



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 : 11286

To cite this version :

Forestier, Julia. *Contribution à l'étude de l'émeu, *Dromaius novahollandiae**. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2013, 117 p.

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

ANNEE 2013 THESE : 2013 – TOU 3 – 4066

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'ÉMEU, *DROMAIUS NOVAEHOLLANDIAE*

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

DIPLOME D'ÉTAT

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

par

FORESTIER Julia, Marie, Morgane
Née, le 9 juillet 1986 à CAHORS (46)

Directeur de thèse : M. Jacques DUCOS DE LAHITTE
Co-directeur de thèse : M. Yves LIGNEREUX

JURY

PRESIDENT :
M. Alexis VALENTIN

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

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

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

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

Directeur : M. A. MILON

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

- M. AUTEFAGE André, *Pathologie chirurgicale*
- M. CORPET Denis, *Science de l'Aliment et Technologies dans les Industries agro-alimentaires*
- M. DELVERDIER Maxence, *Anatomie Pathologique*
- M. ENJALBERT Francis, *Alimentation*
- M. EUZEBY Jean, *Pathologie générale, Microbiologie, Immunologie*
- M. FRANC Michel, *Parasitologie et Maladies parasitaires*
- M. MARTINEAU Guy, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*
- M. PETIT Claude, *Pharmacie et Toxicologie*
- M. REGNIER Alain, *Physiopathologie oculaire*
- M. SAUTET Jean, *Anatomie*
- M. SCHELCHER François, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*

PROFESSEURS 1^o CLASSE

- M. BERTHELOT Xavier, *Pathologie de la Reproduction*
- M. BOUSQUET-MELOU Alain, *Physiologie et Thérapeutique*
- Mme CLAUW Martine, *Pharmacie-Toxicologie*
- M. CONCORDET Didier, *Mathématiques, Statistiques, Modélisation*
- M. FOUCRAS Gilles, *Pathologie des ruminants*
- M. LEFEBVRE Hervé, *Physiologie et Thérapeutique*

PROFESSEURS 2^o CLASSE

- Mme BENARD Geneviève, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
- M. BERTAGNOLI Stéphane, *Pathologie infectieuse*
- Mme CHASTANT-MAILLARD Sylvie, *Pathologie de la Reproduction*
- M. DUCOS Alain, *Zootéchnie*
- M. DUCOS DE LAHITTE Jacques, *Parasitologie et Maladies parasitaires*
- Mme GAYRARD-TROY Véronique, *Physiologie de la Reproduction, Endocrinologie*
- M. GUERRE Philippe, *Pharmacie et Toxicologie*
- Mme HAGEN-PICARD Nicole, *Pathologie de la Reproduction*
- M. JACQUIET Philippe, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
- M. LIGNEREUX Yves, *Anatomie*
- M. MEYER Gilles, *Pathologie des ruminants*
- M. PICAUVET Dominique, *Pathologie infectieuse*
- M. SANS Pierre, *Productions animales*
- Mme TRUMEL Catherine, *Pathologie médicale des Equidés et Carnivores*

PROFESSEURS CERTIFIÉS DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

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

MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE

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

MAITRES DE CONFERENCES (classe normale)

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*
Mme **BENNIS-BRET Lydie**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*
Mlle **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
Mme **BOUCLAINVILLE-CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*
Mlle **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie*
M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*
M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
M. **CUEVAS RAMOS Gabriel**, *Chirurgie Equine*
Mme **DANIELS Hélène**, *Microbiologie-Pathologie infectieuse*
M. **DOSSIN Olivier**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
Mlle **FERRAN Aude**, *Physiologie*
M. **GUERIN Jean-Luc**, *Elevage et Santé avicoles et cunicoles*
M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
Mlle **LACROUX Caroline**, *Anatomie Pathologique des animaux de rente*
M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des Ruminants*
Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie Chirurgicale*
M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, Imagerie médicale*
M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction*
Mlle **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
Mlle **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles et porcins*
Mme **PRADIER Sophie**, *Médecine interne des équidés*
M. **RABOISSON Didier**, *Productions animales (ruminants)*
Mme **TROEGELER-MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation*
M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et Infectiologie (disponibilité à cpt du 01/09/10)*
M. **VERWAERDE Patrick**, *Anesthésie, Réanimation*
Mme **WASET-SZKUTA Agnès**, *Production et pathologie porcine*

MAITRES DE CONFERENCES et AGENTS CONTRACTUELS

- M. **BOURRET Vincent**, *Microbiologie et infectiologie*
Mme **FERNANDEZ Laura**, *Pathologie de la reproduction*

ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS

- Mlle **DEVIERS Alexandra**, *Anatomie-Imagerie*
M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophthalmologie*
Mlle **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*
Mlle **PASTOR Mélanie**, *Médecine Interne*
M. **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,

Hommage respectueux

A Monsieur le Professeur Jacques DUCOS DE LAHITTE,

Professeur de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse,

Parasitologie-Maladies parasitaires

Qui nous a fait l'honneur d'accepter la direction de notre thèse,

Sincère reconnaissance

A Monsieur le Professeur Yves LIGNEUREUX,

Professeur de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse,

Anatomie

Qui nous a fait l'honneur d'apporter sa contribution à la direction de notre thèse et de prendre part à notre jury,

En témoignage de notre profond respect

A Monsieur Giovanni MOGICATTO,
Professeur de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse,
Anatomie - Imagerie médicale

Pour le prêt d'un ouvrage d'anatomie des oiseaux indispensable à la réalisation de ce travail,

Qu'il soit remercié pour son aide

A Monsieur Pascal VERGNY,

Pour sa grande disponibilité et ses connaissances en préparation des squelettes et en anatomie

Qu'il trouve ici le témoignage de notre gratitude

A Monsieur Bernard CHARPENTIER,

Manipulateur de radiologie de l'École Vétérinaire de Toulouse
Pour sa disponibilité,

*Qu'il soit remercié pour sa participation indispensable à la réalisation des clichés
radiographiques*

À mes parents,

Merci de m'avoir donné les moyens d'arriver jusque là. C'est difficile d'élever un enfant jusqu'à l'âge adulte, on culpabilise, on doute... En ce qui vous concerne, vous êtes des parents exceptionnels, qui ont fait le maximum pour leurs enfants et qui nous aiment. Merci pour tout. Je suis heureuse de vous voir aujourd'hui épanouis dans vos vies, soyez heureux et profitez de la vie au maximum comme vous l'avez toujours fait. Je vous aime.

À Marine, ma petite sœur d'amour,

Je n'ai pas assez de place pour te dire à quel point je t'aime et je suis fière de toi. J'espère qu'on trouvera un bout de planète où se retrouver régulièrement pour papoter pendant des heures ou se refaire toutes les saisons des Frères Scott. Je te souhaite plein de bonheur, dans ta vie et avec ton amoureux (patience, peut-être qu'un jour vous arriverez à habiter dans la même ville !). Je t'aime de tout mon cœur.

À Théo,

J'espère qu'un jour tu te rendras compte de la chance que tu as d'être entourés d'une famille qui t'aime.

À la famille Rysz et Mamie Mauricette,

Désolée de ne pas venir vous voir plus souvent, mais c'est qu'il fait trop froid dans le Nord ! Tatïe, tu es la personne la plus gentille que je connaisse, je t'aime très fort.

À la famille Souques,

Mireille, Soëli et Raphaël, merci pour cet oasis de légèreté et de bonheur à chaque fois que je passe du temps avec vous. Je vous aime très fort. Vivement les vacances aux Açores. Éric, le bon vivant, merci pour ces moments fous, notamment les restos à la Tantina !

Aux Depeyrot,

Promis Jérôme, Rob et Lucas, un jour je viendrai vous faire un coucou à Brazilia.

À Amandine,

Quelle rencontre ! Vivement notre tour du monde, nos remplas dans les Antilles et tous nos autres projets un peu fous !

À Barbara,

Tu es une fille adorable, je suis heureuse qu'on se soit rapprochées depuis l'année dernière. Je suis sûre qu'on arrivera à les faire ces deux tours du lac de la Ramée ! En attendant, on a toujours les endorphines et le jus d'orangé pressé maison pour nous motiver. Je te souhaite plein de bonheur et encore plein de petits Shetlands !

À mes grolocs,

Carole, merci de t'être embarquée dans cette aventure, je suis contente de te connaître un peu plus cette année, tu es une super nana ! Bla, bla bla bla, un ami parmi ceux qu'on compte sur le bout des doigts, à tous les bons moments qu'il nous reste encore à partager (à condition que tu ailles voir un médecin pour ton problème de flatulences !)

À Bibou et Marion,

Merci pour les bières de luxe et les soirées improvisées qui tombent toujours quand il faut ! Et merci pour votre folie ! Je vous adore ! Et aussi des bisous à Popo et à la ptite Audrey bien sûr !

À mes co-internes,

« Tadadidada », l'année n'est pas encore finie, j'espère que de me voir chanter toute seule devant mon casier va continuer à vous faire rire. En tout cas, l'ambiance est bonne en salle des internes, ça remonte le moral quand on a une journée difficile.

Aux autres vétos, des plus jeunes ou vieux, qui ont croisé ma route au Cercle ou aux cliniques, merci pour ces bons moments passés ensemble.

À Mogi et Jean-Luc, merci pour les petits tuyaux sur l'anatomie et les poules.

À Colette et Lulu.

Aux équipes des cliniques avec lesquelles je travaille : même si ce n'est pas toujours facile, on est quand même bien au CHUVAC ! Spéciale dédicace à l'équipe des ASV : on vous adore !

Aux animaux,

Que serait un vétérinaire sans animaux ! À mon Zozo et Guinness, mes rayons de soleil. Et bien sûr à tous les autres, le gwos Gribouillou, Kiss et Cosette alias Bonnie and Clyde, Sheldon, Foxie, Ice, Django, Ugly,...

À mon émeu, 4 ans à partager la même chambre, que de souvenirs...Longue vie au Muséum d'Histoire Naturelle de Toulouse.

À tous ceux que j'ai oublié de remercier et qui se reconnaîtront.

À ceux qui m'ont beaucoup aidée pour la rédaction de cette thèse, merci de m'avoir empêchée de jeter mon ordinateur par la fenêtre.

Et enfin,

À mon amoureux,

Merci pour tout. Pour nos délires, notre complicité, nos petites attentions, nos projets. Pour me supporter, me faire rire, me consoler, me faire rêver, avoir confiance en moi, pour m'aimer...

Je t'aime.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	13
I. L'ÉMEU.....	15
A- PLACE DE <i>DROMAIUS NOVAEHOLLANDIAE</i> DANS LE MONDE ANIMAL.....	15
1. LA SOUS-CLASSE DES RATITES.....	16
1.1 DÉFINITION.....	16
1.2 ORIGINE.....	16
2. LE SOUS-ORDRE DES CASUARIFORMES.....	17
3. LES DROMAIDÉS.....	17
B- BIOLOGIE DE <i>DROMAIUS NOVAEHOLLANDIAE</i>	17
1. MORPHOLOGIE.....	17
1.1 L'ÉMEU ADULTE.....	17
1.2 L'ÉMEU JEUNE.....	19
2. HABITAT ET MODE DE VIE DE L'ÉMEU SAUVAGE.....	20
2.1 RÉPARTITION.....	20
2.2 MILIEU DE VIE.....	20
2.3 ORGANISATION SOCIALE.....	21
2.4 LES MIGRATIONS.....	21
2.5 LES PRÉDATEURS.....	21
3. ALIMENTATION.....	22
4. REPRODUCTION.....	22
5. UTILISATION.....	23
6. ANATOMIE.....	23
6.1 APPAREIL DIGESTIF.....	23
a) Le bec et la cavité orale.....	23
b) L'œsophage.....	23
c) L'estomac.....	24
d) Le proventricule.....	24
e) Le gésier.....	24
f) L'intestin grêle.....	25
g) Le gros intestin.....	25
6.2 LES ANNEXES DU TUBE DIGESTIF.....	25
a) Pancréas.....	25
b) Foie.....	26
6.3 L'APPAREIL RESPIRATOIRE.....	26
6.4 LE SYSTÈME CARDIOVASCULAIRE.....	26
6.5 L'APPAREIL REPRODUCTEUR.....	27

II.	GÉNÉRALITÉS SUR LA TECHNIQUE RADIOGRAPHIQUE.....	29
A-	HISTORIQUE.....	29
B-	FONDEMENTS PHYSIQUES.....	29
1.	PRODUCTION DES RAYONS X.....	29
2.	INTERACTION DES RAYONS X AVEC LA MATIÈRE.....	29
C-	APPLICATION À LA QUALITÉ DE L'IMAGE RADIOGRAPHIQUE.....	30
1.	INFLUENCE DES VARIABLES SUR LE CONTRASTE.....	30
2.	INFLUENCE DES VARIABLES SUR LE NOIRCISSEMENT.....	31
D-	RADIOPROTECTION.....	31
1.	DÉFINITION.....	31
2.	EFFETS NOCIFS DES RAYONS X.....	32
3.	PRINCIPES DE LA RADIOPROTECTION.....	32
III.	MATÉRIEL ET MÉTHODE.....	35
A-	SPÉCIMEN UTILISÉ.....	35
B-	MATÉRIEL RADIOGRAPHIQUE.....	35
C-	PRÉPARATION DU SQUELETTE.....	35
D-	TECHNIQUES.....	36
1.	TECHNIQUE GÉNÉRALE.....	36
2.	TECHNIQUE RADIOGRAPHIQUE.....	36
3.	TECHNIQUE PHOTOGRAPHIQUE.....	36
4.	TECHNIQUE DE TRAITEMENT DES IMAGES.....	36
IV.	ATLAS RADIOGRAPHIQUE ET OSTÉOLOGIQUE DE L'ÉMEU.....	37
A-	ÉTUDE DU SQUELETTE AXIAL.....	37
1.	CRÂNE ET MANDIBULE.....	37
1.1	GÉNÉRALITÉS.....	37
1.2	INCIDENCE LATÉRALE.....	38
a)	Clichés radiographiques.....	38
b)	Photographies.....	40
1.3	INCIDENCE VENTRO-DORSALE.....	42
a)	Clichés radiographiques.....	42
b)	Photographies.....	43
1.1	Incidence caudale.....	45
2.	VERTÈBRES CERVICALES.....	46
2.1	GÉNÉRALITÉS.....	46
2.2	INCIDENCE LATÉRALE.....	46
a)	Clichés radiographiques.....	46
b)	Photographies.....	49
2.3	INCIDENCE VENTRO-DORSALE.....	50
a)	Clichés radiographiques.....	50

b) Photographies	52
3. VERTÈBRES THORACIQUES ET CÔTES	56
3.1 GÉNÉRALITÉS	56
3.2 INCIDENCE LATÉRALE.....	57
a) Clichés radiographiques	57
b) Photographies	59
3.3 INCIDENCE VENTRO-DORSALE	61
a) Clichés radiographiques	61
b) Photographies	63
6. STERNUM.....	66
6.1 GÉNÉRALITÉS	66
6.2 ASPECTS LATÉRAL : Photographie	67
6.3 ASPECTS DORSAL ET VENTRAL : Photographie.....	68
6.4 INCIDENCE CRÂNIO-CAUDALE : Photographie	69
7. SYNSACRUM , VERTÈBRES CAUDALES ET OS COXAUX	70
7.1 GÉNÉRALITÉS	70
7.2 INCIDENCE LATÉRALE.....	71
a) Clichés radiographiques	71
b) Photographies	72
7.3 INCIDENCE VENTRO-DORSALE	73
a) Clichés radiographiques	73
b) Photographies	75
B- ÉTUDE DU SQUELETTE APPENDICULAIRE : LE MEMBRE THORACIQUE.....	77
1. CEINTURE THORACIQUE	77
1.1 GÉNÉRALITÉS	77
1.2 INCIDENCE LATÉRALE.....	77
a) Clichés radiographiques	77
b) Photographies	79
1.3 INCIDENCE CRÂNIO-CAUDALE : Photographie.....	80
2. HUMÉRUS, ULNA ET RADIUS, CARPE, MÉTACARPE, PHALANGES	81
2.1 GÉNÉRALITÉS	81
2.2 INCIDENCE LATÉRALE.....	82
a) Clichés radiographiques	82
b) Photographies	84
2.3 INCIDENCE CRÂNIO-CAUDALE : Photographies	85
C- ÉTUDE DU SQUELETTE APPENDICULAIRE : LE MEMBRE PELVIEN	86
1. ARTICULATION DU GENOU : Radiographie incidence médio-latérale	87
2. ARTICULATION DU TARSE	89
2.1 INCIDENCE MÉDIO-LATÉRALE	89

2.2	INCIDENCE DORSO-PLANTAIRE	91
3.	FÉMUR, TIBIOTARSE, TARSOMÉTATARSE : Photographies.....	92
3.1	FÉMUR.....	92
a)	Aspect dorso-plantaire.....	92
b)	Aspect médio-latéral.....	93
3.2	TIBIOTARSE	94
a)	Aspect crânio-caudal	94
b)	Aspect médio-latéral.....	95
3.3	TARSOMÉTATARSE	97
a)	Aspect dorso-plantaire.....	97
b)	Aspect médio-latéral.....	98
4.	ARTICULATION TARSO-MÉTATARSIIENNE ET PHALANGES	99
4.1	INCIDENCE MÉDIO-LATÉRALE : Clichés radiographiques	99
4.2	INCIDENCE DORSO-PLANTAIRE : Clichés radiographiques	101
4.3	PHOTOGRAPHIES DES PHALANGES DU PIED GAUCHE	103
	CONCLUSION	107
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	111
	TABLE DES ILLUSTRATIONS	115

INTRODUCTION

L'examen radiologique s'est largement développé au cours du siècle dernier. De nos jours, il est difficile d'envisager la pratique vétérinaire sans y avoir recours et la diminution du coût ainsi que la miniaturisation des machines ont participé à son accessibilité.

Bien que cet examen soit effectué quasiment en routine par les vétérinaires, que ce soit dans la médecine et la chirurgie des carnivores domestiques, des nouveaux animaux de compagnie ou des animaux de rente (chevaux, bovins), des espèces sauvages comme l'émeu (*Dromaius novahollandiae*) sont très peu étudiées.

L'émeu est présent dans de nombreux parcs zoologiques, chez des particuliers et dans les élevages, apparus il y a une trentaine d'années en Australie et depuis un peu plus d'une vingtaine d'années seulement en France. Cependant, il n'a pas été autant étudié que l'autruche, autre oiseau coureur qui partage pourtant sa place avec lui dans le groupe des Ratites. Pourtant, en tant que praticiens vétérinaires nous sommes susceptibles de recevoir des émeus malades ou blessés.

Cet ouvrage a pour but de compléter les connaissances actuelles sur *Dromaius novahollandiae* et d'offrir des clichés radiographiques de référence appuyé d'un atlas ostéologique aidant à leur compréhension. La première partie rappelle la zoologie, la biologie et l'anatomie générales de l'émeu. La seconde partie présente le matériel utilisé et les méthodes mises en œuvre pour la réalisation de l'atlas. Enfin, la troisième partie sera consacrée au squelette de l'émeu. Le squelette axial sera d'abord étudié, puis les membres thoracique et pelvien. Pour chaque pièce anatomique, des radiographies et des photographies seront décrites et commentées.

I. L'ÉMEU

A- PLACE DE *DROMAIUS NOVAEHOLLANDIAE* DANS LE MONDE ANIMAL

L'émeu, *Dromaius novaehollandiae*, est communément considéré comme appartenant au groupe des *Ratites*. Cependant, cette place du sein du monde animal varie en fonction du type de classification considérée: linnéen (figure 1) ou phylogénétique (figure 2). Les regroupements ont beaucoup varié selon les époques et les auteurs. Ainsi, on remarque que, dans la classification de type phylogénétique, le taxon *Ratites*, défini dans la classification de type linnéen, disparaît de cette classification.

Classes	Sous-classes	Ordres	Sous-ordres	Familles	Sous-familles	Genre	Nom commun
Oiseaux = Aves	Tinamiformes		Crypturi	Tinamidés	Tinaminés Rhynchotinés		
	Ratites	Rhéiformes	Rheae	Rhéidés		<i>Rhœa</i>	Nandou
		Struthioniformes	Struthiones	Struthionidés		<i>Struthio</i>	Autruche
		Casuariiformes	Casuarii	Casuaridés	Casuarinés	<i>Casuarus</i>	Casoar
				Dromicéiidés	Dromicéiinés	<i>Dromaius</i>	Émeu
	Aptérygiformes	Apteryges	Aptérygidés		<i>Apteryx</i>	Kiwi	
Impennes							
Carinates							

Figure 1 - Place de de *Dromaius novaehollandiae* dans la classification de type linnéen (GRZIMEK, 1975) [21]

"Classes"	"Sous-classes"	"Ordres"	"Familles"	Genres
Oiseaux = Aves	Paléognathes	Aptérygiformes	Aptérygidés	<i>Apteryx</i>
		Casuariiformes	Casuariidés	<i>Casuarus</i>
			Dromaiidés	<i>Dromaius</i>
			Struthionidés	<i>Struthio</i>
		Struthioniformes	Rhéidés	<i>Rhea</i>
			Tinamidés	<i>Tinamus</i>
				<i>Nothocercus</i>
				<i>Crypturellus</i>
				<i>Rhynchotus</i>
	<i>Eudromia</i>			
<i>Tinamotis</i>				
Néognathes	<i>Nothoprocta</i>			
	<i>Nothura</i>			
	<i>Taoniscus</i>			

Figure 2 - Place de de *Dromaius novaehollandiae* dans la classification phylogénétique (Lecointre et le Guyader, 2013) [1]

1. LA SOUS-CLASSE DES RATITES

1.1 DÉFINITION

La sous-classe des Ratites rassemble les oiseaux qui possèdent un sternum en forme de plateau et dépourvu de bréchet. Par ailleurs, leurs ailes sont atrophiées et non fonctionnelles, d'où leur deuxième appellation de Brévipennes (du Latin *brevis* : court et *penne* : plume). Les Ratites ne peuvent donc pas voler, la marche et la course sont leurs seuls moyens de locomotion, on dit donc également que ce sont des « oiseaux coureurs ».

1.2 ORIGINE

Plusieurs hypothèses ont été émises pour expliquer l'origine des Ratites. La plus probable semble être celle de FURBRINGER (1888) et GADOW (1891). Pour eux, les Ratites constituent un assemblage artificiel : ils seraient les « descendants dégénérés d'oiseaux bons voiliers, (...), un ensemble de formes ayant perdu la faculté de voler et devant être rattachées à des familles diverses de Carinates ». La perte de la fonction du vol, et parallèlement la disparition du bréchet, se situerait vers l'Eocène, et concernerait principalement certains Tinamiformes, Galliformes, et Gruiformes primitifs [2].

L'origine des Ratites s'illustre facilement grâce à l'anatomie comparée des Oiseaux.

L'étude des os du crâne permet de les scinder en deux grands groupes :

- Les Paléognathes : les prévomers sont de grande taille et les ptérygoïdes sont soudés aux palatins. Ce groupe comprend les Ratites et les Tinamous ; à l'exception des Autruches dont les ptérygoïdes s'articulent avec les palatins ;
- Les Néognathes : les prévomers sont réduits et les ptérygoïdes s'articulent avec les palatins. Ce groupe comprend tous les Carinates, sauf les Tinamous.

Les Tinamous sont des oiseaux d'Amérique Centrale et du Sud qui appartiennent au groupe des Carinates. Ils ressemblent à des perdrix vivant sur le sol et ne volant que par nécessité. Il est intéressant de noter qu'en plus de présenter des similitudes anatomiques avec les Ratites, ceux-ci montrent une organisation sociale comparable.

Ces données permettent de penser que tous les Ratites pourraient dériver d'une même souche d'oiseaux voiliers dont les Tinamous nous offrent l'image actuelle. En ce qui concerne la classification phylogénétique, ils forment donc un groupe naturel. La régression du vol

aurait eu lieu à partir des types Paléognathes et non des Carinates comme le pensaient FURBRINGER (1888) et GADOW (1891).

2. LE SOUS-ORDRE DES CASUARIFORMES

Le « sous-ordre » des Casuariiformes comprend deux sous-familles : les Casuariidés et les Dromaiidés.

3. LES DROMAIDÉS

Cette « famille » possédait deux espèces, *Dromaius novaehollandiae* et *Dromaius minor*, l'Émeu noir. Celle-ci a disparu quelques années seulement après sa découverte en 1802. L'Émeu dont nous parlons est donc *Dromaius novaehollandiae*, la seule espèce actuelle.

B- BIOLOGIE DE *DROMAIUS NOVAEHOLLANDIAE*

1. MORPHOLOGIE

1.1 L'ÉMEU ADULTE

L'Émeu est le deuxième plus grand oiseau vivant (après l'autruche). Il est incapable de voler mais peut courir jusqu'à 48 km/h. Après un bref élan, ils peuvent effectuer des enjambées de près de trois mètres [3-5].

Le plumage de l'adulte est gris brun, mais les plumes, molles et duveteuses comme chez le poussin, peuvent être marquées de noir. Les barbes portées par le rachis de la plume n'ont pas de barbules qui, en s'enchevêtrant et grâce à d'innombrables petits crochets, les maintiennent ensemble et rendent la plume rigide. Ces caractères portent à penser que les Émeus subissent une certaine néoténie, c'est à dire que certains caractères infantiles persistent chez l'adulte. Mais, à la différence des autres oiseaux, l'implantation des plumes ne suit pas de ptérylies, lignes d'insertion des plumes sur la peau, le plumage n'est donc pas régulier et il s'étend jusqu'à l'articulation tarso-métatarsienne.

Le plumage offre une protection thermique à l'Émeu. Cependant, ses plumes étant non rigides et fines et les rectrices étant absentes, elles ne lui permettent pas d'équilibrer leur corps pendant la course contrairement au plumage de l'autruche.

Au niveau du sternum, les plumes sont remplacées par des callosités (4x9 cm environ) qui permettent d'avoir une assise sternale plus confortable. D'autres callosités se retrouvent

au niveau de la face plantaire des doigts, facilitant les déplacements sur les sols secs et dénudés.

Le dimorphisme sexuel est très peu marqué et quasi nul hors saison de reproduction. Cependant, les mâles restent quand même plus petits que les femelles : 1,5 mètre de hauteur et 36-38 kg en moyenne pour les mâles contre 1,8 mètre de hauteur et 55 kg en moyenne pour les femelles.

Pendant la saison de reproduction, le plumage de la femelle s'assombrit globalement et se densifie au niveau de la tête et surtout du cou. De plus, le mâle émet un cri guttural, sorte de grognement rauque et bref, tandis que la femelle produit des gloussements de deux types: un bégaiement rapide et aigu et un bruit sourd bitonal, décrit comme un son de «tam-tam», dont la résonance est due à l'existence d'un vaste sac aérien qui communique avec la trachée-artère. Le mâle possède un phallus, mis en évidence par éversion du cloaque (c'est le seul moyen de sexer un émeu avec certitude).

La tête est nue, à part la présence de quelques « poils » noirs sur le dessus et l'arrière.

En regard des oreilles, la peau est de couleur bleue.

Le bec (12 cm de long), court et large, droit à la base puis légèrement courbé en partie distale, possède une carène dorsale.

Le long cou, emplumé, sauf dans sa partie supérieure, présente un collier blanc peu visible. Il est remarquablement flexible et mobile dans toutes les directions.

L'acuité visuelle est exceptionnelle : l'émeu peut focaliser un objet juste au dessous de son bec ou discerner un objet en mouvement à une distance de 3,5 kilomètres.

Sa vision et son long cou, tel un périscope, lui permettent de scruter l'horizon dans toutes les directions.

La paupière supérieure est garnie de cils. Pour protéger son œil, l'émeu possède une troisième paupière qui se ferme horizontalement, de l'intérieur vers le bord externe de l'œil.

La narine très large a une ouverture qui atteint la base des yeux.

L'oreille externe est réduite à un orifice situé à l'arrière de la tête. Le méat acoustique externe est protégé par de petites plumes qui peuvent l'ouvrir et le dégager à volonté. Les orifices auditifs, larges, captent les sons les plus ténus.

Les ailes sont rudimentaires. Elles n'ont strictement aucun rôle chez l'émeu

La queue ne porte pas de rectrices.

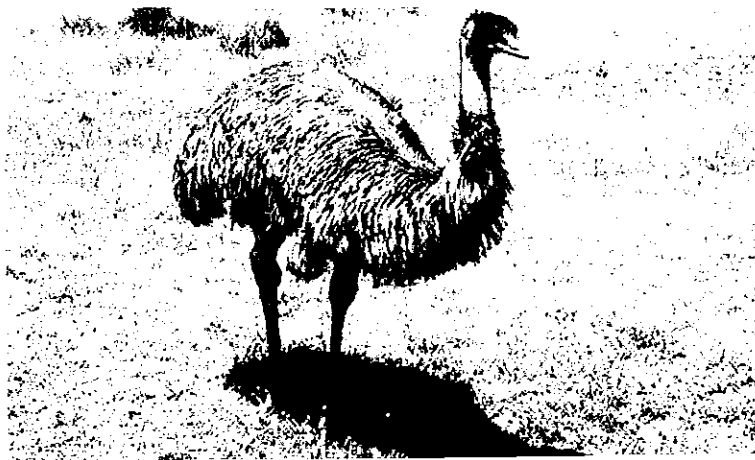


Figure 3 - Émeu adulte

1.2 L'ÉMEU JEUNE

Les petits ressemblent à des adultes en miniature, ils pèsent de 440 à 500 g à l'éclosion, ce qui représente à peine 1% du poids adulte.

L'iris, brun foncé chez le jeune, devient orange chez l'adulte.

Leur plumage change progressivement au cours de leur vie. Ils ne font pas de mues mais on peut quand même distinguer plusieurs plumages en fonction de l'âge:

- chez le poussin, des bandes noires longitudinales symétriques encadrent des bandes blanches et jaunes plus minces. Leur nombre est fixe : huit, plus une bande ventrale irrégulière. Sur la tête, elles s'interrompent et forment un dessin caractéristique de chaque individu. Les plumes sont à une seule penne et douces et flexibles. Ce plumage apparaît quelques jours après l'éclosion et perdure jusqu'à l'âge de trois mois.
- le plumage des jeunes immatures fonce de plus en plus jusqu'à l'âge de cinq mois. Les plumes sont à double penne et lancéolées.
- dès six à huit mois, le plumage définitif se met progressivement en place, à partir de l'extrémité des ailes. La coloration bleue de la peau dans la région auriculaire apparaît après la chute des plumes dans cette zone, vers l'âge de 15 mois. Elle confère alors à l'émeu son statut d'adulte au sein du groupe. Avant cet âge, le plumage juvénile limite l'agressivité des mâles plus âgés envers les jeunes.

La détermination du sexe est possible de manière assez précoce, par recherche du phallus sur la face ventrale du cloaque, à l'aide d'un spéculum chez les plus jeunes ou par palpation interne chez les plus âgés. À l'état d'adulte, cette manipulation peut se révéler dangereuse car les animaux s'excitent facilement et se débattent.

2. HABITAT ET MODE DE VIE DE L'ÉMEU SAUVAGE

2.1 RÉPARTITION

Les émeus sauvages vivent uniquement en Australie, dont la moitié en Australie occidentale (figure 4). Leur population actuelle est estimée entre 625 000 et 750 000 individus.

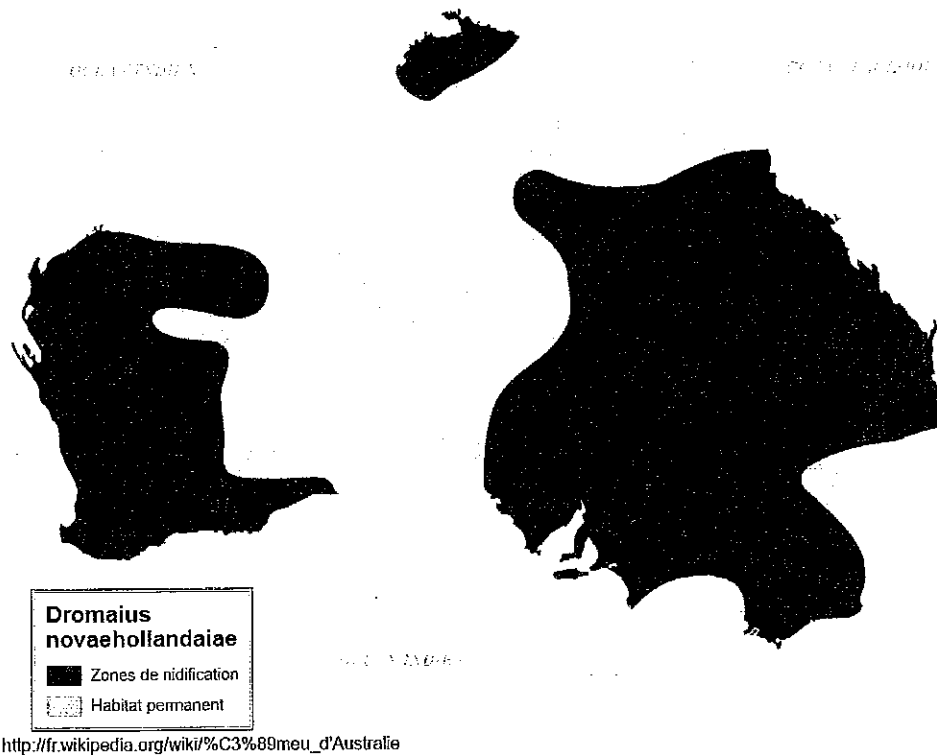


Figure 4 - Répartition géographique des émeus sauvages en Australie

2.2 MILIEU DE VIE

Les émeus évoluent dans des milieux plutôt arides tels que des steppes à buissons épineux, des savanes sèches ou des régions semi-désertiques [6] où les précipitations annuelles sont inférieures à 500 mm et n'atteignent que 250 mm dans certaines régions. Leur présence quasi-exclusive sur le continent australien leur apporte des températures variant entre 10 à 20 °C pendant l'hiver australien, et entre 20 à plus de 30°C pendant l'été [6,7].

2.3 ORGANISATION SOCIALE

Les émeus vivent en groupes hétérogènes en taille et en composition individuelle : en effet, un groupe peut être formé d'un seul individu, ou uniquement de jeunes adultes ou encore d'adultes avec ou sans progéniture. Par ailleurs, les émeus s'assemblent en couples monogames.

Les émeus et particulièrement les mâles ne partagent pas leur milieu de vie avec des Mammifères herbivores, ce qui n'est pas le cas d'autres Ratites tels que l'autruche [6].

2.4 LES MIGRATIONS

Les émeus sont des oiseaux nomades qui migrent au fil des saisons à la recherche d'eau et de nourriture. Ils se déplacent par groupes de 5 à 10 individus. Ainsi, ils voyagent entre le Nord et le Sud de l'Australie selon la saison des pluies : au printemps, ils s'éloignent de l'aridité du Nord-Est pour rejoindre le Sud-Ouest, qu'ils quitteront de nouveau en automne [7-9].

2.5 LES PRÉDATEURS

À l'exception de l'Homme, l'émeu adulte n'a pas de prédateur dans son milieu naturel, grâce à sa grande taille et l'efficacité de ses moyens de défense (bec, pattes).

Seuls les jeunes et les œufs peuvent être les victimes des rapaces, des renards ou de certains lézards (plutôt friands des œufs) lorsqu'ils échappent à la surveillance des adultes [10].

De nos jours, la chasse de l'émeu a été réglementée suite à une chasse excessive pratiquée par les agriculteurs afin de protéger leurs cultures de dégâts engendrés par les groupes d'émeu à la recherche d'eau en saison sèche. Aujourd'hui, seuls les gardes forestiers et les aborigènes ont le droit de les chasser : afin d'équilibrer la population pour les premiers et de s'en nourrir pour les seconds [11].

L'émeu fait partie de la liste rouge de l'IUCN (Union internationale pour la conservation de la nature) dans la catégorie « préoccupation mineur », cette espèce n'est donc pas considérée comme menacée [12].

3. ALIMENTATION

L'émeu est omnivore : il se nourrit principalement de végétaux mais peuvent aussi ingérer des insectes et petits vertébrés [13]. Il sélectionne les parties les plus nourrissantes des plantes (fruits, graines, fleurs, racines) qu'il trouve selon les saisons. La prise de nourriture est moins importante pendant les périodes de reproduction (en début d'hiver) et augmente à la fin de cette période et de l'incubation des œufs (printemps-été) [6].

Les émeus ne mangent qu'en journée, la quantité d'aliments ingérée varie donc selon les périodes de jours courts et de jours longs.

Ils peuvent boire jusqu'à 6 litres d'eau par jour.

4. REPRODUCTION

L'activité sexuelle des émeus varie en fonction de la photopériode. En fait, la durée d'éclairement journalière influence les concentrations des hormones sexuelles ainsi, l'émeu se reproduit pendant les périodes de jours courts, soit entre février - mars et juillet-août [6].

C'est le mâle qui est en charge de construire le nid pour accueillir les 7 à 18 œufs que la femelle va pondre. Il se passe 2 à 4 jours entre la sortie de chaque œuf qui mesurent environ 135 mm de longueur et 90 mm de diamètre, pèsent environ 600 g et sont de couleur vert foncé avec une surface granuleuse [6,8,9]. Le mâle couve seul les œufs pendant 56 à 61 jours et ne s'éloigne du nid que de temps en temps pour s'alimenter et s'abreuver. La femelle ne participe pas du tout au processus d'incubation ni à l'éducation des jeunes. Dès la naissance, ceux-ci se déplacent et se nourrissent seuls. Ils naissent en juin, pèsent plus ou moins 450 g et présentent un duvet grisâtre sur lequel se dessinent des bandes longitudinales foncées au niveau du dos et des côtés. Ils restent avec le mâle jusqu'à 18 mois environ [8,9].



Figure 5 - Œuf d'émeu

5. UTILISATION

L'élevage de l'émeu a commencé en Australie autour des années 1990 [14] pour leur viande mais également leur cuir et leur graisse. En France, l'émeu est considéré comme un gibier d'élevage. L'éleveur doit posséder un certificat de capacité et suivre des règles strictes pour la structure de son élevage, en adéquation avec le bien être de l'émeu. Cependant, les élevages d'émeu sont actuellement peu nombreux et pour la plupart, destinés à fournir des oiseaux d'ornement pour les particuliers.

6. ANATOMIE

6.1 APPAREIL DIGESTIF

Le système digestif est relativement le même que celui des autres oiseaux herbivores. Les différences sont les conséquences de leur habitat particulier qui influence le processus de la digestion.

a) Le bec et la cavité orale

Le bec (12 cm de long) sert à la préhension des aliments.

La langue est divisée en deux parties : le corps et la racine. Le corps est triangulaire, aplati dorso-ventralement et pigmenté. Sa face dorsale est en dents de scie. La racine est aussi triangulaire et présente une structure plus complexe que les autres Ratites, avec un bulbe surélevé. Par ailleurs, contrairement aux autres Ratites, la langue est étonnement petite par rapport à la taille du bec de l'émeu [16]. La langue aurait également un rôle sensoriel pour le goût et le toucher, ainsi qu'une fonction immunitaire, ce qui n'est pas le cas de l'autruche et du nandou [17].

b) L'œsophage

L'émeu possède un œsophage d'environ 70 cm de longueur en moyenne qui longe le cou sur son côté droit [18].

La structure de l'œsophage est adaptée au comportement alimentaire de l'émeu. En effet, la paroi présente de nombreux plis longitudinaux. Cette structure particulière apporte une élasticité à l'œsophage et permet d'augmenter sa section, facilitant ainsi l'ingestion d'aliments de taille importante. Par ailleurs, la paroi est pourvue de nombreuses glandes sécrétrices de mucus permettant une lubrification adéquate des éléments ingérés.

Une autre particularité de l'émeu, et des « Ratites » en général, est l'absence de jabot [19].

c) L'estomac

L'estomac est formé de deux parties bien distinctes : d'une part, le proventricule qui est l'estomac glandulaire et d'autre part, le ventricule musculéux qui est le gésier. Chez l'émeu, ainsi que chez le casoar, le proventricule est large et fuselé, le ventricule est un peu plus large et moins musclé. Le pylore est situé dans la partie droite du ventricule, et ce pour toutes les espèces.

d) Le proventricule

Chez l'émeu, le proventricule fait 14 cm de longueur en moyenne et a une forme fuselée [18]. Chez les Ratites, il exerce deux grands rôles :

- il correspond au premier site de digestion du bol alimentaire, grâce aux enzymes digestives (pepsinogène, pepsine) et a un pH acide qui permet leur activation et qui est régulé grâce aux glandes sécrétrices d'acide chlorhydrique et de mucus,
- son second rôle demeure hypothétique : en effet, le proventricule reprendrait le rôle de stockage des aliments, normalement joué par le jabot, grâce à l'importante élasticité de sa paroi [18].

e) Le gésier

Le gésier mesure une dizaine de centimètres de long et présente une forme arrondie. Dans sa capacité maximale de remplissage, il peut peser jusqu'à 13 kg [18]. Sa paroi est épaisse, très musclée et présente de nombreux plis internes.

Il est situé entre les deux lobes hépatiques. Le pylore s'ouvre dans son quadrant droit supérieur, comme chez tous les Ratites à l'exception de l'autruche [19].

Le rôle du gésier est le traitement mécanique des aliments [18] (même si des glandes sécrétrices de pepsinogène ont également été identifiées dans la paroi) grâce au « grit » (cailloux ingérés par l'émeu) et aux contractions de sa paroi. Par ailleurs, la paroi est recouverte d'un revêtement résistant aux abrasions secondaires au broyage par les cailloux. Ce type de digestion permet d'avoir à la sortie du gésier des éléments alimentaires suffisamment réduits pour être envoyés vers le duodénum [18].

f) L'intestin grêle

L'émeu a le plus court des intestins des Ratites, par rapport à sa taille, cela pouvant révéler une adaptation à des fourrages de meilleure qualité que ceux consommés par les autres Ratites.

L'intestin grêle représente donc près de 90 % de la longueur de l'intestin et occupe plutôt la partie caudale de l'abdomen.

Comme chez la plupart des animaux, l'intestin grêle présente de nombreux plis et villosités afin d'augmenter la surface d'échange entre la lumière et la paroi et optimiser ainsi l'absorption des nutriments [18].

L'intestin grêle présente trois portions : le duodénum (environ 50 cm de long [6]), le jéjunum (environ 1,20 m de long [6]) et l'iléon (environ 1,50 m de long [6]). Le duodénum et le jéjunum sont séparés par le vestige du sac vitellin nécessaire au développement de l'embryon. La particularité de l'iléon est sa paroi fine qui ralentit le transit, permettant ainsi une [20] digestion microbienne des fibres, une meilleure absorption des nutriments et qui constitue un compartiment de stockage de l'eau.

g) Le gros intestin

Le gros intestin débute par une paire de *caeca* chez l'émeu, comme chez d'autres oiseaux. Ils sont minces, mesurent 6 à 12 cm de long et semblent non fonctionnels et vestigiales, contrairement à l'autruche [15].

Le colon présente une paroi épaisse et qui semble extensible et peut faire jusqu'à 30 cm de long, ce qui est relativement court. Son extrémité distale s'ouvre sur le cloaque [18].

La paroi du colon et du cloaque présente de nombreuses villosités et microvillosités. Ils représentent donc la dernière portion du tube digestif où l'eau est réabsorbée. Ce rôle est d'autant plus important que l'émeu vit dans des milieux arides et que la capacité de ses reins à concentrer les urines n'est pas optimale [6].

6.2 LES ANNEXES DU TUBE DIGESTIF

a) Pancréas

Le pancréas de l'émeu est unilobé et crénelé, il est accolé à l'anse du duodénum dans lequel il libère des enzymes digestives grâce au canal pancréatique [6].

b) Foie

Le foie possède deux lobes entre lesquels se loge le gésier en face viscérale. Le lobe gauche est plus petit que le droit et est subdivisé [6]. Il existe une vésicule biliaire chez l'émeu mais pas chez l'autruche [6], elle est rattachée au lobe droit du foie [19] et mesure en moyenne 8 cm de long [19].

6.3 L'APPAREIL RESPIRATOIRE

Le larynx des Ratites est bien développé. Il est facile d'intuber ces oiseaux car la glotte est large et facilement accessible à partir du moment où le bec est ouvert et la langue bien tirée. La trachée présente des anneaux cartilagineux fermés mais quand même flexibles. Cependant, une particularité chez l'émeu est qu'elle présente une portion de 6 à 8 cm, située 10 à 15 cm en avant de l'entrée thoracique, dans laquelle les anneaux sont incomplets dans le quadrant ventral de la trachée. Chez les poussins émeus, une fine membrane couvre cette fissure qui, chez les adultes, se transforme en une poche qui peut s'étendre jusqu'à 30 cm de long. Quand l'air arrive dans la poche, la peau du cou s'étend et provoque l'émission d'un son différent entre le mâle (« *growling sound* ») et la femelle (« *booming sound* »). Chez les adultes, la présence de cette poche représente donc une difficulté lors d'anesthésie gazeuse, la solution qui se présente est d'effectuer un léger bandage élastique (ex : Vetrap ND) à ce niveau du cou pour éviter de perdre du volume anesthésique. Les poumons et les sacs aériens sont semblables à ceux des autres oiseaux. La fréquence respiratoire normale d'un émeu est de 6 à 12 mouvements par minute. La respiration participe intensément à la régulation de la température grâce à la trachée, aux sacs aériens et au pharynx [19].

6.4 LE SYSTÈME CARDIOVASCULAIRE

Chez les oiseaux, la veine jugulaire droite est plus large que la gauche. Ceci est intéressant à garder en mémoire lorsque l'on voudra effectuer des prises de sang. Les autres zones ponctionnables sont les veines brachiales et métatarsiennes médiales. La veine brachiale est facilement identifiable dans la partie crânio-médiale du bras dépourvue de plumes, et elle est le site idéal pour la pose d'un cathéter. La veine médiale métatarsienne est uniquement accessible si l'animal est tranquilisé ou correctement immobilisé.

Les Ratites ont un système porte rénal semblable aux autres oiseaux et reptiles. Le mécanisme physiologique n'est pas encore bien élucidé, il semble que le flux veineux qui arrive au rein soit contrôlé par le système nerveux autonome.

La forme et la localisation de la rate sont importantes à connaître pour l'interprétation radiographique ou l'autopsie d'un émeu. Celle-ci est cylindrique chez l'émeu et est située en région dorsale à droite et latéralement par rapport au proventricule [19] .

6.5 L'APPAREIL REPRODUCTEUR

Comme les autres oiseaux, les Ratites ont uniquement l'ovaire gauche qui est développé.

Les Ratites ont un organe interne appelé phallus. La structure est analogue au pénis des mammifères, elle n'en est pas homologue. En effet, celui-ci ne contient pas d'urètre et n'a pas de fonction urinaire. Le phallus de l'émeu, spiralé, est invaginé dans une cavité et se dévagine lors de l'érection qui est sous contrôle lymphatique et non sanguin. La femelle présente une proéminence légère en face ventrale du proctodeum [19].

La maturité sexuelle est atteinte vers l'âge de vingt mois. On estime que la reproduction est possible dès la fin de la deuxième année. En parc zoologique, les premières pontes fertiles ont eu lieu vers l'âge de trois ans [3-5].

II. GÉNÉRALITÉS SUR LA TECHNIQUE RADIOGRAPHIQUE

A- HISTORIQUE

C'est lors d'une de ses expériences que Wilhelm Röntgen découvre les rayons X en 1895. En envoyant une décharge électrique dans des tubes sous vide, il met en évidence par la fluorescence d'un écran de platino-cyanure de baryum, un rayonnement inconnu, pénétrant, nommé du nom de l'inconnue mathématique X.

Ce rayonnement traverse l'air, le papier, le verre, le bois et la matière vivante mais est arrêté par le plomb ou le platine par exemple. Par ailleurs, il découvre aussi qu'il peut impressionner les plaques radiographiques. C'est ainsi qu'à la fin de l'année 1895, Röntgen réalise le premier cliché radiographique de l'histoire sur la main de sa femme Berta.

Cette découverte lui vaudra le premier prix Nobel en 1901 et révolutionnera la médecine par la création et le développement rapide de l'imagerie médicale. Dès lors, les techniques radiographiques ne cessent d'évoluer avec son utilisation de plus en plus fréquente, jusqu'aux années 1970 avec l'utilisation des rayons X pour la tomographie.

B- FONDEMENTS PHYSIQUES

1. PRODUCTION DES RAYONS X

Les rayons X sont des ondes électromagnétiques produites par un générateur. Lors de cette production, des électrons sont produits par la cathode et accélérés par une différence de potentiel élevée vers une anode en métal.

C'est l'anode qui émet les rayons X par deux phénomènes :

- une interaction des électrons avec les électrons atomiques de l'anode provoquant une excitation de ces derniers. Le retour à l'état fondamental de l'atome s'accompagne alors d'un rayonnement électromagnétique de spectre discontinu (spectre de raies).
- une interaction avec les noyaux, changeant la trajectoire des électrons qui s'accompagnera de l'émission de rayonnements électromagnétiques dits de freinage (*Bremstrahlung*) à l'origine d'un spectre continu.

2. INTERACTION DES RAYONS X AVEC LA MATIÈRE

Les rayons X produits par le générateur peuvent interagir avec la matière selon deux mécanismes principaux :

- l'effet photoélectrique qui prédomine pour des rayonnements de faible énergie (< 70 kV) qui interagissent avec une matière de forte densité. Il consiste en une interaction du photon incident avec un électron d'une couche interne proche du noyau (d'énergie de liaison importante) entraînant l'expulsion de ce dernier sous forme de photoélectron. L'espace vide est alors comblé par un électron d'une couche plus périphérique. Le réarrangement de l'atome s'accompagne de l'émission d'un rayon X d'énergie trop faible pour avoir un effet significatif. Cet effet a donc pour conséquence l'arrêt du rayon X et est à l'origine du contraste de l'image.
- l'effet Compton qui prédomine pour des rayonnements de forte énergie (> 100 kV) qui interagissent avec une matière de densité moyenne. Il consiste en l'interaction du photon incident avec un électron d'une couche superficielle (de faible énergie de liaison) entraînant l'expulsion de l'électron ainsi qu'un rayon X (rayonnement électromagnétique de moindre énergie et de direction différente). Cet effet a donc pour conséquence une déviation du rayon X selon une direction aléatoire avec perte d'énergie et est à l'origine d'une diminution du contraste.

En résumé, il y a trois types d'interaction entre les rayons X et la matière :

- La transmission : les rayons X traversent la matière sans interaction
- L'effet photoélectrique : les rayons X peuvent être arrêtés, absorbés par la matière
- L'effet Compton : les rayons X sont diffractés au contact de la matière.

Seuls les rayons transmis ou absorbés sont à l'origine de l'image radiographique, le dernier type de rayons entraînant une altération de la qualité de l'image.

C- APPLICATION À LA QUALITÉ DE L'IMAGE RADIOGRAPHIQUE

1. INFLUENCE DES VARIABLES SUR LE CONTRASTE

Le contraste est la différence de noircissement entre deux zones du film. Un film bien contrasté est noir et blanc, alors qu'un film peu contrasté possède une grande gamme de gris et apparaît pâle.

La différence de potentiel ou tension, exprimée en kilovolt (kV), appliquée entre l'anode et la cathode détermine l'accélération des électrons et donc l'énergie maximale du rayonnement produit.

La proportion d'effet photoélectrique et d'effet Compton varie en fonction de la composition de l'objet irradié et de l'énergie des rayons X. Dans les organismes vivants, l'effet photoélectrique est prépondérant aux basses tensions (50 - 70 kV) tandis que l'effet Compton est prépondérant aux hautes tensions (>100 kV). La proportion s'inverse progressivement lorsque la différence de potentiel augmente.

Le contraste obtenu par l'effet photoélectrique est relativement bon (car il fait intervenir à la fois les différences de densité entre les milieux mais aussi les différences de numéro atomique) alors que le contraste obtenu par l'effet Compton est plus faible (car il ne dépend que de la densité des milieux et pas du numéro atomique des atomes constituants).

Par conséquent, plus on diminue la tension, plus le contraste augmente.

2. INFLUENCE DES VARIABLES SUR LE NOIRCISSEMENT

Le noircissement, aussi appelé brillance, correspond à la quantité moyenne de lumière qui passe à travers le négatoscope pour atteindre l'œil de l'observateur.

L'intensité ou charge (mA) du courant du générateur détermine le nombre des électrons arrachés à la cathode et donc la quantité de rayons X produits.

Cette variable est souvent associée au temps d'exposition (s) pour estimer la quantité de rayons X produits (mAs).

Le noircissement augmente avec cette quantité de rayons X produits, ainsi lorsque l'on double les mAs, le noircissement défini par la densité optique est également doublée.

La tension joue également un rôle sur le noircissement qui augmente avec celle-ci. On a coutume de dire qu'un doublement du noircissement correspond à une augmentation des kilovolts de 10%.

Il convient donc d'adapter correctement ces constantes pour éviter ou corriger la sous-exposition ou la sur-exposition des films radiographiques.

D- RADIOPROTECTION

1. DÉFINITION

La radioprotection est l'ensemble des règles, des procédures et des moyens de prévention et de surveillance visant à empêcher ou à réduire les effets nocifs des rayonnements ionisants sur les personnes et l'environnement.

2. EFFETS NOCIFS DES RAYONS X

Dans le domaine de la médecine vétérinaire, les appareils de radiologie sont la source principale de rayonnements ionisants. Ces rayonnements ont différents effets sur l'organisme :

- Les effets déterministes, dépendant directement de la dose accidentelle reçue. Ils provoquent des effets précoces voire immédiats (érythème, dépilation, nécrose etc.). Ils sont évalués grâce à la dose absorbée en Gray (Gy ; quantité moyenne d'énergie cédée par unité de masse à un organisme).

On distingue 4 phases cliniques lors de radio-exposition aiguë :

- Phase prodromique (24-48h) : apparition des symptômes
 - Phase de latence (9-21 jrs) : disparition des symptômes
 - Phase d'état (7 semaines) : réapparition des symptômes
 - Phase de récupération : si la dose est faible, sinon il y a persistance des symptômes
- Les effets stochastiques, dont la fréquence est proportionnelle à la dose reçue, (cancers radio- induits) et dus à une exposition à long terme. Ils provoquent des effets cumulatifs, tardifs, aléatoires et leur gravité est indépendante de la dose reçue. Ils sont évalués grâce à des grandeurs physiques calculées : la dose équivalente et la dose efficace, exprimées en Sievert (Sv).

Des principes de radioprotection sont donc mis en place pour limiter et contrôler l'exposition du personnel à ces rayonnements.

3. PRINCIPES DE LA RADIOPROTECTION

Il convient de respecter trois grands principes :

- Le principe de justification : le cliché radiographique doit toujours être justifié par les avantages qu'elle procure, rapportés aux risques inhérents auxquels elle est susceptible de soumettre les personnes.
- Le principe d'optimisation : principe ALARA (« As Low As Reasonably Achievable ») on optimise l'appareil pour avoir la meilleure radiographie possible en utilisant les plus faibles doses possibles afin de limiter l'exposition des manipulateurs et de l'animal.
- Le principe de limitation : l'exposition aux rayons ionisants ne peut porter la somme des doses reçues au-delà des limites fixées par la législation ; on limite le nombre de

clichés sur l'animal ainsi que le nombre de personnes à côté de l'appareil et on se protège grâce à des équipements de protection individuelle ou en se mettant derrière un vitrage de protection.

On doit ainsi par exemple :

- Ne pas exposer les personnes à risques (femmes enceintes, enfants)
- Augmenter la distance entre le manipulateur et la source de rayonnement
- Utiliser des équipements de protection individuels : gants, protège-thyroïde, tablier, lunettes
- Suivre l'exposition de chacun à l'aide d'un dosimètre passif porté à chaque cliché
- Respecter la réglementation en vigueur
- Une personne compétente en radioprotection (formation supplémentaire) doit veiller à la mise en place et au contrôle des mesures de protection.

III. MATÉRIEL ET MÉTHODE

A- SPÉCIMEN UTILISÉ

Un spécimen mort et éviscéré a été utilisé issu du zoo de Plaisance du Touch et apporté à la clinique de la faune sauvage de l'E.N.V.T. pour autopsie.

B- MATÉRIEL RADIOGRAPHIQUE

L'appareil de radiologie utilisé pour réaliser les clichés radiographiques de cette étude présente les caractéristiques suivantes :

HT max : 150 kV

I max : 500 mA

Année : 2005

Tube Générateur : VARAINRAD 60 Numéro de série 240604Y

C- PRÉPARATION DU SQUELETTE

L'animal, déjà éviscéré, est dépecé ; les membres et le crâne sont ensuite séparés du tronc. Chaque partie du corps est nettoyée au plus près des os et placée dans des filets individuels de maille de 1 mm. Les sachets sont alors mis à tremper dans un bain à 35°C, constitué d'eau, de bactéries non pathogènes digérant les graisses et de papaïne, enzyme permettant de dégrader les fibres musculaires résiduelles. Ils y sont ensuite laissés jusqu'à ce que la digestion et le dégraissage soient terminés. Ce processus peut nécessiter quelques semaines à un mois, pendant lesquels une partie du liquide de macération est renouvelée tous les 15 jours. Suite à cette période, l'ensemble est rincé puis subit un dégraissage industriel dans un bain ammoniacé (2% de solution d'ammoniac à 22°) pendant vingt-quatre heures puis dans une solution contenant du peroxyde d'hydrogène (2% d'une solution à 30%) pendant quarante huit heures, afin de blanchir les os. On procède ensuite à un rinçage minutieux et au séchage. Après plusieurs mois, les os sont traités au chlorure de méthylène pour éliminer les graisses résiduelles.

D- TECHNIQUES

1. TECHNIQUE GÉNÉRALE

Pour toutes les parties du corps paires, comme les membres, on s'intéressera, par convention, aux parties gauches. Il est toutefois conseillé en cas de doute de comparer une structure à celle dont elle est symétrique. Toutes les photographies et radiographies présentées dans ce travail sont des originales. Sur chaque cliché, radiographique ou photographique, une échelle est présentée sous la forme d'un trait blanc qui représente 2 centimètres et les radiographies sont accompagnées de schémas légendés aidant à la compréhension.

2. TECHNIQUE RADIOGRAPHIQUE

L'os est une structure de grande densité et les tissus mous alentour, d'opacité liquidienne, aident à renforcer le contraste. L'os est donc un tissu avec un contraste naturel bon. Un kilovoltage bas, entre 40 et 60 kV permet d'augmenter ce contraste naturel. Un temps d'exposition est permis ici par l'immobilité du sujet.

3. TECHNIQUE PHOTOGRAPHIQUE

Les clichés photographiques sont réalisés sur les os avec un appareil photographique numérique, Nikon D3000, 10,2 millions de pixels.

4. TECHNIQUE DE TRAITEMENT DES IMAGES

Les photographies et radiographies sont ensuite recadrées, modifiées et une échelle horizontale représentant 2 cm est disposée sur chaque image. Le logiciel utilisé est un logiciel gratuit de retouche d'image, Gimp ND.

IV. ATLAS RADIOGRAPHIQUE ET OSTÉOLOGIQUE DE L'ÉMEU

Le squelette de l'émeu, comme celui de tous les Oiseaux, se compose de deux parties :

- le squelette axial : structure impaire qui comprend le crâne et la mandibule, la colonne vertébrale, la cage thoracique et le sacrum.
- le squelette appendiculaire : structure paire qui comprend les os des ailes et des « pattes ».

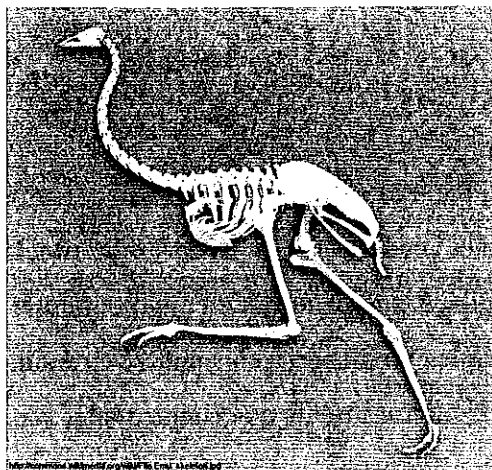


Figure 6 - Squelette de l'émeu

La difficulté d'effectuer des clichés radiographiques chez l'émeu réside principalement dans la taille de l'animal. En effet, les cassettes radiographiques dont nous disposons actuellement ne sont pas assez grandes pour contenir dans leur ensemble certaines structures. Par ailleurs, la densité musculaire, la présence de plumes et la faible densité des os rendent difficile l'obtention de clichés parfaitement clairs pour déceler des anomalies subtiles.

Il est donc d'autant plus important d'assurer une très bonne contention ou éventuellement de tranquilliser l'animal pour optimiser la qualité des clichés lors de leur réalisation.

A- ÉTUDE DU SQUELETTE AXIAL

1. CRÂNE ET MANDIBULE

1.1 GÉNÉRALITÉS

. La tête de l'émeu est petite. Le cerveau est petit et rappelle celui des reptiles. Les yeux occupent 2/3 de la tête et font saillie de chaque côté, ce qui lui permet d'avoir une vision périphérique.

La mâchoire est enveloppée d'un étui corné, formant le bec.

Les régions rostrale et latérales de la tête sont le siège des organes des sens (vue, odorat, goût, ouïe) alors que la région caudale renferme le système nerveux central ou encéphale.

Le crâne se compose de nombreux os, certains s'unissant en eux par des articulations qui les rendent mobiles les uns par rapport aux autres. Presque tous ces os sont pneumatifiés et il en résulte un système complexe de cavités ventilées à partir du nasopharynx.

L'os occipital ne présente d'un seul condyle qui s'articule avec les deux premières vertèbres cervicales.

Le crâne est une structure dont l'exploitation radiographique est rendue complexe par le nombre important d'os et leur superposition.

Pour réaliser ce cliché radiographique, il est nécessaire de tranquilliser l'animal, voire d'effectuer une anesthésie générale, pour éviter tout mouvement qui apporterait un flou cinétique et optimiser le positionnement tout en augmentant la sécurité du manipulateur.

Il faut en général de multiples incidences pour mettre en évidence des lésions osseuses. En ce qui concerne les structures internes telles que l'encéphale, seules les techniques d'imagerie en coupe telles que la tomодensitométrie ou l'imagerie par résonance magnétique permettent de détecter les anomalies.

L'examen standard du crâne est en pratique réalisé par la prise de deux clichés radiographiques d'incidences orthogonales. Les incidences dorso-ventrale et ventro-dorsale donnent des clichés radiographiques quasiment identiques. Les incidences rostro-caudale et obliques ne sont pas étudiées dans cet ouvrage, mais peuvent être intéressantes à réaliser en cas de doute sur une lésion afin d'apporter un angle de vue supplémentaire. L'incidence rostro-caudale est moins complète, cependant elle permet de bien voir les yeux, les anneaux scléreaux ainsi que les bulles tympaniques, les méats auditifs externes et les deux hémisphères cérébraux.

1.2 INCIDENCE LATÉRALE

a) Clichés radiographiques

La zone à radiographier comporte la tête dans son ensemble avec les premières vertèbres cervicales

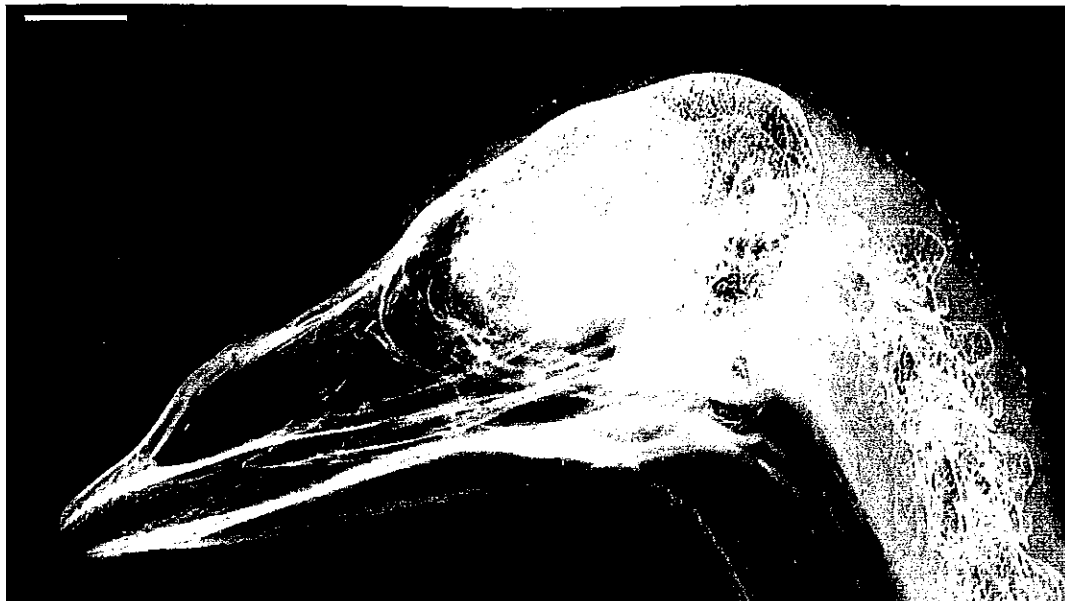


Figure 7 - Radiographie de l'incidence latérale du crâne et de la mandibule

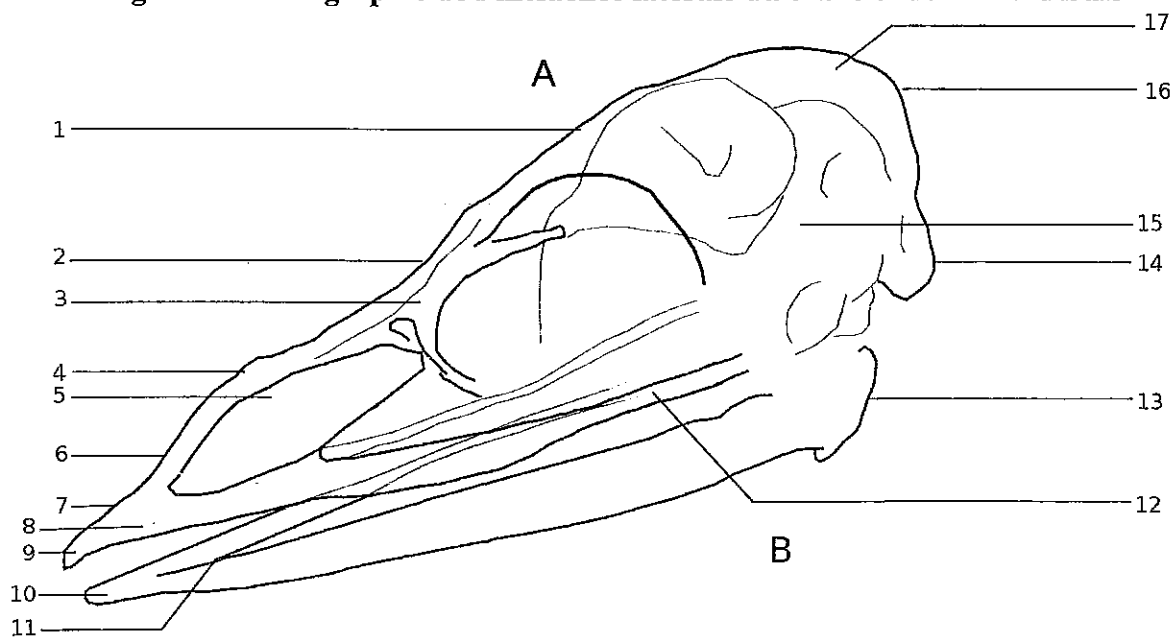


Figure 8 - Schéma de la radiographie du crâne et de la mandibule en incidence latérale

- | | |
|--|--------------------------------------|
| 1 Os frontal | 10 Rostre mandibulaire |
| 2 Suture frontonasale | 11 Synostose mandibulaire |
| 3 Processus orbitaire de l'os lacrymal | 12 Os zygomatique |
| 4 Os nasal | 13 Processus latéral de la mandibule |
| 5 Septum nasal | 14 Os occipital |
| 6 Processus nasal de l'os prémaxillaire | 15 Os temporal |
| 7 Rostre maxillaire | 16 Os supra-occipital |
| 8 Processus maxillaire de l'os prémaxillaire | 17 Os pariétal |
| 9 Pointe de la maxille | |

b) Photographies

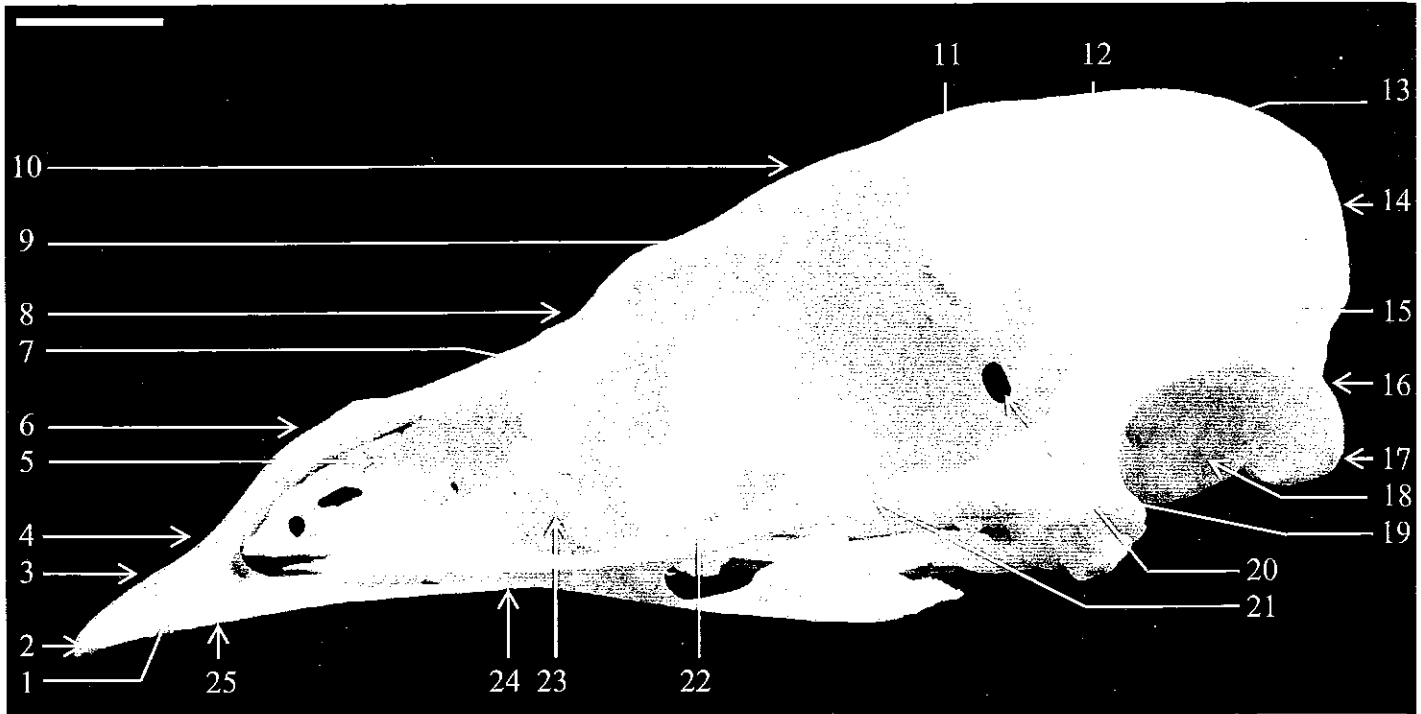


Figure 9 - Photographie du crâne, aspect latéral gauche

- | | | | |
|----|--|----|-------------------------|
| 1 | Rostre maxillaire | 14 | Os supraoccipital |
| 2 | Pointe de la maxille | 15 | Os temporal |
| 3 | Processus maxillaire de l'os prémaxillaire | 16 | Os occipital |
| 4 | Processus nasal de l'os prémaxillaire | 17 | Processus paraoccipital |
| 5 | Septum nasal | 18 | Cavité tympanique |
| 6 | Os nasal | 19 | Os carré |
| 7 | Processus orbitaire de l'os lacrymal | 20 | Foramen optique |
| 8 | Suture frontonasale | 21 | Os zygomatique |
| 9 | Processus supraorbitaire de l'os lacrymal | 22 | Septum interorbitaire |
| 10 | Os frontal | 23 | Vomer |
| 11 | Processus postorbitaire | 24 | Os palatin |
| 12 | Fosse temporale | 25 | Os maxillaire |
| 13 | Os pariétal | | |

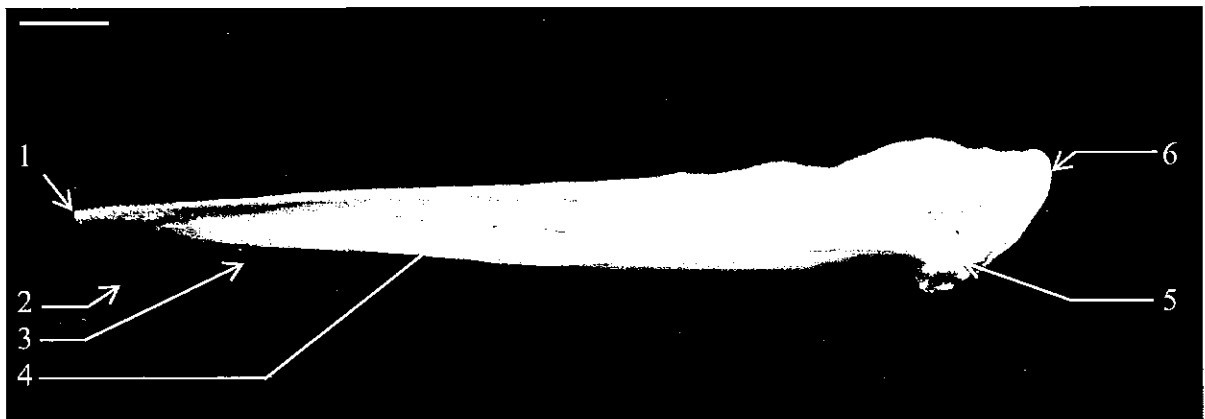


Figure 10 - Photographie de la mandibule, aspect latéral gauche

- | | | | |
|---|--|---|-------------------------------------|
| 1 | Rostre mandibulaire | 4 | Fenêtre mandibulaire |
| 2 | Synostose mandibulaire ("symphyse mandibulaire") | 5 | Os angulaire |
| 3 | Os dentaire | 6 | Processus latéral de l'os angulaire |



Figure 11 - Photographie du crâne et de la mandibule, bec fermé, aspect latéral gauche

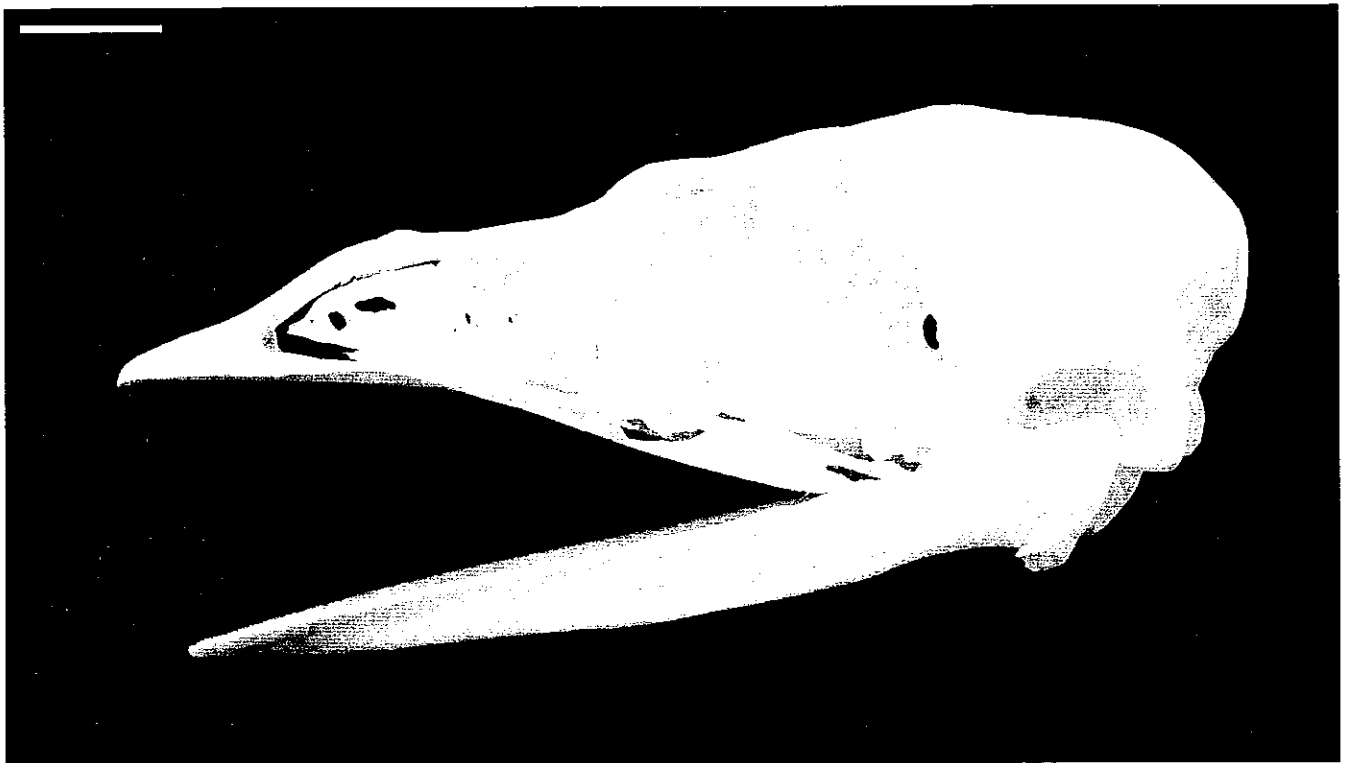


Figure 12 - Photographie du crâne et de la mandibule, bec ouvert, aspect latéral gauche

a) Clichés radiographiques

Comme précédemment, la zone à radiographier comporte la tête dans son ensemble avec les premières cervicales.

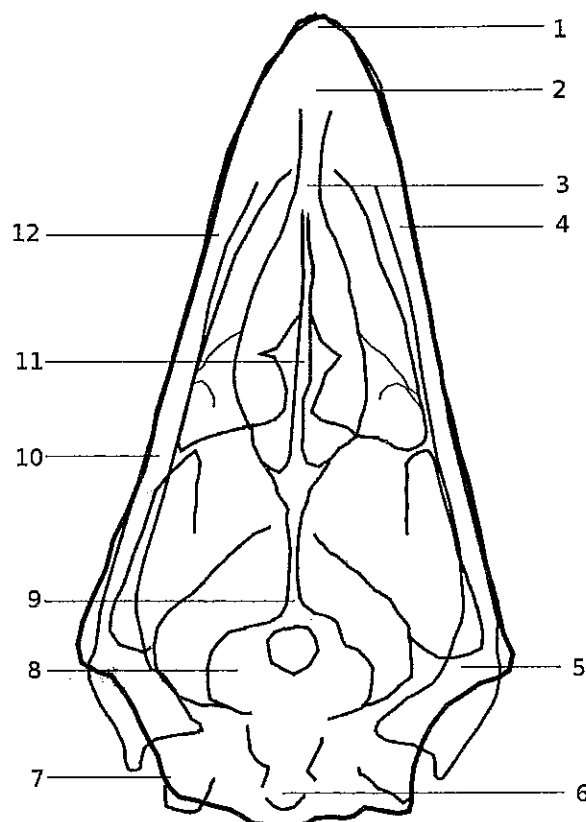
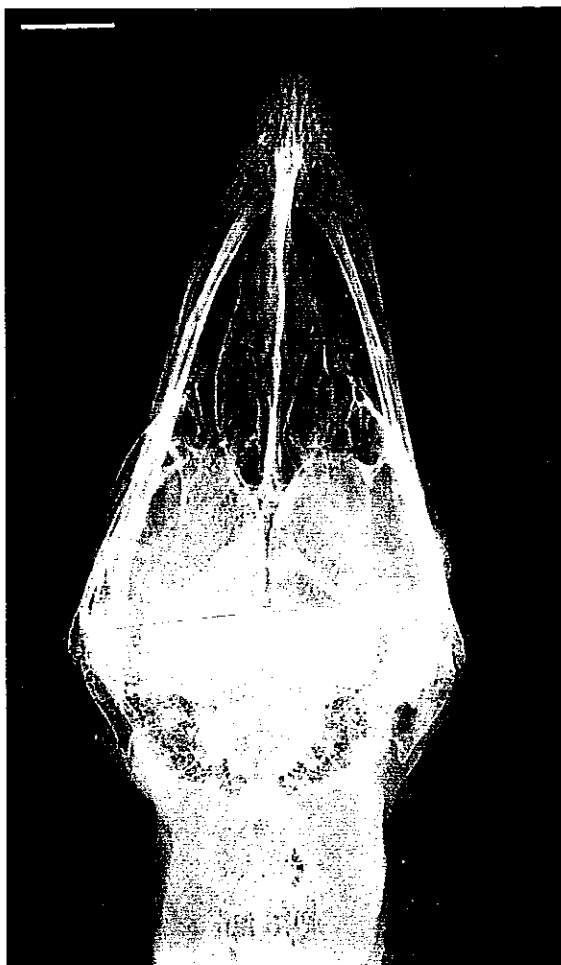


Figure 13 - Radiographie et schéma de l'incidence ventro-dorsale du crâne et de la mandibule

- | | | | |
|---|---------------------------------------|----|--------------------------|
| 1 | Rostre maxillaire | 7 | Os temporal |
| 2 | Processus nasal de l'os prémaxillaire | 8 | Os basiptérygoïde |
| 3 | Septum nasal | 9 | Septum interorbitaire |
| 4 | « Hémimandibule » gauche | 10 | Os jugal |
| 5 | Processus postorbitaire | 11 | Vomer |
| 6 | Os occipital | 12 | « Hémimandibule » droite |

b) Photographies

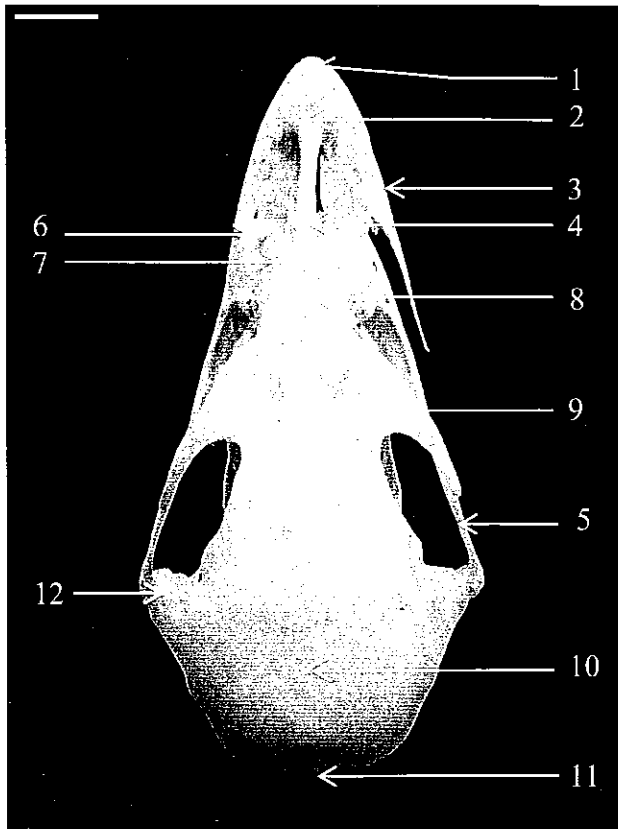


Figure 14 - Photographie du crâne, aspect dorsal

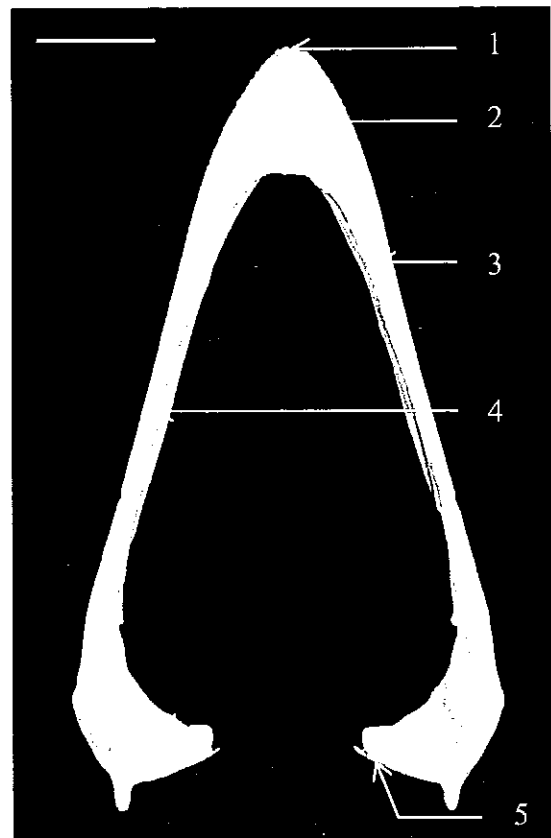


Figure 15 - Photographie de la mandibule, aspect dorsal

- 1 Rostre maxillaire
- 2 Processus nasal de l'os prémaxillaire
- 3 Processus maxillaire de l'os prémaxillaire
- 4 Os nasal
- 5 Os jugal
- 6 Processus orbitaire de l'os lacrymal
- 7 Processus supraorbitaire de l'os lacrymal
- 8 Suture frontonasale
- 9 Os frontal
- 10 Os pariétal
- 11 Os supraoccipital
- 12 Processus postorbitaire

- 1 Rostre mandibulaire
- 2 Synostose mandibulaire (« symphyse mandibulaire »)
- 3 « Hémimandibule » droite
- 4 « Hémimandibule » gauche
- 5 Processus médial de la mandibule

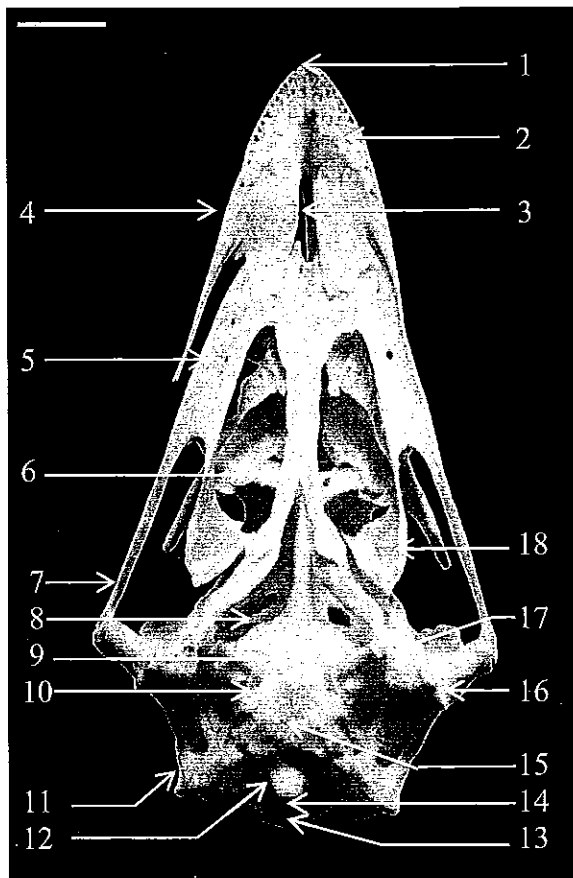


Figure 16 - Photographie du crâne, aspect ventral

- 1 Rostre maxillaire
- 2 Processus maxillaire de l'os prémaxillaire
- 3 Septum nasal
- 4 Os maxillaire
- 5 Os palatin, processus rostral
- 6 Vomer
- 7 Os jugal
- 8 Os ptérygoïde
- 9 Os sphénoïde
- 10 Os basiptérygoïde
- 11 Os temporal
- 12 Condyle occipital
- 13 Os occipital
- 14 Foramen magnum
- 15 Lame parasphénoïdale
- 16 Processus caudal de l'anneau scléral
- 17 Processus orbitaire de l'os carré
- 18 Os palatin, partie latérale

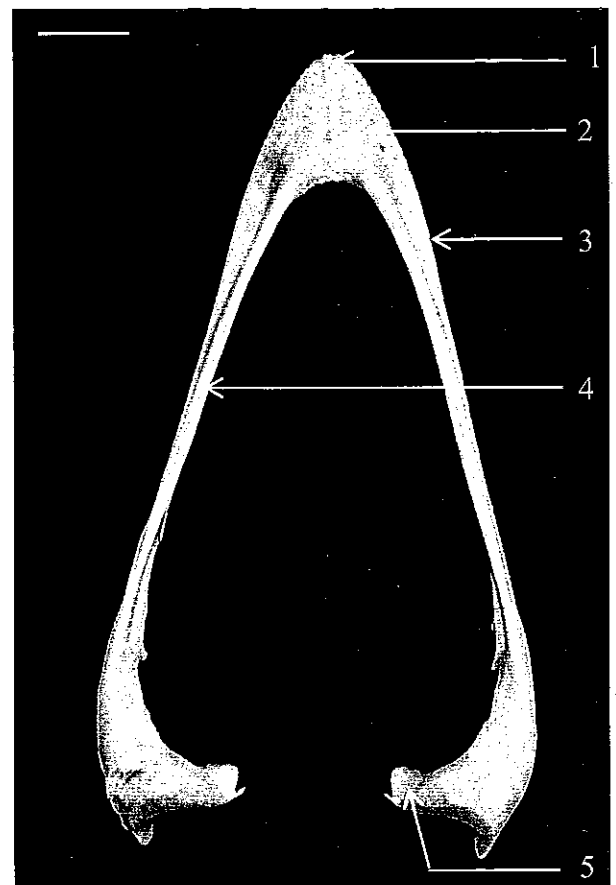


Figure 17 - Photographie de la mandibule, aspect ventral

- 1 Rostre mandibulaire
- 2 Synostose mandibulaire (« symphyse mandibulaire »)
- 3 « Hémimandibule » gauche
- 4 « Hémimandibule » droite
- 5 Processus médial de la mandibule

1.1 Incidence caudale : Photographies

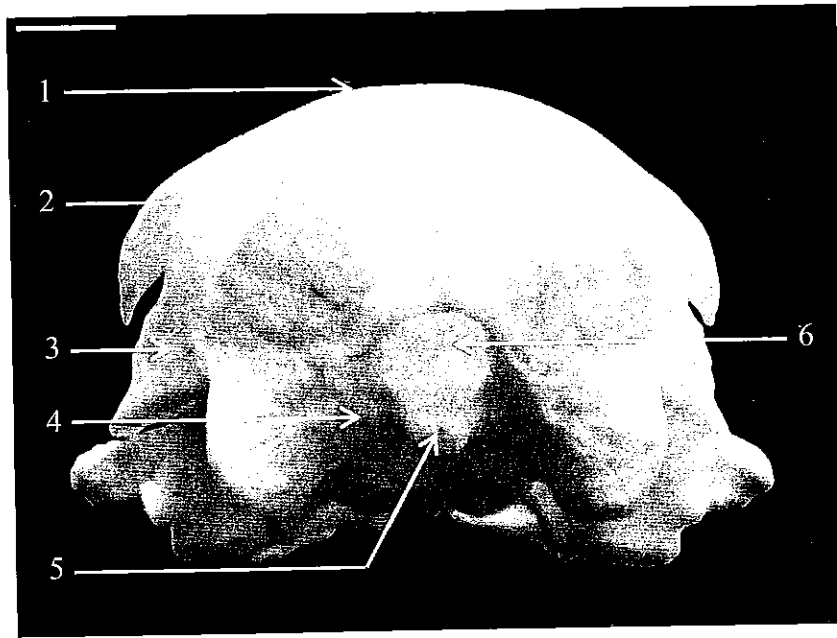


Figure 18 - Photographie du crâne, aspect caudal

- 1 Os pariétal
- 2 Os supraoccipital
- 3 Os temporal
- 4 Os occipital
- 5 Condyle occipital
- 6 Foramen magnum

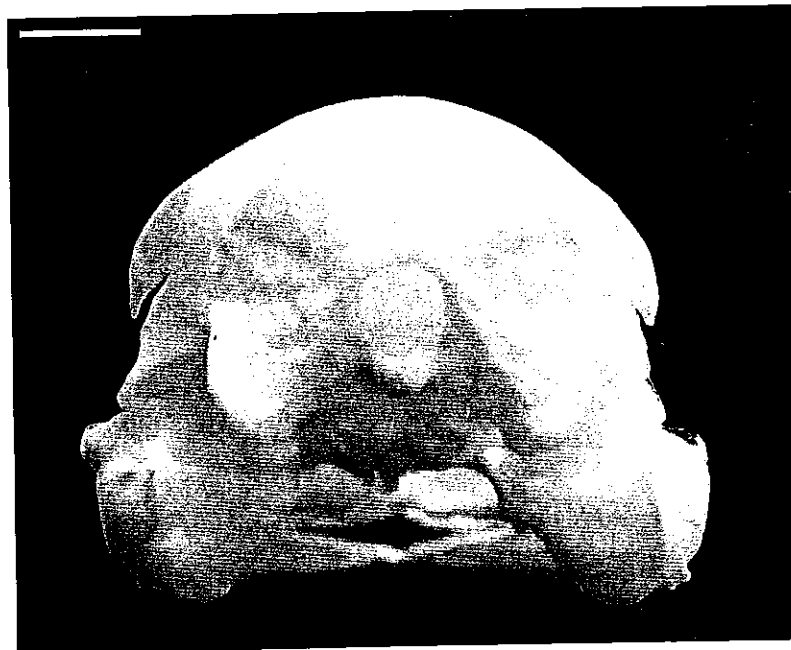


Figure 19 - Photographie du crâne et de la mandibule, bec fermé, aspect caudal

2. VERTÈBRES CERVICALES

2.1 GÉNÉRALITÉS

Chez les oiseaux, elles sont toujours plus nombreuses que chez les Mammifères et leur nombre est proportionnel à la longueur du cou. L'émeu en possède 19.

L'ensemble de ces vertèbres constitue une tige cervicale particulièrement mobile et décrit au repos une inflexion sigmoïde caractéristique.

L'atlas, première vertèbre cervicale, ne présente pas de corps mais deux arcs, comme chez les Mammifères. Cependant, il diffère par l'absence de processus transverses ou ailes et la présence d'une seule surface articulaire pour l'os occipital (un seul condyle uniquement).

L'axis, deuxième vertèbre cervicale, s'articule par sa dent, à l'atlas et au condyle occipital. Son processus épineux est nettement moins développé que chez les Mammifères.

Les autres vertèbres cervicales présentent aussi des processus épineux peu développés. Les plus caudales ont des processus transverses qui portent des ébauches de côtes cervicales, ce sont les processus costaux. Les vertèbres cervicales augmentent en taille plus on s'éloigne du crâne et on s'approche du thorax.

2.2 INCIDENCE LATÉRALE

a) Clichés radiographiques

Pour réaliser ce cliché, l'animal est placé en décubitus latéral, pour cela, il est généralement nécessaire de placer des cales de part et d'autre de l'animal. Le manipulateur doit essayer de tendre le cou le plus possible tout en plaçant la tête en position physiologique.

Chez les autres espèces, la zone à radiographier doit s'étendre en longueur de la base du crâne jusqu'aux premières côtes et en largeur, du bord du poitrail jusqu'aux épaules. Dans le cas de l'émeu, cet examen devra donc s'effectuer avec deux clichés afin d'avoir toutes les structures.

Dans notre étude, seule la partie crâniale du cou a été radiographiée, la rigidité du cadavre n'ayant pas permis d'obtenir des clichés corrects pour l'entrée de la poitrine.

Le cou est sigmoïde et l'atlas n'est pas toujours visible du fait de sa petite taille.



Figure 20 - Radiographie de l'incidence latéro-latérale du crâne et du cou

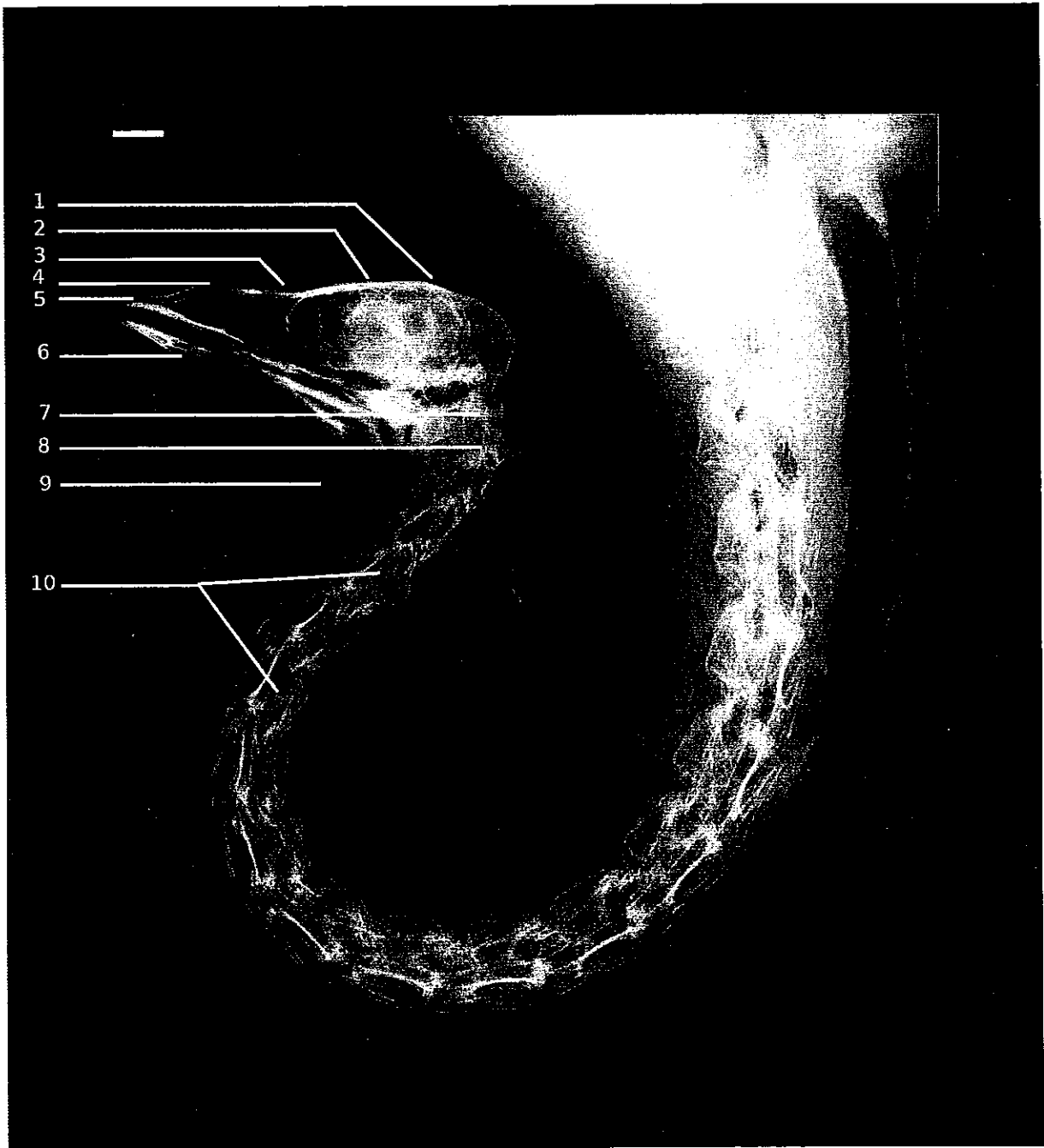


Figure 21 - Radiographie légendée de l'incidence latéro-latérale du crâne et du cou

- 1 Os pariétal
- 2 Os frontal
- 3 Suture frontonasale
- 4 Os nasal
- 5 Rostre maxillaire

- 6 Mandibule
- 7 Première vertèbre cervicale: axis
- 8 Deuxième vertèbre cervicale: atlas
- 9 Trachée
- 10 Vertèbres cervicales

b) Photographies

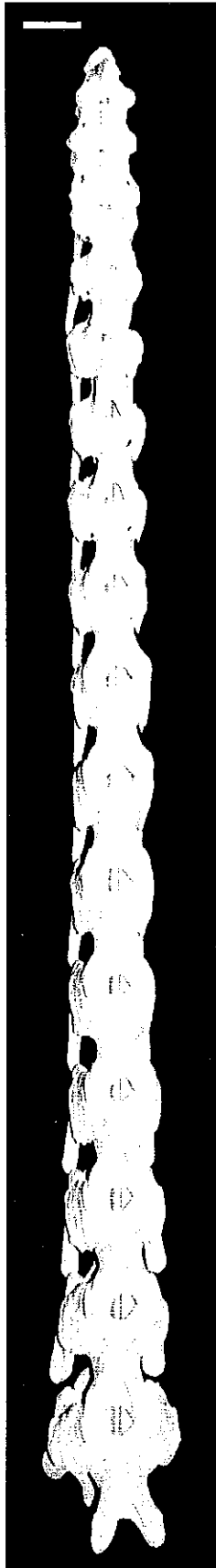


Figure 22 - Photographie des vertèbres cervicales en connexion, aspect dorsal



Figure 23 - Photographie des vertèbres cervicales en connexion, aspect ventral



Figure 24 - Photographie des vertèbres cervicales en connexion, aspect latéral

2.3 INCIDENCE VENTRO-DORSALE

a) Clichés radiographiques

L'animal doit être maintenu en décubitus dorsal, pour cela, il est également nécessaire de placer des cales de part et d'autre de l'animal.

Comme expliqué précédemment, la réalisation de la radiographie n'a pu se faire dans les règles de l'art. L'étude ventro-dorsale des vertèbres cervicales se fera donc en deux clichés.

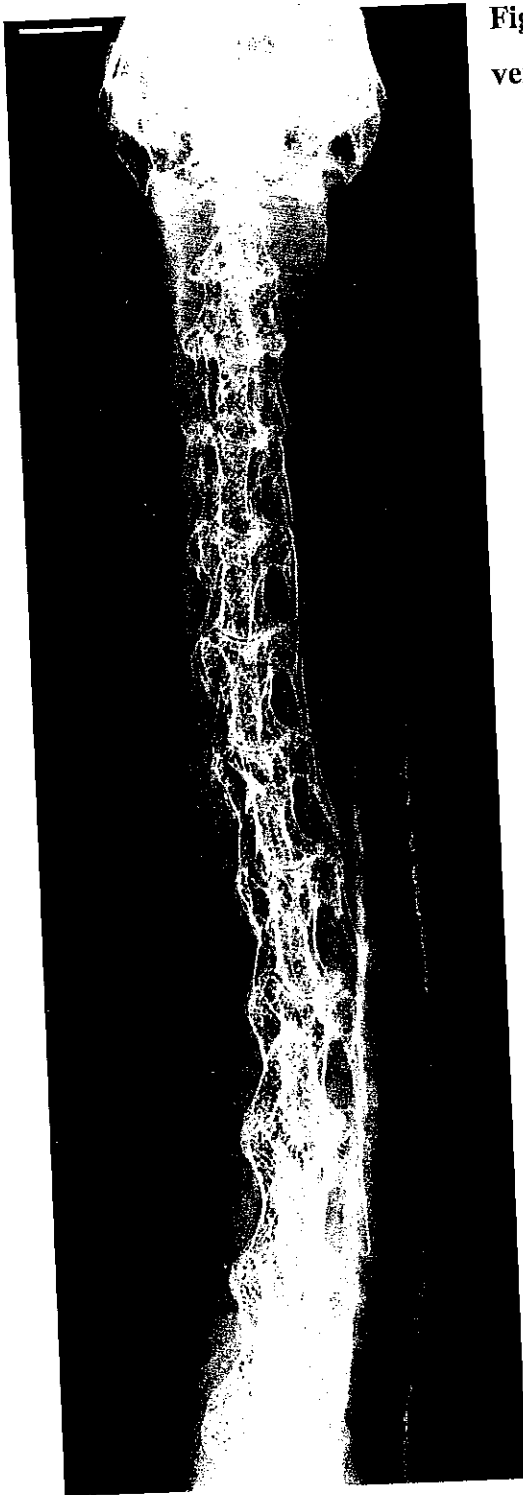


Figure 25 - Radiographie et légende de l'incidence ventro-dorsale du crâne et du cou

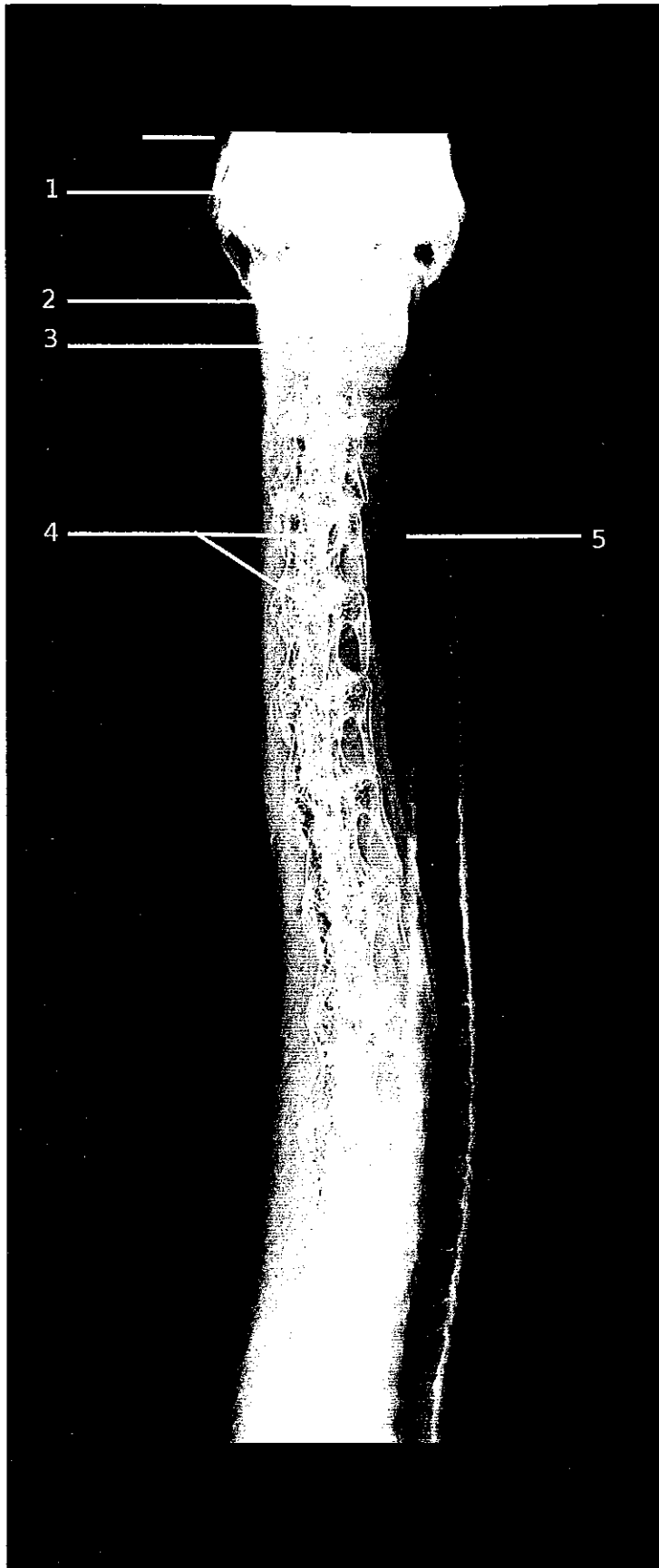


Figure 26 - Radiographie
légendée de l'incidence
ventro-dorsale du crâne
et du cou

- 1 Crâne
- 2 Première vertèbre
cervicale : axis
- 3 Deuxième vertèbre
cervical: atlas
- 4 Vertèbres cervicales
- 5 Trachée

b) Photographies

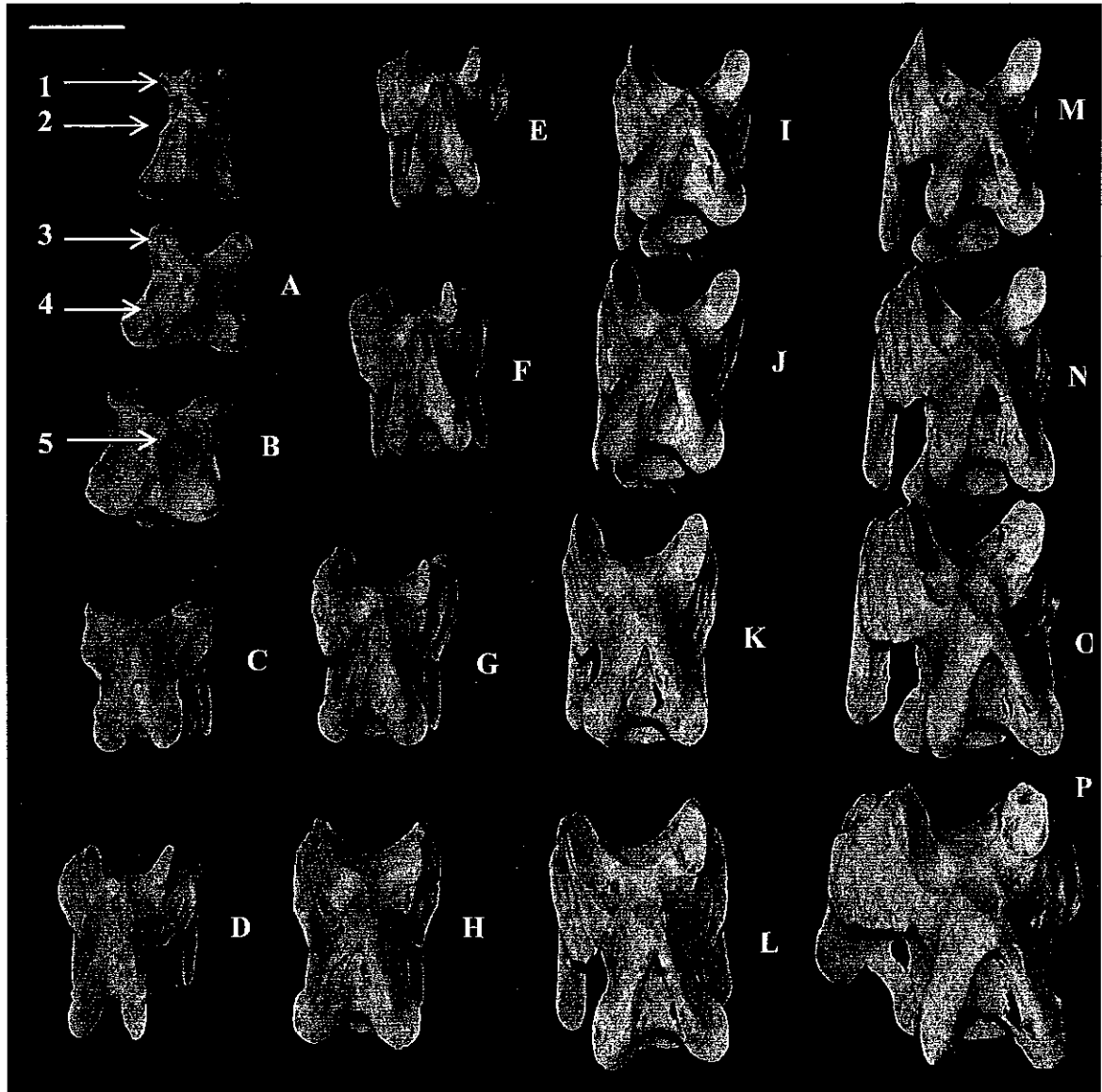


Figure 27 - Photographie des vertèbres cervicales présentées séparément, aspect dorsal

- 1 Première vertèbre cervicale : atlas
- 2 Deuxième vertèbre cervicale : axis
- 3 Processus articulaire crânial
- 4 Processus articulaire caudal
- 5 Processus épineux

- | | | |
|--------------------------------|---------------|----------------|
| A Troisième vertèbre cervicale | G Neuvième | M Quinzième |
| B Quatrième | H Dixième | N Seizième |
| C Cinquième | I Onzième | O Dix-septième |
| D Sixième | J Douzième | P Dix-huitième |
| E Septième | K Treizième | |
| F Huitième | L Quatorzième | |

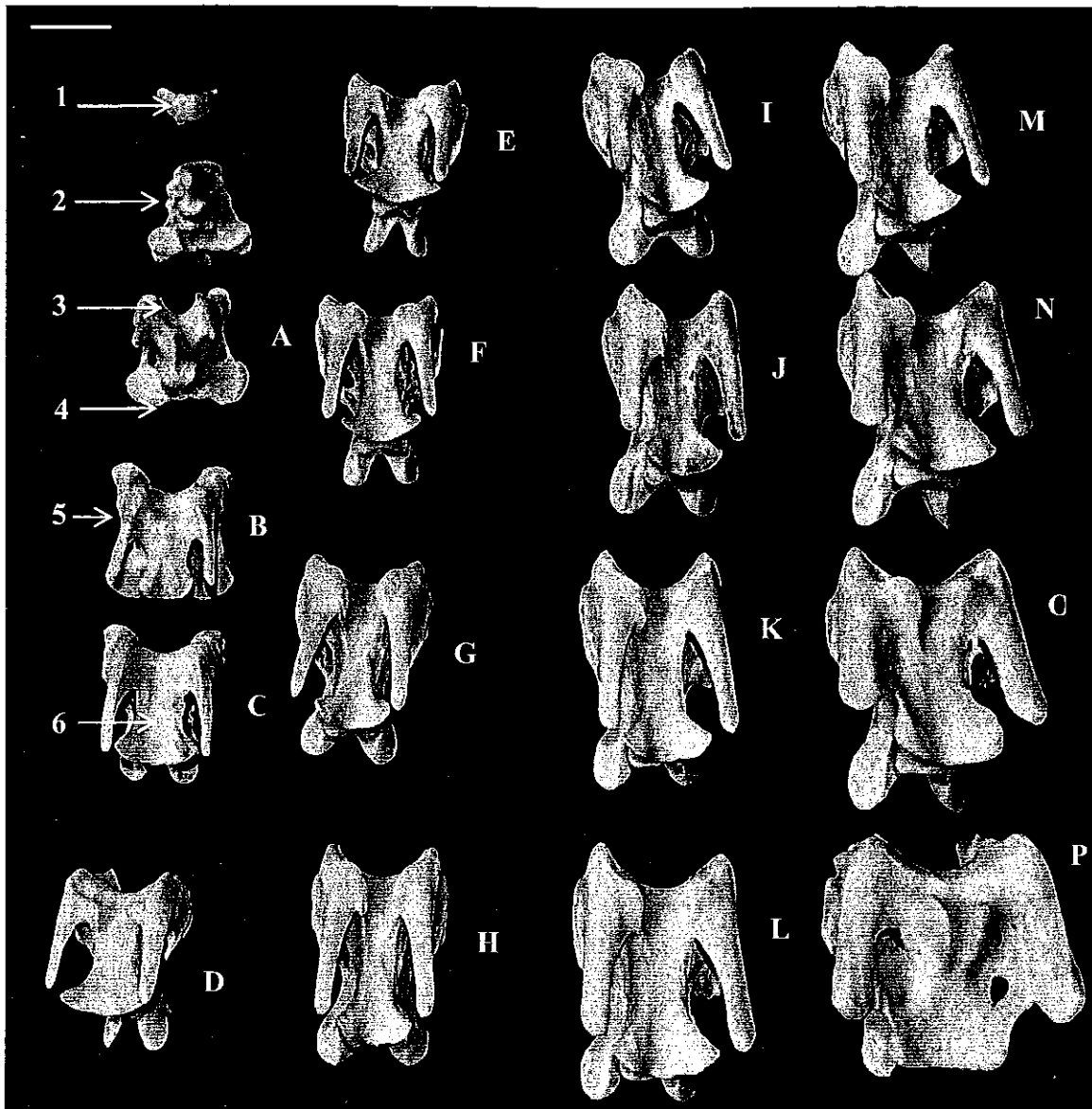


Figure 28 - Photographie des vertèbres cervicales présentée séparément, aspect ventral

- 1 Première vertèbre cervicale : atlas
- 2 Deuxième vertèbre cervicale : axis
- 3 Processus articulaire crânial
- 4 Processus articulaire caudal
- 5 Processus transverse
- 6 Corps vertébral

- A Troisième vertèbre cervicale
- B Quatrième
- C Cinquième
- D Sixième
- E Septième
- F Huitième

- G Neuvième
- H Dixième
- I Onzième
- J Douzième
- K Treizième
- L Quatorzième

- M Quinzième
- N Seizième
- O Dix-septième
- P Dix-huitième

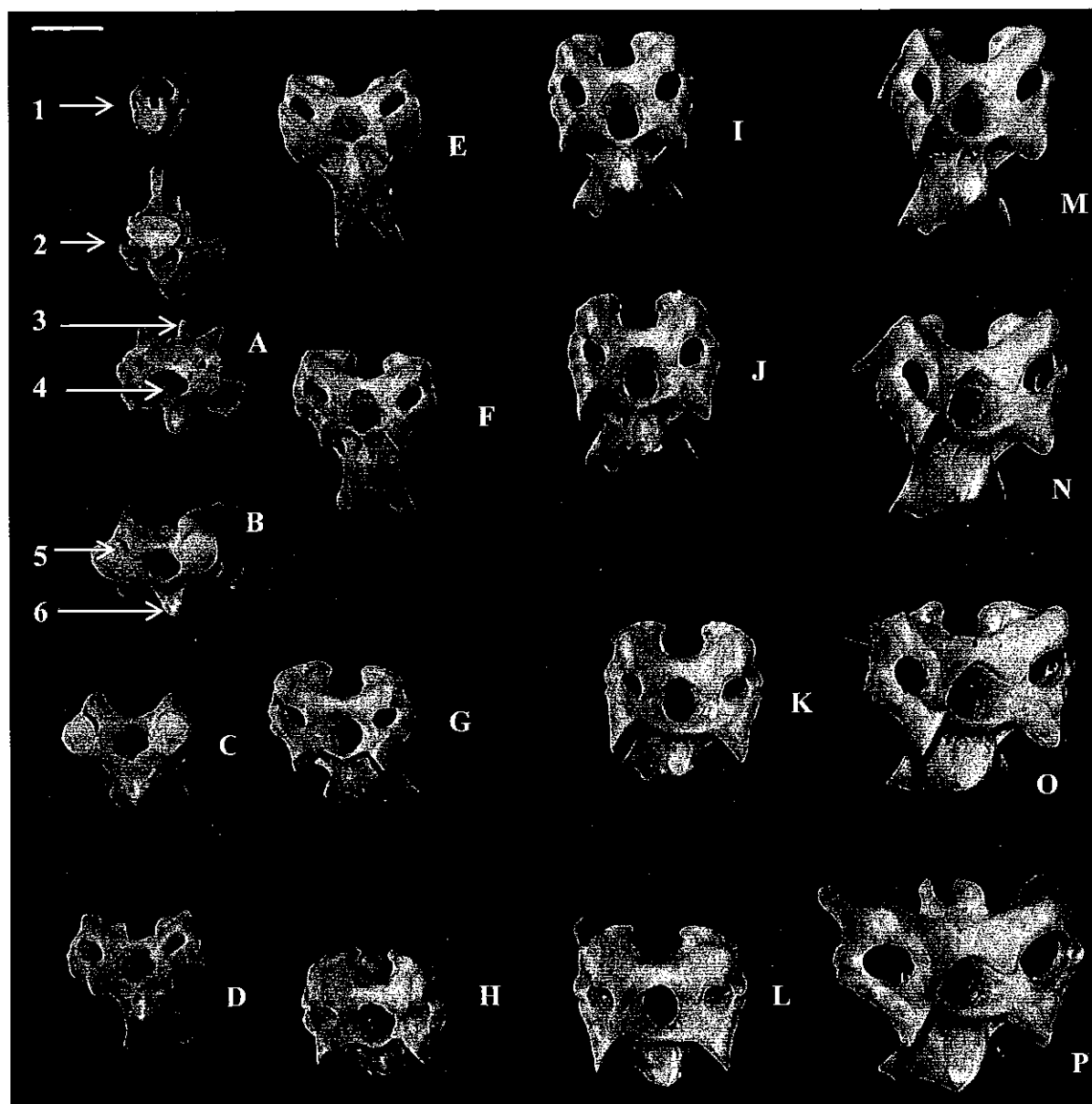


Figure 29 - Photographie des vertèbres cervicales, aspect crânial

- | | | | |
|---|-------------------------------------|---|-----------------------|
| 1 | Première vertèbre cervicale : atlas | 4 | Foramen vertébral |
| 2 | Deuxième vertèbre cervicale : axis | 5 | Foramen transversaire |
| 3 | Processus épineux | 6 | Corps vertébral |
| A | Troisième vertèbre cervicale | G | Neuvième |
| B | Quatrième | H | Dixième |
| C | Cinquième | I | Onzième |
| D | Sixième | J | Douzième |
| E | Septième | K | Treizième |
| F | Huitième | L | Quatorzième |
| | | M | Quinzième |
| | | N | Seizième |
| | | O | Dix-septième |
| | | P | Dix-huitième |

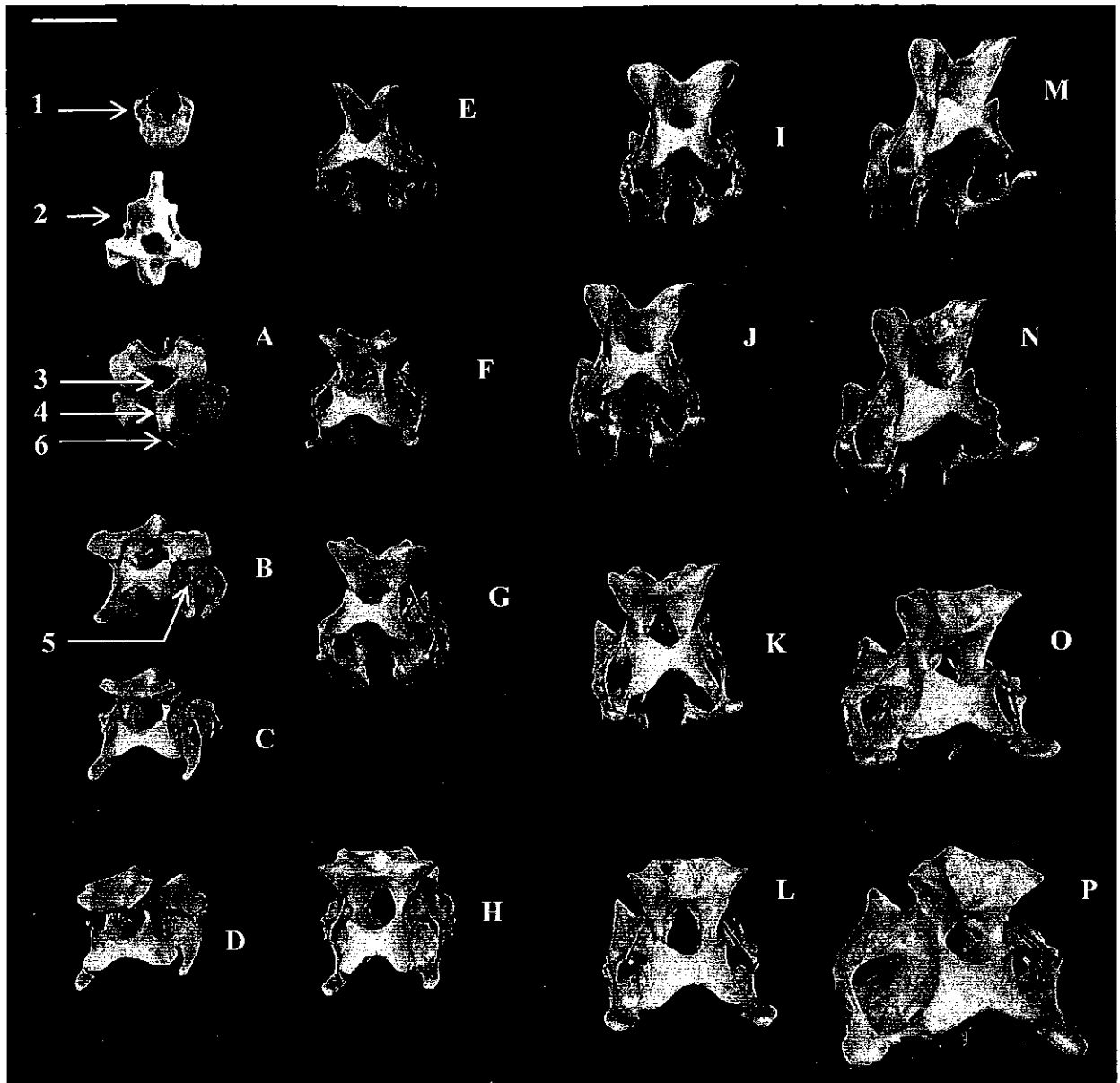


Figure 30 - Photographie des vertèbres cervicales, aspect caudal

- | | | | |
|---|-------------------------------------|---|-----------------------|
| 1 | Première vertèbre cervicale : atlas | 4 | Foramen vertébral |
| 2 | Deuxième vertèbre cervicale : axis | 5 | Foramen transversaire |
| 3 | Processus épineux | 6 | Corps vertébral |

- | | | | | | |
|---|------------------------------|---|-------------|---|--------------|
| A | Troisième vertèbre cervicale | G | Neuvième | M | Quinzième |
| B | Quatrième | H | Dixième | N | Seizième |
| C | Cinquième | I | Onzième | O | Dix-septième |
| D | Sixième | J | Douzième | P | Dix-huitième |
| E | Septième | K | Treizième | | |
| F | Huitième | L | Quatorzième | | |

3. VERTÈBRES THORACIQUES ET CÔTES

3.1 GÉNÉRALITÉS

Le thorax est constitué par les vertèbres thoraciques, les côtes et le sternum.

Ce segment vertébral est court et en grand partie rigide. L'émeu possède 8 vertèbres thoraciques non soudées et reliées à 7 paires de côtes plus une première côte rudimentaire liée à la première vertèbre thoracique.

Les côtes présentent une pièce dorsale, la côte vertébrale et une pièce ventrale, la côte sternale qui tient lieu de cartilage costal, totalement absent chez les Oiseaux. Contrairement aux autres Oiseaux, les côtes vertébrales de l'émeu ne possèdent pas de processus unciné, structure qui se détache du bord caudal et recouvre la côte suivante.

Chez l'émeu, la première côte sternale est soudée au sternum et s'articule avec la côte vertébrale. Les autres côtes ne sont pas soudées au sternum et les côtes 6 et 7 ne possèdent pas de pièce dorsale.

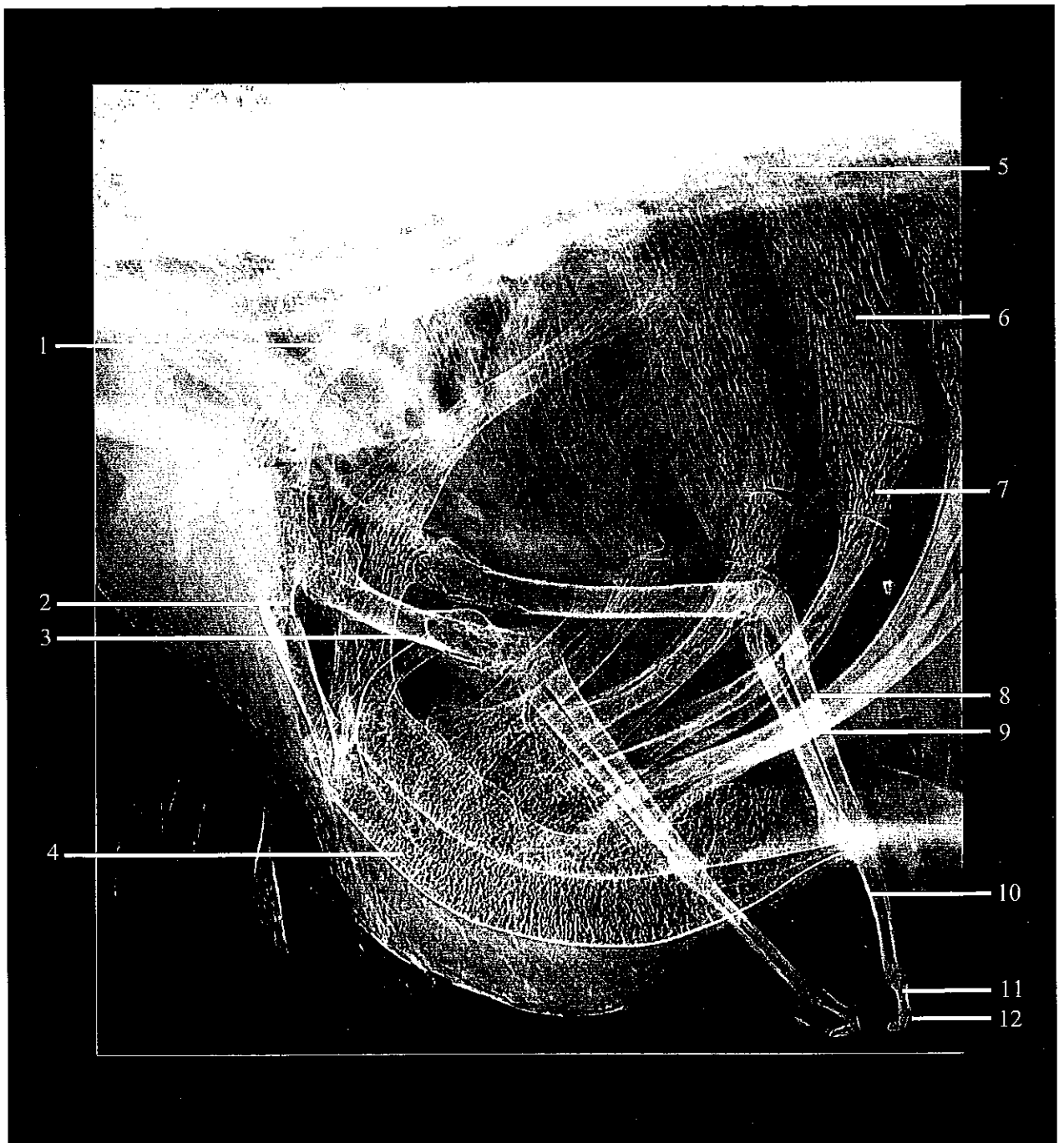
Les radiographies présentées sont de qualité moyenne. En effet, la rigidité cadavérique n'a pas permis un bon positionnement du corps de l'animal. Cependant, on retiendra comme critères de qualité : un cliché radiographique qui s'étend de l'entrée du thorax aux dernières côtes, les côtes de chaque côté superposées et un corps qui n'est pas en rotation.

3.2 INCIDENCE LATÉRALE

a) Clichés radiographiques



Figure 31 - Radiographie de l'incidence latéro-latérale du thorax



- | | | | |
|---|-----------------------|----|-----------------------|
| 1 | Scapula | 7 | Côte thoracique |
| 2 | Coracoïde | 8 | Radius |
| 3 | Humérus | 9 | Ulna |
| 4 | Sternum | 10 | Carpométacarpe |
| 5 | Vertèbres thoraciques | 11 | Phalange I doigt III |
| 6 | Côte vertébrale | 12 | Phalange II doigt III |

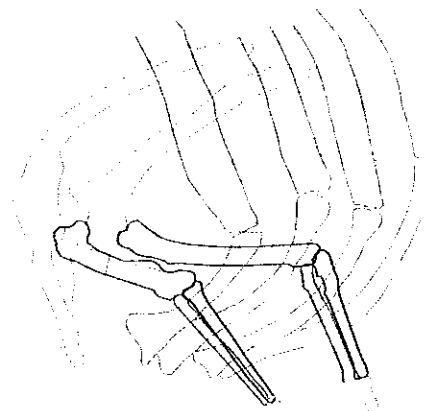


Figure 32 - Radiographie légendées et schéma de l'incidence latéro-latérale du thorax

b) Photographies

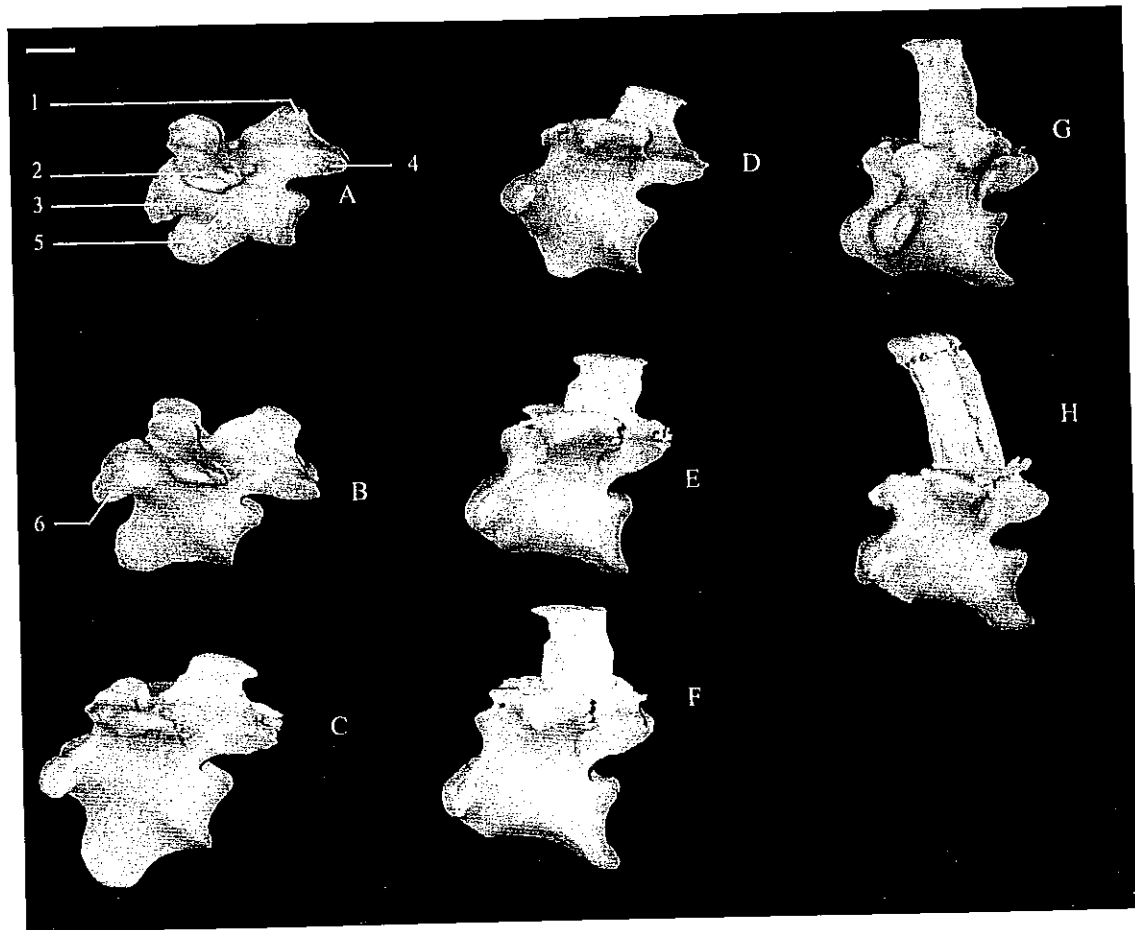


Figure 33 - Photographies des vertèbres thoraciques présentées séparément, aspect latéral gauche

- 1 Processus articulaire crânial
 - 2 Processus transverse
 - 3 Processus épineux
 - 4 Processus articulaire caudal
-
- A Première vertèbre thoracique
 - B Deuxième vertèbre thoracique
 - C Troisième vertèbre thoracique
 - D Quatrième vertèbre thoracique
 - E Cinquième vertèbre thoracique
 - F Sixième vertèbre thoracique
 - G Septième vertèbre thoracique
 - H Huitième vertèbre thoracique

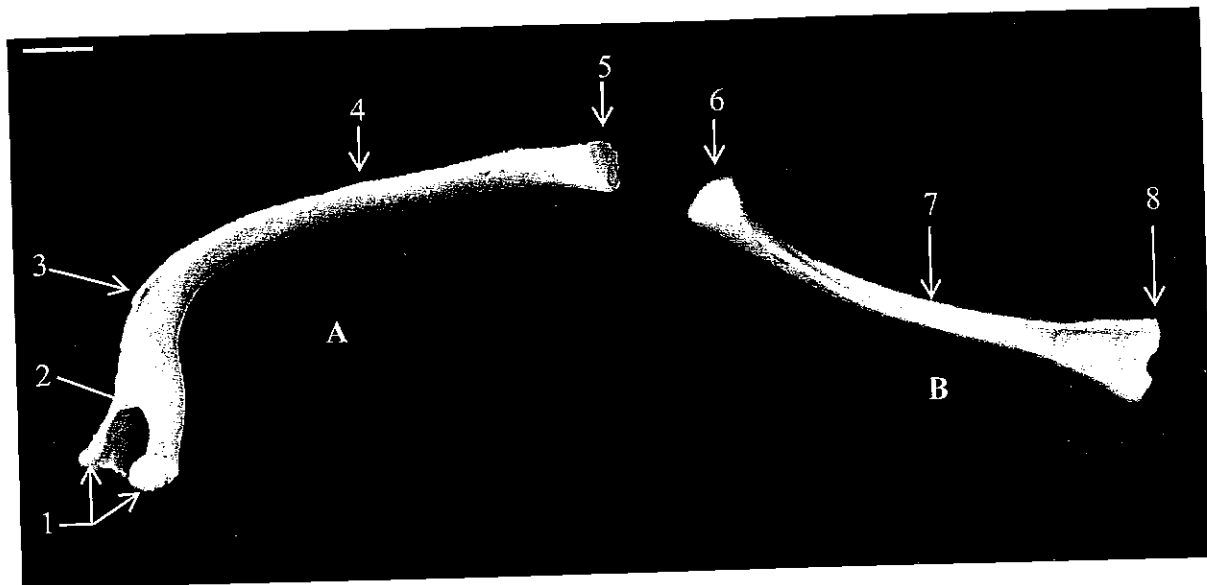


Figure 34 - Photographie d'une côte gauche, aspect crânial

A CÔTE VERTÉBRALE

- 1 Processus articulaires vertébraux (tête et tubercule de la côte)
 - 2 Échancrure capitulo-tuberculaire
 - 3 Angle de la côte
 - 4 Corps de la côte vertébrale
 - 5 Extrémité ventrale et surface articulaire intercostale
- } Extrémité dorsale de la côte

B CÔTE STERNALE

- 6 Extrémité dorsale et surface articulaire intercostale
- 7 Corps de la côte sternale
- 8 Extrémité ventrale et surface articulaire sternale

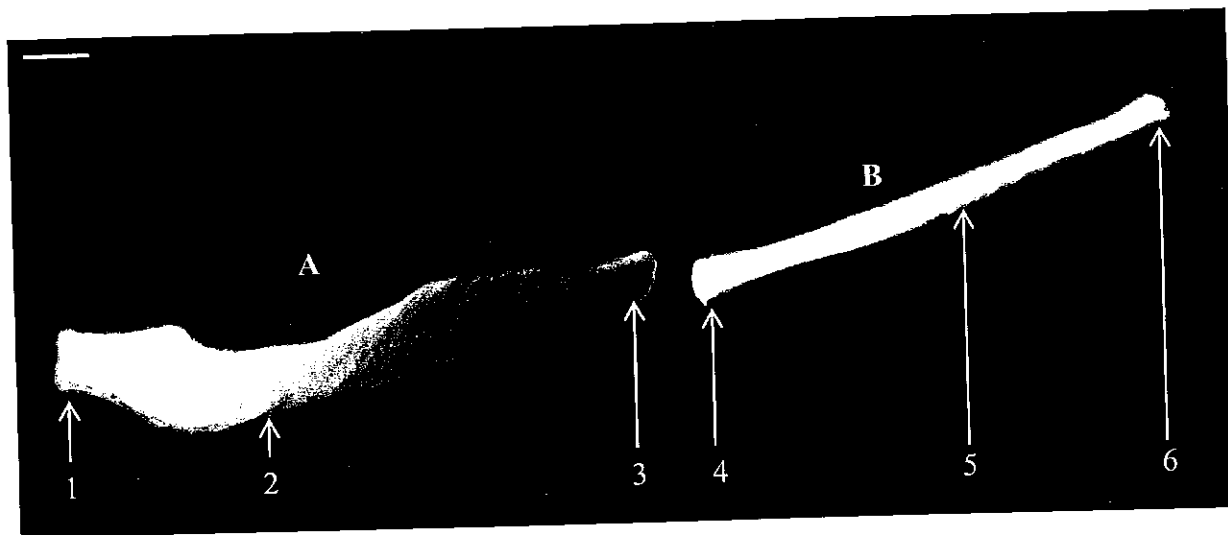


Figure 35 - Photographie d'une côte gauche, aspect caudal

A CÔTE VERTÉBRALE

- 1 Extrémité dorsale
- 2 Corps de la côte vertébrale
- 3 Extrémité ventrale et surface articulaire intercostale

B CÔTE STERNALE

- 4 Extrémité dorsale et surface articulaire intercostale
- 5 Corps de la côte sternale
- 6 Extrémité ventrale et surface articulaire sternale

3.3 INCIDENCE VENTRO-DORSALE

a) Clichés radiographiques

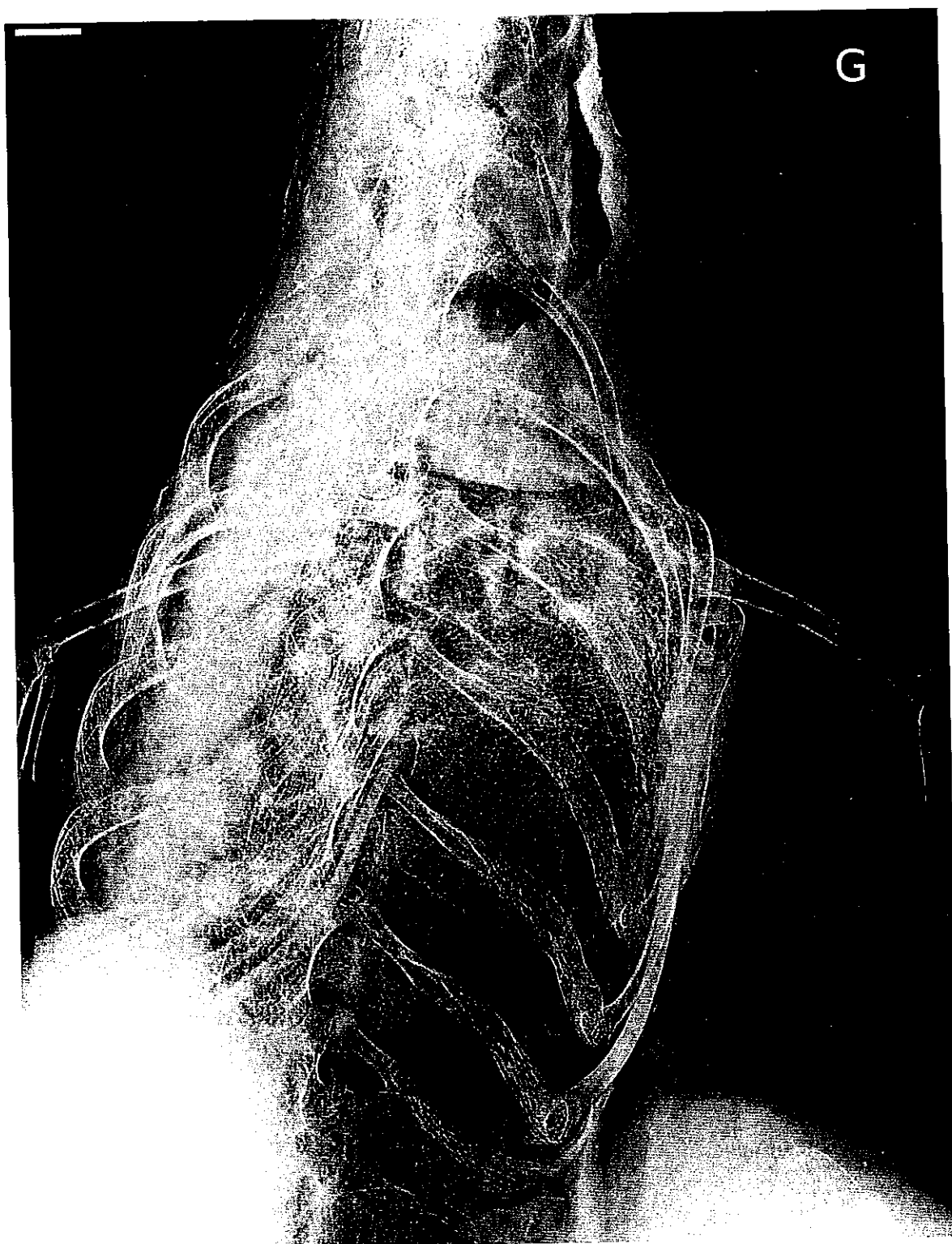


Figure 36 - Radiographie du thorax en incidence ventro-dorsale

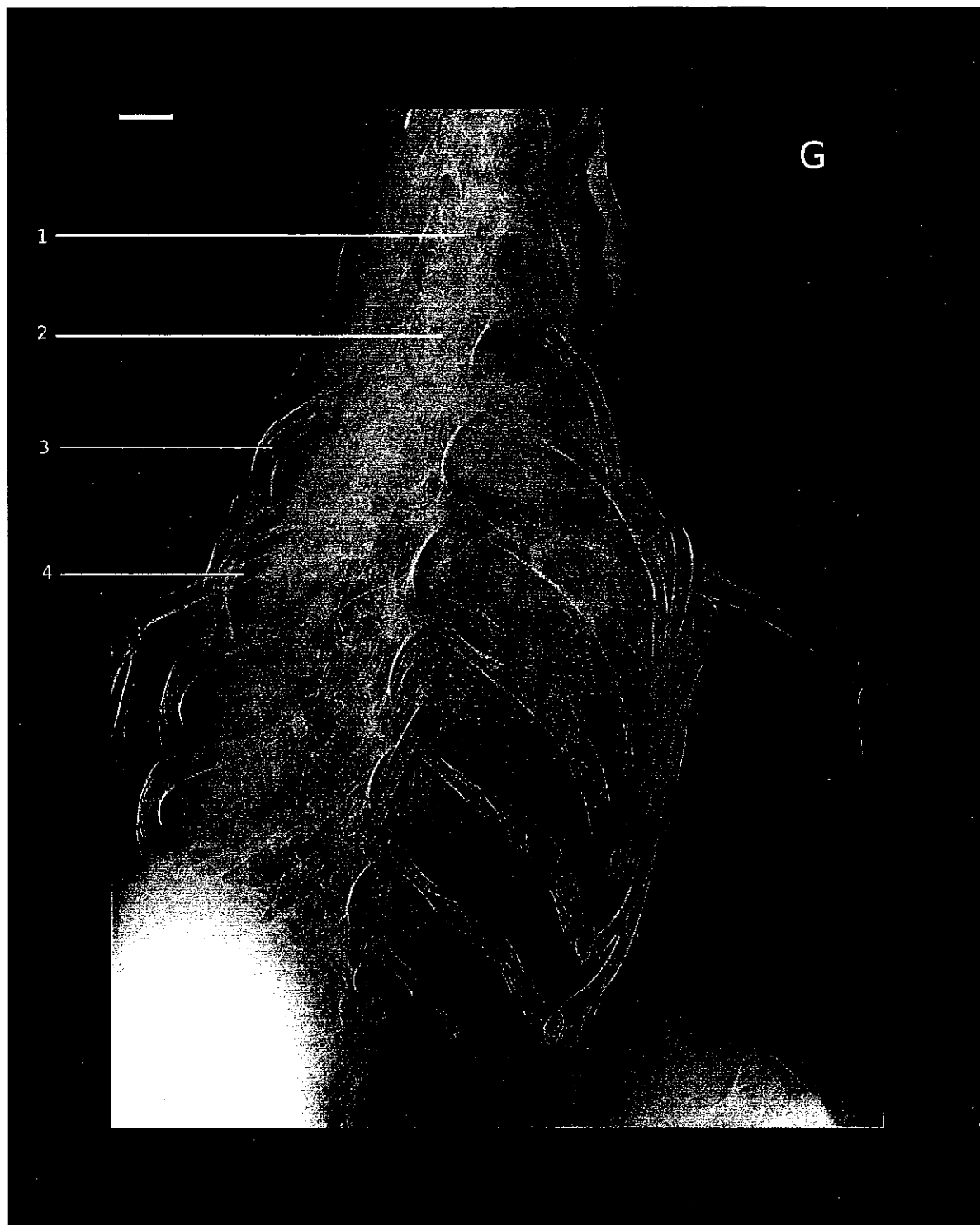
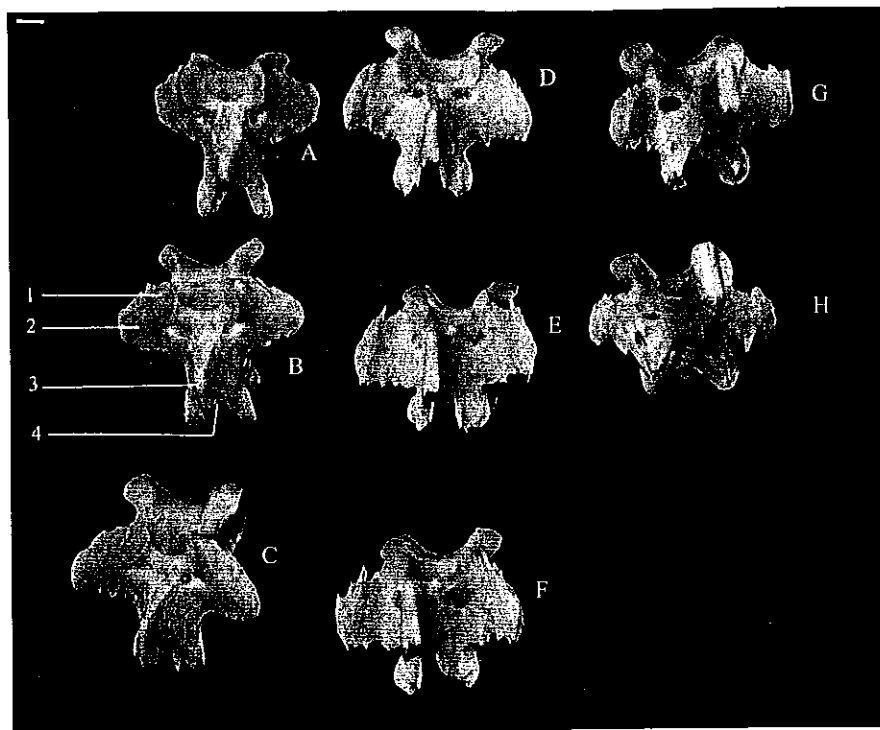


Figure 37 - Radiographie légendée du thorax en incidence ventro-dorsale

1 Vertèbre cervicale
2 Vertèbre thoracique

3 Côte
4 Humérus

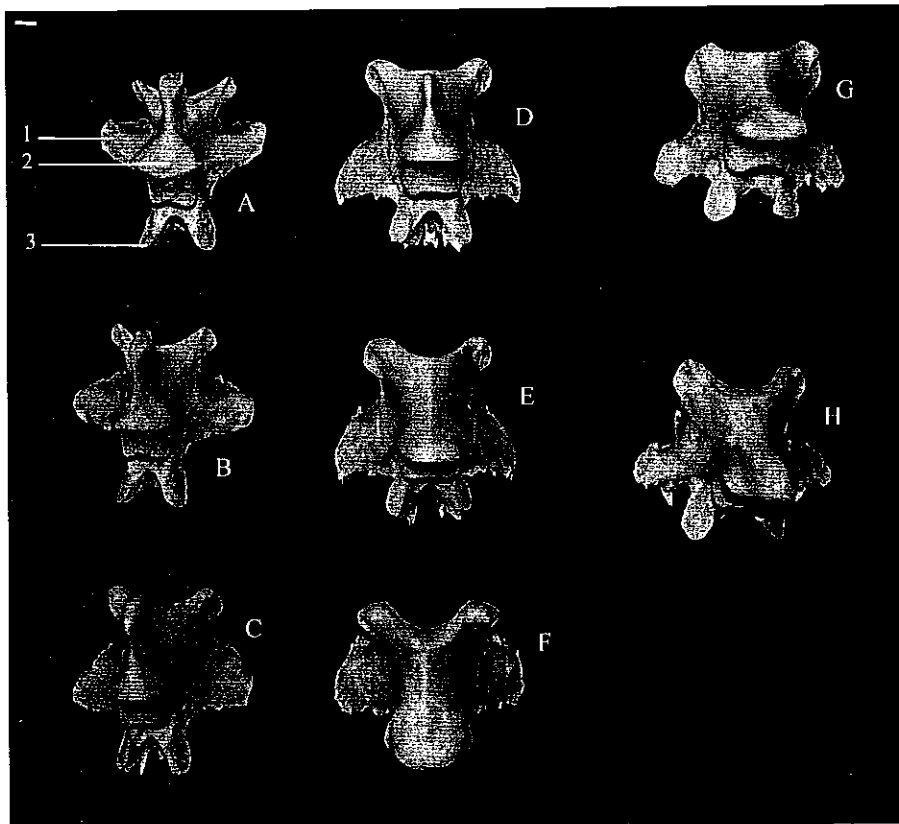
b) Photographies



- 1 Processus articulaire crânial
- 2 Processus transverse
- 3 Processus épineux
- 4 Processus articulaire caudal

- A Première vertèbre thoracique
- B Deuxième vertèbre thoracique
- C Troisième vertèbre thoracique
- D Quatrième vertèbre thoracique
- E Cinquième vertèbre thoracique
- F Sixième vertèbre thoracique
- G Septième vertèbre thoracique
- H Huitième vertèbre thoracique

Figure 38 - Photographies des vertèbres thoraciques présentées séparément, aspect dorsal



- 1 Processus transverse
- 2 Corps vertébral
- 3 Processus articulaire caudal

Figure 39 - Photographies des vertèbres thoraciques présentées séparément, aspect ventral

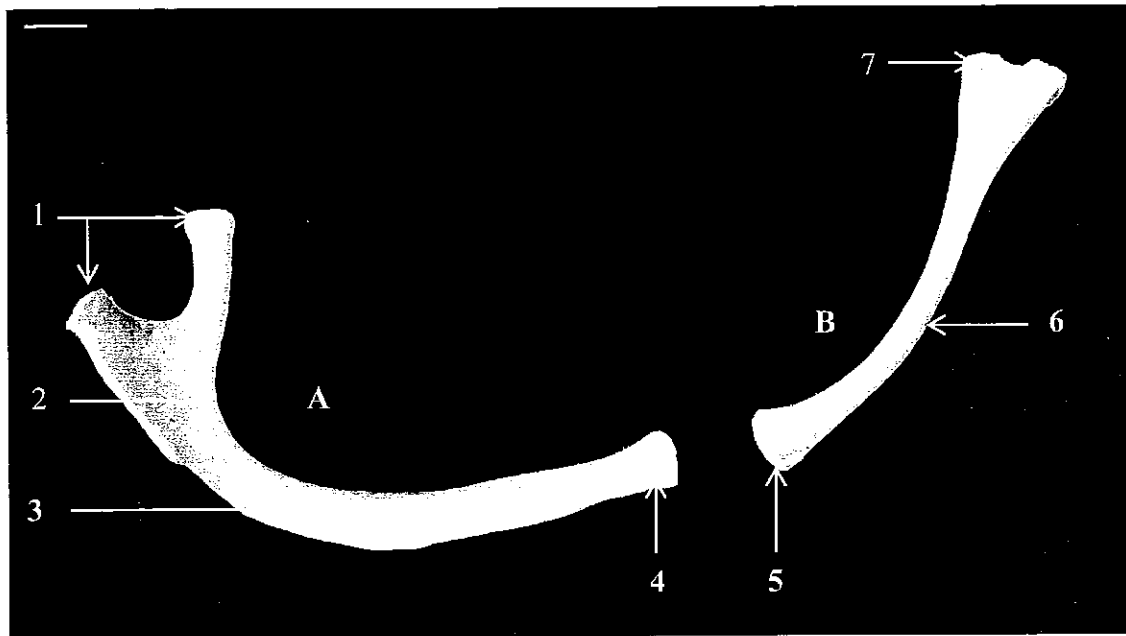


Figure 40 - Photographie d'une côte gauche, aspect dorsal

A CÔTE VERTÉBRALE

- 1 Processus articulaires vertébraux (tête et tubercule de la côte)
- 2 Extrémité dorsale
- 3 Corps de la côte vertébrale
- 4 Extrémité ventrale et surface articulaire intercostale

B CÔTE STERNALE

- 5 Extrémité dorsale et surface articulaire intercostale
- 6 Corps de la côte sternale
- 7 Extrémité ventrale et surface articulaire sternale

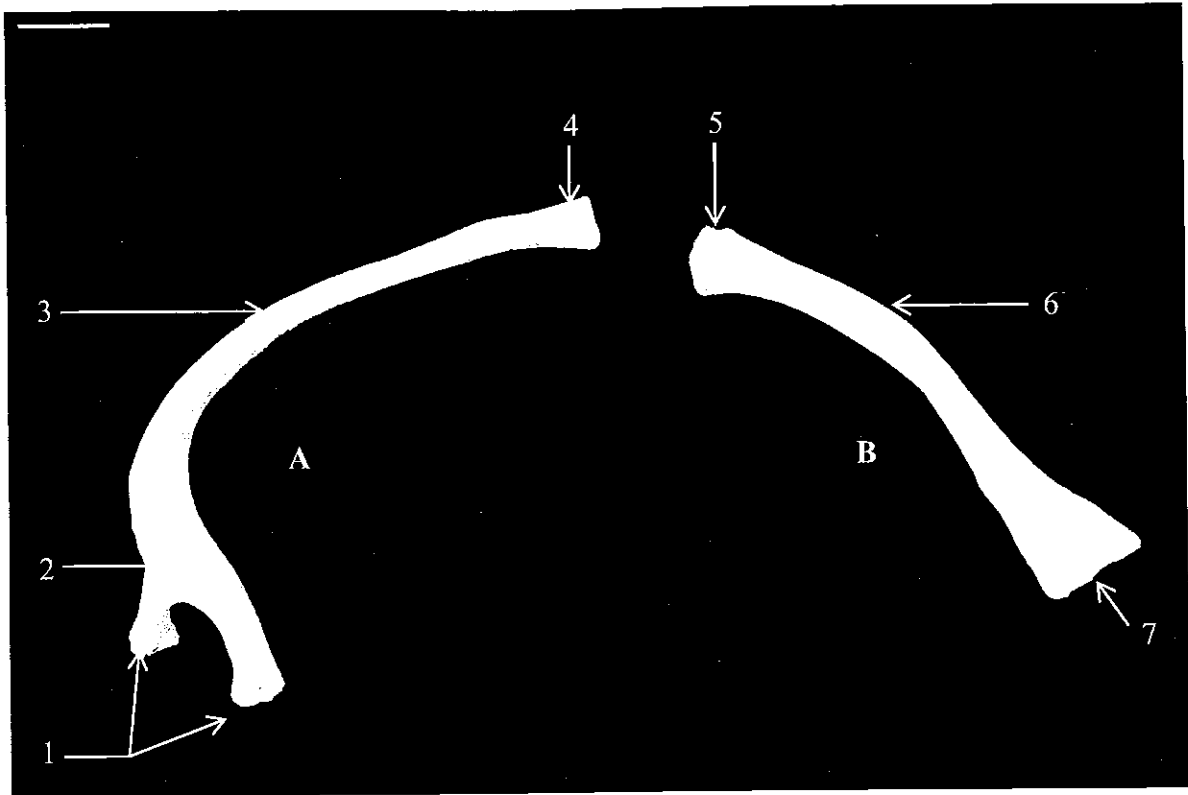


Figure 41 - Photographie d'une côte gauche, aspect ventral

A CÔTE VERTÉBRALE

- 1 Processus articulaires vertébraux (tête et tubercule de la côte)
- 2 Extrémité dorsale
- 3 Corps de la côte vertébrale
- 4 Extrémité ventrale et surface articulaire intercostale

B CÔTE STERNALE

- 5 Extrémité dorsale et surface articulaire intercostale
- 6 Corps de la côte sternale
- 7 Extrémité ventrale et surface articulaire sternale

6. STERNUM

6.1 GÉNÉRALITÉS

Le sternum est très étendu et bombé ventralement. Il est percé par plusieurs ouvertures par lesquelles les sacs aériens pénètrent à l'intérieur de l'os.

Il présente plusieurs processus :

- un processus médian crânial appelé rostre, qui s'articule avec les os coracoïdes, qui se croisent chez l'émeu (figure 42)
- un processus latéral caudal, peu développé chez l'émeu
- un processus médial caudal, aussi appelé « métasternum »

L'émeu appartient au groupe des Ratites donc par définition, il ne présente pas de carène sternale ou bréchet. Les muscles pectoraux sont peu développés chez cet oiseau qui ne vole pas, et ne nécessitent pas une surface d'insertion osseuse importante, contrairement aux autres oiseaux qui ont la capacité de voler.

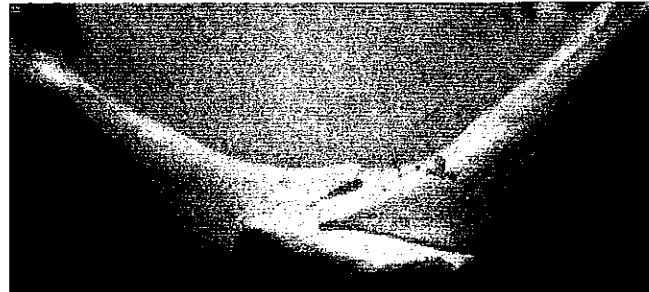


Figure 42 - Photographie du rostre articulé avec les os coracoïdes

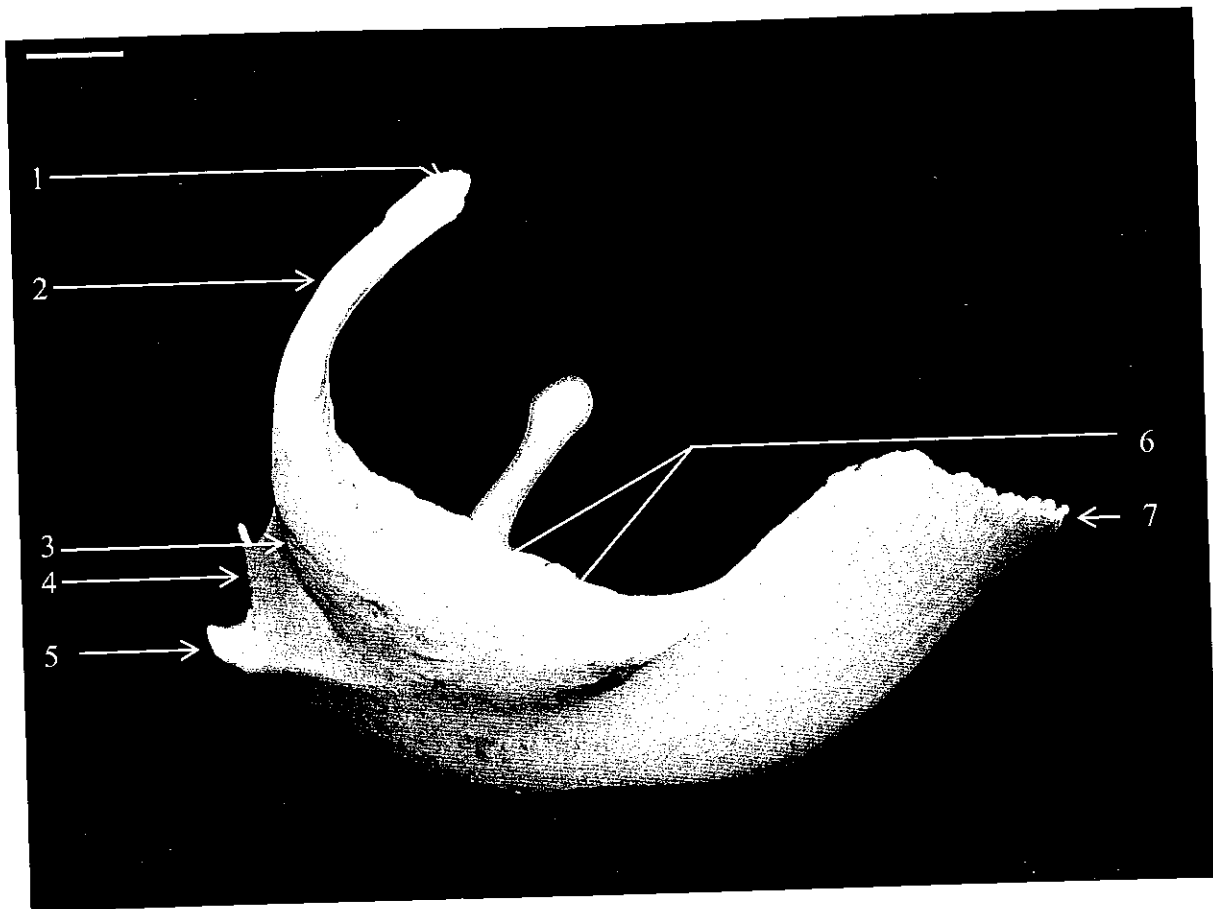


Figure 43 - Photographie du sternum, aspect latéral gauche

- 1 Surface articulaire intercostale
 - 2 Corps
 - 3 Sillon articulaire coracoïdien
 - 4 Bord crânial
 - 5 Rostre du sternum
 - 6 Processus costaux
 - 7 Bord caudal
- } Première côte sternale

6.3 ASPECTS DORSAL ET VENTRAL :
Photographie

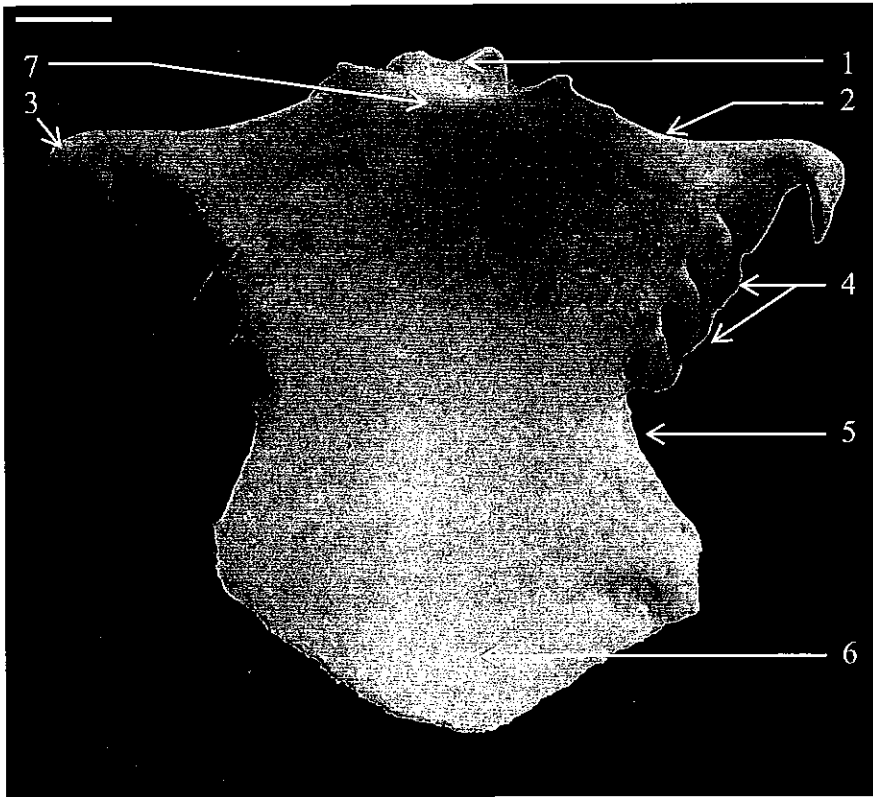


Figure 44 - Photographie du sternum, aspect dorsal

- 1 Rostre du sternum
- 2 Bord crânial
- 3 Première côte vertébrale
- 4 Processus costaux
- 5 Bord latéral
- 6 Bord caudal
- 7 Sillon articulaire coracoïdien

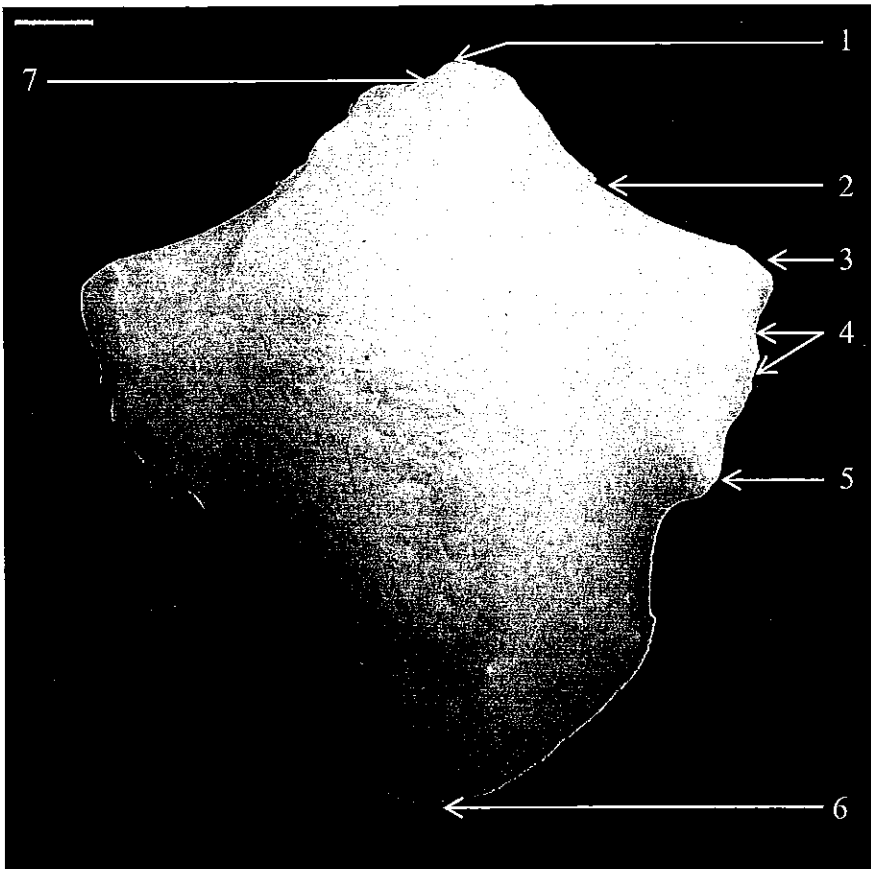


Figure 45 - Photographie du sternum, aspect ventral

- 1 Rostre du sternum
- 2 Bord crânial
- 3 Première côte vertébrale
- 4 Processus costaux
- 5 Bord latéral
- 6 Bord caudal
- 7 Sillon articulaire coracoïdien

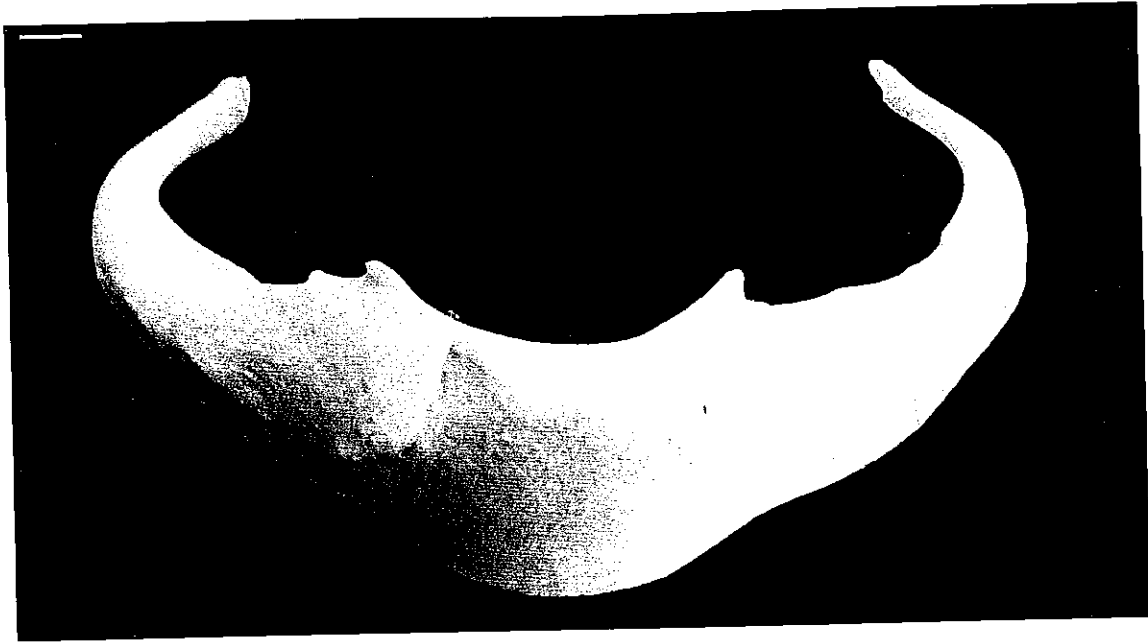


Figure 46 - Photographie du sternum, aspect crânial



Figure 47 - Photographie du sternum, aspect caudal

7. SYNSACRUM , VERTÈBRES CAUDALES ET OS COXAUX

7.1 GÉNÉRALITÉS

Chez les Oiseaux, les vertèbres lombaires et sacrées sont soudées en un os unique appelé « os lombo-sacré » ou synsacrum. Cet os comporte aussi la première vertèbre caudale. Les vertèbres caudales suivantes sont libres et très mobiles. Le dernier segment est constitué de 4 à 6 vertèbres rudimentaires : c'est le pygostyle ou coccyx.

Chez l'émeu les vertèbres lombaires et sacrées sont au nombre de 20 et les vertèbres caudales au nombre de 6.

La ceinture pelvienne est constituée des mêmes éléments que chez les Mammifères : ilium, ischium et pubis qui convergent tous les trois vers l'acétabulum. Cette ceinture est particulièrement développée du fait de la station bipède et de la nécessité d'avoir de grandes surfaces d'insertions musculaires pour des muscles développés pour la course.

L'ilium est la partie la plus étendue du coxal. Il est constitué d'une aile pré-acétabulaire concave et d'une aile post-acétabulaire convexe toutes deux articulées aux vertèbres lombo-sacrées. L'ilium forma ainsi un toit aux viscères sous-jacents . Caudodorsalement à l'acétabulum, l'antitrochanter, une éminence osseuse, reçoit le trochanter en butée.

L'ischium est beaucoup moins volumineux que l'ilium. Il délimite le trou ilio-ischiatique avec la partie post-acétabulaire de l'ilium, passage du nerf sciatique. Avec le pubis, il délimite le trou obturé qui n'est pas totalement fermé, car, contrairement à l'autruche qui présente une symphyse pubienne, l'ischium et le pubis ne sont pas soudés chez l'émeu.

Le pubis est allongé et aplati latéro-médialement. Il longe le bord ventral de l'ischium auquel il est soudé dans sa portion caudale, ce qui ferme la fenêtre ischiopubienne.

La qualité des clichés radiographiques présentés ici est discutable. L'obtention de clichés radiographiques de qualité satisfaisante en ce qui concerne la ceinture pelvienne est rendue difficile d'une part à cause de la masse musculaire volumineuse et des plumes, d'autre part, pour l'incidence ventro-dorsale, à cause de l'antitrochanter qui empêche l'abduction du membre pelvien et favorise plutôt les mouvements d'avant en arrière, pour une adaptation à la course.

7.2 INCIDENCE LATÉRALE

a) Clichés radiographiques

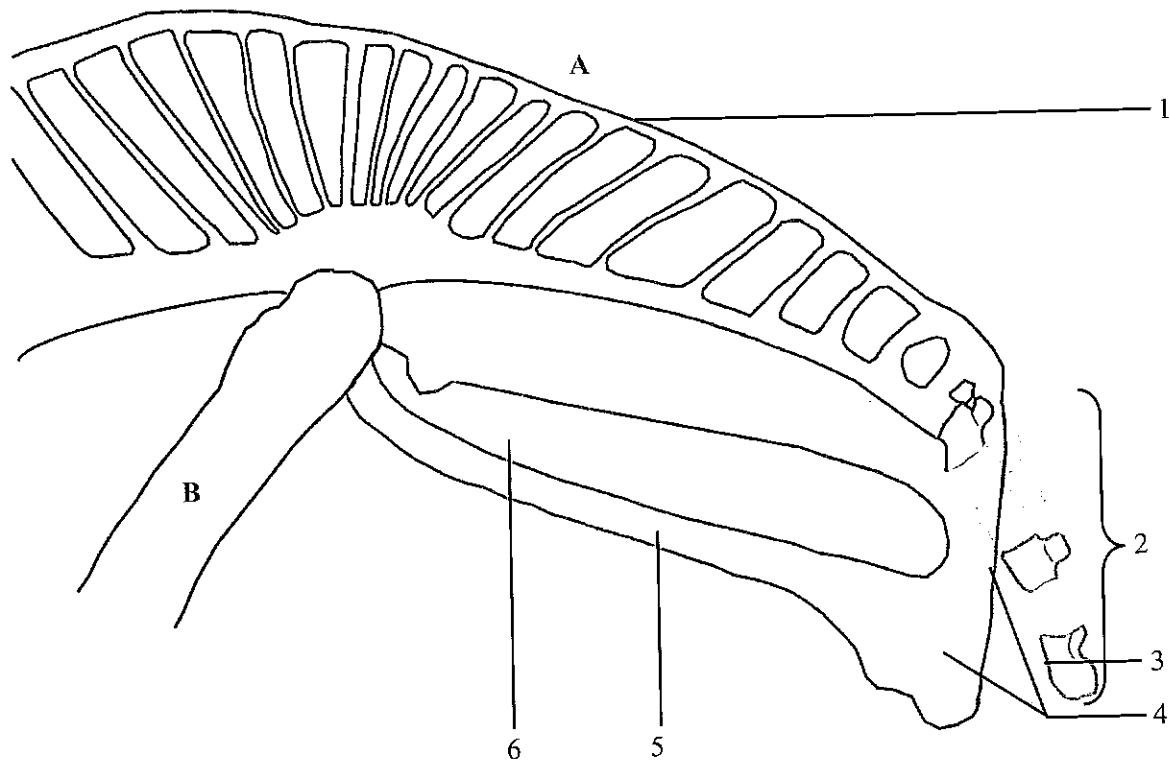


Figure 48 - Radiographie et schéma de l'incidence latéro-latérale gauche de la ceinture pelvienne

A EXTREMITÉ PROXIMALE DU FÉMUR

B BASSIN

- 1 Crête iliaque
- 2 Vertèbres caudales
- 3 Processus terminal de l'ischium
- 4 Apex du pubis
- 5 Corps du pubis
- 6 Foramen ilioischiatique

b) Photographies

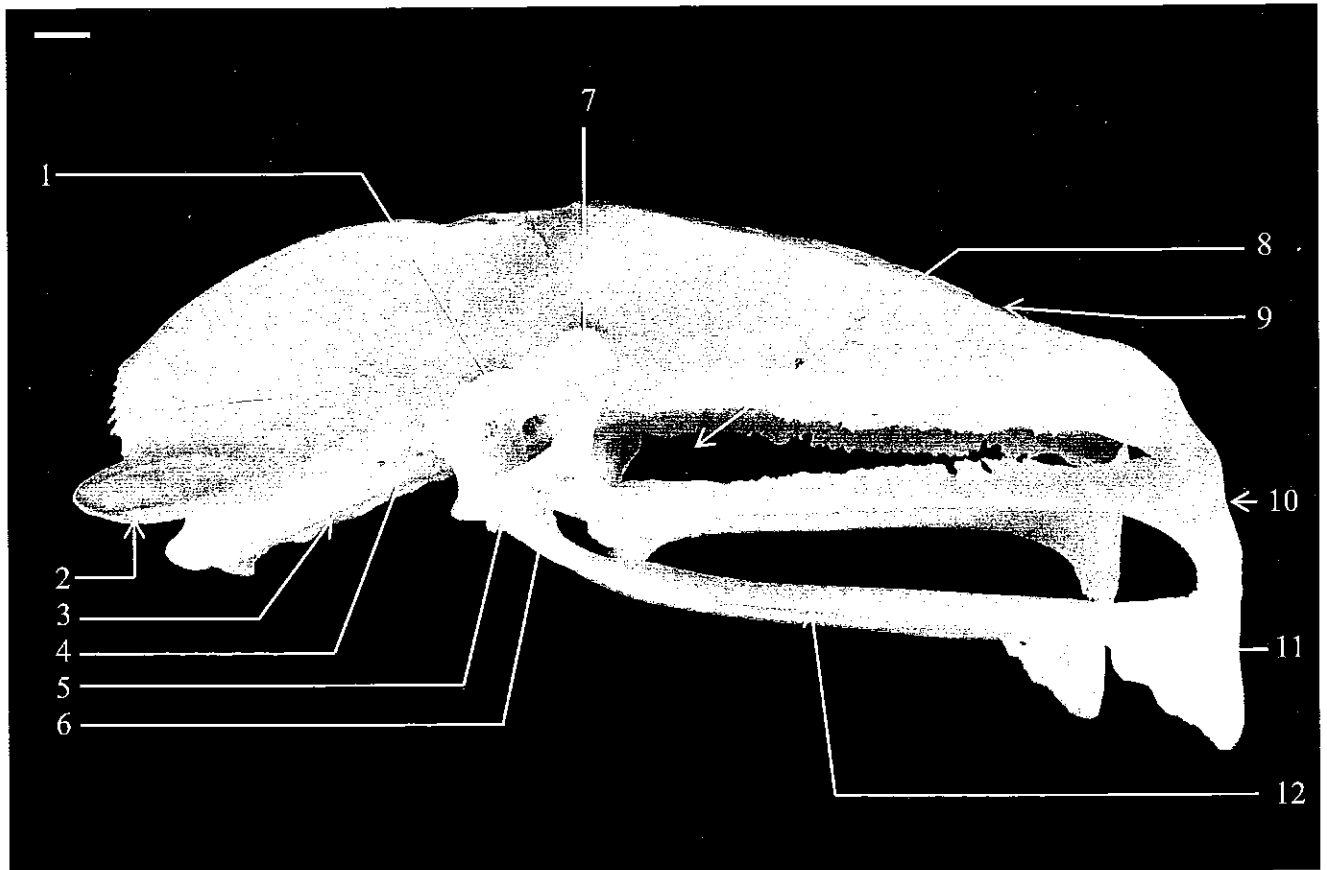


Figure 49 - Photographie du bassin, profil gauche

- | | |
|---------------------------------------|------------------------------------|
| 1 Foramen acétabulaire | 7 Antitrochanter |
| 2 Aile préacétabulaire de l'ilium | 8 Foramen ilio-ischiatique |
| 3 Symsacrum | 9 Crête iliaque |
| 4 Portion périacétabulaire de l'ilium | 10 Processus terminal de l'ischium |
| 5 Acétabulum | 11 Apex du pubis |
| 6 Trou obturé | 12 Corps du pubis |

7.3 INCIDENCE VENTRO-DORSALE

a) Clichés radiographiques

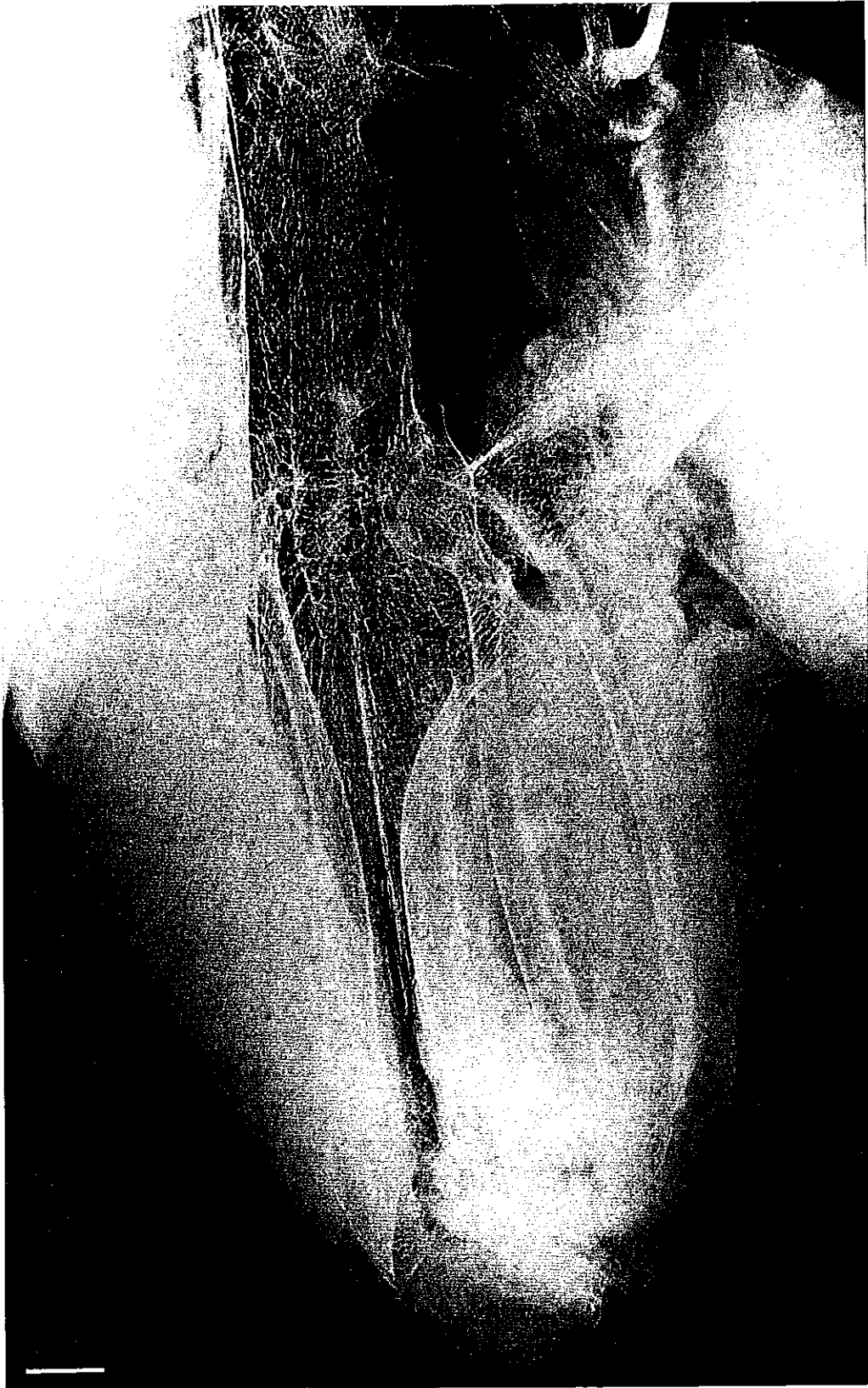
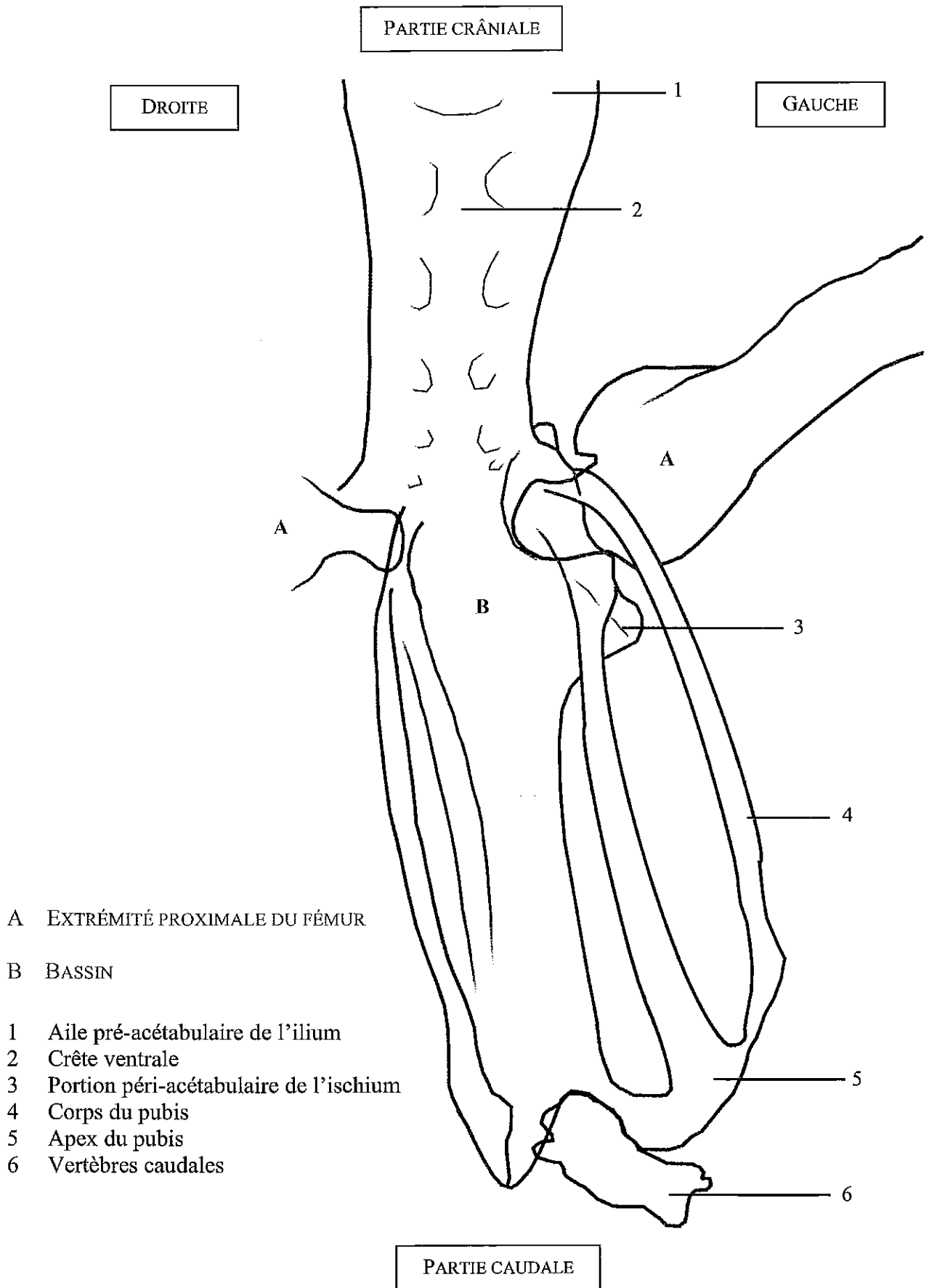


Figure 50 - Radiographie de l'incidence ventro-dorsale de la ceinture pelvienne



- A EXTRÉMITÉ PROXIMALE DU FÉMUR
- B BASSIN
- 1 Aile pré-acétabulaire de l'ilium
- 2 Crête ventrale
- 3 Portion péri-acétabulaire de l'ischium
- 4 Corps du pubis
- 5 Apex du pubis
- 6 Vertèbres caudales

Figure 51 - Schéma de la radiographie ventro-dorsale de la ceinture pelvienne

b) Photographies

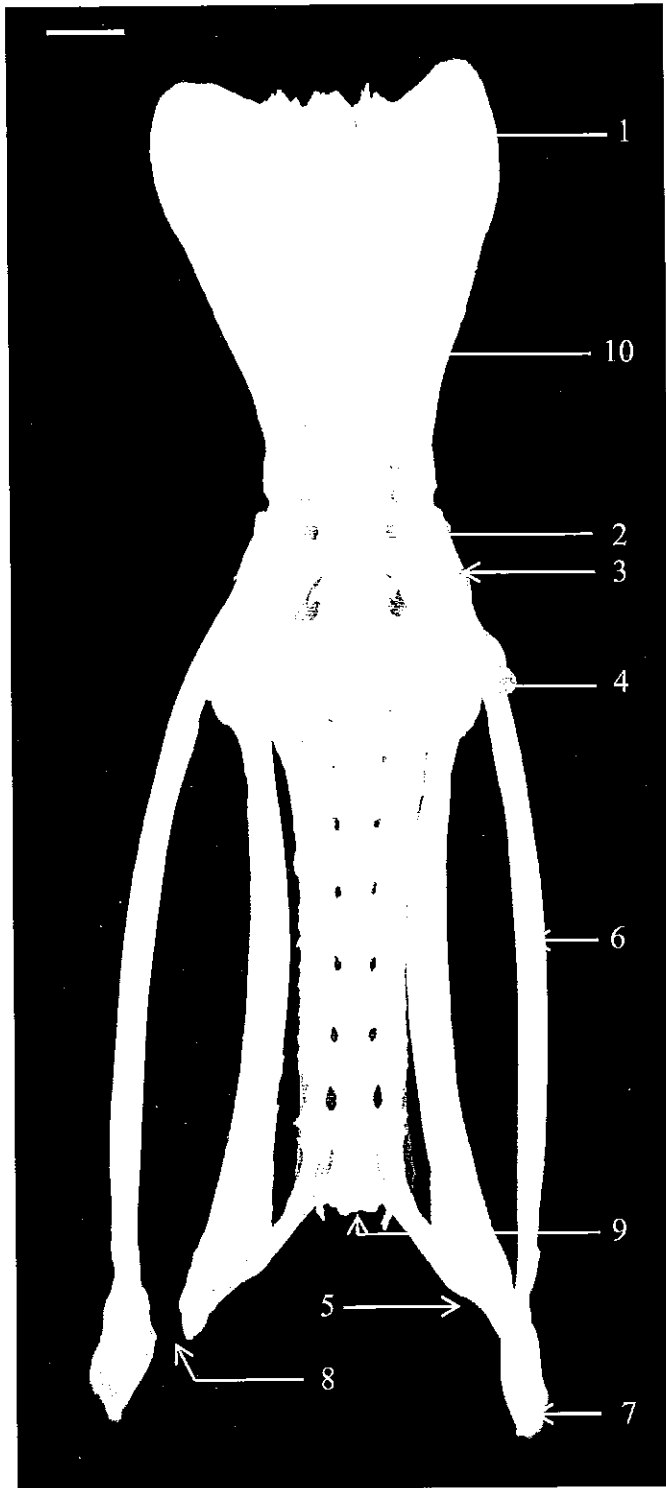
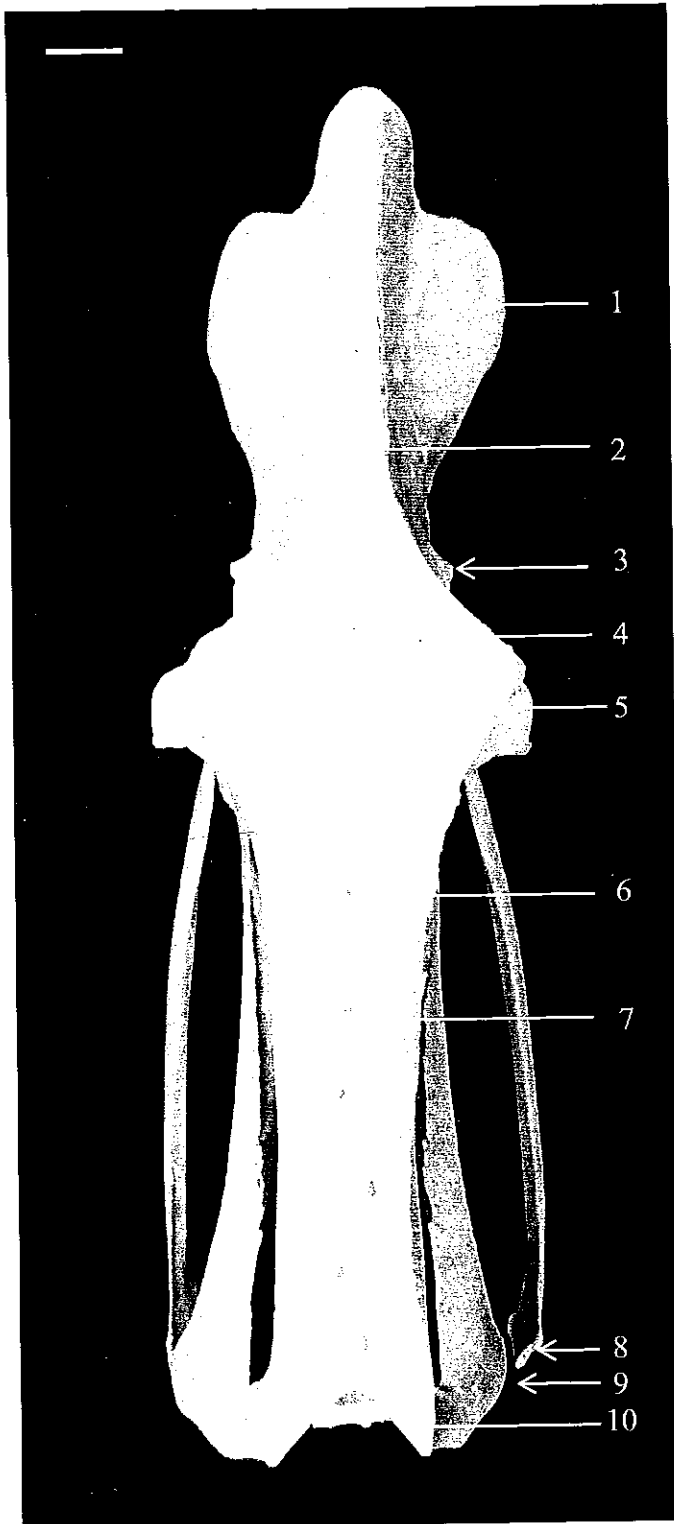


Figure 52 - Photographie du bassin, aspect ventral

- 1 Aile préacétabulaire de l'ilium
- 2 Synsacrum
- 3 Portion périacétabulaire de l'ilium
- 4 Portion périacétabulaire de l'ischium
- 5 Processus terminal de l'ischium
- 6 Corps du pubis
- 7 Apex du pubis
- 8 Ischium et pubis désolidarisés
- 9 Vertèbre caudale
- 10 Crête ventrale

Figure 53 - Photographie du synsacrum et des os coxaux, aspect dorsal



- 1 Aile préacétabulaire de l'ilium
- 2 Crête iliosynsacrals
- 3 Tubercule préacétabulaire
- 4 Portion périacétabulaire de l'ilium
- 5 Antitrochanter
- 6 Synsacrum
- 7 Foramen transverse
- 8 Apex du pubis
- 9 Ischium et pubis désolidarisés
- 10 Epine iliaque dorso-latéral

B- ÉTUDE DU SQUELETTE APPENDICULAIRE : LE MEMBRE THORACIQUE

1. CEINTURE THORACIQUE

1.1 GÉNÉRALITÉS

La scapula (dorsale), l'os coracoïde (ventro-crânial) et la clavicule (ventro-caudale) constituent la ceinture thoracique. Chez l'émeu, le coracoïde et la scapula sont soudés et la clavicule est absente. L'ensemble forme une structure rigide, un « os scapula-coracoïde ».

La partie correspondant à la scapula est allongée et son extrémité caudale est en contact étroit avec le bord crânio-latéral de l'ilium. Elle est couchée horizontalement sur le thorax parallèlement aux vertèbres thoraciques (figure 53).

La partie correspondant au coracoïde est large et aplatie crânio-dorsalement, délimitant ainsi l'entrée de la cavité thoracique, en s'articulant au sternum via son extrémité ventro-crâniale (figure 53).

1.2 INCIDENCE LATÉRALE

a) Clichés radiographiques



Figure 54 - Radiographie de la clavicule, du coracoïde, de la scapula et de l'humérus, incidence latérale gauche



Figure 55 - Schéma de la radiographie de la clavicule, du coracoïde, de la scapula, incidence latérale gauche

- | | | | |
|---|--------------------------------------|---|--------------------------|
| 1 | Tête de la scapula | 6 | Rostre du sternum |
| 2 | Corps de la scapula | 7 | Première côte vertébrale |
| 3 | Synostose scapulo-coracoïdienne | 8 | Processus costaux |
| 4 | Corps de l'os coracoïde | 9 | Bord caudal du sternum |
| 5 | Extrémité sternale de l'os coracoïde | | |

b) Photographies



Figure 56 - Photographie du coracoïde soudé à la scapula gauche, aspect latéral

- 1 Corps de la scapula
- 2 Synostose scapulo-coracoïdienne
- 3 Corps d l'os coracoïde
- 4 Extrémité sternale du coracoïde
- 5 Extrémité caudale de la scapula

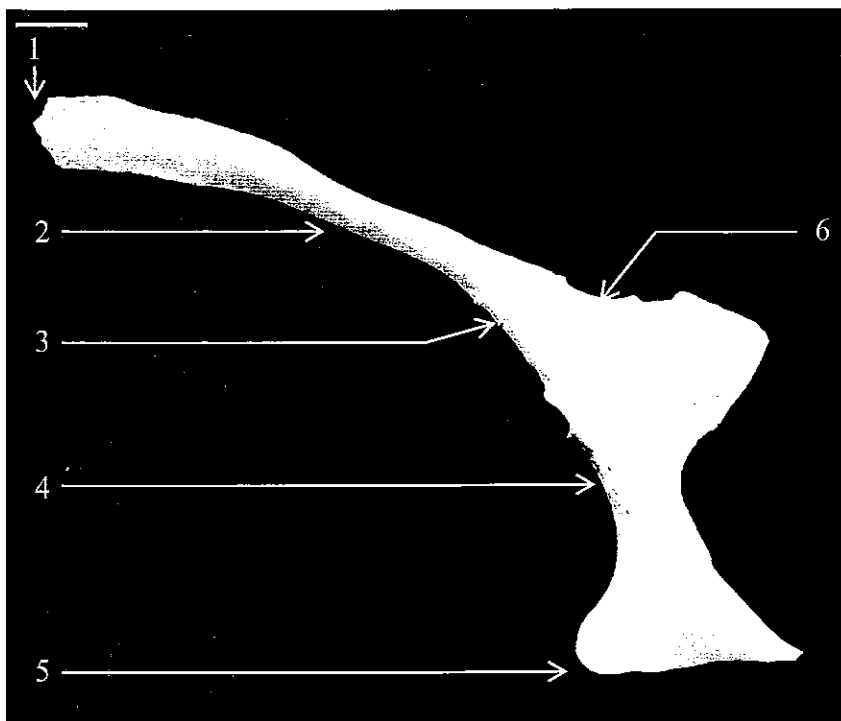


Figure 57 - Photographie du coracoïde soudé à la scapula gauche, aspect médial

- 1 Extrémité caudale de la scapula
- 2 Corps de la scapula
- 3 Synostose scapulo-coracoïdienne
- 4 Corps du coracoïde
- 5 Extrémité sternale du coracoïde
- 6 Sillon supracoracoïdien

1.3 INCIDENCE CRÂNIO-

CAUDALE : Photographie

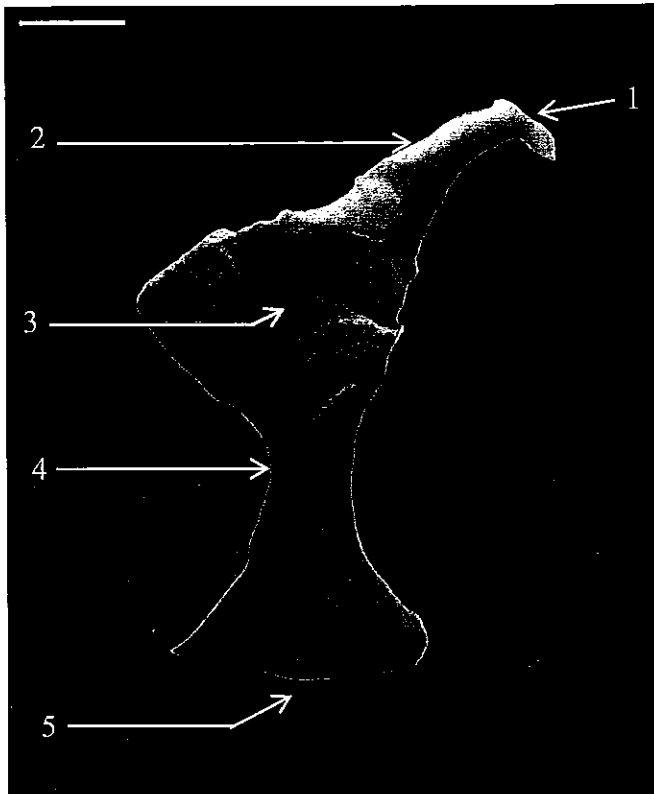


Figure 58 - Photographie du coracoïde soudé à la scapula gauche, aspect crânial

- 1 Extrémité caudale de la scapula
- 2 Corps de la scapula
- 3 Synostose scapulo-coracoïdienne
- 4 Corps de l'os coracoïde
- 5 Extrémité sternale du coracoïde

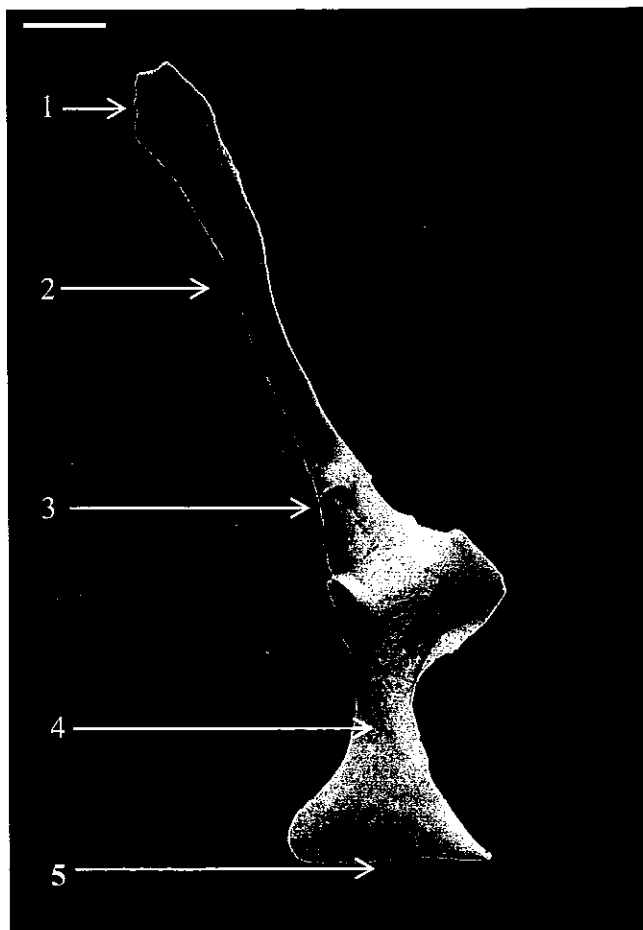


Figure 59 - Photographie du coracoïde soudé à la scapula gauche, aspect caudal

- 1 Extrémité caudale de la scapula
- 2 Corps de la scapula
- 3 Synostose scapulo-coracoïdienne
- 4 Corps de l'os coracoïde
- 5 Extrémité sternale du coracoïde

2. HUMÉRUS, ULNA ET RADIUS, CARPE, MÉTACARPE, PHALANGES

2.1 GÉNÉRALITÉS

L'humérus s'oriente horizontalement, parallèle aux vertèbres thoraciques, quand l'aile est repliée, c'est-à-dire la plupart du temps pour l'émeu dont les ailes n'ont pas de fonction de vol. Il est très court, relativement à l'atrophie de l'aile. Sa conformation est semblable à celle de celui des Mammifères, à l'exception de son caractère pneumatisé. Son extrémité proximale présente une surface articulaire, la tête humérale qui présente deux tubercules d'insertions musculaires, un dorsal et un ventral, homologues du grand et du petit tubercules, respectivement, des Mammifères. Son extrémité distale présente une trochlée constituée de deux condyles : un condyle dorsal, le plus volumineux qui s'articule avec le radius, et un condyle ventral, arrondi, qui s'articule avec l'ulna.

Le radius présente deux facettes articulaires : une pour l'humérus, le cotyle huméral, et l'autre pour l'ulna. Son extrémité distale répond au carpe via la surface articulaire radio-carpienne qui comprend la cotyle dorsal, l'incisure radiale et la trochlée huméro-ulnaire.

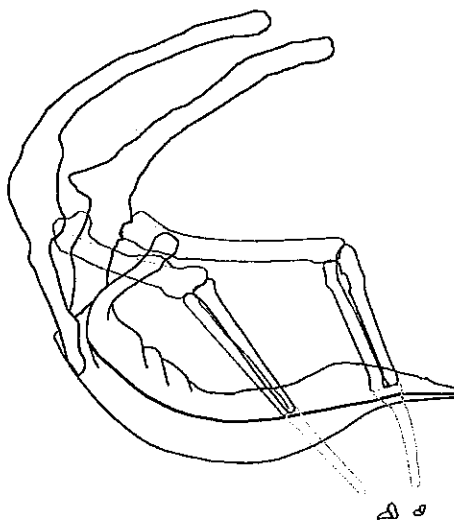
L'ulna présente proximement deux surfaces articulaires pour l'humérus et le radius et distalement deux facettes articulaires pour les os radial et ulnaire du carpe. L'oléocrâne est peu développé.

Le métacarpe est réduit à un seul os et est suivi de deux autres petits os, une phalange proximale et une distale.

L'aile étant atrophiée, il est difficile d'obtenir deux incidences de qualité satisfaisante, par conséquent nous nous intéresserons uniquement à l'incidence latérale.

2.2 INCIDENCE LATÉRALE

a) Clichés radiographiques



**Figure 60 - Radiographie et schéma de la radiographie du membre thoracique,
incidence latérale gauche**

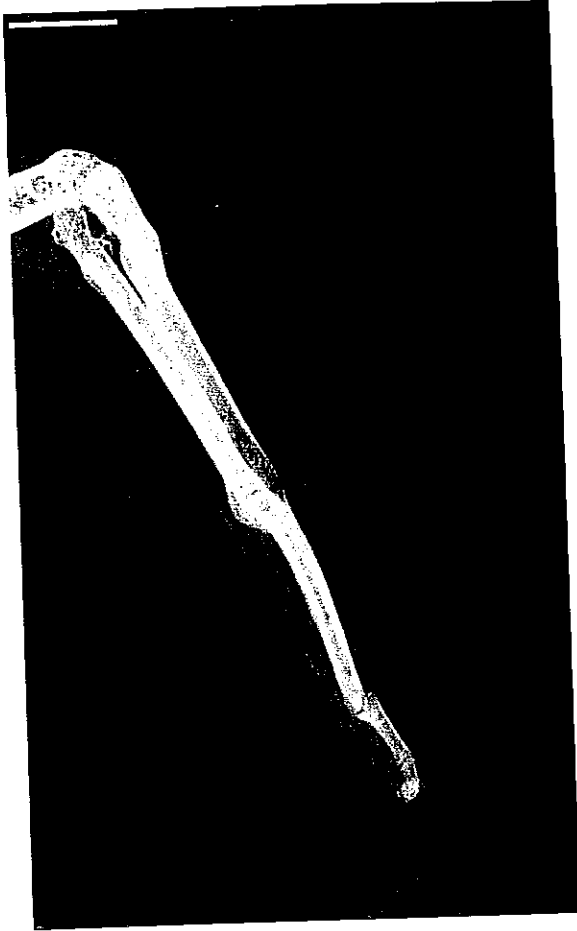
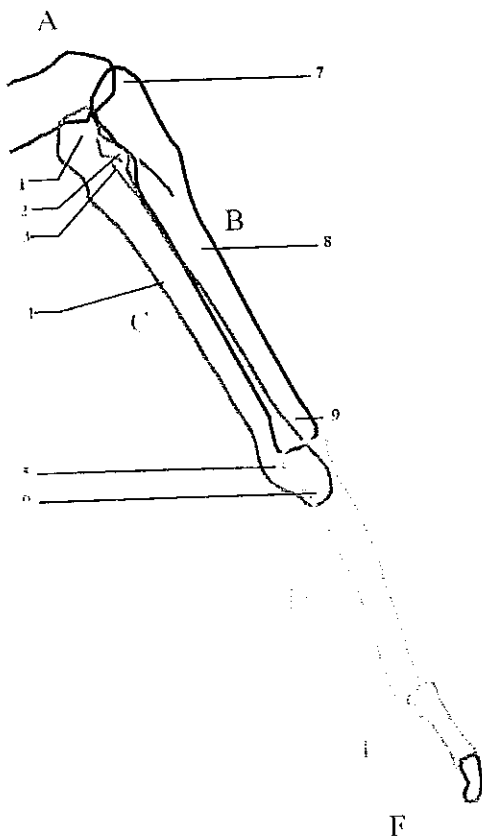


Figure 61 - Radiographie et schéma de l'incidence médio-latérale de l'aile gauche



A EXTRÉMITÉ DISTALE DE L'HUMÉRUS

B ULNA

- 1 Olécrâne
- 2 Cotyle dorsal de l'ulna
- 3 Incisure radiale de l'ulna
- 4 Corps de l'ulna
- 5 Condyle ventral de l'ulne
- 6 Condyle dorsal de l'ulna

C RADIUS

- 7 Condyle huméral (tête du radius)
 - 8 Corps du radius
 - 9 Surface radiométacarpienne distale du radius
- articulaire
(extrémité)

D CARPOMÉTACARPE

E PHALANGE I DOIGT III

F PHALANGE II DOIGT III

b) Photographies

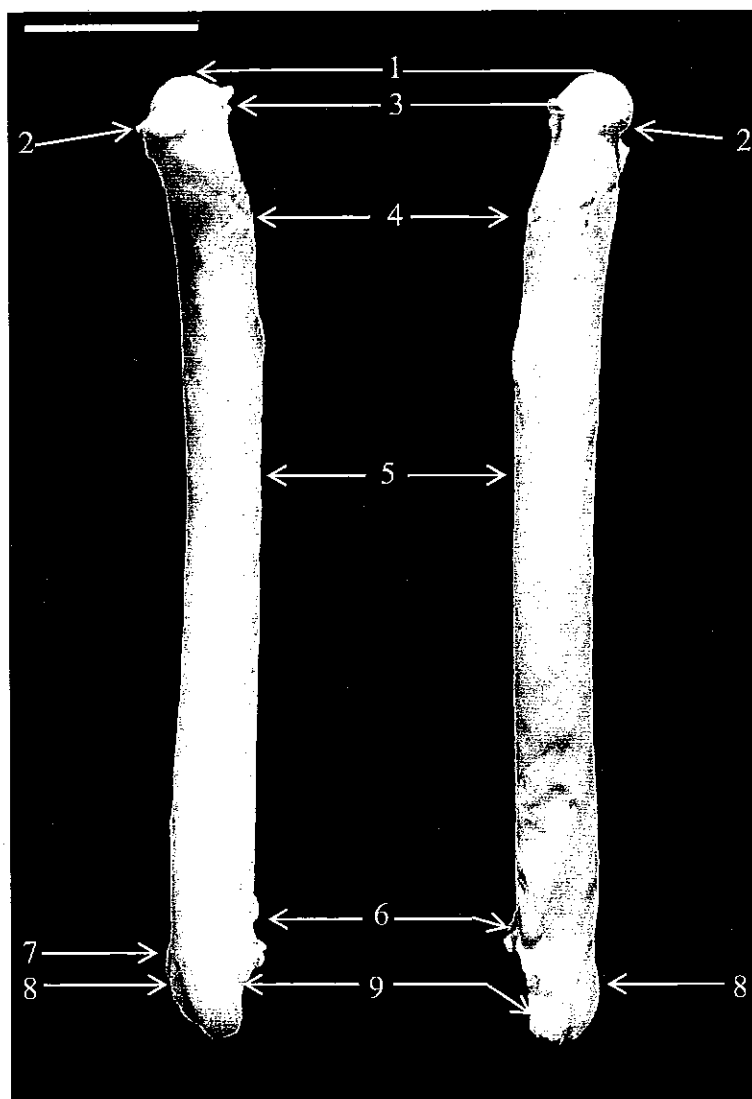


Figure 62 - Photographie de l'humérus, aspects médial et latéral

- | | | | |
|---|--|---|----------------------------------|
| 1 | Tête humérale | 6 | Processus supracondylaire dorsal |
| 2 | Tubercule médial (petit tubercule) de l'humérus | 7 | Fosse du muscle brachial |
| 3 | Tubercule latéral (grand tubercule) de l'humérus | 8 | Condyle huméral ventral |
| 4 | Crête deltopectorale | 9 | Condyle huméral dorsal |
| 5 | Corps de l'humérus | | |

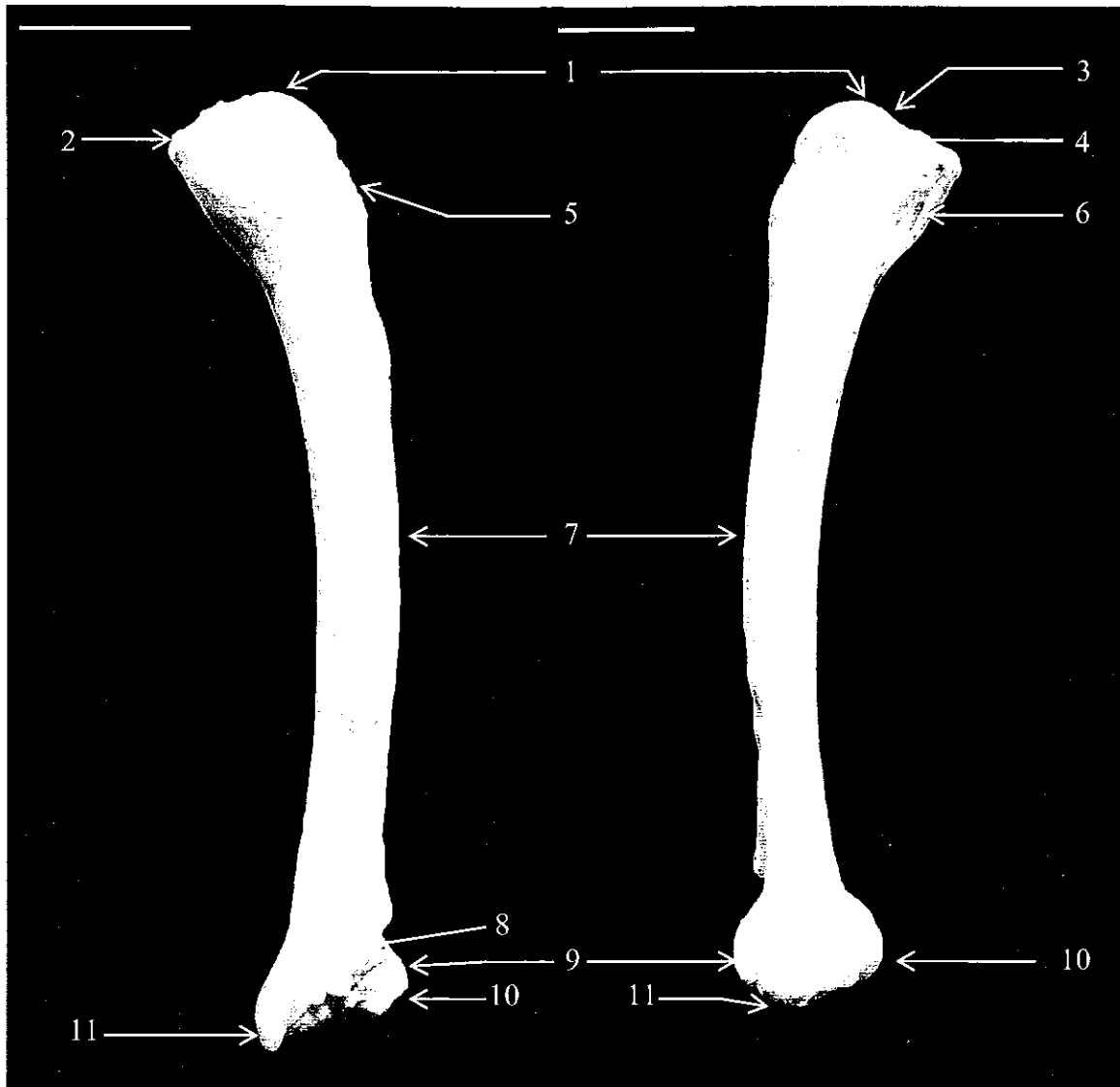


Figure 63 - Photographie de l'humérus, aspects crânial et caudal

- | | | | |
|---|--|----|----------------------------------|
| 1 | Tête humérale | 8 | Fosse du muscle brachial |
| 2 | Tubercule médial (grand tubercule) de l'humérus | 9 | Processus supracondyloire dorsal |
| 3 | Incisure de la tête humérale | 10 | Condyle huméral ventral |
| 4 | Tubercule latéral (petit tubercule) de l'humérus | 11 | Condyle huméral dorsal |
| 5 | Crête deltopectorale | | |
| 6 | Fosse pneumotricipitale | | |
| 7 | Corps de l'humérus | | |

C- ÉTUDE DU SQUELETTE APPENDICULAIRE : LE MEMBRE PELVIEN

Le membre postérieur est adapté à la course : la cuisse est courte et épaisse, la jambe et le pied sont longs et solides.

Chez l'émeu, ainsi que chez l'autruche, le fémur est le seul os qui est pneumatisé. Il est orienté obliquement en avant et en bas. Sa conformation est semblable à celle des fémurs de Mammifères. L'extrémité proximale présente une surface articulaire médiale : la tête fémorale, portée par le col fémoral, et une volumineuse éminence d'insertion musculaire latérale : le trochanter. L'extrémité distale est très large et présente un sillon patellaire et des condyles qui répondent au tibia et à la fibula. Notons que l'émeu, comme tous les Ratites, ne possède pas de patelle.

Le tibiotarse est l'os le plus long du membre pelvien : il mesure 43 centimètres chez un émeu adulte, soit environ 40% de la patte de l'émeu. Il est orienté en arrière vers le bas. La tête du tibia (extrémité proximale) présente une surface articulaire médiale et une latérale, qui répondent au fémur, une surface articulaire fibulaire et une crête cnémienne bien marquée. L'extrémité distale présente une trochlée constituée de deux condyles symétriques qui répondent au tarso-métatarse. Le tibiotarse comprend le talus d'où son nom. Il n'est pas soudé à la fibula.

La fibula présente une extrémité proximale, la tête de la fibula, bien développée qui s'articule avec le fémur et le tibia mais le reste de l'os est atrophié et le corps se termine en pointe, appelée épine de la fibula, à hauteur du tiers distal du tibia.

Le métatarse est aussi appelé tarsométatarse car les os de la rangée distale du tarse lui sont soudés. Il est constitué d'un unique os résultant de la fusion des os métatarsiens II, III et IV. L'extrémité proximale s'articule avec le tibiotarse et l'extrémité distale porte trois trochlées s'articulant chacune avec l'un de grands doigts. Le tarsométatarse est très long chez l'émeu : il fait environ 38 centimètres soit environ 35% de la patte.

Les doigts sont dirigés vers l'avant : l'émeu ne se perche pas et n'a donc pas besoin d'un doigt tourné vers l'arrière qui servirait de béquille, le doigt I est absent. Ils sont munis d'ongles (ou griffes) robustes. Le doigt II possède trois phalanges, le doigt III en possède quatre et le doigt IV, cinq. Le doigt III est le plus long, les autres doigts sont sensiblement de la même longueur. La phalange distale de chaque doigt est recourbée vers le sol et supporte la griffe, on l'appelle aussi la phalange ongulaire.

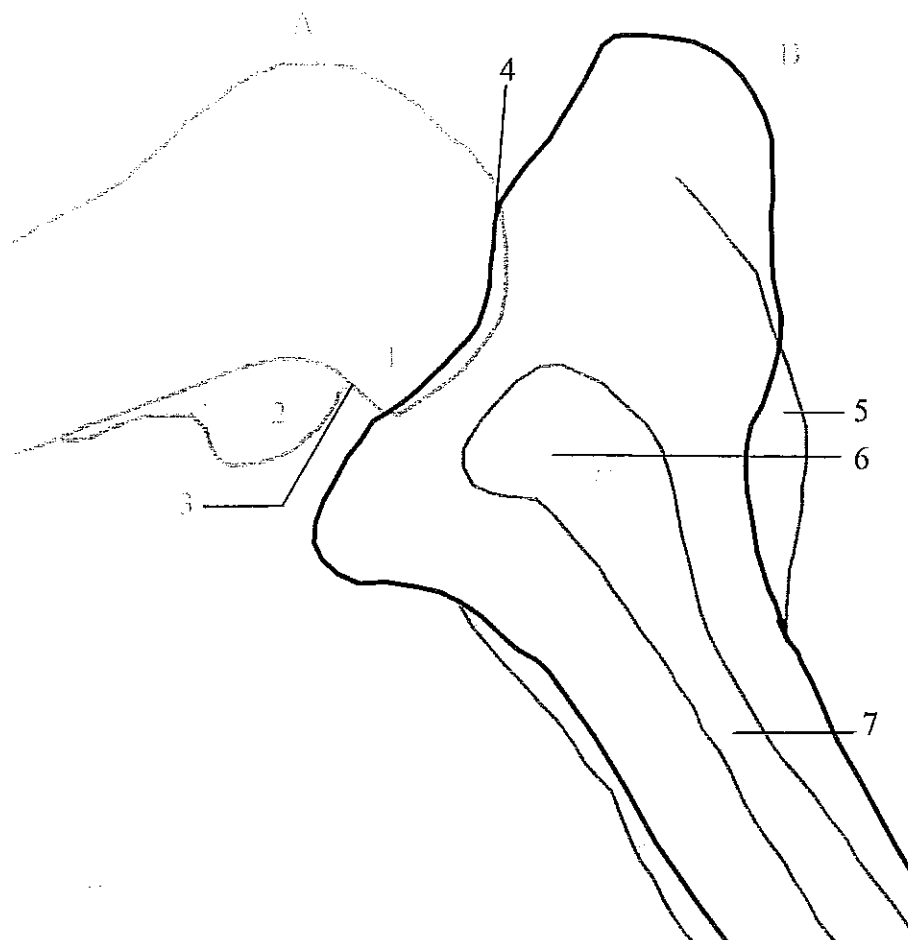
Pour des raisons déjà évoquées précédemment, il est difficile d'obtenir des clichés radiographiques conventionnels, englobant les articulations proximale et distale de l'os que

l'on veut radiographier. Par conséquent, seules les articulations du grasset et du jarret sont présentées ici, à défaut du fémur et du tibia en entier. Il convient donc au praticien d'effectuer un examen orthopédique rigoureux, afin de cibler au mieux la localisation d'une éventuelle lésion osseuse avant d'effectuer la radiographie.

1. ARTICULATION DU GENOU : Radiographie incidence médio-latérale



Figure 64 - Radiographie du genou en incidence médio-latérale



A EXTRÉMITÉ DISTALE DU FÉMUR

- 1 Condyle médial
- 2 Condyle latéral
- 3 Sillon intercondyalaire

B EXTRÉMITÉ PROXIMALE DU TIBIOTARSE

- 4 Tête du tibia ("plateau tibial")
- 5 Crête cnémienne crâniale

C EXTRÉMITÉ PROXIMALE DE LA FIBULA

- 6 Tête de la fibula
- 7 Corps de la fibula

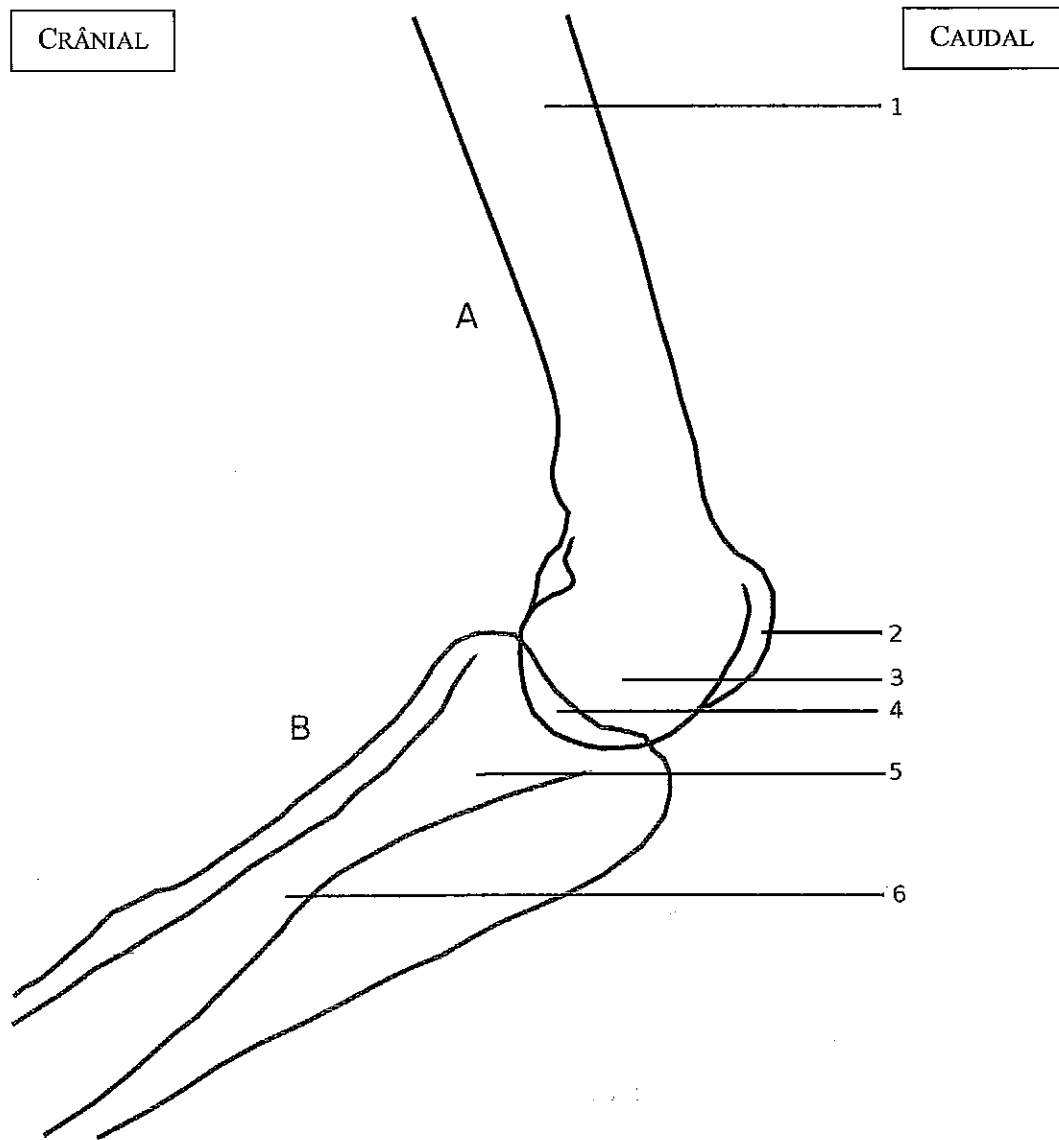
Figure 65 - Schéma de la radiographie du genou en incidence médio-latérale

2. ARTICULATION DU TARSE

2.1 INCIDENCE MÉDIO-LATÉRALE



Figure 66 - Radiographie du tarse en incidence médio-latérale



A EXTRÉMITÉ DISTALE DU TIBIOTARSE

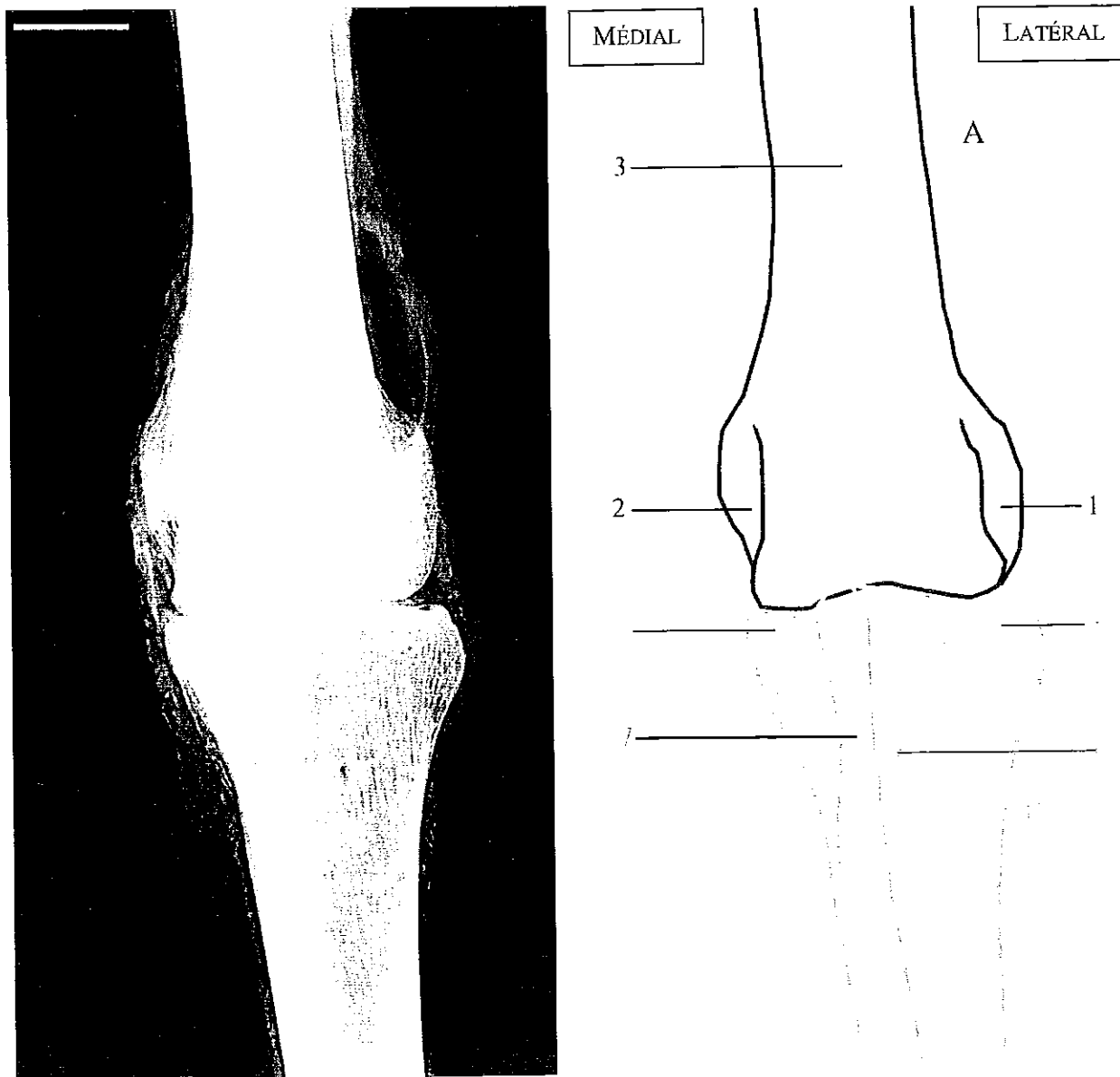
- 1 Corps du tibiotalse
- 2 Condyle lateral du tibiotalse
- 3 Condyle medial du tibiotalse

B EXTRÉMITÉ PROXIMALE DU TARSOMÉTATARSE

- 4 Cotyle médial du tarsométatarse
- 5 Tubérosité d'insertion du muscle tibial crânial
- 6 Corps du tarsométatarse

Figure 67 - Schéma de la radiographie du tarse en incidence médio-latérale

2.2 INCIDENCE DORSO-PLANTAIRE



A EXTRÉMITÉ DISTALE DU TIBIOTARSE

- 1 Condyle latéral
- 2 Condyle médial
- 3 Corps du tibiotalarse

B RÉGION MÉDIO-PROXIMALE DU TIBIOTARSE

- 4 Cotyle latéral
- 5 Cotyle médial
- 6 Foramen vasculaire proximal
- 7 Tubérosité du muscle tibial crânial

Figure 68 - Radiographie et schéma de la radiographie du tarse en incidence dorso-craniale

3. FÉMUR, TIBIOTARSE, TARSOMÉTATARSE : Photographies

3.1 FÉMUR

a) Aspect dorso-plantaire

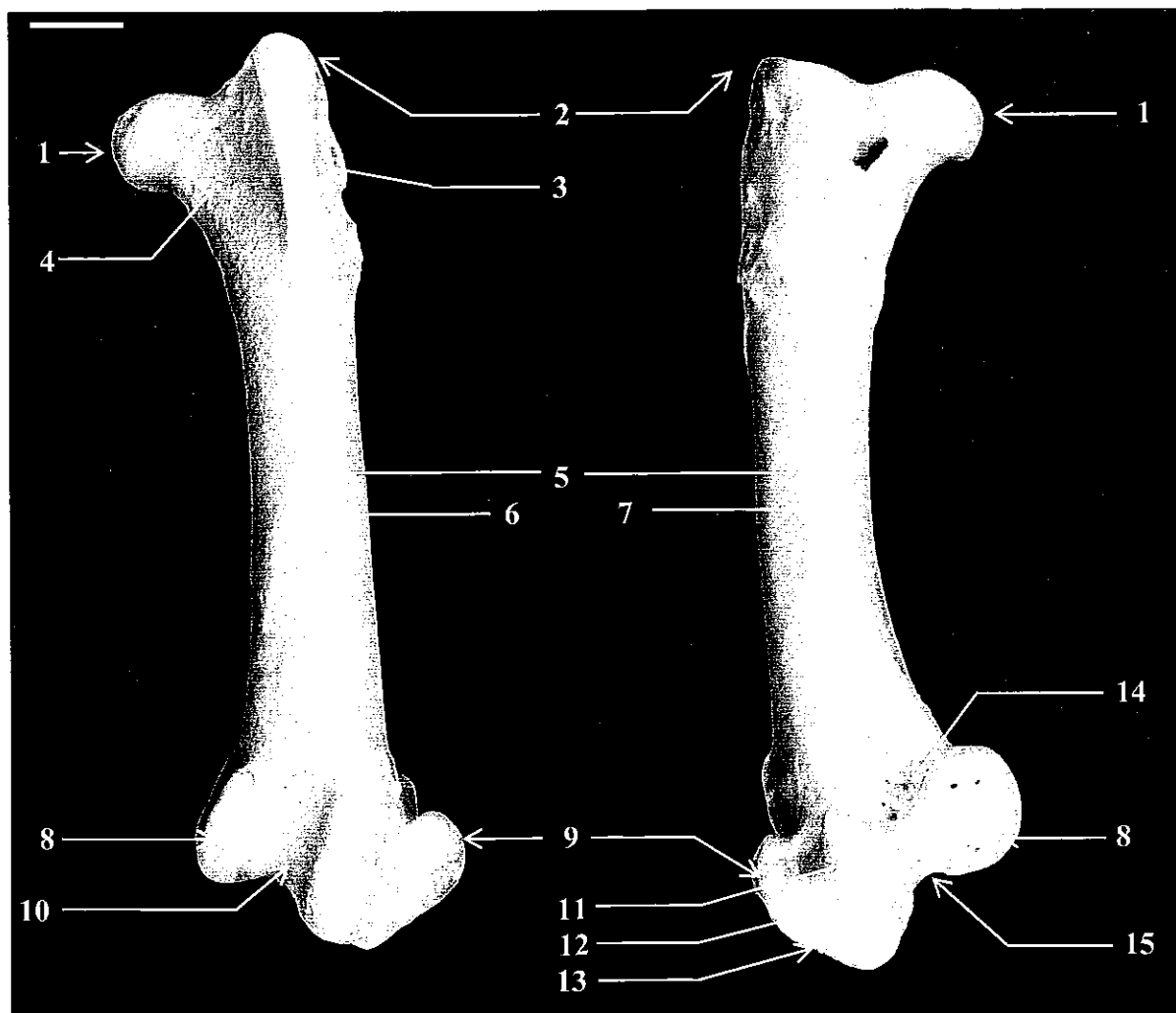


Figure 69 - Photographie du fémur gauche, aspects dorsal et plantaire

- | | | | |
|---|--------------------------------|----|---|
| 1 | Tête du fémur | 9 | Condyle latéral |
| 2 | Trochanter | 10 | Sillon patellaire (« trochlée fémorale ») |
| 3 | Crête trochantérienne | 11 | Crête tibiofibulaire |
| 4 | Col du fémur | 12 | Trochlée fibulaire |
| 5 | Corps du fémur | 13 | Crête fibulaire |
| 6 | Ligne intermusculaire crâniale | 14 | Fosse poplitée |
| 7 | Ligne intermusculaire caudale | 15 | Sillon intercondyalaire |
| 8 | Condyle médial | | |

b) Aspect médio-latéral

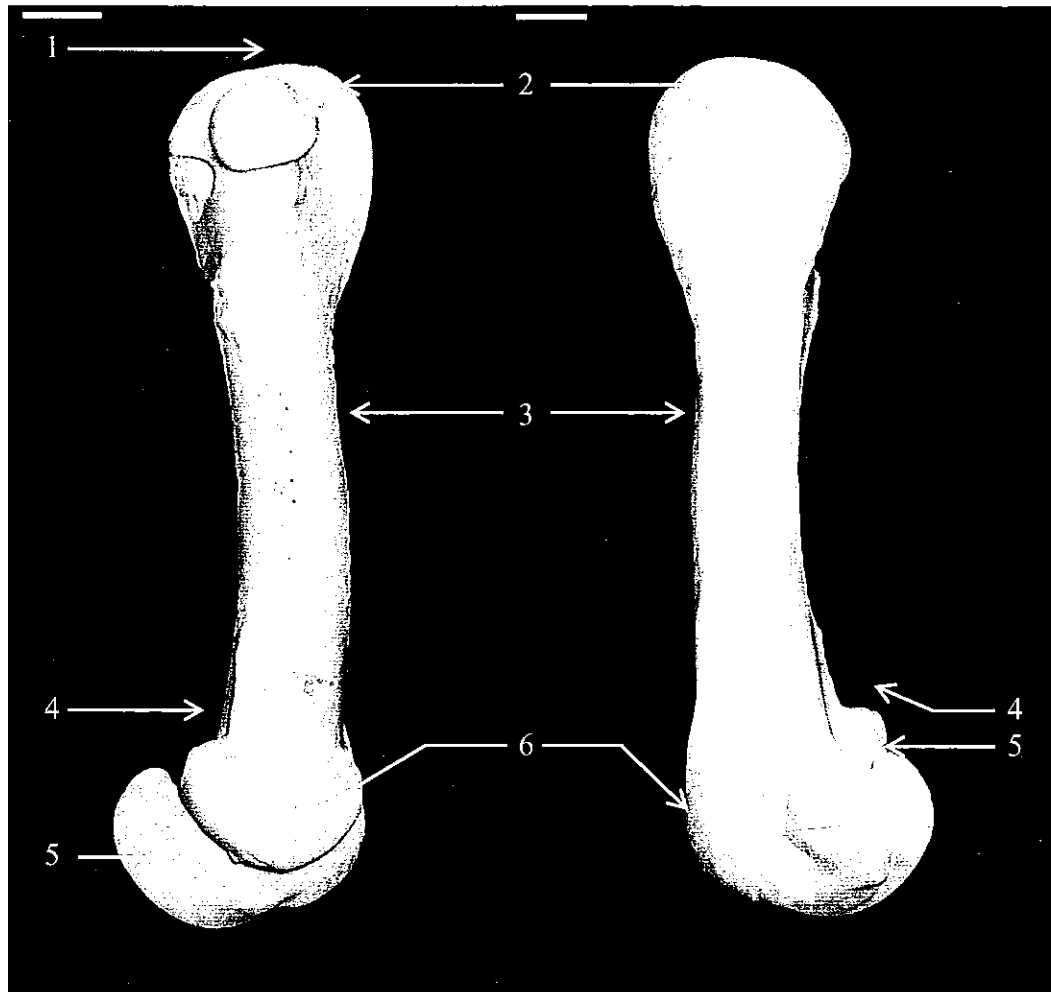


Figure 70 - Photographie du fémur gauche, aspects médial et latéral

- | | | | |
|---|----------------|---|-------------------------|
| 1 | Tête du fémur | 4 | Condyle médial |
| 2 | Trochanter | 5 | Condyle latéral |
| 3 | Corps du fémur | 6 | Sillon intercondyalaire |

3.2 TIBIOTARSE

a) Aspect crânio-caudal

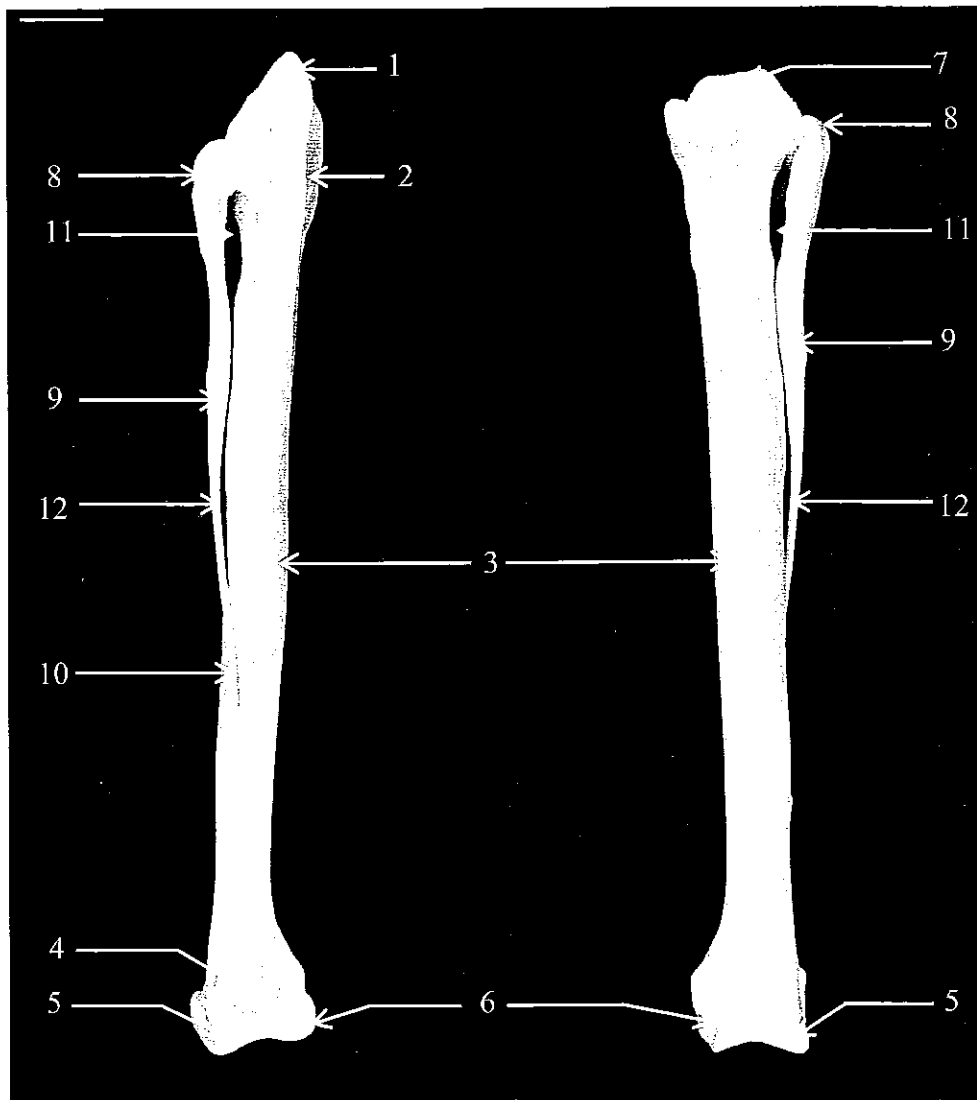


Figure 71 - Photographie du tibia et de la fibula gauche, aspects crânial et caudal

- | | | | | |
|---|---|----|------------------------------|----------|
| 1 | Crête cnémienne crâniale | 7 | Tête du tibia | } Fibula |
| 2 | Crête cnémienne latérale | 8 | Tête de la fibula | |
| 3 | Corps du tibia | 9 | Corps de la fibula | |
| 4 | Incisure intercondyloire
(« trochlée tibiotarsienne ») | 10 | Épine fibulaire | |
| 5 | Condyle médial du tibia | 11 | Foramen interosseux proximal | |
| 6 | Condyle latéral du tibia | 12 | Foramen interosseux distal | |

b) Aspect médio-latéral

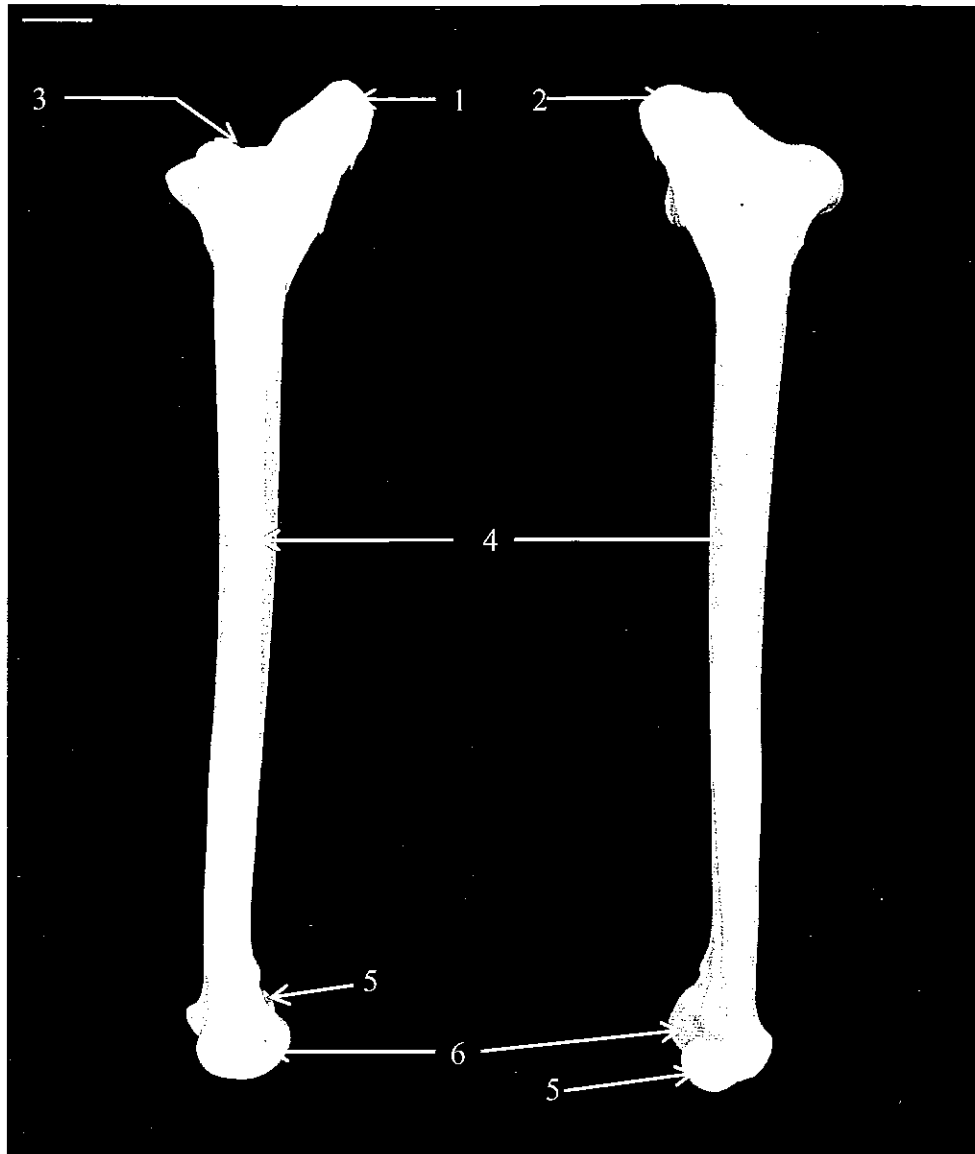


Figure 72 - Photographie du tibiotarse gauche, aspects médial et latéral

- | | | | |
|---|--------------------------|---|-------------------------------|
| 1 | Crête cnémienne crâniale | 4 | Corps du tibiotarse |
| 2 | Crête cnémienne latérale | 5 | Condyle médial du tibiotarse |
| 3 | Tête du tibiotarse | 6 | Condyle latéral du tibiotarse |

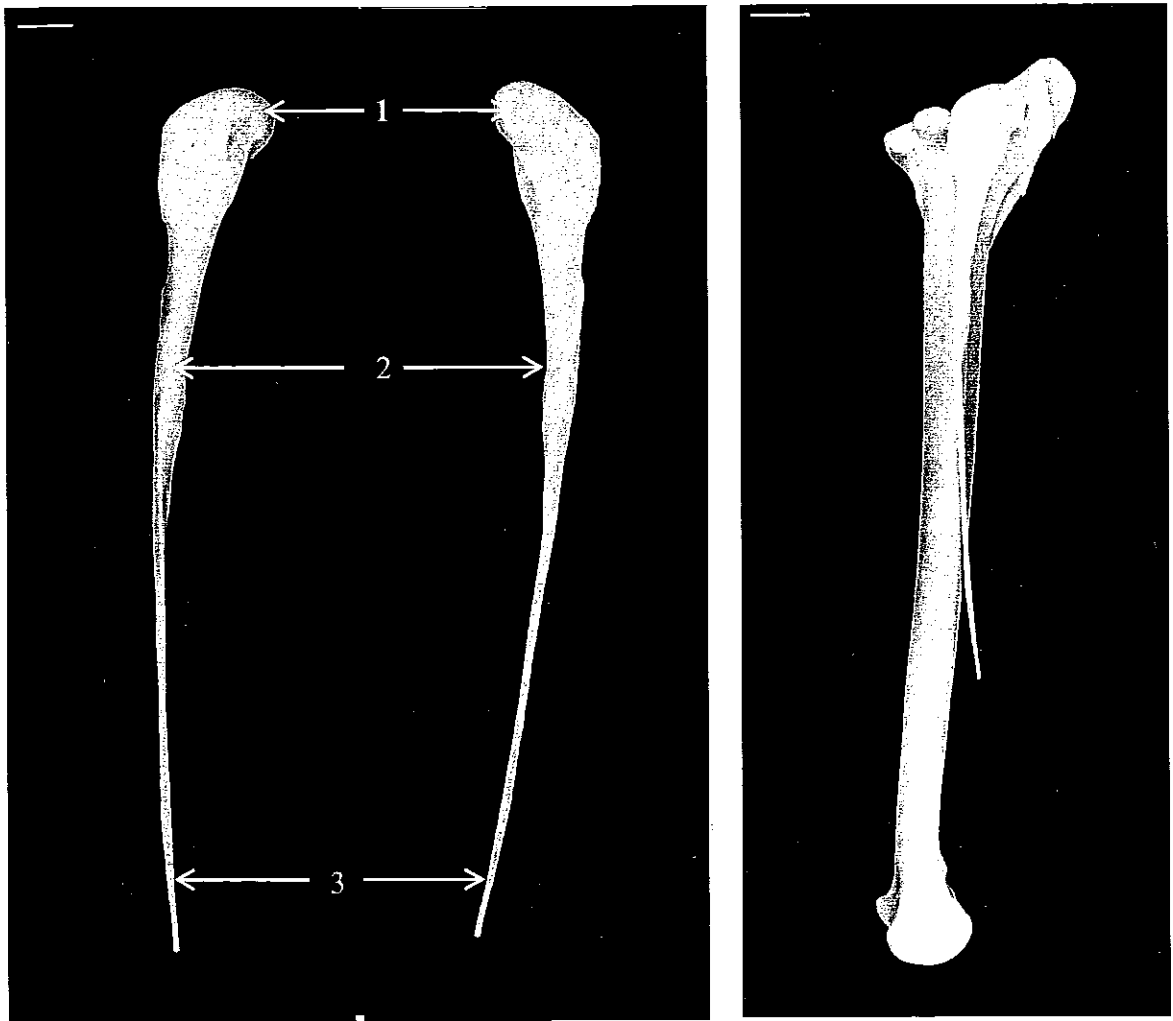


Figure 73 - Photographie de la fibula gauche, aspects médial et latéral et du tibiotarse gauche assemblé à la fibula, aspect médial

- 1 Tête de la fibula
- 2 Corps de la fibula
- 3 Epine fibulaire

3.3 TARSOMÉTATARSE

a) Aspect dorso-plantaire

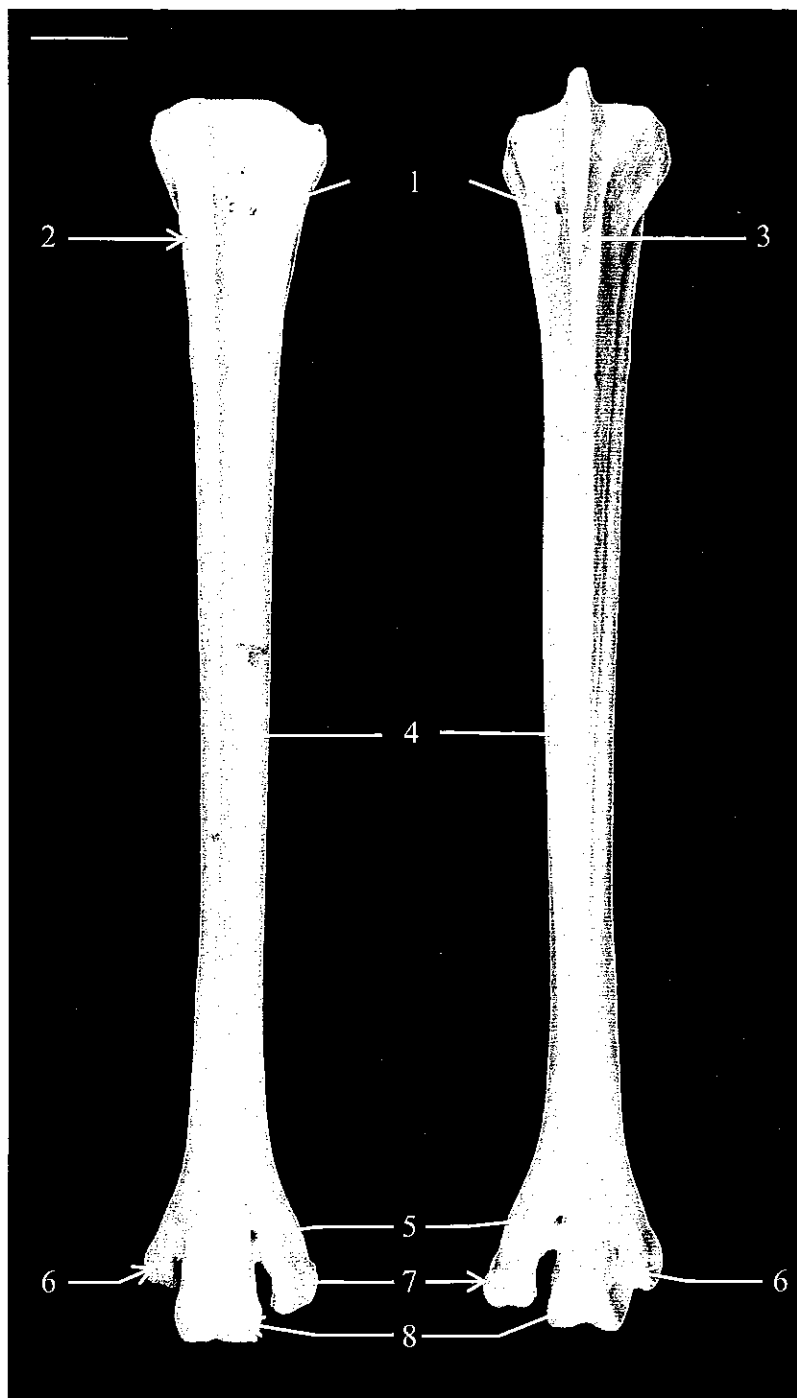


Figure 74 - Photographie du tarsométatarse gauche, aspects dorsal et plantaire

- | | |
|---------------------------------------|------------------------------|
| 1 Foramen vasculaire proximal | 5 Foramen vasculaire distal |
| 2 Tubérosité du muscle tibial crânial | 6 Condyle du métatarsien II |
| 3 Hypotarse | 7 Condyle du métatarsien III |
| 4 Corps du tarsométatarse | 8 Condyle du métatarsien IV |

b) Aspect médio-latéral



Figure 75 - Photographie du tarsométatarse gauche, aspects médial et latéral

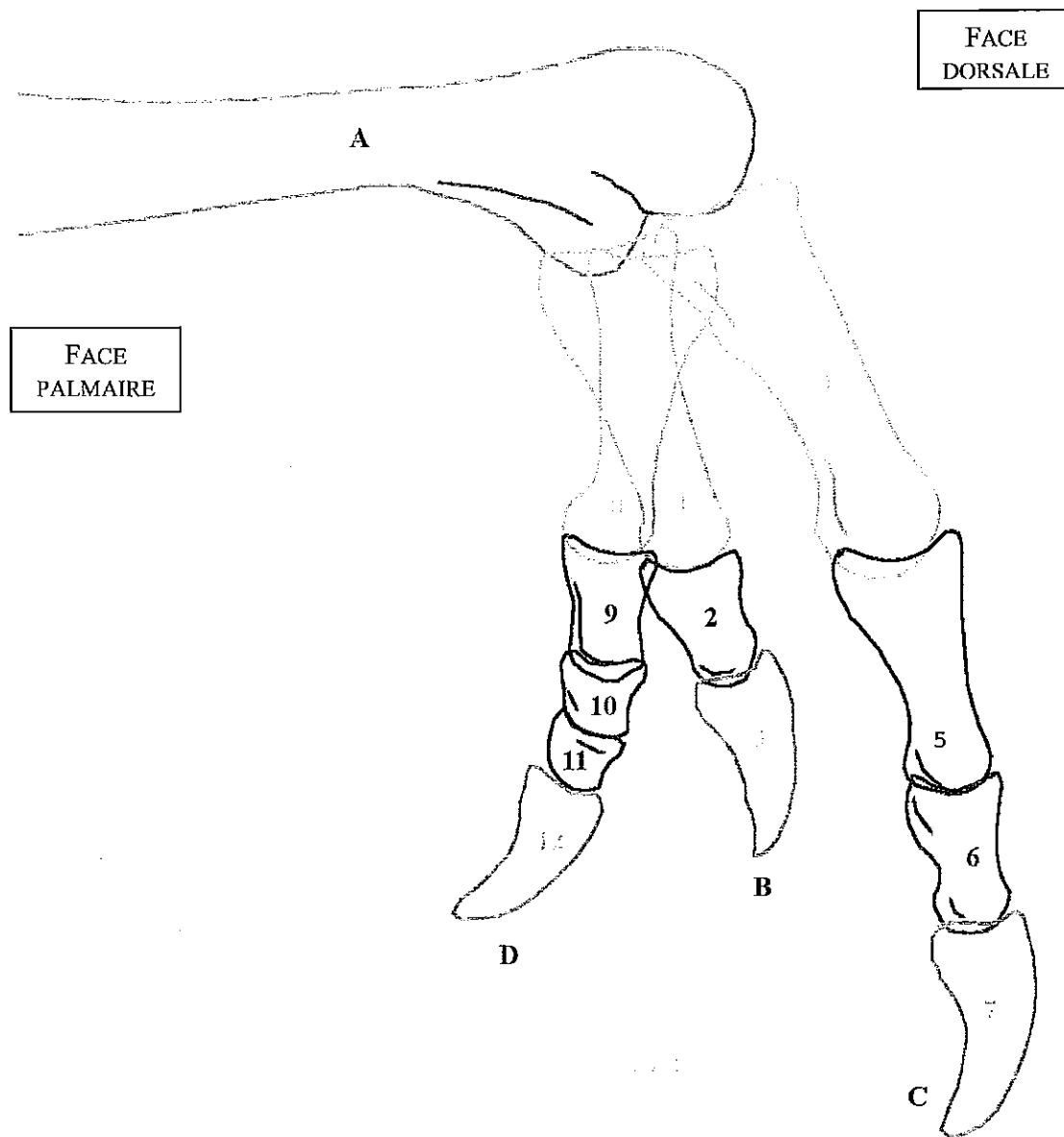
- | | | | |
|---|---|---|----------------------------|
| 1 | Hypotarse | 5 | Condyle du métatarsien II |
| 2 | Tubérosité d'insertion du muscle tibial crânial | 6 | Condyle du métatarsien III |
| 3 | Crête plantaire | 7 | Condyle du métatarsien IV |
| 4 | Corps du tarsométatarse | | |

4. ARTICULATION TARSO-MÉTATARSIENNE ET PHALANGES

4.1 INCIDENCE MÉDIO-LATÉRALE : Clichés radiographiques



Figure 76 - Radiographie de la patte gauche, incidence médio-latérale



A TARSOMÉTATARSE

B DOIGT II

- 1 Première phalange
- 2 Deuxième phalange
- 3 Phalange distale ou phalange onguilaire

C DOIGT III

- 4 Première phalange
- 5 Deuxième phalange
- 6 Troisième phalange
- 7 Phalange distale ou phalange onguilaire

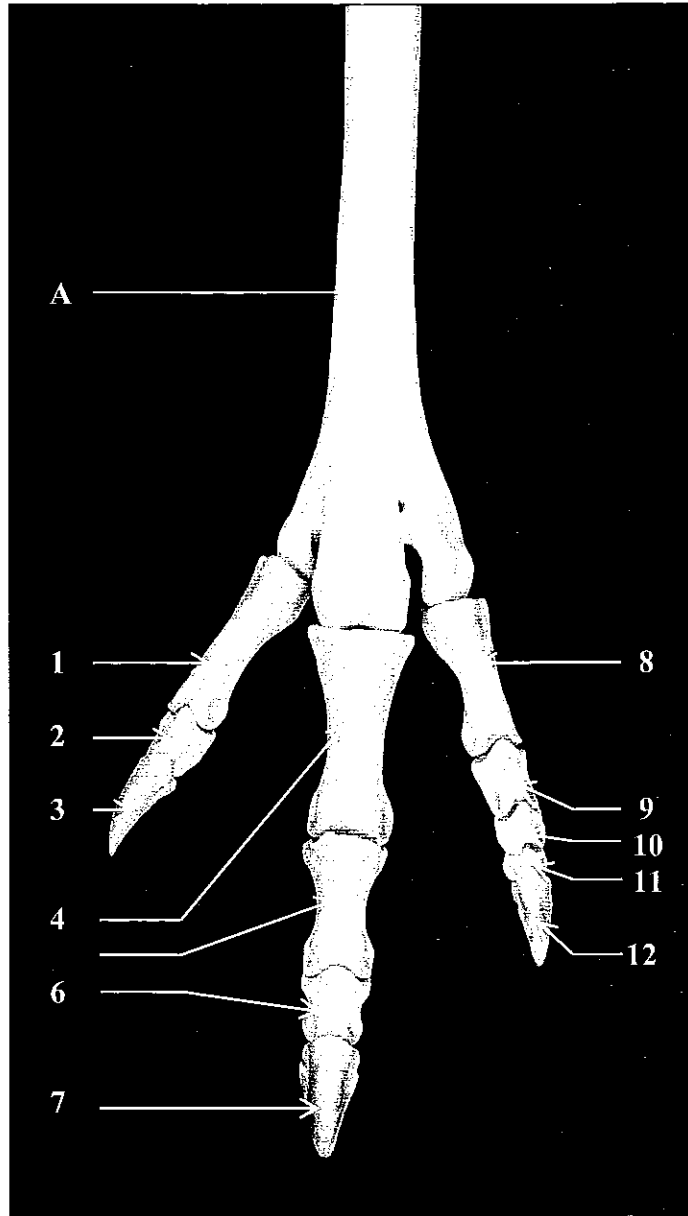
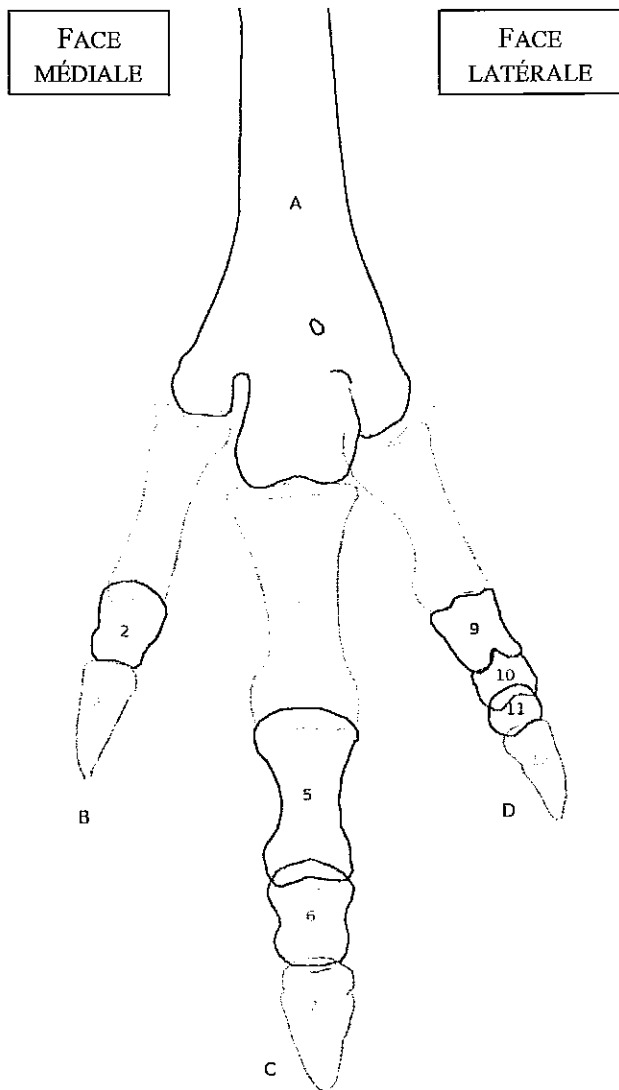
D DOIGT IV

- 8 Première phalange
- 9 Deuxième phalange
- 10 Troisième phalange
- 11 Quatrième phalange
- 12 Phalange distale ou phalange onguilaire

Figure 77 - Schéma de la radiographie du pied gauche, incidence médio-latérale



Figure 78 - Radiographie de la patte gauche, incidence dorso-plantaire



A TARSOMÉTATARSE

B DOIGT II

- 1 Première phalange
- 2 Deuxième phalange
- 3 Phalange distale ou phalange ongulaire

C DOIGT III

- 4 Première phalange
- 5 Deuxième phalange
- 6 Troisième phalange
- 7 Phalange distale ou phalange ongulaire

D DOIGT IV

- 8 Première phalange
- 9 Deuxième phalange
- 10 Troisième phalange
- 11 Quatrième phalange
- 12 Phalange distale ou phalange ongulaire

Figure 79 - Schéma de la radiographie en incidence dorso-plantaire et photographie de la face dorsale du pied gauche

4.3 PHOTOGRAPHIES DES PHALANGES DU PIED GAUCHE

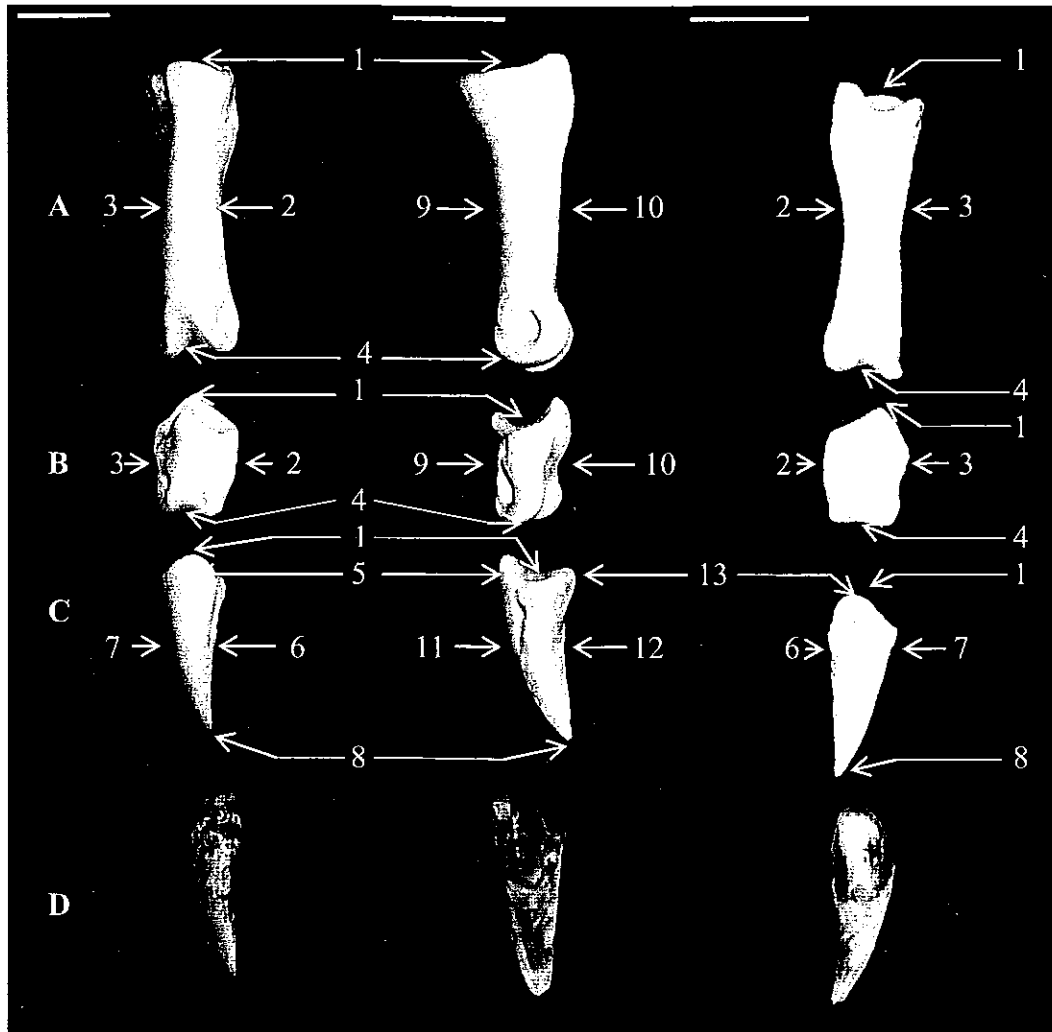


Figure 80 - Photographie des phalanges du doigt II du pied gauche, aspect dorsal

Figure 81 - Photographie des phalanges du doigt II du pied gauche, aspect latéral gauche

Figure 82 - Photographie des phalanges du doigt II du pied gauche, aspect plantaire

- A PHALANGE PROXIMALE
- B PHALANGE MOYENNE
- C PHALANGE UNGÉALE (distale)
- D GRIFFE DE LA TROISIÈME PHALANGE

- 1 Base (cotyle)
- 2 Face latérale
- 3 Face médiale
- 4 Capitulum (cotyle)
- 5 Tubercule extenseur
- 6 Bord latéral
- 7 Bord médial

- 8 Apex
- 9 Face dorsale
- 10 Face plantaire
- 11 Bord dorsal
- 12 Bord plantaire
- 13 Tubercule fléchisseur

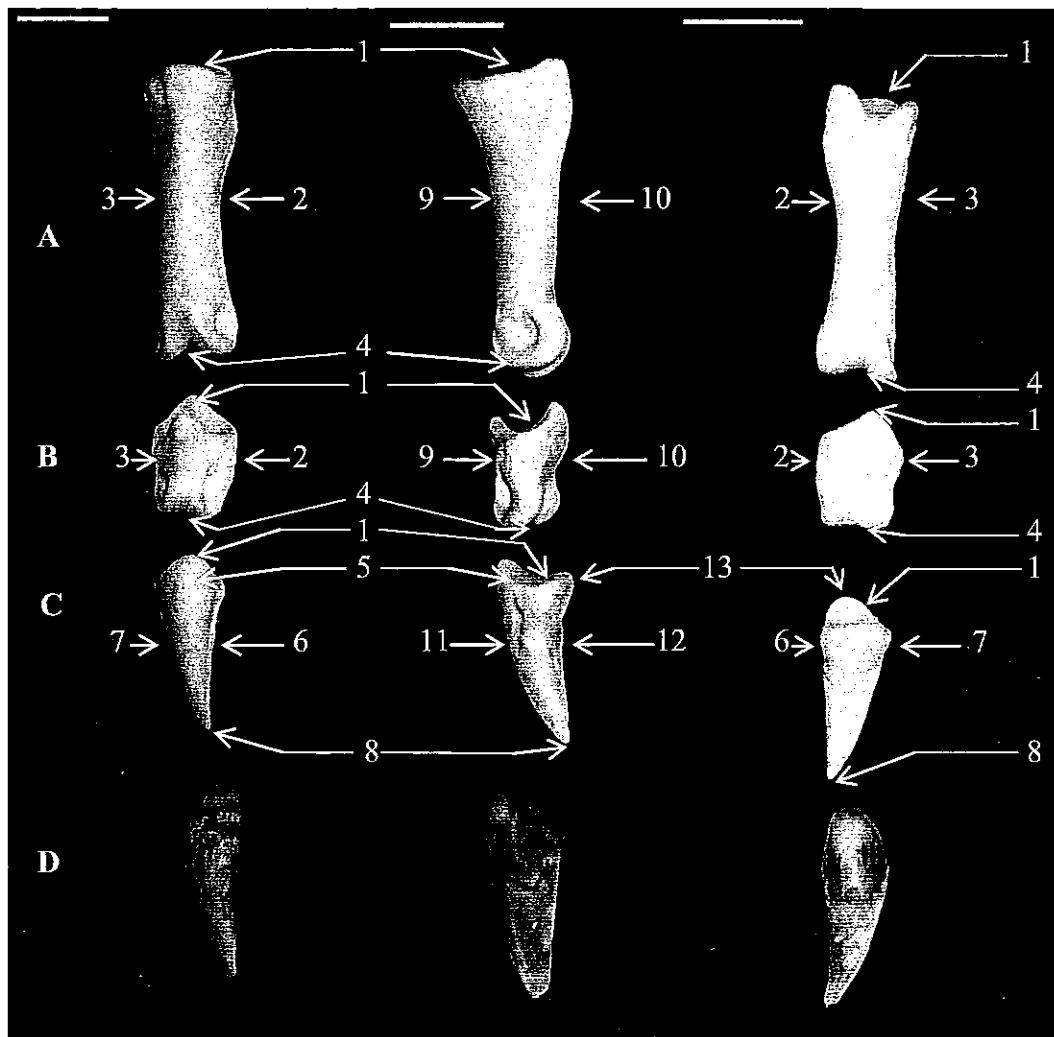


Figure 83 – Photographie des phalanges du doigt III du pied gauche, aspect dorsal

Figure 84 – Photographie des phalanges du doigt III du pied gauche, aspect latéral gauche

Figure 85 – Photographie des phalanges du doigt III du pied gauche, aspect plantaire

- A PHALANGE PROXIMALE
- B PHALANGE MOYENNE
- C PHALANGE UNGÉALE (distale)
- D GRIFFE DE LA TROISIÈME PHALANGE

- 1 Base (cotyle)
- 2 Face latérale
- 3 Face médiale
- 4 Capitulum (cotyle)
- 5 Tubercule extenseur
- 6 Bord latéral
- 7 Bord médial

- 8 Apex
- 9 Face dorsale
- 10 Face plantaire
- 11 Bord dorsal
- 12 Bord plantaire
- 13 Tubercule fléchisseur

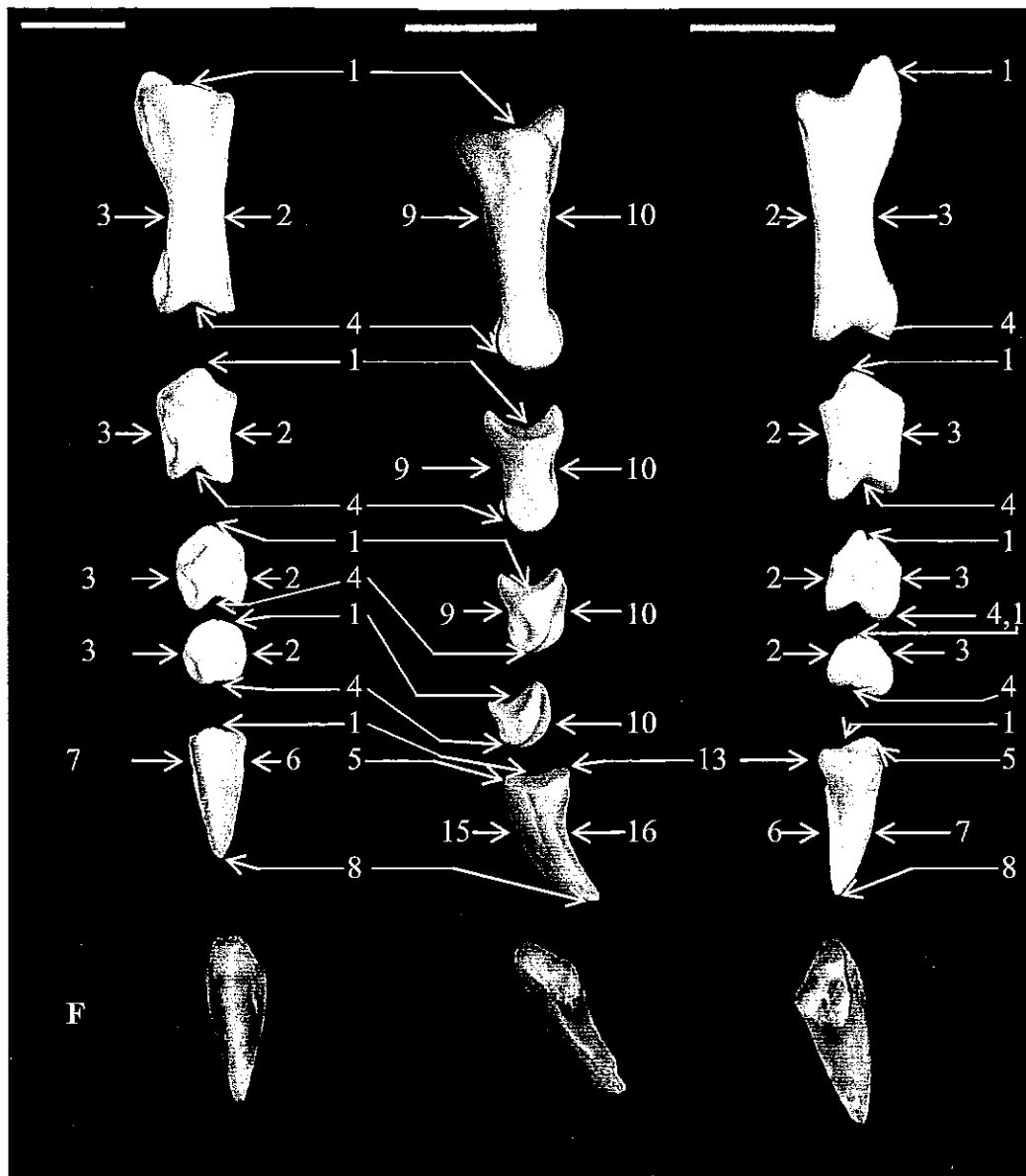


Figure 86 – Photographie des phalanges du doigt IV du pied gauche, aspect dorsal

Figure 87 – Photographie des phalanges du doigt IV du pied gauche, aspect latéral gauche

Figure 88 – Photographie des phalanges du doigt IV du pied gauche, aspect plantaire

A PHALANGE PROXIMALE

B PHALANGE MOYENNE 1

C PHALANGE MOYENNE 2

1 Base (cotyle)

2 Face latérale

3 Face médiale

4 Capitulum (cotyle)

5 Tubercule extenseur

6 Bord latéral

7 Bord médial

D PHALANGE MOYENNE 3

E PHALANGE UNGÉALE (distale)

F GRIFFE DE LA CINQUIÈME PHALANGE

8 Apex

9 Face dorsale

10 Face plantaire

11 Bord dorsal

12 Bord plantaire

13 Tubercule fléchisseur

CONCLUSION

La radiographie reste un examen complémentaire de choix même si l'obtention de clichés de très bonne qualité est difficile chez l'émeu. Les images radiographiques obtenues étant en deux dimensions, l'interprétation des radiographies nécessite cependant une bonne connaissance de l'anatomie.

La présentation de ces clichés radiographiques sur un animal en bonne santé constitue une banque de données appréciable qui a pour but d'aider à la compréhension et à l'interprétation de clichés pathologiques. Le travail d'ostéologie complète cette banque de données anatomiques sur l'émeu et facilite l'interprétation des clichés radiographiques en permettant une meilleure visualisation tridimensionnelle.

Malgré le faible échantillon de l'ouvrage, nous espérons que ce travail restera représentatif de l'émeu et qu'il permettra d'aider les cliniciens dans leur travail.

Cette base dans l'interprétation des clichés radiographiques étant posée, il pourrait être intéressant de poursuivre ce travail avec une comparaison plus poussée entre l'anatomie radiographique de *Dromaius novahollandiae* et de celle d'autres espèces de Ratites plus étudiées comme l'Austruche.



AGRÉMENT SCIENTIFIQUE

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

Je soussigné, Jacques DUCOS de LAHITTE, Enseignant-chercheur, de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse, directeur de thèse, certifie avoir examiné la thèse de FORESTIER Julia intitulée « Contribution à l'étude de l'émeu, *Dromaius novaehollandiae*. » et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

Fait à Toulouse, le 13 juin 2013
Professeur Jacques DUCOS de LAHITTE
Enseignant chercheur
de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

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

Vu :
Le Président du jury :
Professeur Alexis VALENTIN

Vu et autorisation de l'impression :
Le Président de l'Université
Paul Sabatier
Professeur Bertrand MONTTHUBERT
Par délégation, le Vice-Président du CEVU
Arnaud LE PADELLEC



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

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] G. LECOINTRE, H. LE GUYADER, Classification phylogénétique du vivant, Belin, Paris, 2013.
- [2] J. BERLIOZ, P.P. GRASSE, Traité de zoologie – Anatomie, systématique, biologie., Paris : Masson et Cie, 1950.
- [3] H. LICOUR, L'élevage des émeus, Nantes, 1993.
- [4] M. MINNAAR, P. MINNAAR, The emu farmer's handbook, Groverton : INDUNA Company, 1992.
- [5] P. CAMPODONICO, C. MASSON, Les Ratites : élevage et productions, Maisons-Alfort, CIRAD, Département d'élevage et de médecine vétérinaire, 1992.
- [6] A. DELEBECQUE, L'alimentation de l'émeu (*Dromaius novaehollandiae*). Thèse d'exercice, École Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVET, 2004, 107 p..
- [7] S.J.J.F. DAVIES, Proceedings of the Ecological Society of Australia, 1968.
- [8] S.J.J.F. DAVIES, Australian Natural History, 1963.
- [9] K. SANFT, B. GRZIMEK, M. FONTAINE, Le monde animal, Stauffacher, Zürich, 1972.
- [10] P. GUITTIN, Les Struthioniformes en parc zoologique : reproduction, croissance, élevage, 1985.
- [11] J. PIVETEAU, P.P. GRASSE, Traité de zoologie - Anatomie, systématique, biologie, Paris : Masson et Cie, 1950.
- [12] Emu (*Dromaius novaehollandiae*),
[En ligne] <http://www.iucnredlist.org/details/100006007/0>. (n.d.).
- [13] R.D. BARKER, W.J.M. VERTJENS, The Food of Australian Birds 1 Non-Passerines, CSIRO Australia, n.d.

- [15] M.E. FOWLER, T.N. TULLY, S.M. SHANE, Ratite management, medicine and surgery, KRIEGER publishing company, 1996.
- [16] M.R. Crole, J.T. Soley, Morphology of the tongue of the emu (*Dromaius novaehollandiae*). I. Gross anatomical features and topography, *Onderstepoort J. Vet. Res.* 76 (2009) 335–345.
- [17] M.R. Crole, J.T. Soley, Morphology of the tongue of the emu (*Dromaius novaehollandiae*). II. Histological features, *Onderstepoort J. Vet. Res.* 76 (2009) 347–361.
- [18] R.M. HERD, T.J. DAWSON, Fiber digestion in the emu, *Dromaius novaehollandiae*, a large bird with a simple gut and high rates of passage, 1984.
- [19] M.E. FOWLER, Clinical anatomy of ratites, *J. Zoo. Wild. Med.* 22 (1991) 204–227.
- [20] C.R. ANGEL, S.. SCHEIDELER, J.L. SELL, Ratite management, medicine and surgery, KRIEGER publishing company, 1996.
- [21] B. GRZIMEK, *Le Monde animal en 13 volumes*, Stauffacher, Zürich, 1975.
- [22] H.E. KÖNIG, H.-G. LIEBIECH, *Anatomie und Propädeutik des Geflügels*, F.K. Schattauer Verlagsgesellschaft, 2001, 304p.
- [23] E. HIVERNAUD, *Atlas radiographique et ostéologique de la chouette effraie (Tyto alba)*, Thèse d'exercice, École Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2010, 187p.
- [24] J.-L. GUERIN, *Cours de pathologie aviaire S8*, ENVT 2006
- [25] Wikipédia, l'Encyclopédie libre
[En ligne] <http://fr.wikipedia.org>
- [26] A.J. BEZUIDENHOUT : Anatomy. *In* : DEEMING D.C. (dir.) : *The ostrich: Biology, Production and Health*. CAB International Publ., Oxon (UK), Cambridge (USA), 1999, 13-46.

[27] Y. LIGNEREUX (dir.) : Programme scientifique. 3- Ordre du vivant Abolir nos hiérarchies. Diversité, classification et organisation. Muséum d'Histoire Naturelle, Toulouse, 2009, 75 p.

[28] O. CHATOR, Thèse d'exercice, École Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, Toulouse, 2010, 260p.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 - Place de de <i>Dromaius novaehollandiae</i> dans la classification de type linnéen	15
Figure 2 - Place de de <i>Dromaius novaehollandiae</i> dans la classification phylogénétique (Lecointre et le Guyader, 2013) [1].....	15
Figure 3 - Émeu adulte	19
Figure 4 - Répartition géographique des émeus sauvages en Australie	20
Figure 5 - Œuf d'émeu	22
Figure 6 - Squelette de l'émeu	37
Figure 7 - Radiographie de l'incidence latérale du crâne et de la mandibule	39
Figure 8 - Schéma de la radiographie du crâne et de la mandibule en incidence latérale.....	39
Figure 9 - Photographie du crâne, aspect latéral gauche.....	40
Figure 10 - Photographie de la mandibule, aspect latéral gauche.....	40
Figure 11 - Photographie du crâne et de la mandibule, bec fermé, aspect latéral gauche	41
Figure 12 - Photographie du crâne et de la mandibule, bec ouvert, aspect latéral gauche.....	41
Figure 13 - Radiographie et schéma de l'incidence ventro-dorsale du crâne et de la mandibule	42
Figure 14 - Photographie du crâne, aspect dorsal	43
Figure 15 - Photographie de la mandibule, aspect dorsal	43
Figure 16 - Photographie du crâne, aspect ventral.....	44
Figure 17 - Photographie de la mandibule, aspect ventral	44
Figure 18 - Photographie du crâne, aspect caudal.....	45
Figure 19 - Photographie du crâne et de la mandibule, bec fermé, aspect caudal	45
Figure 20 - Radiographie de l'incidence latéro-latérale du crâne et du cou	47
Figure 21 - Radiographie légendée de l'incidence latéro-latérale du crâne et du cou	48
Figure 22 - Photographie des vertèbres cervicales en connexion, aspect dorsal.....	49
Figure 23 - Photographie des vertèbres cervicales en connexion, aspect ventral	49
Figure 24 - Photographie des vertèbres cervicales en connexion, aspect latéral	49
Figure 25 - Radiographie et légende de l'incidence ventro-dorsale du crâne et du cou	50
Figure 26 - Radiographie légendée de l'incidence ventro-dorsale du crâne et du cou.....	51
Figure 27 - Photographie des vertèbres cervicales présentées séparément, aspect dorsal	52
Figure 28 - Photographie des vertèbres cervicales présentée séparément, aspect ventral	53
Figure 29 - Photographie des vertèbres cervicales, aspect crânial	54

Figure 30 - Photographie des vertèbres cervicales, aspect caudal	55
Figure 31 - Radiographie de l'incidence latéro-latérale du thorax.....	57
Figure 32 - Radiographie légendées et schéma de l'incidence latéro-latérale du thorax.....	59
Figure 33 - Photographies des vertèbres thoraciques présentées séparément, aspect latéral gauche.....	59
Figure 34 - Photographie d'une côte gauche, aspect crânial.....	60
Figure 35 - Photographie d'une côte gauche, aspect caudal	60
Figure 36 - Radiographie du thorax en incidence ventro-dorsale	61
Figure 37 - Radiographie légendée du thorax en incidence ventro-dorsale.....	62
Figure 38 - Photographies des vertèbres thoraciques présentées séparément, aspect dorsal .	63
Figure 39 - Photographies des vertèbres thoraciques présentées	63
Figure 40 - Photographie d'une côte gauche, aspect dorsal.....	64
Figure 41 - Photographie d'une côte gauche, aspect ventral.....	65
Figure 42 - Photographie du rostre articulé avec les os coracoïdes	66
Figure 43 - Photographie du sternum, aspect latéral gauche.....	67
Figure 44 - Photographie du sternum, aspect dorsal	68
Figure 45 - Photographie du sternum, aspect ventral.....	68
Figure 46 - Photographie du sternum, aspect crânial	69
Figure 47 - Photographie du sternum, aspect caudal	69
Figure 48 - Radiographie et schéma de l'incidence latéro-latérale gauche de la ceinture pelvienne	71
Figure 49 - Photographie du bassin, profil gauche.....	72
Figure 50 - Radiographie de l'incidence ventro-dorsale de la ceinture pelvienne	73
Figure 51 - Schéma de la radiographie ventro-dorsale de la ceinture pelvienne	74
Figure 52 - Photographie du bassin, aspect ventral.....	75
Figure 53 - Photographie du synsacrum et des os coxaux, aspect dorsal.....	76
Figure 54 - Radiographie de la clavicule, du coracoïde, de la scapula et de l'humérus, incidence latérale gauche	77
Figure 55 - Schéma de la radiographie de la clavicule, du coracoïde, de la scapula, incidence latérale gauche.....	78
Figure 56 - Photographie du coracoïde soudé à la scapula gauche, aspect latéral	79
Figure 57 - Photographie du coracoïde soudé à la scapula gauche, aspect médial	79
Figure 58 - Photographie du coracoïde soudé à la scapula gauche, aspect crânial	80
Figure 59 - Photographie du coracoïde soudé à la scapula gauche, aspect caudal	80
Figure 60 - Radiographie et schéma de la radiographie du membre thoracique, incidence latérale gauche.....	82

Figure 61 - Radiographie et schéma de l'incidence médio-latérale de l'aile gauche.....	83
Figure 62 - Photographie de l'humérus, aspects médial et latéral	84
Figure 63 - Photographie de l'humérus, aspects crânial et caudal	85
Figure 64 - Radiographie du genou en incidence médio-latérale.....	87
Figure 65 - Schéma de la radiographie du genou en incidence médio-latérale.....	88
Figure 66 - Radiographie du tarse en incidence médio-latérale.....	89
Figure 67 - Schéma de la radiographie du tarse en incidence médio-latérale.....	90
Figure 68 - Radiographie et schéma de la radiographie du tarse en incidence dorso-crâniale	91
Figure 69 - Photographie du fémur gauche, aspects dorsal et plantaire.....	92
Figure 70 - Photographie du fémur gauche, aspects médial et latéral.....	93
Figure 71 - Photographie du tibiotarse gauche, aspects crânial et caudal.....	94
Figure 72 - Photographie du tibiotarse gauche, aspects médial et latéral	95
Figure 73 - Photographie de la fibula gauche, aspects médial et latéral et du tibiotarse gauche assemblé à la fibula, aspect médial	96
Figure 74 - Photographie du tarsométatarse gauche, aspects dorsal et plantaire	97
Figure 75 - Photographie du tarsométatarse gauche, aspects médial et latéral	98
Figure 76 - Radiographie de la patte gauche, incidence médio-latérale	99
Figure 77 - Schéma de la radiographie du pied gauche, incidence médio-latérale.....	100
Figure 78 - Radiographie de la patte gauche, incidence dorso-plantaire	101
Figure 79 - Schéma de la radiographie en incidence dorso-plantaire et photographie de la face dorsale du pied gauche	102
Figure 80 - Photographie des phalanges du doigt II du pied gauche, aspect dorsal.....	103
Figure 81 - Photographie des phalanges du doigt II du pied gauche, aspect latéral gauche ..	103
Figure 82 - Photographie des phalanges du doigt II du pied gauche, aspect plantaire	103
Figure 83 - Photographie des phalanges du doigt III du pied gauche, aspect dorsal.....	104
Figure 84 - Photographie des phalanges du doigt III du pied gauche, aspect latéral gauche	104
Figure 85 - Photographie des phalanges du doigt III du pied gauche, aspect plantaire	104
Figure 86 - Photographie des phalanges du doigt IV du pied gauche, aspect dorsal	105
Figure 87 - Photographie des phalanges du doigt IV du pied gauche, aspect latéral gauche	105
Figure 88 - Photographie des phalanges du doigt IV du pied gauche, aspect plantaire	105