré sur la région caudale, limité à la colonne vertébrale (il peut être nécessaire de réaliser plusieurs clichés pour inclure toutes les vertèbres caudales).

b) Critères de qualité

On doit avoir :

- un alignement des vertèbres caudales, dans le sens crânio-caudal, sans rotation.

c) Anatomie radiographique

cf. planche 7.

La région caudale de la colonne vertébrale comporte en moyenne entre 25 et 30 vertèbres, mais ce nombre varie d'un animal à l'autre (ici on en compte 29).

Les premières vertèbres caudales sont complètes (elles se présentent comme les autres vertèbres de la colonne), mais les suivantes se réduisent progressivement à leur corps.

On note la présence de proéminences osseuses (vestige de l'arc vertébral), qui s'effacent progressivement pour ne plus être visibles sur les vertèbres caudales les plus distales.

6.2) Incidence ventro-dorsale

a) Positionnement

Le singe est en décubitus dorsal, sans rotation. Les membres thoraciques sont en flexion, ramenés en arrière le long du thorax, les membres pelviens sont en extension.

Le faisceau de rayons X est centré sur la région du sacrum, limité à la colonne vertébrale.

b) Critères de qualité

On doit avoir :

- une symétrie du bassin.

- des fémurs parallèles.

c) Anatomie radiographique

Ce cliché permet surtout d'évaluer les premières vertèbres caudales.

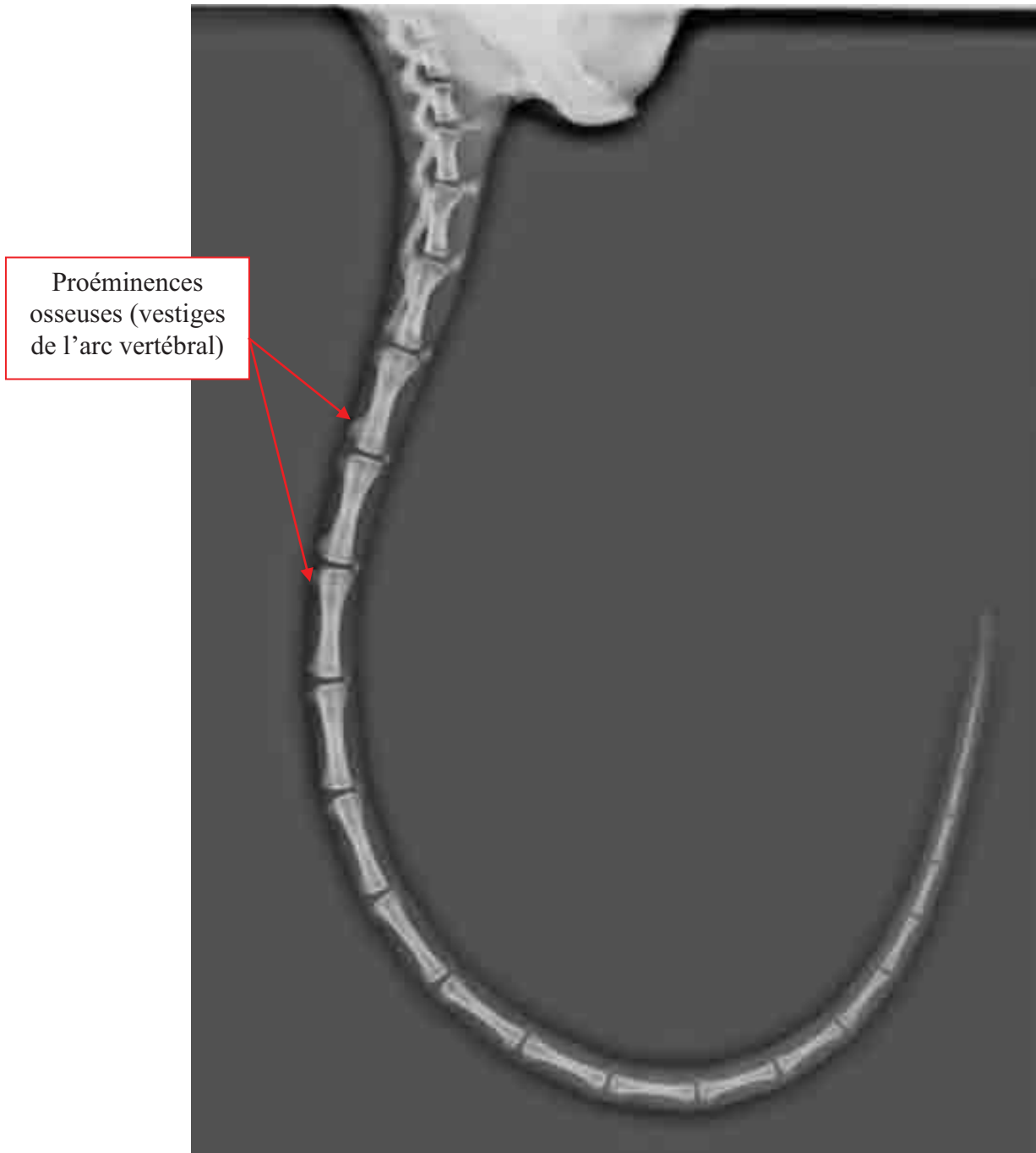


Planche 7 : Image radiographique des vertèbres caudales de *Macaca fascicularis*, incidence de profil.

C) RADIOGRAPHIES DU SQUELETTE APPENDICULAIRE

1) TECHNIQUE

1.1) Généralités

L'examen radiographique du squelette appendiculaire est centré soit sur les fûts osseux, soit sur les articulations.

La radiographie d'un os entier nécessite deux projections orthogonales au minimum, ainsi que l'inclusion des articulations proximale et distale sur la radiographie.

La radiographie d'une articulation doit quant à elle inclure une portions des os situés de part et d'autre de l'articulation.

Pour des régions complexes comme le carpe et le tarse, où de nombreuses structures se superposent, il est recommandé d'effectuer en plus des projections obliques.

Chez le jeune, les cartilages de croissance sont encore présents ; vu qu'ils apparaissent sur une radiographie comme des zones radio-transparentes, il est important de ne pas les confondre avec un trait de fracture.

En cas de doute sur l'interprétation d'un cliché radiographique du squelette appendiculaire, il est recommandé de radiographier le membre contro-latéral pour comparer.

1.2) Constantes d'exposition

L'os est une structure de grande densité, entourée par des tissus mous d'opacité de type liquidien. De plus, il contient d'une part un tissu compact d'opacité osseuse, et d'autre part de la moelle osseuse d'opacité graisseuse. Son contraste naturel est donc assez bon, mais on utilise quand même un kilovoltage bas (de 50 à 70 kV) pour augmenter ce contraste naturel et obtenir ainsi une image correcte de tous les fins détails de la trame osseuse.

Le temps d'exposition dépend de la mobilité du sujet ; avec une anesthésie, le flou cinétique est très fortement réduit, et l'on peut donc prendre des temps d'exposition relativement longs.

Pour obtenir une image d'une bonne finesse avec une bonne visualisation de la trame osseuse, on utilise des écrans lents ou intermédiaires, avec une grille anti-diffusante pour des épaisseurs supérieures à 10 cm (épaule, hanche).

Pour les extrémités distales fines, on peut utiliser des films monocouches avec des cassettes ne comportant qu'un écran (technique mammographie). Avec cette technique, le flou d'écran est moindre et la résolution est très bonne.

2) MEMBRE THORACIQUE

2.1) SCAPULA ET CLAVICULE

2.1.1) Incidence médio-latérale oblique

a) Positionnement

La projection de profil de la scapula n'est pas évidente à obtenir, du fait de sa superposition avec de nombreuses structures : thorax, colonne vertébrale, membre opposé. Il faut placer l'animal en décubitus latéral, la scapula à radiographier du côté de la cassette. Le membre à radiographier est alors repoussé dorsalement (« tiroir forcé ») de manière à dégager la scapula par rapport au thorax.



b) Critères de qualité

On doit avoir :

- la scapula et la clavicule visibles sur le cliché, séparées de la colonne vertébrale, du sternum et du membre contro-latéral.

c) Anatomie radiographique

cf. planche 8 et photo 4.

La ceinture thoracique se compose de deux os : la scapula et la clavicule.

La scapula, os plat de forme triangulaire, se situe sur la partie craniale du thorax et est oblique en direction cranio-ventrale. Son angle ventral s'articule à l'humérus, et son acromion l'unit à la clavicule.

La face latérale est divisée par une épine scapulaire haute et fine en une fosse supra-épineuse étroite et une fosse infra-épineuse qui occupe les deux tiers de cette face.

Ventralement, cette épine s'élargit pour former l'acromion, qui s'articule avec la clavicule.

La fosse subscapulaire constitue la totalité de la face médiale (face costale).

L'angle ventral est relié au reste de l'os par un col épais. La cavité glénoïdale s'articule avec la tête de l'humérus. Crânialement à cette cavité se trouve le tubercule supraglénoïdal, surmonté du côté médial par un épais processus coracoïde.

La clavicule s'articule au manubrium sternal et à l'acromion ; elle constitue la seule liaison osseuse entre le membre thoracique et le squelette axial.

2.1.2) Incidence caudo-crâniale

a) Positionnement

L'animal est placé en décubitus dorsal, le membre à radiographier placé en extension complète vers l'avant.



b) Critères de qualité

On doit avoir :

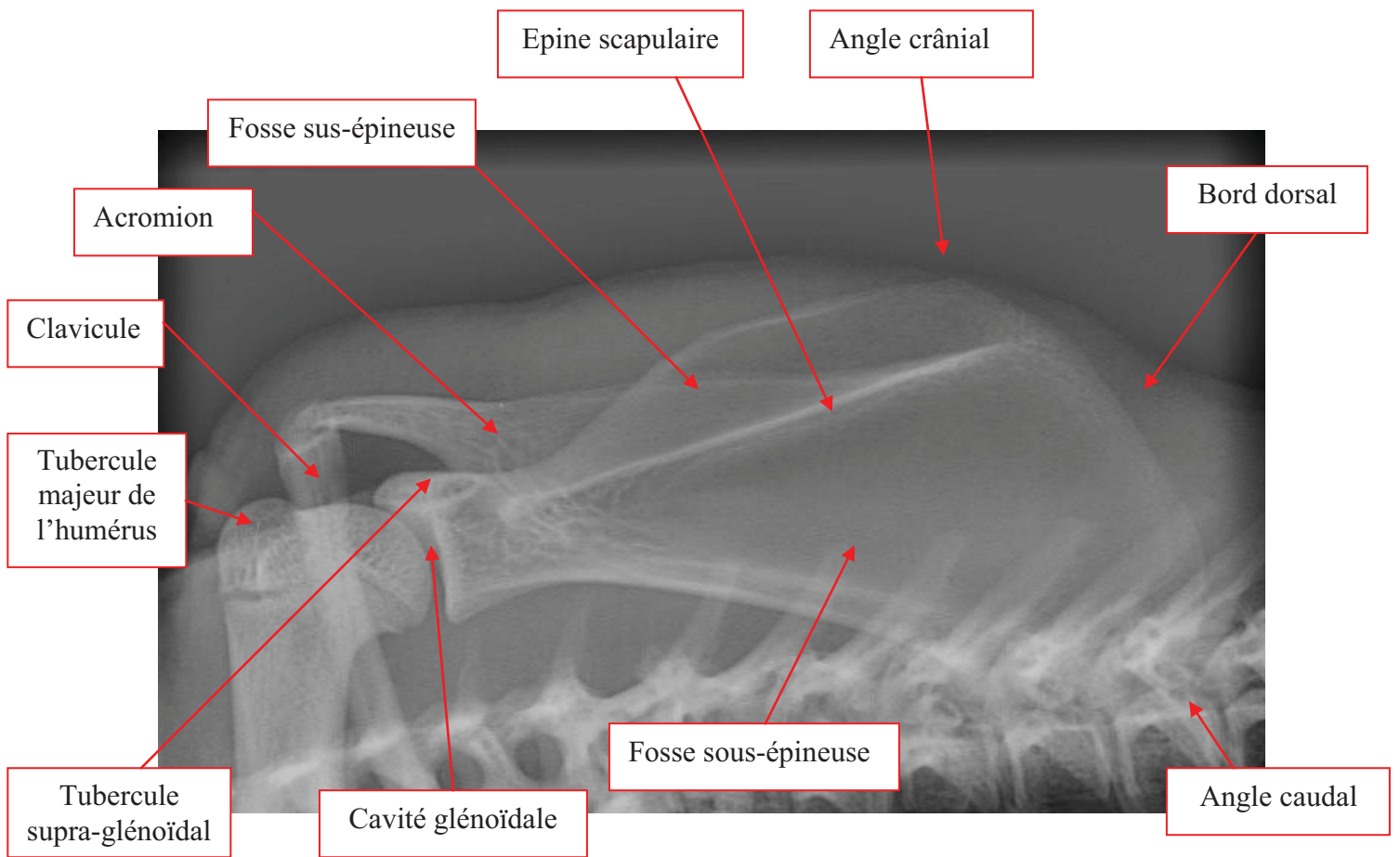
- les grands axes de la scapula et de l'humérus alignés.
- la scapula dégagée de la cage thoracique.
- une épine scapulaire bien dégagée.
- une superposition des bords sus-épineux et sous-épineux.

c) Anatomie radiographique

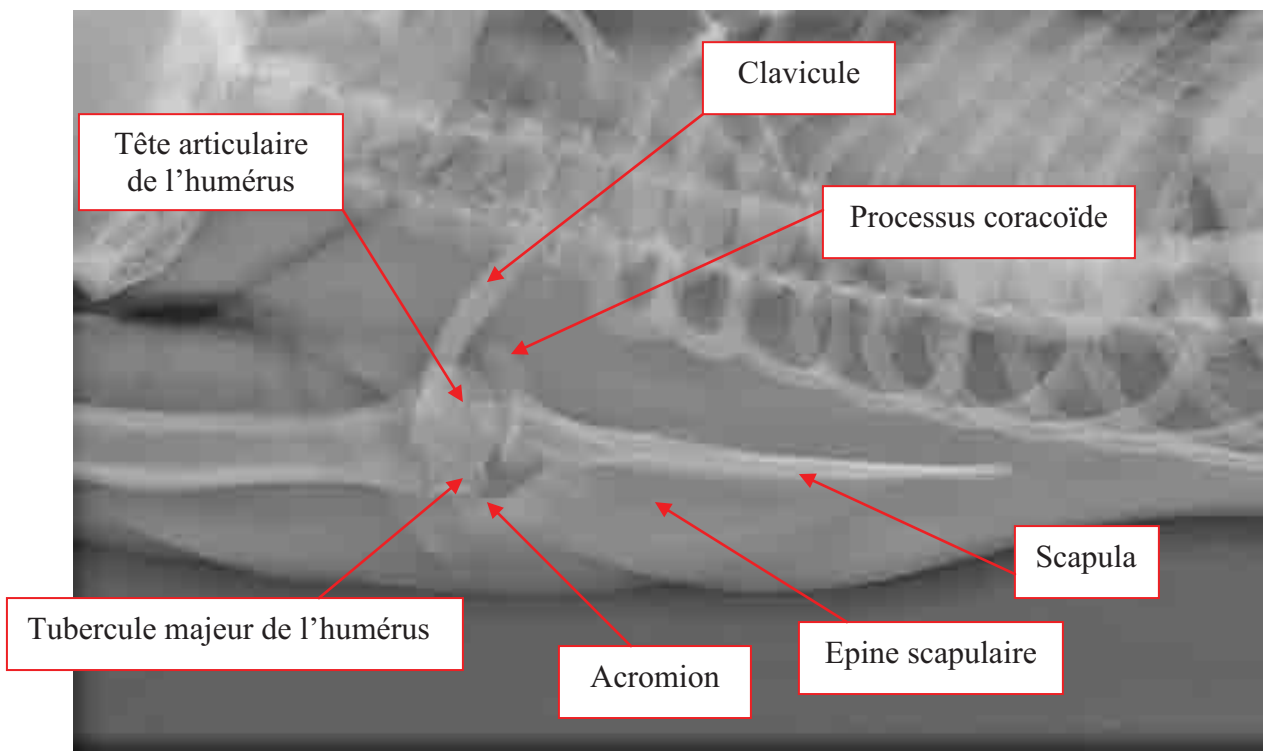
cf. planche 8 et photo 4'.

On voit nettement sous cette incidence la clavicule et son articulation sternale, le processus coracoïde très développé médialement et l'imposante épine scapulaire se terminant par l'acromion.

Ces projections vont permettre de détecter d'éventuelles fractures de la scapula ou de la clavicule.



Vue de la scapula, en « tiroir forcé » de l'épaule (incidence médio-latérale oblique).



Incidence caudo-crâniale.

Planche 8 : Images radiographiques de l'épaule gauche de *Macaca fascicularis*.

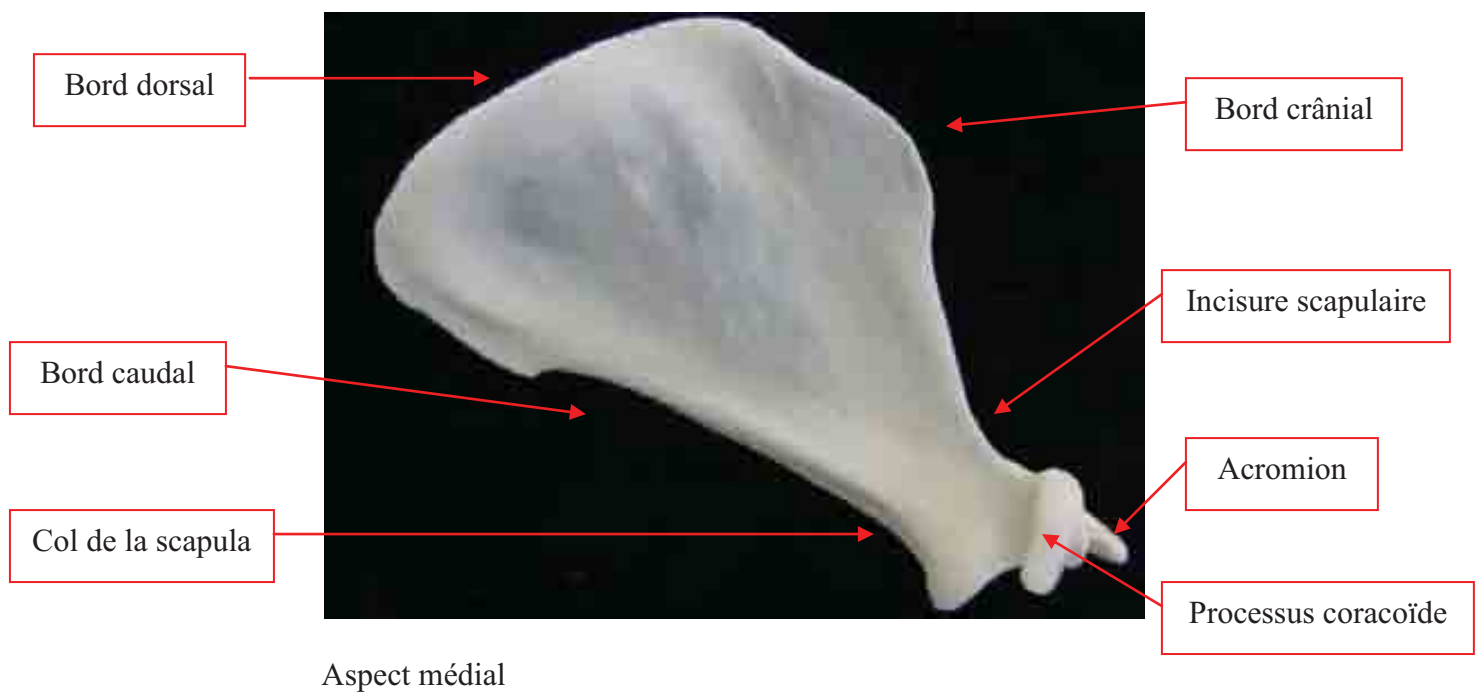
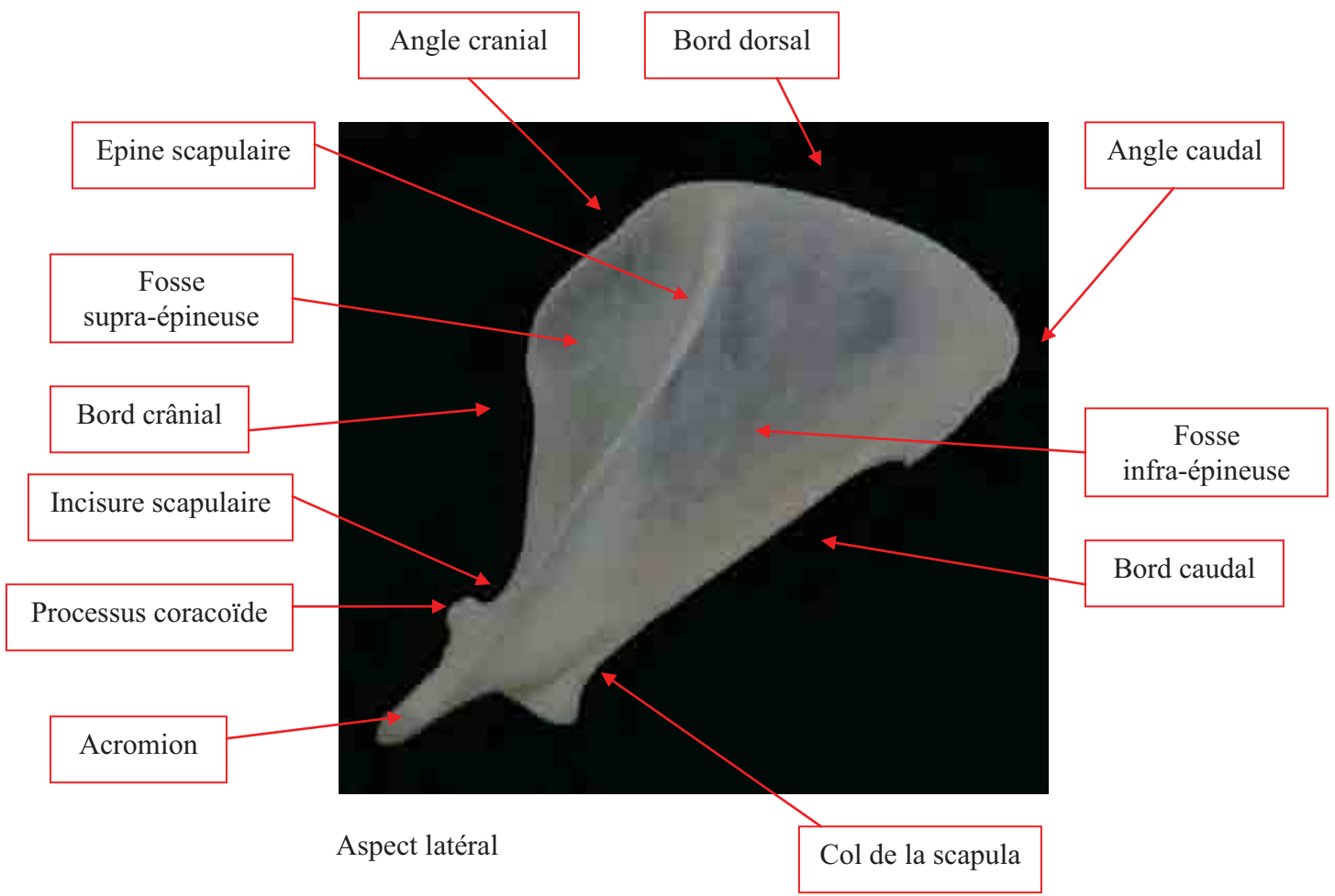


Photo 4 : Scapula gauche de *Macaca fascicularis*

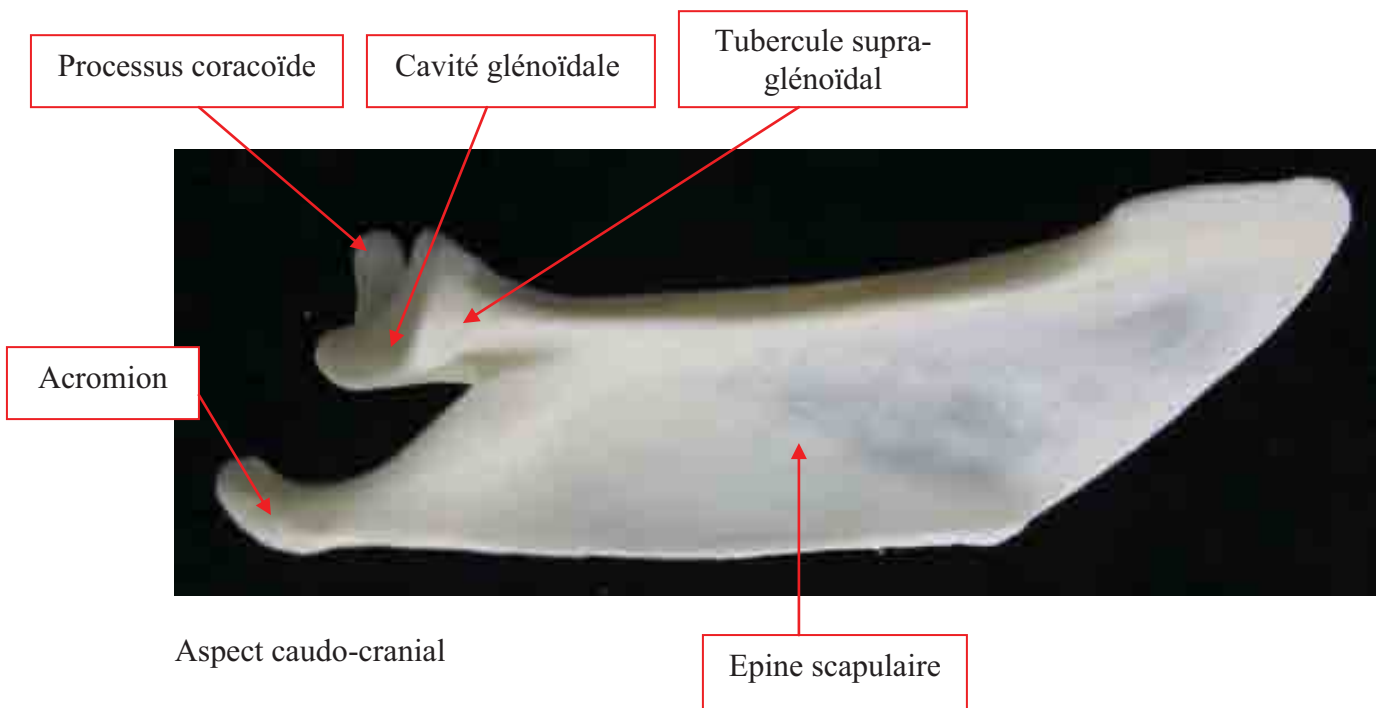
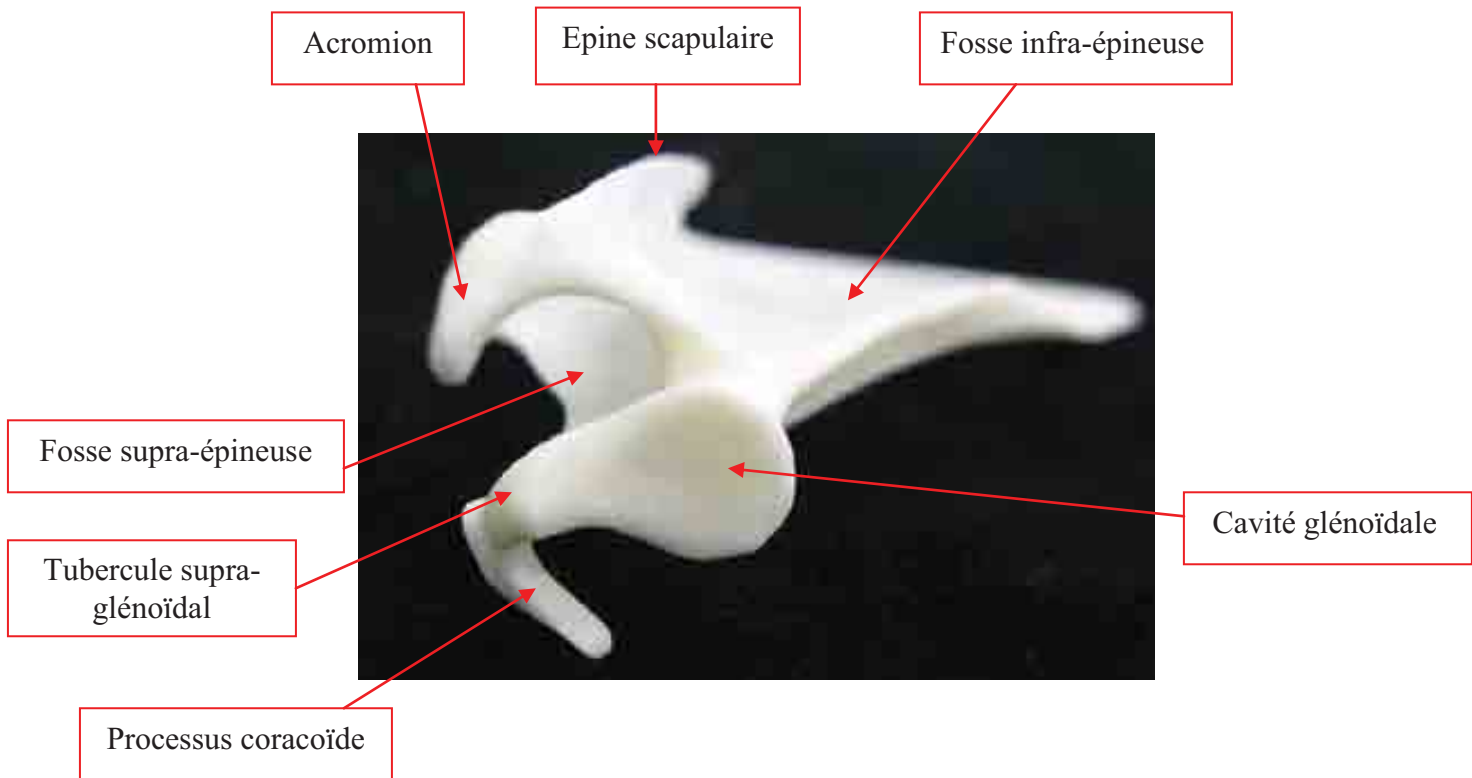


Photo 4' : Scapula gauche de *Macaca fascicularis*

2.2) ARTICULATION DE L'ÉPAULE

2.2.1) Incidence médio-latérale

a) Positionnement

Le singe est placé en décubitus latéral, épaule à radiographier du côté de la cassette. Le membre à radiographier est tiré crânialement et placé en extension complète, le membre opposé est ramené vers l'arrière. Le cou est en extension.

b) Critères de qualité

On doit avoir :

- La partie distale de la scapula visible.
- L'épaule dégagée du sternum, de la colonne vertébrale et du membre opposé.

c) Anatomie radiographique

cf. planche 9 et photos 4' et 5.

La scapula s'articule avec la tête de l'humérus par une cavité glénoïdale peu profonde, ovale, ouverte en direction ventro-crâniale.

On distingue aussi l'extrémité de la clavicule sur le cliché.

La tête articulaire de l'humérus est beaucoup plus grande que la cavité glénoïdale, qu'elle déborde en tous sens ; la scapula est entourée d'une lèvre fibro-cartilagineuse, le bourrelet glénoïdal, qui l'agrandit et permet une meilleure coaptation avec la tête de l'humérus.

Elle est portée par un col épais et très court.

2.2.2) Incidence caudo-crâniale

a) Positionnement

Le singe est placé en décubitus dorsal, le membre à radiographier est tiré crânialement et placé en extension complète de manière à ce que la scapula soit parallèle à la cassette. Le membre opposé est ramené vers l'arrière.

b) Critères de qualité

On doit avoir :

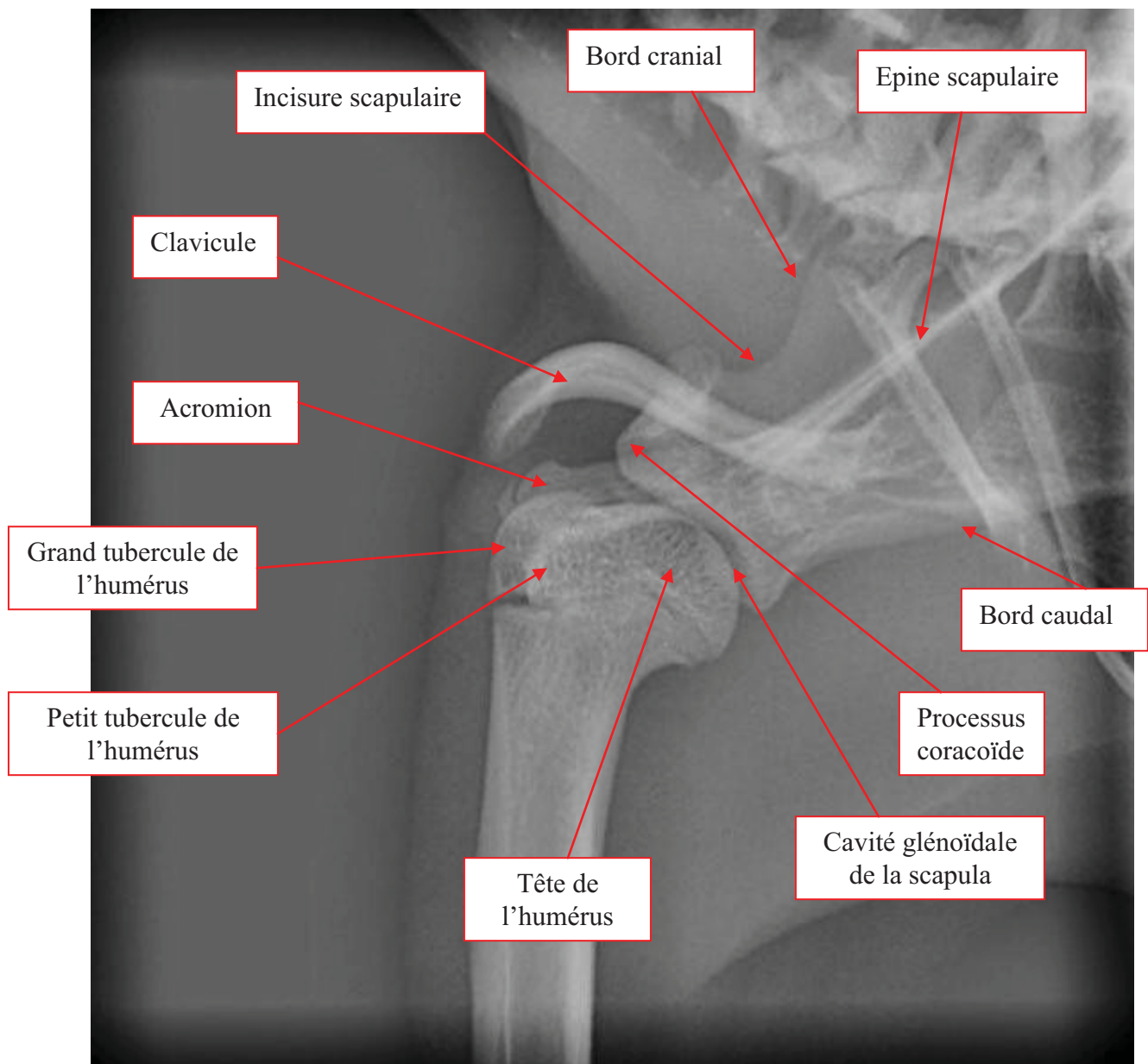
- La scapula et l'humérus alignés.
- L'épaule individualisée de la cage thoracique.

c) Anatomie radiographique

cf. planche 10 et photo 6.

Le bourrelet glénoïdal apparaît comme une ligne radio-transparente entre la cavité glénoïdale et l'humérus.

Ces incidences permettent de détecter la présence éventuelle de traumatisme (luxation, fracture, ...), de remaniements osseux, d'arthrose, ... Elles permettent aussi de détecter des troubles articulaires lors de la croissance de manière précoce (ostéochondrose) ou tardive (ostéochondrite disséquante).



Incidence médio-latérale.

Planche 9 : Image radiographique de l'épaule de *Macaca fascicularis*.

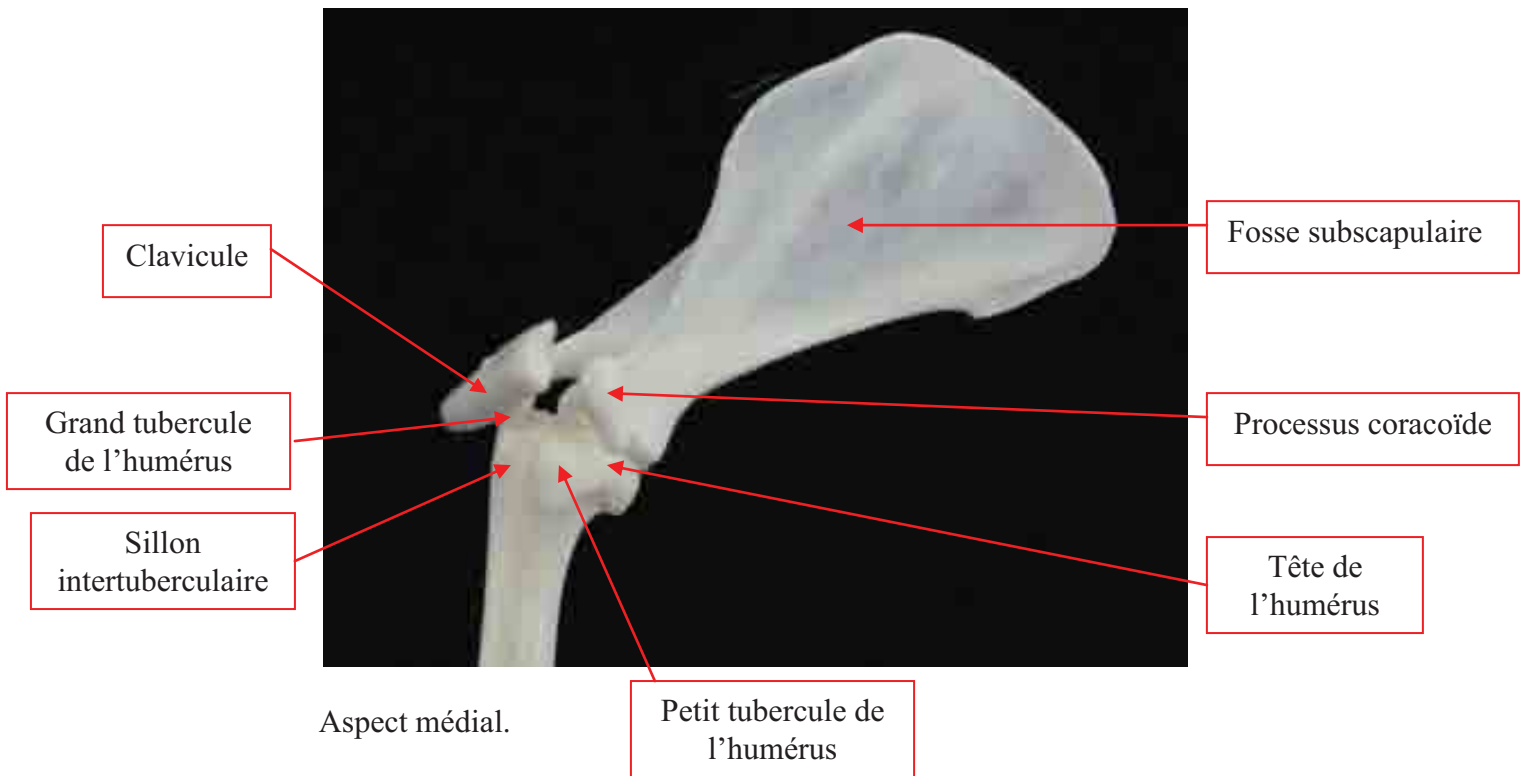
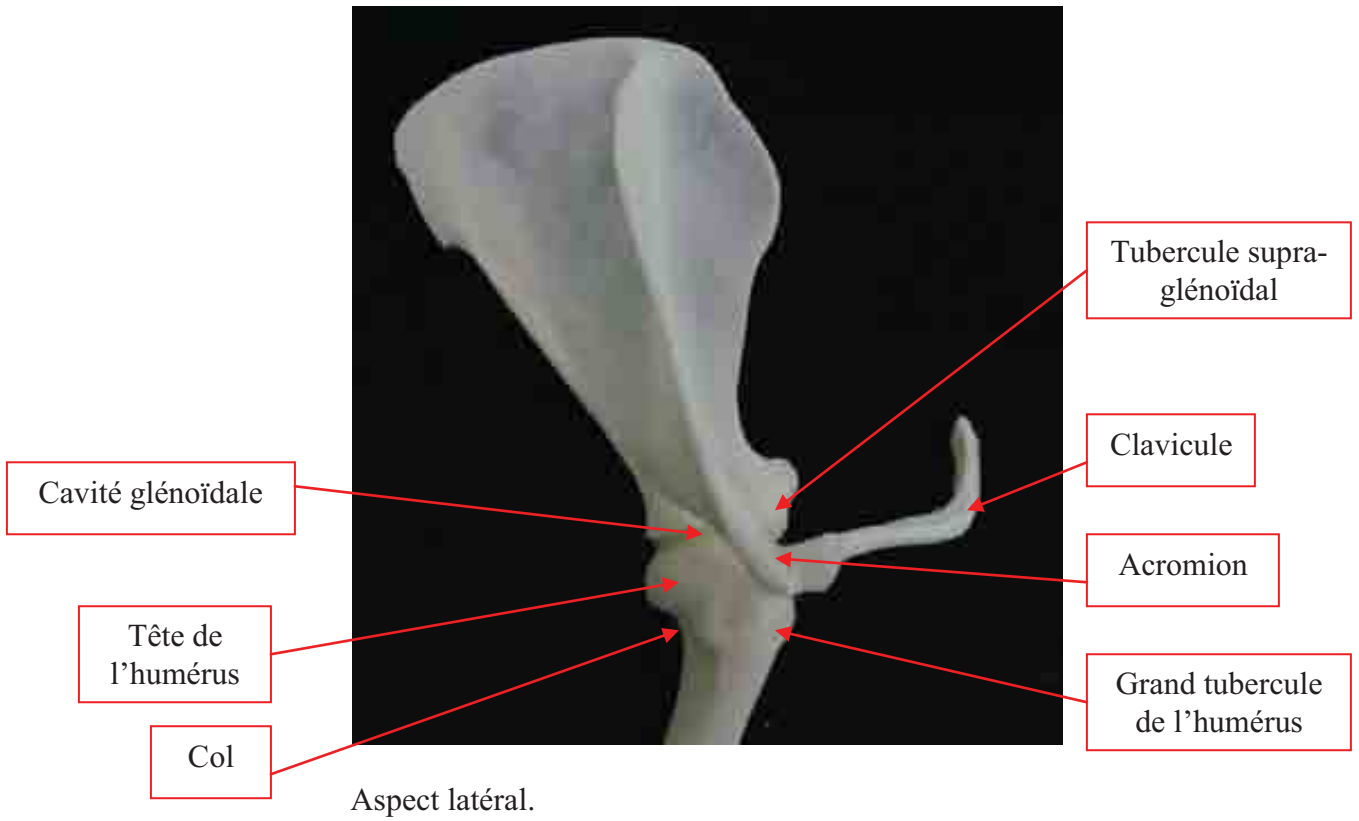
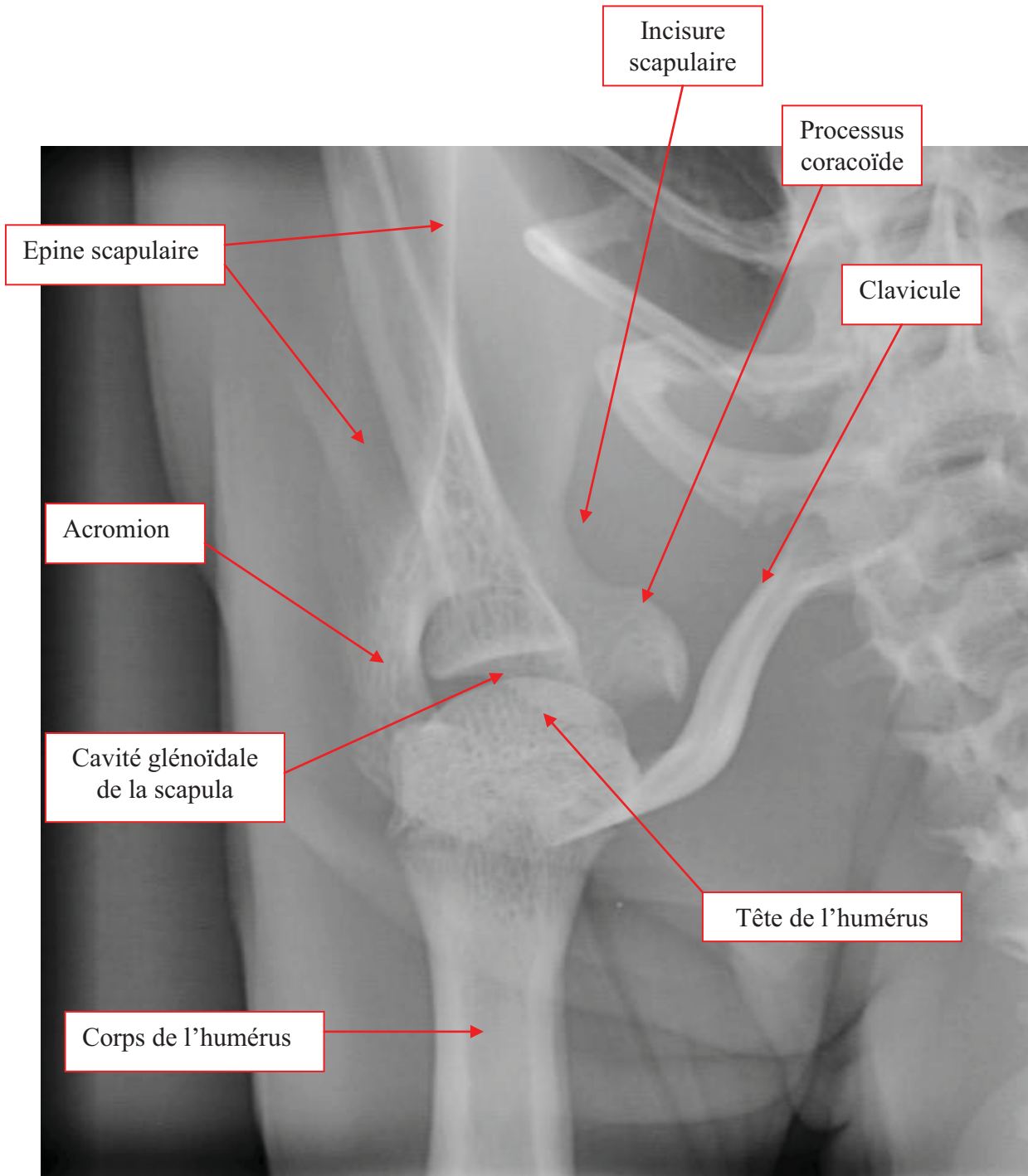


Photo 5 : Epaule droite de *Macaca fascicularis*, aspects latéral et médial.



Incidence caudo-crâniale.

Planche 10 : Image radiographique de l'épaule de *Macaca fascicularis*.

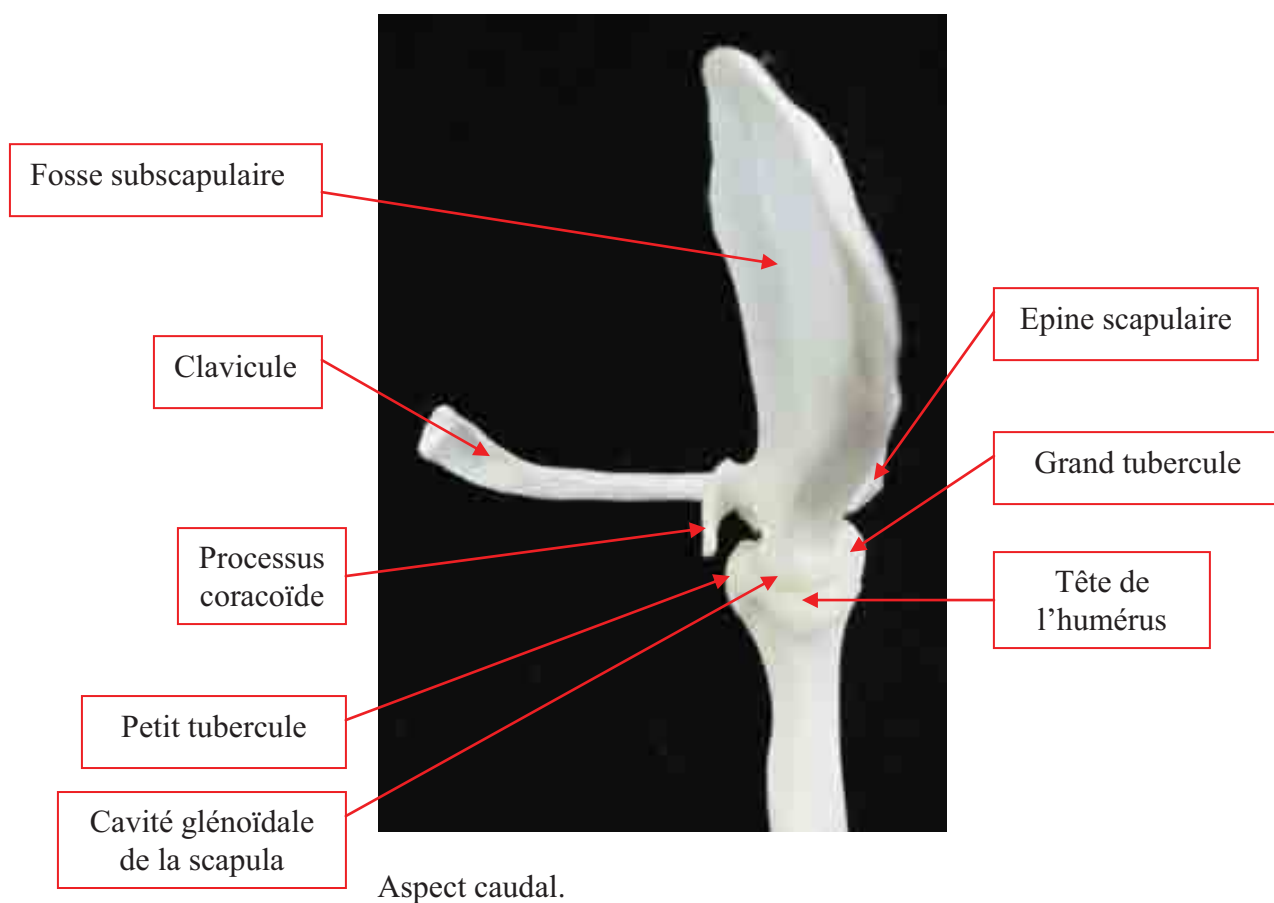
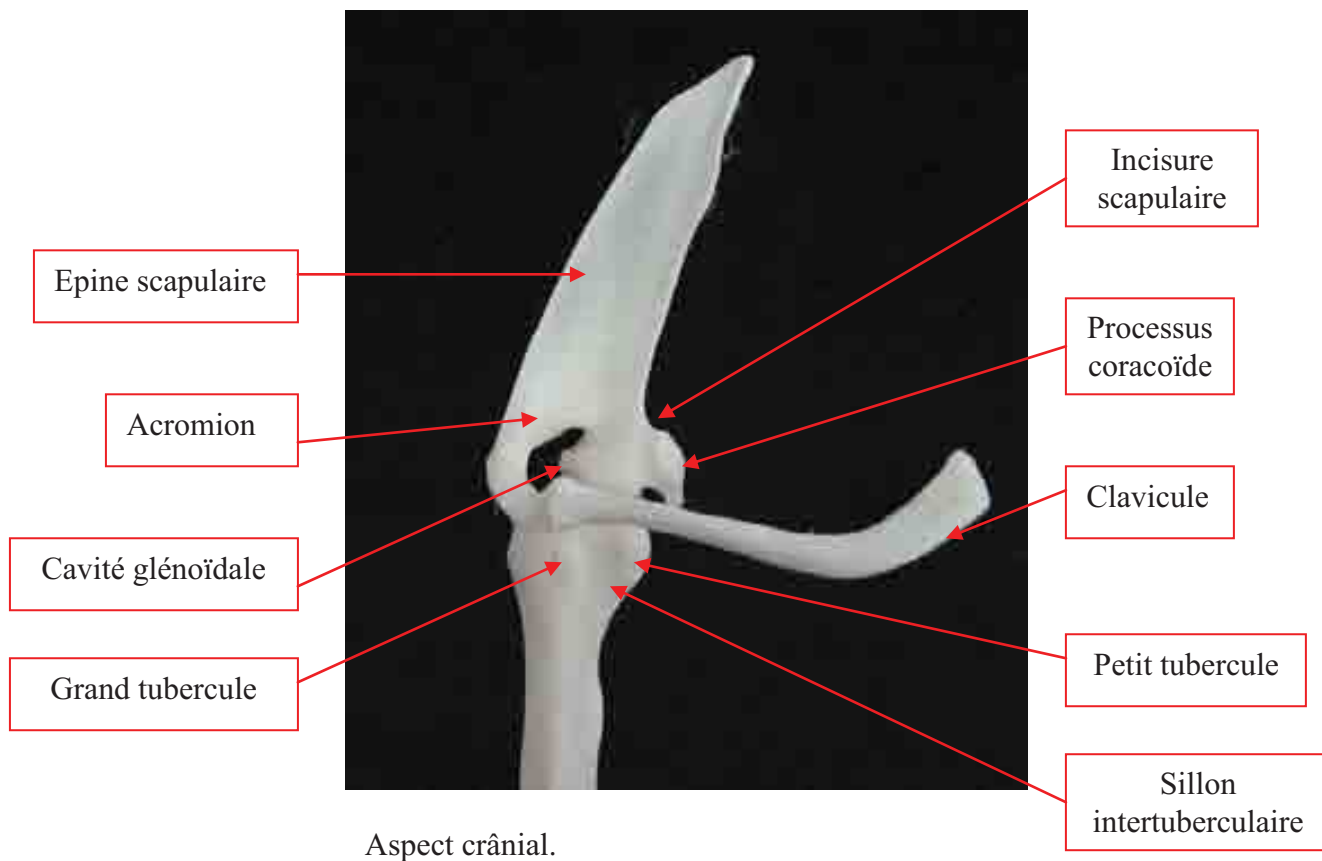


Photo 6 : Epaule de *Macaca fascicularis*, aspects crânial et caudal.

2.3) HUMERUS

2.3.1) Incidence médio-latérale

a) Positionnement

Le singe est en décubitus latéral, membre à radiographier du côté de la cassette. Le membre controlatéral est tiré caudalement et le membre radiographié est tiré crânialement. Le cou est maintenu en extension.

b) Critères de qualité

On doit avoir :

- L'épaule et le coude visibles sur le cliché.
- Les deux parties du condyle huméral superposées.
- L'espace huméro-ulnaire visible.

c) Anatomie radiographique

cf. planche 11 et photos 7.

L'humérus, os long, s'articule avec la scapula proximale et le radius et l'ulna distalement.

Son corps, irrégulièrement prismatique, possède quatre faces assez mal délimitées.

On distingue plusieurs sites d'insertions tendineuses : le grand tubercule et la tubérosité deltoïdienne latéralement, le petit tubercule et la tubérosité du grand rond médialement.

Le grand tubercule et le petit tubercule sont séparés par un sillon intertuberculaire peu profond situé cranio-médialement.

L'extrémité proximale répond à la cavité glénoïdale par une volumineuse tête articulaire, dont la convexité est plus forte caudalement.

L'extrémité distale, légèrement recourbée en direction crâniale, porte une surface articulaire large et complexe destinée à correspondre aux os de l'avant-bras. Elle comprend deux parties inégales :

- Médialement, la trochlée présente une gorge médiane profonde bordée par deux lèvres dont la médiale est la plus haute.
- Latéralement, on distingue le capitulum.

La fosse coronoïdienne surmonte la trochlée et reçoit lors de la flexion le processus coronoïde des os de l'avant-bras.

Caudalement, la fosse olécrânienne, qui reçoit l'olécrâne lors de l'extension, est encadrée par deux épicondyles, dont le médial est le plus imposant.

L'épicondyle latéral est surmonté d'une fine crête épicondylaire.

2.3.2) Incidence caudo-crâniale

a) Positionnement

L'animal est placé en décubitus dorsal, le membre à radiographier est placé en extension et tiré crânialement tandis que le membre controlatéral est tiré caudalement.



b) Critères de qualité

On doit avoir :

- l'épaule et le coude visibles.
- l'olécrâne superposé au milieu du condyle huméral.

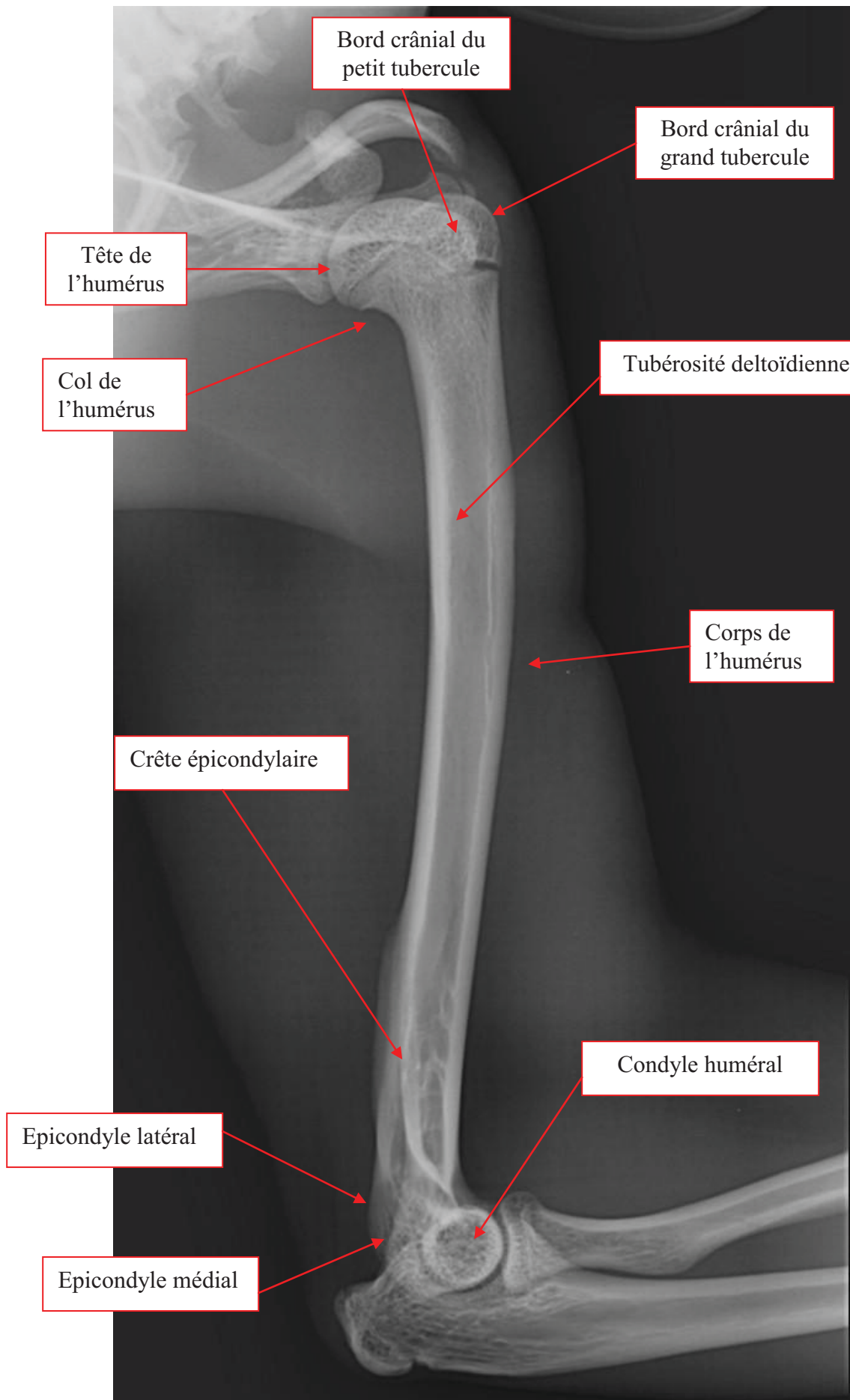
c) Anatomie radiographique

cf. planche 12 et photos 8.

En partie distale, on distingue nettement l'épicondyle médial, plus développé que l'épicondyle latéral.

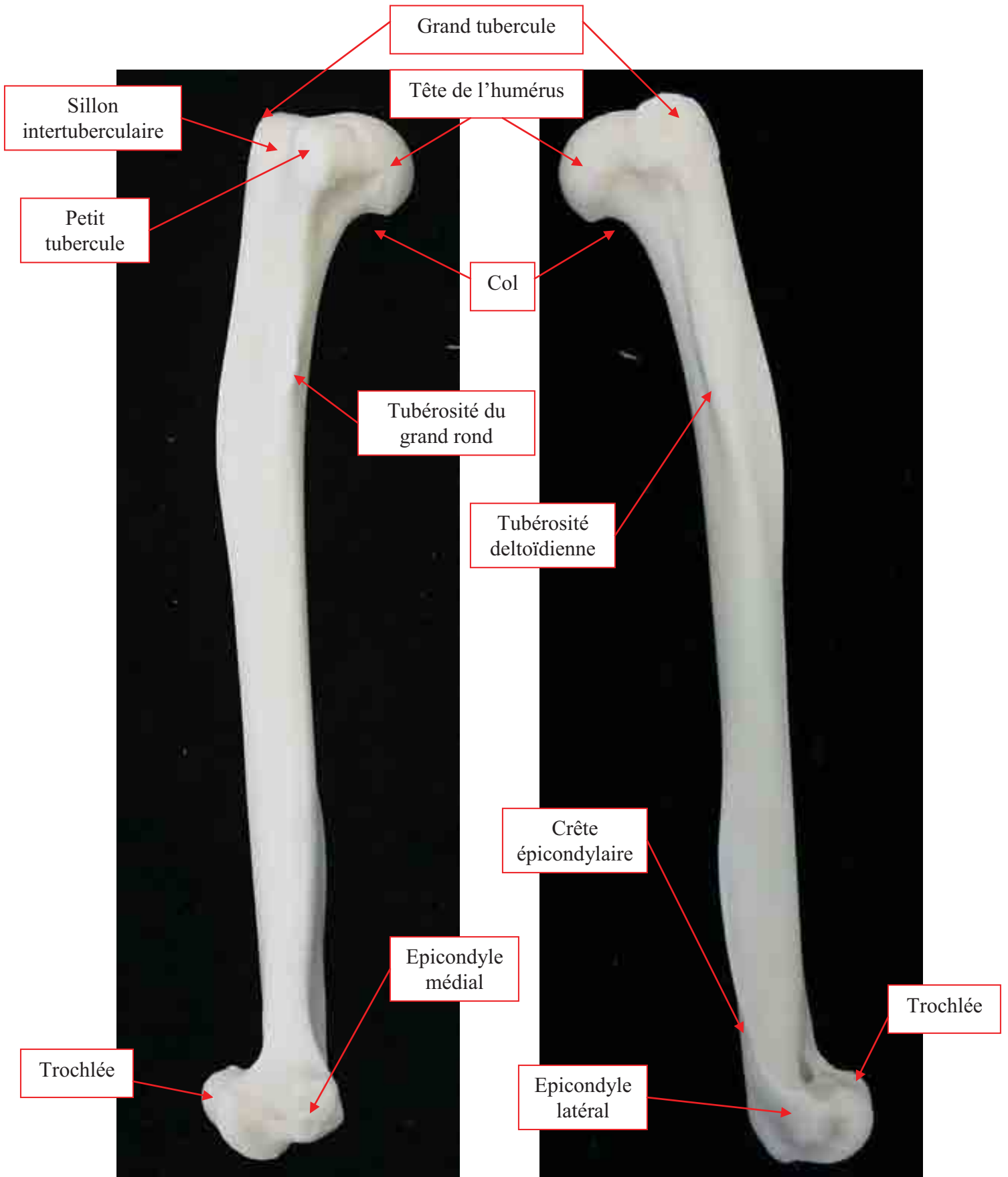
On voit aussi la tubérosité de l'olécrâne, appartenant à l'ulna, qui se superpose à la fosse olécrânienne.

Ces projections permettent d'évaluer le fût osseux et de détecter d'éventuelles fractures ou tumeurs de l'humérus.



Incidence
médio-latérale.

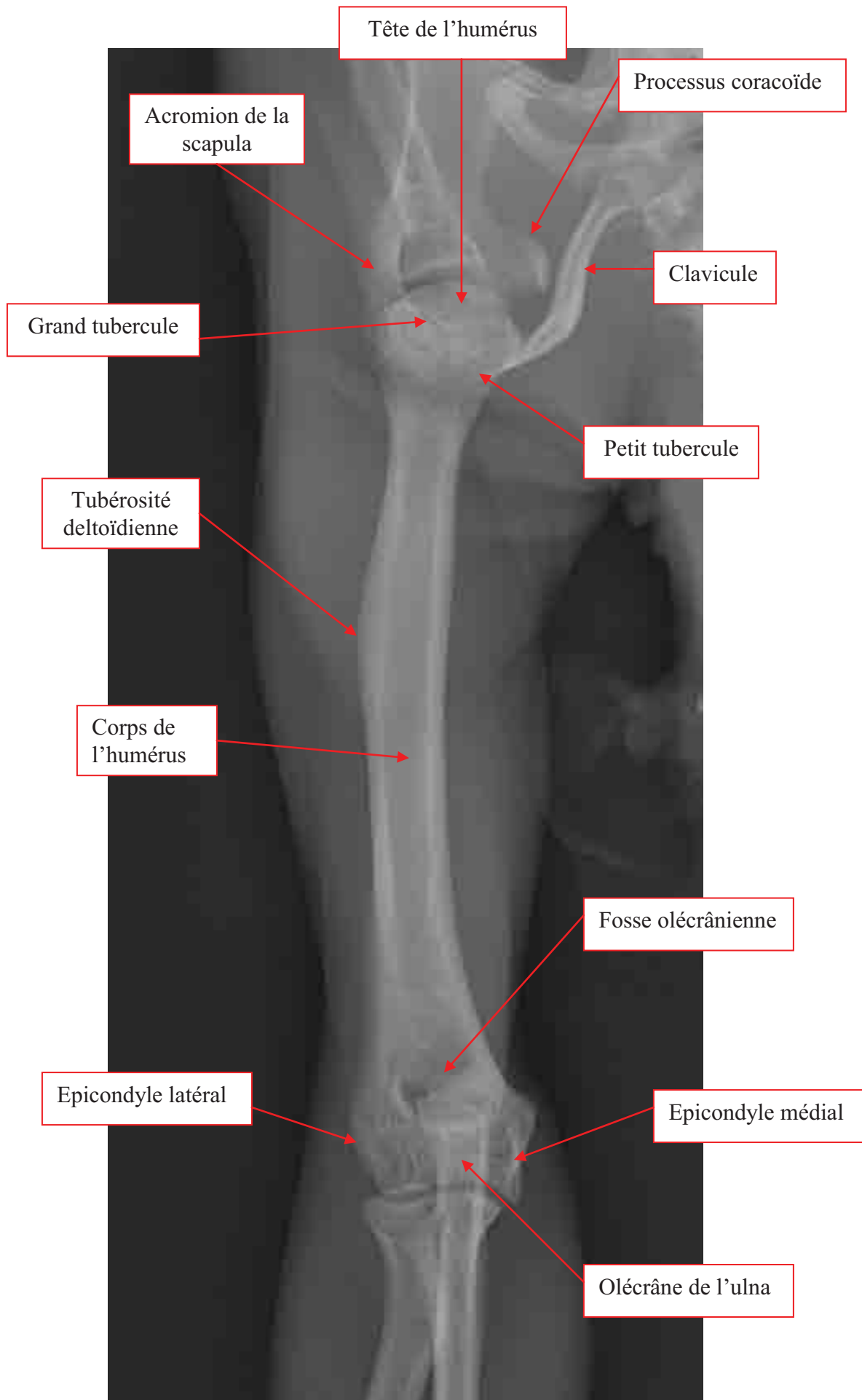
Planche 11 : Image radiographique du bras gauche de *Macaca fascicularis*.



Aspect médial.

Aspect latéral.

Photo 7 : Humérus droit de *Macaca fascicularis*, Aspects médial et latéral.



Incidence caudo-crâniale.

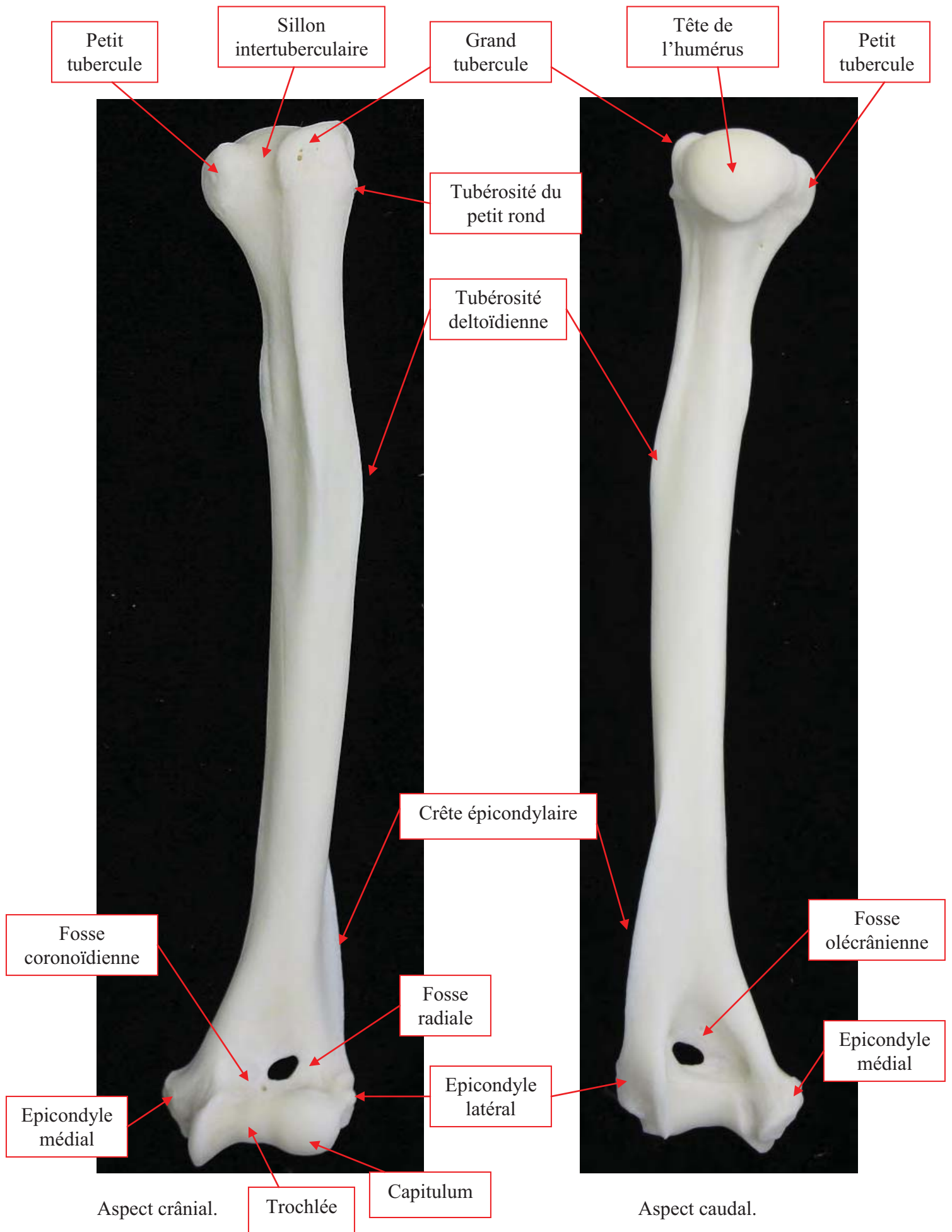


Photo 8 : Humérus gauche de *Macaca fascicularis*, aspects crânial et caudal.

2.4) ARTICULATION DU COUDE

2.4.1) Incidence médio-latérale

a) Positionnement

Le singe est placé en décubitus dorsal, membre à radiographier du côté de la cassette, en position neutre ramené vers l'avant alors que le membre controlatéral est tiré caudalement.



b) Critères de qualité

On doit avoir :

- les deux parties du condyle huméral superposées.
- l'espace huméro-ulnaire visible.

c) Anatomie radiographique

cf. planche 13 et photos 9.

Le coude est une région complexe comprenant trois os : l'humérus, l'ulna et le radius. On peut la diviser en une articulation huméro-ulnaire et une articulation huméro-radiale. Cette distinction est importante car le radius pivote dans l'incisure radiale de l'ulna en prenant appui sur le capitulum de l'humérus (mouvements de pronation-supination) alors que l'ulna intervient surtout dans la flexion-extension par le jeu de son incisure trochléaire sur la trochlée humérale.

Ainsi, le radius répond seulement au capitulum huméral, alors que l'ulna répond à toute la trochlée humérale par l'intermédiaire de l'incisure trochléaire et du processus coronoïde.

Sur cette projection, on peut évaluer les espaces articulaires huméro-radial, huméro-ulnaire et radio-ulnaire, qui doivent être étroits et réguliers.

On distingue nettement le processus anconé de l'ulna, le processus coronoïde médial de l'ulna se superposant partiellement avec le radius.

2.4.2) Incidence crânio-caudale

a) Positionnement

Le singe est placé en décubitus sternal. Le membre à radiographier est tiré crânialement en extension et la tête est relevée en extension. Il est utile de tourner légèrement l'animal du côté du membre radiographié pour corriger la position en abduction dans laquelle se place naturellement le coude lors du décubitus sternal.

b) Critères de qualité

On doit avoir :

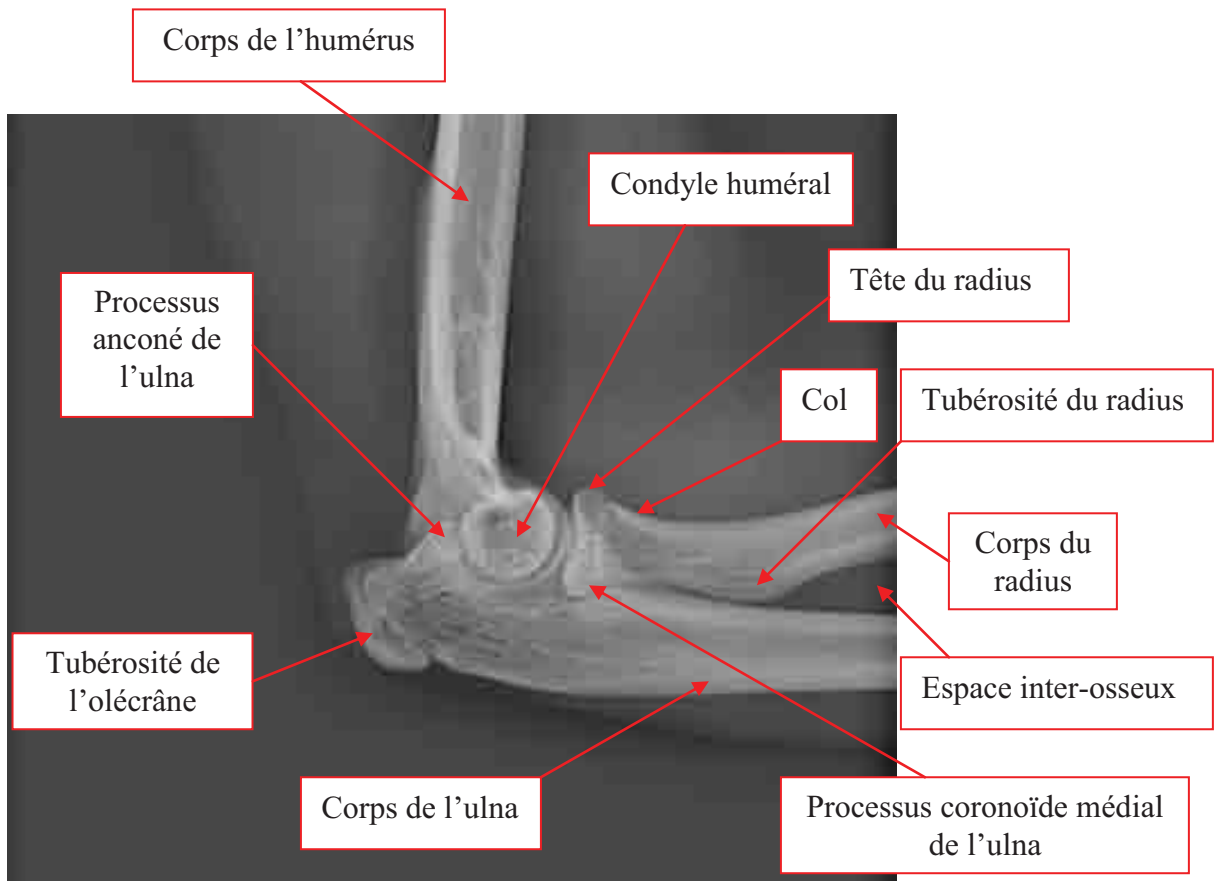
- L'olécrâne superposé au milieu du condyle huméral.

c) Anatomie radiographique

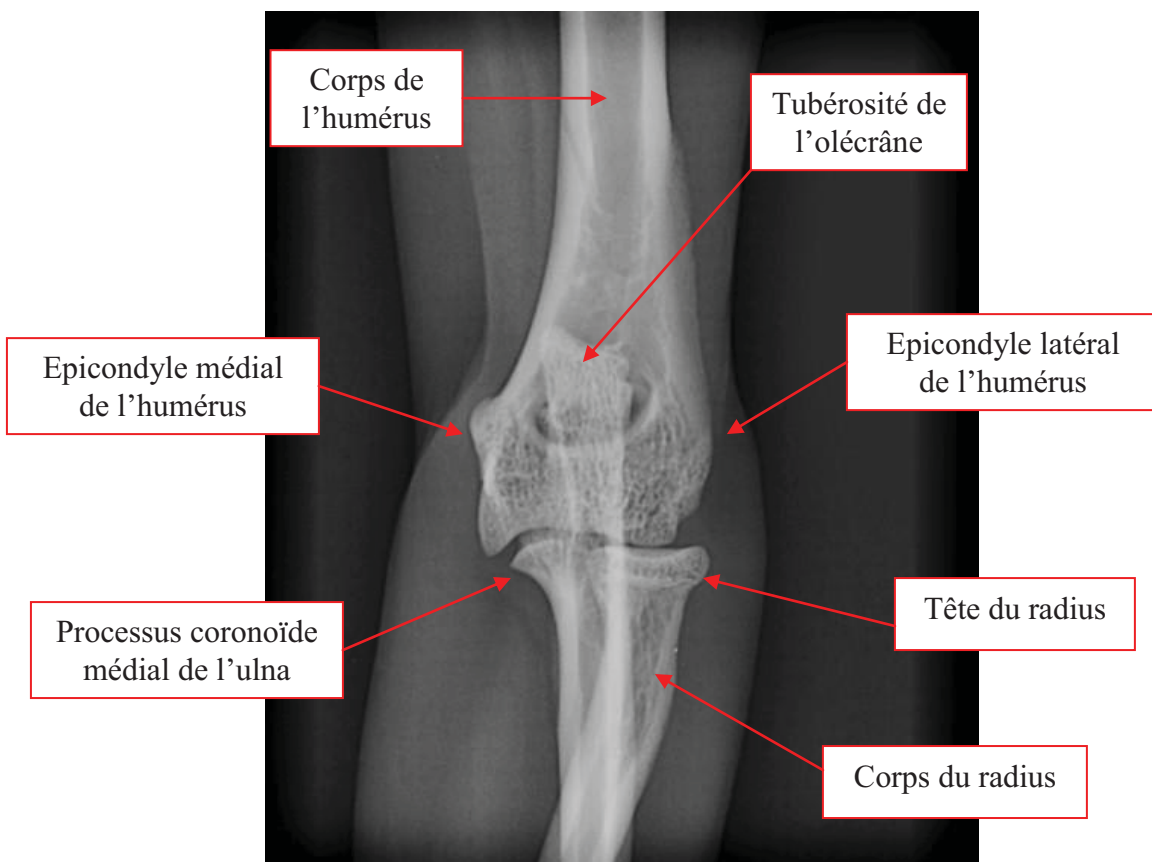
cf. planche 13 et photos 9.

Sur cette projection, on distingue nettement les deux parties du condyle huméral (trochlée et capitulum), ainsi que les articulations entre le processus coronoïde de l'ulna et la trochlée et le radius et le capitulum.

Ces clichés permettent de détecter la présence de remaniement osseux, de traumatisme (fracture, luxation), d'arthrose, ou de troubles articulaires ou osseux de croissance.



Incidence médio-latérale.



Incidence crânio-caudale.

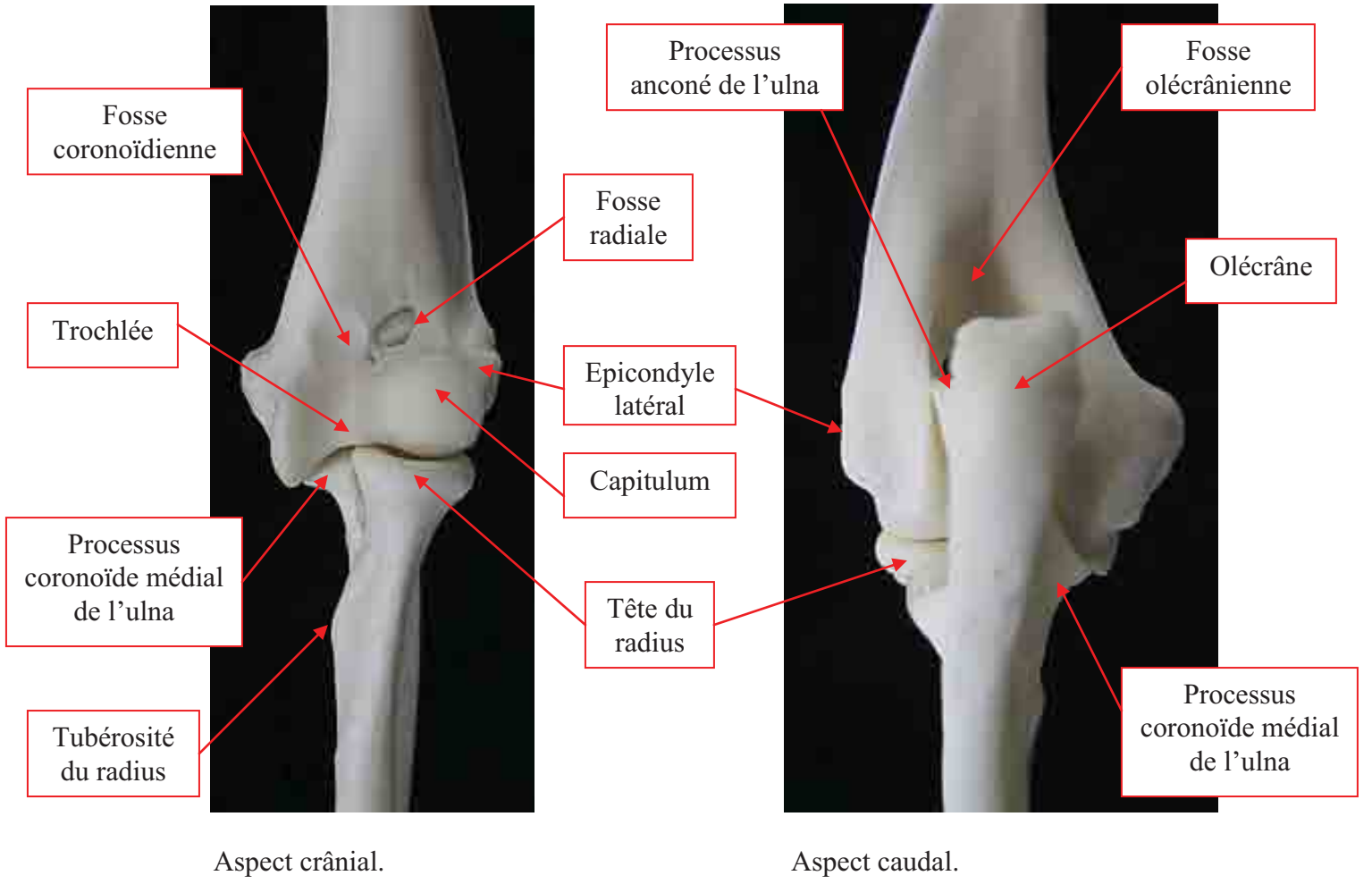
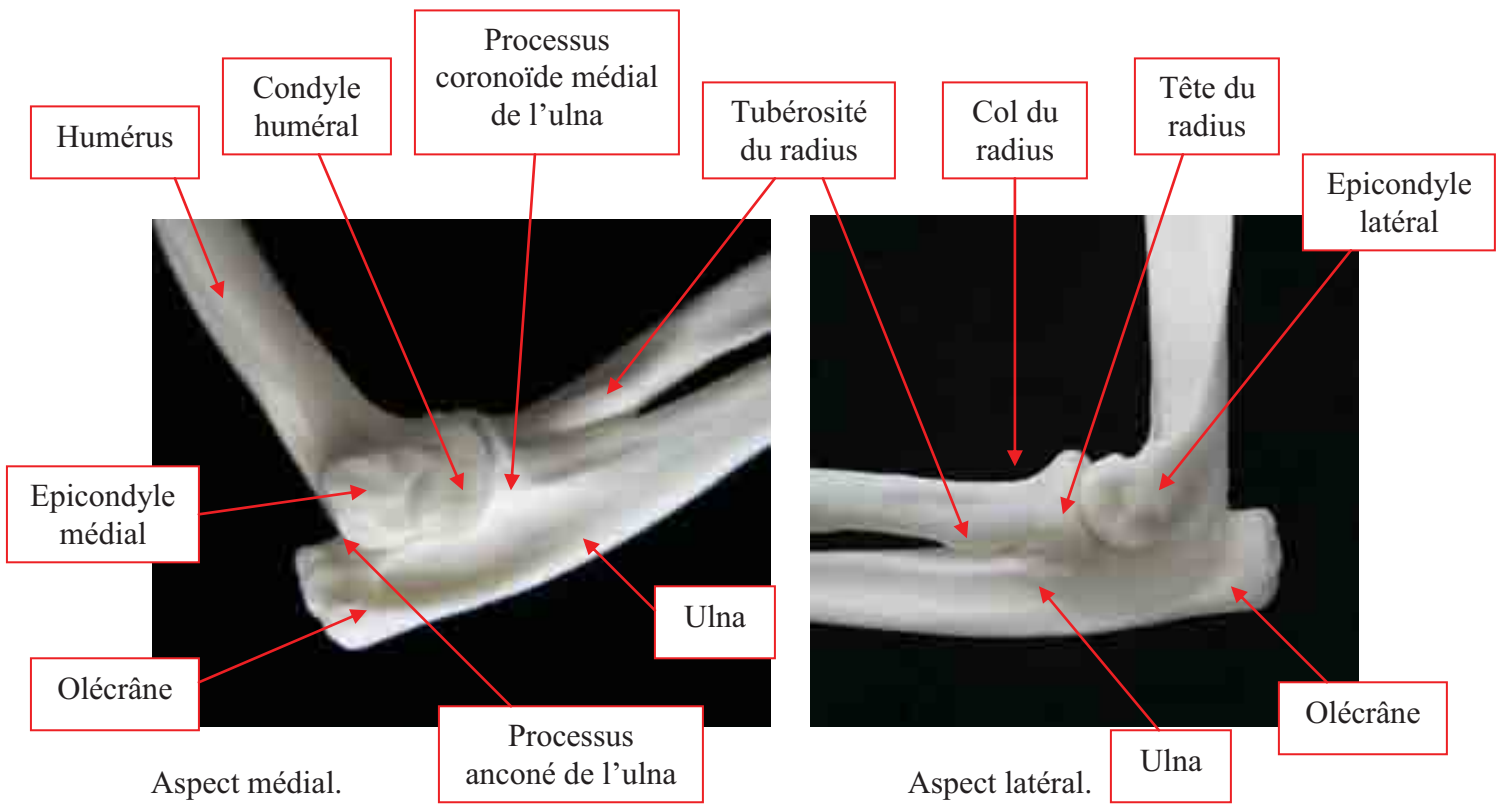


Photo 9 : Coude gauche de *Macaca fascicularis*.

2.5) RADIUS-ULNA

2.5.1) Incidence médio-latérale

a) Positionnement

Le singe est placé en décubitus latéral. Le membre à radiographier est placé de profil, au contact de la table, en position neutre. Le membre controlatéral est ramené vers l'arrière.

b) Critères de qualité

On doit avoir :

- Le coude et le carpe visibles.
- La superposition des deux parties du condyle huméral.
- L'espace huméro-ulnaire visible.
- La superposition des os métacarpiens.

c) Anatomie radiographique

Cf. planche 14 et photos 10.

Le radius est l'os crânial de l'avant-bras. Il est situé entre l'humérus et le carpe.

La face crâniale est lisse et convexe, la face caudale est concave et est séparée de l'ulna par l'espace interosseux.

Son extrémité proximale comporte le col, qui porte la tête du radius et la tubérosité du radius caudalement.

Cette extrémité s'articule avec l'humérus crânialement par la fovea du radius, en forme de cupule circulaire, et avec l'ulna caudalement.

L'extrémité distale s'articule avec l'ulna et le carpe. Le côté médial de l'articulation radio-carpienne comporte une forte saillie, le processus styloïde du radius, destinée à l'insertion de ligaments.

L'ulna est l'os caudal de l'avant-bras, situé entre l'humérus et le carpe, caudalement et latéralement au radius.

L'extrémité proximale de l'ulna, l'olécrâne, forme une saillie osseuse imposante.

L'incisure trochléaire, allant du processus anconé au processus coronoïde, répond à la trochlée humérale. La base de l'olécrâne s'articule avec le radius.

L'extrémité distale s'articule avec le radius et le carpe, et comporte elle aussi une saillie articulaire, située latéralement, le processus styloïde de l'ulna.

2.5.2) Incidence crânio-caudale

a) Positionnement

Le singe est placé en décubitus sternal, le membre à radiographier est maintenu en extension, et l'avant-bras repose sur la table.

b) Critères de qualité

On doit avoir :

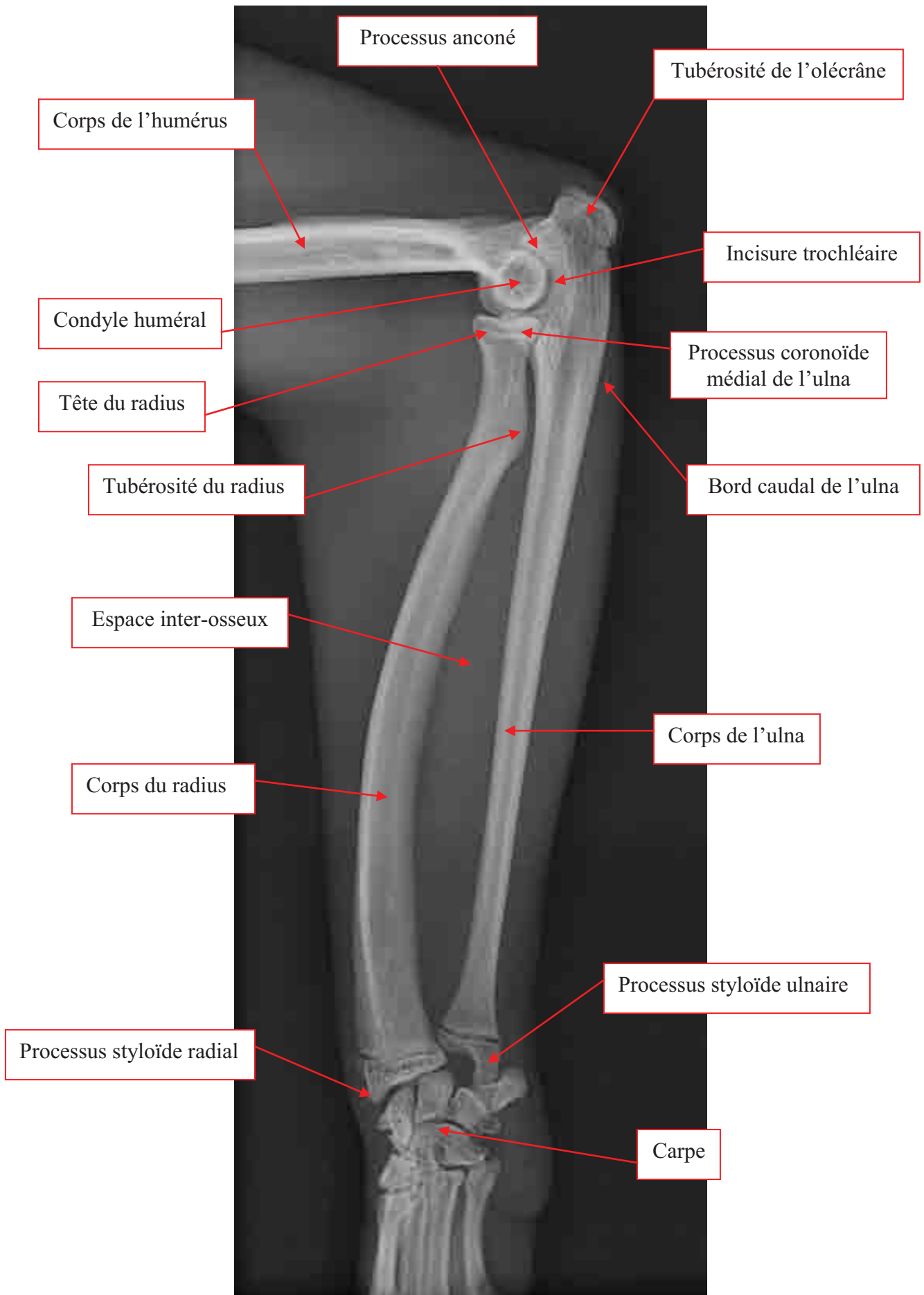
- Le coude et le carpe visibles.
- La superposition de l'olécrâne au milieu du condyle huméral.
- La séparation du radius et de l'ulna distalement.

c) Anatomie radiographique

Cf. planche 15 et photos 11.

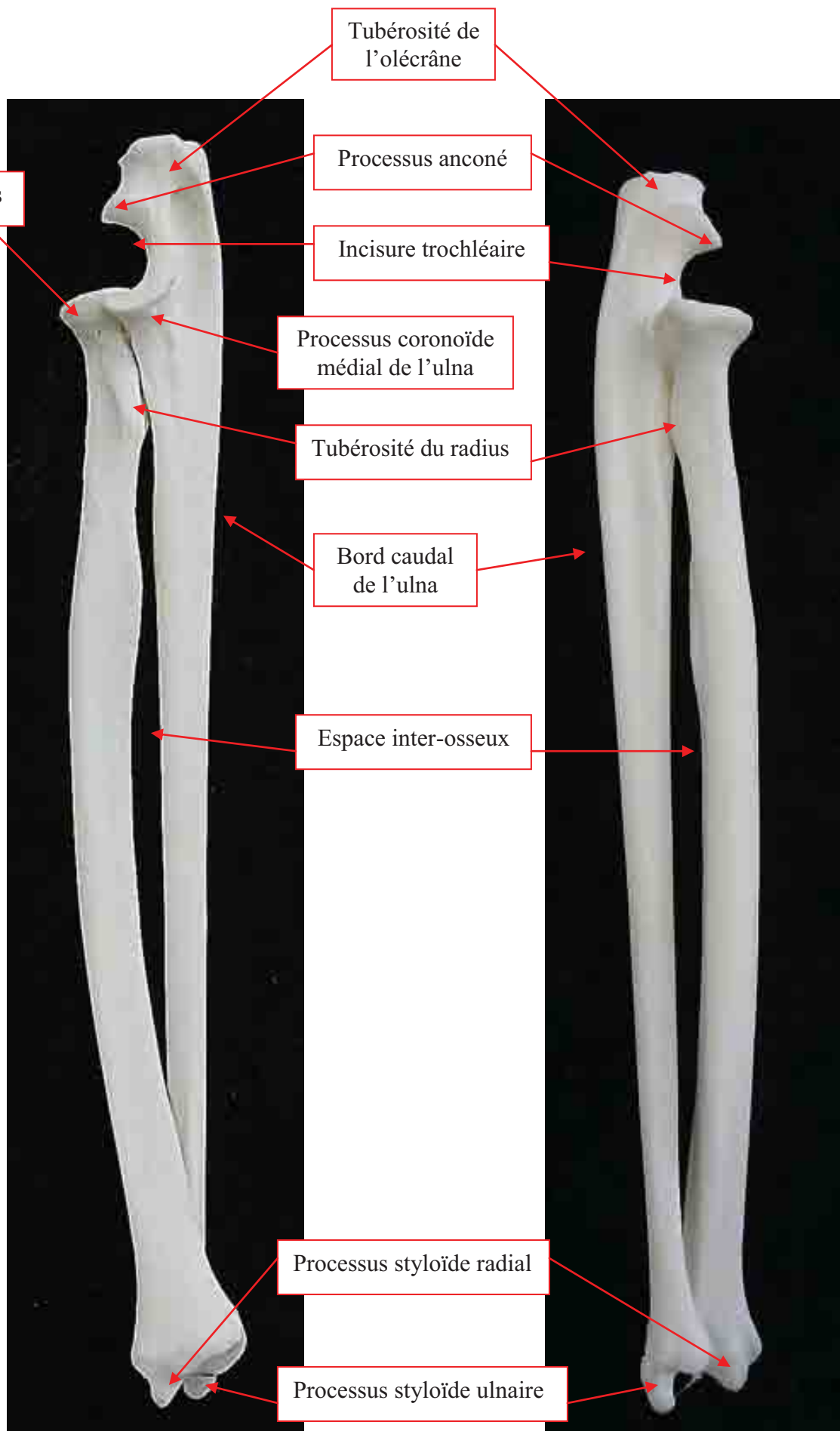
On distingue sur cette incidence les extrémités proximale et distale (processus styloïdes) du radius et de l'ulna.

Ces projections permettent d'évaluer les fûts osseux du radius et de l'ulna et de détecter la présence de fractures ou de malformations osseuses (défaut de croissance).



Incidence médio-latérale.

Planche 14 : Image radiographique de l'avant-bras de *Macaca fascicularis*, incidence médio-latérale.



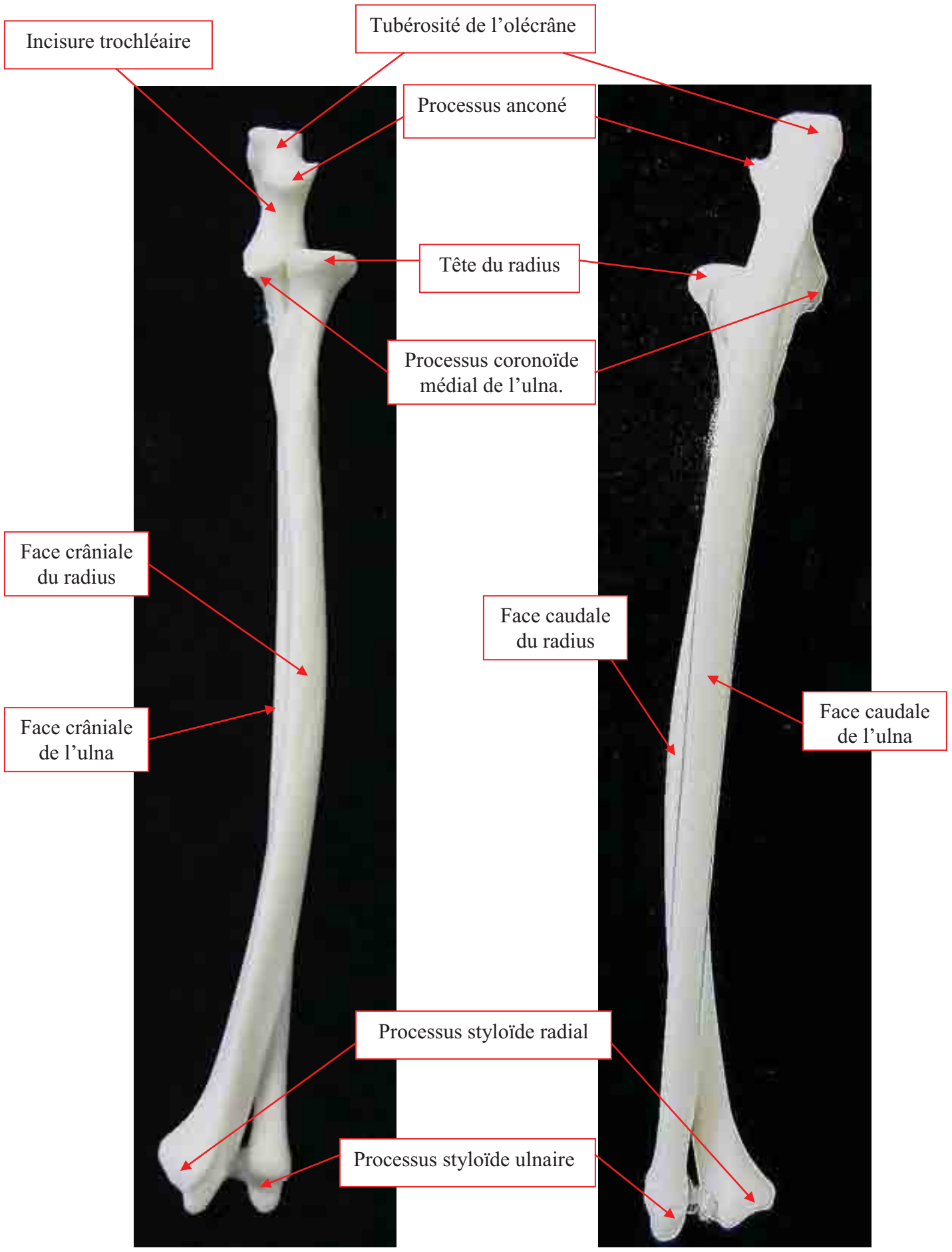
Aspect médial.

Aspect latéral.

Photo 10 : Avant-bras droit de *Macaca fascicularis*, aspects médial et latéral.



Incidence crânio-caudale.



Aspect crânial.

Aspect caudal.

Photo 11 : Avant-bras gauche de *Macaca fascicularis*, aspects crânial et caudal.

2.6) CARPE

Le carpe, les métacarpiens et les doigts sont en général radiographiés sur un même cliché, la technique radiographique étant similaire pour ces trois régions.

Etant donné la complexité de la région et le nombre important d'os qui se superposent, il est parfois utile de réaliser en plus des clichés sous incidences obliques.

2.6.1) Incidence médio-latérale.

a) Positionnement

L'animal est placé en décubitus latéral, le membre à radiographier est placé sur la cassette, le membre opposé est ramené en arrière.



b) Critères de qualité

On doit avoir :

- La superposition des métacarpiens.

c) Anatomie radiographique

Cf. planches 16 et 18, photos 13.

Les os des deux rangées du carpe apparaissent superposés sur cette projection ; on distingue quand même l'os pisiforme, bien dégagé, ainsi que les os scaphoïde et phacoïde.

2.6.2) Incidence dorso-palmaire

a) Positionnement

L'animal est en décubitus sternal, le membre à radiographier est placé en extension, la région carpo-métacarpienne placée sur la cassette.



b) Critères de qualité

On doit avoir :

- une séparation du radius et de l'ulna.
- une séparation des métacarpiens.

c) Anatomie radiographique

Cf. planches 16 et 17 et photos 12.

Cette projection permet de bien voir les deux rangées du carpe.

La rangée proximale comporte quatre os :

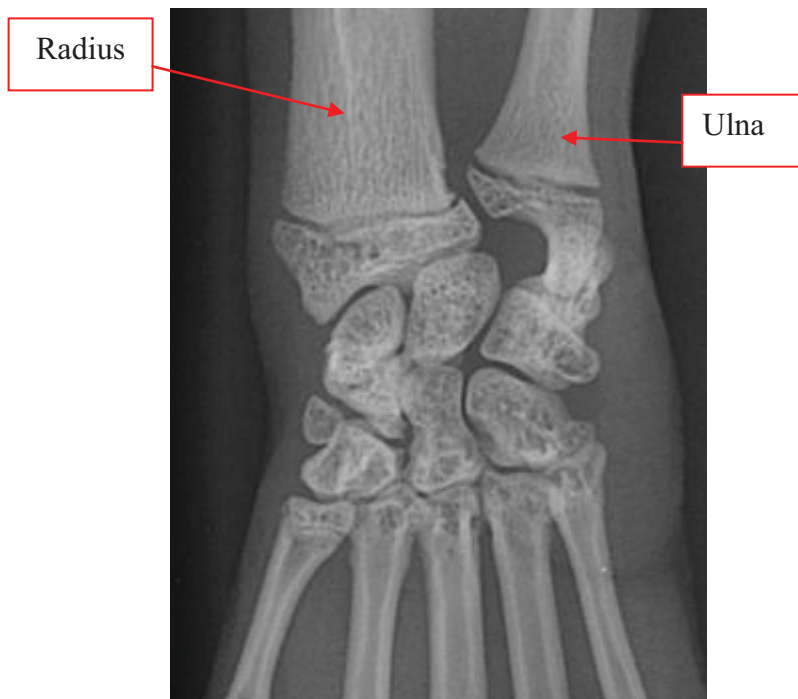
- l'os pisiforme, latéralement, s'articule avec l'os pyramidal et le processus styloïde de l'ulna.
- l'os pyramidal : s'articule avec l'ulna et l'os pisiforme.
- l'os semi-lunaire : s'articule avec le radius.
- l'os scaphoïde : le plus volumineux de la rangée, c'est le plus médial. Il s'articule avec le radius.

La rangée distale comporte elle aussi quatre os :

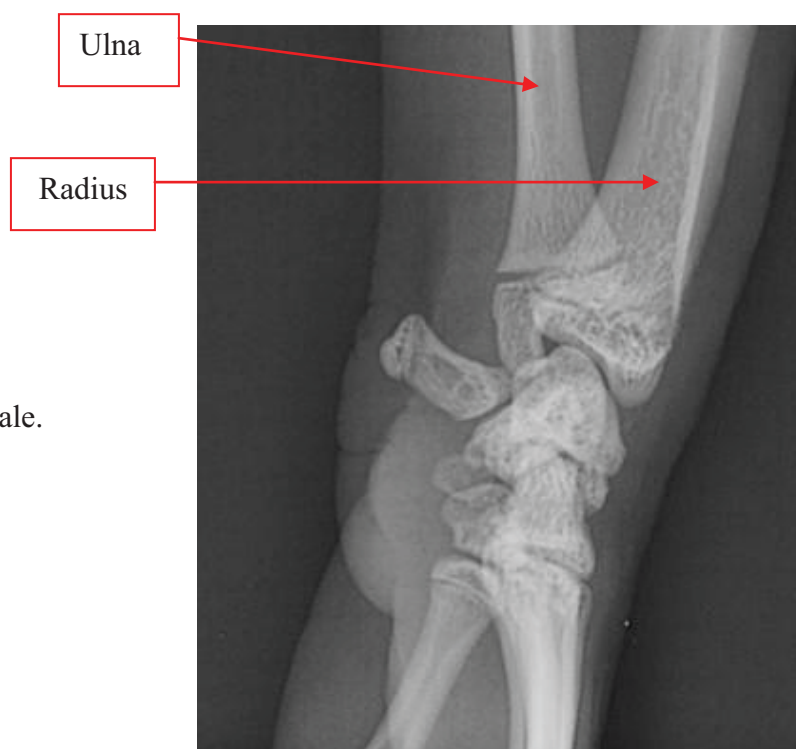
- l'os crochu : répond au métacarpe IV et V, latéralement.
- l'os capitatum : répond aux métacarpes III et IV.
- l'os trapézoïde : répond au métacarpe II.
- l'os trapèze : répond au métacarpe I.

Il existe un os surnuméraire, situé entre les os scaphoïde et trapèze, qui se développe dans le tendon du muscle long abducteur du pouce : c'est l'os phacoïde.

Cette projection permet de détecter la présence de fractures ou de luxations, mais aussi d'instabilités en réalisant des radiographies en positions forcées (pour mettre en évidence des lésions des ligaments collatéraux médial et latéral).



Incidence dorso-palmaire.



Incidence médio-latérale.

2.7) METACARPE ET DOIGTS

2.7.1) Incidence médio-latérale

a) Positionnement

L'animal est placé en décubitus latéral, le membre à radiographier est placé sur la cassette, le membre opposé est ramené en arrière.

b) Critères de qualité

On doit avoir :

- La superposition des métacarpiens.

c) Anatomie radiographique

Cf. planche 18 et photos 13.

Les os métacarpiens étant superposés, on ne distingue bien sous cette projection que l'os métacarpien I du pouce et ses deux phalanges.

2.7.2) Incidence dorso-palmaire

a) Positionnement

L'animal est en décubitus sternal, le membre à radiographier est placé en extension, la région carpo-métacarpienne placée sur la cassette.

b) Critères de qualité

On doit avoir :

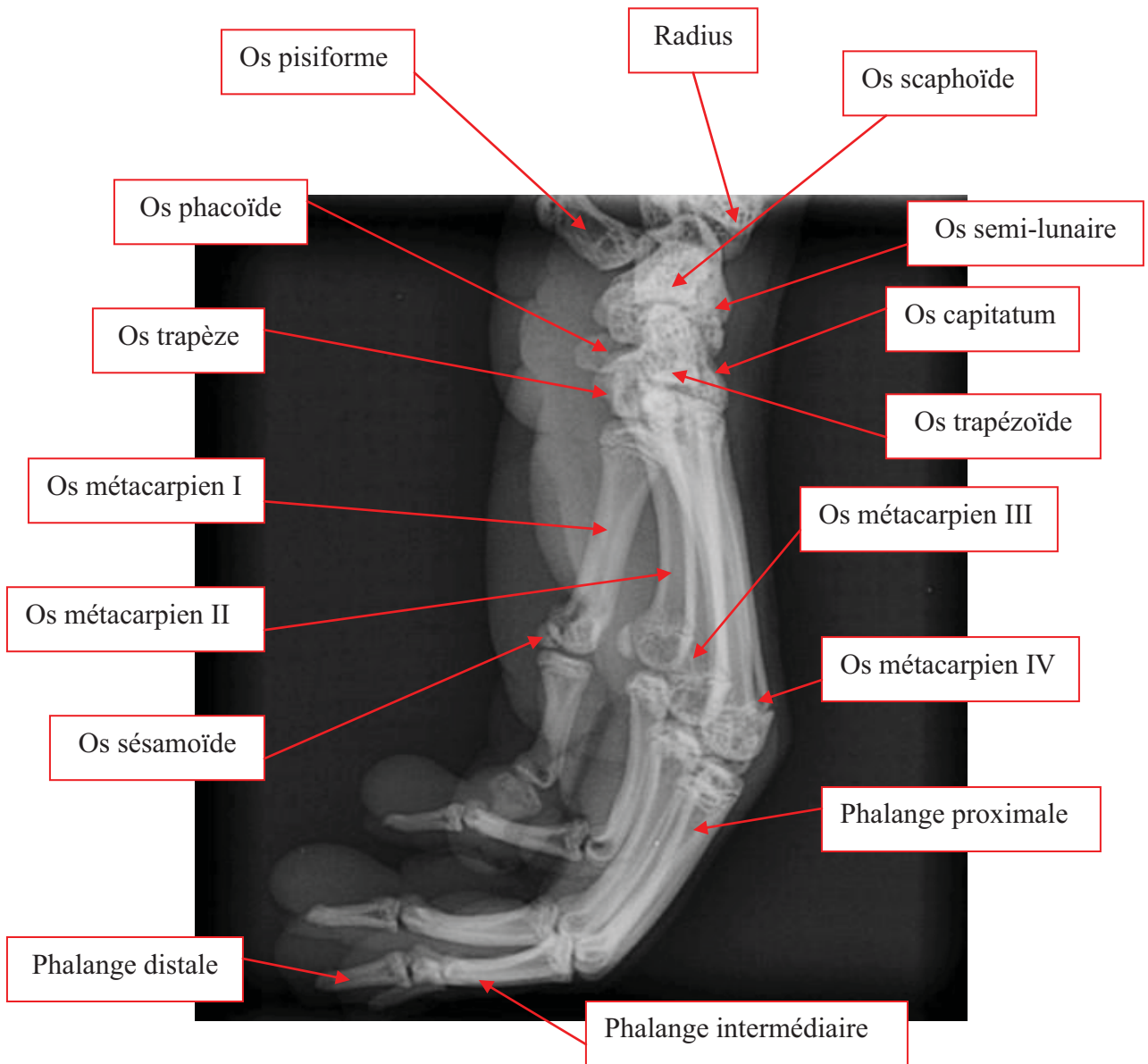
- une séparation du radius et de l'ulna.
- une séparation des métacarpiens.

c) Anatomie radiographique

Cf. planche 17 et photos 12.

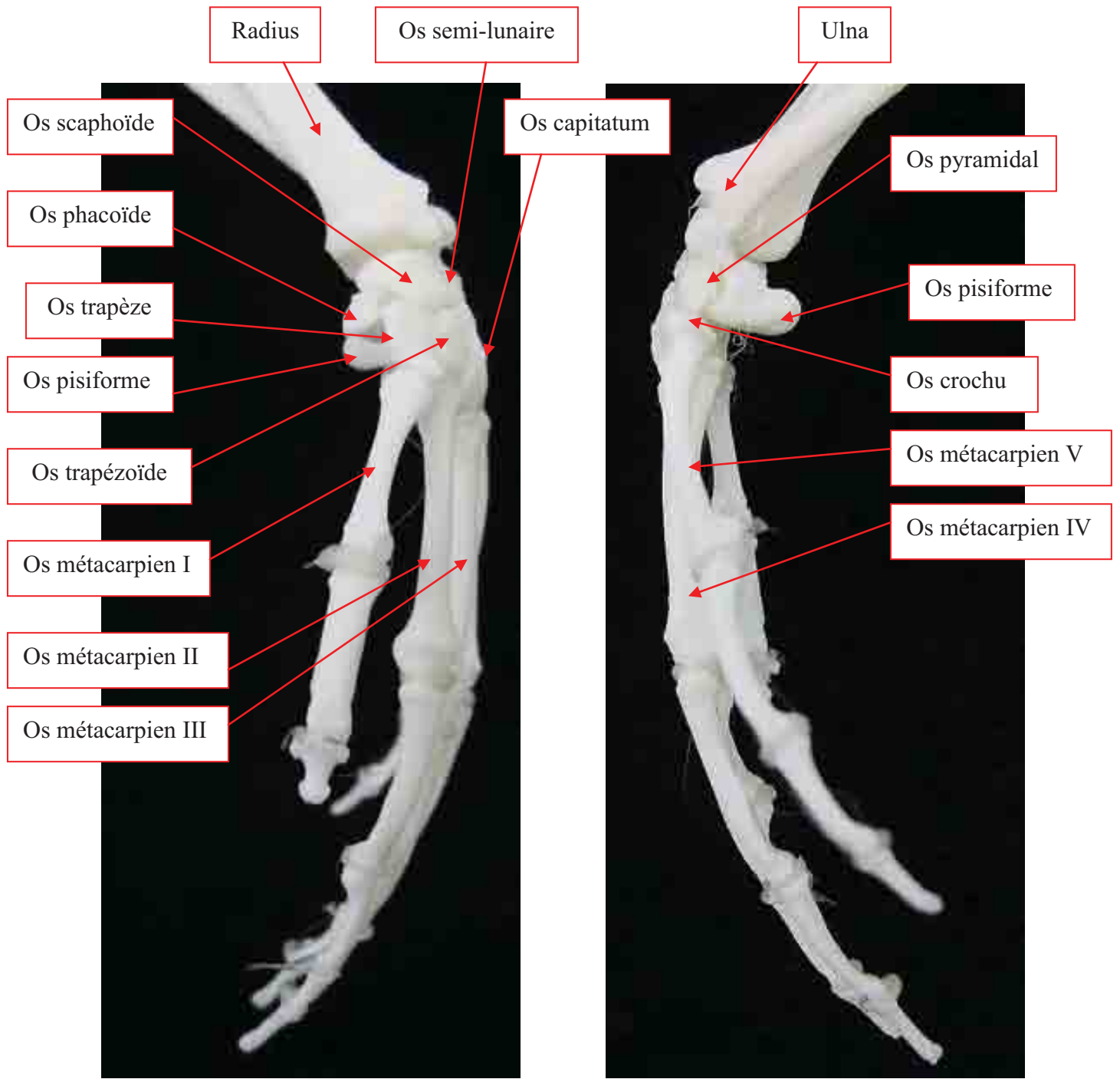
Le métacarpe est formé de cinq os, chacun s'articulant proximale avec le carpe et portant un doigt à son extrémité distale.

Les doigts sont formés de trois phalanges, sauf le doigt I (correspond au pouce) qui n'en a que deux. Des os sésamoïdes sont présents du côté palmaire, entre les deux premières phalanges.



Incidence médio-latérale.

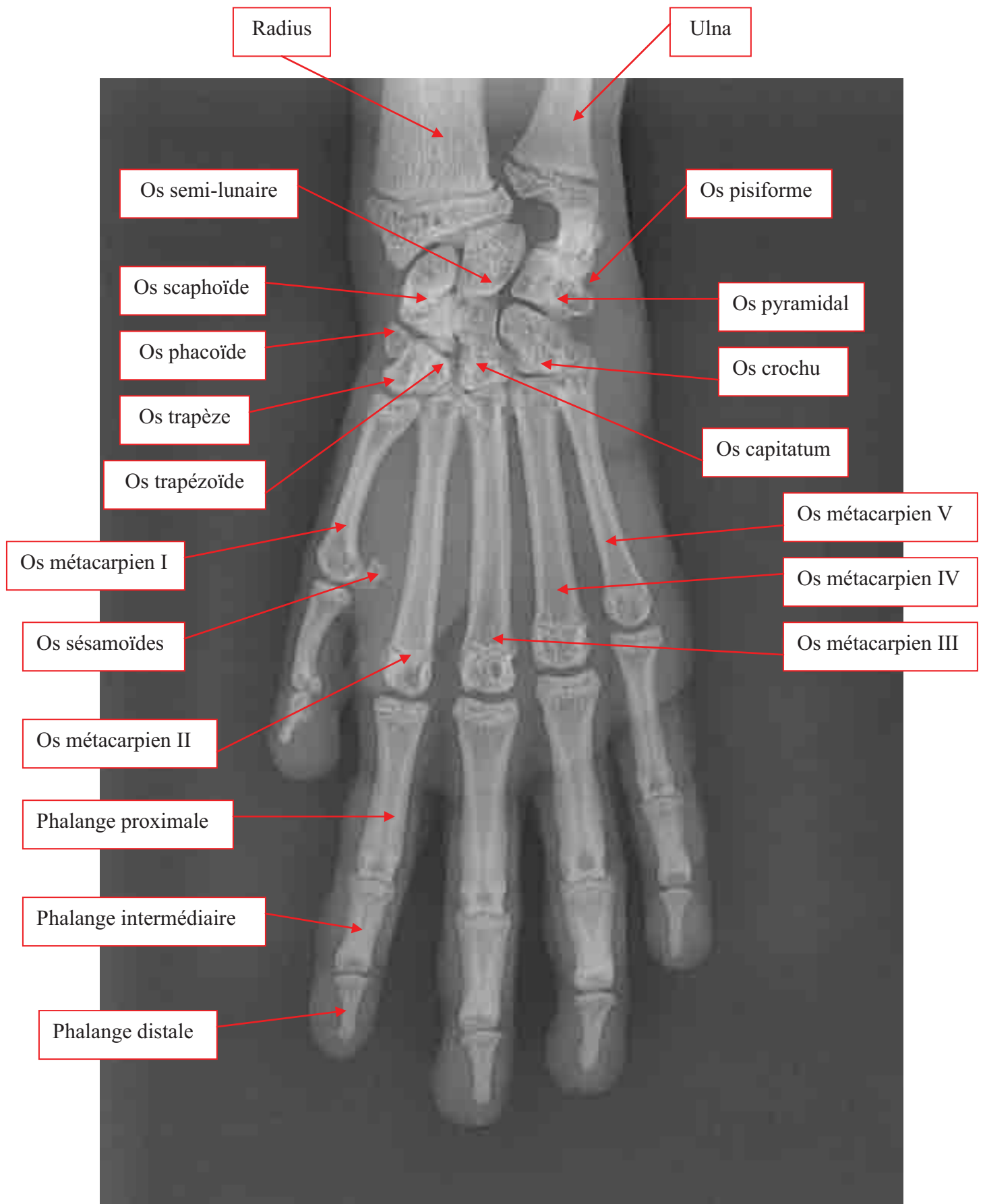
Planche 18 : Image radiographique de la main gauche de *Macaca fascicularis*, incidence médio-latérale.



Aspect médial.

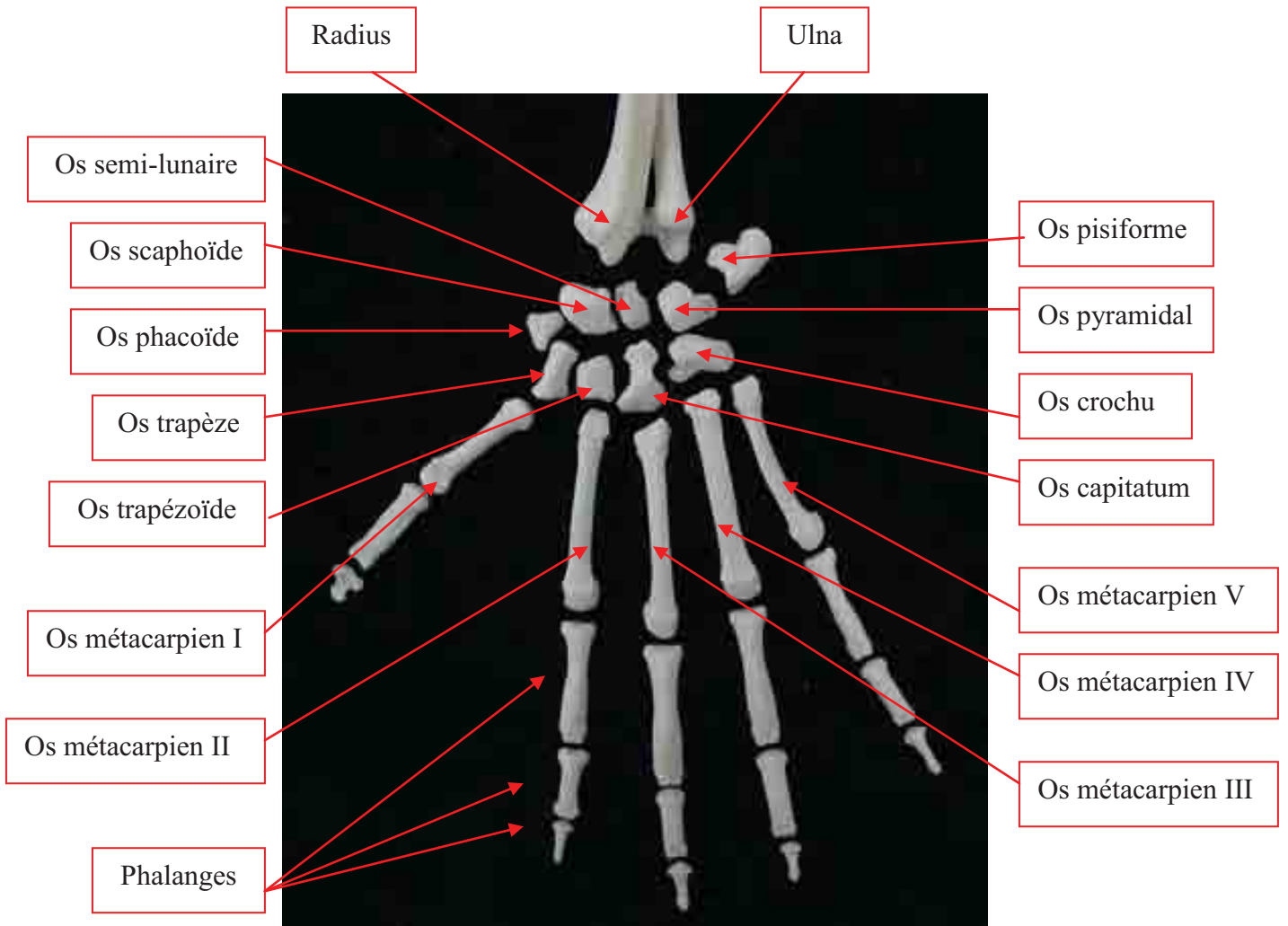
Aspect latéral.

Photo 13 : Main gauche de *Macaca fascicularis*, aspects médial et latéral.

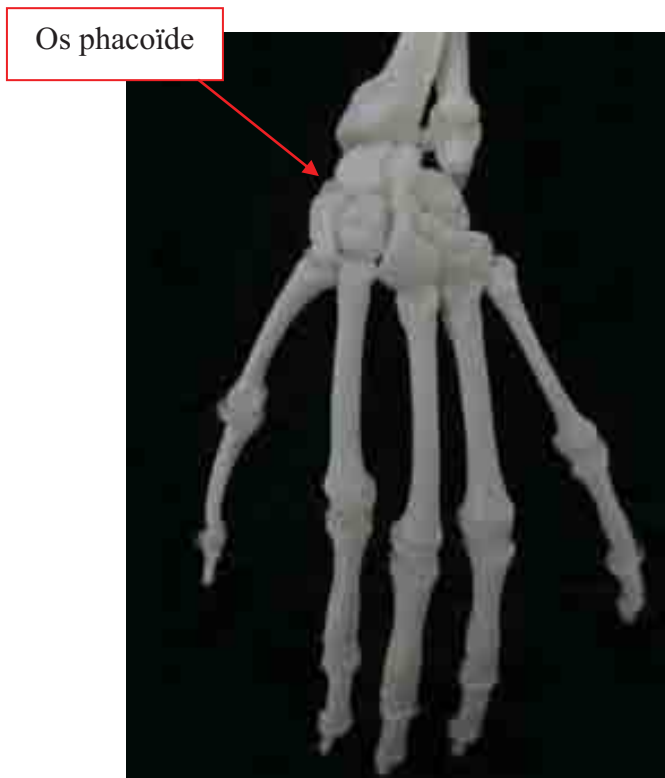


Incidence dorso-palmaire.

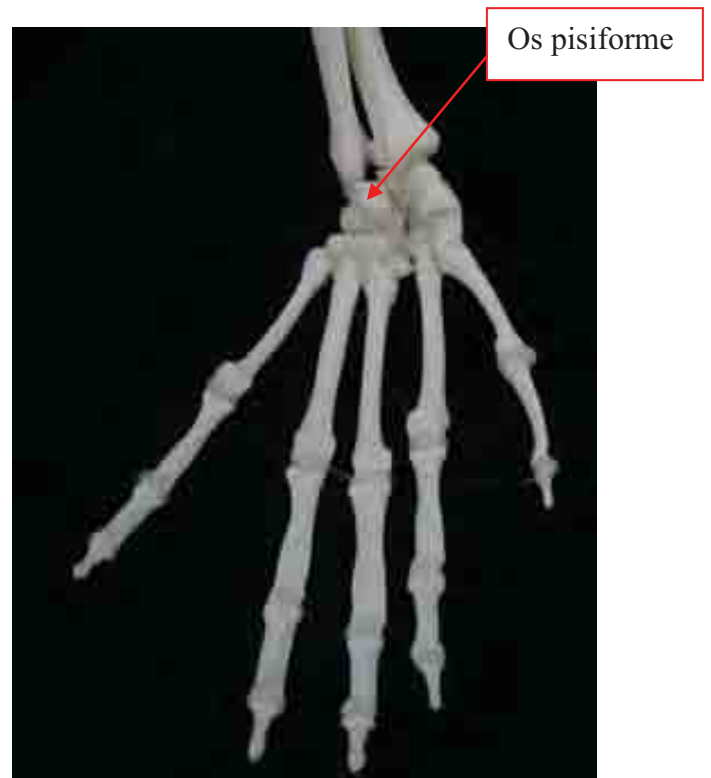
Planche 17 : Image radiographique de la main gauche de *Macaca fascicularis*, incidence dorso-palmaire



Aspect dorsal.



Aspect dorsal.



Aspect palmaire.

Photo 12 : Main gauche de *Macaca fascicularis*, aspects dorsal et palmaire.

3) MEMBRE PELVIEN

3.1) BASSIN ET ARTICULATION DE LA HANCHE

3.1.1) Incidence latérale

a) Positionnement

Le singe est placé en décubitus latéral. L'utilisation de coussins de mousse permet de régler la position du bassin pour éviter toute rotation. Les membres pelviens sont légèrement déplacés caudalement.

Les fémurs peuvent être désuperposés en en déplaçant un crânialement et l'autre caudalement (pas ici).



b) Critères de qualité

On doit avoir :

- une superposition des deux héli-bassins.
- l'ensemble du bassin et la moitié proximale des diaphyses fémorales sur le cliché.

c) Anatomie radiographique

cf. planche 19 et photos 14, 14' et 15.

Le bassin, ensemble formé par les deux os coxaux et le sacrum, délimite la cavité pelvienne. Sur cette vue, les deux os coxaux et les fémurs sont superposés.

On observe crânialement l'aile de l'ilium avec les épines iliaques dorso-crâniale, dorso-caudale et ventro-crâniale. La crête ischiatique, dorsale par rapport à l'acétabulum, sépare la grande échancrure sciatique de la petite échancrure sciatique.

Caudalement, on distingue la tubérosité ischiatique, avec le foramen obturé (délimité ventralement par la branche de l'ischium).

Cette incidence ne permet pas d'évaluer correctement les articulations coxo-fémorales du fait des superpositions, mais est néanmoins utile pour évaluer des lésions fracturaires ou décrire le sens de déplacement en cas de luxation de la hanche.

3.1.2) Incidence ventro-dorsale des hanches en flexion

a) Positionnement

Cette position est aussi appelée position « en grenouille ».

L'animal est placé en décubitus dorsal, sans rotation, et les membres pelviens sont fléchis de part et d'autre du bassin.



b) Critères de qualité

On doit avoir :

- une symétrie du bassin.
- les fémurs perpendiculaires à l'axe sagittal.

c) Anatomie radiographique

cf. planche 21 et photo 17.

Cette incidence permet de mieux observer la partie proximale du fémur, à la recherche de lésions fracturaires ou dégénératives, qui sont parfois plus difficiles à objectiver sur l'incidence en extension (cf. chap. suivant).

Elle permet également d'avoir un aperçu de la congruence articulaire de la hanche.

Enfin, elle représente un acte plus facile à réaliser que l'incidence en extension pour des animaux présentant une douleur importante au niveau des hanches, pour les cas où une anesthésie est contre-indiquée.

3.1.3) Incidence ventro-dorsale des hanches en extension

a) Positionnement

Le singe est placé en décubitus dorsal. Les membres pelviens sont placés en extension complète, les fémurs étant parallèles, en adduction, et en rotation interne (rotules au zénith). L'utilisation de baquets ou de coussins en mousse permet d'éviter la rotation du bassin.



b) Critères de qualité

On doit avoir :

- une symétrie du bassin : elle est évaluée en comparant les ailes des deux iliums et les trous obturateurs.
- les fémurs parallèles.
- les rotules superposées au centre des fémurs, quand la taille du cliché permet de les visualiser.

c) Anatomie radiographique

cf. planches 20 et 22, et photos 16 et 18.

Les deux hémibassins sont bien visibles sur cette projection, sans superposition.

La ceinture pelvienne est formée par l'os coxal. Celui-ci s'unit à son homologue ventralement par la symphyse ischio-pubienne (union directe) et dorsalement par l'intermédiaire du sacrum, qui solidarise le « cadre » que forme le bassin par les deux articulations sacro-iliaques.

L'os coxal est issu de la soudure de trois os au niveau de l'acétabulum : l'os ilium crânio-dorsal, l'os ischium caudo-dorsal et l'os pubis ventral.

L'acétabulum s'articule avec le fémur pour former l'articulation de la hanche.

Sur le cliché, on voit que le corps de l'ilium est long et relativement grêle, l'aile iliaque présentant un épaississement médial correspondant à l'articulation sacro-iliaque.

La symphyse pubienne apparaît superposée avec les vertèbres caudales, mais on distingue les foramens obturés ainsi que la branche pubienne et la branche de l'ischium.

Les articulations des hanches peuvent également être évaluées : au niveau de l'acétabulum, on voit, de l'extérieur vers l'intérieur, le bord dorsal de l'acétabulum, le bord ventral de l'acétabulum, et le plus médialement la fosse acétabulaire. Les têtes fémorales doivent être arrondies.

Ce cliché permet une bonne évaluation des articulations coxo-fémorales, en particulier à la recherche d'incongruence articulaire, d'arthrose ou de luxation.

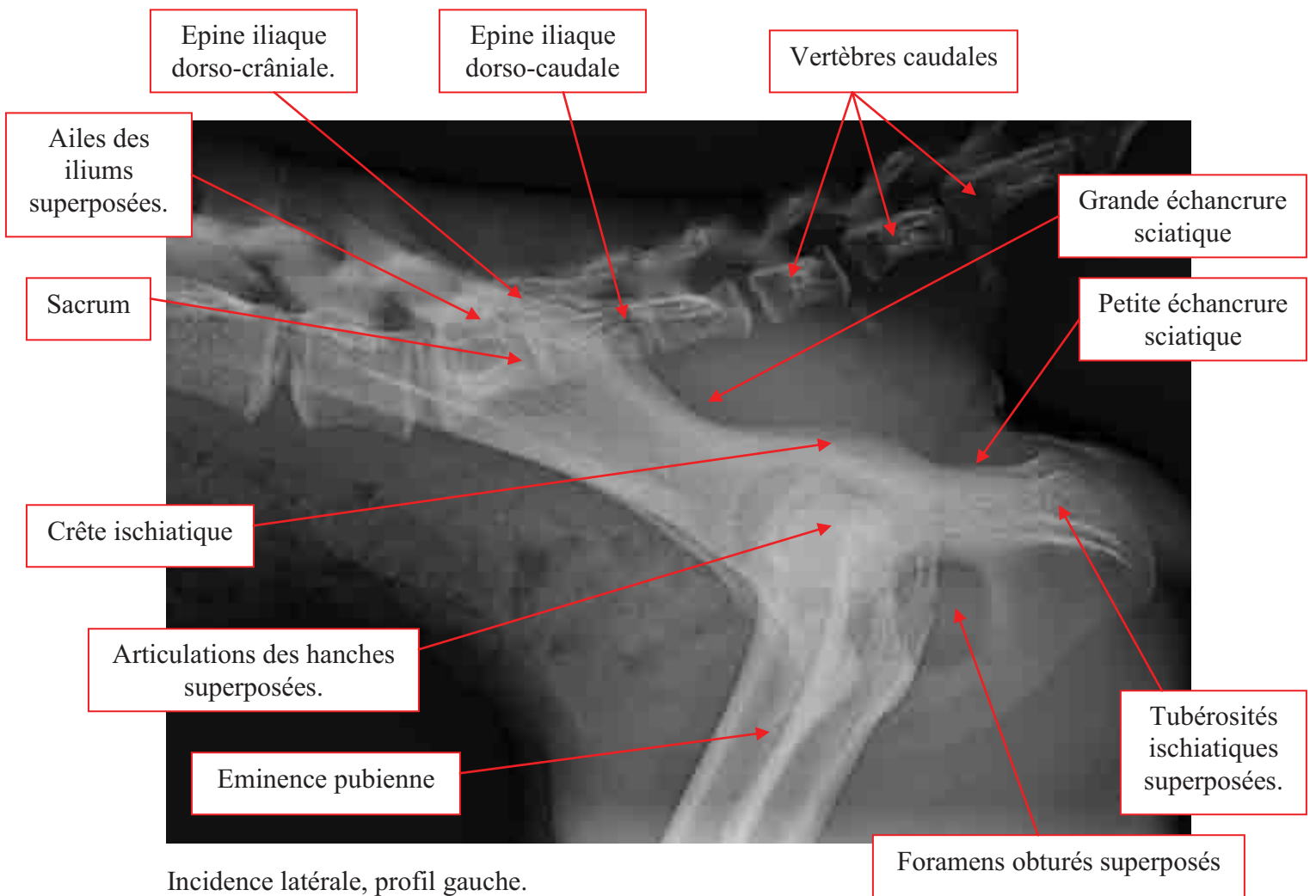


Planche 19 : Image radiographique du bassin de *Macaca fascicularis*

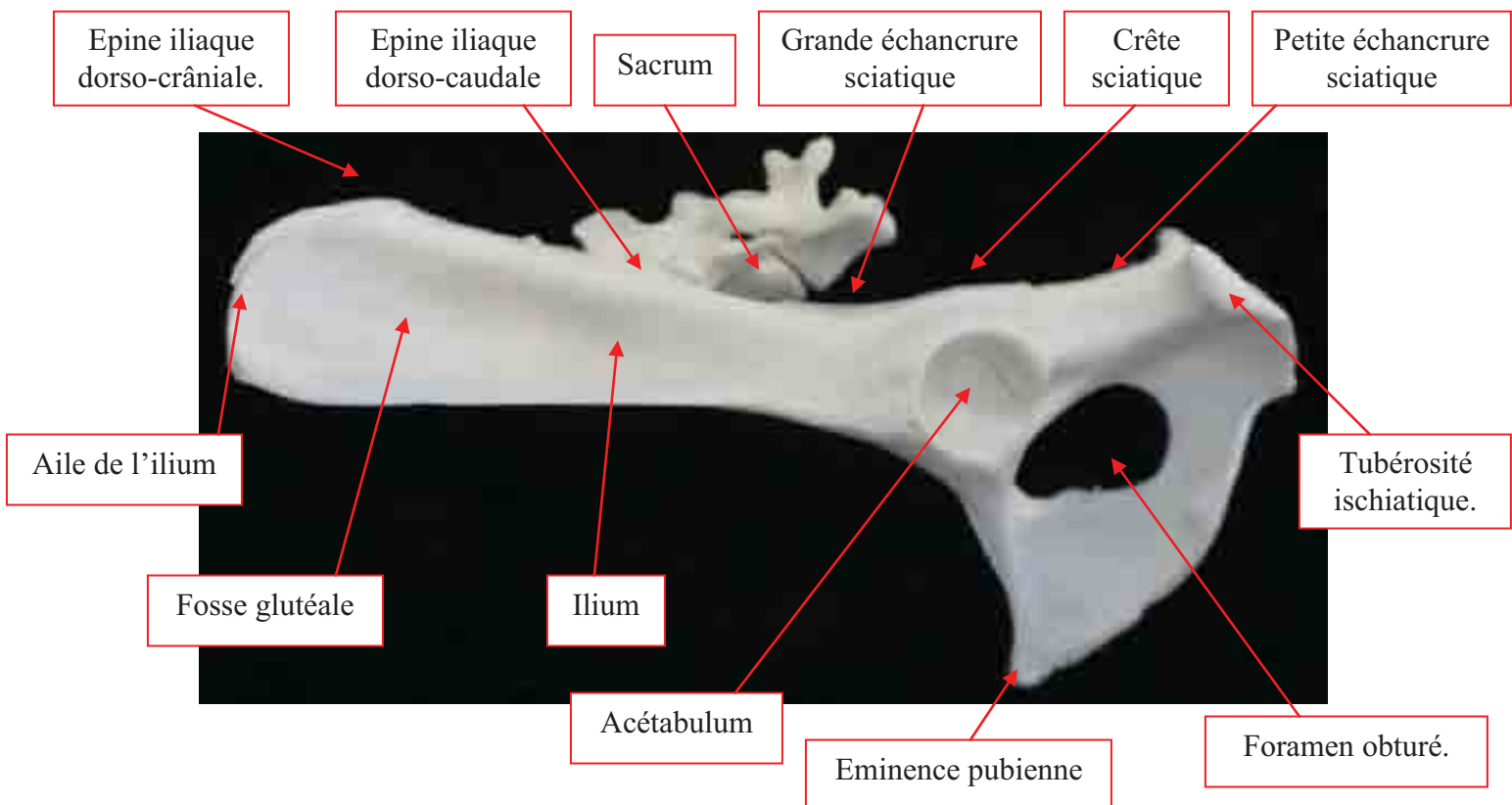


Photo 14 : Bassin de *Macaca fascicularis*, aspect latéral.



Photo 14' : Bassin de *Macaca fascicularis*, aspect oblique latéral.

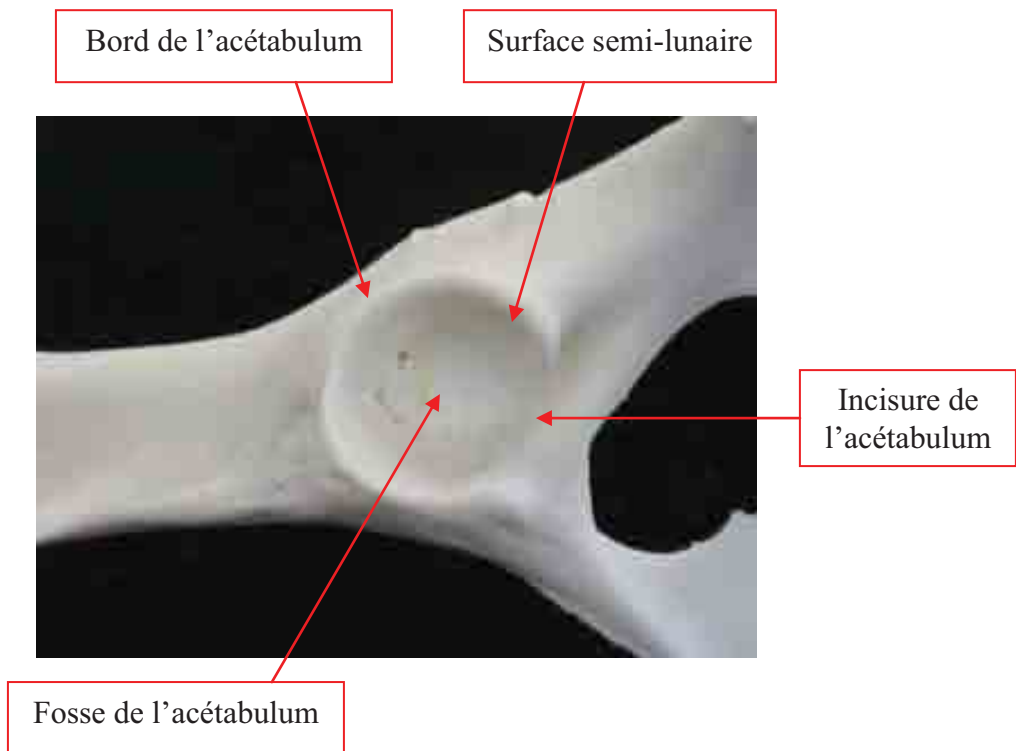
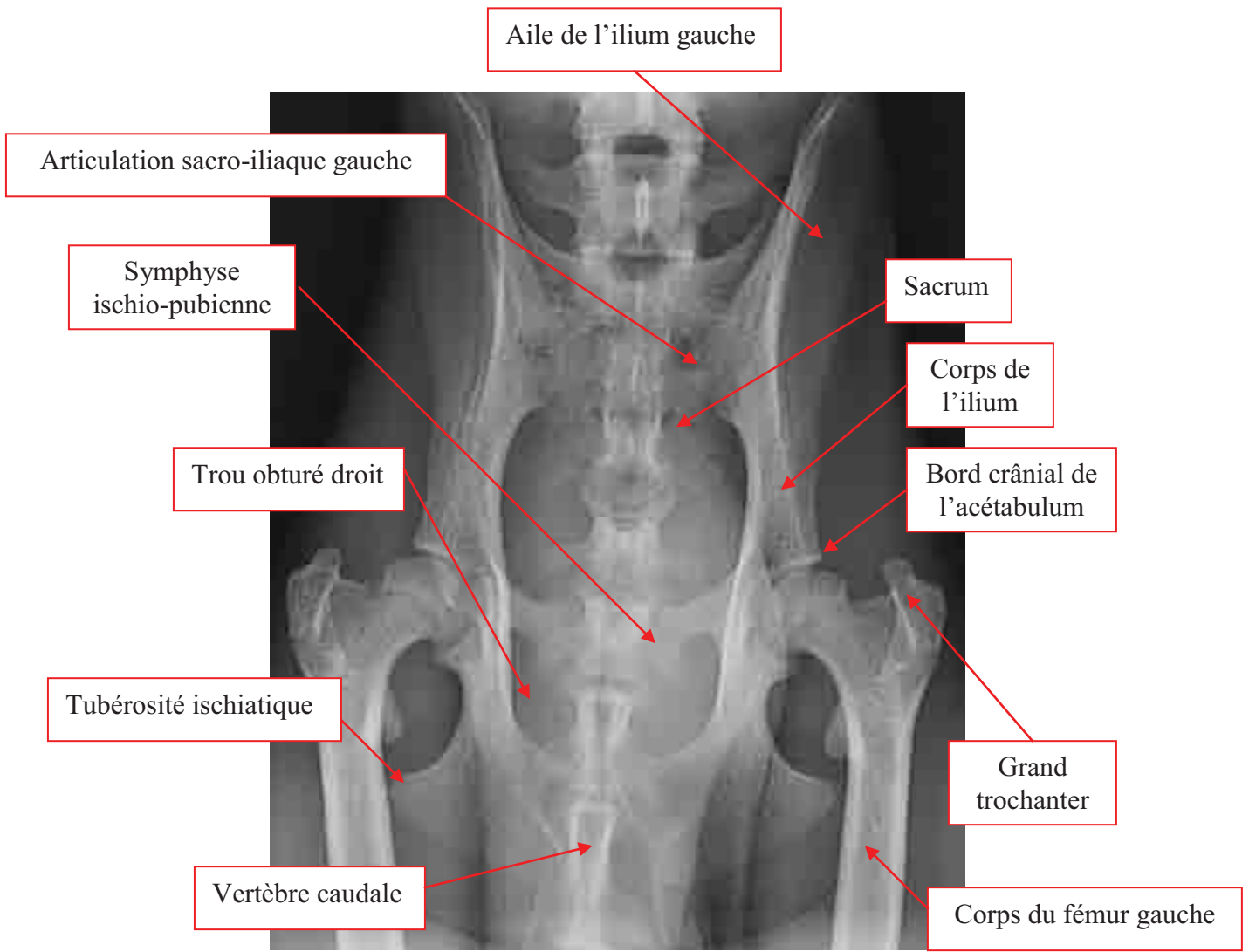
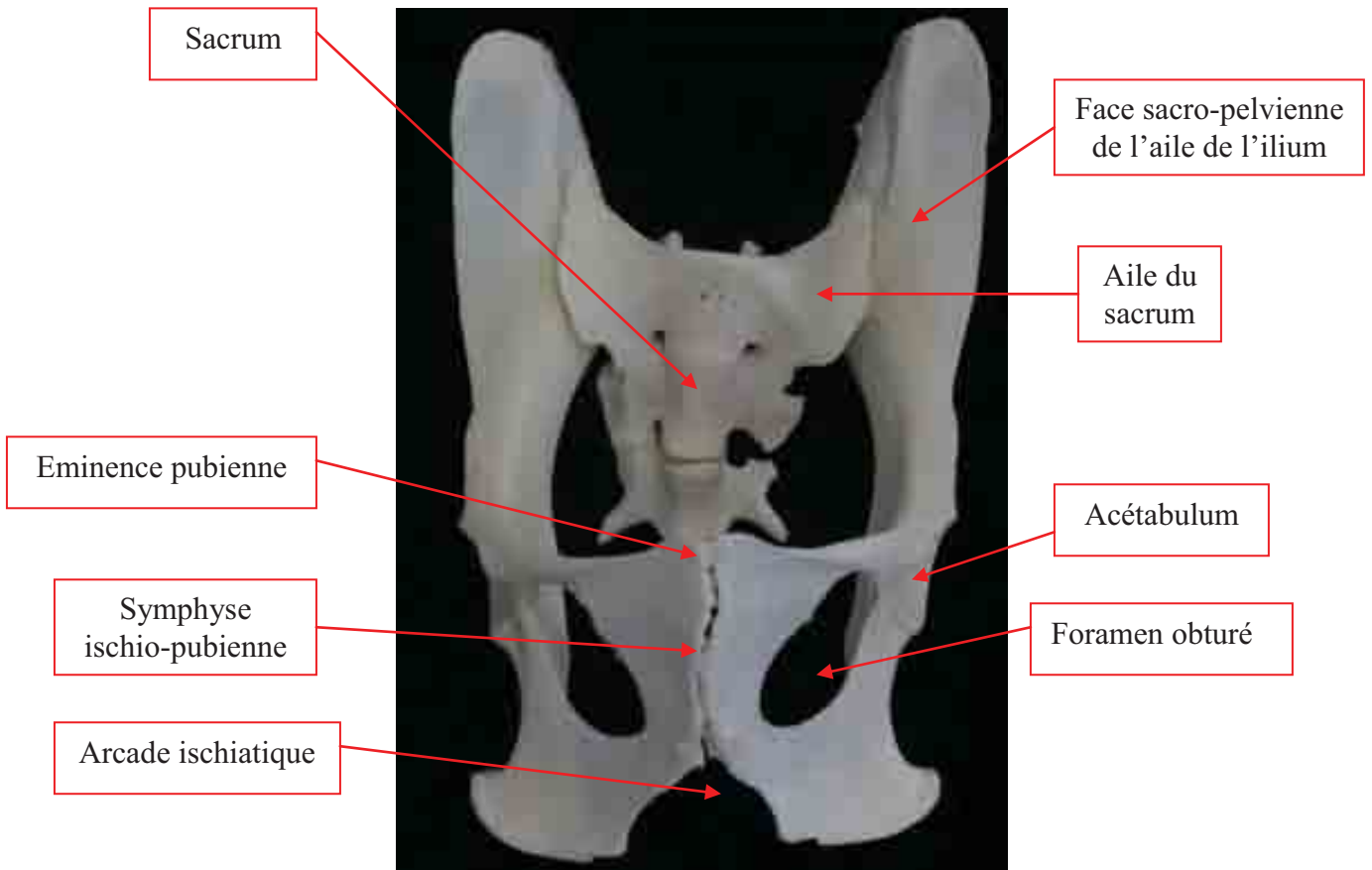


Photo 15 : Acétabulum de *Macaca fascicularis*.

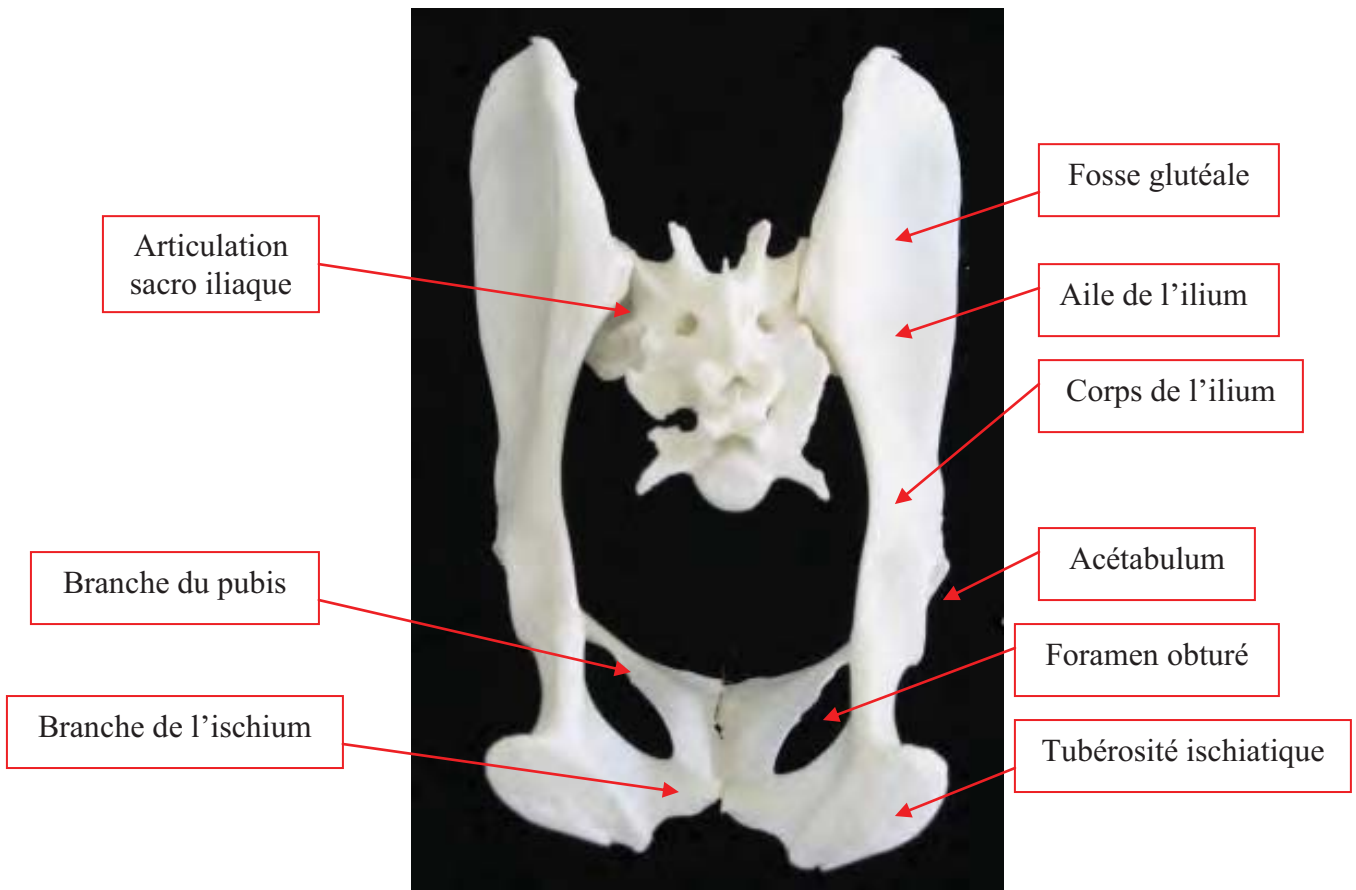


Incidence ventro-dorsale, avec les hanches en extension.

Planche 20 : Image radiographique du bassin de *Macaca fascicularis*, incidence ventro-dorsale.

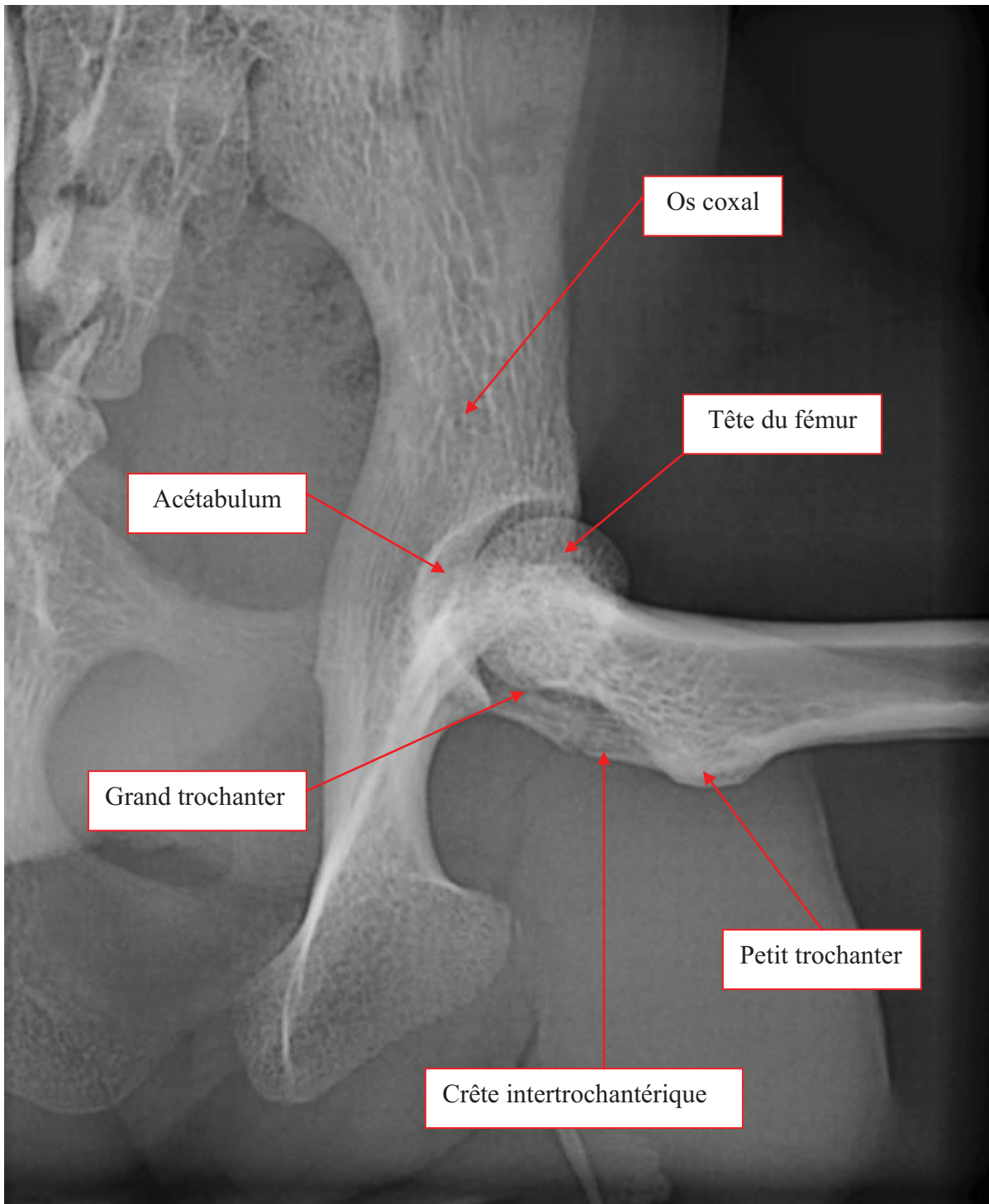


Aspect ventral.



Aspect dorsal.

Photo 16 : Bassin de *Macaca fascicularis*, aspects dorsal et ventral.



Incidence ventro-dorsale, hanche en flexion.

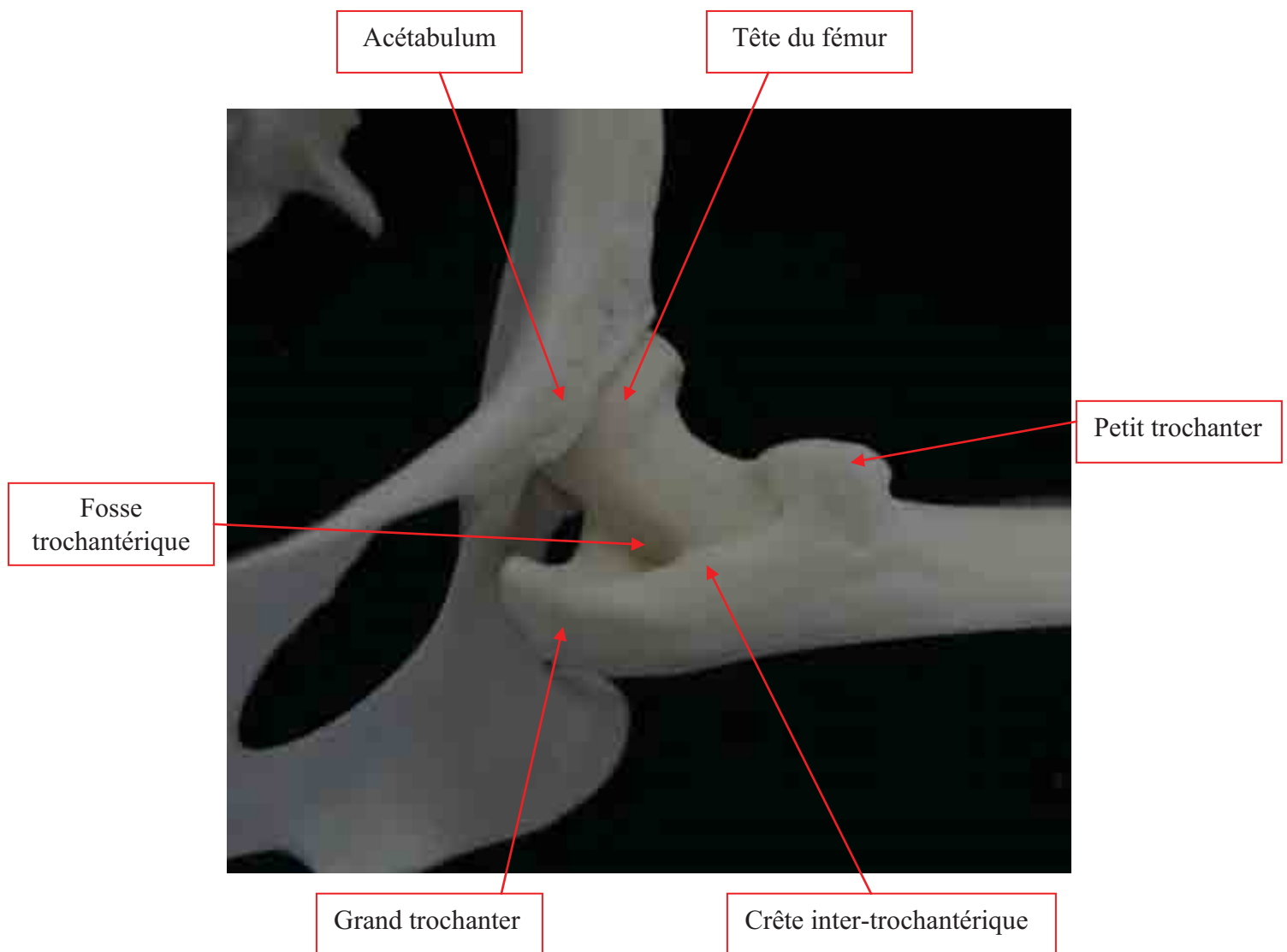
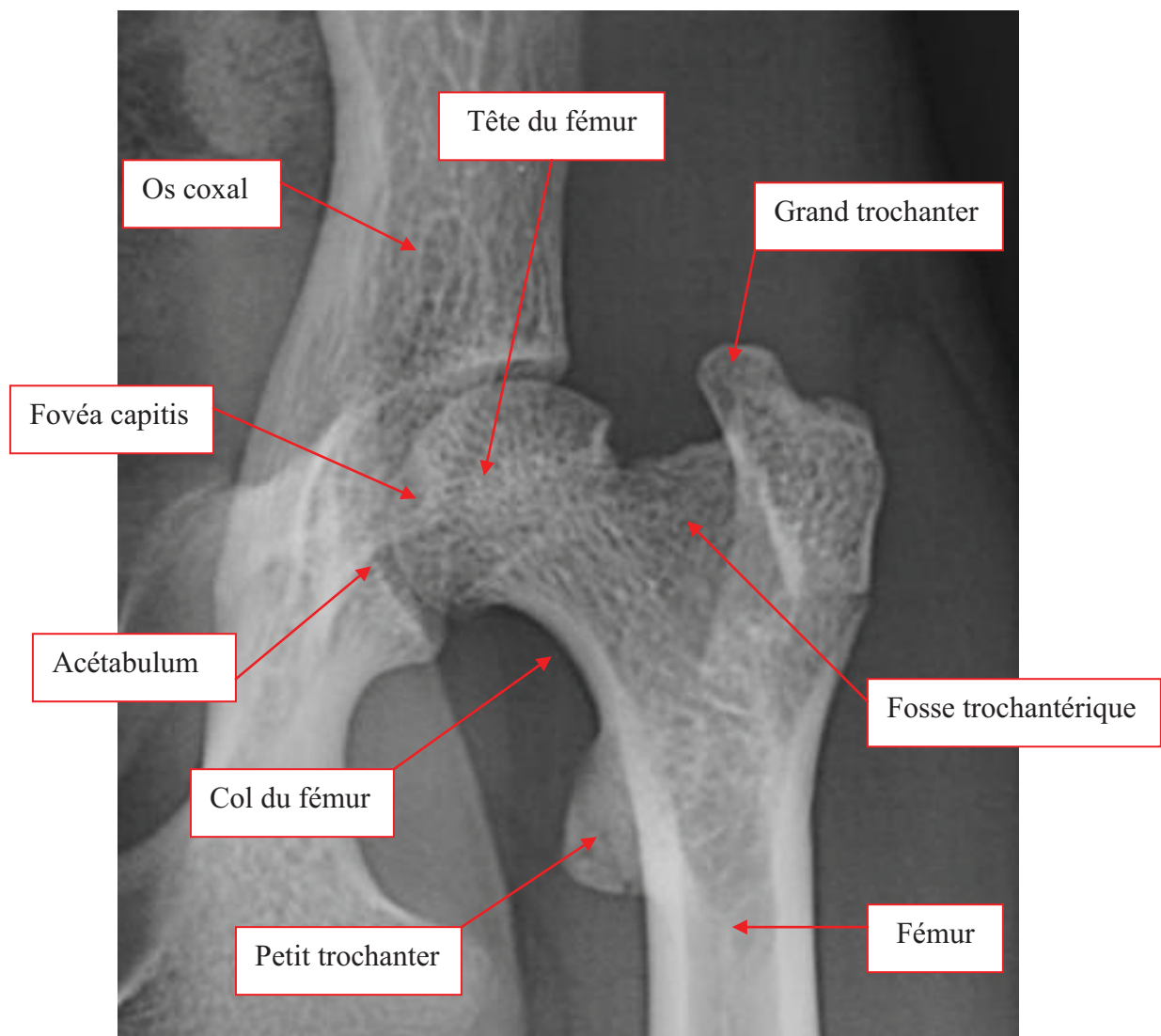


Photo 17 : Aspect ventral de la hanche gauche en abduction de *Macaca fascicularis*.



Incidence ventro-dorsale, hanche en extension.

Planche 22 : Image radiographique de la hanche gauche en extension de *Macaca fascicularis*.

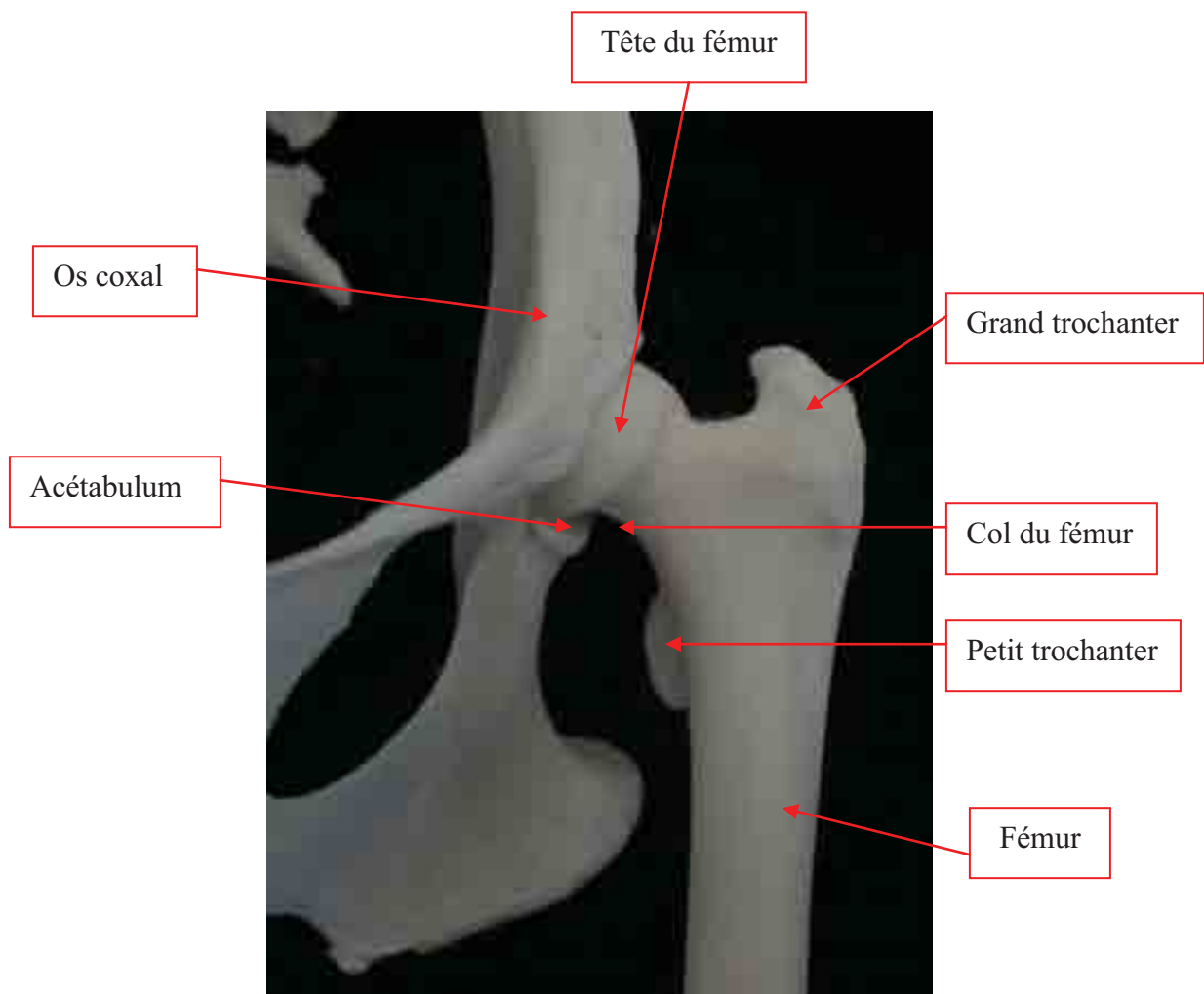


Photo 18 : Hanche gauche en extension de *Macaca fascicularis*.

3.2) FEMUR

3.2.1) Incidence médio-latérale

a) Positionnement

Le sujet est en décubitus latéral, le membre à radiographier est placé contre la table. Le membre contro-latéral est tiré caudalement et placé en abduction pour le désuperposer de celui qui est radiographié et dégager l'articulation de la hanche.

Pour éviter une rotation du grasset et obtenir une parfaite superposition des condyles fémoraux, il est utile de placer le tarse en position légèrement surélevée.



b) Critères de qualité

On doit avoir :

- la hanche et le grasset visibles.
- une superposition des condyles fémoraux.

c) Anatomie radiographique

cf. planche 23 et photos 19.

Le fémur s'articule avec l'acétabulum de l'os coxal proximale et le tibia distalement.

On distingue en partie proximale la tête du fémur, ronde, médiale, et le grand trochanter latéral. Epais, celui-ci ne dépasse pas le niveau de la tête, et est relié au petit trochanter, médial, par la crête intertrochantérique.

La tête est portée par un col très bref. La fosse trochantérique est située sur la face caudale, entre la tête et le grand trochanter.

L'extrémité distale, aplatie dans le sens crânio-caudal, possède deux condyles caudalement et une trochlée crânialement. La face abaxiale de chaque condyle est surmontée par un

épicondyle, et leur revers proximal répond par une petite facette à un os sésamoïde supracondyloire (issu chacun du tendon d'insertion d'un chef du muscle gastrocnémien). La patelle est visible au-dessus de la trochlée.

Cette projection permet d'évaluer l'orientation du col fémoral par rapport à la diaphyse (angle d'antéversion du col) et d'évaluer le fût osseux du fémur.

3.2.2) Incidence crânio-caudale

a) Positionnement

L'animal est placé en décubitus dorsal. Le membre à radiographier est placé en extension, le fémur parallèle à la table (c'est la même position que pour le cliché du bassin en incidence ventro-dorsale, hanches en extension).



b) Critères de qualité

On doit avoir :

- la hanche et le grasset visibles.
- la rotule superposée au centre du fémur.

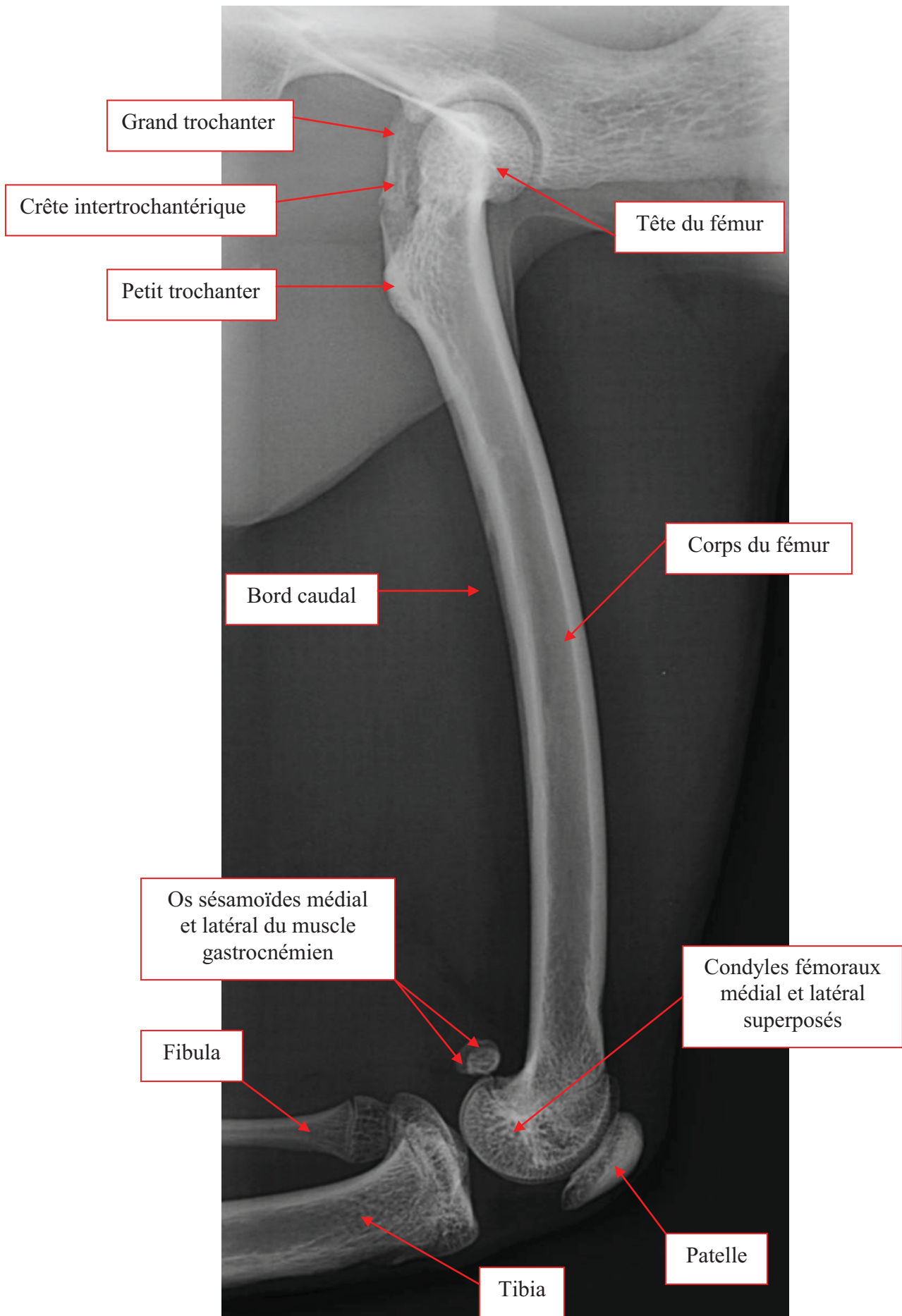
c) Anatomie radiographique

cf. planche 24 et photos 20.

En partie proximale, on voit nettement la tête et le petit trochanter médialement, et le grand trochanter latéralement.

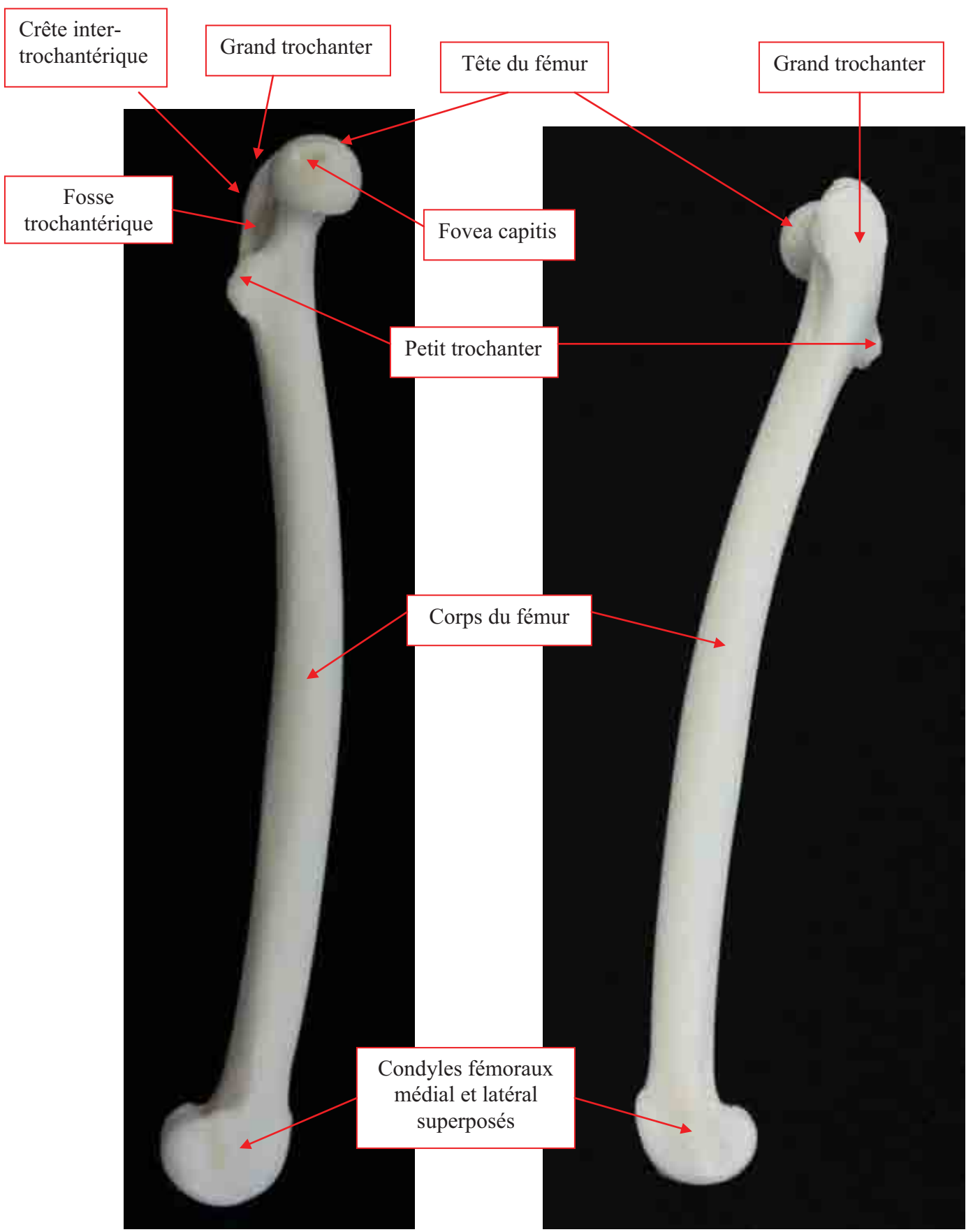
Logée dans la trochlée fémorale, la patelle est également bien visible.

Cette vue permet de déterminer l'angle que forme le col avec l'axe longitudinal du fémur (angle céphalo-cervico-diaphysaire), et d'évaluer le fût osseux du fémur.



Incidence médio-latérale.

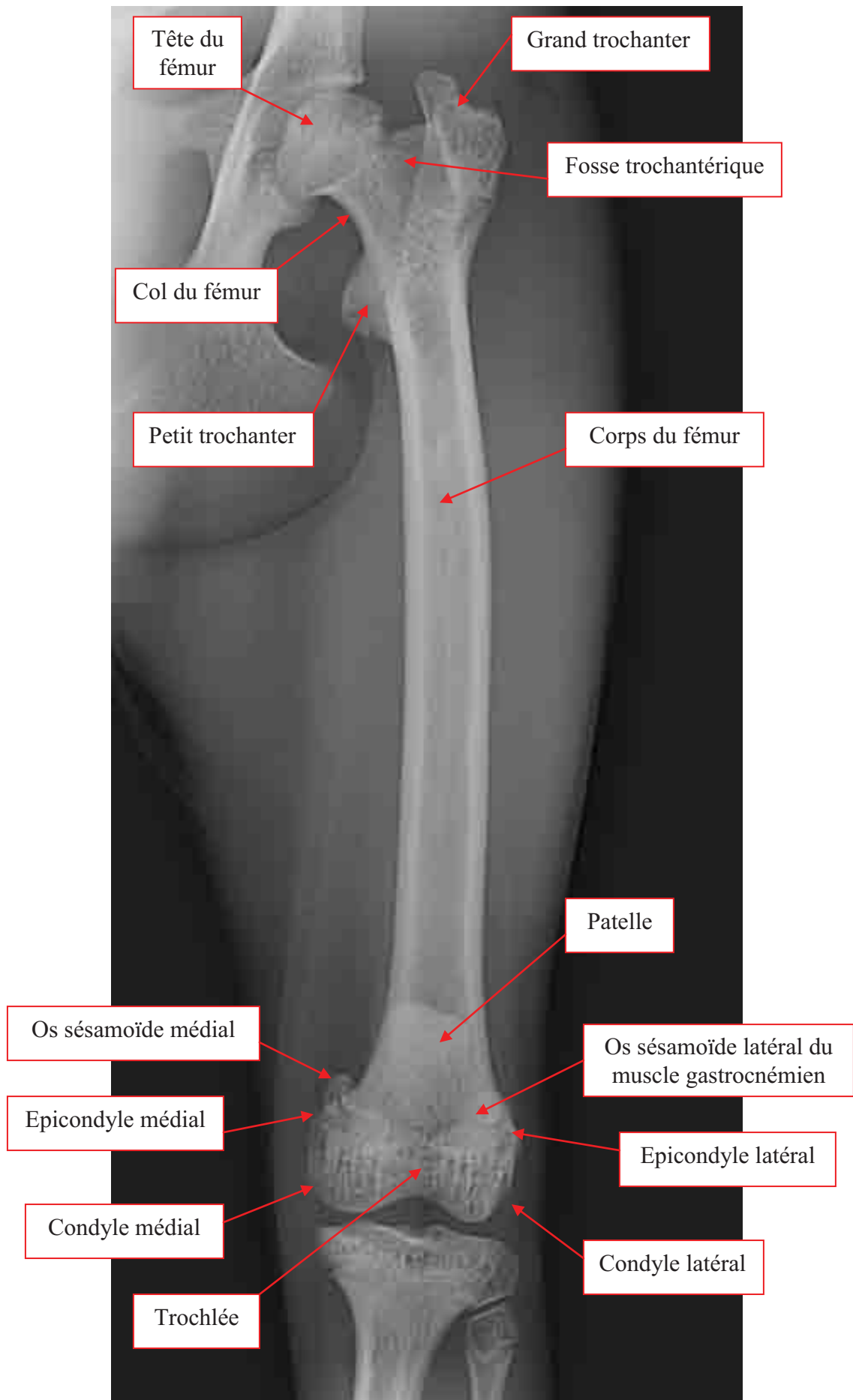
Planche 23 : Image radiographique du fémur gauche de *Macaca fascicularis*, incidence médio-latérale.



Aspect médial.

Aspect latéral.

Photo 19 : Fémur gauche de *Macaca fascicularis*, aspects médial et latéral.



Incidence crânio-caudale.

Planche 24 : Image radiographique du fémur gauche de *Macaca fascicularis*, incidence crânio-caudale.

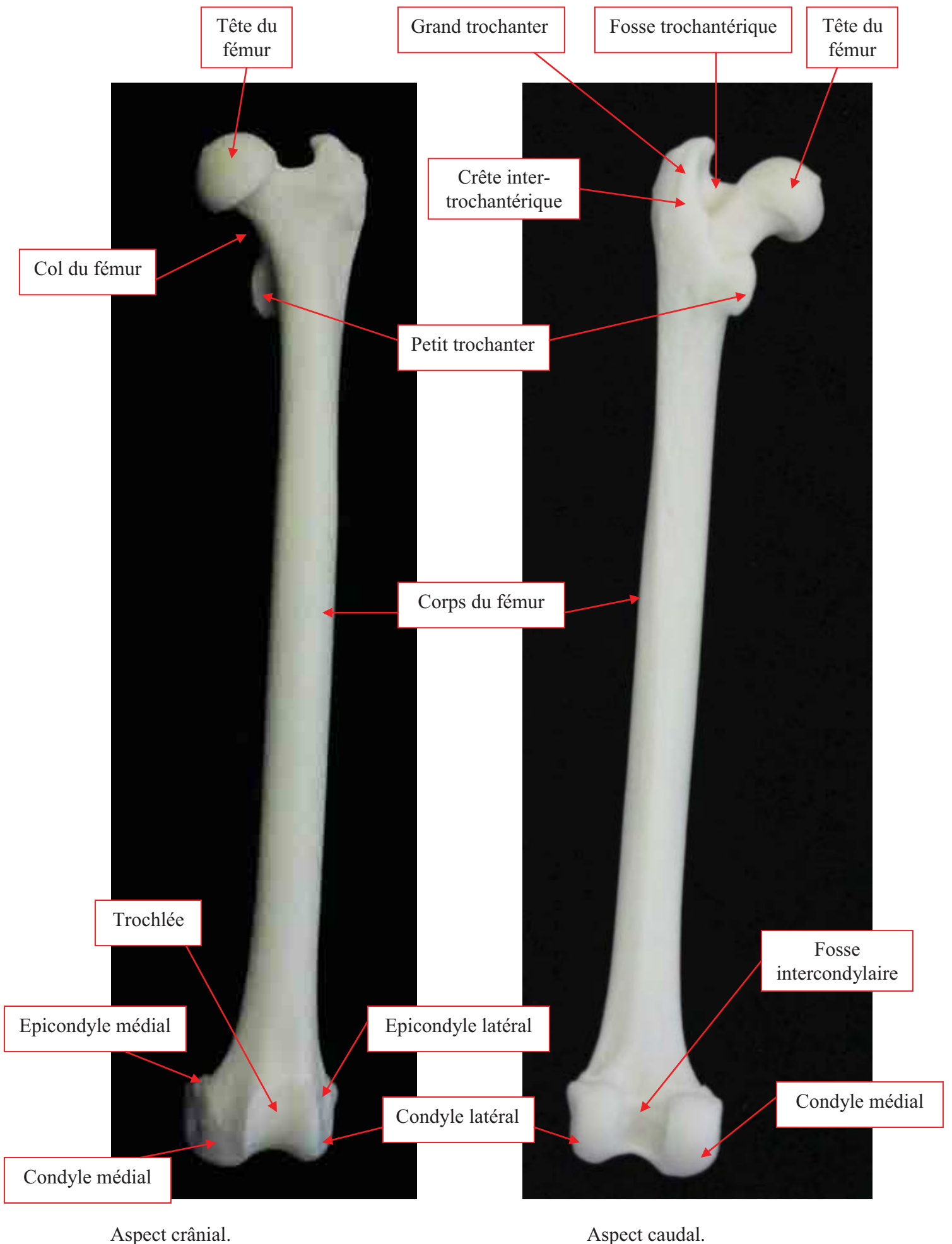


Photo 20 : Fémur gauche de *Macaca fascicularis*, aspects crânial et caudal.

3.3) ARTICULATION DU GENOU

3.3.1) Incidence médio-latérale

a) Positionnement

Le singe est en décubitus latéral. Le membre à radiographier est en position neutre. Le membre contro-latéral est tiré caudalement ou en abduction. Le tarse est légèrement surélevé pour avoir une bonne superposition des condyles fémoraux.

b) Critères de qualité

On doit avoir :

- une superposition des condyles fémoraux.

c) Anatomie radiographique

cf. planche 25 et photos 21.

Sur cette projection, on peut voir la patelle, engagée dans la trochlée fémorale, et ancrée sur la crête tibiale par l'intermédiaire du ligament patellaire.

En partie proximale du tibia, on distingue l'éminence intercondyloire.

Cette incidence permet d'évaluer les positions relatives du fémur et du tibia et de détecter un éventuel épanchement synovial (augmentation de densité dans l'articulation) ou un épaississement de la capsule articulaire, signes de rupture de ligament croisé.

3.3.2) Incidence crânio-caudale

a) Positionnement

Le singe est en décubitus dorsal, le membre à radiographier placé en extension, la rotule au zénith.

b) Critères de qualité

On doit avoir :

- La rotule superposée au centre des condyles fémoraux.

c) Anatomie radiographique

cf. planche 25 et photos 21.

On peut distinguer les condyles fémoraux (médial et latéral) sur cette projection, ainsi que le plateau tibial, surface articulaire proximale du tibia constituée de deux condyles (sur lesquels sont ancrés les ménisques) et d'une éminence intercondyloire.

L'espace articulaire fémoro-tibial est assez bien projeté avec cette incidence, mais une impression de collapsus articulaire existe souvent, due à la projection non tangentielle de cet espace.

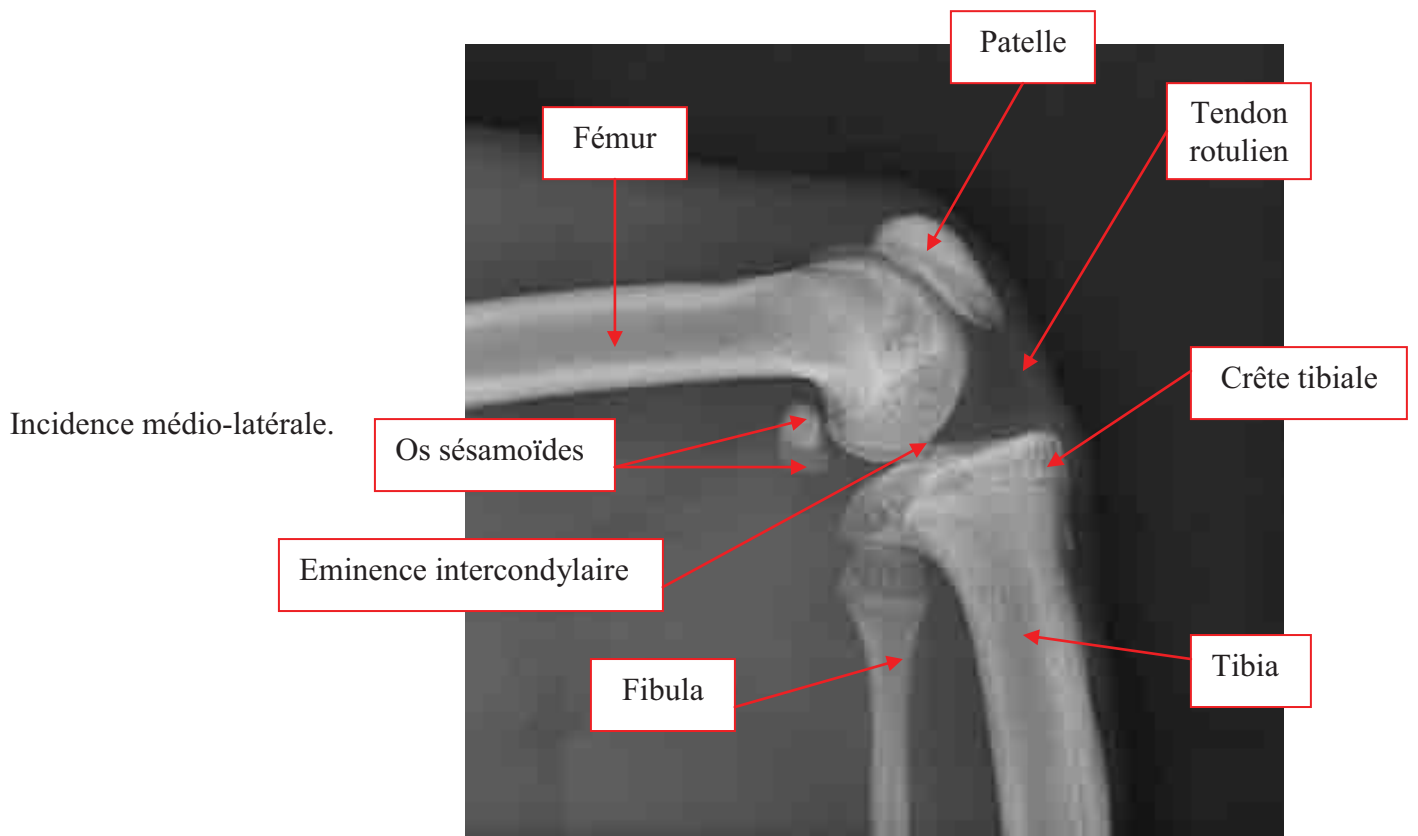
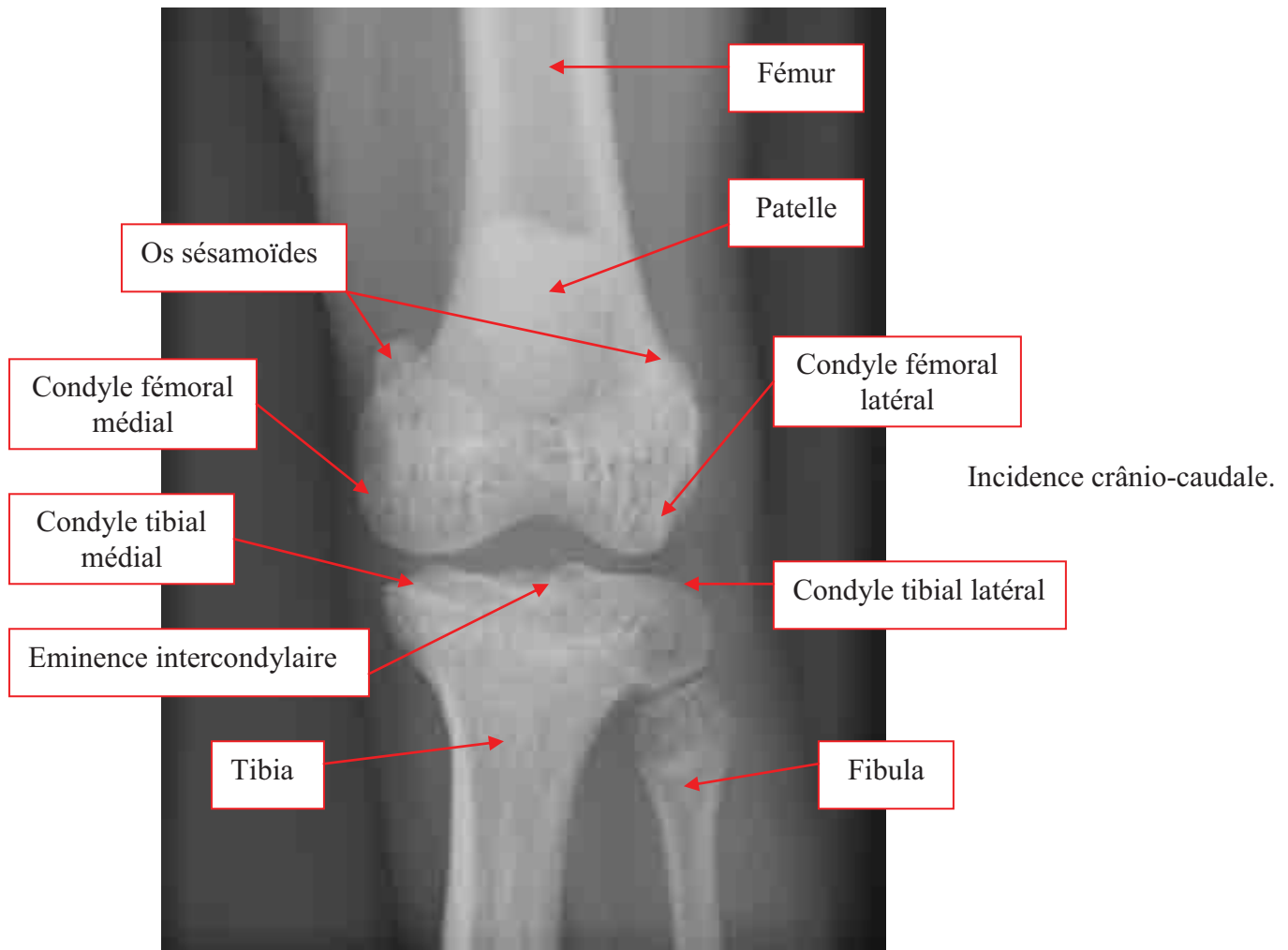
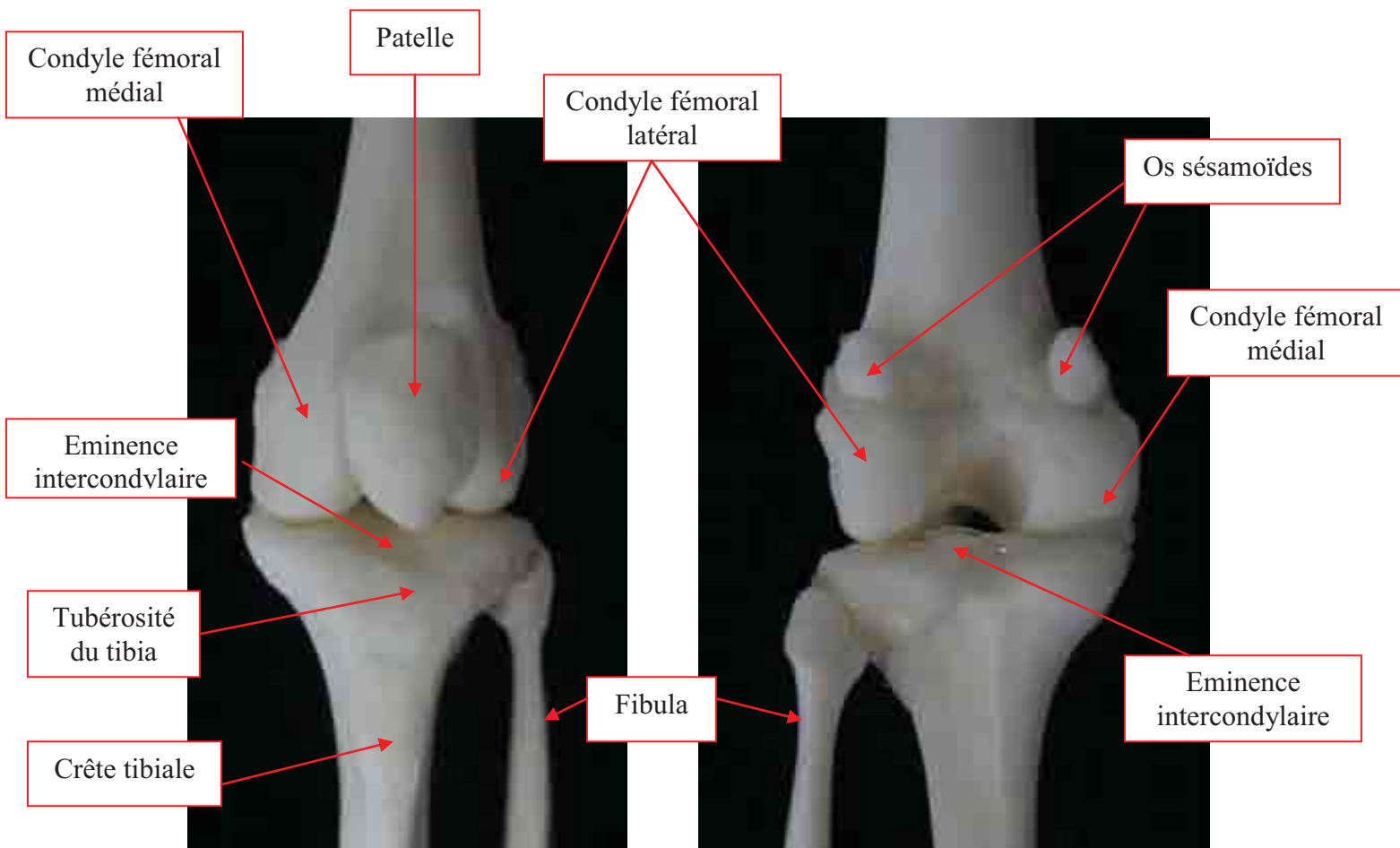
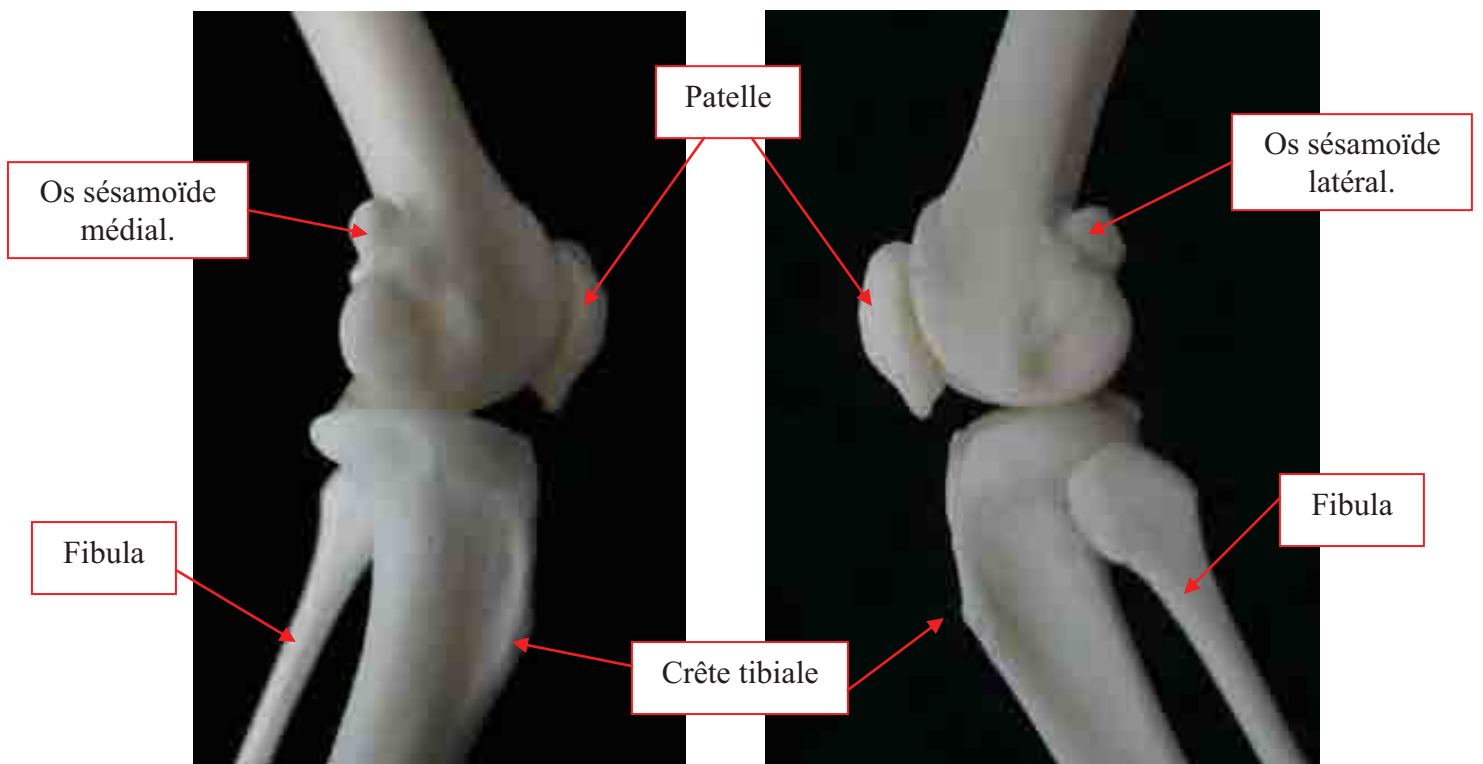


Planche 25 : Images radiographiques du genou gauche de *Macaca fascicularis*, incidences crânio-caudale et médio-latérale.



Aspect crânial.

Aspect caudal.



Aspect médial.

Aspect latéral.

Photo 21 : Genou gauche de *Macaca fascicularis*, Aspects crânial, caudal, médial et latéral.

3.4) TIBIA-FIBULA

3.4.1) Incidence médio-latérale

a) Positionnement

Le singe est placé en décubitus latéral, le membre à radiographier placé contre la table, en position neutre. L'autre membre est ramené caudalement ou placé en abduction.



b) Critères de qualité

On doit avoir :

- le grasset et le tarse visibles.
- une superposition des deux condyles fémoraux.

c) Anatomie radiographique

cf. planche 26 et photos 22.

Le tibia est un os long, et s'articule proximale avec les condyles fémoraux, latéralement avec la fibula et distalement avec le tarse.

Le corps à une forme prismatique, à trois faces. Le bord crânial est le plus saillant mais aussi le plus court car il s'efface dans la moitié distale de l'os. Cette saillie constitue la crête tibiale. La surface articulaire proximale du tibia, portée par les deux condyles, constitue le plateau tibial, présentant un relief central, l'éminence intercondyloire. Ce plateau tibial est légèrement incliné vers l'arrière.

En partie distale, une large surface articulaire répond au talus, avec une malléole médiale.

La malléole latérale correspond à l'extrémité distale de la fibula.

Les deux malléoles sont superposées sur cette projection.

3.4.2) Incidence crânio-caudale

a) Positionnement

Le singe est placé en décubitus dorsal, membre à radiographier en extension, rotule au zénith pour ne pas induire de rotation.

b) Critères de qualité

On doit avoir :

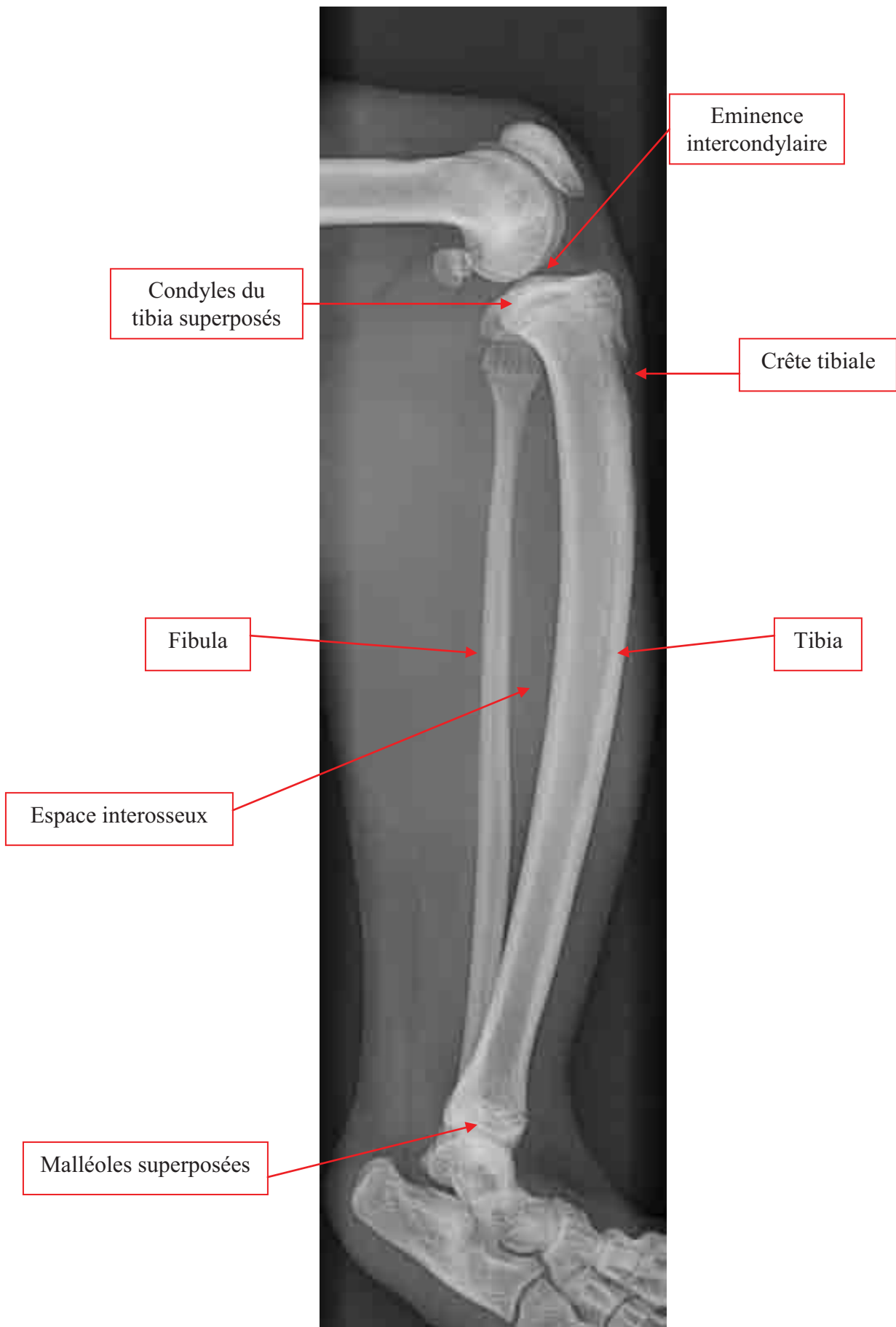
- le grasset et le tarse visibles.
- la patelle superposée au centre des deux condyles fémoraux.

c) Anatomie radiographique

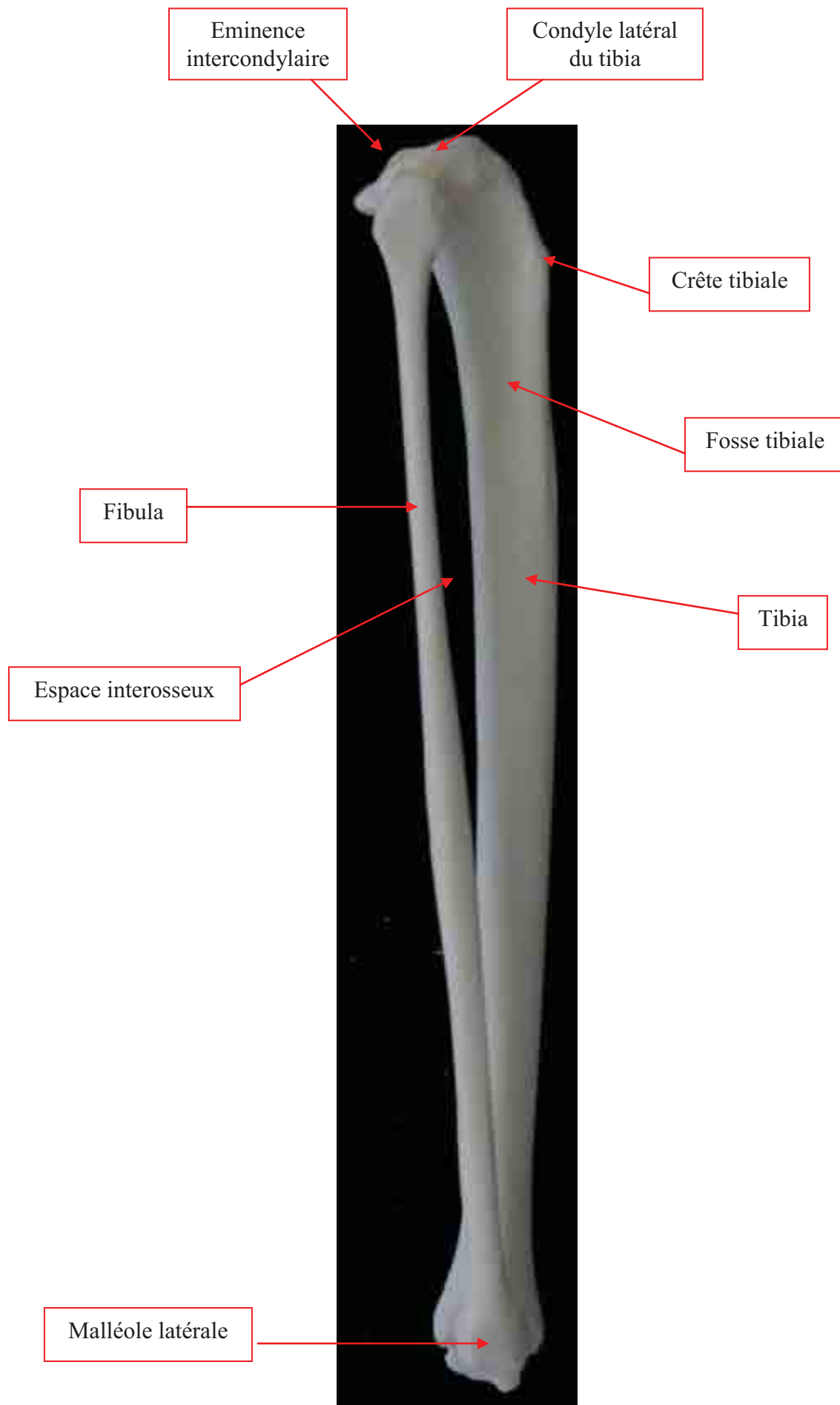
cf. planche 27 et photos 23.

Sur cette projection, on distingue nettement les malléoles médiale et latérale.

Ces projections permettent d'évaluer le fût osseux du tibia et de détecter d'éventuelles fractures.



Incidence médio-latérale.



Aspect latéral.

Photo 22 : Tibia et fibula gauches de *Macaca fascicularis*, aspect latéral.



Incidence crânio-caudale.

Planche 27 : Image radiographique de tibia et fibula gauches de *Macaca fascicularis*, incidence crânio-caudale.

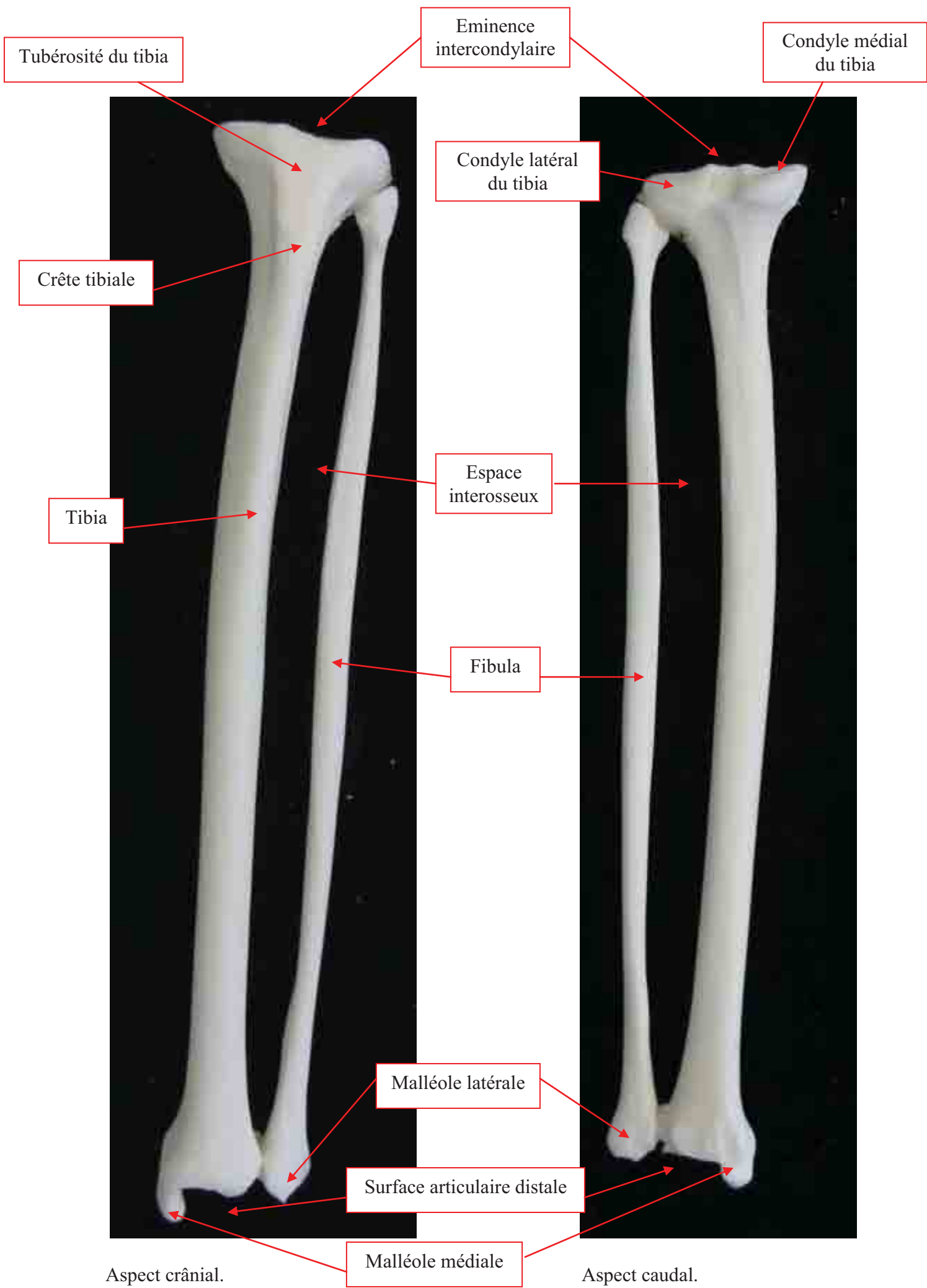


Photo 23 : Tibia et fibula gauches de *Macaca fascicularis*, aspects crânial et caudal.

3.5) TARSE

Comme pour le membre thoracique, le tarse, les métatarsiens et les doigts sont en général radiographiés sur un même cliché, la technique radiographique étant similaire pour ces trois régions.

Etant donné la complexité de la région et le nombre important d'os qui se superposent, il est parfois utile là aussi de réaliser en plus des clichés sous incidences obliques.

3.5.1) Incidence médio-latérale

a) Positionnement

L'animal est placé en décubitus latéral, le tarse à radiographier est placé contre la cassette, de profil, en position neutre.



b) Critères de qualité

On doit avoir :

- une superposition des deux trochlées du talus.

c) Anatomie radiographique

cf. planches 28 et 30, photos 25.

Le tarse est formé de deux rangées osseuses superposées entre lesquelles existe une pièce intercalaire. Les os de la rangée proximale sont moins nombreux mais beaucoup plus volumineux que ceux du carpe.

Sur cette projection, les os du tarse sont superposés, rendant difficile leur évaluation.

On voit quand même nettement les os de la rangée proximale : le talus et le calcaneus, plus caudal.

Le talus assure la plus grande partie de l'articulation tibio-tarsienne. Il comporte un corps massif d'allure cuboïde articulé du côté proximal avec le tibia et la fibula et du côté latéro-plantaire avec le calcaneus. La partie distale répond à l'os naviculaire par une tête sphéroïde portée par un col. La surface qui s'articule avec le tibia est une trochlée formée d'une gorge

médiane limitée par deux lèvres obliques dont chacune répond à l'une des gorges du tibia. Les faces médiale et latérale de cette trochlée sont encadrées par les malléoles.

Le calcanéus est situé caudo-latéralement au talus. Son extrémité distale s'articule avec le corps du talus et son extrémité proximale, renflée et tubéreuse, forme la tubérosité du calcanéus.

L'os naviculaire s'articule proximale avec le talus et distalement avec les trois os cunéiformes.

3.5.2) Incidence dorso-plantaire

a) Positionnement

Le singe est en décubitus dorsal, le membre à radiographier est en extension.



b) Critères de qualité

On doit avoir :

- le calcanéus superposé au tibia.
- les métatarsiens bien isolés les uns des autres.

c) Anatomie radiographique

cf planches 28 et 29, photo 24.

Sur cette projection, les deux rangées du tarse ainsi que l'os intermédiaire (l'os naviculaire sont visibles).

La rangée proximale comprend le talus et le calcaneus.

La rangée distale comporte les trois os cunéiformes et l'os cuboïde. Chaque os cunéiforme s'articule en partie proximale avec l'os naviculaire, et en partie distale avec un os métatarsien. L'os cuboïde est l'os le plus latéral et le plus épais de la rangée distale. Il s'articule en partie proximale avec le calcaneus et en partie distale avec les os métatarsiens IV et V. Le tendon du muscle long péronier contient un os sésamoïde, l' « os de Vésale », qui se situe en face latérale de l'os cuboïde.

Comme pour le carpe, cette projection permet de détecter la présence de fractures ou de luxations, mais aussi d'instabilités en réalisant des radiographies en positions forcées (pour mettre en évidence des lésions des ligaments collatéraux médial et latéral).



Incidence dorso-palmaire.

Incidence médio-latérale.



3.6) METATARSE ET DOIGTS

3.6.1) Incidence médio-latérale

a) Positionnement

L'animal est placé en décubitus latéral, le tarse à radiographier est placé contre la cassette, de profil, en position neutre.

b) Critères de qualité

On doit avoir :

- une superposition des deux trochlées du talus.

c) Anatomie radiographique

cf. planche 30 et photo 25.

La superposition des métatarses et des doigts sur cette projection rend difficile leur évaluation ; on distingue quand même l'os métatarsien I et ses deux phalanges.

3.6.2) Incidence dorso-plantaire

a) Positionnement

Le singe est en décubitus dorsal, le membre à radiographier est en extension.

b) Critères de qualité

On doit avoir :

- le calcanéus superposé au tibia.

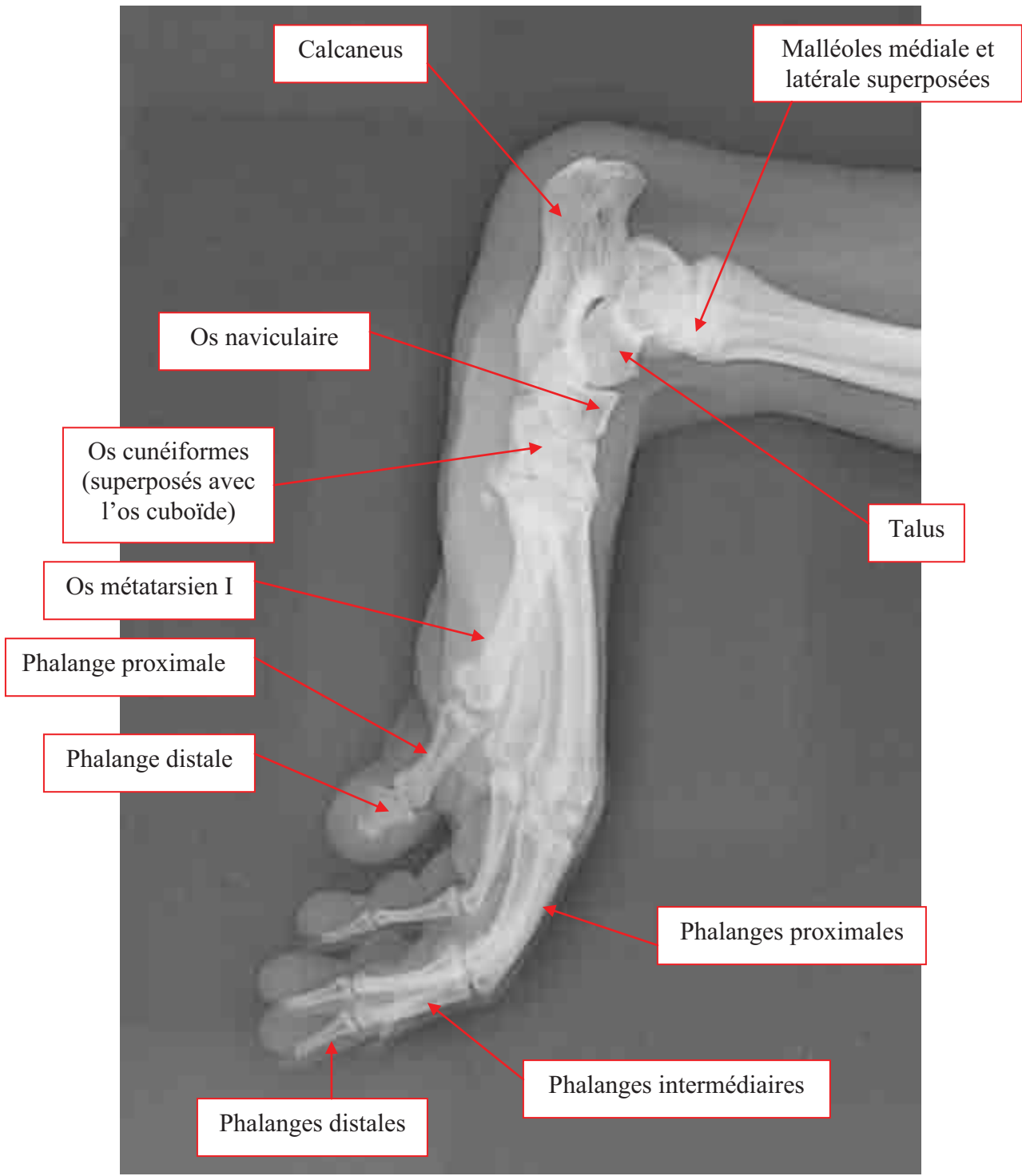
- les métatarses bien isolés les uns des autres.

c) Anatomie radiographique

cf. planche 29 et photo 24.

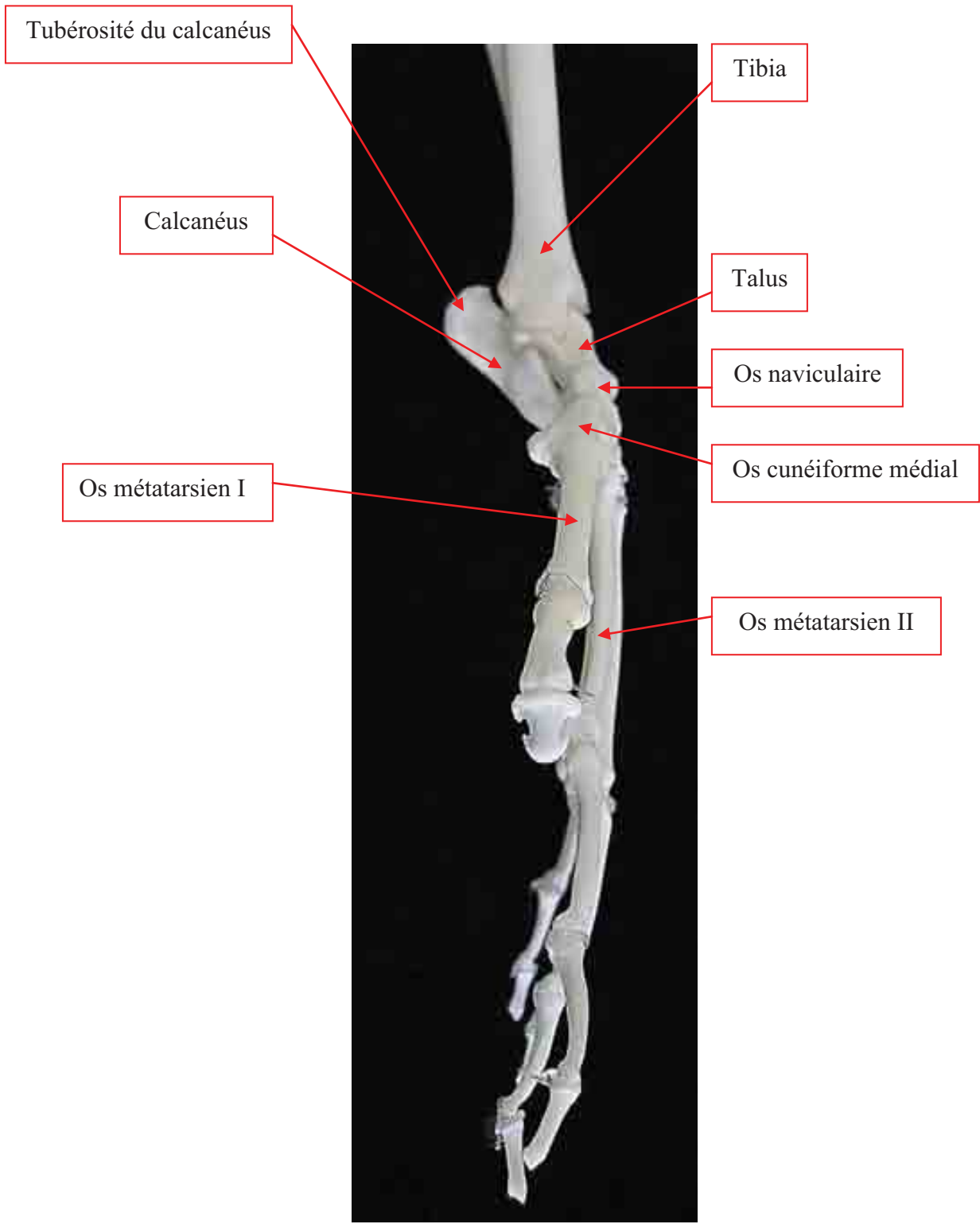
Le métatarse est constitué de cinq os métatarsiens. Chacun de ces os s'articule avec un os du tarse et porte à son extrémité distale un doigt.

Les doigts du pied ont, comme ceux de la main, trois phalanges chacun, sauf le doigt I (le pouce) qui n'a que deux phalanges. Les phalanges du pied sont plus étroites et plus longues que celles de la main.



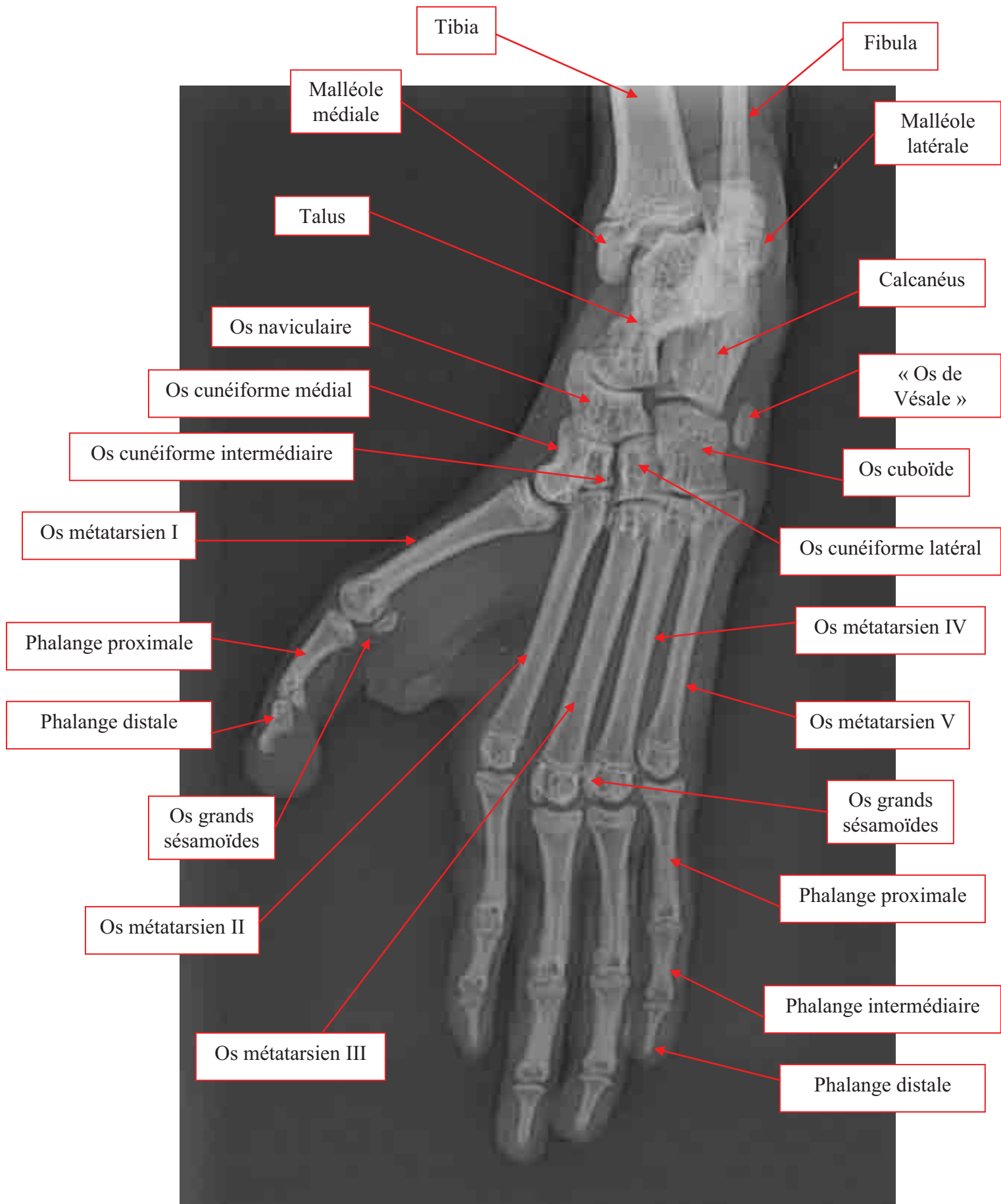
Incidence médio-latérale.

Planche 30 : Image radiographique du pied gauche de *Macaca fascicularis*, incidence médio-latérale.



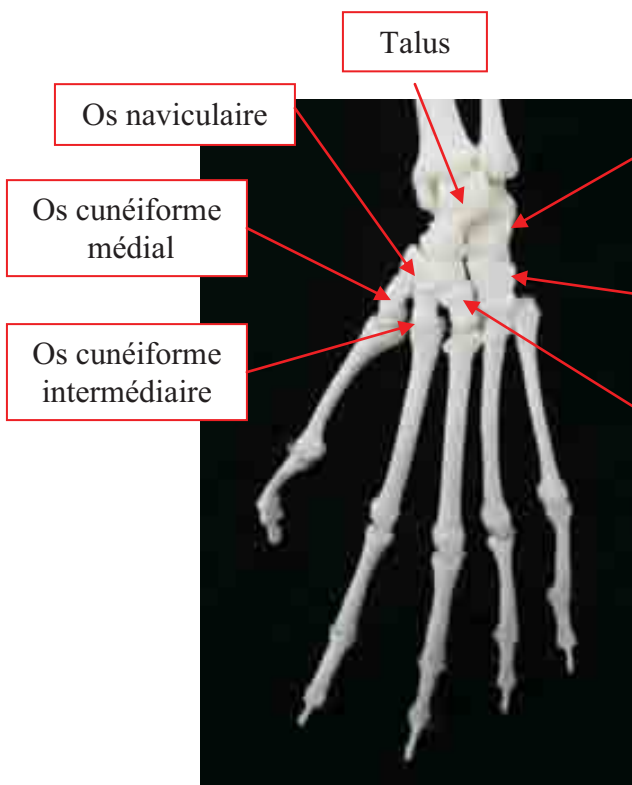
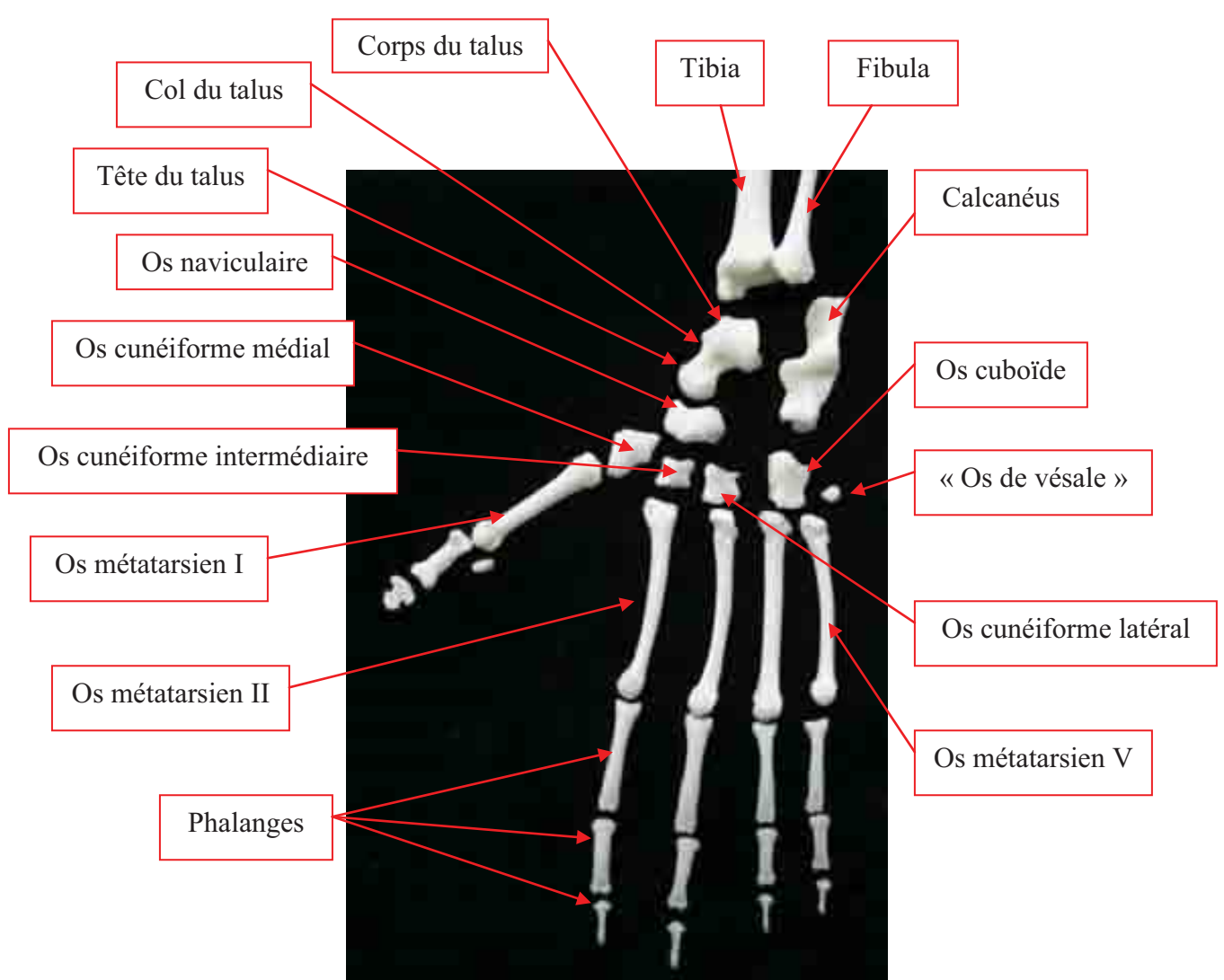
Aspect médial.

Photo 25 : Pied gauche de *Macaca fascicularis*, aspect médial.

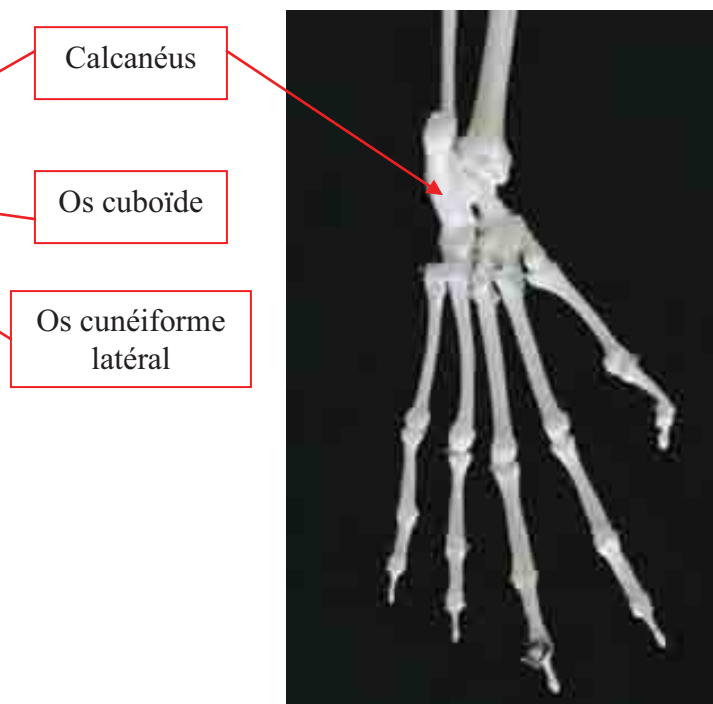


Incidence dorso-plantaire.

Planche 29 : Image radiographique du pied gauche de *Macaca fascicularis*, incidence dorso-plantaire.



Aspect dorsal.



Aspect plantaire.

Photo 24 : Pied gauche de *Macaca fascicularis*, aspects dorsal et plantaire.

2) RADIOGRAPHIES DES TISSUS MOUS

A) RADIOGRAPHIES DU THORAX

1) TECHNIQUE

1.1) Généralités

De manière générale, un cliché radiographique ne devrait jamais être effectué sous anesthésie générale. En effet, la diminution de volume pulmonaire entraîne une augmentation de l'opacité pulmonaire, un collapsus du poumon déclive se développe très vite en décubitus latéral, et une parésie de la musculature oesophagienne engendre une dilatation aérique de ce dernier. Mais le cynomolgus étant un animal sauvage et potentiellement agressif, une anesthésie générale s'est révélée indispensable.

En dépit de sa petite taille, les images radiologiques de la cavité thoracique du cynomolgus sont de bonne qualité, le revêtement graisseux sous cutané étant peu abondant dans cette espèce, à condition que les protocoles radiographiques soient respectés et des clichés standards obtenus.

La qualité technique des radiographies doit être satisfaisante pour permettre leur bonne interprétation. On va donc évaluer plusieurs paramètres : le cadrage, la netteté, les constantes (contraste et degré de pénétration des rayons), l'absence de rotation, la phase de la respiration.

- **Le cadrage** : L'ensemble du thorax osseux doit être présent, de la 1^{ère} côte au diaphragme et de la colonne vertébrale au sternum, ainsi que la partie caudale de la trachée cervicale.
- **La netteté** : elle correspond à l'absence de flou et à la finesse des détails (comme la précision du contour des côtes).
- **Le contraste** : on recherche une image présentant une gamme de gris très étendue, c'est-à-dire à très faible contraste. On l'évalue en examinant les côtes (densité osseuse): leur densité doit se rapprocher de celle du cœur (densité plus faible).
- **Le degré de pénétration des rayons X** : cela correspond au noircissement de l'image. Sur la vue de profil, on considère que les espaces intervertébraux doivent être bien visibles en région thoracique caudale et peu visibles en région thoracique craniale. Sur la vue de face, les espaces intervertébraux doivent être invisibles dans la région superposée à la silhouette cardiaque.
- **L'absence de rotation** : Sur la vue de profil, on doit avoir une bonne superposition des racines des côtes à leur base (les jonctions chondro-costales des deux côtés doivent être à peu près au même niveau). Sur la vue de face, on doit avoir une bonne superposition des vertèbres et des sternèbres.
- **La phase de la respiration** : il est important d'obtenir des clichés pris en fin d'inspiration pour optimiser le détail et le contraste de l'image obtenue. On le vérifie en regardant la position du diaphragme par rapport à la colonne vertébrale : l'angle lombo-diaphragmatique se superpose à la 11^{ème} ou 12^{ème} vertèbre thoracique sur la vue de profil, et la partie médiane du diaphragme se superpose à la 8^{ème} ou 9^{ème} vertèbre thoracique sur la vue de face.

Les clichés expiratoires présentent en effet une opacité pulmonaire anormalement augmentée, qui est accentuée sur un animal de petite taille ou obèse. On peut

cependant chercher à obtenir un cliché expiratoire, notamment pour rechercher un collapsus trachéal (pour voir les variations du diamètre trachéal) ou un pneumothorax modéré (l'air libre est alors mieux visible dans l'espace pleural).

Deux incidences radiographiques perpendiculaires sont nécessaires : projection de face (dorso-ventrale ou ventro-dorsale) et projection de profil (décubitus latéral gauche ou droit). Le choix de la projection de profil importe peu, mais il est conseillé d'utiliser toujours la même pour pouvoir comparer les clichés entre eux.

Par contre, le choix de la projection de face dépend du genre d'affection suspectée, même si l'incidence dorso-ventrale est préférable car elle amène moins de variation et de déformation géométrique de la silhouette cardiaque (le cœur est alors en position naturelle). Une projection ventro-dorsale peut cependant être préférée pour mieux voir le cœur en cas d'épanchement pleural, ou pour l'étude de l'appareil respiratoire profond (notamment le lobe pulmonaire accessoire).

La réalisation d'un 2^{ème} cliché latéral peut être indiquée pour mieux visualiser une lésion pulmonaire (indispensable en cancérologie).

Il est à noter qu'idéalement, les examens thoraciques standards devraient être effectués avec le macaque debout, pour permettre une expansion thoracique et un gonflement pulmonaire complets (sans le déplacement des organes abdominaux et du diaphragme vers l'avant en position couchée). Mais les appareils de radiographie utilisés dans le milieu vétérinaire, conçus pour les carnivores domestiques, ne se prêtent pas à de telles positions radiographiques.

1.2) Constantes d'exposition

Le thorax est une région qui par nature possède un excellent contraste en raison de la présence d'une grande quantité d'air.

- Le kilovoltage : on travaille avec des valeurs élevées de kilovoltage (plus de 80 kV), ce qui permet d'obtenir des radiographies bien équilibrées, avec une longue échelle de gris. Cela permet d'évaluer correctement l'ensemble des détails interstitiels et vasculaires.
- Le temps d'exposition : Le kilovoltage élevé permet de diminuer le produit milliampères-secondes, et donc de réduire le temps d'exposition (moins de 0.06 s). Cela permet de réduire le flou cinétique qui peut être associé aux mouvements cardio-respiratoires.
- La grille et les écrans : Pour des épaisseurs allant jusqu'à 12-13 cm, une technique en direct (sans grille anti-diffusante) peut donner des résultats acceptables. La grande quantité d'air que contient le thorax génère en effet beaucoup moins de rayons diffusés que des régions de l'abdomen de même épaisseur. Pour une faible épaisseur à radiographier, on utilise des écrans renforceurs lents, qui permettent d'obtenir des images de bonne résolution.

2) LE THORAX

2.1) Incidence latérale droite

a) Positionnement

L'animal est placé en décubitus latéral droit. Les membres thoraciques sont tirés crânialement (positionnés dans le prolongement du tronc) de façon à dégager la région des lobes pulmonaires craniaux. Les membres pelviens ne doivent pas être tirés trop caudalement car cela favorise la rotation de la partie caudale du thorax.

La tête, dont l'axe est perpendiculaire à celui du cou, doit être dans l'axe du corps, ni en flexion, ni en extension (pour ne pas modifier l'aspect de la trachée). Le cynomolgus diffère ici du chien et du chat, pour lesquels la tête est dans le prolongement de l'axe du cou.

On centre le faisceau de rayons X sur la 4^{ème} côte, à la limite caudale de la scapula, au tiers ventral du thorax.

Le cadrage doit inclure la partie crâniale de l'épaule et le sternum.

b) Critères de qualité

On doit avoir :

- La bifurcation trachéo-bronchique au centre de l'image radiographique.
- L'ensemble du thorax présent sur le cliché.
- Les membres thoraciques dégagés de la partie craniale du thorax.
- Les côtes superposées à leur base.
- Le diaphragme superposé à la 11^{ème} ou 12^{ème} vertèbre thoracique.

c) Anatomie radiographique (cf. planche 32)

➤ Les structures extra-thoraciques

Elles font partie intégrante de l'évaluation du cliché radiographique, et ne doivent surtout pas être négligées lors de l'interprétation d'une radiographie thoracique.

La cage thoracique est délimitée dorsalement par la colonne vertébrale thoracique (12 vertèbres thoraciques), latéralement par les côtes (8 côtes sternales et 4 asternales dont une flottante) et ventralement par le sternum (7 sternèbres). Elle comporte en outre des tissus mous pariétaux (peau, tissus sous-cutanés, musculature). Le diaphragme constitue la limite caudale du thorax.

Le sternum commence par le manubrium sternal crânialement (porte la première paire d'incisures costales et s'articule avec les clavicules) et se termine par le processus xyphoïde caudalement.

La colonne vertébrale et le sternum représentent des points fixes lors de la respiration, contrairement aux côtes qui déterminent la forme de la cage thoracique. Les jonctions costo-chondrales forment des renflements et se voient sur un cliché.

Sur une radiographie, on peut noter que la cavité thoracique peut s'étendre un peu dorsalement par rapport au bord ventral du rachis, par l'intermédiaire des récessus paraspinaux constitués par la protrusion dorsale des côtes ; une partie des lobes pulmonaires caudaux se projette ainsi sur les vertèbres thoraciques, ce qui peut les rendre anormalement transparentes.

Le cynomolgus étant un animal maigre, la couverture costale est peu importante et ceci peut conduire à une impression de transparence exagérée du champ thoracique.

➤ **Le diaphragme**

Le diaphragme est une structure musculo-tendineuse qui limite caudalement la cavité thoracique. Il est composé d'un centre tendineux et de trois portions périphériques musculaires :

- la portion lombaire est constituée des deux hémicoupoles diaphragmatiques (piliers du diaphragme) qui viennent s'insérer sur les 3^{ème} et 4^{ème} vertèbres lombaires.
- la portion costale s'insère obliquement de la 7^{ème} à la 12^{ème} côte de chaque côté.
- la portion sternale s'insère sur le processus xiphoïde.

C'est une structure en forme de dôme légèrement asymétrique ; sa convexité crâniale ménage des recessus lombo-diaphragmatique et costo-diaphragmatiques.

Il est percé de trois hiatus :

- le hiatus aortique, dorsal, laisse passer l'aorte, la veine azygos et la citerne lombaire du canal thoracique.
- le hiatus œsophagien, central, laisse passer l'œsophage et les troncs vagues- sympathiques.
- le hiatus de la veine cave caudale ventralement.

En projection latérale, la coupole ventrale du diaphragme est projetée au tiers ventral du thorax. Les hémicoupoles se trouvent dorsalement et forment deux lignes légèrement décalées. Celle qui se projette le plus cranialement est celle qui se trouve du côté de la table (elle est déplacée cranialement sous l'effet de la pression par la masse abdominale). L'hémicoupole droite se reconnaît par sa continuité avec la veine cave caudale, tandis que la gauche est en contact étroit avec le fundus gastrique.

➤ **Le médiastin**

Le médiastin est un espace qui divise le thorax en deux hémithorax de tailles distinctes.

Sur un plan anatomique, il est limité par les feuillets médiastinaux de la plèvre.

Il est limité dorsalement par la colonne vertébrale et ventralement par le sternum, communique crânialement avec les fascias profonds de la musculature de l'encolure et caudalement avec l'espace rétropéritonéal (par l'intermédiaire du hiatus aortique).

On peut le diviser en trois régions principales :

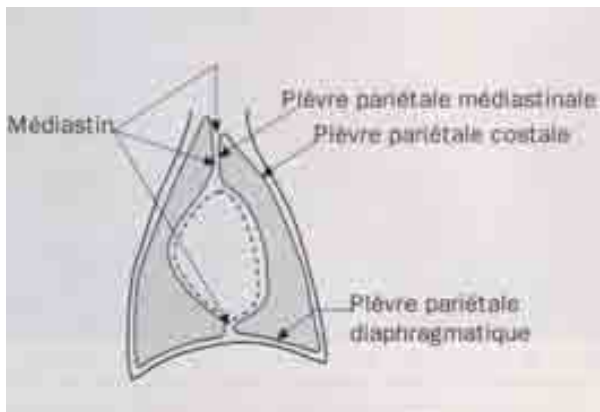
- le médiastin cranial : crânialement au cœur. Sa partie dorsale contient la trachée, en contact avec l'œsophage dorsalement. On y trouve aussi des structures vasculaires (veine cave crâniale, tronc brachio-céphalique, artère sous-clavière gauche) et les noeuds lymphatiques médiastinaux craniaux. Ainsi, l'aspect radiographique de cette partie est relativement opaque,

à l'intérieur de laquelle la transparence de la trachée est visible (et dans certains cas l'air contenu dans l'œsophage, qui contraste les muscles longs du cou).

Sa partie ventrale contient beaucoup moins de structures, et apparaît donc relativement transparente à la radio du fait de sa finesse. On y trouve le nœud lymphatique sternal (dorsalement à la 2^{ème} ou 3^{ème} sternèbre, visible si hypertrophié), le thymus chez le jeune animal, et quelques structures vasculaires (artères et veines thoraciques internes, vaisseaux lymphatiques). Le thymus apparaît sous la forme d'une image liquidienne oblique dans une direction cranio-dorsale caudo-ventrale, cranialement à la silhouette cardiaque.

- le médiastin moyen : correspond à l'aire cardiaque, le plus gros organe médiastinal (cf plus loin). Dorsalement au cœur, on distingue la bifurcation trachéo-bronchique (avec les nœuds lymphatiques trachéo-bronchiques), le départ de l'aorte. La partie de l'œsophage qui y passe n'est pas visible physiologiquement.

- le médiastin caudal : caudalement au cœur. On y distingue l'aorte (parallèle et ventrale à la colonne vertébrale), la veine cave caudale (opacité tubulaire entre le cœur et le diaphragme), et parfois l'œsophage entre les deux.



Schématisme d'une coupe dorsale du thorax où la plèvre pariétale est représentée en trait vert continu. La plèvre pariétale médiastinale délimite un espace formant le médiastin.

Contrairement aux carnivores, le médiastin n'est pas perforé : les deux hémithorax ne communiquent donc pas, ce qui diminue la gravité d'un pneumothorax ou d'un épanchement thoracique.

Il est à noter que sur un animal anesthésié, la parésie œsophagienne induite par l'anesthésie se manifeste par des degrés variable de dilatation œsophagienne, à ne pas confondre avec une affection de cet organe (mégaœsophage, ...).

➤ La trachée

La trachée est un organe tubulaire, de diamètre régulier, conduisant l'air du larynx aux bronches ; dans sa portion thoracique, elle est médiastinale.

C'est un marqueur très important en radiographie thoracique : son opacité aérienne la rendant facilement visible, les rapports anatomiques qu'elle entretient font qu'elle est facilement déplacée lors de masse médiastinale, pulmonaire ou cardiaque.

La partie visible est la muqueuse trachéale, car soulignée par l'air intra-luminal.

La portion thoracique de la trachée est normalement rectiligne, et forme un angle aigu avec la colonne vertébrale (si le cou est bien positionné).

La terminaison de la trachée s'effectue au milieu de la base du cœur, au niveau de la bifurcation trachéo-bronchique.

➤ **Le cœur (cf. doc 1, 2, 3)**

Le cœur est entouré de diverses structures de même densité radiographique (péricarde, structures pulmonaires hilaires, nœuds lymphatiques trachéo-bronchiques, gros vaisseaux de la base du cœur) qui contribuent à la « silhouette cardiaque » telle qu'elle est visible radiographiquement (on ne voit pas le cœur individuellement).

La radiographie ne permet pas de distinguer les cavités des parois cardiaques, car le sang et le muscle cardiaque ont la même opacité radiographique ; par contre, celles-ci ainsi que les gros vaisseaux contribuent à la silhouette cardiaque, qui se trouvera modifiée si elles sont dilatées ou déformées.

L'évaluation radiographique du cœur va concerner :

- Le contour cardiaque : globalement en projection latérale, la partie dorsale du cœur correspond aux atria et aux gros vaisseaux, la partie ventrale aux ventricules.

Contrairement aux carnivores domestiques, l'aplatissement latéro-latéral du thorax ne s'accompagne pas d'une rotation du cœur de 90° autour de son axe. Le cœur gauche se projette donc à gauche, et le cœur droit à droite. La masse atriale représente environ 1/5 du cœur, la masse ventriculaire 4/5 du cœur.

- La taille du cœur : on peut utiliser la méthode de l'index vertébral, comme pour les carnivores domestiques. On ajoute pour cela les longueurs des deux grands axes du cœur préalablement transposés en nombre de vertèbres correspondant (à partir du bord crânial de la 4^{ème} vertèbre thoracique). Sur ce cliché on a un diamètre apico-basilaire de 5.5 et un diamètre transversal de 4.5, ce qui donne un index vertébral cardiaque de 10 pour ce singe.

➤ **Les poumons (cf. planche 35).**

La cavité thoracique contient deux poumons qui ne sont pas symétriques exactement en taille, forme et lobation. Le poumon gauche est composé de deux lobes principaux : un lobe crânial (lui-même subdivisé en une partie crâniale et une partie caudale) et un lobe caudal. Le poumon droit comporte quant à lui quatre lobes : crânial, moyen, caudal et accessoire.

Les lobes pulmonaires ne peuvent pas être distingués les uns des autres radiographiquement car d'opacité identique et en contact les uns avec les autres (sauf en cas d'épaississement de la plèvre ou d'épanchement pleural : on aperçoit alors les scissures interlobaires).

Les bronches contiennent de l'air dans les conditions normales et sont donc difficilement différenciées du tissu alvéolaire également aérique. Par contre, les artères et veines pulmonaires, étroitement accolées aux parois bronchiques, soulignent le trajet des lumières bronchiques. La paroi bronchique est normalement trop fine pour être visible radiographiquement, sauf en cas de bronchite (épaississement de cette paroi) ou sur un animal âgé (minéralisation du cartilage bronchique) ; elles apparaissent alors comme des images en anneaux (coupe transversale) ou en « rails de chemin de fer » (coupe longitudinale).

On peut néanmoins observer normalement le départ des grosses bronches à la bifurcation trachéo-bronchique.

Du fait de la présence d'air qui sert de facteur de contraste naturel, les poumons sont les seuls organes dans lesquels les vaisseaux peuvent être visibles sur des clichés sans préparation ; les artères et veines pulmonaires forment des images tubulaires d'opacité liquidienne (coupe longitudinale) ou des images nodulaires (coupe transversale). Les artères sont situées dorsalement aux bronches sur la projection de profil, les veines ventralement.

Par contre, seules les portions proximales des vaisseaux peuvent être visibles, leur calibre diminuant lorsqu'elles s'éloignent de la base du cœur.

Le tissu interstitiel est le tissu de soutien des structures vasculaires, lymphatiques, et broncho-alvéolaires. Il ne génère pas d'opacité radiographique bien individualisée, sauf chez les animaux âgés où il va se fibroser et s'épaissir, augmentant ainsi l'opacité thoracique.

L'espace pleural est virtuel chez l'animal normal, du fait d'une apposition étroite des plèvres pariétale et viscérale. Cet espace ne contient en effet qu'une très faible quantité de liquide séreux qui joue le rôle de lubrifiant (produit en continu par la plèvre pariétale et drainé par les vaisseaux lymphatiques de la plèvre viscérale. Dans les conditions normales, les plèvres ne sont pas distinguées radiographiquement des tissus sous-jacents, sauf chez l'animal âgé où des dépôts de calcium peuvent venir l'épaissir et la rendre plus opaque aux rayons X.

2.2) Incidence latérale gauche (cf. planche 31)

a) Positionnement

Le macaque est placé en décubitus latéral gauche, et positionné de la même manière qu'en incidence latérale droite.

b) Critères de qualité

Ce sont les mêmes qu'en incidence latérale droite.

c) Anatomie radiographique

Les principales différences entre les deux incidences de profil concernent le diaphragme ; les organes abdominaux ont en effet tendance, par gravité, à déplacer cranialement l'hémicoupole diaphragmatique la plus déclive.

2.3) Incidence dorso-ventrale

a) Positionnement

L'animal est placé en « sphinx », en décubitus sterno-abdominal. Le cou est fléchi.

Le faisceau de rayons X est centré sur le rachis, caudalement aux scapulas.

Le cadrage s'étend jusqu'en partie crâniale des épaules.

b) Critères de qualité

On doit avoir :

- Le sternum et le rachis superposés.
- L'ensemble du thorax présent sur le cliché.
- Le thorax partagé en deux parties égales par le rachis.
- La partie médiane du diaphragme au niveau de la 9^{ème} ou 10^{ème} vertèbre thoracique.

c) Anatomie radiographique (cf. planche 34)

➤ Structures extra-thoraciques

La colonne vertébrale doit séparer le thorax en deux parties égales et être superposée au sternum.

➤ Le diaphragme

En projection dorso-ventrale, il prend la forme d'un dôme, dont le sommet est légèrement excentré sur la droite du plan médian ; cette image correspond à la coupole ventrale du diaphragme.

L'incurvation du diaphragme ménage deux récessus costo-diaphragmatiques.

➤ La trachée

Elle est difficilement visible, car masquée par la colonne vertébrale et la silhouette cardiaque. Il est cependant classique d'observer un déplacement vers la droite de la trachée dans le médiastin crânial.

➤ Le médiastin

Le médiastin crânio-dorsal forme une bande opaque s'étendant de part et d'autre de la colonne vertébrale. La trachée, superposée, forme une image tubulaire transparente, modérément incurvée vers la droite au moment où elle croise la partie descendante de la crosse aortique.

Le médiastin crânio-ventral forme une ligne opaque oblique relativement fine, dans une direction crâniale-droite caudale-gauche (suivant son insertion). Chez le jeune, le thymus apparaît comme une voile de bateau (image triangulaire) à gauche du plan médian.

Le médiastin caudal contient l'aorte descendante à gauche de la colonne, la veine cave caudale à droite.

➤ Les poumons

Le poumon droit a un volume supérieur de 25 % au poumon gauche (il contient un lobe de plus, et le lobe crânial droit s'étend à gauche du plan médian).

Les artères pulmonaires sont situées latéralement aux bronches sur la projection de face, les veines médialement.

2.4) Incidence ventro-dorsale

a) Positionnement

L'animal est placé en décubitus dorsal, les membres placés en extension.

La tête est placée en extension dans la continuité du rachis, pour ne pas incurver la colonne thoracique.

Le cadrage et le centrage sont les mêmes que pour l'incidence dorso-ventrale.



b) Critères de qualité

Ce sont les mêmes que pour l'incidence dorso-ventrale.

c) Anatomie radiographique (cf. planche 33)

➤ Le diaphragme

En projection ventro-dorsale, on observe trois lignes diaphragmatiques ; la coupole ventrale forme une ligne courbe qui s'étend d'une paroi costale à l'autre. Les hémicoupoles droite et gauche, situées dorsalement, forment deux lignes courbes supplémentaires de part et d'autre du rachis.

➤ Le cœur

L'image cardiaque est moins reproductible sur cette vue que sur la vue dorso-ventrale.

Les atrias se projettent en partie craniale de la silhouette cardiaque, les ventricules en région caudale.

L'incisure cardiaque est plus étendue à gauche (2/3 de l'aire cardiaque) qu'à droite.

➤ Les poumons (cf. planche 36).

Cette projection est contre-indiquée lors de difficultés respiratoires importantes.

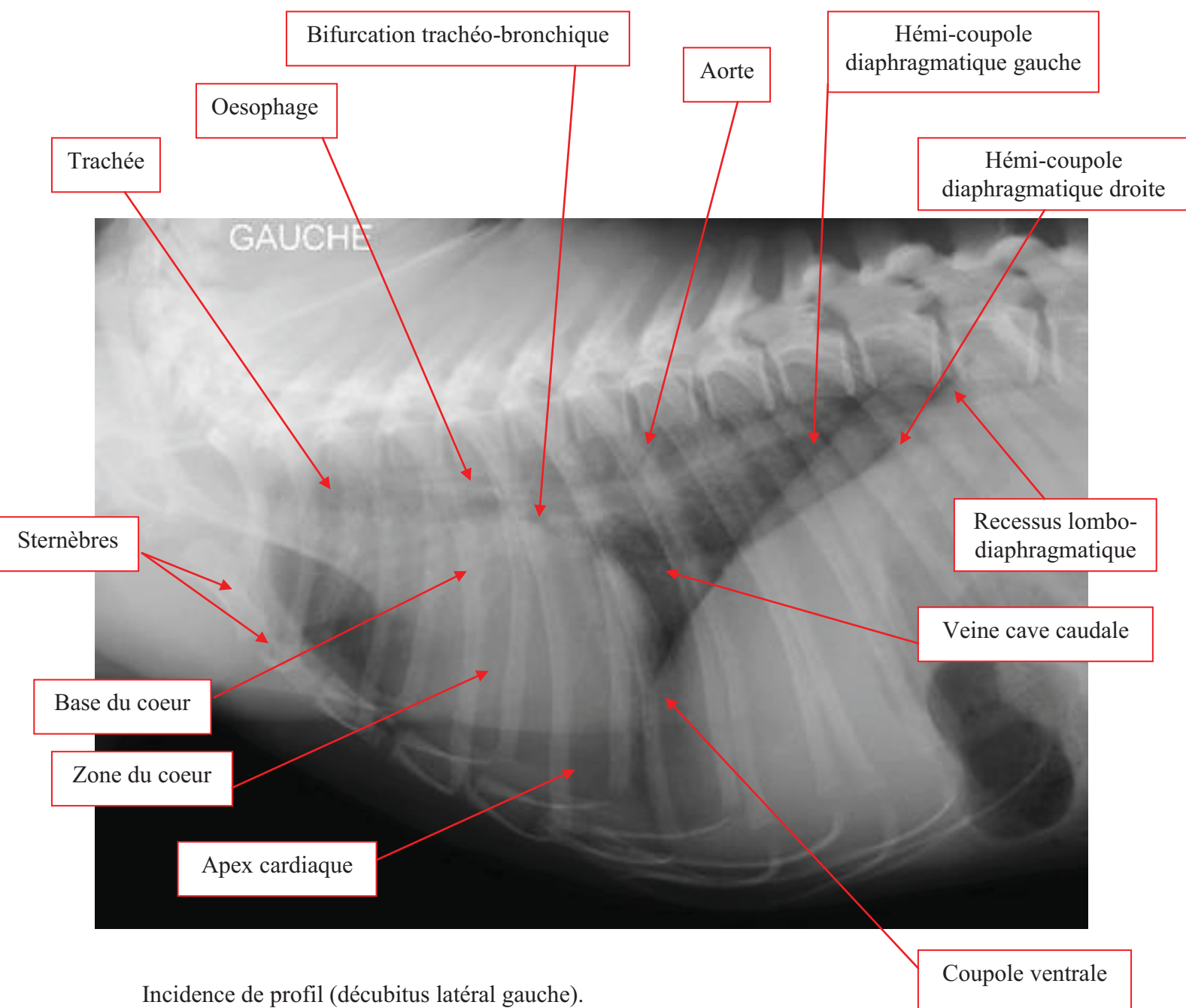
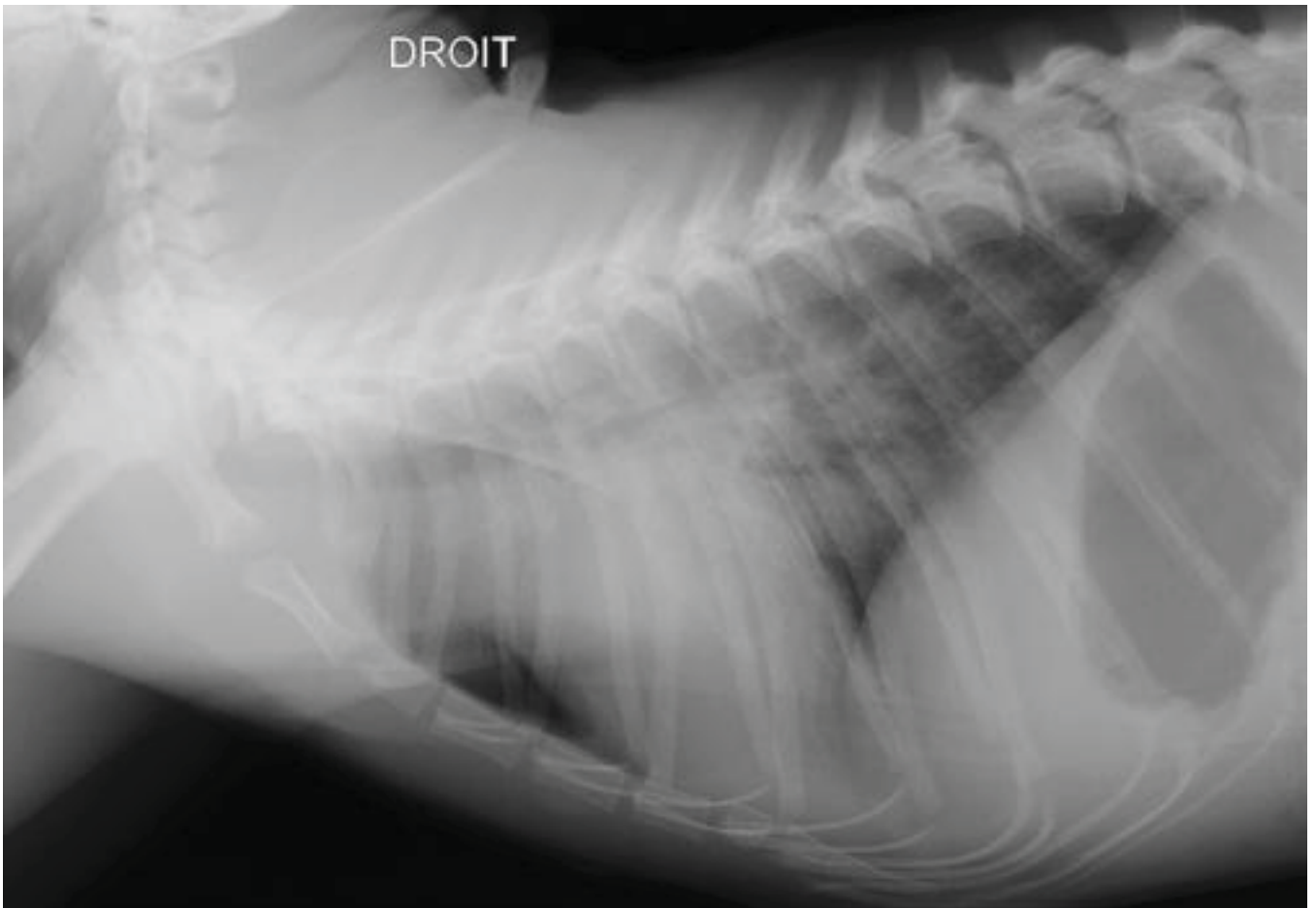
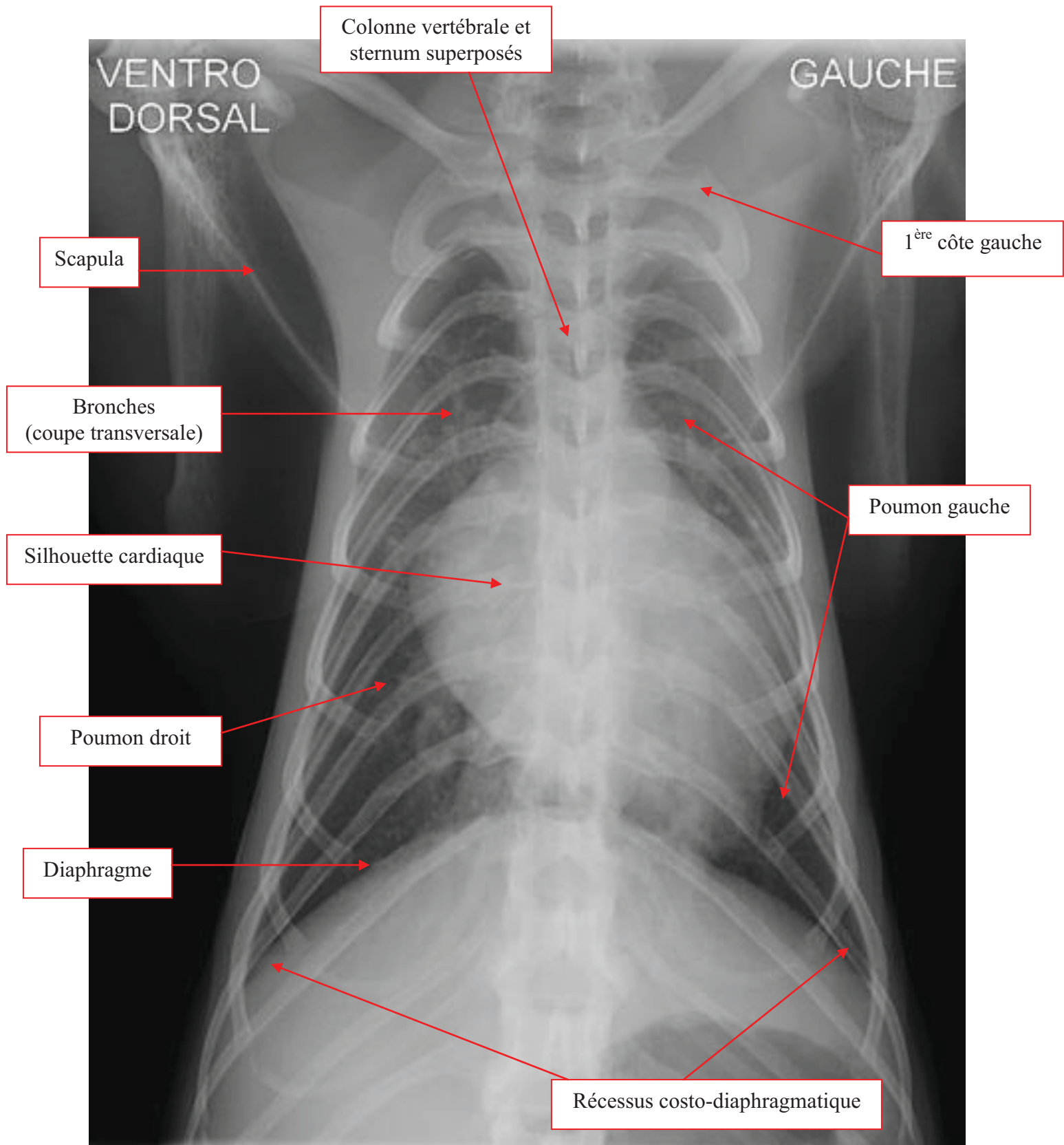


Planche 31 : Image radiographique du thorax de *Macaca fascicularis*.



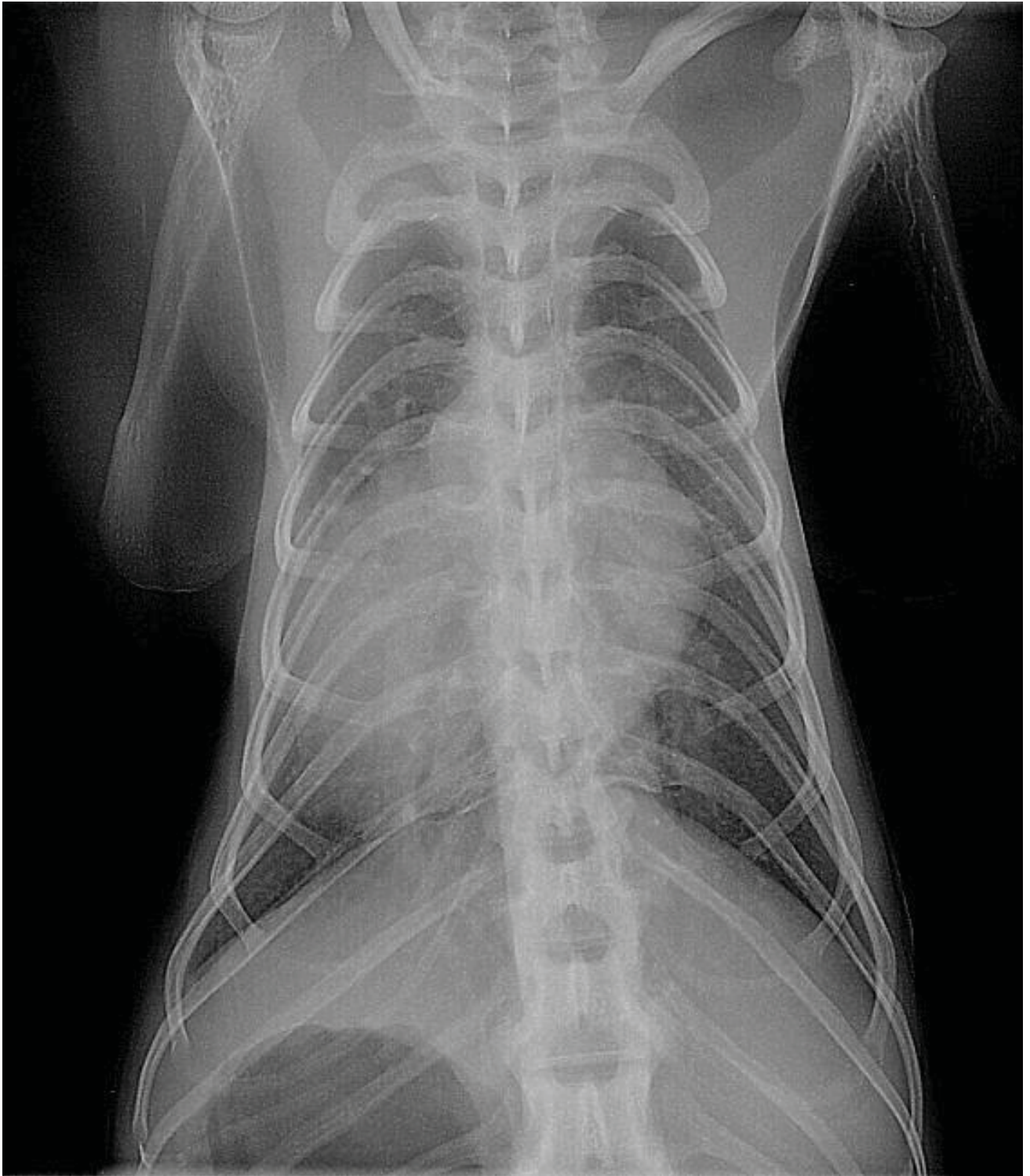
Incidence de profil (décubitus latéral droit).

Planche 32 : Image radiographique du thorax de *Macaca fascicularis*.



Incidence ventro-dorsale.

Planche 33 : Image radiographique du thorax de *Macaca fascicularis*.



Incidence dorso-ventrale.

Planche 34 : Image radiographique du thorax de *Macaca fascicularis*.

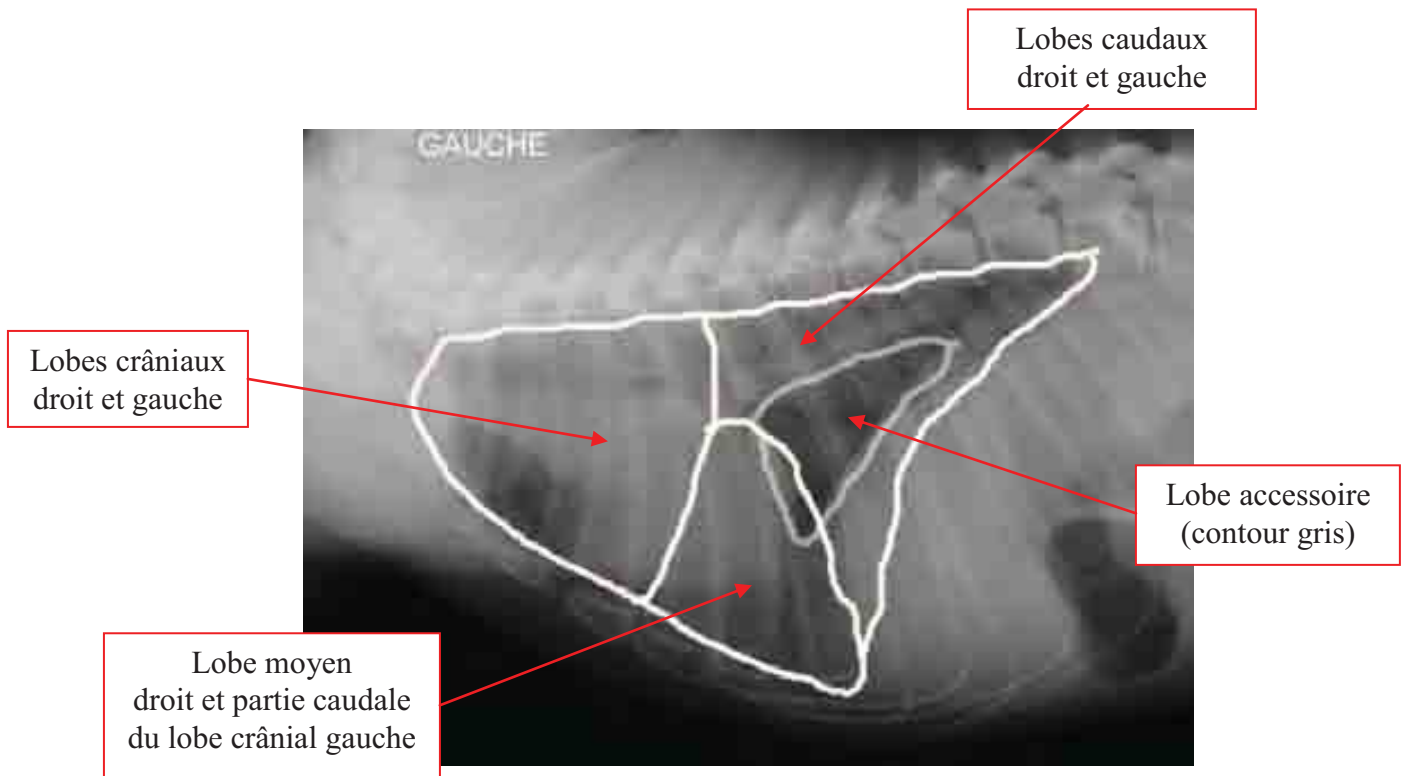


Planche 35 : Cliché radiographique de profil (gauche) de *Macaca fascicularis* avec schématisation des zones de projection des lobes pulmonaires.

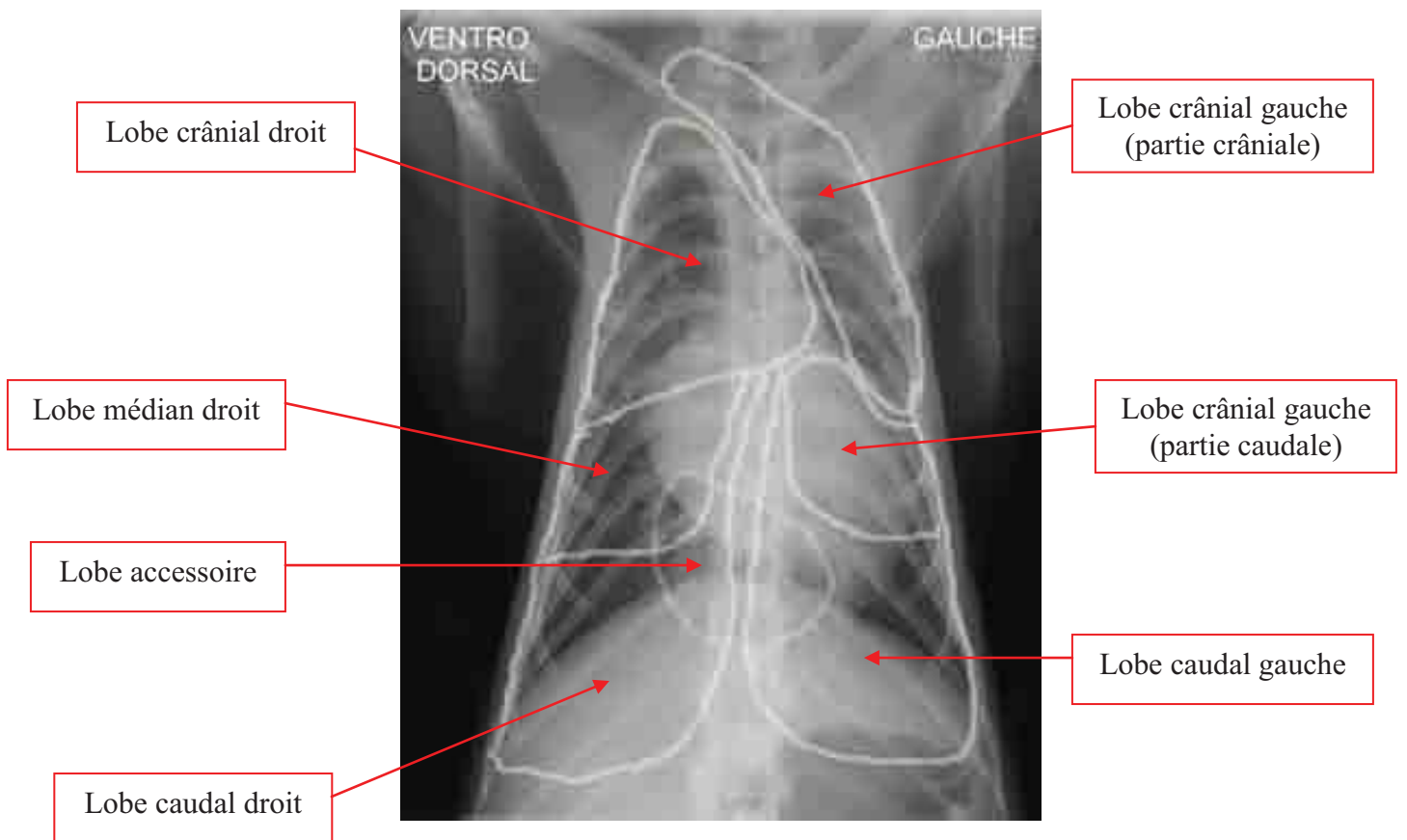
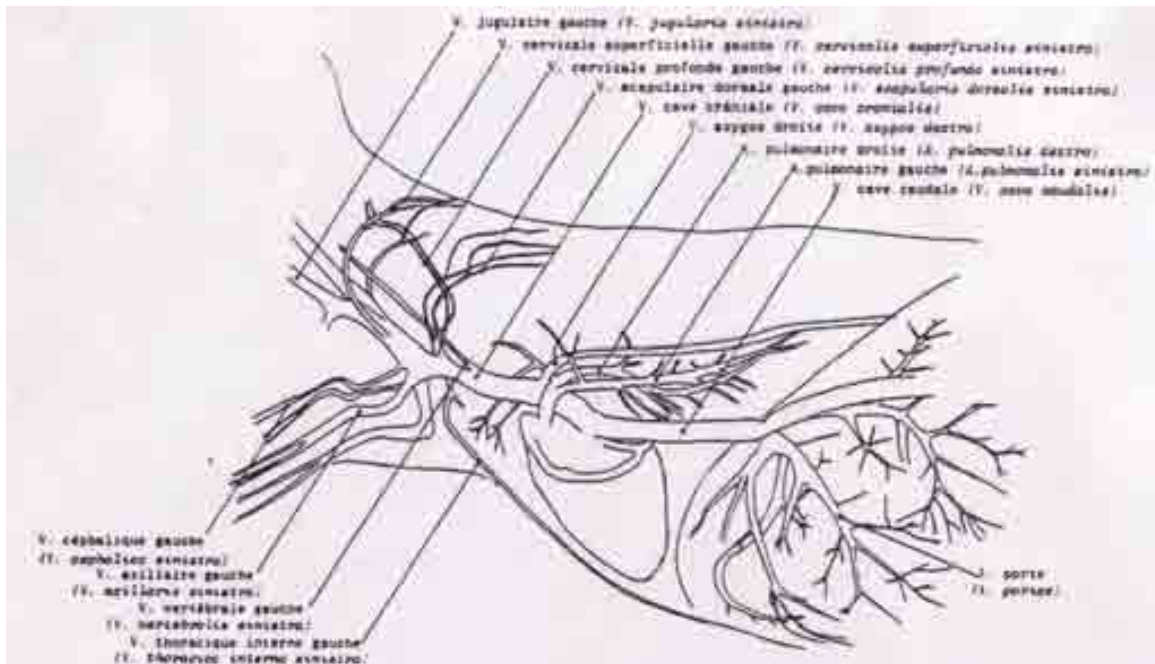
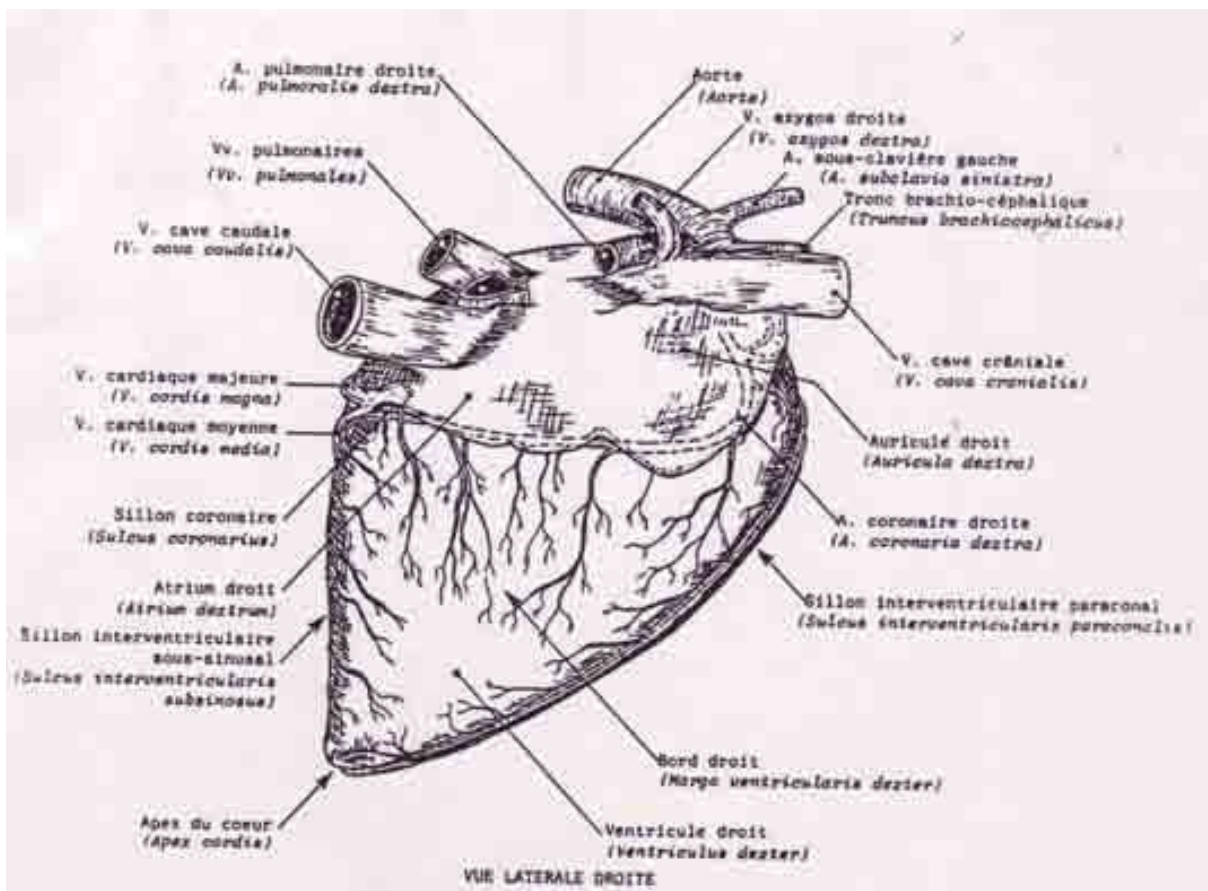


Planche 36 : Cliché radiographique de face de *Macaca fascicularis* avec schématisation des zones de projection des lobes pulmonaires.



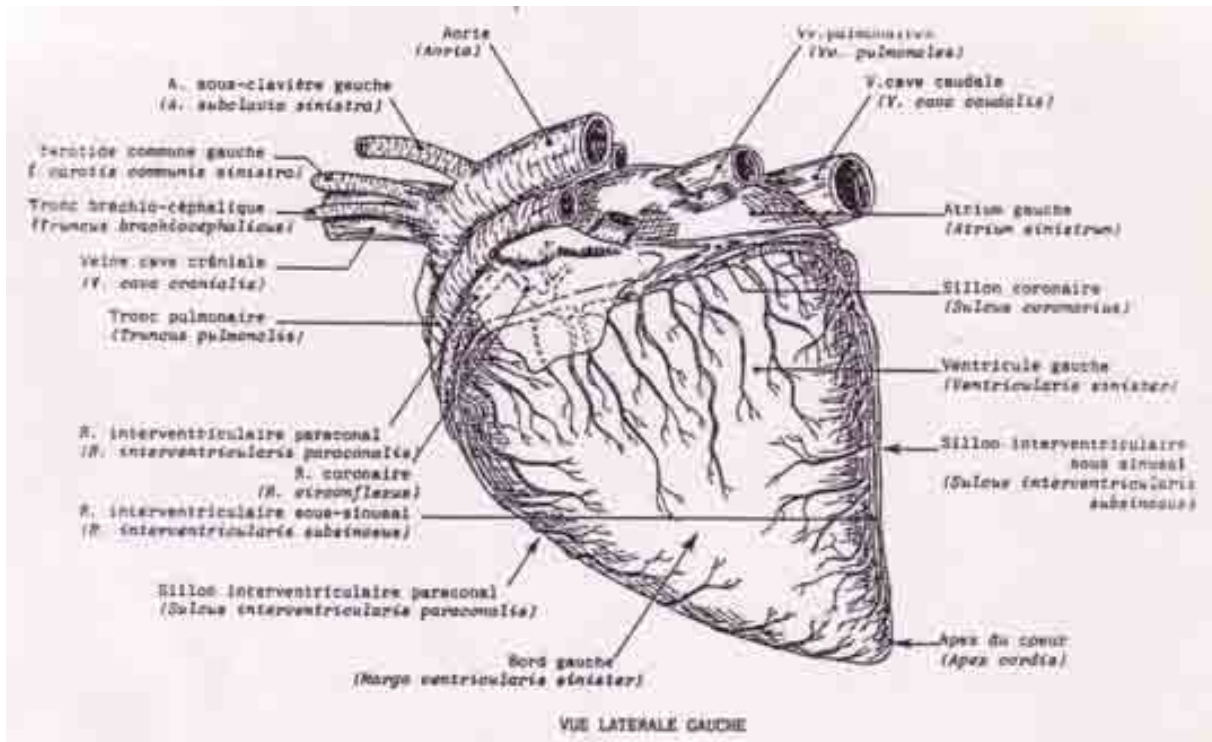
Doc 1 : Schéma explicatif du système cardio-vasculaire thoracique pour une radiographie du thorax en décubitus latéral droit.

(« Images radiologiques du thorax et de l'abdomen du singe cynomolgus », Sci Tech Anim Lab (1955), 20, p 251).



Doc 2 : Conformation extérieure du cœur du Cynomolgus, vue latérale droite.

(« Anatomie systématique et topographique de la cavité thoracique du macaque cynomolgus », PROT. N, Th. : Med. Vet. Lyon : 1994 p 27).



Doc 3 : Conformation extérieure du cœur du Cynomolgus, vue latérale gauche.

(« Anatomie systématique et topographique de la cavité thoracique du macaque cynomolgus », PROT. N, Th. : Med. Vet. Lyon : 1994 p 27).

B) RADIOGRAPHIES DE L'ABDOMEN

1) TECHNIQUE

1.3) Généralités

Le macaque est anesthésié comme pour toute manipulation effectuée sur un animal sauvage.

Pour améliorer la qualité de l'examen radiographique de l'abdomen, il est préférable que l'estomac soit vide de nourriture : une diète hydrique préalable de 12 heures est donc conseillée avant d'effectuer des clichés.

Le caecum est relativement plus grand chez les primates que chez les carnivores domestiques ; il n'est cependant pas nécessaire de le vider complètement pour les examens standard (il faudrait pour cela de nombreux lavements et purgatifs).

Il est également conseillé de faire uriner l'animal avant la prise de clichés pour ne pas avoir une compression des organes par une vessie trop remplie.

Le pelage doit être débarrassé des débris pouvant engendrer des images suspectes sur le cliché.

Tout examen standard de l'abdomen doit comporter au minimum deux projections orthogonales, en position couchée : projection ventro-dorsale et projection latérale.

La qualité du cliché radiographique est évaluée en termes de :

- **Cadrage** : l'ensemble de l'abdomen doit être visible, de l'ombre diaphragmatique jusqu'à la filière pelvienne.
- **Centrage** : le centre de la cavité abdominale et le centre du film radiographique doivent être superposés.
- **Exposition** : la pénétration doit être suffisante pour voir les viscères abdominaux, les vertèbres lombaires doivent être légèrement sous-exposées, le reste du film doit être complètement noir.
- **Netteté** : le contour des organes et de la paroi abdominale doivent être nets (pas de flou cinétique).
- **Contraste** : l'étendue de la gamme de gris doit être suffisante pour permettre de discriminer des structures d'opacité différente (par exemple graisse et liquide) ou des tissus de même opacité mais d'épaisseur différente.

Pour mieux voir certains organes abdominaux, des radiographies avec préparation (produit de contraste) peuvent être réalisées : urographie intra-veineuse (cf chap. 3), transit baryté.

1.4) Constantes d'exposition

Contrairement au thorax, l'abdomen possède un faible contraste naturel. Le contraste abdominal est dû à la différence d'opacité entre les viscères et la graisse présente dans la cavité, or cette différence est faible.

Pour pallier le défaut de contraste naturel de l'abdomen et être capable de distinguer radiographiquement les différents organes abdominaux, il faut sélectionner un bas kilovoltage (inférieur à 80 kV : souvent 50 à 55 kV).

Pour compenser ce faible kilovoltage et obtenir un noircissement correct du film radiographique, on sélectionne une valeur élevée de milliampérage (5mAs).

Le temps d'exposition doit rester faible pour limiter le flou cinétique lié aux mouvements de la paroi abdominale et les mouvements liés aux contractions péristaltiques.

Pour les examens standards, l'épaisseur abdominale est mesurée en dessous de l'appendice xyphoïde ; pour une épaisseur inférieure à 10 cm, une technique en direct peut être utilisée (sans grille anti-diffusante).

2) L'ABDOMEN

2.1) Incidence latérale droite (cf. Planche 37)

a) Positionnement

Le macaque est placé en décubitus droit ou gauche (ici le décubitus latéral droit a été choisi). Le centrage se fait dans le creux du flanc, caudalement au cercle de l'hypochondre, et le cadrage est effectué de l'appendice xyphoïde jusqu'au grand trochanter. Les membres thoraciques sont étirés cranialement, les membres pelviens étirés caudalement. Pour éviter la rotation, des coussins de mousse peuvent être disposés sous le sternum et entre les deux membres pelviens.

b) Critères de qualité

On doit avoir :

- l'ensemble de l'abdomen contenu sur le cliché.
- l'absence de rotation : superposition des côtes à leur base.
- les membres pelviens dégagés de la partie caudale de l'abdomen (extension).

c) Anatomie radiographique (docs 4 et 5)

➤ Le tube digestif

La portion abdominale du tube digestif est constituée de l'estomac, de l'intestin grêle (duodénum, jéjuno-iléon), et du gros intestin (caecum, colon ascendant, transverse et descendant, et rectum).

- L'estomac : c'est un estomac simple monoloculaire, avec un fundus développé et une incisure cardiale profonde (au niveau de l'insertion de l'œsophage).

Il présente des variations de volume remarquables en fonction de l'état alimentaire : plein, il entraîne un mouvement de recul de la rate et du rein gauche de une à deux vertèbres lombaires !

Son aspect radiographique est très variable en fonction de son contenu et de la projection radiographique ; Lorsqu'il est vide, ses contours sont difficiles à déterminer (il silhouette avec le foie). Lorsqu'il est plein, il est bien mieux visible et prend alors un aspect granuleux assez hétérogène.

La projection radiographique influe sur la répartition du gaz et du liquide dans la lumière stomacale : sous l'effet de la gravité, les liquides tombent en région déclive et les gaz remontent. Ainsi, sur une projection latérale gauche, le fundus est situé en région dorsale, en contact avec le foie. Le pylore est superposé au corps gastrique. L'air se trouve dans l'antrum pylorique et forme une image transparente ovale en partie crânio-ventrale de l'abdomen.

- L'intestin grêle : il comporte le duodénum et le jéjuno-iléon. Il est difficile à distinguer radiographiquement, sauf s'il contient de l'air.

Le duodénum comporte quatre parties : crâniale, descendante, transverse et ascendante. Les parties crâniale et transverse sont très brèves. La partie descendante ne s'étend pas au-delà de la pointe du lobe droit du pancréas, la partie ascendante remonte jusqu'à mi-longueur de la partie descendante. Ainsi, l'ensemble du duodénum se trouve à droite .

Le jéjuno-iléon, long de 1,5 m, est le plus mobile des organes abdominaux, et est en partie refoulé à gauche par le caecum et le colon ascendant.

La taille de l'intestin est un paramètre important à évaluer lors de l'examen d'un cliché (signe d'obstruction) : sa hauteur ne doit pas dépasser la hauteur de la partie centrale du corps d'une vertèbre lombaire.

- Le gros intestin : il est particulièrement développé chez le cynomolgus.

Contenant du gaz et des selles, il est facilement visible sur un cliché radiographique. Il existe une adhérence physiologique entre le caecum, le colon ascendant, le duodénum descendant et le rein droit (particularité du cynomolgus par rapport à d'autres macaques, comme le Rhésus).

Le développement du caecum et sa fixité en font un organe facilement auscultable dans le flanc droit. La démarcation entre le colon ascendant et le caecum est très difficilement visible. Des trois portions du colon, c'est le colon descendant qui est le plus développé, et sa topographie est variable en raison des moyens de fixité amples.

➤ Le foie

Le foie est un organe parenchymateux, volumineux, occupant la partie crâniale de la cavité abdominale. Sa lobation chez le cynomolgus est marquée : on distingue six lobes

anatomiquement (gauche latéral, gauche médial, droit latéral, droit médial, carré et caudé). Par contre, ses lobes ne sont pas individualisables sur un cliché radiographique normal. Il présente une opacité liquidienne homogène, avec une face diaphragmatique convexe et lisse, et une face viscérale (caudale) concave et irrégulière.

➤ **La rate**

La rate est un organe parenchymateux, apparaissant donc sur un cliché d'opacité liquidienne homogène. Elle a une forme grossièrement triangulaire avec deux faces (pariétale et viscérale), deux extrémités (crânio-dorsale et caudo-ventrale) et un corps.

Sa position varie en fonction de son engorgement sanguin et du volume de l'estomac :

- sur un animal à jeûn avec une rate non engorgée, elle se trouve sous le cercle de l'hyponchondre et n'est pas visible radiographiquement.
- si l'estomac est dilaté, elle est refoulée caudalement, et est plus facilement identifiable radiographiquement.

➤ **L'appareil urinaire**

Les reins se trouvent dans la région lombaire crâniale, de part et d'autre du plan médian, plus ou moins engagés sous l'arc costal, dans l'espace rétro-péritonéal.

Le rein droit, allant du 11^{ème} espace intercostal au bord caudal de la 2^{ème} vertèbre lombaire, s'étend plus crânialement que le rein gauche (va du bord caudal de la 1^{ère} vertèbre lombaire au bord crânial de la 4^{ème} lombaire, estomac vide).

Pour être visibles radiographiquement, les reins doivent être entourés d'une quantité suffisante de graisse : ils apparaissent alors comme des organes d'opacité liquidienne homogène, en forme de haricot ou d'aspect elliptique.

Le cynomolgus étant un animal maigre, ils ne sont pas individualisables radiographiquement.

Les uretères normaux ne sont pas visibles sur des clichés radiographiques sans préparation (cf urographie intraveineuse).

La vessie est située en partie caudo-ventrale de la cavité abdominale. Elle comporte un apex (crânialement), un corps et un col (caudalement). Sa taille et sa position varient en fonction de la quantité d'urine qu'elle contient. Pleine, elle peut s'étendre jusqu'à l'ombilic, et vide, elle peut être située entièrement dans la filière pelvienne et être invisible radiographiquement.

➤ **L'appareil génital**

Chez le mâle, la prostate est petite et invisible sur un cliché radiographique sans préparation. De forme ovalaire ou sphérique, elle se situe caudalement à la vessie, ventralement au rectum et dorsalement au pubis.

Chez la femelle, l'utérus, constitué d'un corps et de deux cornes, est situé dans l'abdomen caudal. Le corps et le col utérin sont en contact avec le rectum dorsalement et la vessie ventralement. Les cornes s'étendent crânialement pour se terminer au niveau des ovaires, situés caudalement aux reins.

L'utérus normal n'est pas visible radiographiquement, mais il le devient au cours de la gestation.

2.2) Incidence ventro-dorsale (cf. Planche 38)

a) Positionnement

Le macaque est placé en décubitus dorsal. Le centrage du faisceau de rayons X se fait un peu caudalement à l'ombilic, et le cadrage est réalisé de manière à ce que l'ensemble de l'abdomen soit inclus sur le cliché depuis l'appendice xiphoïde jusqu'aux hanches. Les membres thoraciques sont étirés crânialement, les membres pelviens sont étirés caudalement.

Des coussins de mousse peuvent être placés de part et d'autre de l'animal pour le stabiliser et éviter la rotation.

b) Critères de qualité

On doit avoir :

- l'ensemble de l'abdomen contenu sur le cliché.
- une symétrie des parties droite et gauche de l'abdomen par rapport à la colonne vertébrale.

c) Anatomie radiographique.

➤ **Le tube digestif**

- L'estomac : sont fundus et son corps sont situés à gauche du plan médian. La portion pylorique est située à droite et peut se superposer à la colonne vertébrale. L'air gastrique va être situé dans le corps et l'antrum pylorique.
- L'intestin grêle occupe la partie moyenne de la cavité abdominale, médialement au colon ascendant et au caecum.
- Le gros intestin est visible en partie caudale de la cavité abdominale. Le colon ascendant, situé latéralement à droite, accolé au caecum et proche du rein droit et du duodénum descendant, subit une inflexion vers la droite caudalement à la courbure gastrique pour donner le colon transverse. Il va ensuite s'infléchir caudalement, pour donner le colon descendant puis le rectum.

➤ **Le foie**

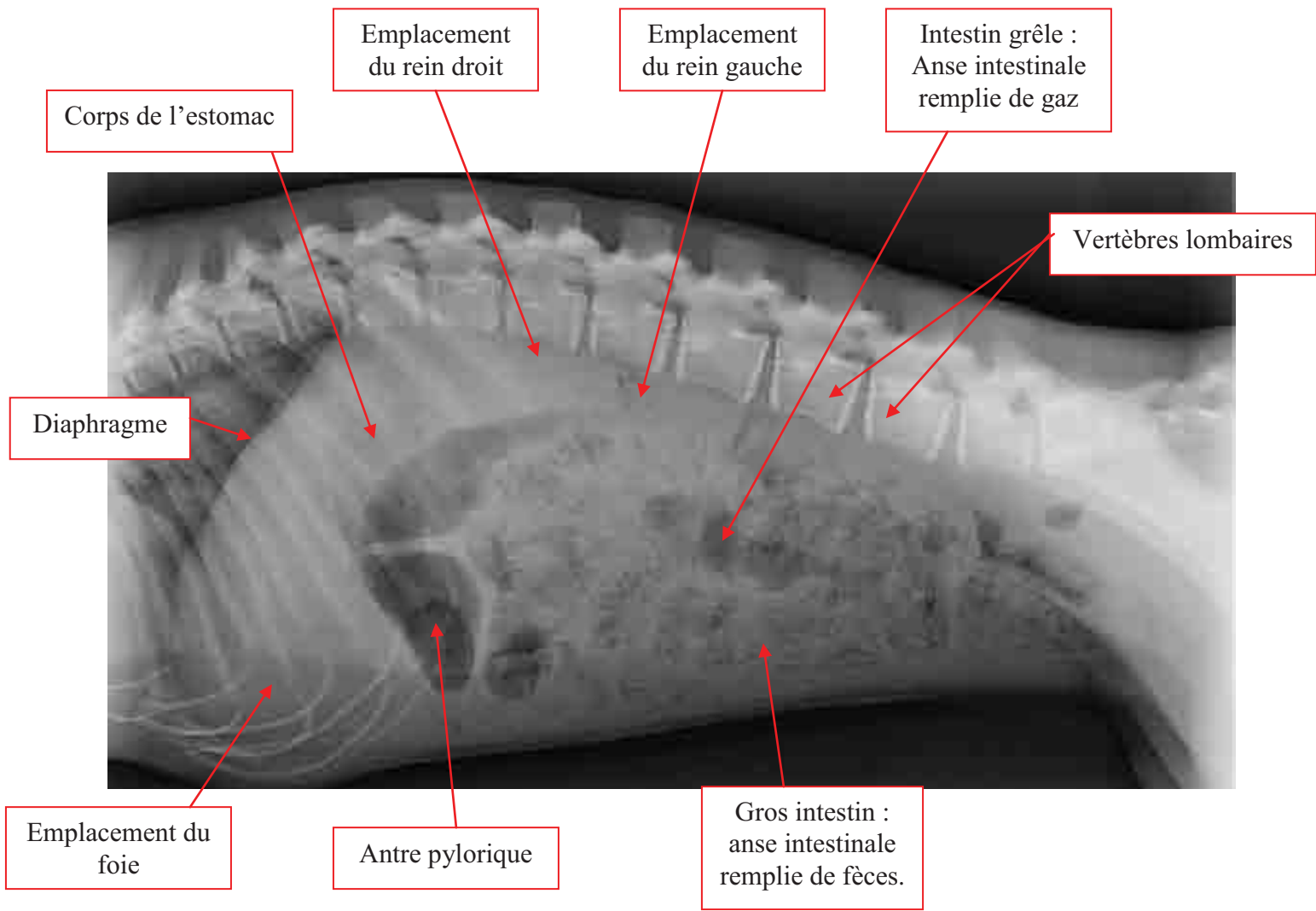
Il déborde plus du côté droit que du côté gauche.

➤ **La rate**

Le corps de la rate peut être visible, et forme alors une petite bande d'opacité liquidienne située caudo-latéralement au fundus gastrique, le long de la paroi du flanc gauche de l'abdomen.

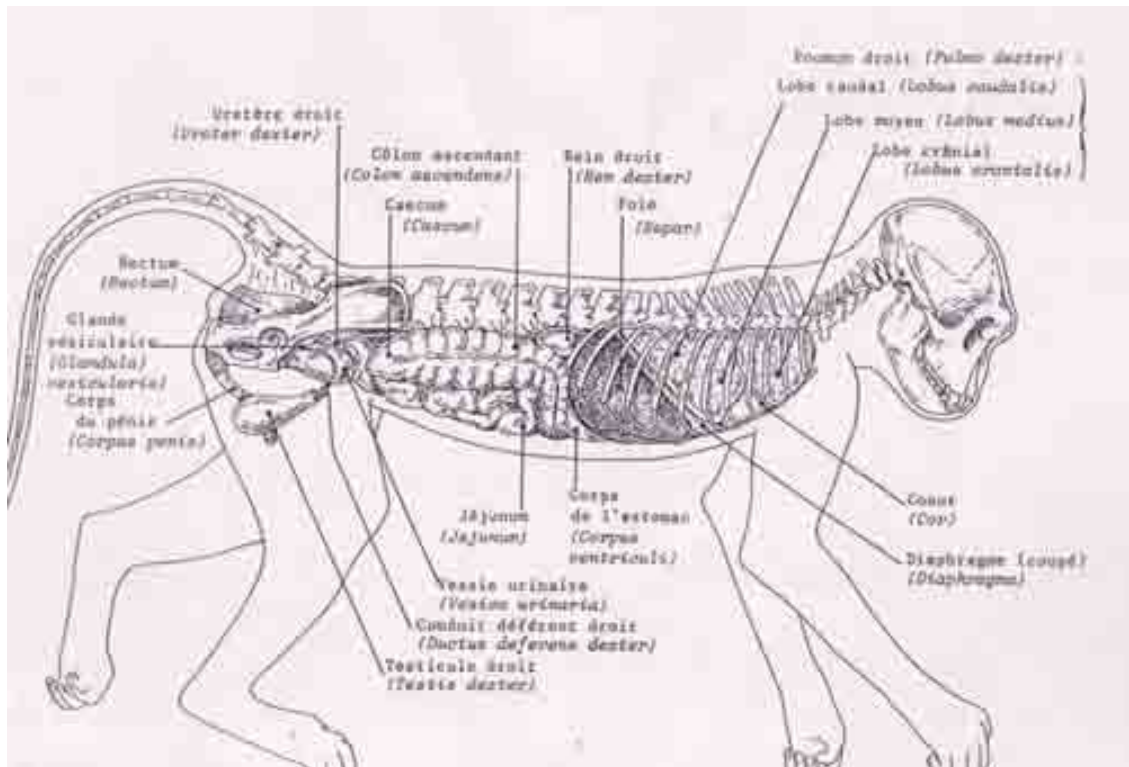
➤ **L'appareil urinaire**

Le rein droit est plus crânial que le rein gauche : il est situé contre le lobe caudé du foie, alors que le gauche est situé juste caudalement à l'estomac.

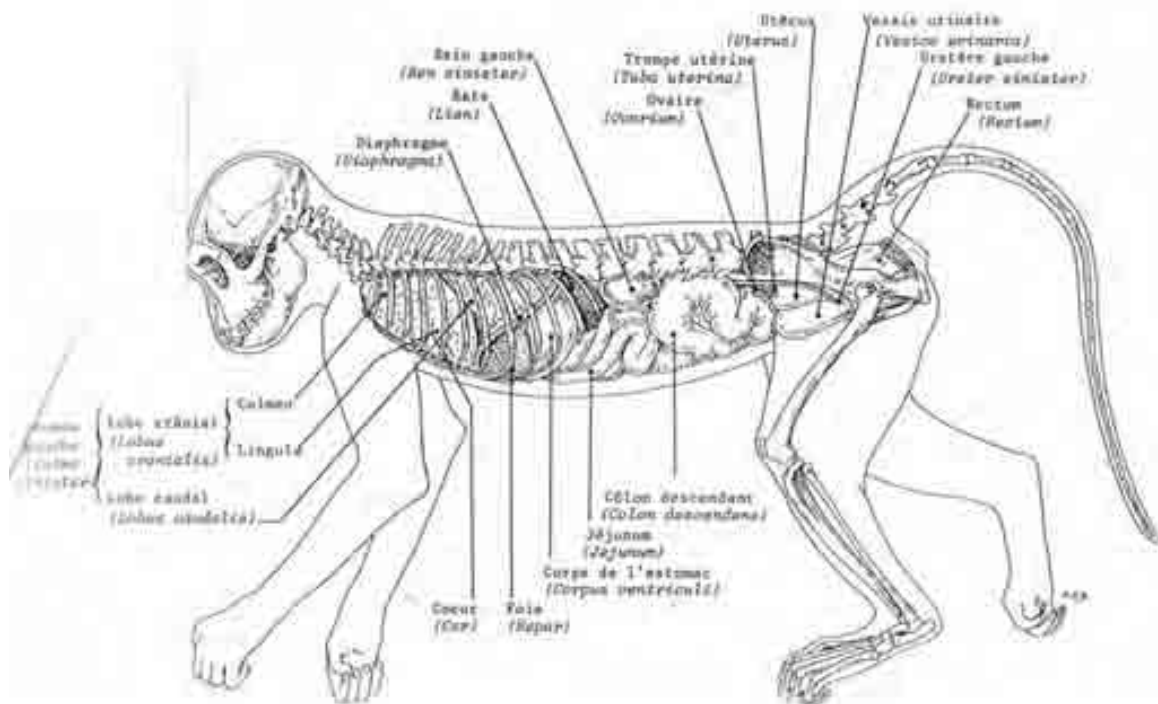


Incidence de profil (décubitus latéral droit).

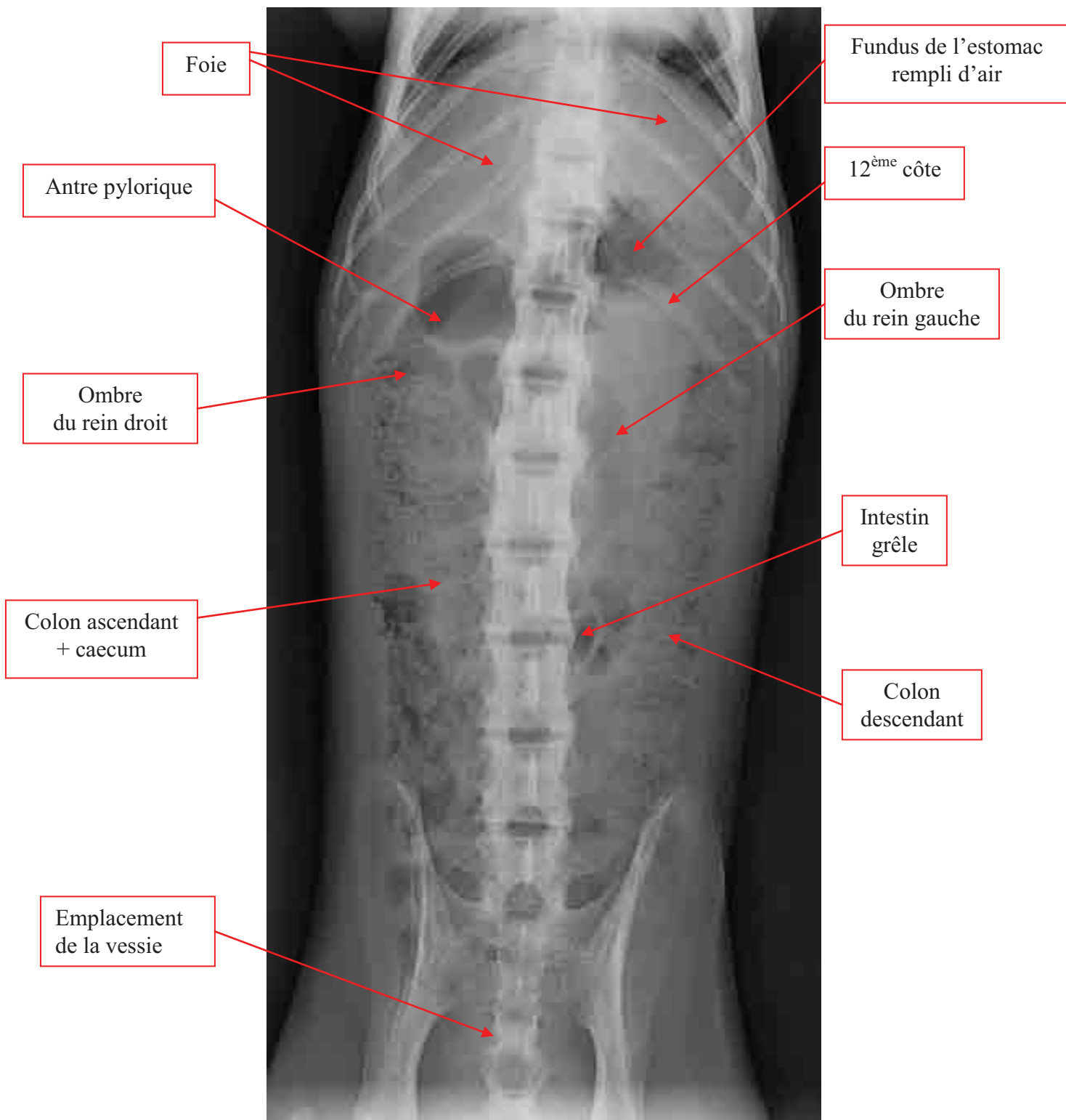
Planche 37 : Image radiographique de l'abdomen de *Macaca fascicularis*.



Doc 4 : Topographie des viscères du cynomolgus (viscères superficiels du côté droit, fixés en place).
 (« Anatomie systématique et topographique de la cavité abdomino-pelvienne du macaque cynomolgus », BAZILE. C, Th. :Med.Vet. : Lyon : 1995, p 41).



Doc 5 : Topographie des viscères du cynomolgus (viscères superficiels du côté gauche, fixés en place).
 (« Anatomie systématique et topographique de la cavité abdomino-pelvienne du macaque cynomolgus », BAZILE. C, Th. :Med.Vet. : Lyon : 1995, p 39).



Incidence ventro-dorsale.

Planche 38 : Image radiographique de l'abdomen de *Macaca fascicularis*.

3) RADIOGRAPHIES AVEC PREPARATION

Les examens radiographiques avec produits de contraste sont utilisés pour compléter ou confirmer les renseignements obtenus à partir de radiographies standards. Ils peuvent donner des informations sur

- La morphologie d'un organe ou d'une structure anatomique (taille, forme, position, état de la muqueuse, du contenu) : en prenant plusieurs clichés avec des incidences différentes.
- La fonction d'un organe ou son état fonctionnel : examen dynamique en prenant plusieurs clichés de manière séquentielle.

Ces examens particuliers ne doivent cependant jamais remplacer ou précéder l'examen standard ; ils vont permettre de révéler des lésions invisibles ou peu évidentes sur les radiographies sans préparation.

Les principes actifs utilisés dans ces études sont les suivants :

- des ions radio-opaques, souvent des iodures, fixés à des composés organiques préférentiellement concentrés ou excrétés par certains organes.
- des agents de contraste radiodenses infusés dans certaines structures creuses, comme les voies digestives, pour opacifier la lumière et enduire la surface de la muqueuse.

Le comportement de ces agents de contraste est alors étudié par des clichés radiographiques en série.

La préparation de l'animal pour ces examens radiographiques spéciaux est extrêmement importante : elle détermine souvent la valeur diagnostique des clichés.

L'évacuation des voies digestives est nécessaire pour la plupart des examens abdominaux spéciaux ; la présence de contenu gastro-intestinal diminue la qualité de l'étude si les organes ou les zones examinés sont cachés par des densités surimposées. Il est pour cela généralement suffisant de suspendre la nourriture 12 à 24 heures avant l'examen. Pour les cas où la diète prolongée est contre-indiquée (diabétiques), des aliments non granuleux peuvent être administrés.

A) TRANSIT BARYTE

1) INTRODUCTION

1.1) Principe

Il s'agit d'une étude avec opacifiant de l'estomac et de l'intestin. L'agent de contraste est administré oralement (ici au moyen d'une sonde oesophagienne) et des radiographies sont faites pendant son passage le long du tube digestif. Le sulfate de baryum, agent de contraste positif, est le plus souvent utilisé : les préparations les plus fréquemment utilisées sont des mélanges de particules de baryum micronisées et d'agents de suspension.

Des produits de contraste iodés sont également utilisés si l'on suspecte une perforation gastrique ou intestinale, ou si l'on souhaite un diagnostic rapide d'obstruction intestinale.

1.2) Indications et contre-indications

Les indications sont les cas de vomissements, les masses abdominales, une douleur ou une distension abdominale, des selles anormales (diarrhée, méléna), une perte de poids et une suspicion de corps étranger ou d'obstruction intestinale.

Les composés au baryum sont cependant contre-indiqués lors de suspicion de rupture du tube digestif : étant irritants, ils peuvent entraîner une péritonite ou une pleurésie.

Pour les animaux deshydratés ou pour lesquels l'équilibre hydrique est précaire, les produits de contraste hyperosmotiques (composés iodés solubles dans l'eau) sont contre-indiqués.

2) TECHNIQUE

2.1) Préparation de l'animal

Le tractus digestif est entièrement vidé pour ne pas être gêné lors de l'interprétation radiographique : une diète de 12 à 24 heures est réalisée avant l'examen, et en cas de besoin des lavements peuvent être effectués 2 à 4 heures avant la prise de clichés pour évacuer le gros intestin.

Il ne faut pas administrer de parasympatholytiques (atropine) ou d'antispasmodiques pour un transit baryté car ces substances ralentissent le transit digestif. De même, l'utilisation de barbituriques ou de xylazine peut agir sur le péristaltisme : on leur préfère l'utilisation de kétamine.

Il est préférable d'éviter une anesthésie générale et de donner le produit de contraste par voie orale dans la poche jugale de l'animal ; Mais dans le cas du cynomolgus, comme pour les autres clichés radiographiques, une anesthésie est indispensable. Le produit est alors administré au moyen d'une sonde oesophagienne ou mieux d'une sonde oro-gastrique ou naso-gastrique.

L'animal est intubé pour éviter tout risque de régurgitation et de fausse déglutition.

2.2) Les produits de contraste utilisés

Le produit de référence est une préparation à base de sulfate de baryum (Micropaque ND), présentée dans le commerce en suspensions de concentrations variées. L'opacification obtenue, en plus d'être excellente et très bon marché, assure une bonne couverture de la muqueuse.

En cas de suspicion de perforation digestive, on préférera l'utilisation d'une solution iodée hydrosoluble dont le contact avec le péritoine n'entraînera pas de péritonite (attention cependant chez les animaux deshydratés !). Ces substances produisent une bonne opacification du tube digestif, mais leur vitesse de transit est plus rapide que le sulfate de baryum et elles ne sont pas recommandées pour l'examen du relief de la muqueuse intestinale. On peut citer l'Omnipaque ND (Iohexol) et le Iopamiron 300 ND (Iopamidol). Même si on les utilise diluées (dilution à 1 pour 5, posologie de 10 ml/kg), leur coût élevé rend cependant leur utilisation très limitée en routine.

Le produit de contraste utilisé dans notre étude est le Micropaque ND, suspension de sulfate de baryum, à la posologie de **10 ml/kg** (après **une dilution à 1 pour 3**).

2.2) Protocole radiographique

On commence systématiquement par des clichés sans préparation, pour déceler des anomalies permettant d'établir un diagnostic sans avoir recours à l'utilisation de produit de contraste. Si aucun diagnostic n'est établi et que le tube digestif apparaît vide, on peut alors réaliser le transit baryté. Les constantes utilisées sont les mêmes que pour les clichés radiographiques standards.

Les incidences choisies pour les clichés radiographiques sont une incidence latérale droite et une incidence ventro-dorsale ; ces clichés sont réalisés à T0 (instant marquant la fin de l'administration du produit de contraste), T10 (10 minutes après), T30, T60, T120, T180, T240, T300, T360, T 24 heures.

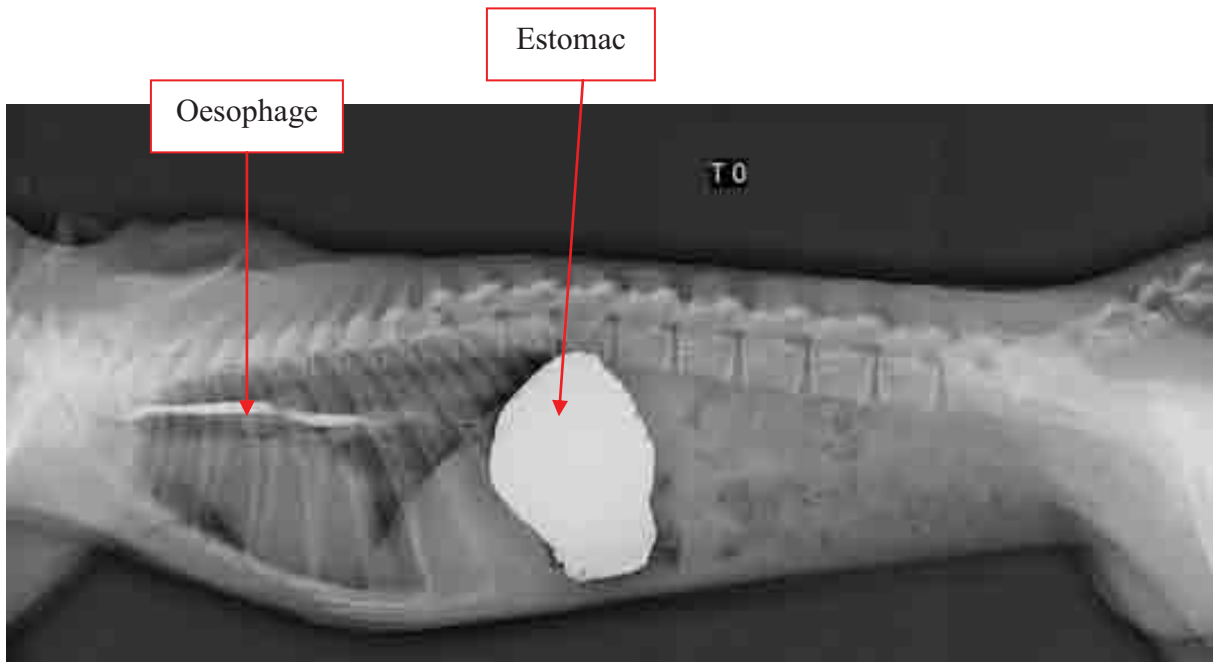
L'examen radiographique est considéré comme terminé lorsque le produit de contraste a atteint le colon et que l'estomac est vide.

3) IMAGES RADIOGRAPHIQUES

Cf. planches 39 à 48.

L'image du tube digestif change constamment du fait des contractions péristaltiques : avant de conclure à la présence d'une anomalie, il faut observer une image anormale sur plusieurs clichés successifs.

Des études par double contraste (administration d'une grande quantité d'air après le produit de contraste) sont particulièrement intéressantes pour mettre en évidence des corps étrangers radio-transparents.

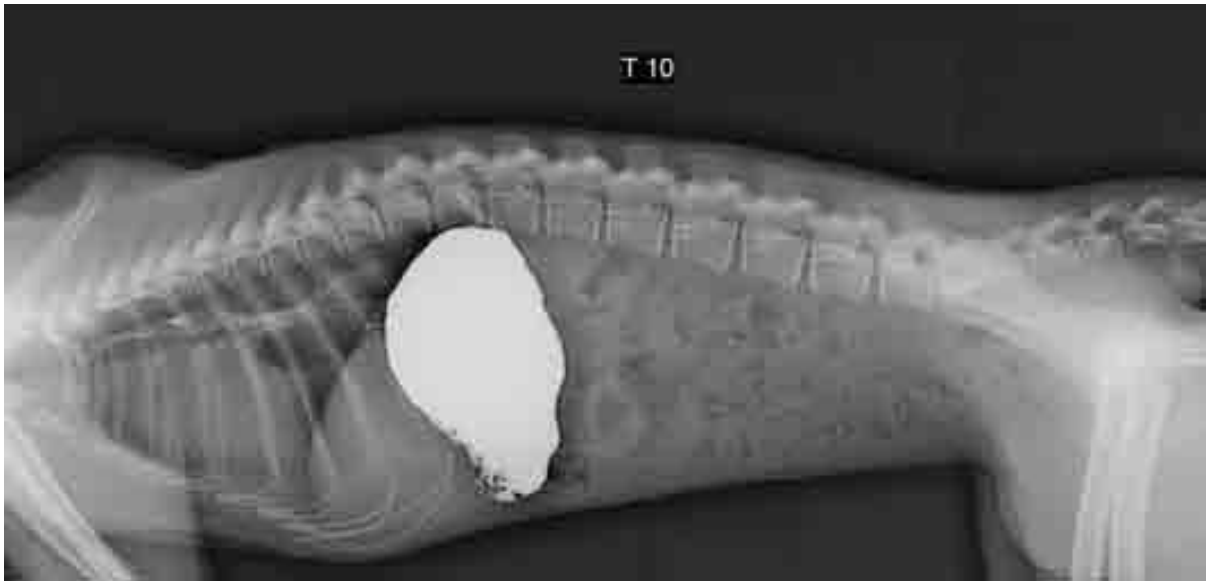


Incidence latérale droite T 0.



Incidence ventro-dorsale T 0.

Le macaque placé en décubitus latéral droit, le produit de contraste est administré par la sonde oesophagienne. Les contractions de l'œsophage (expliquant son diamètre irrégulier) emportent la baryte jusque dans l'estomac, dont la cavité apparaît très dense, remplie de produit de manière homogène.

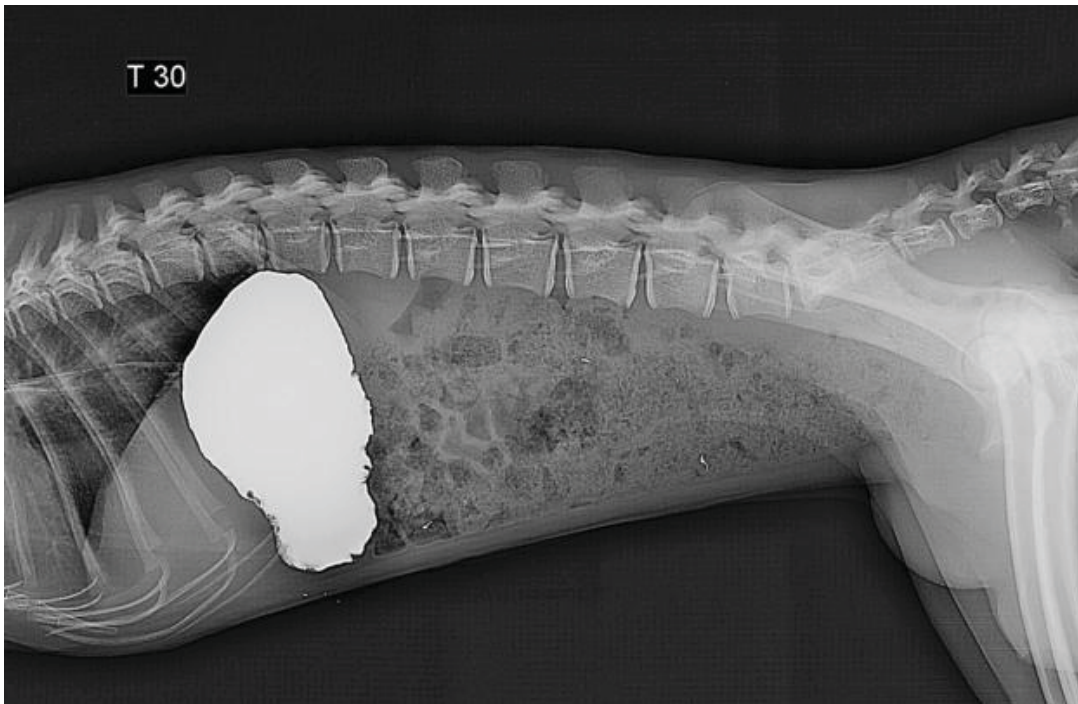


Incidence latérale droite T 10.

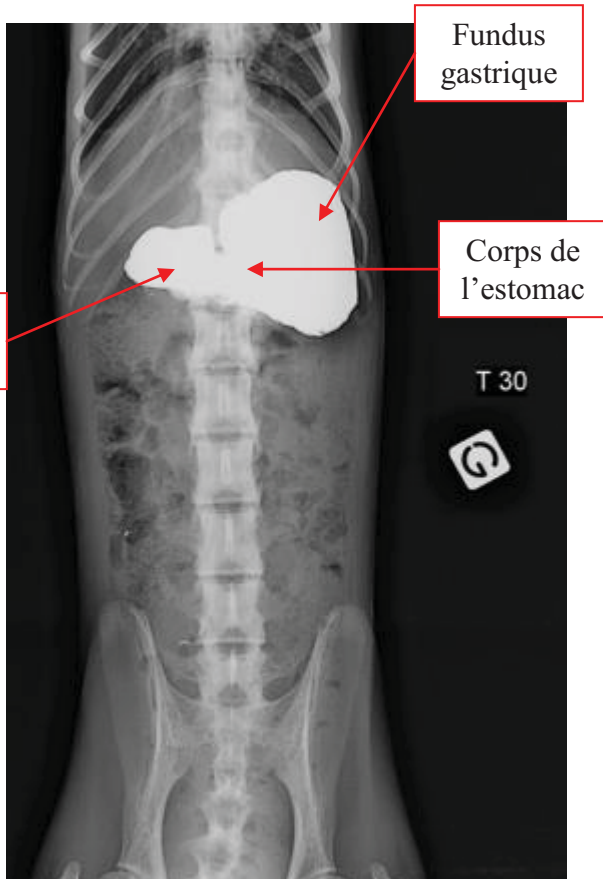


Incidence ventro-dorsale T 10.

Au bout de 10 minutes, la baryte est entièrement passée dans l'estomac et commence à le remplir (fundus + corps de l'estomac).



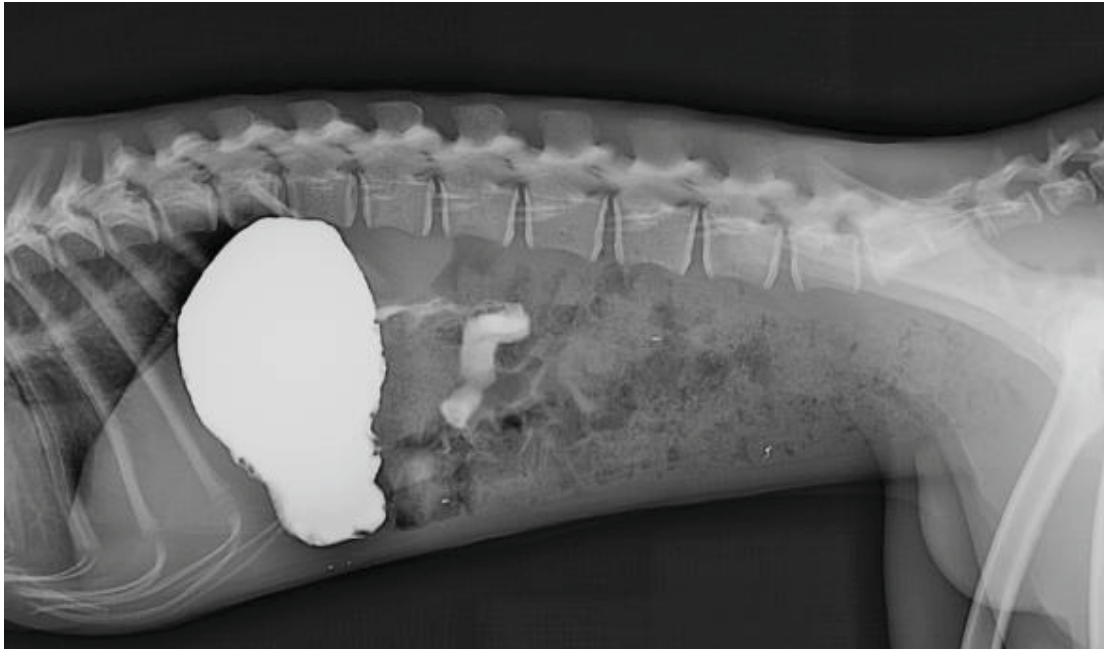
Incidence latérale droite T 30.



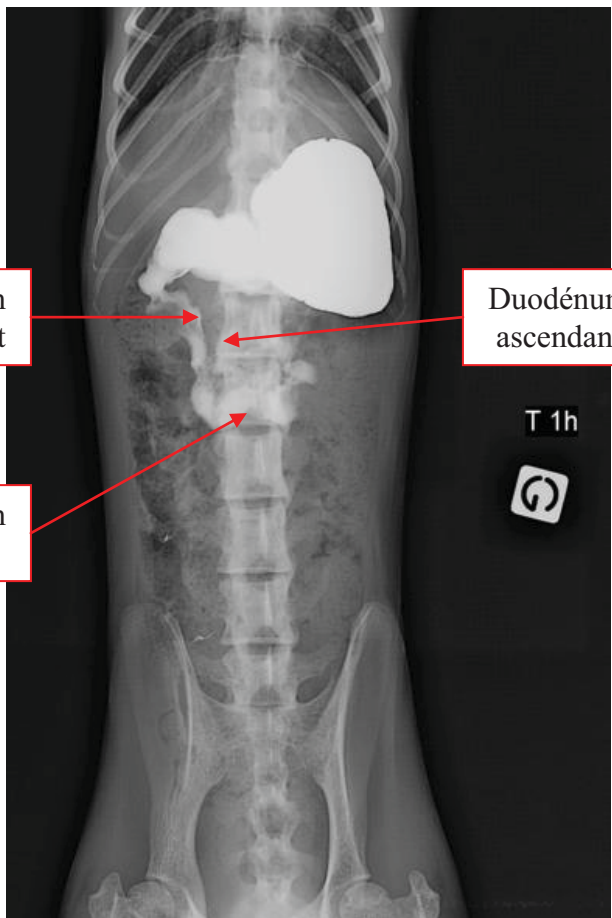
Incidence ventro-dorsale T 30.

La baryte, soulignant la totalité de l'estomac, a atteint l'antre pylorique et commence à passer dans le duodénum.

Planche 41 : Radiographies du transit baryté de *Macaca fascicularis* à T 30.

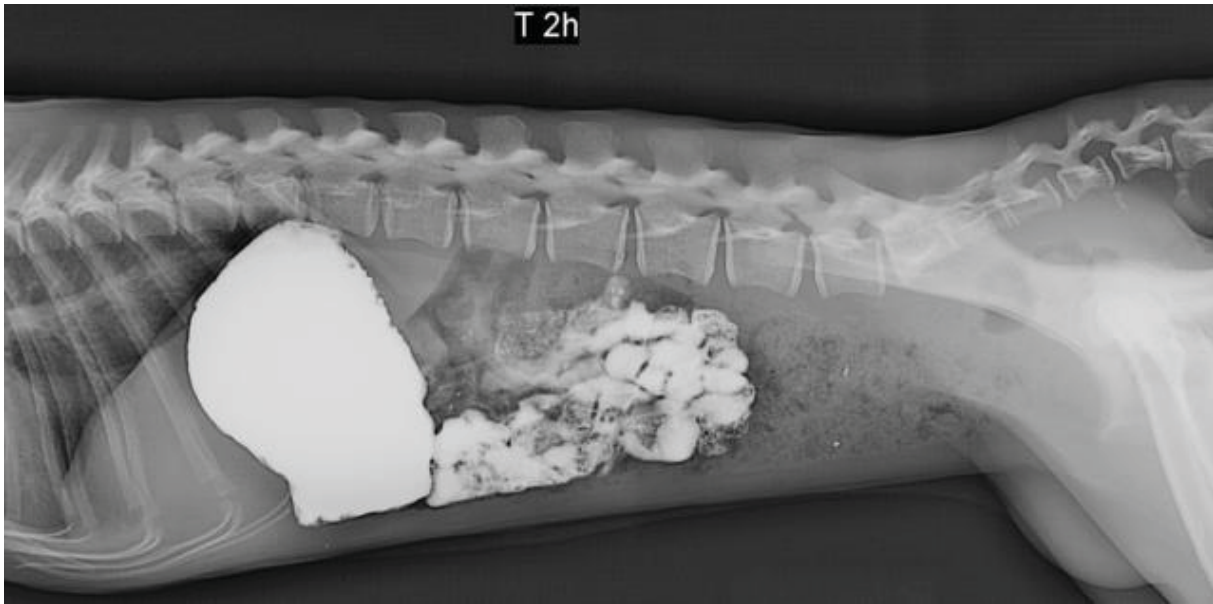


Incidence latérale droite T 60.



Incidence ventro-dorsale T 60.

Les différentes parties du duodénum sont ici mises en évidence : il apparaît relativement court (10 cm environ, diamètre de 1 à 1.5 cm).
Le produit de contraste passe dans le jéjunum, légèrement plus étroit que le duodénum (environ 0.9 cm).

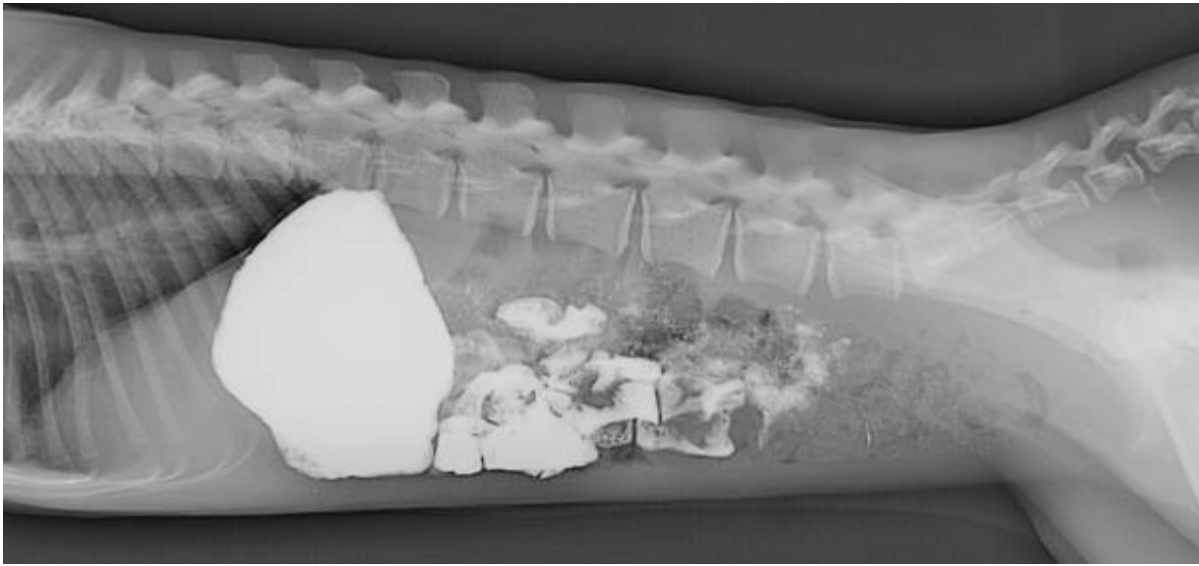


Incidence latérale droite T 120.

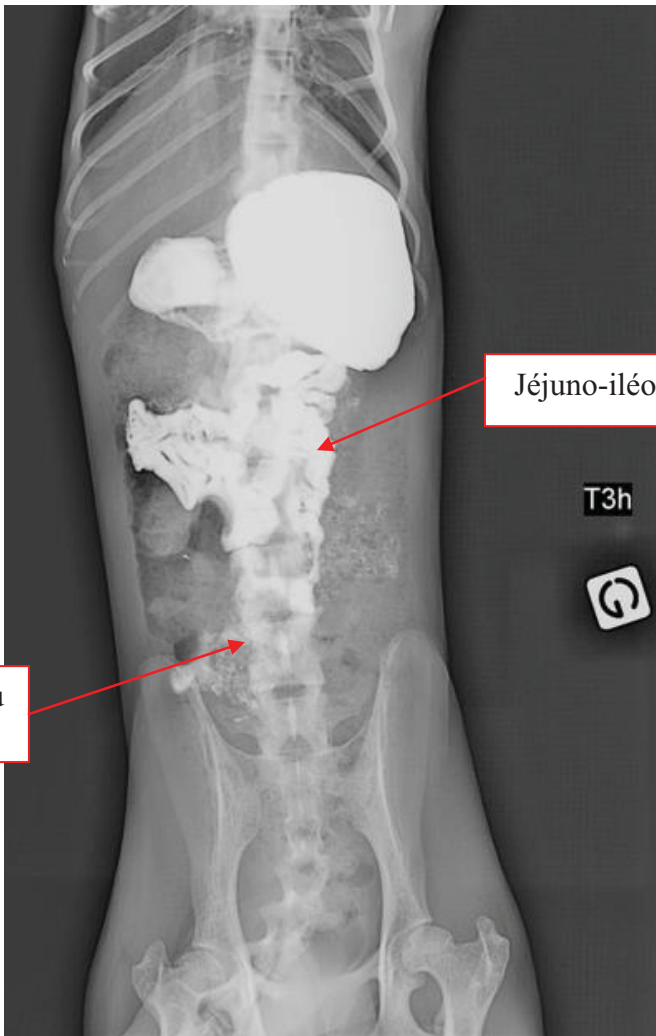


Incidence ventro-dorsale T 120.

L'intestin grêle se remplit progressivement de produit de contraste : il apparaît sous la forme d'un ruban blanc aux contours lisses, divisé par des contractions segmentaires (ondes de péristaltisme). Ces rétrécissements symétriques, normaux, ne persistent pas sur plusieurs clichés successifs. Des bulles de gaz peuvent être présentes dans la lumière intestinale et former des images ovales transparentes (par soustraction lumineuse).

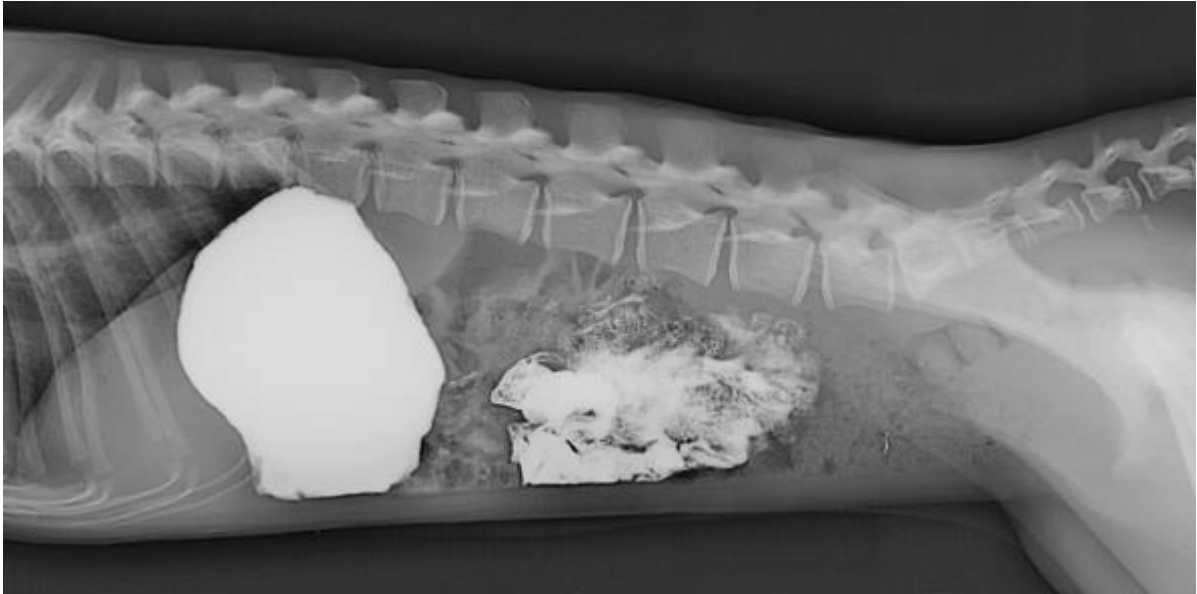


Incidence latérale droite T 180.



L'intestin grêle présente une muqueuse lisse et régulière. Le produit de contraste commence à entrer dans le caecum (situé entre l'iléon et le colon ascendant).

Incidence ventro-dorsale T 180.



Incidence latérale droite T 240.

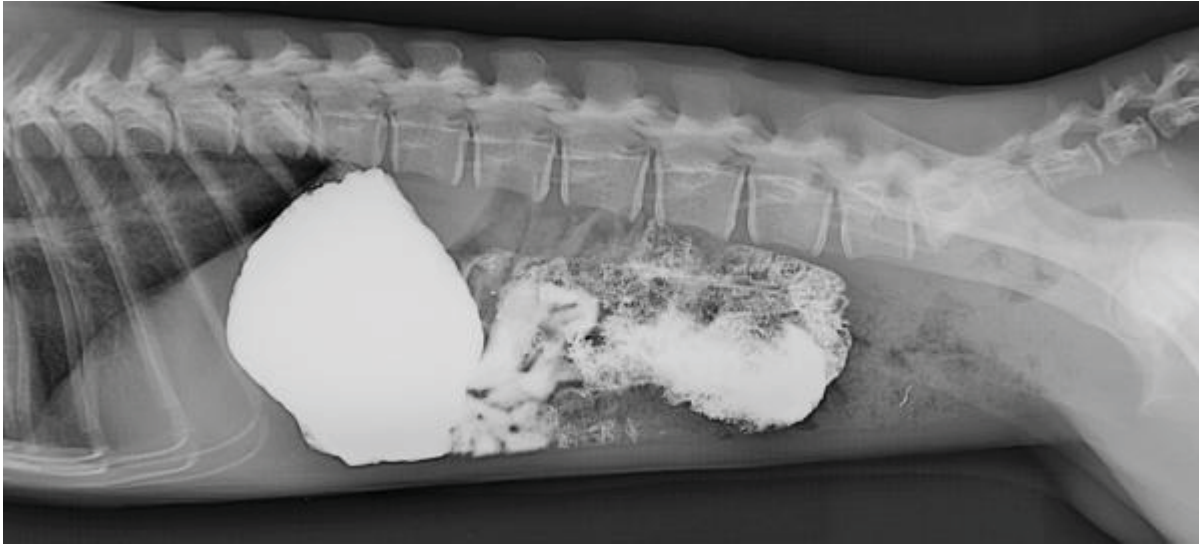


Caecum + colon
ascendant

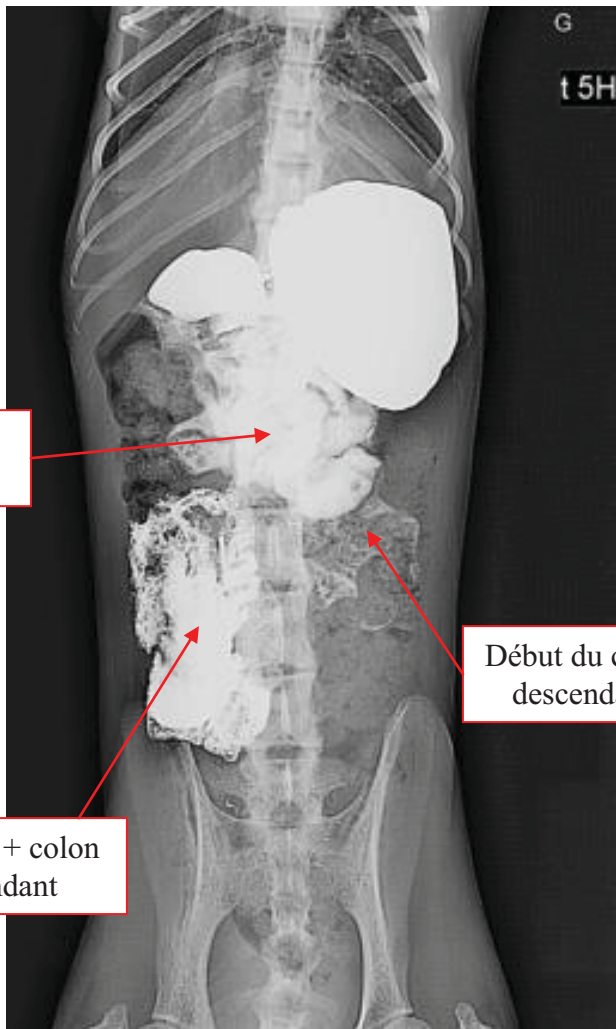
Le produit de contraste est maintenant présent dans le caecum et le colon ascendant. On observe ici une segmentation de la colonne de contraste : la continuité de la colonne dépend de la régularité de l'écoulement à partir de l'estomac et de la vitesse du transit dans l'intestin grêle (plus rapide au début qu'à la fin).

Incidence ventro-dorsale T 240.

Planche 45 : Radiographies du transit baryté de *Macaca fascicularis* à T 240.

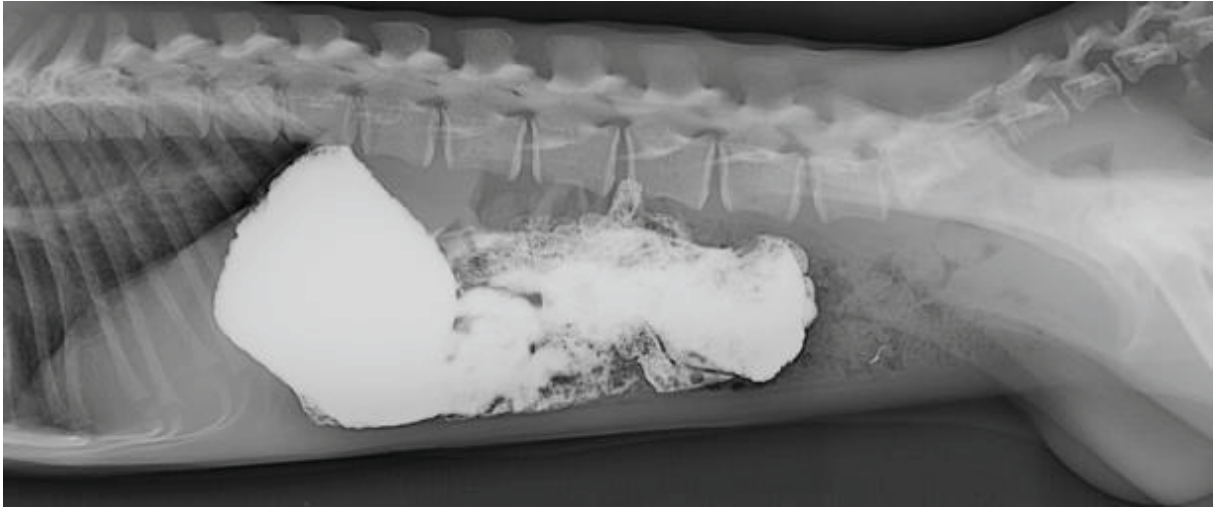


Incidence latérale droite T 300.

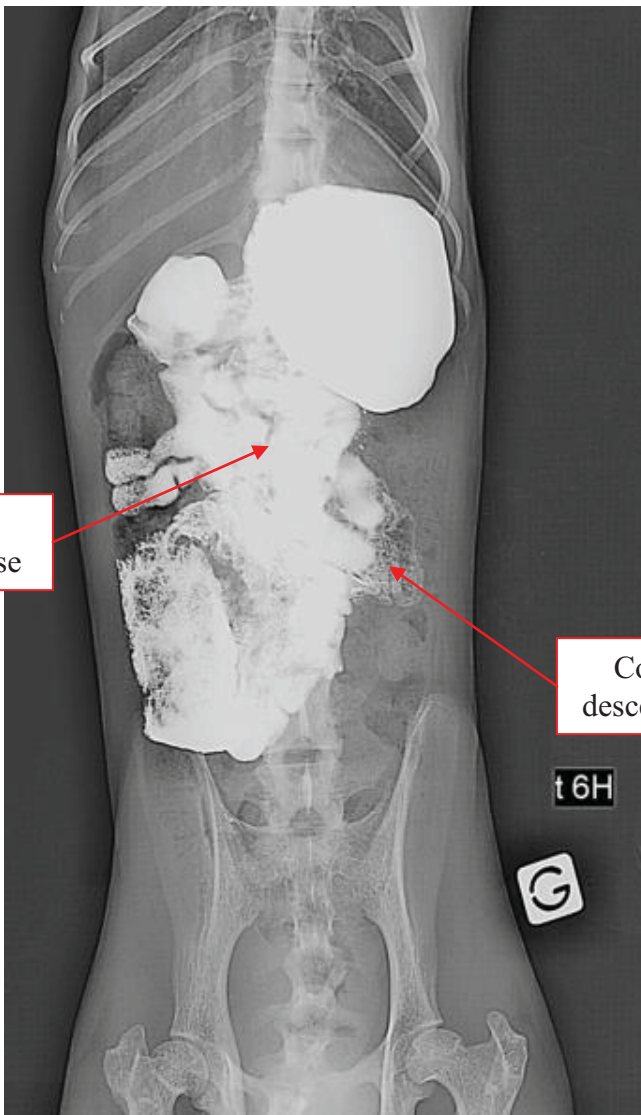


Le produit de contraste souligne ici le gros intestin : on a le caecum et le colon ascendant le long de la paroi abdominale à droite sur le cliché ventro-dorsal, le colon transverse dans la partie caudale à l'estomac et le colon descendant le long de la paroi du côté gauche.

Incidence ventro-dorsale T 300.



Incidence latérale droite T 360.

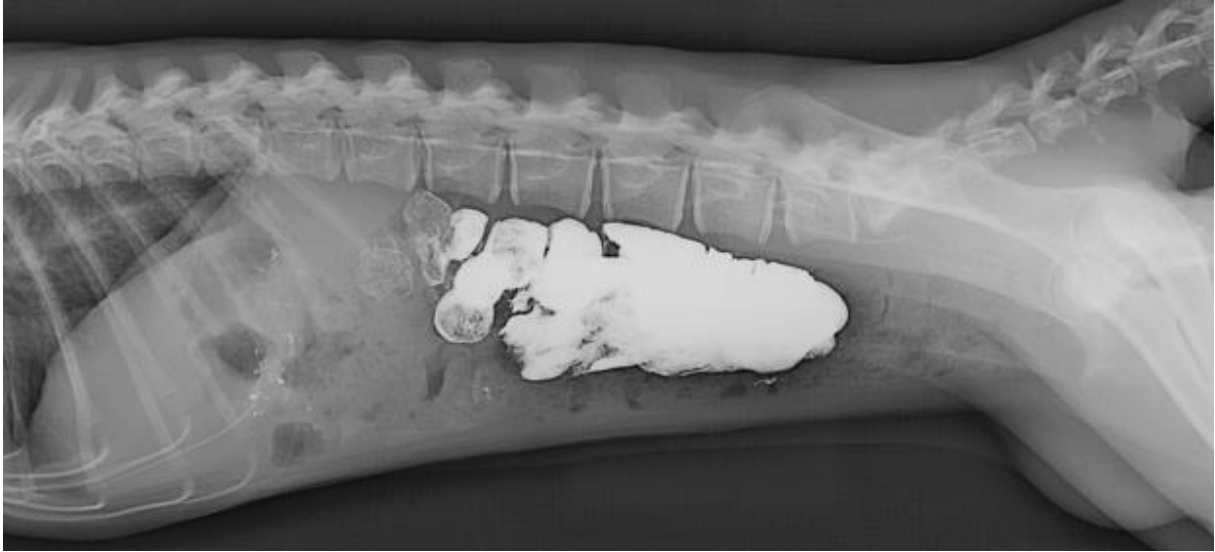


Colon
transverse

Colon
descendant

Le produit de contraste est essentiellement dans le gros intestin. Le contour muqueux du colon apparaît lisse et régulier, son diamètre étant relativement homogène.

Incidence ventro-dorsale T 360.



Incidence latérale droite T 24 H.



Incidence ventro-dorsale T 24 H.

Après le passage de la majeure partie du produit de contraste, l'intestin forme des images tubulaires aériques délimitées par des lignes opaques, dues à l'adhérence du produit de contraste à la muqueuse. On note la persistance de produit de contraste dans le caecum.

Planche 48 : Radiographies du transit baryté de *Macaca fascicularis* à T 24 H.

B) UROGRAPHIE INTRAVEINEUSE

Les radiographies standard ne fournissent que très peu d'informations sur le tractus urinaire : chez le cynomolgus on ne voit ni les reins ni les uretères, et la vessie n'est visible que si elle n'est pas intrapelvienne. On a donc recours à d'autres examens pour mieux évaluer ces organes.

Comparée à l'échographie, qui est une technique sûre et peu invasive, l'urographie intraveineuse est plus accessible techniquement, notamment pour évaluer les bassinets et les uretères.

1) INTRODUCTION

1.1) Principe

L'urographie intraveineuse repose sur la capacité des reins à concentrer et à excréter des agents de contraste organiques iodés en quantités suffisamment élevées pour rendre l'urine radio-opaque. On obtient une évaluation de la structure de tout le tractus urinaire supérieur (taille, forme, position) et de la fonction excrétrice des reins.

Plusieurs facteurs vont influencer sur la concentration urinaire du produit de contraste : le degré d'hydratation de l'animal, la quantité de produit administrée, la vitesse d'administration, le fonctionnement du rein.

Par contre, on n'obtient pas d'informations quantitatives sur la fonction rénale.

1.2) Indications et contre-indications

On réalise cet examen lors de troubles urinaires fonctionnels (hématurie, pyurie, incontinence, polyurie, oligurie), de suspicion d'uretères ectopiques, de trauma avec uro-abdomen, de masse rénale.

Cependant, les produits de contraste utilisés étant hyperosmotiques, leur administration est contre-indiquée chez les animaux deshydratés.

2) TECHNIQUE

2.1) Préparation de l'animal

Il faut réaliser une diète de 12 à 24 heures pour évacuer du tractus digestif tout matériau radio-opaque qui viendrait se superposer aux reins, aux uretères ou à la vessie.

Le macaque doit être correctement hydraté.

2.2) Les produits de contraste utilisés

On utilise un produit de contraste iodé à élimination rénale, à la posologie de 800 mg d'iode par kg : les plus utilisés sont l'iotalamate, l'ioxitalamate et le diatrizoate.

Dans cette étude, le Télébrix ND (ioxitalamate de méglumine) a été utilisé. Il est administré par cathéter intraveineux placé sur la veine céphalique.

2.3) Protocole radiographique

Avant préparation, des clichés standard de l'abdomen sont réalisés pour pré-établir les constantes radiographiques.

Puis après injection du produit de contraste, des clichés radiographiques sont effectués en projections latérale droite et ventro-dorsale à T0 (fin d'injection), T + 5 minutes, T10, T12, T15 et T20.

Des clichés supplémentaires en projection ventro-dorsale oblique gauche et droite sont réalisés à T25.

3) IMAGES RADIOGRAPHIQUES

cf. planches 49 à 52.

L'urographie est divisée en trois phases :

- La phase « néphrogramme » : visible immédiatement après injection du produit de contraste, elle montre une opacification homogène diffuse du parenchyme rénal alors que le produit de contraste est uniformément distribué dans le système vasculaire (il n'est pas encore présent dans le bassinet). Ce stade montre l'irrigation sanguine et la perfusion du rein.

Cette phase, très brève, est rarement visualisée.

- La phase « pyélogramme » : le produit de contraste, filtré dans le système collecteur avec l'urine, rend visible le bassinet et les diverticules (de manière plus intense que le parenchyme rénal) ; on voit cette phase à partir de T 5 , plus nettement à T 10. Elle permet de mieux percevoir le système collecteur rénal (visualisation des lésions en cas de pyélonéphrite). En combinant les informations fournies par ces deux premières phases, on peut évaluer le rapport cortico-médullaire rénal.

- La phase d'évacuation : l'urine opacifiée se vide dans la vessie (T20). Cette phase est utilisée pour mettre en évidence la stase de l'urine et l'obstruction des voies urinaires.

Sur les clichés obtenus à T0, on arrive à distinguer légèrement les contours des reins (notamment sur la projection ventro-dorsale) : on peut détecter une anomalie de la taille des reins, de leur forme, de leur emplacement.

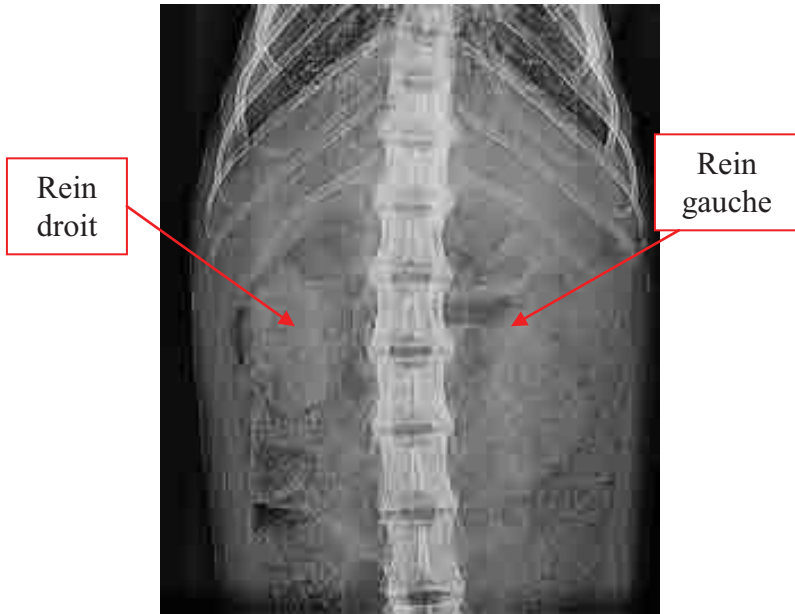
A T5, on commence à distinguer le bassinet du rein droit en projection ventro-dorsale.

A T10, on est dans la phase pyélogramme : on distingue en projection ventro-dorsale le bassinet de chaque rein et le départ des uretères. On peut alors détecter une anomalie de la taille des uretères , de la forme des bassinets, des défauts de remplissage, ...

A T12, on distingue chaque uretère, leur diamètre, leur contour.

Une bonne visualisation de l'abouchement vésical des uretères est obtenue à T20.

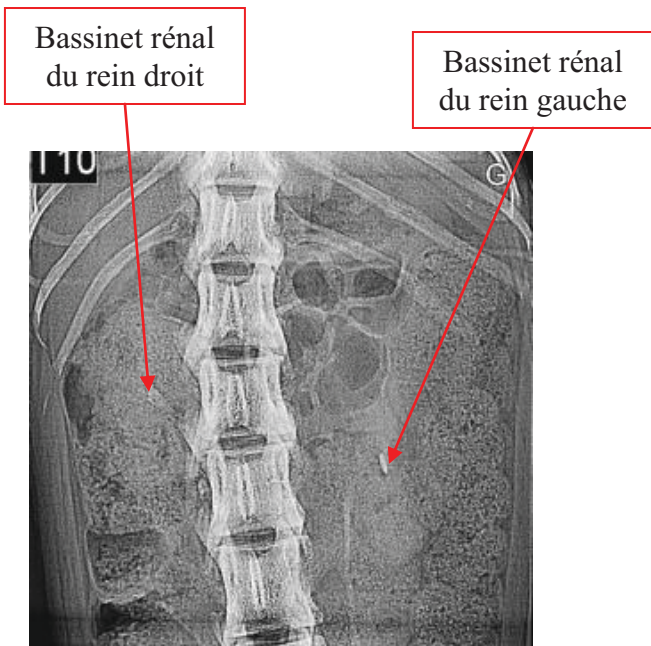
Pour mieux dégager le trajet des uretères, des clichés supplémentaires en vue oblique à T25 ont été réalisés.



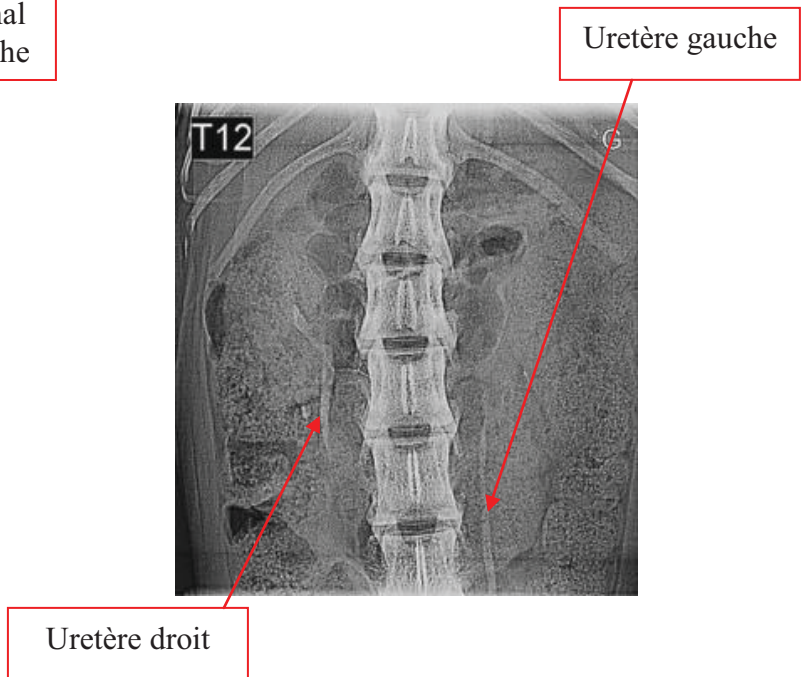
Incidence ventro-dorsale : T 0



Incidence ventro-dorsale : T 5



Incidence ventro-dorsale : T 10

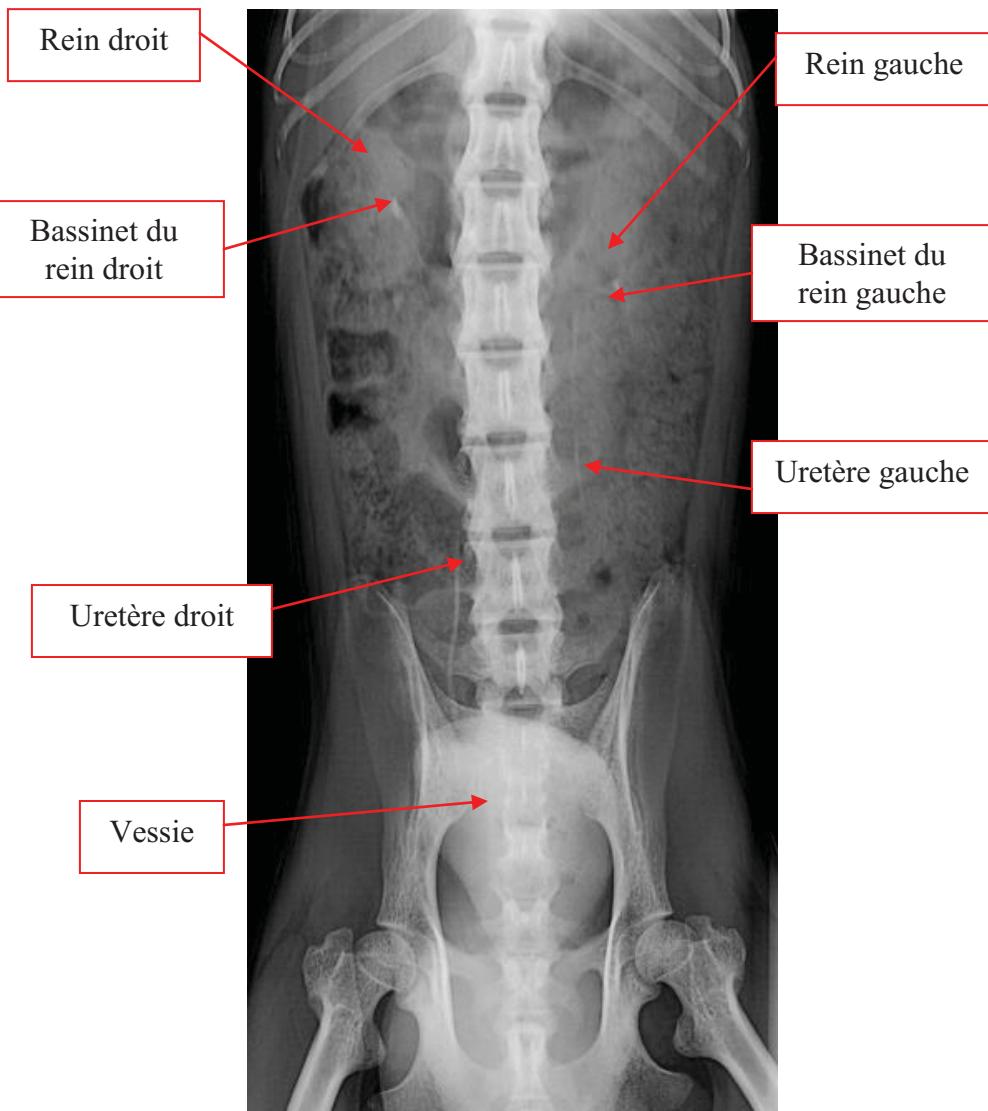


Incidence ventro-dorsale : T 12

Planche 49 : Urographie intra-veineuse de *Macaca fascicularis*, images ventro-dorsales de T0 à T12.

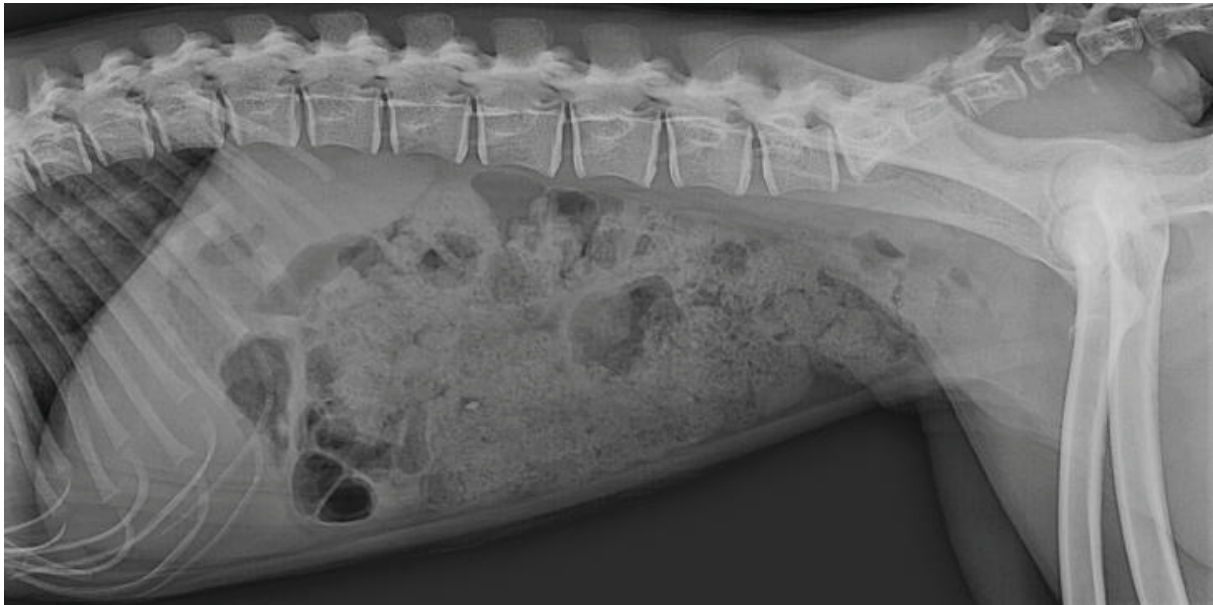


Incidence ventro-dorsale : T 15

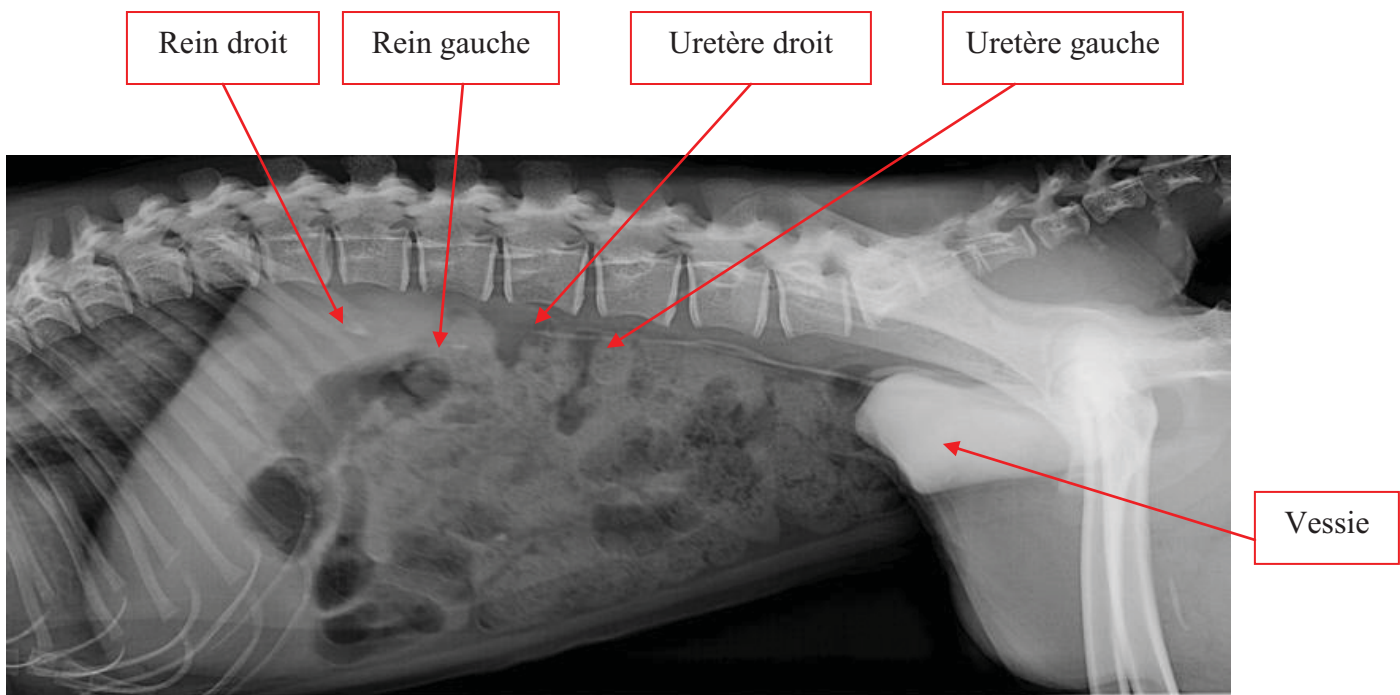


Incidence ventro-dorsale à T 20.

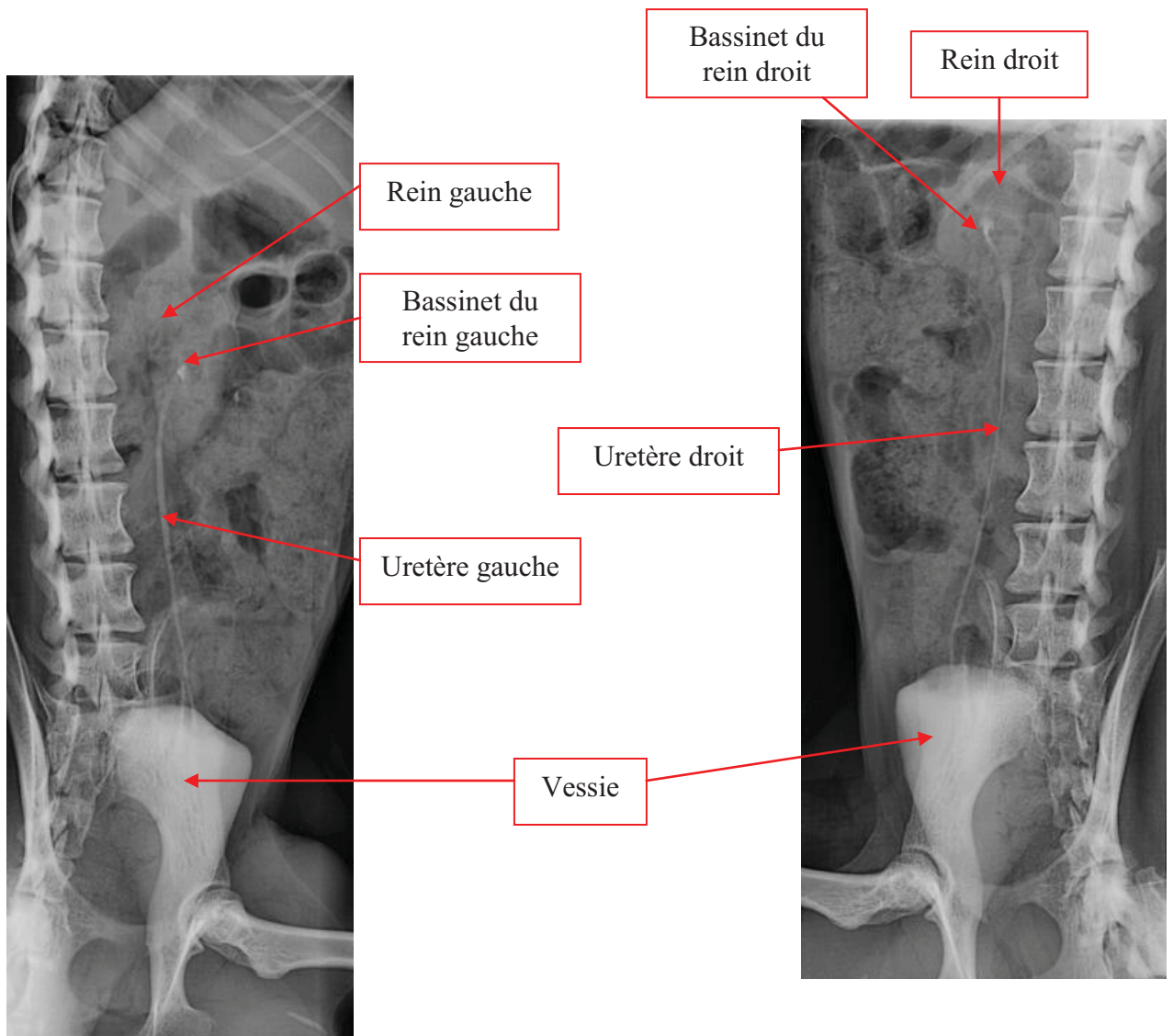
Planche 50 : Urographie intra-veineuse de *Macaca fascicularis*, images ventro-dorsales à T15 et à T20.



Incidence latérale droite à T 0.



Incidence latérale droite à T 20.



Incidence ventro-dorsale oblique gauche à T 25.

Incidence ventro-dorsale oblique droite à T 25.

CONCLUSION

La radiographie, peu onéreuse et accessible, reste la technique d'imagerie de première intention en médecine vétérinaire.

Cependant, les clichés radiographiques restent des projections sur un plan de structures en trois dimensions ; de plus, il s'agit d'images prises à un moment précis d'organes en constante évolution. Leur interprétation requiert donc au préalable le respect de protocoles rigoureux dans la réalisation des clichés, ainsi qu'une très bonne connaissance anatomique et sémiologique.

La visualisation d'images anormales ne pouvant se faire qu'en connaissant parfaitement les images dans des conditions physiologiques, nous nous sommes attachés à réaliser des clichés radiographiques de référence d'un maximum de structures et d'organes. Nous avons donc radiographié l'ensemble du squelette, le thorax et l'abdomen dans des conditions standard. L'utilisation de produits de contraste nous a fourni un supplément d'informations important par rapport aux radiographies sans préparation dans l'évaluation radiographique de certains organes, comme le tractus digestif (transit baryté) et l'appareil urinaire (urographie intraveineuse).

La réalisation d'un CD-ROM, joint à cette thèse, et contenant l'ensemble des radiographies avec et sans légendes et des photographies légendées, permettra en plus au lecteur d'analyser de manière plus approfondie les clichés radiographiques sans être gêné par les annotations.

La radiographie ne constitue cependant qu'un des nombreux outils diagnostiques disponibles, et présente certaines limites, notamment dans l'exploration individuelle des tissus mous ; d'autres techniques d'imagerie plus poussées sont alors mises en œuvre, comme la tomodensitométrie (scanner), l'Imagerie par résonance magnétique (IRM), l'échographie ou l'endoscopie.

Nous espérons que malgré le nombre limité de sujets, notre étude aura conservé tout le caractère pratique que nous avons essayé de lui donner.

AGREMENT ADMINISTRATIF

Je soussigné, A. MILON, Directeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, certifie que

Mr CONNEFROY Sébastien, Philippe, Yves-marie

a été admis(e) sur concours en : 2002

a obtenu son certificat de fin de scolarité le : 13 septembre 2007

n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.

AGREMENT SCIENTIFIQUE

Je soussigné, Jacques DUCOS de LAHITTE, Professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, autorise la soutenance de la thèse de :

Mr CONNEFROY Sébastien, Philippe, Yves-marie


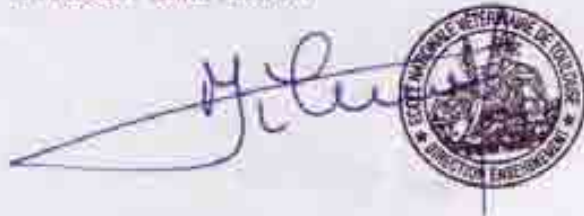
intitulée :

« Atlas radiographique du macaque cynomolgus (*Macaca fascicularis*) »

**Le Professeur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Professeur Jacques DUCOS de LAHITTE**



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



**Vu :
Le Président de la thèse :
Professeur Alexis VALENTIN**



**Vu le :
Le Président
de l'Université Paul Sabatier
Professeur Gilles FOURTANIER**

15 MARS 2010



BIBLIOGRAPHIE

1. BARONE, R.
Anatomie comparée des mammifères domestiques, Tome 1, Ostéologie. 3^{ème} édition.
Paris : Vigot, 1984.
2. BARONE, R.
Anatomie comparée des mammifères domestiques, Tome 2, Arthrologie et Myologie. 3^{ème} édition.
Paris : Vigot, 1984.
3. BARONE, R.
Anatomie comparée des mammifères domestiques, Tome 3, Splanchnologie 1. 2^{ème} édition.
Paris : Vigot, 1984.
4. BARONE, R.
Anatomie comparée des mammifères domestiques, Tome 3, Splanchnologie 2. 2^{ème} édition.
Paris : Vigot, 1984.
5. BARTHEZ, P.
Technique en radiologie des petits animaux.
Paris : CNVSPA-PMCAC, 1997.180p.
6. BAZILE, C.
Anatomie systématique et topographique de la cavité abdomino-pelvienne du macaque cynomolgus.
Th. :Med.Vet. : Lyon : 1995 ; 071.117p.
7. BAZILE, C., PROT, N., ROCHETTE, D., ROGER, T.
Atlas d'anatomie viscérale du singe cynomolgus (*Macaca fascicularis*).
Sci Tech Anim Lab (1955), 20, 201-240.
8. CHEN, L.
Atlas radiographique du macaque de Barbarie (*Macaca sylvanus*).
Th : Med. Vet. : Toulouse : 2006 ; 118p.
9. CONTAMIN, H.
Anesthésie, analgésie et euthanasie des Primates Non Humains : aspects pratiques.
In : colloque de l'AFSTAL, Dijon, FR, juin 2003.
10. DESCHER, P.
Anatomie des membres thoraciques et pelviens du macaque cynomolgus (*Macaca fascicularis*) : ostéologie et arthrologie.
Th. : Med. vet. :Lyon : 1999 ; 068.137p.
11. FERRON R.R.
Restraining Boards for Radiography of Small Primates.
Laboratory Animal Care, 16 (5) : 459-464, 1966.

12. FLECKNELL, P., A.
An Introduction for Research Workers and Technicians.
Laboratory Animal Anesthesia, Academic Press, 1989.
13. GATINEAU, M.
Atlas radiographique du singe vert (*Chlorocebus aethiops*).
Th. : Med. Vet. : Toulouse : 2006 ; 157p.
14. GRASSE, P.P.
Traité de zoologie : Anatomie, Systématique, Biologie.
Paris : Masson et Cie Editeurs, 1955. Tome XVII, fascicule II, 1125p.
15. GRASSE, P.P.
Traité de zoologie : Anatomie, Systématique, Biologie.
Paris : Masson et Cie Editeurs, 1973. Tome XVI, fascicule V, volume I, 1063p.
16. GRASSE, P.P.
Traité de zoologie : Anatomie, Systématique, Biologie. Mammifères : Téguments, Squelette.
Paris : Masson et Cie Editeurs, 1967. Tome XVI, fascicule I, 1161p.
17. HEARD, D.J.
Exotic Animal Practice : Analgesia and Anesthesia, janvier 2001, Vol.4, Number 1.
The Veterinary Clinics of North America.
18. HORNE, W.A.
Primate anesthesia.
Veterinary Clinics of North America : exotic animal practice, January 2001, 4, 1, 239-240.
19. KOHN, D., F., WIXON, S., K., WHITE, W., J, BENSON., G., J.
Anesthesia and Analgesia in laboratory Animals.
American College of Laboratory Animal Medicine Series.
Academic Press, 1997.
20. LIGNEREUX, Y., LAPRIE, C., MARTY, M-T., BENARD, P.
Images tomodensitométriques de la tête du cynomolgus, *Macaca fascicularis*,
7èmes Journées de la Société Française de Primatologie, 13-14 oct. 1995, Poster,
Programme et résumé des communications, ENVT, 1995, p. 33.
21. MAÏ, W.
Guide pratique de radiographie canine et féline.
Paris : Editions MED'COM, 2003.350p.
22. MORGAN, J.P., SILVERMAN, S., ZONTINE, W.J.
Technique en radiologie vétérinaire.
Maisons-Alfort : Les éditions du Point Vétérinaire, 1981.218p.
23. NOWAK, R.M., PARADISO, J.L.
Walker's Mammals of the World. 4th edition.
Baltimore : The Johns Hopkins University Press, 1983. Vol.1.568p.

24. PELAZZA, V.
Les Cercopithèques : zoologie, éthologie, maintien en captivité.
Th. : Med. Vet. Nantes : 1992 ; 083.210p.
25. PROT, N.
Anatomie systématique et topographique de la cavité thoracique du macaque cynomolgus.
Th. : Med. Vet. Lyon : 1994 ; 062.118p.
26. PROT, N., ROCHETTE, D., BAZILE, C., ROGER, T.
Images radiologiques du thorax et de l'abdomen du singe cynomolgus (*Macaca fascicularis*).
Sci Tech Anim Lab (1955), 20, 243-253.
27. RÜBEL, G.A., ISENBÜGEL, E., WOLVEKAMP, P.
Atlas of Diagnostic Radiology of Exotic Pets. International Edition.
Philadelphia : Wolfe Publishing Limited, London and W.B. Saunders Company,
1991.224p.
28. THRALL, D.E.
Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology. 4th edition.
Philadelphia : W.B. Saunders Company, 2002. 758p.