



## 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 : 4870](http://oatao.univ-toulouse.fr/Eprints/ID/4870)

**To cite this version :**

LAMAGERE, Mathilde. *Atlas radiographique du vautour fauve (Gyps fulvus)*. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Toulouse 3, 2011, 154 p.

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

---

# ATLAS RADIOGRAPHIQUE DU VAUTOUR FAUVE (*Gyps fulvus*)

---

THESE  
pour obtenir le grade de  
DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

DIPLOME D'ÉTAT

*présentée et soutenue publiquement en 2011  
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

*par*

**Mathilde, Martine, Jeanne LAMAGERE**  
Née, le 19 octobre 1984 à Saint-Etienne (42)

---

Directeur de thèse : Mr. le Professeur Jacques DUCOS de LAHITTE

Co-directeur de thèse : Mr. le Professeur 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 et de la Pêche  
ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE**

**Directeur :** M. A. MILON

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

**Professeurs honoraires :**

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

**PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE**

M. AUTEFAGE André, *Pathologie chirurgicale*  
M. BRAUN Jean-Pierre, *Physique et Chimie biologiques et médicales*  
M. 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. TOUTAIN Pierre-Louis, *Physiologie et Thérapeutique*

**PROFESSEURS 1<sup>re</sup> CLASSE**

M. BERTHELOT Xavier, *Pathologie de la Reproduction*  
Mme CLAUW Martine, *Pharmacie-Toxicologie*  
M. CONCORDET Didier, *Mathématiques, Statistiques, Modélisation*  
M. CORPET Denis, *Science de l'Aliment et Technologies dans les Industries agro-alimentaires*  
M. DELVERDIER Maxence, *Anatomie Pathologique*  
M. ENJALBERT Francis, *Alimentation*  
M. REGNIER Alain, *Physiopathologie oculaire*  
M. SAUTET Jean, *Anatomie*  
M. SCHELCHER François, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*

**PROFESSEURS 2<sup>e</sup> CLASSE**

Mme BENARD Geneviève, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*  
M. BOUSQUET-MELOU Alain, *Physiologie et Thérapeutique*  
Mme CHASTANT-MAILLARD Sylvie, *Pathologie de la Reproduction*  
M. DUCOS Alain, *Zootecnie*  
M. DUCOS DE LAHITTE Jacques, *Parasitologie et Maladies parasitaires*  
M. FOUCRAS Gilles, *Pathologie des ruminants*  
Mme GAYRARD-TROY Véronique, *Physiologie de la Reproduction, Endocrinologie*  
M. GUERRE Philippe, *Pharmacie et Toxicologie*  
Mme HAGEN-PICARD Nicole, *Pathologie de la Reproduction*  
M. JACQUIET Philippe, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*  
M. LEFEBVRE Hervé, *Physiologie et Thérapeutique*  
M. LIGNEREUX Yves, *Anatomie*  
M. PICAUVET Dominique, *Pathologie infectieuse*

- M. **SANS Pierre**, *Productions animales*  
 Mme **TRUMEL Catherine**, *Pathologie médicale des Equidés et Carnivores*

**PROFESSEURS CERTIFIES DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE**

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

**MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE**

- 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*

**MAITRES DE CONFERENCES (classe normale)**

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*  
 M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*  
 Mme **BENNIS-BRET Lydie**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*  
 M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la Reproduction*  
 M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie Infectieuse*  
 Mlle **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*  
 Mme **BOUCLAIVILLE-CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*  
 Mlle **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie*  
 M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*  
 M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*  
 M. **CUEVAS RAMOS Gabriel**, *Chirurgie Equine*  
 M. **DOSSIN Olivier**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*  
 Mlle **FERRAN Aude**, *Physiologie*  
 M. **GUERIN Jean-Luc**, *Elevage et Santé avicoles et cunicoles*  
 M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*  
 Mlle **LACROUX Caroline**, *Anatomie Pathologique des animaux de rente*  
 Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*  
 M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*  
 M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et Mathématiques*  
 M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des Ruminants*  
 M. **MAGNE Laurent**, *Urgences soins-intensifs*  
 M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*  
 M. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants*  
 Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie Chirurgicale*  
 M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, Imagerie médicale*  
 M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction*  
 Mlle **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*  
 Mme **PRIYENKO Nathalie**, *Alimentation*  
 Mme **TROEGELER-MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation*  
 M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et Infectiologie (disponibilité à cpt du 01/09/10)*  
 M. **VERWAERDE Patrick**, *Anesthésie, Réanimation*

**MAITRES DE CONFERENCES et AGENTS CONTRACTUELS**

- M. **SOUBIES Sébastien**, *Microbiologie et infectiologie*

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

- Mlle **DEVIERS Alexandra**, *Anatomie-Imagerie*  
 M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophthalmologie*  
 Mlle **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*  
 Mlle **PASTOR Mélanie**, *Médecine Interne*  
 M. **RABOISSON Didier**, *Productions animales*  
 Mlle **TREVENNEC Karen**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles et porcins*  
 M. **VERSET Michaël**, *Chirurgie des animaux de compagnie*

# Remerciements

À notre président de thèse

**Monsieur le Professeur Alexis VALENTIN**

Professeur des Universités

Praticien hospitalier

Zoologie – Parasitologie

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

*Hommages respectueux.*

À notre jury de thèse,

**Monsieur le Professeur Jacques DUCOS de LAHITTE**

Professeur de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

Parasitologie et maladies parasitaires

*Qui nous a fait l'honneur d'accepter la direction de cette thèse.*

*Sincère reconnaissance.*

**Monsieur le Professeur Yves LIGNEREUX**

Professeur de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

Anatomie

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

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

**À Monsieur Richard REY**

Technicien de radiologie à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

*Pour son aide précieuse lors de la réalisation des clichés radiographiques et pour le temps qu'il a bien voulu y consacrer.*

**À Monsieur Pascal VERSIGNY**

*Pour ses conseils, sa patience et tout le travail qu'il a fourni pour que cette thèse voit le jour.*

**À toute l'équipe de la clinique NAC/Faune sauvage de l'ENVT**

*qui a participé de près ou de loin à l'élaboration de cette thèse, merci à tous pour votre bonne humeur.*

**À mes parents,**

*Vous avez toujours cru en moi. Il n'y a pas de mots pour vous dire ma reconnaissance et combien je vous aime.*

**À ma tante Simone et mon oncle Daniel,**

*Vous vous êtes occupés de moi comme votre fille. La vie m'a donnée deux papas et deux mamans, je vous aime.*

**À Vincent,**

*Merci pour tout, pour ton amour, pour me supporter, pour me faire rire, pour me comprendre, pour partager mes passions, pour accepter mon chien, pour me soutenir et me réconforter, et pour ta persévérance avec mon caractère pas facile tous les jours.*

*Et comme le dit le sage « on sait pas trop »*

**À mon frère Julien**

*Pour l'aide informatique malgré mes réticences et surtout celles de mon ordinateur.*

**À tous les membres de ma famille,**

*Les « Polak » et les « Roche », merci pour les moments de bonheur partagés, pour les fous rires, pour votre compréhension et votre patience avec moi, pour être là, toujours, quand il le faut, tous autant que vous êtes.*

**À ma famille d'adoption Californienne, Christine, Yann, Audrey, Thomas, July**

*You are my « american dream ».*

**À mes amis d'avant, Célia, Hélène, Arnaud,**

*Vous n'êtes pas nombreux mais vous persistez et signez. Mon petit groupe de dépressifs, à nos souffrances passées, à notre futur bonheur, toujours ensemble quoiqu'il arrive.*

**À tous mes potes de l'ENVT,**

*Kévin, Vincent, Marion, Christelle, Julien, Fred et Pierre, pour les moments épiques passés en clinique ensemble.*

**À Ambre,**

*Mon petit bébé d'amour, ma petite puce, mon petit cœur, mon petit soleil, mon 4x4 à moi. Je bénie le jour où personne n'a voulu de toi. Tu es la plus douce et la plus belle des chiennes.*

**À Fu-Chi,**

*Petite boule de poils branchée en permanence sur du 220 volts. Mais où vas tu chercher toute cette énergie et cette polissonnerie ?*

**À Mr Blanc,**

*Aux « miaouw » matinaux et ronrons incessants. Platon, Aristote ou Voltaire, mais qui peut savoir lequel c'est réincarné dans ta petite tête de chaton aux yeux d'or.*

**À Hermine et Jalna,**

*Je sais que vous veillez sur moi.*



*À ma grand-mère Roche Marie*

*À mes grands-pères Roche Jean-Auguste et Lamagere Claudius*

« *Keep swimming* »



## Table des matières

Remerciements.....	5
Liste des illustrations.....	15
Introduction.....	17
I. Le vautour fauve : biologie.....	19
A. Place du vautour fauve dans la classification.....	19
i. Étymologie.....	19
ii. Systématique.....	19
iii. Les sous-espèces.....	20
B. Répartition du vautour fauve.....	21
i. La distribution mondiale.....	21
a) Origine du vautour fauve.....	21
b) Situation actuelle au niveau mondial.....	21
ii. Le vautour fauve en France.....	22
a) Historique.....	22
b) Le statut juridique du vautour fauve.....	23
c) Population actuelle.....	24
d) La « crise » Espagnole et les conséquences en France.....	24
C. Morphologie.....	25
i. Mensurations.....	25
ii. Plumage.....	25
iii. Sexage.....	26
iv. Description de l'oiseau.....	27
a) Au sol.....	27
b) En vol.....	28
v. Les 3 stades.....	29
a) Le juvénile : moins d'un an.....	29
b) L'immaturation : jusqu'à 4-5 ans.....	29
c) L'adulte : à partir de 5-6 ans.....	29
D. Longévité.....	31
E. Alimentation.....	31
i. Régime alimentaire.....	31
ii. Prospection alimentaire.....	32
iii. La curée.....	33
F. Le vol.....	34
i. Le vol à voile.....	34
a) Les ascendances dynamiques.....	35
b) Les ascendances thermiques.....	35
ii. vol plané.....	36
iii. Le vol battu.....	36
G. Reproduction.....	36
i. Les prémices.....	36
a) Maturité sexuelle.....	36
b) Formation des couples.....	37
c) Le nid.....	37
d) Scènes de pillage.....	38
ii. L'accouplement.....	38
iii. De la ponte à l'éclosion.....	38
a) La ponte.....	38

b)L'œuf.....	39
c)L'incubation.....	39
d)L'éclosion.....	39
iv.La croissance du poussin et son émancipation.....	39
a)Élevage du jeune.....	39
b)Premiers envols.....	40
H.Mouvements et migrations.....	40
i.Mouvements inter colonies.....	40
ii.Migrations.....	40
iii.Erratisme et déplacements exceptionnels.....	41
II.Matériel et Méthode.....	43
A.Les spécimens.....	43
B.Radiographie.....	43
i.Matériel radiologique.....	43
ii.Radioprotection et sécurité.....	43
C.L'anesthésie des oiseaux : pré-requis.....	44
i.Le métabolisme basal.....	44
ii.Le système respiratoire.....	45
a)Anatomie du système respiratoire .....	45
b)Physiologie de la respiration.....	47
iii.Système cardio-vasculaire.....	47
a)Le cœur.....	47
b)Élimination rénale.....	47
D.Anesthésie.....	48
i.Préparation du patient.....	48
a)Diète.....	48
b)Contention.....	48
c)Examen clinique.....	49
ii.Les différents types d'anesthésie.....	49
a)Anesthésie gazeuse.....	49
b)Anesthésie fixe.....	50
c)Anesthésie fixe vs anesthésie gazeuse.....	50
d)Protocole choisi pour les radiographies.....	50
iii.Suivi de l'anesthésie.....	51
a)Évaluation de la profondeur de la narcose.....	51
b)Surveillance cardiaque.....	51
c)Surveillance respiratoire.....	52
d)Contrôle de la température.....	52
iv.Réveil.....	52
E.Préparation du squelette.....	52
III.Atlas radiographique.....	55
A.Généralités.....	55
i.Les éléments du squelette.....	55
ii.Le vol et ses effets sur le corps des oiseaux.....	55
iii.Radiographie des oiseaux.....	56
a)Quelques rappels anatomiques.....	56
b)Données pratiques.....	56
B.La tête.....	57
i.Ostéologie .....	57
a)Généralités sur le crâne des oiseaux.....	57

b)Le maxillaire.....	57
c)La mandibule.....	63
d)L'appareil hyoïdien.....	66
ii.Radiographie.....	67
C.La colonne vertébrale.....	70
i.Caractères généraux des vertèbres aviaires.....	70
ii.La colonne cervicale.....	70
a)Étude ostéologique.....	71
•Atlas.....	71
•Axis.....	73
•La colonne cervicale vue dans son ensemble.....	76
•La colonne cervicale : Aspect fonctionnel.....	76
b)Anatomie radiographique.....	84
iii.La colonne vertébrale thoracique.....	86
a)Etude ostéologique.....	86
•Introduction.....	86
•La vertèbre thoracique.....	86
•La colonne thoracique dans son ensemble.....	88
iv.La colonne vertébrale lombo-sacrée.....	90
v.Les vertèbres coccygiennes ou caudales.....	91
a)Étude ostéologique.....	91
b)Clichés radiographiques .....	94
D.Le thorax.....	95
i.Les côtes.....	95
a)Ostéologie.....	96
b)Étude radiographique.....	100
ii.Le sternum.....	100
a)Généralités.....	100
b)Étude ostéologique du sternum du vautour.....	100
c)Radiographie.....	102
E.Membre thoracique.....	104
i.Introduction.....	104
ii.La ceinture thoracique.....	105
a)Ostéologie.....	105
iii.L'humérus.....	108
a)Ostéologie.....	108
b)Radiographie.....	112
iv.Le radius et l'ulna.....	114
a)Ostéologie.....	114
b)Radiographie.....	117
v.La main.....	118
a)Ostéologie.....	118
b)Radiographie.....	120
F.Membre pelvien.....	121
i.Introduction.....	121
ii.La ceinture pelvienne : le coxal.....	122
a)Ostéologie.....	122
b)Radiographie.....	124
iii.Le fémur.....	127
a)Ostéologie.....	127

b)Radiographie.....	129
iv.La patelle.....	131
v.Le tibiotarse et la fibula.....	132
a)Ostéologie.....	132
b)Radiographie.....	136
vi.Le tarsométatarse et les phalanges.....	138
a)Ostéologie.....	138
b)Radiographie.....	141
G.Cavités cœlomiques.....	143
i.Apport de la radiographie dans l'examen de la cavité générale.....	143
ii.Présentation des clichés radiographiques.....	144
Conclusion.....	147
Références bibliographiques.....	149
Annexe.....	153

# Liste des illustrations

Carte n°1 : Répartition actuelle du vautour fauve dans le monde.....	20
Carte n°2 : Répartition ancienne et actuelle du vautour fauve en Europe.....	21
Illustration 1 : Différences morphologiques en fonction du sexe chez le vautour.....	27
Illustration 2 : Tête d'un vautour fauve.....	28
Illustration 3 : Vautour fauve en vol vu de dessous.....	28
Illustration 4 : Vautour fauve en vol vu de profil.....	29
Illustration 5 : Vautour fauve juvénile en position de dominance.....	30
Illustration 6 : Vautour fauve immature.....	30
Illustration 7 : Vautour fauve adulte.....	31
Illustration 8 : Hiérarchie lors de la curée chez le vautour fauve.....	34
Illustration 9 : Exploitation d'une ascendance thermique par un vautour fauve.....	35
Radiographie n°1 : Projection latérale gauche de la tête.....	68
Radiographie n°2 : Projection ventro-dorsale de la tête.....	69
Radiographie n°3 : Projection latérale gauche de la colonne vertébrale cervicale.....	84
Radiographie n°4 : Projection ventro-dorsale de la colonne vertébrale cervicale.....	85
Radiographie n°5 : Projection ventro-dorsale des vertèbres caudales.....	94
Radiographie n°6 : Projection latérale gauche des vertèbres caudales.....	95
Radiographie n°7 : Projection ventro-dorsale des côtes et du sternum.....	103
Radiographie n°8 : Projection latérale gauche des côtes et du sternum.....	104
Radiographie n°9 : Projection médio-latérale de l'humérus.....	113
Radiographie n°10 : Projection caudo-crâniale de l'humérus.....	113
Radiographie n°11 : Projection médio-latérale de l'avant-bras.....	117
Radiographie n°12 : Projection caudo-crâniale de l'avant-bras.....	117
Radiographie n°13 : Projection médio-latérale du carpo-métacarpe.....	120
Radiographie n°14 : Projection palmo-dorsale du carpo-métacarpe.....	121
Radiographie n°15 : Projection latérale gauche du bassin.....	125
Radiographie n°16 : Projection ventro-dorsale du bassin.....	126
Radiographie n°17 : Projection crânio-caudale du fémur.....	130
Radiographie n°18 : Projection médio-latérale du fémur.....	131
Radiographie n°19 : Projection crânio-caudale du tibiotarse.....	136
Radiographie n°20 : Projection médio-latérale du tibiotarse.....	137
Radiographie n°21 : Projection médio-latérale de la patte.....	141
Radiographie n°22 : Projection dorso-ventrale de la patte.....	142
Radiographie n°23 : Projection ventro-dorsale de la cavité cœlomique.....	144
Radiographie n°24 : Projection latéro-latérale de la cavité cœlomique.....	145
Figure 1 : Aspect latéral gauche du crâne.....	59
Figure 2 : Aspect basal du crâne.....	60
Figure 3 : Aspect dorsal du crâne.....	61
Figure 4 : Aspect nuchal du crâne.....	62
Figure 5 : Aspect frontal du crâne.....	62
Figure 6 : Aspect latéral gauche de la mandibule.....	63
Figure 7 : Aspect dorsal de la mandibule.....	64
Figure 8 : Aspect basal de la mandibule.....	64
Figure 9 : Aspect frontal de la mandibule.....	65



Figure 10 : Aspect nuchal de la mandibule.....	65
Figure 11 : Aspect dorsal de l'os hyoïde.....	66
Figure 12 : Aspect latéral gauche de l'os hyoïde.....	67
Figure 13 : Aspect rostral de l'Atlas.....	72
Figure 14 : Aspect nuchal de l'Atlas.....	72
Figure 15 : Aspect latéral gauche de l'Axis.....	74
Figure 16 : Aspect rostral de l'Axis.....	75
Figure 17 : Aspect dorsal de l'Axis.....	75
Figure 18 : Aspect latéral gauche de la colonne cervicale entière ( C1-C16).....	77
Figure 19 : Aspect crânial de C3.....	78
Figure 20 : Aspect dorsal de C3.....	79
Figure 21 : Aspect dorsal de la colonne vertébrale cervicale antérieure ( C1-C8).....	80
Figure 22 : Aspect latéral gauche de la colonne vertébrale cervicale antérieure ( C1-C8).....	81
Figure 23 : Aspect dorsal de la colonne vertébrale cervicale postérieure (C9-C16).....	82
Figure 24 : Aspect latéral gauche de la colonne vertébrale cervicale postérieure (C9-C16).....	83
Figure 25 : Aspect crânial de T5.....	87
Figure 26 : Aspect caudal de T1.....	88
Figure 27 : Aspect latéral gauche de la colonne vertébrale thoracique.....	89
Figure 28 : Aspect dorsal de la colonne vertébrale thoracique.....	90
Figure 29 : Vue latérale gauche des vertèbres caudales.....	92
Figure 30 : Vue dorsale des vertèbres caudales.....	93
Figure 31 : Aspect latéral gauche des côtes.....	97
Figure 32 : Aspect latéral de la 3 <sup>ème</sup> côte.....	98
Figure 33 : Aspect médial de la 3 <sup>ème</sup> côte.....	99
Figure 34 : Aspect rostral du sternum.....	101
Figure 35 : Aspect ventral du sternum.....	101
Figure 36 : Aspect ventral du sternum.....	102
Figure 37 : Aspect crânial de la ceinture pectorale.....	106
Figure 38 : Aspect latéral gauche de la ceinture pectorale.....	107
Figure 39 : Aspect ventral de la ceinture thoracique.....	108
Figure 40 : Aspect médial de l'humérus gauche.....	109
Figure 41 : Aspect latéral de l'humérus gauche.....	110
Figure 42 : Aspect ventral de l'humérus gauche.....	111
Figure 43 : Aspect dorsal de l'humérus gauche.....	112
Figure 44 : Aspect latéral de l'avant-bras gauche.....	115
Figure 45 : Aspect médial de l'avant-bras gauche.....	116
Figure 46 : Aspect médial du carpo-métacarpe.....	118
Figure 47 : Aspect palmaire de la main gauche.....	119
Figure 48 : Aspect ventral de la ceinture pelvienne.....	123
Figure 49 : Aspect latéral gauche de la ceinture pelvienne.....	124
Figure 50 : Aspect crânial du fémur gauche.....	128
Figure 51 : Aspect caudal du fémur gauche.....	128
Figure 52 : Aspect médial du fémur gauche.....	129
Figure 53 : Aspect latéral du fémur gauche.....	129
Figure 54 : Aspect crânial de la patelle.....	132
Figure 55 : Aspect caudal de la patelle.....	132
Figure 56 : Aspect crânial du tibiotarse gauche.....	134
Figure 57 : Aspect caudal du tibiotarse gauche.....	135
Figure 58 : Aspect dorsal de la patte gauche.....	139
Figure 59 : Aspect plantaire de la patte gauche.....	140

# Introduction

Tantôt adulés, tantôt détestés, les vautours fascinent les peuples depuis bien longtemps. Les Égyptiens vénéraient cet animal, symbole des reines et des déesses. Pour les Grecs, le vautour était l'égal des aigles, messagers de Zeus. La célèbre légende de la création de Rome élève également le vautour au rang de symbole de la bienveillance des dieux.

De nos jours encore, certaines civilisations continuent de croire en la divinité de l'oiseau. Les adeptes de l'ancienne religion perse pensent que les vautours emportent au ciel l'âme des défunts et dans certaines régions du globe les dépouilles des morts sont offertes à ces oiseaux majestueux.

La vénération du vautour s'est éteinte en même temps que les civilisations qui l'ont consacré en tant que divinité. En Europe l'avènement de la religion chrétienne et la classification du vivant en êtres supérieurs et inférieurs ont redonné au vautour une image négative et un rôle déshonorant en associant purement et simplement le vautour à un équarrisseur charognard, avec tous les préjugés qui vont avec. Cependant le vautour fauve, tout comme les autres vautours, possède un des rôles les plus importants dans la chaîne alimentaire. En faisant disparaître les carcasses des ongulés domestiques, il contribue à l'hygiène de l'élevage et joue un rôle économique et sanitaire majeur dans notre société.

En France, comme partout ailleurs, à la fois image de répulsion et de fascination, le vautour connut une période de déclin, victime de persécutions humaines. Il a bien failli être éradiqué de la surface de la Terre, du milieu du XIX<sup>e</sup> siècle jusqu'à ces dernières décennies. Sans la mise en place de mesures de protection, et sans la bienveillance de personnes passionnées, la population de ces rapaces se serait sans doute éteinte. Aujourd'hui, le vautour fauve a de nouveau colonisé une partie de son ancienne aire de distribution et commence à s'étendre.

Cependant le débat fait encore rage autour de cet oiseau. On l'accuse de dégâts survenus sur les bêtes transhumantes. Les éleveurs, qui autrefois respectaient le vautour pour l'aide précieuse qu'il leur apportait, sont maintenant effrayés suite aux témoignages concernant le comportement de prédation du vautour fauve sur des troupeaux d'ongulés domestiques.

Le vautour fauve est classé en annexe II de la convention de Washington, en tant qu'espèce vulnérable. Il est nécessaire de ne pas céder à la panique et de faire la part des choses. Le vautour fauve reste une espèce menacée d'extinction dans certaines contrées. Cet oiseau, contrairement à certaines espèces, investit énormément de temps et d'énergie dans la reproduction. Du fait de la longueur de son cycle reproductif et de la maturité sexuelle tardive, le vautour constitue une espèce à renouvellement lent. Aussi chaque individu est important pour la survie de l'espèce.

En tant que praticiens vétérinaires, nous pouvons être confrontés au cas d'un vautour blessé. La radiographie constitue un examen complémentaire facilement accessible, rapide et peu onéreux, qui peut apporter des informations utiles au diagnostic. Face à une fracture, elle reste le seul moyen d'évaluer l'importance des lésions. Cette thèse a pour but de présenter des clichés radiographiques de références, réalisés avec un animal en apparente bonne santé, associés à des photographies des os aidant à la compréhension de l'anatomie osseuse. Pour compléter cela, deux clichés supplémentaires de la cavité générale seront présentés à la fin.

La première partie présente les caractéristiques générales du vautour fauve. Puis nous nous pencherons sur la préparation de l'animal, l'anesthésie et les règles à respecter lors de tout examen radiologique. Enfin la troisième partie présente l'atlas ostéologique et radiographique, avec à chaque fois une étude ostéologique suivi de la présentation des clichés radiographiques.



# I. Le vautour fauve : biologie

## A. Place du vautour fauve dans la classification

### i. Étymologie [1, 2, 3, 4]

La dénomination scientifique du vautour fauve -*Gyps fulvus*- fut donnée par Hablizl en 1783. Elle possède une double origine : le terme grec *gyps* signifie vautour. Ce terme dériverait lui-même du mot grec *guros* pour « courbe », « arrondi ». *Fulvus* est un adjectif latin qui fait référence à la teinte « fauve » du plumage de l'adulte.

Le nom commun français dérive du latin *vultur*, dont l'origine supposée est le terme latin *vello*: « arracher en tirant ». Cette étymologie se retrouve dans plusieurs langues: *vulture* en anglais, *avvoltio* en italien, *voltor* en catalan. Le « b » et le « v » étant indifféremment utilisé en latin, les termes occitans *vouldras* et *bouldras* se confondent pour désigner le vautour fauve. Le terme bouldre signifiant boue, pourriture est en relation avec le rôle d'éboueur de la nature attribué au vautour.

Les vautours du genre *Gyps* sont souvent appelés « griffons » notamment par les anglo-saxons. L'expression « *griffon vulture* » désigne plus particulièrement le vautour fauve. Le grec *grypos* dont est dérivé cette appellation fait allusion au bec (nez) crochu de l'animal.

### ii. Systématique [1, 2, 3, 4, 11]

Place du Vautour Fauve dans le règne animal :

Embranchement des Cordés  
Sous-embranchement des Vertébrés  
Classe des Oiseaux  
Ordre des *Falconiformes*  
Sous-ordre des *Accipitres*  
Famille des *Accipitridae*  
Genre *Gyps*  
Espèce *Gyps fulvus*

La classe des oiseaux comprend les espèces vertébrées à respiration pulmonaire, tétrapodes, amniotes, homéothermes, ovipares, bipèdes, qui possèdent un corps recouvert de plumes, et dont les membres antérieurs se sont transformés en ailes, adaptées à la locomotion aérienne. Leurs mâchoires sans dents sont enveloppées d'un étui corné, le bec.

L'ordre des *Falconiformes* regroupe les rapaces diurnes. Il compte les milans, buses, éperviers, busards, aigles, bondrées, faucons, pygargues, balbuzards, et vautours de l'ancien monde. (Par opposition les rapaces nocturnes sont regroupés dans l'ordre des Strigiformes). Les Falconiformes sont des oiseaux de proie, carnassiers, caractérisés par un comportement de prédateurs et par les adaptations physiologiques et morphologiques en résultant : ils possèdent des griffes fortes et

recourbées appelées serres et capable de saisir une proie vivante, un bec crochu et tranchant pour la tuer et la consommer et des capacités de vol adaptées aux milieux occupés et aux proies convoitées. Le vautour fait exception car il s'est orienté vers la consommation de la chair morte.

### iii. Les sous-espèces [1, 2, 3, 4]

On définit pour le vautour fauve deux sous-espèces : *Gyps fulvus fulvus*, sous-espèce nominale et *Gyps fulvus fulvescens* sous-espèce asiatique. La différence entre les deux sous-espèces tient surtout à la répartition géographique bien que de légères différences morphologiques soient décrites. Le plumage de la sous-espèce *fulvescens* serait plus roux et plus pâle et ses mensurations légèrement inférieures. Les connaissances sur ce dernier taxon sont réduites et ne permettent pas d'affiner le statut juridique de l'espèce ni son état de conservation.

Le vautour fauve s'est vu attribuer d'autres sous-espèces aujourd'hui reconnues comme espèces à part entière (nous parlons ici du vautour de l'Himalaya, *Gyps himalayensis* et du vautour chassafiente, *Gyps coprotheres*). Certains taxonomistes continuent à attribuer au vautour fauve le statut de « super-espèce » regroupant outre *Gyps fulvus* : *Gyps rueppellii*, *Gyps coprotheres* et *Gyps himalayensis*.

La forme nominale est la plus abondante et occupe le pourtour Méditerranéen de l'Europe, l'Afrique du nord et l'Asie mineure, du Proche-Orient jusque dans l'ouest de l'Inde.

La sous-espèce asiatique est présente en Asie ; elle niche dans le Pamir, se répartit le long de la chaîne Himalayenne, au Pakistan, au Cachemire, dans le nord-ouest de l'Inde, au Népal, dans l'ouest de la Chine, au Tadjikistan, Kirghizistan et sud-est du Kazakhstan.

La limite entre les deux sous-espèces se situe en Afghanistan (carte n°1).



**Carte n°1** : Répartition actuelle du vautour fauve dans le monde [4]

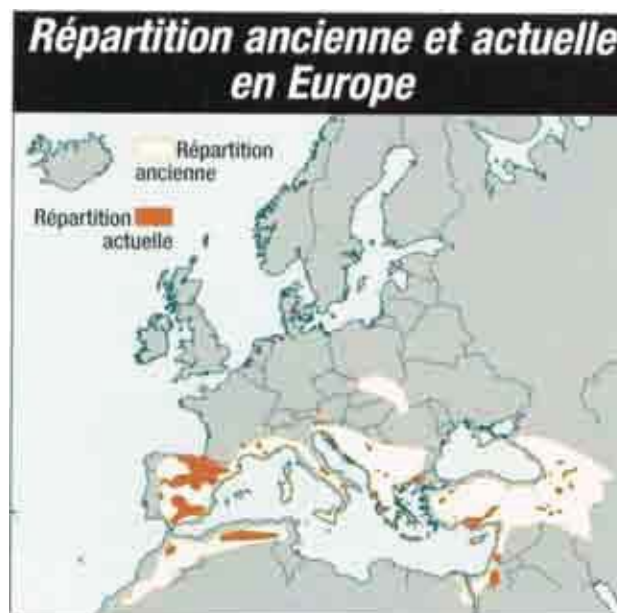
## B. Répartition du vautour fauve

### i. La distribution mondiale

#### a) Origine du vautour fauve [4]

Jusqu'à la fin du Pléistocène, les vautours occupaient une aire de répartition bien plus vaste qu'à l'heure actuelle. Des fossiles ont été retrouvés en Europe mais également en Amérique du Nord. Avec les modifications climatiques et la régression des grands troupeaux d'ongulés sauvages, la zone d'influence des vautours s'est réduite à celle que nous connaissons aujourd'hui. En Europe, le vautour fauve est aujourd'hui cantonné aux seules régions méridionales car elles constituent les seules zones où subsiste une ressource trophique suffisante, d'origine domestique.

Au Pléistocène supérieur le vautour fauve occupait pourtant des milieux situés sous des latitudes variées et aux climats changeants. Des vestiges ont été retrouvés en Belgique alors que l'espèce est absente de ce pays aujourd'hui. Il semblerait que le vautour fauve soit capable de s'adapter à différents milieux aujourd'hui encore, mais la disparition de la faune d'ongulés sauvages autrefois abondante, limite désormais son territoire.



**Carte n°2 : Répartition ancienne et actuelle du vautour fauve en Europe [4]**

#### b) Situation actuelle au niveau mondial [2, 4, 6]

La distribution géographique de *Gyps fulvus* est de nos jours plus restreinte. Elle est comprise entre les 13° et 48° parallèles nord, et s'étend du Portugal au Népal. Elle correspond à des zones de hauts

et moyens reliefs, où prédomine l'élevage domestique extensif ou semi-extensif. En Europe une limite géomorphologique (absence de sites rupestres adéquats en Europe moyenne, de la moitié de la France à une grande partie de l'Ukraine en passant par la plaine germano-polonaise) explique l'absence de vautours fauves.

La sous-espèce nominale occupe tout le bassin Méditerranéen, l'Asie mineure et la péninsule Arabique. Autrefois la répartition était très vaste sur ce secteur, mais aujourd'hui elle est morcelée. Bien que certaines populations voient leurs effectifs croître de façon spectaculaire depuis plusieurs années (France, Espagne, Italie) la situation globale de ce rapace reste très préoccupante.

Au niveau mondial, l'espèce est éteinte en Tunisie (dernière observation en 1955) et en Bosnie (depuis les années 90). Elle est proche de l'extinction au Maroc, en Algérie, en Libye et en Égypte où l'espèce n'est observée que de façon accidentelle. À Chypre, l'espèce est condamnée car incapable de se reproduire. En Grèce, la situation semble désespérée suite à l'usage massif du poison ; en quinze ans les vautours ont disparu d'au moins 60% du territoire qu'ils occupaient avant. Trente cinq couples se maintiennent tant bien que mal.

En Macédoine, Roumanie, Ukraine, Caucase, Asie mineure, la population subit une baisse dramatique. Il en est de même en Géorgie, en Arménie, en Syrie et en Israël.

Les effectifs se maintiennent au Yémen (2000 couples), en Arabie saoudite (espèce commune), en Jordanie (30 couples), en Azerbaïdjan (50 à 80 couples), en Crète (140 couples), et en Croatie (espèce largement répandue au XIX<sup>ème</sup> siècle, aujourd'hui limitée à certains territoires).

Les effectifs sont en hausse en Serbie où la population a augmenté de 80% entre 1990 et 2000. En Bulgarie la tendance est également à une augmentation des effectifs même si celle-ci est plus légère. La situation est tout aussi positive au Portugal (300 couples, population en augmentation), en France et en Italie continentale qui est, grâce à des programmes de réintroduction, peu à peu reconquise par les vautours.

Avec 85% de la population européenne et 75% des effectifs mondiaux, l'Espagne est le pays qui abrite la population de vautour fauve la plus importante. En 2009 on estimait la population pour ce seul pays à 100 000 individus.

La situation est mal documentée quant aux populations de vautour fauve en Albanie, en Turquie (l'oiseau semble néanmoins encore présent sur ce territoire) et en Iran. Il en est de même pour l'aire de distribution orientale notamment à la jonction entre les deux sous-espèces.

## ii. Le vautour fauve en France

### a) Historique [4, 5]

Jadis il occupait l'ensemble de la chaîne Pyrénéenne, le Languedoc et les Causses, les Alpilles, les Préalpes, les Baronnies, le Vercors, le Verdon et les Alpes-Maritimes. Sa présence a même été notée plus au nord par le passé (il nichait dans les Vosges entre le X<sup>e</sup> et le XVI<sup>e</sup> siècles) et dans la haute vallée du Rhin en Allemagne.

Au début du XX<sup>e</sup> siècle, le vautour fauve s'est éteint de la plus grande partie de notre territoire dans la plus grande indifférence. En 1945 on considère que l'espèce s'est éteinte dans les Grands Causses.



Au début des années 1950, des naturalistes partent à la recherche des derniers vautours pyrénéens. Une douzaine de couples sont découverts dans la vallée d'Ossau et quelques colonies en périphérie. Finalement il s'avère que 50 couples se maintiennent sur le versant Français des Pyrénées. À cette époque les oiseaux de proie sont décimés par des massacres organisés, l'usage massif de pesticides et autres poisons. Une prise de conscience sur la nécessité de préserver les rapaces naît à la fin des années 1950. Des mesures pour protéger les rapaces voient le jour : interdiction d'utiliser la strychnine, sensibilisation du public au rôle écologique majeur de ces oiseaux, campagnes d'informations... Le 5 avril 1962 le vautour fauve devient officiellement une espèce protégée par la loi française.

Alors qu'il ne reste que 60 couples dans les Pyrénées, un parc national est créé et un soutien alimentaire mis en place en 1969 avec la création de charniers qui offrent une ressource alimentaire conséquente pour les vautours.

En 1968 un premier programme de réintroduction du vautour fauve dans les Causses prend naissance. Il sera concrétisé dans les années 1970 grâce à la coopération entre les autorités françaises et espagnoles. 86 vautours issus de zoos et colonies espagnoles sont formés en volière afin d'être libérés en France. En 1982 le succès de cette opération est total avec la naissance du premier poussin sauvage. Entre 1968 et 2006, pas moins de 5 programmes de réintroduction ont été menés à terme dans le sud de la France.

En 1972 les décrets d'application des lois de 1962 et 1964 prennent (enfin!) effet et toutes les espèces de rapaces diurnes sont protégées. En 1973 le Fond d'Intervention pour les Rapaces (FIR) est créé. Il organise la surveillance des espèces les plus sensibles sur l'ensemble du territoire français. En 1974 la réserve naturelle d'Ossau est mise en place protégeant ainsi la plus importante colonie de vautours fauves du versant nord des Pyrénées. Avec l'augmentation parallèle des effectifs espagnols les vautours fauves pyrénéens se multiplient et la France accueille de nouveau une population en plein essor.

Les effets de ces mesures sont aujourd'hui visibles. Au début des années 1960 les effectifs français étaient estimés à une soixantaine de couples, en 2002 les estimations donnent au moins 600 couples. En l'espace de 49 ans la population de vautour fauve a plus que décuplé.

#### b) Le statut juridique du vautour fauve [4, 5]

- Au niveau national : espèce protégée au titre de la loi de 1972 et de la loi de protection de la nature de 1976.
- Au niveau international :
  - \* Directive « Oiseaux » n°79/409/CEE concernant la conservation des oiseaux sauvages dans l'Union Européenne. Annexe 1 de la directive oiseaux : espèce devant faire l'objet de mesures spéciales de conservation, en particulier en ce qui concerne son habitat.
  - \* Convention de Berne du 19 septembre 1979, relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel en Europe. Annexe 2 de la convention de Berne : espèce de faune strictement protégée.
  - \* Convention de Bonn, du 23 juin 1979 relative à la conservation des espèces migratrices. Annexe 2 de la convention de Bonn : espèce migratrice se trouvant dans un état de conservation défavorable et nécessitant l'adoption de mesures de conservation et de gestion appropriées.



\* Convention de Washington, du 3 mars 1973, sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées (CITES) , et règlement communautaire N°3626/82/CEE relatif à l'application de la CITES dans l'Union Européenne. Annexe 2 de la Convention de Washington : espèce vulnérable dont le commerce est strictement réglementé. Annexe C1 du règlement CEE/CITES : espèce menacée d'extinction dont le commerce à l'intérieur et à l'extérieur de l'union Européenne est interdit, sauf dans des conditions exceptionnelles.

c) Population actuelle [5, 10, 7, 8, 9]

Le vautour fauve niche actuellement en France dans les Pyrénées-Atlantiques, les Hautes-Pyrénées, la Haute-Garonne, l'Aveyron, la Lozère , la Drôme, les Alpes de Haute Provence et le Var.

Un programme de suivi annuel des populations a été mis en place depuis les années 1970 dans les Pyrénées. En 2007 on dénombre 796 couples en France dont 525 se trouvent dans les Pyrénées. En 2008, on estime que 800 à 850 couples au total seraient présents en France. Pour les Territoires des Causses, des Baronnies, du Verdon et du Diois on note une légère augmentation des effectifs mais dans les Pyrénées la tendance est vers une diminution des populations et une baisse de la reproduction. Cela s'explique par l'application de nouvelles règles sanitaires strictes du côté Espagnol limitant l'accès à l'alimentation pour les grands griffons.

Le suivi de la reproduction en 2008 est plutôt positif. Dans les gorges du Verdon 34 couples ont niché et le nombre de pontes a augmenté de 30 % par rapport à 2007. Dans les Baronnies, 82 couples reproducteurs ont été comptés pour au total 48 jeunes à l'envol. Dans les Grands Causses le nombre de couples est estimé à 200. L'augmentation en nombre de pontes par rapport à l'année précédente est de plus de 17%. Dans cette région 53 jeunes vautours ont été bagués cette année au nid.

d) La « crise » Espagnole et les conséquences en France [5]

Jusqu'en 1999 la situation est favorable pour les vautours fauves espagnols. En 1979, 2238 couples sont recensés et en 1989, 7529 couples sont dénombrés. Dans les années 1990, une nouvelle source de nourriture apparaît pour les oiseaux nécrophages, provenant de secteurs intensifs d'élevage. Cette source alimentaire abondante est utilisée sans discernement et favorise la croissance des vautours fauves de tel sorte qu'en 1999 on recense 20 000 couples. Les cadavres sont disposés dans les « *muladares* » espagnols, des charniers collectifs en théorie illégaux, mais tolérés car rendant des services inestimables aux éleveurs.

La situation devient dramatique en 2000 lors de la crise de la « vache folle ». En effet des mesures sanitaires strictes voient le jour. Les cadavres sont collectés et les « *muladares* » sont fermés du jour au lendemain privant des milliers de vautours de nourriture.

Les conséquences ne se font pas attendre. On note une baisse importante de la population espagnole avec une chute de 30 à 40% des effectifs entre 2002 et 2007, les vautours mourant de faim. Les dommages causés au bétail augmentent, les vautours poussés par la faim, n'hésitent plus à s'attaquer aux bêtes mourantes ou au placenta lors des mises bas.

Les conséquences se font sentir également du côté français. Les vautours espagnols privés de

nourriture migrent sur le versant Français des Pyrénées. Présents autour des animaux au cours de la mise-bas, s'approchant des bâtiments et ne craignant plus la présence de l'homme, les vautours interviennent, poussés par la faim, sur les placentas à peine expulsés et sur les jeunes morts-nés avec une rapidité impressionnante. Ils créent ainsi une situation de stress et de panique dans les troupeaux et chez les éleveurs.

La situation reste conflictuelle entre les milieux de l'élevage en France et les protecteurs du vautour. Les organisations agricoles et cynégétiques demandent la régulation de la population de vautour. Depuis juillet 2007, un réseau de vétérinaires experts s'est constitué pour intervenir sur les dommages causés au bétail par le vautour fauve. Les expertises se poursuivent pour tenter de différencier les cas imputables au vautour et les autres et pour comprendre les circonstances entraînant l'intervention *ante mortem* des rapaces.

La situation reste délicate aujourd'hui et l'avenir des vautours incertain. Ces événements récents ont ébranlé les associations qui se battent pour la préservation de ces oiseaux depuis un demi-siècle. Pour ces dernières, il est nécessaire de réorganiser les nourrissages et de valoriser le rôle des oiseaux nécrophages. Le vautour fauve représente un outil au service du développement durable (nettoyage gratuit et écologique des pâturages). Il est nécessaire aujourd'hui de recréer un lien de confiance et de faire prendre conscience aux éleveurs du rôle écologique et économique que peuvent jouer les rapaces nécrophages.

## C. Morphologie

### i. Mensurations [1, 2, 4, 5]

Le vautour fauve mesure en moyenne un mètre, du bout du bec à l'extrémité de la queue. Son envergure est comprise entre 2,4 m et 2,7 m. La masse est variable en fonction de l'âge, du sexe et du statut physiologique, avec une moyenne de 9 kg. Il varie entre 6,5 kg et 11 kg. Certains auteurs citent des records de masse de 12 kg. La sous-espèce *fulvescens* semblerait plus petite avec une masse comprise entre 7 et 8,2 kg. Le long cou du vautour fauve mesure 30 cm et le bec de 5 à 5,5 cm. Le tarse mesure de 10,5 à 12,5 cm.

### ii. Plumage [1, 2, 4]

Le vautour fauve possède sous son plumage imposant un duvet blanc très dense, imperméable et qui constitue un très bon isolant thermique.

Les rémiges primaires sont au nombre de 10. Elles sont très sombres, de couleur noire à brun foncé, pigmentées par de la mélanine ce qui les rend très solides. Ceci est nécessaire car elles sont soumises lors du vol à de fortes pressions. Elles assurent la poussée motrice de l'aile et les plus longues dépassent 70 cm. Les trois rémiges primaires les plus internes forment le bord caudal de la main et sont plus courtes que les sept autres ; elles marquent un resserrement au niveau du contour arrière de l'aile qui est propre au vautour, et est bien visible en vol. Les rémiges primaires les plus distales présentent un espacement entre elles variable en fonction du type de vol.

Les rémiges secondaires sont au nombre de 22, elles bordent la partie caudale de l'aile, et assurent l'essentiel de la portance. Elles s'implantent sur un seul des deux os de l'avant-bras : l'Ulna. Elles ont toutes la même longueur et ne sont pas soumises à des conditions de pressions aussi rudes que les rémiges primaires. Elles sont légèrement plus claires, la pigmentation mélanique étant diluée de blanc.

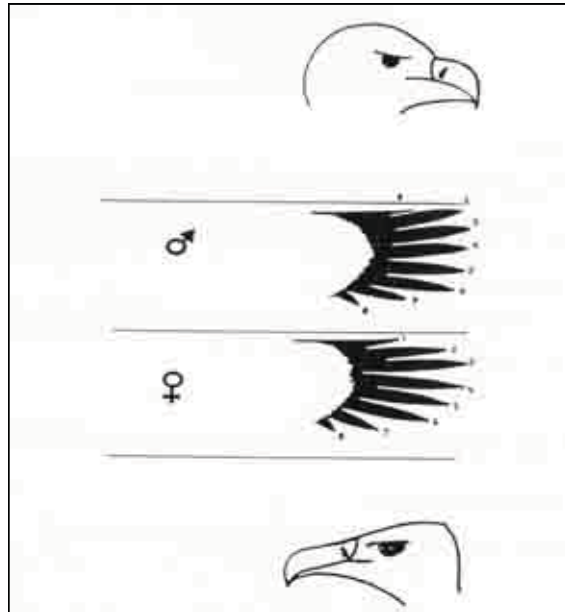
La queue est composée de 14 rectrices, uniformes, droites et très rigides. Les rectrices sont soumises à de multiples changements de direction et de brusques freinages pendant le vol. Elles sont de la même couleur que les rémiges primaires. Très mobiles, leur écartement complète les mouvements de la queue qui agit à la fois comme un gouvernail et un frein.

Les culottes sont emplumées jusqu'à la moitié du tarse. Les plumes des pattes sont longues et pendantes. Au niveau de la face interne des pattes ces plumes cèdent la place à un duvet blanc. Les pattes sont dénudées et recouvertes d'écailles grisâtres. Bien que muni de serres le vautour n'en a pas le même usage qu'un rapace prédateur. Le pied est large, les doigts longs et les griffes courtes, ce qui facilite la marche et donne de bons appuis mais rend quasiment impossible la préhension.

La couleur générale du plumage est variable mais le manteau reste uniforme. Chez l'immature, la couleur est plus foncée avec des nuances de roux et de brun, chez l'adulte la couleur est plus claire avec des variations de beige et de gris. Au fil des années, toutes les combinaisons de brun, roux, marron et gris s'entremêlent en fonction des mues, de l'âge, du sexe et de l'usure. Cependant, quelque soit l'âge de l'oiseau, lorsque l'aile est repliée, le contraste est frappant entre les plumes du dos et les plumes sus-alaires, fauve cendrées, et les rémiges et rectrices, très grandes et marron foncé.

### iii. Sexage [2, 4]

Les vautours mâles et femelles ne peuvent être distingués à coup sûr grâce à leur taille, les avis étant partagés. Reconnaître un mâle d'une femelle sur le terrain nécessite de l'expérience car les différences sont subtiles. Chez le mâle, la tête est plus grande et les traits plus marqués, le front est bombé. Chez la femelle le front est fuyant, les lignes sont moins anguleuses. En vol les ailes du mâle sont rectangulaires, celles de la femelle plutôt arrondies. La femelle est plus claire que le mâle surtout chez les individus âgés.



**Illustration 1:** Différences morphologiques en fonction du sexe chez le vautour [2]

#### iv. Description de l'oiseau

##### a) Au sol [1, 2, 4]

Au sol le vautour fauve apparaît comme un très grand oiseau au corps massif planté sur de courtes pattes dont on n'aperçoit que les pieds. Le corps est surmonté d'une petite tête fine portée par un long cou replié en « s » la plupart du temps, l'oiseau ne détendant son cou qu'à l'occasion d'un stress ou d'une excitation intense. Ainsi au repos la tête semble sortir directement de la poitrine et de dos l'oiseau donne l'image populaire et typique du charognard bossu.

L'arcade sourcilière est saillante et donne un air sévère au regard. Le bec est crochu, fort et tranchant. Il est surmonté d'une cire gris anthracite. En arrière de l'œil on peut éventuellement distinguer la zone plus sombre du tympan. Le crâne et le cou sont couverts d'un mince duvet blanchâtre jusqu'à la collerette. Cette collerette de plumes est une autre particularité du vautour fauve ; elle sépare la tête du reste du corps et protège le plumage du manteau lors de la curée. Tout comme l'iris elle change elle aussi d'aspect en fonction de l'âge. À sa base on peut parfois observer deux zones de peau de couleur rose qui n'apparaissent que lors d'excitations importantes pour la parade nuptiale ou lors des violentes disputes qui animent parfois les curées (Illustration 7).



**Illustration 2** : Tête d'un vautour fauve  
[3]

b) En vol [1, 2, 4]

En vol, la silhouette du vautour est fuselée et relativement compacte, les pattes ne sont pas visibles car rabattues sous le croupion et ne sont sorties que pour freiner la course en plein vol ou en vue d'un atterrissage. La tête fine est engoncée dans les épaules, elle ne dépasse que légèrement du corps. Comme au sol, le cou est replié la plupart du temps et n'est étendu que lors des parades nuptiales. La queue apparaît légèrement arrondie. Elle est très courte et les rectrices sont parallèles.



**Illustration 3** : Vautour fauve en vol vu de dessous [1]

Vu de dessous, le front d'attaque de l'aile apparaît quasi rectiligne alors que le bord de fuite apparaît convexe. Les ailes sont larges et longues, et se rétrécissent au niveau du poignet (illustration 3). La main est plane ou relevée. En vol plané, les rémiges primaires s'écartent les unes des autres pour augmenter la portance, on dit alors qu'elles sont digitées. Lors des vols de transition ou glissades entre deux ascendances, le vautour fléchit les ailes ce qui leur fait perdre leur forme rectangulaire. Il replie ses mains vers l'arrière et ferme légèrement les coudes en les rapprochant de son corps. Le bord de fuite apparaît alors incurvé en « s » ouvert. Lorsque l'on regarde l'oiseau de profil, il tient ses ailes en « v » très ouvert dans le plan vertical les poignets étant plus hauts que les aisselles (illustration 4).



**Illustration 4** : Vautour fauve en vol vu de profil [2]

v. Les 3 stades.

a) Le juvénile : moins d'un an [2, 4]

Le jeune présente un plumage roux foncé, le duvet est fourni. La collerette possède des plumes fines qualifiées de plumes « lancéolées » aux couleurs vives. Du fait d'une robe colorée et sombre, le contraste entre rémiges, plumes du dos et sus-alaires est moins net que chez l'adulte. Le plumage neuf est brillant, avec l'usure il deviendra mat avec l'usure, en quelques mois. En vol, le bord de fuite est plus arrondi car les primaires internes sont plus courtes. L'iris est brun/noir ainsi que le bec.

b) L'immature : jusqu'à 4-5 ans [2, 4]

La collerette s'effiloche et s'éclaircit. À cause des mues désordonnées, le plumage est une mosaïque de plumes juvéniles côtoyant de nouvelles plumes. Divers tons de bruns s'y mélangent. Le bec s'éclaircit avec l'âge et comporte des tons mêlés d'ivoire et de gris anthracite. L'iris change de teinte et devient progressivement brun jaune, bien que d'aspect encore très sombre.

c) L'adulte : à partir de 5-6 ans [2, 4]

La collerette est blanche, épaisse, les plumes deviennent filiformes. Les couleurs des plumes du corps sont moins vives. De dessous on observe des lignes blanches le long des ailes. Ce sont les zones duveteuses mises au jour lorsque l'aile est ouverte et situées le long de la base d'implantation des diverses couvertures. Au fil des ans, le plumage va progressivement s'éclaircir, les vieux adultes étant très pâles. Le bec est blanchâtre et seules subsistent quelques traces grises à la base de la mandibule supérieure. L'iris prend une coloration jaune orangée.



**Illustration 5** : Vautour fauve juvénile en position de dominance [4]



**Illustration 6** : Vautour fauve immature [4]



**Illustration 7** : Vautour fauve adulte très représentatif de son espèce, notez les zones de peau rose visibles à la base du cou traduisant son excitation[4]

## D. Longévité [2, 4]

Le record enregistré en captivité est de 37 ans. Dans la nature, le vautour fauve ne possède pas de prédateur spécifique. Ce sont les jeunes qui sont les plus sensibles aux dangers. Dans les Causses 15 à 20% des juvéniles n'atteignent pas un an. Un individu qui atteint l'âge adulte et qui échappe aux causes de mortalité anthropiques (éoliennes, hélicoptères, électrocution, tir, poisons...) et à la malnutrition peut espérer vivre 30 à 35 ans.

## E. Alimentation

### i. Régime alimentaire [2, 4]

Le vautour fauve est un charognard, c'est-à-dire qu'il se nourrit de chair morte. Contrairement aux croyances populaires, les vautours fauves sont de « fins gourmets », ils ne consomment les carcasses qu'en début de putréfaction; passé le stade de liquéfaction des chairs ils délaissent les charognes.

Les rapaces nécrophages sont partagés en plusieurs groupes suivant leur type de régime alimentaire. Certains sont spécialisés dans la consommation des os (les « casseurs d'os » comme le Gypaète barbu *Gypaetus barbatus*), d'autres dans la consommation des parties plus coriaces comme les tendons ou la peau (les vautours « déchireurs »). Bien que spécialisé, chaque groupe peut étendre son régime alimentaire en l'absence des autres rapaces.



Toutes les espèces du genre *Gyps* sont spécialisées dans les viscères et les muscles, on parle de vautours « tireurs fouilleurs ». Tout dans l'anatomie du vautour fauve semble avoir été conçu en fonction de son régime alimentaire. Il possède un long cou déplumé qui lui permet de fouiller la carcasse pour en extraire les moindres morceaux. La collerette de plumes lui sert de butoir afin qu'il ne souille pas le plumage de son corps. De plus cette écharpe de plumes empêche le sang de dégouliner sur le plumage. Il racle les os avec son bec tranchant afin d'en extraire le moindre morceau de muscle. Ce dernier est large et semble avoir été dessiné pour ingurgiter de grands morceaux de nourriture à toute vitesse. La langue est creuse comme une pelle et garnie de minuscules épines dirigées vers l'arrière. Elle retient les viscères gluants et glissants pour les diriger tout droit vers l'œsophage.

Il arrive que le vautour avale de petits os (comme les os du carpe) ce qui lui permet de couvrir ses besoins en calcium. Si la faim le tenaille il mange aussi la peau, le contenu stomacal et les sabots. Comme tout rapace il produit à cette occasion des pelotes de réjection.

Pour consommer les viscères le vautour doit agrandir les orifices naturels de la charogne, zone de moindre résistance. En effet le cuir de l'animal fraîchement mort est trop épais et coriace pour être percé par le bec des vautours si crochu et puissant soit-il. En Europe, c'est le vautour moine qui remplit la fonction de « déchireur » et qui consomme le cuir des ongulés.

Le vautour fauve consomme de préférence des proies de grande taille et a tendance à délaissier des proies de taille inférieure au renard, bien que le lapin et le lièvre fassent exceptions. Ses lointains ancêtres se régalaient des cadavres d'aurochs, de bisons et de chevaux sauvages. Le vautour fauve n'en reste pas moins un oiseau opportuniste. Ainsi lorsque le petit au nid nécessite encore des nourrissages fréquents, les parents consommeront les proies les plus fréquemment rencontrées et donc de plus petites tailles (cadavres d'ovins et de caprins surtout). Après le 25<sup>e</sup> jour au nid l'intervalle de temps entre deux nourrissages augmente et les parents s'attaqueront de nouveau à des proies de plus grands calibres (bovins) mais plus rares. Bien entendu il arrive que les vautours consomment des proies de plus petite taille encore surtout si celles-ci sont particulièrement répandues dans son milieu ou s'ils sont particulièrement affamés. Dans les cas de disette alimentaire extrême on a déjà observé des vautours se nourrissant d'insectes.

Dans nos contrées Européennes, le vautour fauve est aujourd'hui dépendant des ressources fournies par l'activité pastorale. Les vautours dépendent essentiellement de la mortalité du bétail et des déchets de l'élevage, la faune sauvage ayant été progressivement remplacée par les ongulés domestiques issus de l'élevage. La situation originelle où les vautours suivent dans leurs déplacements les hardes d'ongulés sauvages n'est préservée que dans certaines régions d'Afrique (encore) peu humanisées.

## ii. Prospection alimentaire [3, 4]

Le vautour fauve vole rarement seul et se déplace par petits groupes. Il repère sa proie uniquement à la vue contrairement à une croyance populaire. À parfois près de 3000 m d'altitude il explore le paysage se déployant sous ses ailes. Grâce à sa vue perfectionnée il est capable de distinguer dans l'herbe un petit animal d'un mètre de long. On considère que par forte luminosité, depuis 1000 mètres d'altitude, il peut distinguer un objet de moins de 7 centimètres de diamètre. Cependant si ce dernier est bien caché sous les feuillages il passera à côté sans même le voir. Prospectant ainsi son territoire le grand griffon garde toujours un contact visuel avec ses congénères. En groupe les vautours explorent ainsi un territoire de plusieurs milliers de kilomètres carrés. Si un cadavre gît sur

cet immense territoire il sera repéré par l'un des griffons à coup sûr.

Le vautour fauve fait preuve d'une grande intelligence et garde en mémoire les lieux où il a déjà trouvé de la nourriture. Ainsi les vautours passent régulièrement près des fermes où les éleveurs ont déjà mis des cadavres à leur disposition. Il arrive même qu'ils suivent le véhicule venant apporter les cadavres jusqu'aux charniers. En période d'abondance alimentaire ils peuvent repérer une carcasse et ne pas s'en approcher si le site est mal situé ou s'il ne semble pas tranquille et sûr. Mais si la disette commence, ils font preuve de plus d'assiduité lors de la recherche et deviennent plus téméraires face à des situations qu'ils fuiraient en temps normal.

Lorsque le cadavre est dans un lieu inconnu ou sur un relief rendant un décollage rapide impossible ils vont tourner dans les airs et hésiter pendant parfois plusieurs heures. Au contraire un cadavre au sommet d'une colline ou dans une pente sera plus vite abordé. Avant d'atterrir les vautours vont donc évaluer le risque en inspectant les moindres détails du site. Ils vont aussi prêter attention à la présence d'autres oiseaux à proximité du cadavre notamment ceux de la famille des milans et des corvidés, tous plus ou moins charognards. La présence du grand corbeau (*Corvus corax*) rassure les griffons. Méfiants par nature, les pies, corneilles et corbeaux sont en quelque sorte des éclaireurs. C'est le rassemblement de cette équipe d'oiseaux croassant et gesticulant qui révèle au vautour la présence d'un cadavre, jusqu'à 35 km de distance.

### iii. La curée [3, 4]

Lorsqu'un individu repère un cadavre, il entame sa descente en tournoyant la tête pointée vers le bas. Ce changement de comportement est le signal d'alarme pour ses congénères, qui vont arriver de toutes les directions pour prendre part au festin. L'unique chance pour un individu très éloigné de la carcasse de ne pas arriver trop tard réside dans le fait que ces congénères peuvent encore retarder leur atterrissage à cause d'un détail effrayant comme la présence d'humains à proximité ou un sac plastique accroché dans un buisson. Les vautours sont tout sauf des prédateurs. Ils ne sont ni assez courageux ni assez rapides pour s'attaquer à un animal vivant. Une fois au sol, il peut s'écouler encore de longues minutes avant qu'ils osent s'attaquer au cadavre.

C'est finalement, le plus courageux, le plus affamé, ou le plus pressé de ravitailler son petit qui va mettre le premier coup de bec et sonner le début de la curée. La bataille peut alors commencer dans la confusion la plus totale. Dans un bruissement d'ailes, les soufflements et caquètements retentissent, les coups de bec à droite et à gauche pleuvent tandis que les oiseaux se disputent les meilleurs morceaux. Les manifestations d'intimidation font légion, une patte dressée à l'horizontale les doigts écartés, le cou haut dressé ou courbé comme un hameçon, le regard menaçant, le vautour fauve intimide et maintient ses congénères à distance du cadavre.

Autour de la carcasse, les vautours se décrivent en 3 groupes : le dominant est sur la carcasse et se nourrit, c'est le plus agressif ou le plus affamé et il maintient ses congénères à distance grâce à sa posture d'intimidation (illustration 5). À mesure qu'il se nourrit, son appétit décroît et sa hardiesse au combat également, jusqu'à ce qu'il soit évincé. Les vautours candidats sont rassemblés autour de la carcasse, plus ou moins agressifs envers le dominant suivant leur faim. Les vautours plus éloignés forment une masse composée des oiseaux repus mais aussi des nouveaux arrivants (illustration 8).



**Illustration 8** : Hiérarchie lors de la curée chez le vautour fauve [3]

(1) Vautour dominant. (2) Vautour candidats. (3) Vautours de la masse.

La dominance est davantage le fait des vieux adultes, qui arrivent les premiers sur la carcasse, y passent peu de temps, et en repartent les premiers. Les jeunes adultes et les immatures, inexpérimentés, arrivent ensuite, et leur temps de présence sur la curée est plus long. En effet, ils restent en périphérie et s'alimentent de façon discontinue. Ces jeunes oiseaux ont donc accès à des ressources alimentaires qui sont inférieures, en qualité et quantité, à celles des oiseaux plus âgés. Cette succession est toutefois rapide et peu discernable sur le terrain, et n'est pas toujours respectée. En cas de pénurie il arrive que des immatures pourtant moins expérimentés tiennent en respect leurs aînés.

Une fois repus les vautours se dispersent et se reposent en nettoyant leurs plumes au soleil en commençant la digestion. Un vautour peut ingérer au moment de la curée jusqu'à 1,5 kg de viande (capacité maximale de son jabot), ce qui peut empêcher le décollage jusqu'à ce que la digestion soit bien avancée. Le vautour fauve, s'il est dérangé durant son repas, peut également régurgiter ce qu'il vient d'ingérer pour s'alléger afin de pouvoir décoller.

Le vautour fauve n'est pas le seul à prendre part au festin. Les différents nécrophages n'entrent pas en concurrence. Au contraire ils se complètent. Le vautour fauve reste le plus agressif et le plus combatif pour défendre son repas, et il arrive fréquemment que les autres charognards attendent patiemment leur heure autour de la carcasse.

## F. Le vol [2, 4]

### i. Le vol à voile [2]

Pour pouvoir se déplacer rapidement et parcourir de grandes distances en dépensant peu d'énergie, les vautours doivent utiliser au mieux les caractéristiques de l'air.

Pour décoller et se déplacer le vautour fauve utilise deux types d'ascendances, les ascendances

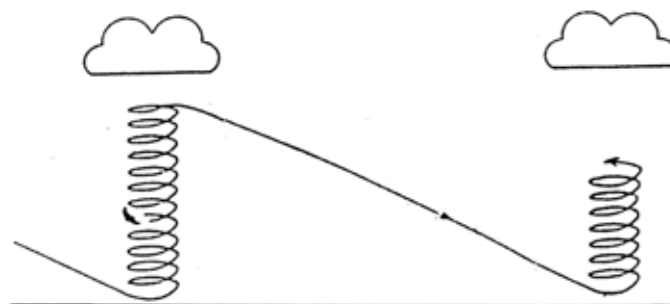
thermiques et les ascendances dynamiques. Une ascendance est un mouvement d'air vertical dans les couches inférieures de l'atmosphère, elle sert d'ascenseur aérien aux oiseaux. Les conditions aérologiques ne se prêtent pas toujours à ce mode de déplacement aérien, elles dépendent de la météorologie (ensoleillement, vent, température et humidité de l'air) et de la topographie locale (relief, nature et couverture du sol).

a) Les ascendances dynamiques

Lorsque le vent butte sur un relief, ou lorsque deux masses d'air ascendantes et circulant en sens opposés se rencontrent, la masse d'air déviée monte vers le haut. Le long d'une falaise cela permet au vautour de décoller et de raser les crêtes et canyons en se laissant glisser parfois à très grande vitesse. Ce type d'ascendance est fréquent dans les paysages parcourus par le vautour fauve.

b) Les ascendances thermiques

Les sols exposés au soleil rejettent la chaleur absorbée. L'air ainsi chauffé s'élève alors dans le ciel en formant une bulle d'air chaud et léger. Ces colonnes d'air sont repérables par la vapeur d'eau qui se condense au dessus d'elles au contact avec une couche plus froide de l'atmosphère et qui forme des cumulus. Les vautours profitent de ce phénomène en s'insérant dans ces bulles thermiques. C'est ainsi qu'en fin de matinée, à l'heure où les sols suffisamment chauffés libèrent les premiers thermiques, les vautours de la colonie décollent de la falaise tous au même moment en se laissant tomber tête la première. Il leur suffit de quelques coups d'ailes pour aller se stabiliser dans un thermique. Entourées de masses d'air plus froid, ces colonnes d'air chaud sont assez étroites, ce qui oblige les vautours à décrire des vols circulaires afin de ne pas quitter la bulle d'air qui les propulse vers le haut parfois jusqu'à 3000 m d'altitude. Pour exploiter au mieux une ascendance le vautour doit rester le plus proche du noyau de celle-ci car c'est en son centre que l'air s'élève le plus vite. La vitesse d'ascension de l'oiseau est comprise entre 40 et 80 km/h et il atteint ainsi une hauteur de 1000 m en quelques minutes.



**Illustration 9** : Exploitation d'une ascendance thermique par un vautour fauve [3]

## ii. vol plané

En s'élevant, l'air se refroidit et se densifie, son humidité se condense pour former un cumulus. Lorsque le nuage est formé le vautour se laisse glisser jusqu'à une autre bulle. Le fait d'avoir réussi à monter jusqu'à 1000 m d'altitude lui permet de glisser sur une quinzaine de km. Ainsi, le vautour économise jusqu'à 98% de l'énergie qu'il aurait dû fournir pour parcourir la même distance en vol battu. En vol de croisière un vautour fauve évolue à 40 km/h, en vol plané il peut atteindre 100 km/h.

Le vol du vautour fauve est ainsi majoritairement composé d'une succession de vols ascendants et de vols planés d'une bulle thermique à l'autre. Lorsque l'oiseau veut se poser, il commence par perdre de l'altitude, en piqué, les ailes repliées. Puis avant l'impact il relève ses ailes, pattes en avant et écarte les plumes de la queue qui lui sert de frein.

## iii. Le vol battu

Le vautour n'utilise que très rarement le vol battu. Il est physiquement inadapté à ce genre de mouvements et ne possède pas la musculature adéquate. La dépense énergétique est conséquente et le vautour fauve ne peut pas se déplacer en vol battu sur plus d'un kilomètre. Il l'utilise donc lors des décollages à la recherche de la bonne ascendance ou lors de l'atterrissage. Par temps de brouillard ou de pluie lorsque les conditions ne permettent pas le vol à voile cela lui permet de se déplacer de falaise en falaise. La fréquence de battements d'aile est assez rapide. Lorsqu'un vautour tente de stabiliser sa hauteur de prospection durant un vol plané ou si il veut perdre rapidement de la hauteur il rabat ses ailes sous le niveau du corps, un peu repliées, rémiges jointes. Cette technique d'abaissement d'ailes est très fréquemment utilisée par les oiseaux planeurs.

L'importance du « vol thermique » dans la technique de déplacement des vautours explique qu'ils soient cloués au sol lors de temps pluvieux et donc leur inféodation aux climats ensoleillés. De même, un vautour au sol, ou au jabot bien rempli ne pourra pas toujours décoller car ses battements d'ailes sont insuffisants pour le faire décoller. On comprend mieux qu'il choisisse les falaises comme sites de nidification.

## G. Reproduction [2, 3, 4]

La nidification occupe une grande partie du temps d'un couple reproducteur. Au total 9 mois de l'année y sont consacrés, de l'accouplement à l'envol du poussin.

### i. Les prémices

#### a) Maturité sexuelle [4]

Bien que des cas exceptionnels de reproduction réussie à l'âge de 3 ans aient été observés sur des animaux issus de programmes de réintroduction, l'âge de maturité sexuelle se situe plutôt autour de 5 à 6 ans. Le vautour fauve se reproduit aisément dès l'âge de 4 ans, et pourtant certains individus

de plus de 5 ans ne se reproduisent pas. Les données que nous possédons ne sont pas suffisantes pour déterminer l'âge exact de la première reproduction. De plus il semblerait que chaque individu développe des qualités de reproduction individuelle, en fonction de ses dépenses et apports énergétiques, ses réserves, la taille de la colonie...

#### b) Formation des couples [4,3,2]

Le vautour fauve est une espèce monogame et fidèle à vie autant à son partenaire qu'à son site de nidification. Cependant si l'oiseau essuie un échec sur son site de ponte il changera de lieu l'année suivante. Le premier signe annonciateur de la formation d'un couple est la parade nuptiale qui se déroule entre les mois de décembre et février et qui consiste en un vol en tandem. Lors de ces manifestations aériennes deux oiseaux positionnés l'un au-dessus de l'autre et séparés par une distance de moins d'une envergure vont suivre la même trajectoire pendant plusieurs secondes. C'est le plus souvent la femelle qui se positionne au-dessus du mâle, et c'est donc elle qui prend l'initiative de la parade. Ces vols nuptiaux ont un rôle certain dans la formation des couples, mais ils peuvent impliquer plus de deux oiseaux et parfois plusieurs espèces.

L'édification du nid débute à la même époque, en décembre. Dans les Pyrénées, la construction du nid débute plus tôt, dès novembre. À l'issue des vols nuptiaux, on observe souvent les deux partenaires rejoignant le site de nidification dans la cavité d'une falaise. Ce site est choisi pour sa difficulté d'accès et la protection qu'il offre contre les intempéries et les prédateurs, c'est-à-dire le plus souvent dans des falaises escarpées. Le site doit être correctement exposé, le plus souvent à l'ouest et jamais au nord. Un autre critère de choix du site est la facilité de décollage. Le choix des falaises s'explique alors car devant ces reliefs les ascendances thermiques ou dynamiques sont fréquentes.

En dehors du site de reproduction où les manifestations nuptiales sont évidentes, il n'est pas facile de distinguer un couple de vautours dans la colonie. Les séances de toilettage ne sont pas un indicateur fiable de la formation d'un couple, les congénères d'une même colonie se toilettant fréquemment.

#### c) Le nid [4]

La construction du nid débute dès le début de l'hiver et les deux partenaires y prennent part. Elle est associée à tous les comportements annonciateurs de la reproduction comme les vols en tandem, la lutte territoriale et les accouplements. Un couple peut délaissé la construction du nid pendant plusieurs jours pour la reprendre frénétiquement ensuite. Il arrive que des oiseaux construisent une aire sans que cela soit suivi d'une ponte.

L'aire du vautour fauve est sommaire et ressemble plus à une litière qu'à un véritable nid. Elle est constituée de branches, mousses, et herbes glanées dans les environs de la falaise de reproduction. Des plumes de mues sont régulièrement déposées, plus rarement des morceaux de peau. Souvent un seul des partenaires, le mâle, s'active dans la recherche des matériaux pendant que le deuxième, la femelle, arrange les différents éléments pour former le nid. Au fur et à mesure de la construction du nid, la femelle lui donne sa forme finale, par des mouvements de pattes, et des mouvements latéraux du corps et des ailes afin de créer une dépression qui accueillera la future ponte.

D'une épaisseur toujours inférieure à 30 cm, l'ensemble est plus ovoïde que circulaire. Il atteint une



longueur de 60 et 130 cm, et une largeur comprise entre 60 et 70 cm.

#### d) Scènes de pillage

Bien que les vautours soient grégaires, et par nature tolérants envers leurs congénères, ils deviennent individualistes dans la stratégie de survie du couple. Les disputes les plus communes surviennent lorsqu'un couple tente de voler les matériaux de l'aire d'un autre couple ou lorsqu'il tente de s'approprier un site de nidification qui n'est pas le sien. Les pilleurs attendent que les occupants du site s'absentent pour en extirper le maximum de matériaux. Si les propriétaires du nid s'en rendent compte ils auront tôt fait de revenir sur leur aire en manifestant leur mécontentement par des tentatives d'intimidation et des coups de bec et de pattes. Le couple pillard se contente alors de prendre la fuite. Les vautours fauves n'hésitent pas à piller les nids d'autres espèces de vautours, et ces altercations n'ont pas forcément lieu avec les voisins les plus proches.

Lorsque le couple tente de s'approprier un site de nidification déjà occupé, les choses sont plus sérieuses. Si un seul des partenaires arrive à se poser il est violemment chassé du site par le couple présent. Si les deux partenaires arrivent à se poser sur le site convoité, une violente bataille s'engage au risque de briser l'œuf déjà présent. Ce phénomène est accentué lorsque le couple cherchant à s'approprier un site a déjà échoué lors de sa tentative de reproduction.

### ii. L'accouplement

Les vautours s'accouplent de la mi-octobre à la mi-avril avec un pic d'activité en janvier. Les accouplements ont lieu soit dans le nid, soit à proximité, en milieu de journée jusqu'en fin d'après midi. La femelle fléchit son corps offrant ainsi au mâle l'occasion de grimper sur son dos. L'accouplement dure environ 30 secondes, les deux partenaires reprennent ensuite leur activité normale de toilettage ou confection de l'aire. Plusieurs accouplements peuvent avoir lieu dans une même journée.

### iii. De la ponte à l'éclosion

#### a) La ponte

Il faut 3 semaines pour que l'œuf se forme dans l'appareil reproducteur de la femelle. Durant cette période elle passera de plus en plus de temps au nid, seule. Les pontes ont lieu entre la mi-janvier et la mi-février. La ponte peut avoir lieu plus tard lorsqu'il s'agit d'une ponte de remplacement. L'œuf est pondu tôt le matin et la femelle reste seule au nid toute la journée, le mâle ne la relevant que le lendemain.

Il arrive que les couples perdent leur œuf, conséquence d'une destruction involontaire, d'une bataille ou d'une attaque par le grand corbeau (*Corvus corax*). Si l'œuf est perdu moins de 3 semaines après avoir été pondu, une seconde ponte dite « de remplacement » peut avoir lieu. Le taux d'éclosion d'une telle ponte reste cependant plus faible.

## b) L'œuf

5 % des œufs pondus sont mouchetés de roux ou de marron, les autres étant d'un blanc pur et mat. L'aspect général est elliptique. Il mesure 9 cm de long et 7 cm de large. Il pèse entre 200 et 280 g, et le poids de la coquille oscille entre 20 et 30 g. Les années où la nourriture abonde le taux de calcium est plus élevé rendant l'œuf plus solide.

## c) L'incubation

Bien que les deux partenaires prennent part à la couvaison, la femelle est plus assidue dans cette tâche que son partenaire. Les jours suivants la ponte et les jours précédant l'éclosion elle reste la seule à couvrir. La relève s'effectue en moyenne une fois par jour. Chaque oiseau à sa propre façon de couvrir. Les individus âgés et expérimentés paraissent imperturbables, s'autorisant des périodes d'abandon, les paupières closent comme s'ils dormaient mais l'esprit toujours alerte. Les jeunes individus, inexpérimentés, sont plus nerveux.

Régulièrement le couveur se lève, et par des mouvements de bec délicats, il retourne et repositionne l'œuf dans le nid. La durée d'incubation se situe autour d'une cinquantaine de jours (de 43 à 60 j suivant les auteurs). L'éclosion se situe donc entre fin février et fin avril.

## d) L'éclosion

C'est la femelle qui est au nid lors de cette étape cruciale. Il faut moins de 48 h au poussin pour sortir de son œuf. À l'éclosion il est revêtu d'un duvet blanc clairsemé. Il pèse entre 170 et 210 g. La femelle couve ce nouveau né avec autant d'assiduité que l'œuf. La position de couvaison du petit sera différente de celle de l'œuf, l'adulte légèrement relevé et incliné vers l'arrière afin de ne pas étouffer le petit.

# iv. La croissance du poussin et son émancipation

## a) Élevage du jeune

Pendant la première semaine la femelle reste couchée sur le poussin. Le mâle ne la relève que pour de courtes périodes. Le premier nourrissage s'effectue 1 à 2 jours après l'éclosion. Le poussin est nourri par régurgitation de bec à bec. Les premiers repas sont très liquides, résultat d'une digestion partielle de la nourriture par l'adulte. Après 5 à 6 jours le mâle prend une part plus active dans les soins au jeune. Les régurgitats deviennent plus solides au bout de 3 semaines et sont parfois déposés au bord du nid où le jeune vient les picorer. Entre 3 semaines et 2 mois le jeune est recouvert d'un duvet plus épais et assure seul sa thermorégulation. De ce fait il est laissé seul au moins un tiers de la journée pendant que les adultes recherchent des proies plus conséquentes. À partir de 2 mois il reste sans surveillance la plupart du temps, jusqu'à l'envol.



## b) Premiers envols

À partir de 80 jours le jeune vautour s'exerce en battant des ailes au moindre courant d'air expérimentant la sensation de l'air chaud passant entre ses plumes. Les premières tentatives de vol ont lieu au milieu de l'été. Âgé de 110 à 130 jours ayant acquis sa taille adulte et le plumage flambant neuf il lui faut trouver le courage de se lancer.

Les jeunes ne se lancent pas dans le vide sciemment, la tête plongeante comme leurs aînés. Suite à un courant d'air plus fort ou un déséquilibre, le jeune vautour va tomber du nid. Il ouvre alors instinctivement les ailes ce qui lui permet de planer et d'atterrir en contrebas. Il doit alors remonter au nid, seul moyen pour lui d'être nourri par ses parents. Il recommencera ainsi plusieurs fois, forgeant son expérience. Les deux premières semaines il ne s'aventure pas plus loin qu'une dizaine de mètres du nid.

Pendant près de deux mois l'aire restera occupée chaque soir, les parents continuant de nourrir leur progéniture jusqu'en septembre. À partir de ce moment les nourrissages se font en dehors du nid. Le jeune doit progressivement se faire sa place dans la colonie, et prendre part à la curée. Les premières tentatives sont laborieuses et il doit se contenter des restes. La loi de la nature s'applique et seuls les plus résistants survivront.

## H. Mouvements et migrations [1,4]

### i. Mouvements inter colonies

Les vautours sont parfois vus bien au-delà des limites de leur domaine vital. Ils partent seuls ou en groupe de quelques individus explorer de nouveaux territoires. Ils peuvent ainsi parcourir plusieurs centaines de km, pour les plus courageux, à la recherche de nourriture ou de nouveaux sites de nidification. Ils recherchent également de nouvelles colonies de vautours avec lesquels échanger des individus pour le brassage génétique. Ces mouvements sont plutôt vus à l'été et en automne.

À l'échelle de la France, grâce au suivi d'animaux bagués, on a pu mettre en évidence que les diverses populations de vautours sont liées par des échanges inter colonies réguliers. Les vautours ont reconstitué une carte du ciel des mouvements, et suite aux programmes de réintroduction ils ont réorganisé ces déplacements qui sont aujourd'hui différents de ceux que l'ont connaissait par le passé. En France ces déplacements sont inscrits dans une trame complexe qui réunit des populations Espagnoles, Portugaises, Italiennes, Croates et Grecques.

### ii. Migrations

Bien que le vautour fauve soit une espèce grégaire, une fois émancipés, les jeunes oiseaux partent de leur lieu de naissance pour explorer de nouvelles régions. Ils ont tendance à explorer de nombreuses zones sans s'attarder dans l'une d'entre elles, sauf si les ressources alimentaires y sont particulièrement abondantes. Les jeunes ne reviennent sur leur lieu de naissance que lorsqu'ils sont en âge de se reproduire. Contrairement aux mouvements inter colonies qui intéressent plutôt des groupes d'adultes, les jeunes vautours voyagent seuls.

Ils se déplacent à partir du mois d'octobre. En effet, au début de l'hiver la nourriture se raréfie et cela ne laisse que peu de chances aux jeunes individus peu expérimentés de trouver de quoi se nourrir. Ils se dirigent donc vers le sud jusqu'en Afrique.

Seuls les oiseaux non reproducteurs ou non appariés ont la liberté de migrer vers des secteurs où la nourriture est plus facilement disponible. Les adultes ne migrent pas car ils sont fixés par la reproduction. Les vautours bagués et observés en Afrique sont à 95% des immatures ou des juvéniles.

Les sujets Français et Espagnols franchissent la Méditerranée au niveau du détroit de Gibraltar. La traversée maritime reste pénible à cause du faible nombre des ascendances aériennes. Les jeunes vautours ont recours au vol battu qu'ils ne peuvent soutenir. Épuisés ils rebroussement chemin et plusieurs tentatives sont souvent nécessaires. L'autre point de passage se situe entre Israël et l'Égypte et concerne les populations du Caucase, de la Turquie et de l'est de l'Europe.

Les oiseaux Français et Espagnols précités ne restent pas au Maroc. On ne sait pas exactement ce qu'il en est des conditions de séjour et de voyages des jeunes vautours qui migrent. Ils ont été observés en Algérie, en Tunisie, au Sénégal et même jusqu'au Niger et en Guinée.

Le retour sur les sites originels de nidification s'effectue au printemps suivant entre février et début juin, toujours trop tard pour participer à la reproduction (puisque les pontes ont lieu au plus tard en février). On sait grâce au suivi des oiseaux que les pertes sont abondantes. En Afrique, le poison est encore largement utilisé et le nombre d'individus qui participe à la remontée printanière est inférieur à celui du passage automnal.

En Asie la sous-espèce *fulvescens* descend des vallées himalayennes d'Afghanistan et du Népal pour hiverner dans les plaines du nord de l'Inde.

### iii. Erratisme et déplacements exceptionnels

À l'inverse des mouvements précédemment décrits les phénomènes d'erratisme sont aléatoires et ne semblent répondre à aucune logique comportementale ou migratoire. Certains vautours décident de partir pour des horizons assez variés. Ainsi on a observé des vautours fauves aux Pays-Bas, en Belgique, en Pologne et en Corse. En Espagne un vautour fauve a été retrouvé aux Baléares où il séjourne depuis plus de 20 ans dans une colonie de vautours moines. Ces dispersions ont toujours existé mais elles prennent de l'ampleur ces dernières années avec l'augmentation des effectifs et la baisse des ressources alimentaires. Ces mouvements ne concernent plus uniquement les jeunes mais impliquent aussi des individus adultes.



## II. Matériel et Méthode

### A. Les spécimens

Deux spécimens ont été nécessaires à l'élaboration de cette thèse.

Le premier vautour a permis de réaliser les clichés radiographiques sous anesthésie générale. Il s'agissait d'un juvénile, de sexe indéterminé, pesant 5,7 kg, apporté à l'École Nationale Vétérinaire par les agents de l'ONCFS (Office Nationale de la Chasse et de la Faune Sauvage) le 29/09/08. Il avait été découvert la veille sur le bord d'une route dans la commune d'Auterive (31190, Midi-Pyrénées) déshydraté et amaigri. Cet individu a été conduit le 02/12/08 à Hégalaldia, Centre de Sauvegarde de la Faune Sauvage, situé à Ustaritz (64480, Pyrénées-Atlantiques) afin d'être relâché dans la nature.

Le deuxième animal était un juvénile de 5,45 kg, arrivé à L'École Nationale Vétérinaire le 08/09/08 par le biais de la SACPA (Service pour l'Assistance et le Contrôle du peuplement animal). Il avait été retrouvé à Saint-Lys (31470, Midi-Pyrénées) sur un échafaudage. Affaibli, il est décédé le 25/09/08, et a permis la préparation du squelette.

### B. Radiographie

#### i. Matériel radiologique [12]

Les clichés radiologiques ont été réalisés sous la direction du technicien de radiologie de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse. Nous avons utilisé un appareil de radioscopie numérique de type Siemens tube Opti 150/30/500 et des cassettes numériques.

#### ii. Radioprotection et sécurité [12, 13, 14]

La radioprotection est l'ensemble des règles, des procédures, et des moyens de prévention visant à empêcher ou à réduire les effets nocifs des rayonnements ionisants sur les personnes et sur l'environnement. En médecine vétérinaire la principale source de rayonnements ionisants est constituée par les installations de radiologie, le plus gros problème étant celui des rayonnements diffusés car ces derniers ne sont pas contrôlables.

La radioprotection tient compte de 3 principes majeurs :

- Le principe de justification : la réalisation de clichés radiographiques doit être justifiée par l'obtention d'informations utiles au diagnostic.
- Le principe d'optimisation : on obéit à la règle ALARA (as low as reasonably achievable); on utilisera la dose la plus faible possible pour avoir un cliché de bonne qualité.
- Le principe de limitation : on veut limiter les risques inhérents à tout examen radiologique : port du tablier et des gants en plomb, maîtrise des paramètres, contrôle annuel du tube radiogène, etc...

Le respect des règles ci-dessous assure aux manipulateurs ainsi qu'à l'animal un maximum de sécurité :

- La loi impose que toute unité détentricice d'un générateur de rayon X se dote d'une personne compétente en Radioprotection (formation PCR). Cette personne est responsable des sources de rayons X et de leurs utilisations.
- Les locaux et installations doivent être conformes aux règles générales fixées par les normes françaises NFC74-100, NFC15-160 et NFC15-161.
- Toute personne exposée doit être indispensable à la réalisation du cliché radiographique.
- Si possible les méthodes de contention physiques (lien, courroies, sac de sable) ou chimiques (tranquillisation, anesthésie générale), sont à utiliser pour faciliter l'acte radiographique et limiter l'exposition humaine. En effet une radiographie bien faite n'est pas à refaire. De plus cela permet de limiter au maximum le temps d'exposition.
- Les personnes mineures et les femmes enceintes ne doivent pas être présentes lors des manipulations dans la salle de radiographie.
- Le personnel exposé doit se protéger des rayonnements diffus par un tablier contenant 0,5 mm de plomb en épaisseur, par le port d'un protège thyroïde, de gants et de lunettes. Le technicien de radiologie se protège derrière une cloison transparente plombée.
- Si la contention manuelle est nécessaire elle doit impliquer le minimum de personnes qui maintiendront leur corps et leurs membres le plus éloignés possible du faisceau primaire.
- Aucune partie des manipulateurs ne doit être exposée aux rayonnements primaires, qu'elle soit ou non, protégée par du matériel plombé.
- L'exposition individuelle est surveillée par le port d'un dosimètre radiographique couramment appelé dosifilm. Il se porte à la poitrine et/ou aux poignets (zone les plus exposées). Un contrôle régulier des dosifilms permet de vérifier le respect des bonnes pratiques en matière de radioprotection.

## C. L'anesthésie des oiseaux : pré-requis [15, 16, 17, 18, 19]

Nous allons aborder ici quelques aspects de l'anatomie et de la physiologie aviaire. Il n'est pas question de faire une étude complète des différents appareils. Nous nous limiterons à l'explication de certains points particuliers car ceux-ci trouvent une application directe en pratique courante.

### i. Le métabolisme basal [17]

Le métabolisme basal est très élevé chez un oiseau et inversement proportionnel à la taille de ce dernier. Les anesthésiques injectables ainsi que tous les médicaments sont en général rapidement dégradés.

La température corporelle s'échelonne entre 39°C et 44°C. Un oiseau est particulièrement sensible à l'hypothermie. Un tapis chauffant, un système de bouillottes facilement renouvelables, l'utilisation d'une perfusion avec un soluté préalablement chauffé, constituent des solutions efficaces pour lutter contre l'hypothermie. Les études ont montré que sans un système de ce type les oiseaux perdaient facilement une grande partie de leur chaleur corporelle. Cela s'explique entre autres par le flux important des gaz anesthésiques au sein du système respiratoire, le retrait des plumes et le nettoyage de la zone chirurgicale, et par la relation entre la masse et la surface corporelle. L'hypothermie est le

problème le plus fréquemment rencontré en anesthésie. Elle entraîne des réveils prolongés, de l'hypotension, une bradycardie, une vasoconstriction périphérique, et si elle est sévère, une fibrillation ventriculaire.

Alors que la température du patient revient à la normale, on observe une vasodilatation périphérique qui augmente les besoins en oxygène et en glucose. L'hypoglycémie est une autre complication fréquemment rencontrée. La plupart des oiseaux sont de petite taille et leur réserves en glycogène et en glucose sont faibles. Ceci est d'autant plus vrai sur un animal malade souvent anorexique. Durant une anesthésie les conséquences d'une hypoglycémie sont une bradycardie, de l'hypotension, une dilatation des pupilles. Par conséquent le jeûne préanesthésique n'est à envisager que pour des patients dont la masse est supérieure à 250g et la durée du jeûne sera à adapter en fonction de la taille et du stade physiologique de l'animal.

Il peut être utile de vérifier la glycémie avant de réaliser l'anesthésie. Du glucose sera administré si la glycémie tombe sous la barre des 200 mg/dl. Il faut également préférer une perfusion par rapport à l'administration d'un bolus pour prévenir une éventuelle hypoglycémie rebond.

## ii. Le système respiratoire [19]

### a) Anatomie du système respiratoire

L'appareil respiratoire des oiseaux est le système le plus efficace parmi les vertébrés. Il est à la fois structurellement et fonctionnellement parlant très différent de celui des mammifères. 4 structures transportent l'air : les narines, la trachée, les poumons et les sacs aériens.

La cavité oro-nasale communique avec la trachée via le larynx. Il s'attache à la base de la langue et se poursuit par le pharynx. Le larynx est composé de 4 cartilages presque totalement ossifiés : les cartilages cricoïde, procricoïde, et une paire de cartilages aryénoïdes. En comparaison avec les mammifères il manque les cartilages thyroïde et épiglottique.

Les fonctions du larynx sont d'ouvrir la glotte lors de l'inspiration, de participer à la déglutition, à la modulation des sons et d'agir comme une barrière pour éviter l'intrusion de particules étrangères dans la trachée. La glotte correspond à une fine ouverture située entre les deux cartilages aryénoïdes, elle se ferme lors de la déglutition. Il n'y a pas d'épiglotte chez les oiseaux ; cette anatomie particulière rend les « fausses routes » plus fréquentes mais facilite l'intubation lors de l'anesthésie.

De tous les composants anatomiques du système respiratoire c'est la trachée qui présente le plus haut degré de variation. En effet suivant les espèces on peut trouver des diverticules ou un septum divisant la trachée en 2 dans la portion crâniale (chez les manchots). Nous mettrons de côté ces cas particuliers. Les anneaux trachéaux sont complets, ce qui empêche un affaissement ou une réduction du diamètre de la lumière de la trachée (lors de torsion du cou par exemple). La trachée d'un oiseau est plus rigide que celle d'un mammifère. Ainsi si l'on veut intuber un oiseau avec une sonde classique pour carnivore pourvu d'un ballonnet, il ne faudra pas gonfler ce dernier sous peine de léser la trachée. Il existe aussi des sondes spéciales pour les oiseaux, sans ballonnets.

La trachée des oiseaux est plus longue que celle des mammifères. Pour compenser l'espace mort ainsi créé son diamètre est augmentée, le volume d'air inspiré est augmenté et la fréquence

respiratoire diminuée : la respiration est plus efficace chez les oiseaux.

La syrinx est un organe spécifique du monde aviaire. C'est l'organe de la phonation. Elle est située à la bifurcation trachéale, dorsalement par rapport à la base du cœur. Elle est constituée de plusieurs cartilages plus ou moins ossifiés et de membranes tympaniformes internes capables de vibrer. Il existe un réseau de muscles reliant trachée, syrinx, et bronches. L'air en provenance des sacs aériens est envoyé sous pression dans la syrinx, où il est modulé pour produire sons, chants, ou « mots », complété par des mouvements de la langue et de la trachée. Il faut savoir que l'anatomie et la localisation de la syrinx sont telles qu'un oiseau intubé peut encore produire des sons.

Les poumons sont enchâssés dans le tiers dorsal de la cage thoracique. La face dorsale s'incruste entre la 1<sup>e</sup> et la 6<sup>e</sup> ou 7<sup>e</sup> paire de côtes. La face ventrale est au contact du cœur, du proventricule et des extrémités dorsales des lobes hépatiques. Les voies aériennes n'aboutissent pas à des alvéoles, mais à un ensemble de capillaires sanguins et aériens.

Il existe un réseau important de bronches. Les bronches primaires relient la syrinx aux poumons. Elles se divisent à ce niveau en bronches secondaires qui donnent naissance à leur tour à des bronches tertiaires qu'on appelle plus communément parabronches. Les parabronches se réunissent en atria qui conduisent à des capillaires aériens. Les atria sont le lieu des échanges respiratoires (comparables aux alvéoles pulmonaires chez les mammifères). Il existe deux réseaux de capillaires, aériens et sanguins. La finesse de la séparation entre les 2 types de capillaires facilite les échanges gazeux.

Le poumon aviaire se compose d'un paléopoumon et d'un néopoumon. Tous les oiseaux ont un paléopoumon. Le néopoumon est situé dans la portion caudo-latérale des poumons et est composé d'un important réseau de parabronches qui s'anastomosent entre elles. Il est absent chez les manchots et les émeus mais représente près de 25% du volume pulmonaire chez les perroquets. Dans le paléopoumon l'air circule à contre sens par rapport au sang, ce qui rend l'échange gazeux particulièrement efficace. Les gaz circulent toujours dans le sens caudo-crânial à la fois pendant l'inspiration et l'expiration. Dans le néopoumon l'air va dans les deux directions, mélangeant de l'air avec une P<sub>pi</sub>CO<sub>2</sub> élevée et de l'air oxygéné.

Il existe entre 6 à 12 sacs aériens suivant les espèces mais la plupart des oiseaux en ont 9. Un sac claviculaire à l'entrée de la poitrine, qui possède des diverticules dont certains se prolongent dans les os pneumatisés, une paire de sacs cervicaux, une paire de sacs thoraciques crâniens, une paire de sacs thoraciques caudaux, et enfin une paire de sacs abdominaux dont le volume est très important.

Les sacs aériens sont en relation avec les poumons via les bronches secondaires et tertiaires. Ils envahissent une grande partie de la cavité cœlomique des oiseaux et entourent les viscères. Ils sont facilement visibles sur des radiographies de face ou de profil s'ils ne sont pas atteints par une quelconque affection. Leur paroi est fine et faiblement vascularisée. Ainsi ils ne contribuent qu'à 15% de l'échange gazeux. Leurs rôles sont nombreux : fournir un flux permanent d'air aux poumons, humidifier l'air inspiré, faire office de caisse de résonance pour le chant et de régulateur thermique. Ils allègent également le corps et isolent les organes lors de chocs.

En fonction des connexions bronchiques les sacs aériens sont séparés en 2 groupes fonctionnels : le groupe crânien comprend le sac claviculaire, les sacs cervicaux et les sacs thoraciques crâniens. Les parabronches proximales, médio-dorsales et médio-ventrales les relient au paléopoumon. Le groupe caudal comprend les sacs aériens abdominaux et thoracique caudaux. Les connexions avec le néopoumon se font via les parabronches latérales distales.

## b) Physiologie de la respiration

Les échanges gazeux se font dans les parabronches. Les sacs aériens sont très peu vascularisés et ne participent pas, à proprement parler, à l'échange gazeux mais permettent un flux d'air continu et unidirectionnel à travers les poumons.

Chez les oiseaux l'inspiration et l'expiration sont deux processus actifs qui mettent en jeu la musculature intercostale. En effet les oiseaux ne possèdent pas de diaphragme et ils comptent sur le différentiel de pression entre l'extérieur et les sacs aériens pour assurer la circulation d'air. Lors de l'inspiration les côtes se déplacent dans le sens crânio-ventral : la cavité cœlomique augmente de volume et la pression diminue dans les sacs aériens, permettant l'entrée de l'air. Lors de l'expiration les côtes se déplacent dans le sens caudo-dorsal, ce qui diminue le volume de la cavité cœlomique et augmente la pression dans les sacs aériens avec pour conséquence une sortie de l'air. Il faudra donc veiller à ce que la contention d'un oiseau soit douce et permette ces mouvements. Un bandage trop serré ou un chirurgien qui s'appuie trop fortement sur la cavité thoracique peuvent provoquer la suffocation de l'oiseau.

Chaque cycle respiratoire se compose de deux ensembles inspiration-expiration. Les sacs aériens postérieurs se remplissent en alternance avec les sacs aériens antérieurs. Lors de la première inspiration du cycle, 50% de l'air inhalé passe, par la bronche primaire, dans les sacs aériens caudaux. L'air passe ainsi une première fois dans le néopoumon. Pendant la première expiration du premier cycle, cet air est expulsé et passe de nouveau dans le néopoumon puis dans le paléopoumon, à travers le réseau capillaire aérien lieu d'échanges entre  $O_2$  et  $CO_2$ . Lors de l'inspiration suivante, cet air, appauvri en dioxygène, passe dans les sacs aériens crâniens. Pendant la dernière expiration du cycle, l'air est chassé à l'extérieur.

Ce système peut sembler inefficace à première vue, mais il permet une entrée d'air frais en continu dans les poumons, à la fois lors de l'inspiration et de l'expiration. Les oiseaux sont donc 20% plus efficaces que les mammifères.

## iii. Système cardio-vasculaire

### a) Le cœur [17, 20]

Le cœur des oiseaux possède quatre cavités. Son fonctionnement et sa physiologie sont très proches de celles d'un mammifère. En comparaison le cœur est plus large, le rythme plus lent, la pression sanguine plus élevée.

### b) Élimination rénale [16, 19, 20]

La circulation sanguine du rein des oiseaux est plus compliquée que celle des Mammifères. Il existe chez les espèces aviaires, en plus du système courant des artères et veines de cet organe, un supplément veineux porte rénal. Cette afférence sanguine reçoit le sang de la veine ischiatique et de la veine iliaque externe. La valve porte rénale est située entre la veine porte rénale et la veine iliaque commune. Cette valve permet de contrôler le flot sanguin en provenance de la veine iliaque externe. Le sang en provenance de la veine iliaque externe peut aller directement dans la veine cave



si la valve s'ouvre ou passer dans la veine porte rénale crâniale si la valve se ferme. Ainsi, si la valve est fermée, la circulation rénale est intensifiée et l'élimination des anesthésiques augmentée. En conséquence on conseille d'administrer les anesthésiques à élimination rénale au niveau du poitrail et non au niveau de la cuisse.

## D. Anesthésie [22]

Pour les oiseaux très sujets au stress et à ses complications, une anesthésie peut être nécessaire pour des gestes très simples (prise de sang, coupe de bec, radiographies...).

Il est aujourd'hui avéré que l'anesthésie des oiseaux est assez délicate. Les modalités de contention et le métabolisme peuvent varier d'un groupe à l'autre et le praticien devra savoir s'adapter à toutes les circonstances. Les progrès de la chirurgie et de l'anesthésie des oiseaux ont été importants ces dernières années et l'utilisation des gaz anesthésiques donne une grande ligne de conduite à l'anesthésie des oiseaux. Il existe également des tables donnant les posologies de nombreux anesthésiques fixes utilisés en pratique courante pour nos carnivores domestiques, et qui sont utilisables pour les oiseaux.

### i. Préparation du patient

#### a) Diète [15, 17, 21]

Comme nous l'avons précédemment précisé, les oiseaux sont très sujets aux fausses déglutitions lors de régurgitations. Un jeûne préopératoire est donc souhaitable. La mise à jeun réduit la distension ventriculaire et proventriculaire qui peut altérer la fonction respiratoire lors d'une anesthésie. On peut palper le jabot avant l'anesthésie pour vérifier qu'il est bien vide (il faut 6 à 8 h pour que le jabot d'un oiseau se vide après un repas). La durée de mise à la diète dépend de la taille de l'oiseau et de son statut clinique. Pour les oiseaux de plus de 500 g on peut facilement retirer toute nourriture 12 h avant l'intervention. Partant de ce postulat nous avons commencé la diète 16 h avant l'anesthésie.

#### b) Contention [15, 17]

La capture et la contention d'un oiseau doivent être rapides et non brutales. Pour les très petites espèces ce simple geste peut déclencher un état de stress mortel. On respectera les mêmes règles quelle que soit la taille de l'animal: la capture de l'oiseau est centripète, on ramène les ailes et les pattes contre le corps en cherchant à les immobiliser. Toutes les manipulations doivent être réalisées dans le calme, à l'écart des autres animaux, du bruit et de toute autre source de stress. On peut envisager de rouler l'animal dans un torchon, une serviette ou un drap suivant sa taille pour faciliter son déplacement et préserver à la fois le manipulateur et l'animal.

Il faut toujours un minimum de deux personnes pour capturer un vautour. La première personne place un bras autour des ailes et maintient fermement l'oiseau contre son corps, tandis que la seconde main tient les pattes. Un doigt peut être placé entre les deux tarses pour compléter la contention. La deuxième personne se charge de tenir la tête. Elle dispose d'une main libre, pour

éventuellement fournir plus d'aide. Ainsi immobilisé le vautour peut être déplacé, examiné par un aide, et pesé.

### c) Examen clinique [15, 17]

Un examen clinique de base est le minimum à réaliser avant une anesthésie. Il permet de vérifier l'état d'embonpoint de l'animal, ainsi que ses grandes fonctions vitales (muqueuses, fonction respiratoire et circulatoire, température corporelle).

On observe dans un premier temps l'animal à distance. On juge de son état d'éveil par rapport à l'environnement, la position de son corps, l'état de ses plumes et ses mouvements respiratoires. Une fois capturé on peut faire un examen rapproché. On s'intéressera particulièrement aux voies respiratoires (narines, choanes, cavité buccale, glotte). Une auscultation cardio-pulmonaire est possible mais pour les oiseaux de grande taille l'auscultation est rendue difficile par le développement important des muscles pectoraux qui masquent les bruits cardiaques. On peut palper l'abdomen, vérifier l'état d'embonpoint, et vérifier l'état de propreté du cloaque. Il peut être utile d'apprécier la consistance des fientes dans l'enclos afin de contrôler le bon état de fonctionnement du système digestif.

## ii. Les différents types d'anesthésie

### a) Anesthésie gazeuse [15, 16, 17]

L'anesthésie gazeuse est utilisée uniquement dans le cadre d'anesthésies générales (la tranquillisation est impossible par le biais des anesthésiques volatils). Elle présente l'inconvénient de ne pas fournir de valence analgésique mais le contrôle de la profondeur de la narcose est optimal, l'induction et le réveil sont rapides, et elle présente peu d'effets indésirables.

Trois gaz sont à la disposition des vétérinaires mais deux seulement sont utilisés. Ils possèdent tous trois des effets dose dépendant au niveau du système nerveux central, du cœur et de la respiration.

- L'Isoflurane est de loin le préféré car il possède un coût relativement faible et est déjà très classiquement utilisé pour les carnivores domestiques. Il est peu métabolisé et permet une bonne myorelaxation.
- Le Sevoflurane est de plus en plus utilisé malgré son coût élevé. Son coefficient de répartition dans le sang étant plus faible le réveil est plus rapide notamment après des interventions très longues. C'est le moins irritant des gaz à notre disposition, ce qui permet une induction plus douce (réduction du stress préanesthésique).
- Le Desflurane n'est pas encore utilisé en pratique courante. Son prix est élevé, et il oblige le praticien à posséder une cuve spéciale (un contrôle très précis de la température et de la pression à l'intérieur de la cuve sont nécessaires pour pouvoir délivrer le gaz anesthésique). Le réveil est encore plus rapide comparé aux deux autres gaz mais c'est aussi le Desflurane qui est le plus irritant. En médecine humaine il provoque de la toux et des spasmes et il ne peut pas être utilisé pour une induction au masque.

L'Halothane doit être oublié car, comme pour les mammifères, il sensibilise le système cardiaque aux arythmies induites par les catécholamines massivement libérées lors de stress.

#### b) Anesthésie fixe [15,17]

Les anesthésiques injectables présentent beaucoup d'inconvénients. Il existe une grande variabilité de réactions lorsqu'on administre un agent donné en fonction non seulement de l'individu mais aussi des espèces aviaires. La dépression cardio-vasculaire est plus importante qu'avec un agent gazeux, l'anesthésie n'est pas réversible, le réveil est prolongé et parfois agité. De plus il faut pouvoir peser l'animal avec précision, pour éviter les erreurs de dosage.

Elle présente cependant quelques points forts. Le prix est plus avantageux notamment sur des animaux de grand gabarit, et reste d'une utilisation aisée pour la faune sauvage.

#### c) Anesthésie fixe vs anesthésie gazeuse [15,16]

La plupart des anesthésies se font par la voie gazeuse. L'anesthésie volatile à l'Isoflurane représente de nos jours la voie la plus sûre. Le choix entre l'anesthésie fixe ou gazeuse ne dépend plus que de deux critères :

- l'anesthésie fixe injectable est réservée aux interventions sur la tête et la cavité buccale où le masque/la sonde trachéale peuvent représenter une gêne.
- l'anesthésie fixe est souvent utilisée pour des raisons de coût sur des espèces de grande taille ou de la faune sauvage.

Il arrive fréquemment que les deux types d'anesthésies soient combinées pour faciliter les procédures, et obtenir une anesthésie de meilleure qualité. Les rapaces les plus grands ont souvent besoin d'une contention chimique avant l'induction au masque. La prémédication avec un agent fixe permet aussi de réduire le stress dû au masque.

#### d) Protocole choisi pour les radiographies [15]

Lorsque l'on veut réaliser des radiographies on recherche un protocole qui fournit une bonne myorelaxation. Pour les raisons évoquées ci-dessus nous avons choisi une induction à l'aide d'un anesthésique fixe et avons prévu un relais avec l'Isoflurane.

Le protocole fixe choisi pour les radiographies est le suivant:

- Induction :

Kétamine : 5 mg/kg, voie IM

Médétomidine : 115 µg/kg, voie IM

Intubation pour relais gazeux : Isoflurane 2 à 3%

- Réveil :

Antisédan : 300µg/kg, voie IM, au minimum 15 à 20 min après l'induction.

### iii. Suivi de l'anesthésie [15]

Comme pour tout autre patient le suivi de l'anesthésie est primordial. Une apnée, une hypothermie, une hypoventilation ou une régurgitation sont les principaux problèmes auxquels sera confronté l'anesthésiste.

#### a) Évaluation de la profondeur de la narcose [15, 16, 21, 22]

Les différents signes permettant la surveillance de la profondeur de la narcose chez les oiseaux sont résumés ci-dessous.

	Anesthésie superficielle	Anesthésie adéquate	Anesthésie trop profonde
Mouvements volontaires	Possibles	Absents	Absents
Réflexe cornéen	Présent	Présent	Absent
Réflexe palpébral	Présent	Absent	Absent
Rétraction de la patte au pincement	Présent	Absent	Absent
Tonus du bec	Présent	Diminué	Absent
Respiration	Rapide Rythme irrégulier	Rythme lent et régulier	Rythme irrégulier Apnée
Pupille	Dilatée	Contractée	Dilatée

Le réflexe de rétraction de la patte lors du pincement est controversé. Certains auteurs considèrent que ce réflexe n'est pas fiable à cause de la variabilité dans la réponse observée.

#### b) Surveillance cardiaque [15, 16, 21]

Le monitoring peut être réalisé par trois méthodes non invasives :

- un stéthoscope œsophagien (difficile pour les espèces qui possèdent un jabot, l'auscultation peut se faire mais les muscles puissants autour du bréchet masquent les bruits cardiaques).
- une sonde doppler (sonde pédiatrique) est un moyen efficace de suivre les pulsations cardiaques.
- Un monitoring électrocardiographique est possible. On place les pinces au niveau de la membrane alaire gauche, de la membrane alaire droite et du pli de la cuisse en essayant d'être le moins délétère possible. Cette méthode semble la meilleure car elle permet un suivi continu tout au long de l'anesthésie et l'appareil est capable de compter les pulsations cardiaques là où l'oreille humaine atteint ses limites (pour les petites espèces la fréquence cardiaque peut atteindre 500 bpm). Une nouvelle technique récemment décrite consiste à utiliser une sonde œsophagienne qui est ensuite reliée à un ECG classique via un adaptateur. Cette méthode donne des résultats fiables et évite d'avoir à poser des pinces souvent traumatisantes.

### c) Surveillance respiratoire [17]

La fréquence respiratoire d'un oiseau au repos dans une pièce à température ambiante varie de 80 cycles par minutes (oiseau de 30 à 110g) à 30 cycles par minutes (450 à 550g).

Nous avons réalisé le suivi de la respiration visuellement. Nous avons également pris la précaution d'intuber le vautour ce qui présente un double avantage : celui de pouvoir oxygéner l'animal avec 100% d'O<sub>2</sub>, et celui de pouvoir prendre un relais avec une anesthésie gazeuse en cas de réveil (ce qui s'est avéré nécessaire dans notre cas).

Les oiseaux respirent en général spontanément mais une apnée est fréquente après 30 minutes d'anesthésie. Il est donc fortement recommandé d'intuber car ce geste simple permet de réaliser une ventilation sous pression positive manuelle ou mécanique. Le seuil à ne pas dépasser est autour de 15 à 20 cm H<sub>2</sub>O, comme pour les carnivores domestiques pour éviter les traumatismes barométriques sur les sacs aériens.

Tous les oiseaux de plus de 100 g peuvent être intubés facilement. Il est possible d'intuber un animal de 30 g mais cela représente un plus grand défi et nécessite une certaine dextérité. Il faut veiller à ce que la trachée ne soit pas encombrée de mucus suite à l'irritation naturellement induite par la présence de la sonde et du gaz anesthésique. Cela entraîne une obstruction qui empêche l'oxygénation correcte de l'oiseau. Si c'est le cas, il est possible d'extuber l'animal, de nettoyer la sonde et d'intuber de nouveau.

### d) Contrôle de la température

On peut le faire manuellement ou via une sonde thermique (par voie cloacale ou œsophagienne).

## iv. Réveil [15, 16, 17, 21]

Un réveil prolongé peut conduire à une hypothermie ou à une hypoglycémie.

Lorsqu'on utilise les agents volatils, le réveil est en général très rapide (quelques minutes après l'arrêt de l'anesthésie gazeuse). La plupart des oiseaux commencent par présenter des trémulations musculaires alors qu'ils reprennent conscience. Lorsqu'on les ausculte, le cœur peut sembler plus lointain à cause des mouvements musculaires qui masquent les bruits cardiaques. Il ne faut pas confondre ceci avec un état de narcose trop profond. Quand le patient commence à montrer des mouvements de becs on l'extube pour éviter qu'il ne sectionne la sonde par des coups de bec. On veille ensuite à mettre l'oiseau dans un endroit calme, au chaud et assez bien oxygéné pour un réveil sans stress. Si l'animal n'a pas été mis à jeun correctement il peut encore régurgiter à ce moment là.

## E. Préparation du squelette

Comme nous l'avons déjà précisé les clichés radiographiques ont été réalisés sur un premier vautour, alors que la préparation du squelette a mis en jeu un deuxième animal.

Dans un premier temps il est nécessaire de dépouiller le sujet, de l'éviscérer et de le décharner le plus possible. Les membres sont ensuite séparés de la cage thoracique et mis à part dans des filets.

L'ensemble de la carcasse ainsi décharnée est mis dans une cuve, avec une préparation contenant de la papaïne. La papaïne est une enzyme protéolytique qui va digérer ce qui reste de muscles, tendons et cartilages autour des os. La solution est chauffée dans le bain marie à 40°C et acidifiée avec de l'acide citrique pour atteindre un pH de 5 afin d'accélérer le processus. Une fois que la digestion enzymatique est terminée, les os sont rincés à l'eau claire et séchés.



# III. Atlas radiographique

## A. Généralités

### i. Les éléments du squelette [25]

Le squelette des vertébrés est constitué par un ensemble de pièces qui diffèrent par leur forme, leur situation, leur structure et leur origine. Nous nous placerons d'un point de vue anatomique ce qui nous permet de définir 3 ensembles :

1. Le squelette céphalique ou crâne, se subdivise en un neurocrâne qui entoure et protège l'encéphale et les organes sensoriels pairs (olfactifs, visuels, stato-acoustiques) et un splanchnocrâne qui entoure et soutient les cavités buccale et pharyngienne.
2. Le squelette axial (colonne vertébrale, côtes et sternum) prolonge le neurocrâne dans le tronc et la queue. Il s'organise autour de la corde dorsale et de la moelle épinière qu'il protège.
3. Le squelette appendiculaire (membre pelvien et membre thoracique) à rôle locomoteur est souvent associé au squelette zonal constitué par les ceintures sur lesquelles s'articulent les membres.

### ii. Le vol et ses effets sur le corps des oiseaux [23, 24, 25]

L'analyse des mécanismes du vol permet de mieux comprendre l'anatomie et la physiologie aviaire.

L'oiseau possède une forme globale aérodynamique. La cage thoracique, le bassin et la colonne vertébrale forment une charpente rigide sur laquelle s'exercent, sans dommages pour les viscères, les actions musculaires les plus intenses. Les côtes sont reliées entre elles par le processus unciné ce qui augmente encore la rigidité de la cage thoracique. La colonne vertébrale est fusionnée dans certaines portions et est modifiée pour recevoir l'insertion des muscles des rectrices.

Le membre thoracique et sa ceinture sont modifiés. C'est un des caractères adaptatifs les plus remarquables des oiseaux. Les muscles moteurs de l'aile montrent un développement important, proportionné au travail qu'ils accomplissent. Ils sont fixés sur le sternum qui possède en conséquence une crête centrale, aussi appelée carène ou bréchet, très développée.

Le membre, de type chiridien, permet le vol. L'aile est constituée par un ensemble de plumes spécialisées, les rémiges, insérées sur les trois segments du membre thoracique, à peu près également allongés. La main ne possède que 3 doigts.

L'adaptation au vol chez les oiseaux s'accompagne d'une bipédie de type digitigrade. La fibula est grêle et soudée au tibia. Le tarse est soudé en partie au tibia qui est donc un tibiotarse, en partie au métatarse qui est donc un tarsométatarse. Les métatarsiens II, III et IV sont fusionnés. Seul le métatarse I reste libre et est dirigé vers l'arrière. La bipédie des oiseaux entraîne le développement de l'ilium qui s'unit aux vertèbres sacrées, lombaires et parfois caudales, le tout étant soudé en un os unique : le synsacrum.



La peau forme des plis, ce qui permet de lisser la silhouette de l'oiseau et évite les frottements de l'air qui ralentiraient l'oiseau en vol. Les membres pelviens sont appliqués contre le corps pendant le vol pour ne pas gêner, ni freiner l'animal.

La présence de sacs aériens, la légèreté des os pneumatisés, l'absence de vessie sont autant de conditions qui réduisent la densité de l'oiseau.

### iii. Radiographie des oiseaux [18, 34]

L'examen radiographique chez les oiseaux est un examen facile à réaliser et qui fournit de nombreuses indications sur les organes internes. De plus la radiographie reste le seul et unique moyen d'évaluer le système osseux. Cet examen est riche d'intérêt et permet souvent une orientation diagnostique lors de l'examen d'un animal malade ou blessé.

Au même titre qu'une analyse sanguine, il fait partie des examens complémentaires utiles pour apprécier globalement l'état de santé d'un oiseau lors d'un examen de routine. La radiographie permet également de suivre l'évolution, favorable ou non, de lésions internes. Cet examen trouve donc tout son intérêt lors de l'examen d'un patient appartenant au monde aviaire.

#### a) Quelques rappels anatomiques

L'interprétation des radiographies, chez les oiseaux, est rendue particulièrement délicate, en raison de la superposition des différents tissus mous. Pour le clinicien, un oiseau se présente schématiquement comme une boîte osseuse close dorsalement par le rachis, latéralement par les côtes, et ventralement par le sternum. Les organes internes ne sont pas palpables, accessibles seulement par la radiographie ou l'endoscopie. Ils sont disposés dans une unique cavité cœlomique. Les oiseaux ne possèdent pas de diaphragme et leur appareil respiratoire comprend les poumons et les sacs aériens. Ces derniers s'étendent au cou, aux membres et à l'abdomen.

Les os des oiseaux sont caractérisés par un cortex très mince et un schéma trabéculaire délicat. Les os longs sont pneumatisés pour alléger l'oiseau au maximum. Un clinicien non averti pourrait confondre cela avec des lésions d'ostéoporose. Une densification osseuse médullaire homogène des os longs s'observe chez les femelles en période de reproduction. Ce phénomène correspond à un stockage de calcium physiologique et s'observe particulièrement au niveau du fémur. Les différentes affections du système osseux observables à la radiographie sont les fractures, les lésions d'ostéolyse (tumeurs, arthrites infectieuses, pododermatites septiques), les réactions inflammatoires prolifératives du périoste, les déformations osseuses chez le jeune signe d'un mauvais apport en calcium, phosphore et vitamine D.

#### b) Données pratiques

Des clichés types réalisés sur des oiseaux présentant une apparente bonne santé permettent d'établir par la suite une comparaison.

En règle générale, la tension doit être basse (kV compris entre 40 et 55), l'intensité relativement élevée (mA de 100 à 200), le temps d'exposition très court (1/30 à 1/60 seconde) en accord avec le rythme respiratoire élevé des oiseaux, et la source très focalisée.

Afin d'obtenir des clichés de bonne qualité il est indispensable que le patient reste tranquille et soit

contenu de manière efficace. Aussi la plupart du temps le recours à une anesthésie flash à l'isoflurane est nécessaire.

## B. La tête

### i. Ostéologie

#### a) Généralités sur le crâne des oiseaux [19, 24, 25, 26, 37]

Le crâne d'un oiseau est celui d'un reptile dont le cerveau serait extrêmement développé. Les caractéristiques du crâne chez les oiseaux sont les suivantes : l'agrandissement de la cavité cérébrale avec ossification complète de ses parois, le déplacement du *foramen magnum* vers la face ventrale, l'oblitération précoce des sutures osseuses (caractère de vertébrés volants) et l'allègement général poussé à l'extrême. Là où il ne paraît pas indispensable à la solidité, l'os remplace le cartilage. D'autre part presque tous les os de la tête sont pneumatisés, à partir de diverticules des sinus aériens ou de la cavité tympanique. Il en résulte un système complexe de cavités, ventilées à partir du nasopharynx. Enfin dans un but ultime d'allègement certains phanères ont disparu : la denture encore présente chez les ancêtres des oiseaux, s'est vue remplacée par un bec corné. La diminution de poids ainsi obtenue se trouve accentuée par la réduction de la musculature crânienne. Ce changement de structure est accompagné d'un développement massif des muscles du gésier, qui remplace une bonne partie des fonctions masticatrices.

Le crâne des oiseaux est de type *diapside*. La perte de l'arcade post-orbitaire et de la barre temporale supérieure permet la réunion des fenêtres temporales et de l'orbite. L'anneau orbitaire s'ouvre largement du côté ventral, en avant vers la cavité nasale et en arrière vers l'articulation mandibulaire. De plus la lame temporale inférieure est réduite. Elle persiste sous la forme d'une arcade jugale très fine, et composée d'avant en arrière des os maxillaire, jugal et quadrato-jugal.

La mâchoire est de type *autostylique*, c'est à dire que le ptérygo-carré reste totalement indépendant de l'arc hyoïde (c'est le cas chez tous les tétrapodes).

#### b) Le maxillaire [19, 23, 24, 26, 27, 28, 37]

La maxille est la mâchoire supérieure des oiseaux, réduite comparée aux autres vertébrés. Elle s'étire en un bec supérieur, composé des os prémaxillaire, nasal et maxillaire, fenestré par la narine et la fenêtre antorbitaire. Le septum nasal peut s'ossifier en ethmoïde. Les fosses nasales sont rudimentaires (perte de l'olfaction). Latéralement l'os maxillaire se prolonge par le processus jugal, qui rejoint l'os jugal pour former la portion rostrale de l'arc jugal. La portion caudale de l'arc jugal est formé par un autre os, le quadrato-jugal qui s'articule caudalement avec l'os carré.

L'os lacrymal (ou préfrontal) situé dans la portion rostrale s'articule avec le rameau latéral de l'os nasal et dans une moindre mesure, avec l'os frontal. L'os nasal est complexe chez les oiseaux. Il forme le toit de la cavité nasale et le bord caudal des narines externes. Rostralement il rejoint les processus nasaux du pré-maxillaire.

Chez les oiseaux le neurocrâne et le splanchnocrâne sont nettement séparés par les très larges cavités orbitaires. La très grande taille de la région orbitaire est une caractéristique du crâne aviaire. L'agrandissement des orbites réduit le toit crânien à une poutrelle. Ceci est en relation avec l'évolution du système visuel, aux dépens des organes olfactifs. Les deux orbites sont séparées par un septum interorbitaire qui présente sur son bord caudal un orifice pour le passage du nerf optique. Le septum interorbitaire est totalement ossifié chez le vautour. L'orbite est mal délimitée, les ossifications circumorbitaires ayant disparu.

Le neurocrâne est bien développé comparativement à celui des reptiles. Il est d'autant plus important que la taille de l'oiseau est petite. La boîte crânienne est globuleuse et prend une extension considérable en relation avec le développement des hémisphères cérébraux. Ses parois sont totalement ossifiées. Une fosse temporale, peu profonde, déprime la paroi antéro-latérale de la boîte crânienne.

La portion caudale du crâne est formée d'une série d'os qui sont soudés chez l'adulte. Immédiatement caudalement au pariétal se trouve l'unique os médial supraoccipital : il forme le bord dorsal du *foramen magnum* qui est lui même bordé latéralement par une paire d'os exoccipitaux et ventralement par l'os basioccipital. Chacun des os exoccipitaux forme les marges caudales de la cavité tympanique.

L'os occipital chez les oiseaux ne présente qu'un seul condyle qui s'articule avec les deux premières vertèbres cervicales. Le trou occipital et l'articulation avec la colonne vertébrale se trouvent dans un plan incliné ventralement. Ceci est en relation avec la marche bipède et est particulièrement développé chez les Rapaces. Les mouvements de la tête sont fonction uniquement de l'articulation entre le condyle et l'Atlas. La deuxième vertèbre cervicale, l'Axis, n'intervient pas dans les mouvements de rotation comme chez les Mammifères.

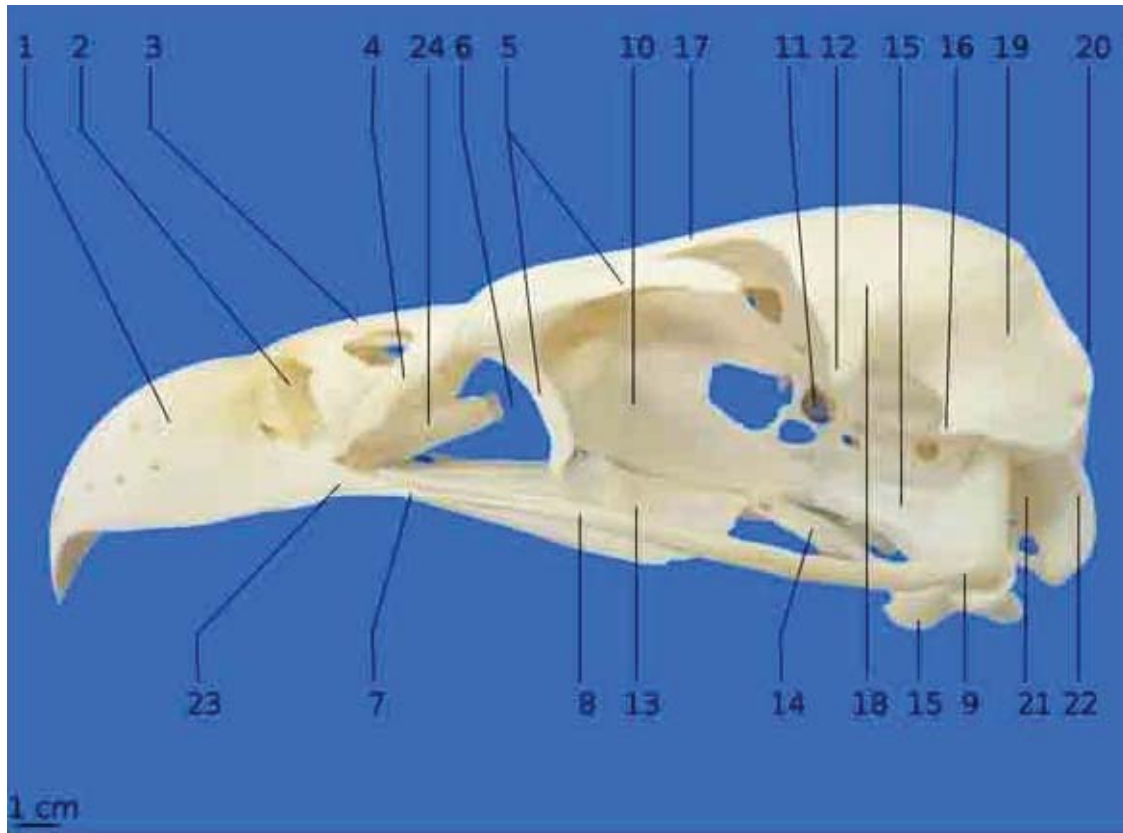
L'os carré n'est pas englobé dans la chaîne des osselets de l'oreille moyenne comme chez les mammifères (où il forme l'enclume qui s'articule avec le marteau - l'os articulaire des oiseaux). Chez les oiseaux l'os carré assure la liaison entre le crâne et la mandibule. Comme son nom l'indique il est de forme quadrangulaire. Le carré est toujours très complexe quelle que soit l'espèce d'oiseau. Ventralement les condyles du carré s'articulent avec la mandibule, médialement ils s'articulent avec les os pterygoïdes. L'os carré est solidarisé dorsalement par des ligaments à l'os squamosal. Enfin un processus orbitaire du carré s'étend dans l'orbite ; il sert de point d'insertion pour le muscle quadrato-orbitaire dont la contraction tire vers l'avant l'extrémité distale du carré. Par l'intermédiaire des arcs jugal et ptérygo-palatin ce mouvement fait basculer le bec vers le haut.

L'os ethmoïde ne contribue pas à la formation de la boîte crânienne proprement dite. En réalité il se limite à une lame criblée, qui s'étend rostralement à l'orbite, et qui sépare la cavité nasale de l'orbite. Il n'y a qu'une seule ouverture pour le passage à la fois du nerf olfactif et du nerf ethmoïde.

Le palais se réduit de chaque côté à une tige palato-ptérygoïde appliquée ou soudée sur l'os prémaxillaire ; les deux vomers s'unissent en une pièce impaire dans le plan médian. Ces os étroits laissent subsister entre eux des fenêtres, en particulier une ouverture médiane qui peut confluer avec les choanes.

Selon l'importance relative des constituants palatins et selon leurs relations avec la base crânienne, on distingue deux types de constructions auxquelles on attribue une valeur pour déterminer deux groupes d'oiseaux, les paléognathes et les néognathes. Les paléognathes sont considérés comme primitifs, ce sont les Ratites et les Tinamous. Chez les néognathes (auxquels appartient le vautour

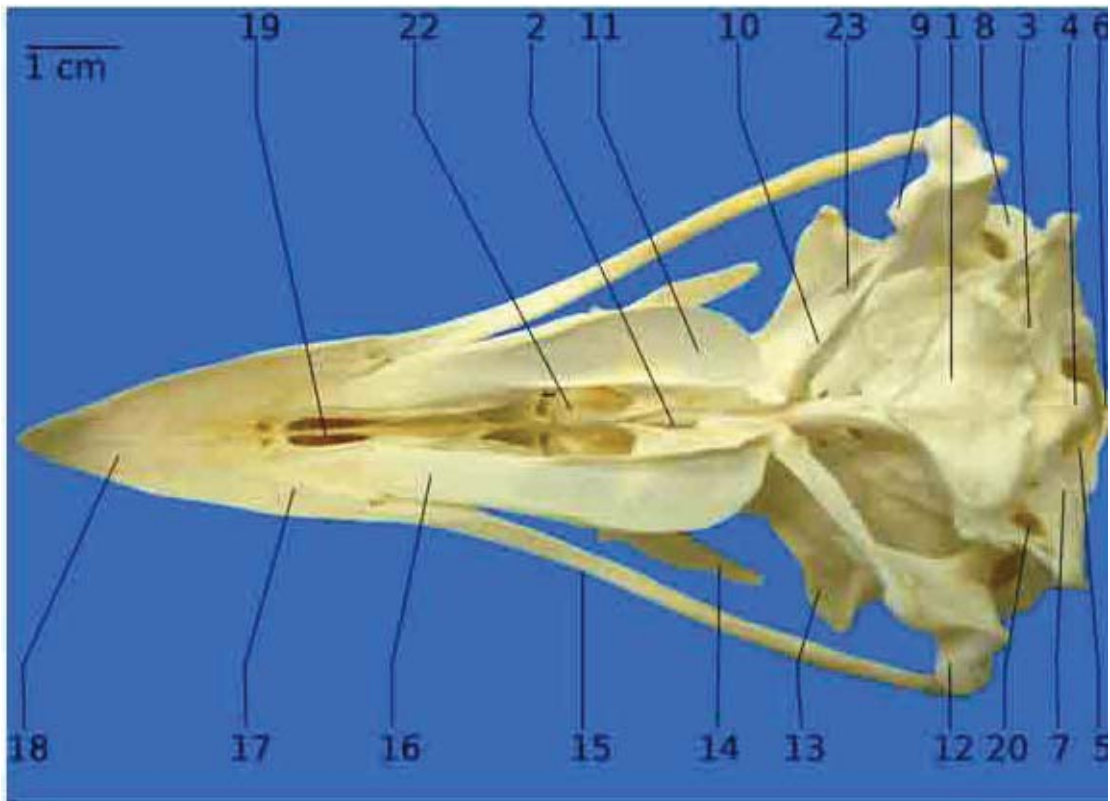
fauve) le vomer est petit, les palatins allongés s'articulent ou se soudent aux prémaxillaires. La suture ptérygo-palatine est remplacée par un point mobile ; les ptérygoïdes s'articulent sur le rostrum et sont séparés du vomer par les palatins. Les processus basiptérygoïdes sont réduits ou absents.



**Figure 1** : Aspect latéral gauche du crâne

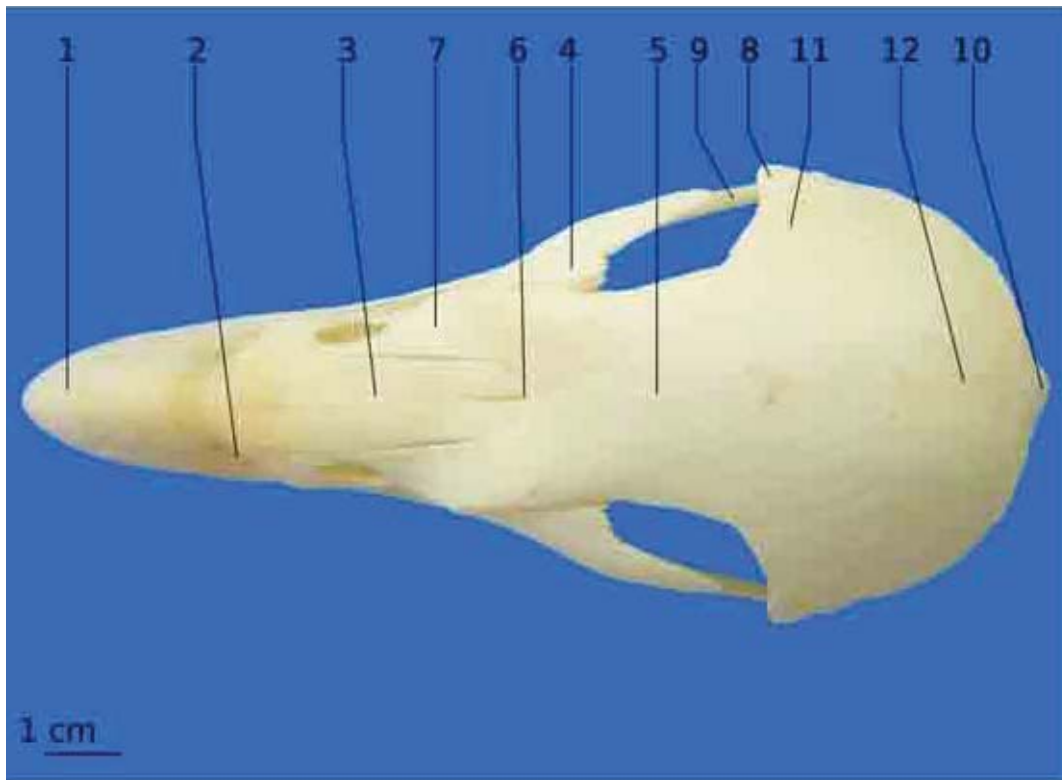
- |  |   |
|--|---|
| 1 : Os prémaxillaire ( Os incisif)     | 13 : Os palatin                             |
| 2 : Narine externe                     | 14 : Os ptérygoïde                          |
| 3 : Os nasal                           | 15 : Os carré                               |
| 4 : Processus maxillaire de l'os nasal | 16 : Processus zygomatique de l'os temporal |
| 5 : Os lacrymal ou préfrontal          | 17 : Limite supraorbitaire de l'os frontal  |
| 6 : Sinus maxillaire                   | 18 : Os frontal                             |
| 7 : Processus jugal du maxillaire      | 19 : Os squamosal                           |
| 8 : Os jugal                           | 20 : Crête nuchale                          |
| 9 : Os quadrato-jugal                  | 21 : Méat acoustique externe                |
| 10 : Septum interorbitaire             | 22 : Opisthotique                           |
| 11 : Foramen optique                   | 23 : Processus maxillaire du prémaxillaire  |
| 12 : Processus postorbitaire           | 24 : Os maxillaire                          |

N.B.: l'arc jugal encore appelé arc zygomatique, est composé des structures 7, 8 et 9.



**Figure 2** : Aspect basal du crâne

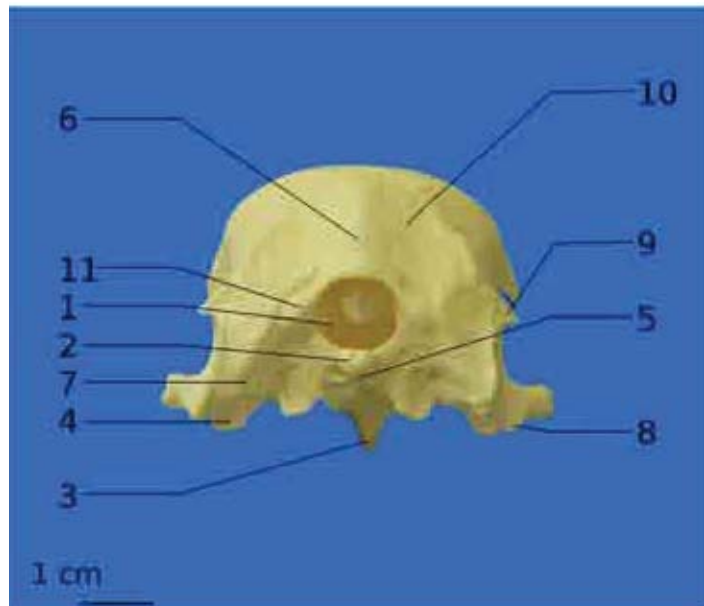
- |                             |   |
|-----------------------------|---|
| 1 : Os basisphénoïde        | 12 : Condyle de l'os carré              |
| 2 : Vomer                   | 13 : Fosse orbitaire                    |
| 3 : Foramen du nerf vague   | 14 : Os lacrymal                        |
| 4 : Condyle occipital       | 15 : Arc jugal                          |
| 5 : <i>Foramen magnum</i>   | 16 : Processus maxillaire du palatin    |
| 6 : Os supraoccipital       | 17 : Os maxillaire                      |
| 7 : Os exoccipital          | 18 : Os prémaxillaire                   |
| 8 : Méat acoustique externe | 19 : Os nasal                           |
| 9 : Os carré                | 20 : Foramen jugulaire                  |
| 10 : Os ptérygoïde          | 22 : Choanes                            |
| 11 : Os palatin             | 23 : Processus orbitaire de l'os carré. |



**Figure 3:** Aspect dorsal du crâne

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| 1 : Os prémaxillaire              | 7 : Processus frontal du prémaxillaire |
| 2 : Ouverture externe des narines | 8 : Processus postorbitaire            |
| 3 : Os nasal                      | 9 : Arc jugal                          |
| 4 : Os lacrymal (os préfrontal )  | 10 : Os supraoccipital                 |
| 5 : Os frontal                    | 11 : Région postorbitaire              |
| 6 : Jonction os nasal/os frontal  | 12 : Os pariétal                       |

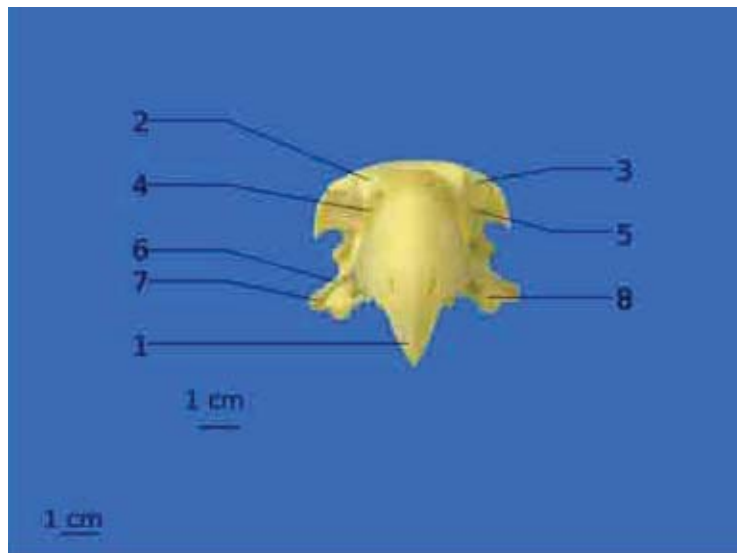




**Figure 4 : Aspect nuchal du crâne**

1 : *Foramen magnum*  
 2 : Condyle occipital  
 3 : Os prémaxillaire  
 4 : Os basisphénoïde  
 5 : Os basioccipital  
 6 : Os supraoccipital

7 : Foramen de la cavité tympanique  
 8 : Os carré  
 9 : Os temporal  
 10 : Os pariétal  
 11 : Os exoccipital



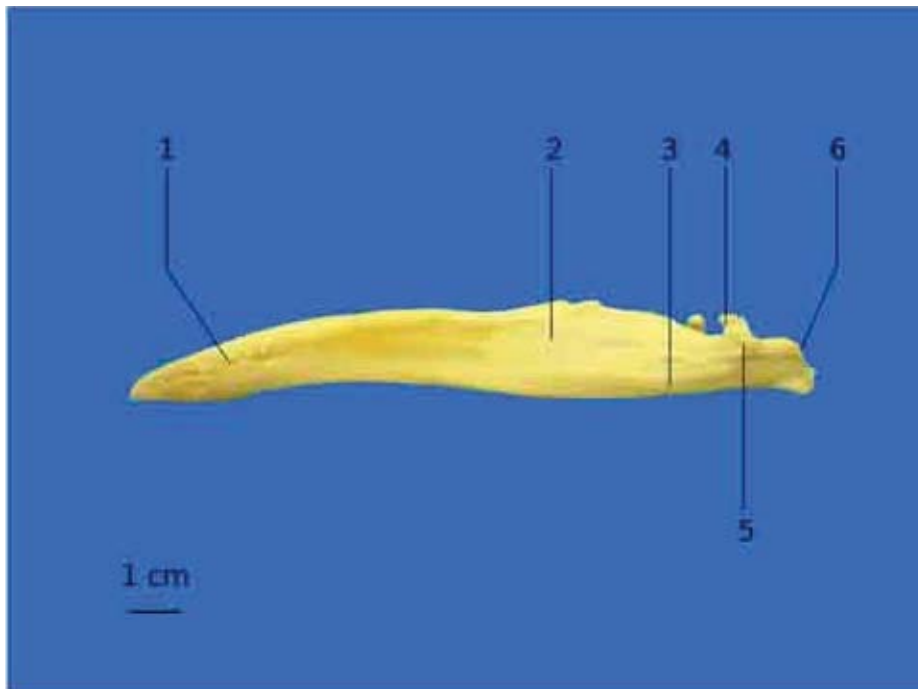
**Figure 5 : Aspect frontal du crâne**

1 : Os prémaxillaire  
 2 : Os nasal  
 3 : Os lacrymal  
 4 : Narine externe

5 : Orbite  
 6 : Arc jugal  
 7 : Os quadratojugal  
 8 : Os carré

c) La mandibule [26, 37]

La mâchoire inférieure est typiquement une mandibule de reptile. Plusieurs os contribuent à la formation de la mâchoire inférieure : chez les adultes ils fusionnent et les limites entre les structures ne sont pas nettes. On trouve l'os dentaire, l'os articulaire et les os angulaire et supra-angulaire. La mandibule s'articule sur le reste du crâne par une articulation entre l'os carré et l'os articulaire. Cette articulation est de type reptilien, elle caractérise les amniotes non mammaliens.

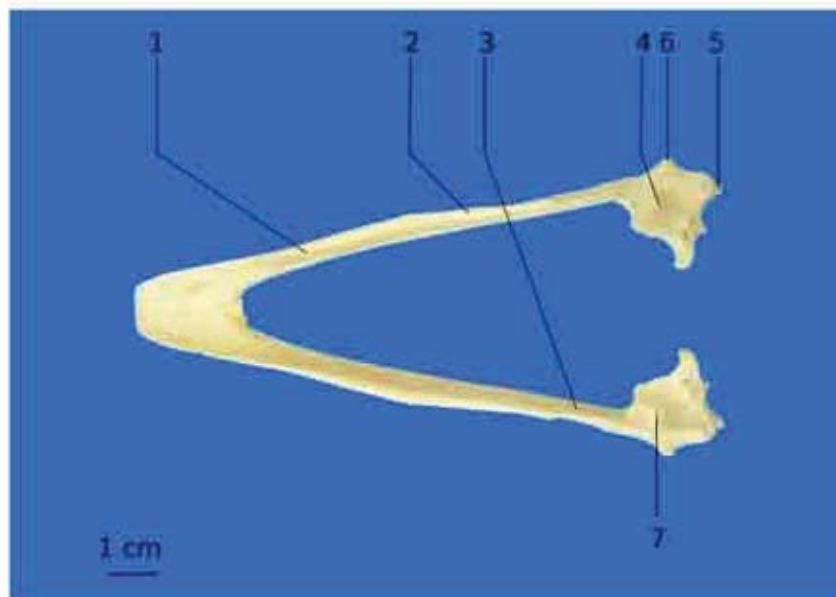


**Figure 6** : Aspect latéral gauche de la mandibule

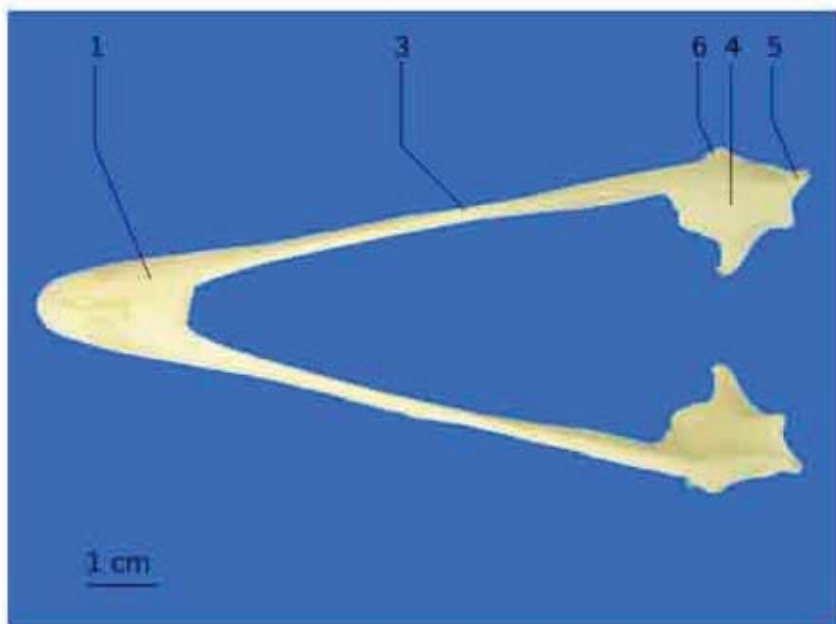
1 : Os dentaire  
2 : Os supra-angulaire  
3 : Os angulaire  
4 : Os articulaire

5 : Processus articulaire latéral  
6 : Processus post-articulaire





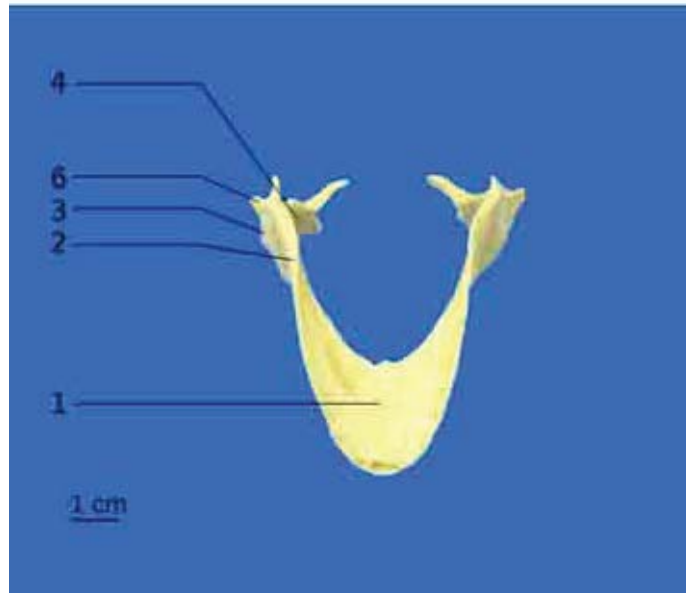
**Figure 7** : Aspect dorsal de la mandibule



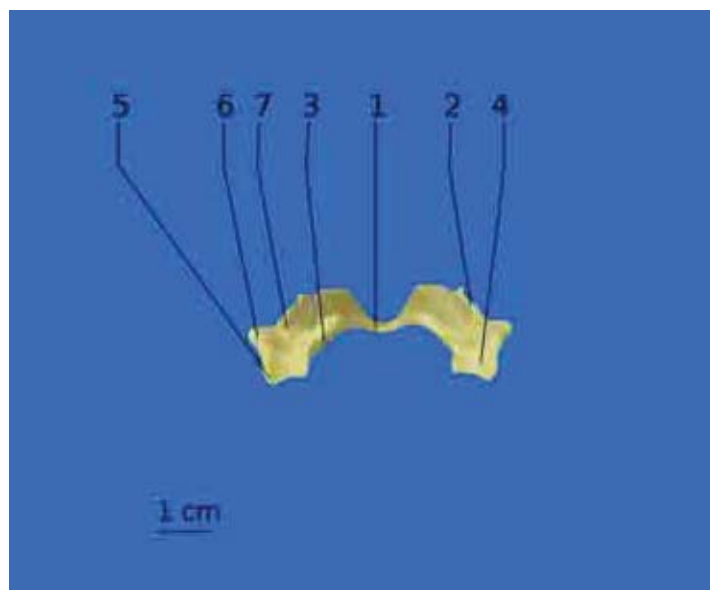
**Figure 8** : Aspect basal de la mandibule

- 1 : Os dentaire
- 2 : Os supra-angulaire
- 3 : Os angulaire
- 4 : Os articulaire

- 5 : Processus rétroarticulaire
- 6 : Processus articulaire latéral
- 7 : Processus articulaire médial



**Figure 9** : Aspect frontal de la mandibule



**Figure 10** : Aspect nuchal de la mandibule

1 : Os dentaire  
 2 : Os supra-angulaire  
 3 : Os angulaire  
 4 : Os artulaire

5 : Processus rétroarticulaire  
 6 : Processus artulaire latéral  
 7 : Processus artulaire médial

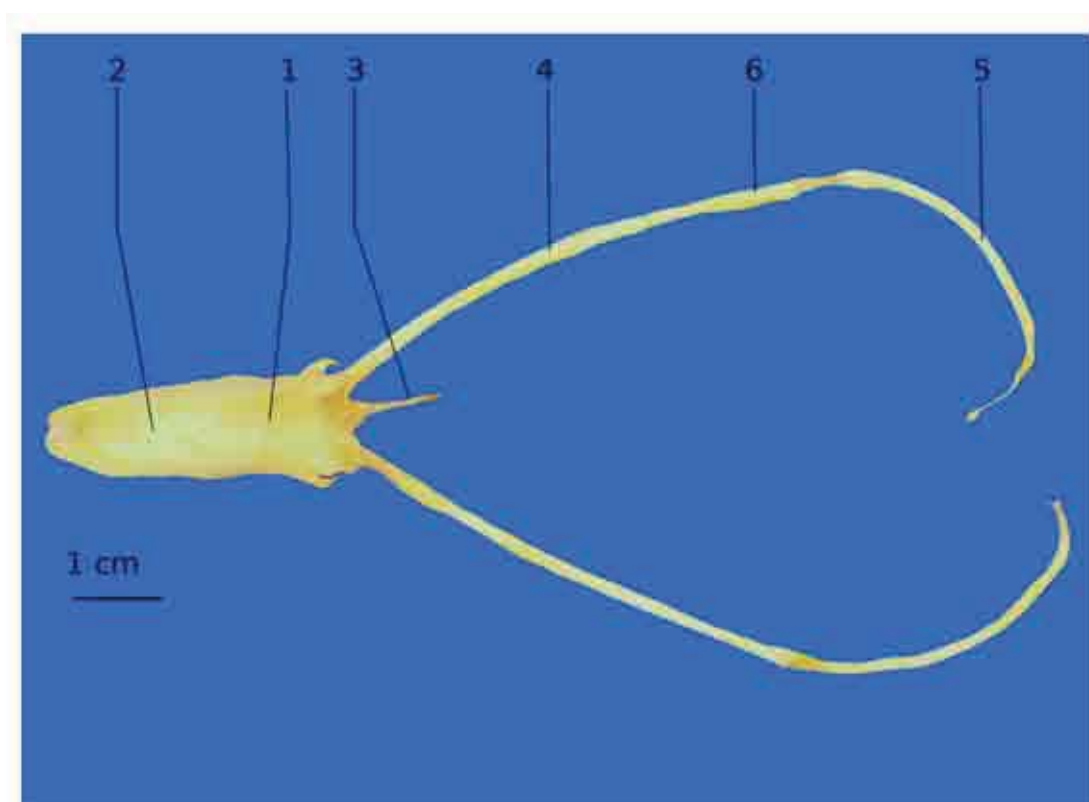
d) L'appareil hyoïdien [19, 28, 37]

Encore nommé appareil hyobranchial ou hyolingual, l'appareil hyoïdien est formé d'un ensemble de pièces osseuses ou fibro-cartilagineuses qui soutient de façon souple et mobile la langue.

La pièce principale, médiane et impaire, est le corps de l'os hyoïde ou basibranchial rostral, encore appelé basihyal («basihyoïde»). Le basihyal se trouve dans la partie fixe de la langue. C'est une petite pièce osseuse épaisse et courte, plus ou moins incurvée en arc, concave sur sa face dorsale et convexe à l'opposé. Le prolongement médian et rostral de cet os est le processus lingual, anciennement appelé « entoglosse », qui plonge dans la racine de la langue et donne insertion à plusieurs muscles linguaux.

On compte trois prolongements caudaux au corps de l'os hyoïde. L'urohyal ou basibranchial caudal est une fine baguette osseuse, courte et située dans le plan médian. Les arcs de suspension ou cornes hyoïdiennes sont des prolongements caudaux qui soutiennent le larynx et le pharynx ; ils sont disposés de façon symétrique et comprennent chacun 2 pièces osseuses :

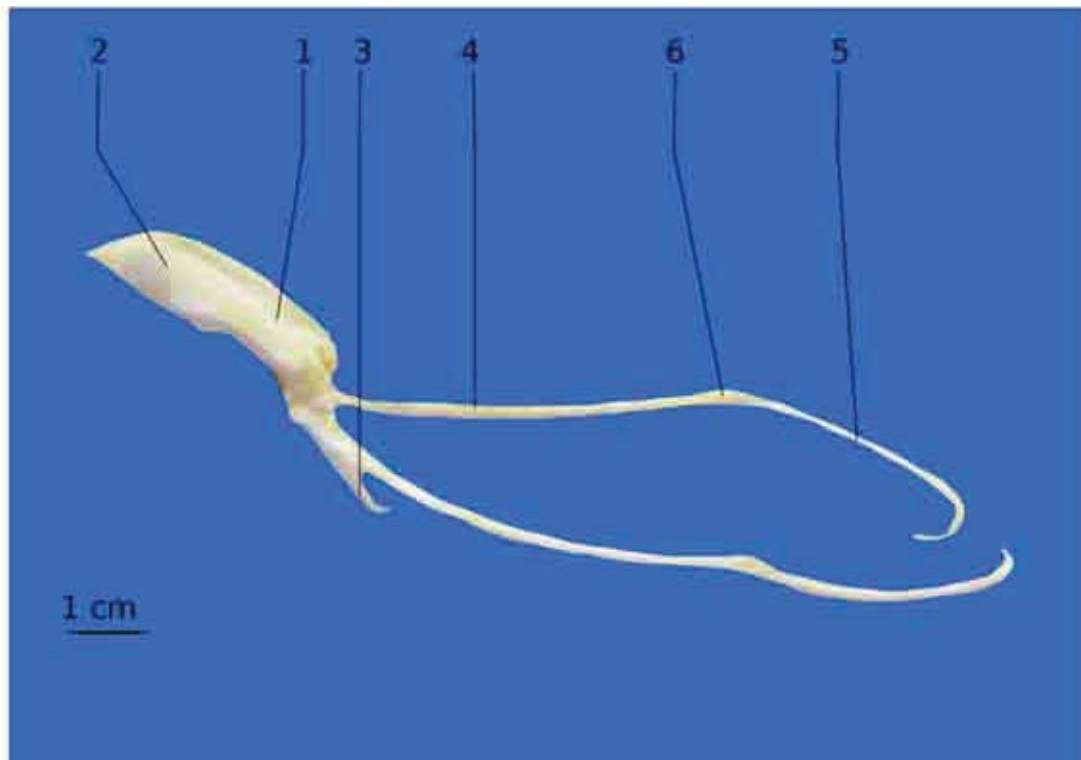
- le cératobranchial, qui est un petit cylindre osseux qui s'articule avec le corps de l'os hyoïde et dont la portion caudale est dirigée un peu latéralement. Il se prolonge par une baguette osseuse tout aussi fine, et
- l'épibranchial qui se recourbe en direction du plan médian.



**Figure 11** : Aspect dorsal de l'os hyoïde

1 : Basihyal (corps de l'os hyoïde)  
2 : Entoglosse  
3 : Urohyal

4 : Cératobranchial  
5 : Epibranchial  
6 : Artic. cératobranchial/épibranchial



**Figure 12** : Aspect latéral gauche de l'os hyoïde

1 : Basihyal (corps de l'os hyoïde)  
 2 : Entoglosse  
 3 : Urohyal

4 : Cératobranchial  
 5 : Epibranchial  
 6 : Artic. cératobranchial/epibranchial

## ii. Radiographie [35]

L'étude radiographique présentée ici comprend une incidence ventro-dorsale, et une incidence latérale gauche. Pour la réalisation de ces clichés, l'animal est positionné en décubitus dorsal, la tête légèrement en extension pour le premier, et en décubitus latéral gauche pour le second.



**Radiographie n°1 : Projection latérale gauche de la tête**

- 1 : Rhamphothèque supérieure
- 2 : Rhamphothèque inférieure
- 3 : Os prémaxillaire
- 4 : Mandibule
- 5 : Os palatin
- 6 : Narines externes
- 7 : Os jugal

- 8 : Orbité
- 9 : Os frontal
- 10 : Crâne
- 11 : Os squamosal
- 12 : Condyle occipital
- 13 : Appareil hyoïdien (épibranchial)
- 14 : Trachée



**Radiographie n°2** : Projection ventro-dorsale de la tête

1 : Rhamphothèque supérieure  
 2 : Os prémaxillaire  
 3 : Œil  
 4 : Crâne

5 : Appareil hyoïdien  
 6 : Mandibule  
 7 : Os jugal  
 8 : Trachée

## C. La colonne vertébrale [25, 27, 36]

La colonne vertébrale est faite d'une succession de pièces métamérisées : les vertèbres. Cette tige osseuse solide et flexible, sert d'axe au squelette et se trouve creusée dans sa longueur par le canal vertébral (anciennement appelé « canal rachidien ») qui abrite la moelle épinière. Elle porte la tête à son extrémité crâniale, donne attache aux membres, et se termine par une zone effilée et libre.

Les vertèbres présentent des différences morphologiques qui correspondent à une spécialisation fonctionnelle. Il en résulte une subdivision de la colonne en cinq parties : cervicale, thoracique, lombaire, sacrale et coccygienne.

### i. Caractères généraux des vertèbres aviaires [25, 27, 36]

Une vertèbre comprend trois parties : un corps ou centre vertébral qui se forme autour de la corde, un arc neural dorsal qui entoure la moelle épinière et un arc hémal ventral qui entoure l'artère et la veine caudale. Le corps et l'arc dorsal délimitent un large canal : le *foramen* vertébral qui participe avec ceux des autres vertèbres à la constitution du canal vertébral.

**Le corps vertébral** se développe autour de la corde embryonnaire qu'il étrangle et peut faire disparaître. Il se situe ventralement au *foramen* vertébral. Les vertèbres sont pourvues d'un centre de forme variée suivant les régions considérées. Ce corps présente 4 faces : une dorsale, une ventrale et deux articulaires, crâniale et caudale, qualifiées aussi d'extrémités. Chez les oiseaux les deux faces articulaires ont la forme d'une selle, on parle de vertèbres *hétérocœles*. Une articulation en selle oppose une surface convexe dans un sens et concave dans l'autre à une autre surface inversement conformée. Ce type permet des mouvements d'opposition dans deux plans perpendiculaires. Il est rarement réalisé chez les mammifères et est plus caractéristique des oiseaux. En outre il donne aux vertèbres cervicales leur grande mobilité.

**L'arc neural** est situé dorsalement au *foramen* vertébral et sa face ventrale en constitue le plafond. Cette surface est concave et à peu près lisse. La face dorsale est irrégulière et porte des saillies multiples et caractéristiques.

- Le processus épineux est médian et impair. Il donne attache à divers muscles et son développement varie suivant les vertèbres.
- De chaque côté se détache un processus transverse dont le volume et la forme sont aussi très variables suivant les régions considérées.
- Enfin l'arc neural porte à sa base des processus articulaires pairs entre vertèbres contiguës, ou zygapophysies, crâniales et caudales. Les processus articulaires crâniens sont orientés en direction dorsale et les processus caudaux, qui surplombent leurs opposés et les chevauchent, sont tournés ventralement.

**L'arc hémal** n'est complètement développé qu'au niveau des vertèbres caudales. Sur ces vertèbres il se prolonge ventralement par une épine hémale plus ou moins importante, vestige des pièces basales de la nageoire anale des poissons.

### ii. La colonne cervicale [19, 23, 24, 37]

Les vertèbres cervicales sont toujours très nombreuses chez les Oiseaux. Leur nombre varie entre 8

(perroquets de la famille des *Ara*) et 25 (cygne). Cette différence est avant tout due à la variabilité de la longueur du cou qui s'adapte à différentes fonctions suivant les espèces.

Chez le vautour, on compte 16 vertèbres cervicales. L'ensemble de ces vertèbres constitue une tige cervicale particulièrement mobile et décrivant une inflexion sigmoïde caractéristique. Cette grande mobilité permet à l'oiseau d'utiliser son bec pour des tâches multiples, qui chez les mammifères sont souvent accomplies par les membres thoraciques.

Lorsque l'on compte les vertèbres cervicales on considère que la 1<sup>ère</sup> vertèbre thoracique est celle qui porte la 1<sup>ère</sup> côte. Les deux premières vertèbres cervicales, l'Atlas et l'Axis, présentent une structure particulière.

#### a) Étude ostéologique

##### •Atlas [23, 24, 25, 27, 36, 37]

Chez les oiseaux, comme chez l'homme, Atlas est un petit anneau osseux, qui s'articule d'une part avec le condyle occipital et d'autre part avec la deuxième vertèbre cervicale, l'Axis. Cette vertèbre se caractérise par une absence apparente de corps, remplacé par un arc ventral.

Contrairement aux mammifères, Atlas ne possède pas d'ailes chez la plupart des oiseaux. Chez le vautour fauve l'arc d'atlas se prolonge de chaque côté par une fine baguette osseuse, le processus costal d'atlas, dirigé en bas et en arrière en direction du processus transverse, avec lequel il tend à former l'anse costotransversaire.

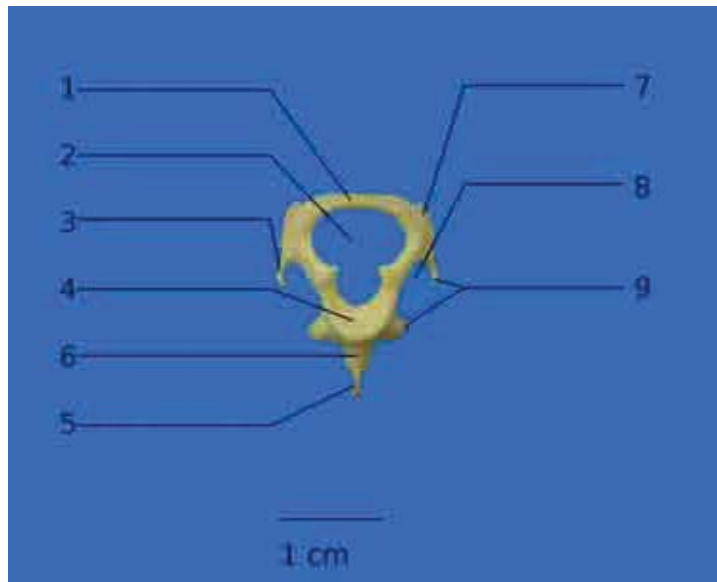
Le tubercule dorsal d'Atlas, vestige du processus épineux, n'existe pas chez les oiseaux. Sur la face caudale de l'arc dorsal on trouve deux surfaces articulaires, au niveau des processus caudaux, pour répondre à l'Axis. Bien que légèrement modifiées par rapport aux autres vertèbres il s'agit ici des zygapophysys que nous avons décrites précédemment. L'articulation entre l'Atlas et l'Axis ne fait pas exception de ce point de vue. Atlas possède caudalement deux surfaces articulaires orientées ventralement qui chevauchent les deux surfaces articulaires crânielles, orientées dorsalement d'Axis.

Le corps d'atlas forme le plancher du *foramen* vertébral à sa face dorsale, qui est aussi occupée par une surface concave et courte revêtue de cartilage pour répondre à la dent de l'axis : l'échancrure (incisure) de la fosse, qui équivaut à la *fovea dentis* des mammifères. Sur la face crâniale on trouve la cavité articulaire pour le condyle occipital, la fosse condyloïde. Cette surface articulaire se trouve dans le plan médian, elle est concave, en forme d'hémisphère pour répondre au condyle occipital. L'os occipital s'articule à la fois avec la première et la seconde vertèbre cervicale.

Sur la face caudale du corps se trouve la surface articulaire postérieure, située dans le plan médian, pour l'articulation avec le corps de l'axis. Comme pour les autres vertèbres il s'agit d'une articulation en selle.

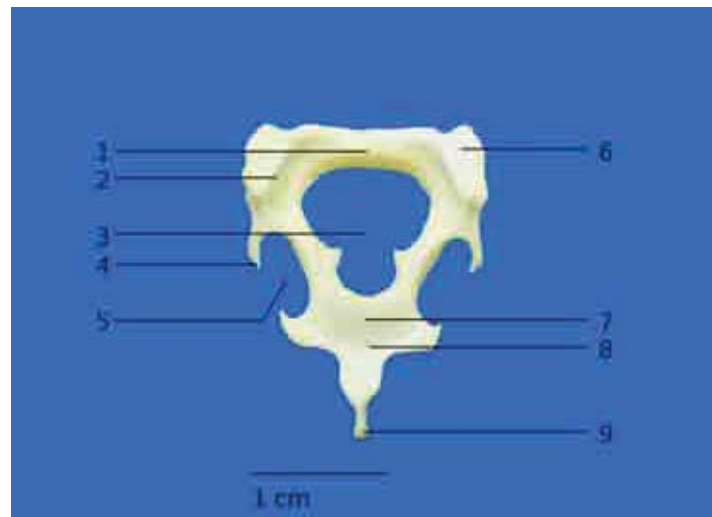
La face ventrale est convexe et présente un tubercule ventral saillant (chez le vautour mais ce n'est pas le cas chez toutes les espèces d'oiseaux) destiné à des insertions musculaires. Nous verrons qu'en fonction des vertèbres cervicales considérées, ce tubercule ventral n'est pas toujours aussi développé.





**Figure 13** : Aspect rostral de l'Atlas

- |                                |                                  |
|--------------------------------|----------------------------------|
| 1 : Arc dorsal                 | 6 : Corps d'atlas                |
| 2 : <i>Foramen</i> vertébral   | 7 : Processus articulaire caudal |
| 3 : Processus costal d'atlas   | 8 : <i>Foramen</i> transversaire |
| 4 : Fosse condyloire           | 9 : Anse costotransversaire      |
| 5 : Processus ventral du corps |                                  |



**Figure 14** : Aspect nuchal de l'Atlas

- |   |                                 |
|---|---------------------------------|
| 1 : Arc d'atlas                                       | 6 : Zygapophyse caudale         |
| 2 : Surface articulaire de la zygapophyse postérieure | 7 : Corps d'atlas               |
| 3 : <i>Foramen</i> vertébral                          | 8 : Surface articulaire caudale |
| 4 : Processus costal d'atlas                          | 9 : Processus ventral du corps  |
| 5 : <i>Foramen</i> transversaire                      |                                 |

•Axis [23, 37]

Axis est la deuxième vertèbre cervicale. Elle sert d'axe de rotation pour Atlas et la tête, grâce à la présence d'un processus articulaire caractéristique, ou dent, porté crânialement par le corps.

Le corps de l'axis est bien formé. Il est pourvu à sa face ventrale d'une forte crête médiane, le processus ventral du corps, terminée par un tubercule peu prononcé. Sa surface articulaire crâniale est constituée par la dent de l'axis qui entre en contact avec Atlas et le condyle occipital. Cette dent est particulièrement courte chez le vautour. Elle se termine en s'élargissant pour former une zone en forme de bouton.

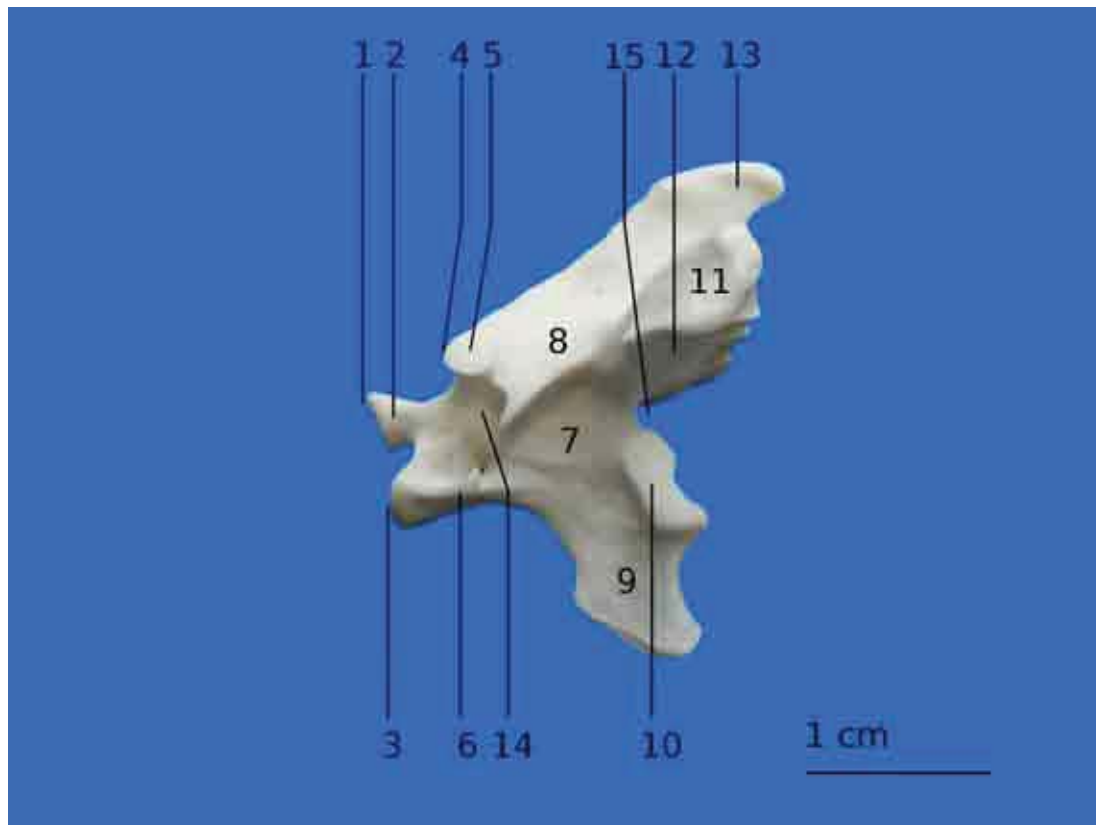
La face ventrale de la dent est convexe pour répondre à l'incisure de la fosse condyloïde (équivalente de la *fovea dentis*) d'Atlas. À la base de la dent, sur l'extrémité crâniale du corps se trouve une expansion articulaire destinée à répondre à la surface articulaire caudale de l'Atlas, la surface articulaire atlantique.

L'arc d'Axis est saillant, surélevé et large. Le processus épineux est fort, allongé dans le sens crânio-caudal et pointu.

Les processus articulaires caudaux sont larges et légèrement concaves. Ils sont orientés ventralement pour chevaucher les processus articulaires crâniens de C3, orientés dorsalement.

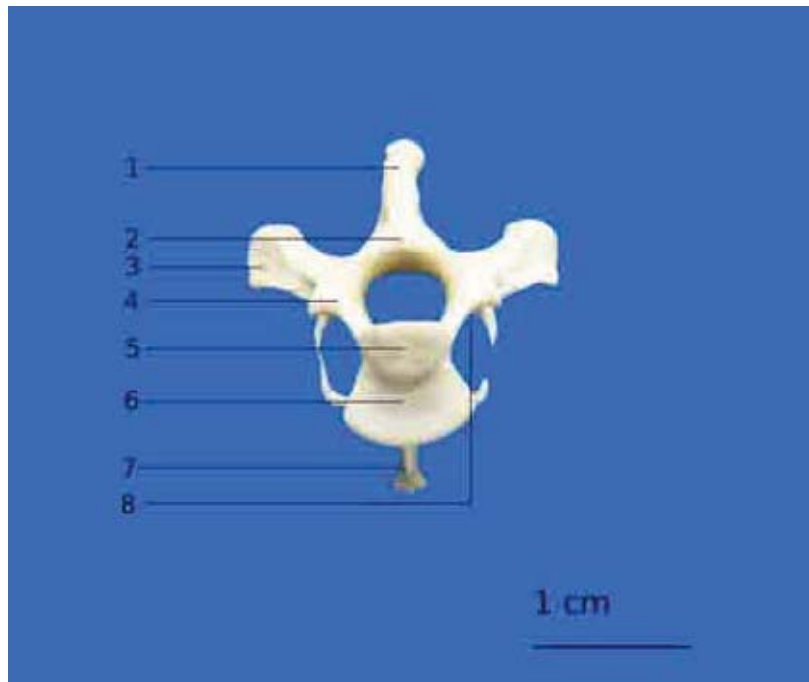
L'articulation entre l'Atlas et l'Axis est chez certains oiseaux totalement ossifiée donc immobile. De manière générale elle ne permet que peu de mouvements. C'est plutôt l'articulation atlanto-occipitale qui donne leur mobilité à la tête et à la colonne cervicale antérieure.

Comme celui d'Atlas, le processus costal d'axis est une baguette osseuse qui ménage un large orifice qui forme le *foramen* transversaire.



**Figure 15** : Aspect latéral gauche de l'Axis

- 1 : « *Glans dentis* »
- 2 : Dent d'axis
- 3 : Surface articulaire crâniale du corps vertébral
- 4 : Processus articulaire crânial
- 5 : Surface articulaire du processus articulaire crânial
- 6 : Processus transverse
- 7 : Corps vertébral
- 8 : Arc vertébral
- 9 : Processus ventral du corps
- 10 : Surface articulaire caudale du corps vertébral
- 11 : Processus articulaire caudal
- 12 : Surface articulaire du processus articulaire caudal
- 13 : Processus épineux
- 14 : *Foramen* transversaire
- 15 : Incisure caudale de l'arc



**Figure 16** : Aspect rostral de l'Axis

- |                                   |                                  |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| 1 : Processus épineux             | 5 : Dent                         |
| 2 : Arc vertébral                 | 6 : Surface articulaire crâniale |
| 3 : Processus articulaire caudal  | 7 : Crête vertébrale ventrale    |
| 4 : Processus articulaire crânial | 8 : Incisure crâniale de l'arc   |



**Figure 17** : Aspect dorsal de l'Axis

- |   |                                  |
|---|----------------------------------|
| 1 : Processus épineux                                   | 6 : Processus ventral du corps   |
| 2 : Processus articulaire caudal                        | 7 : Incisure vertébrale caudale  |
| 3 : Surface articulaire du processus articulaire caudal | 8 : Anse costotransversaire      |
| 4 : <i>Foramen</i> vertébral                            | 9 : <i>Foramen</i> transversaire |
| 5 : Surface articulaire caudale du corps vertébral      |                                  |

•La colonne cervicale vue dans son ensemble [19, 23, 24, 37]

C'est dans la région cervicale que la vertèbre atteint la structure la plus compliquée et aussi la plus variable. Les corps des vertèbres cervicales s'articulent les uns aux autres par des articulations en selle. Chaque articulation possède un disque articulaire qui est cartilagineux et perforé en son centre.

Le corps de ces vertèbres possède une crête ventrale prononcée pour les 3 premières vertèbres. En C4, la crête s'affaïsse pour finalement disparaître en C5. Un relief aplati médial, assimilable à une crête ventrale, apparaît de nouveau sur les 3 dernières cervicales.

L'arc neural concourt à délimiter un *foramen* vertébral large. Le processus épineux présente un développement variable. Absent sur Atlas, il est très prononcé sur les 3 vertèbres cervicales suivantes. Il s'affine au niveau de la 5<sup>ème</sup> vertèbre cervicale où il perd aussi de sa hauteur. Sur les 6<sup>ème</sup>, 7<sup>ème</sup> et 8<sup>ème</sup> vertèbres cervicales, il persiste une légère proéminence à peine visible. Dès C9 le processus épineux prend la forme d'un tubercule peu prononcé. Ce tubercule voit sa hauteur augmenter sur les vertèbres suivantes. Les 3 dernières vertèbres cervicales portent de nouveau un processus épineux prononcé, haut et fin surmonté par une zone élargie : la lèvre du processus épineux.

Deux paires de processus latéraux aident à l'articulation des vertèbres entre elles ; ce sont les zygapophysies antérieures formant les supports pour les deux zygapophysies postérieures de la vertèbre précédente. Dans la série des vertèbres cervicales, ces surfaces d'articulation sont dirigées différemment suivant la région concernée. La surface crâniale est tournée dorsalement dans la région rostrale du cou, et la surface caudale ventralement, permettant ainsi une flexion ventrale de la colonne. L'articulation entre les vertèbres se fait donc dans un plan horizontal. Dans la région moyenne, à partir de C6 chez le vautour, la surface crâniale dévie latéralement et la surface caudale de la vertèbre suivante lui répond en s'orientant médialement de telle sorte que l'articulation se fait alors dans un plan quasi vertical. Ceci facilite la flexion dorsale. La surface articulaire caudale de C9 et crâniale de C10 retrouve l'orientation rencontrée dans la portion antérieure de la colonne cervicale.

La transition entre les différents types de vertèbres peut être brutale dans certaines espèces, notamment le héron, mais elle est progressive chez le vautour. Cette organisation explique l'inflexion sigmoïde de la colonne cervicale, caractéristique des oiseaux.

Le processus transverse possède un large *foramen* transverse tout au long de la colonne cervicale, *foramen* qui permet le passage de l'artère vertébrale. Il disparaît en C16.

Notons enfin que la 3<sup>ème</sup> et la 4<sup>ème</sup> vertèbre cervicale possèdent un arc neural différent des autres vertèbres. Très développé, il s'étend latéralement et caudalement en une mince lame osseuse. Ces deux vertèbres sont aussi les seules à posséder un foramen latéral de l'arc, particulièrement large sur C4 (figure 21).

•La colonne cervicale : Aspect fonctionnel [23, 24, 37]

D'un point de vue fonctionnel, la colonne cervicale sert pour équilibrer le centre de gravité du corps et rendre le vol possible. La plupart des oiseaux étendent leur cou en vol pour déplacer ce centre sur une ligne qui relie les deux ailes. Cependant le vautour fauve fait partie des oiseaux qui replient leur

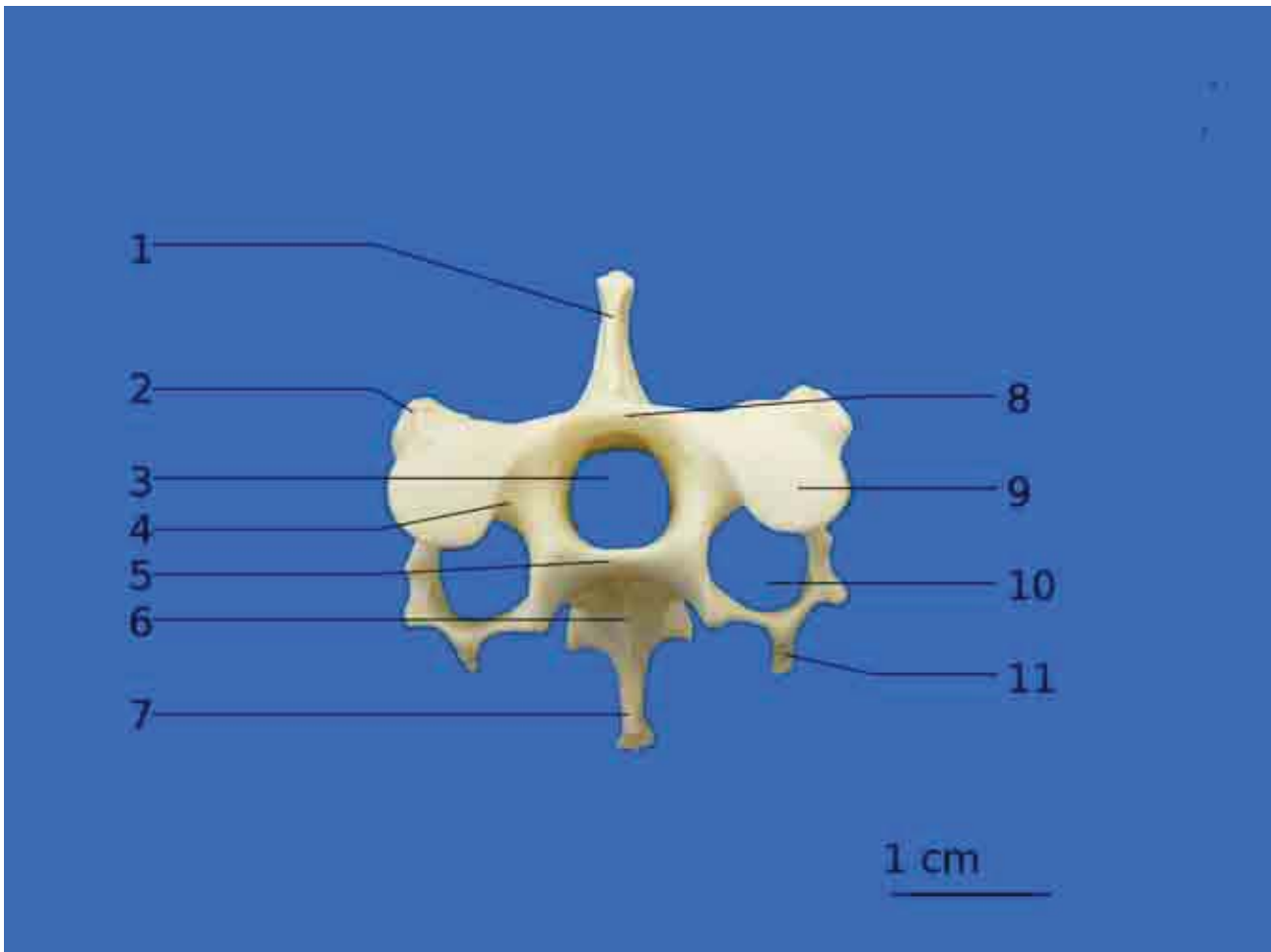
cou en « s » durant le vol. C'est le cas de tous les oiseaux qui possèdent un cou particulièrement long. Dans ce cas d'autres organes entrent en jeu pour équilibrer l'animal lors du vol (le poids du jabot ou du bec permet de déplacer le centre de gravité). Le cou agit aussi comme un bras portant une pince (le bec) chez des animaux dont les membres thoraciques sont réquisitionnés pour une autre fonction. Il permet à l'animal de saisir, lisser ses plumes etc.

Les ligaments élastiques liant les vertèbres entre elles sont surtout très forts dorsalement. Leur action tend constamment à renverser la tête sur le dos et trouve son antagonisme à la fois dans la masse de la tête et dans la musculature ventrale puissante.

La mobilité de la colonne cervicale est surtout remarquable dans les mouvements de rotation (la tête des oiseaux peut faire un tour de presque 360°).

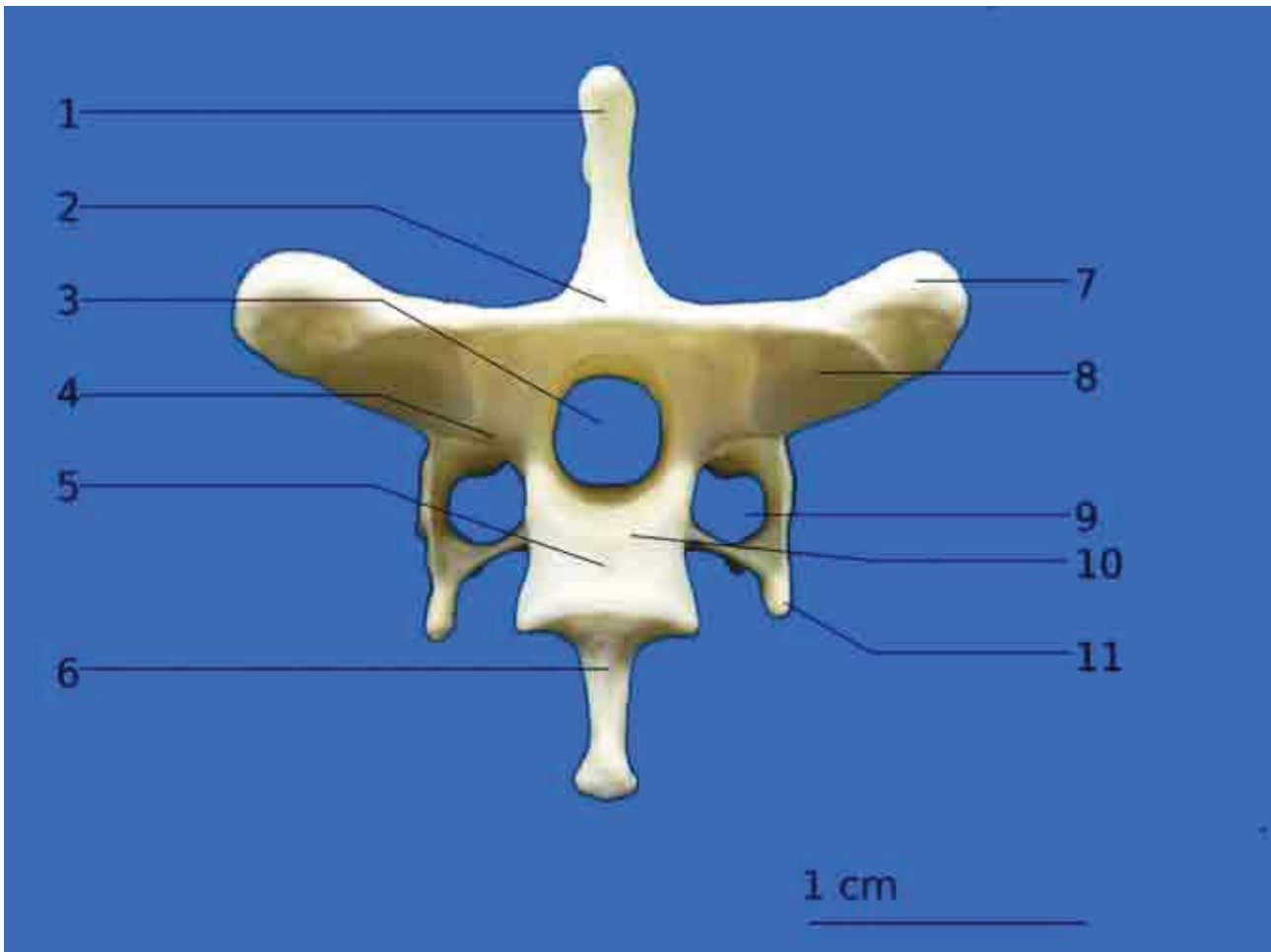


**Figure 18** : Aspect latéral gauche de la colonne cervicale entière ( C1-C16)



**Figure 19** : Aspect crânial de C3

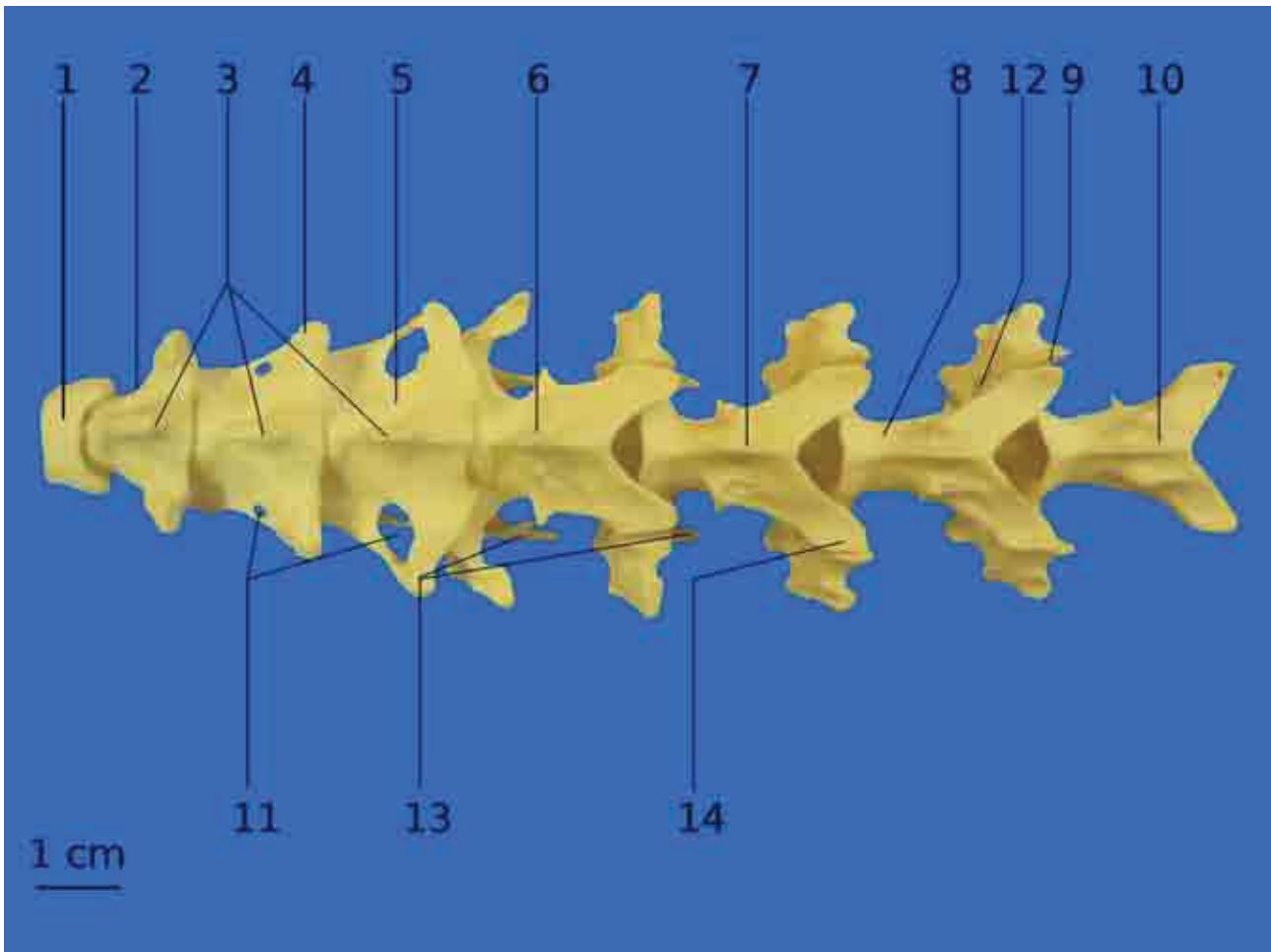
- 1 : Processus épineux
- 2 : Processus articulaire caudal (zygapophyse caudale)
- 3 : *Foramen* vertébral
- 4 : Incisure vertébrale crâniale
- 5 : Surface articulaire crâniale du corps vertébral
- 6 : Corps vertébral
- 7 : Crête vertébrale ventrale
- 8 : Arc vertébral
- 9 : Surface articulaire de la zygapophyse crâniale
- 10 : *Foramen* transversaire
- 11 : Processus transverse



**Figure 20** : Aspect dorsal de C3

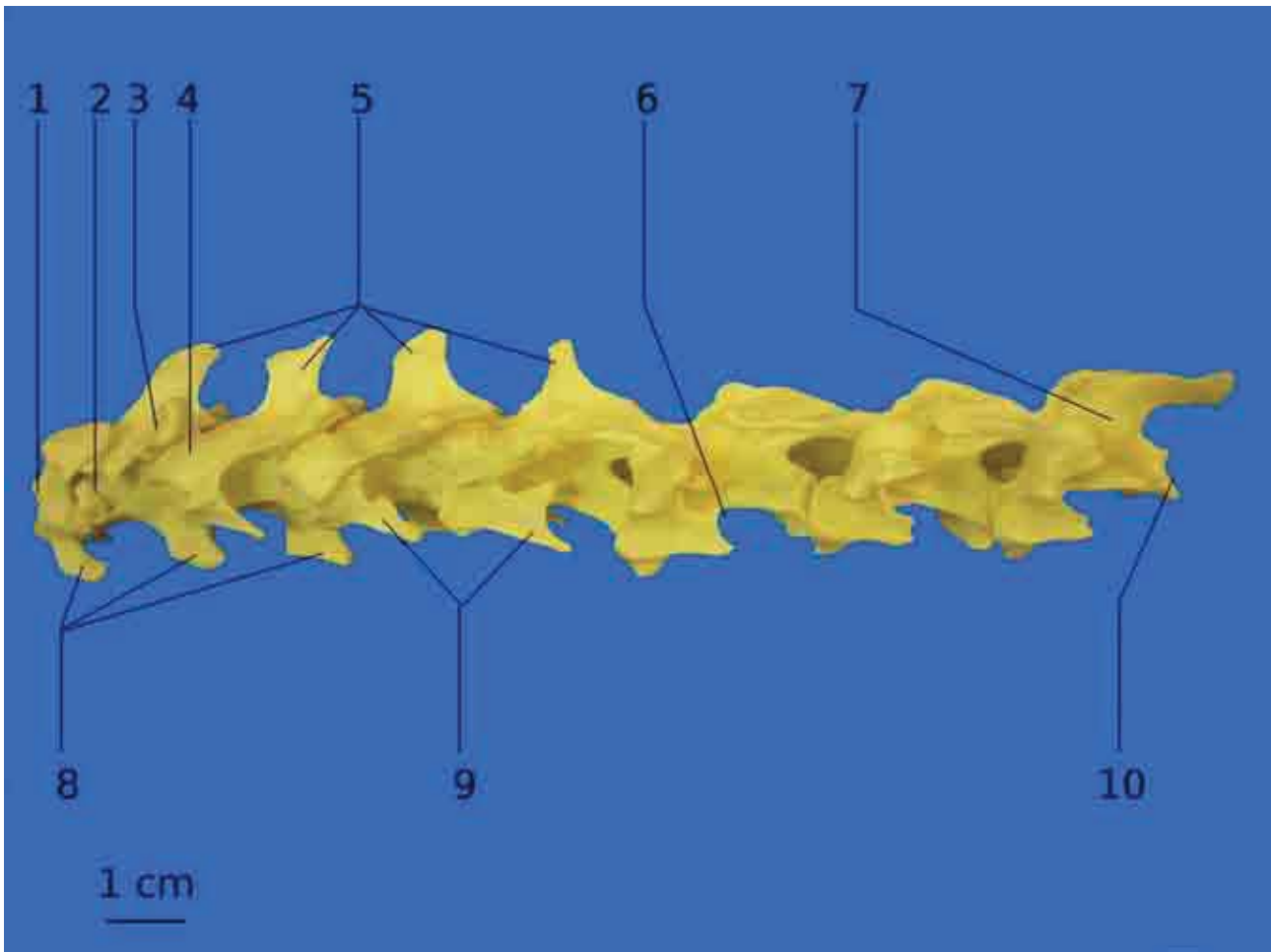
- 1 : Processus épineux
- 2 : Arc vertébral
- 3 : *Foramen* vertébral
- 4 : Incisure vertébrale caudale
- 5 : Surface articulaire caudale du corps vertébral
- 6 : Processus ventral du corps
- 7 : Processus articulaire caudal ( zygapophyse caudale)
- 8 : Surface articulaire du processus articulaire caudal
- 9 : *Foramen* transversaire
- 10 : Corps vertébral
- 11 : Processus transverse





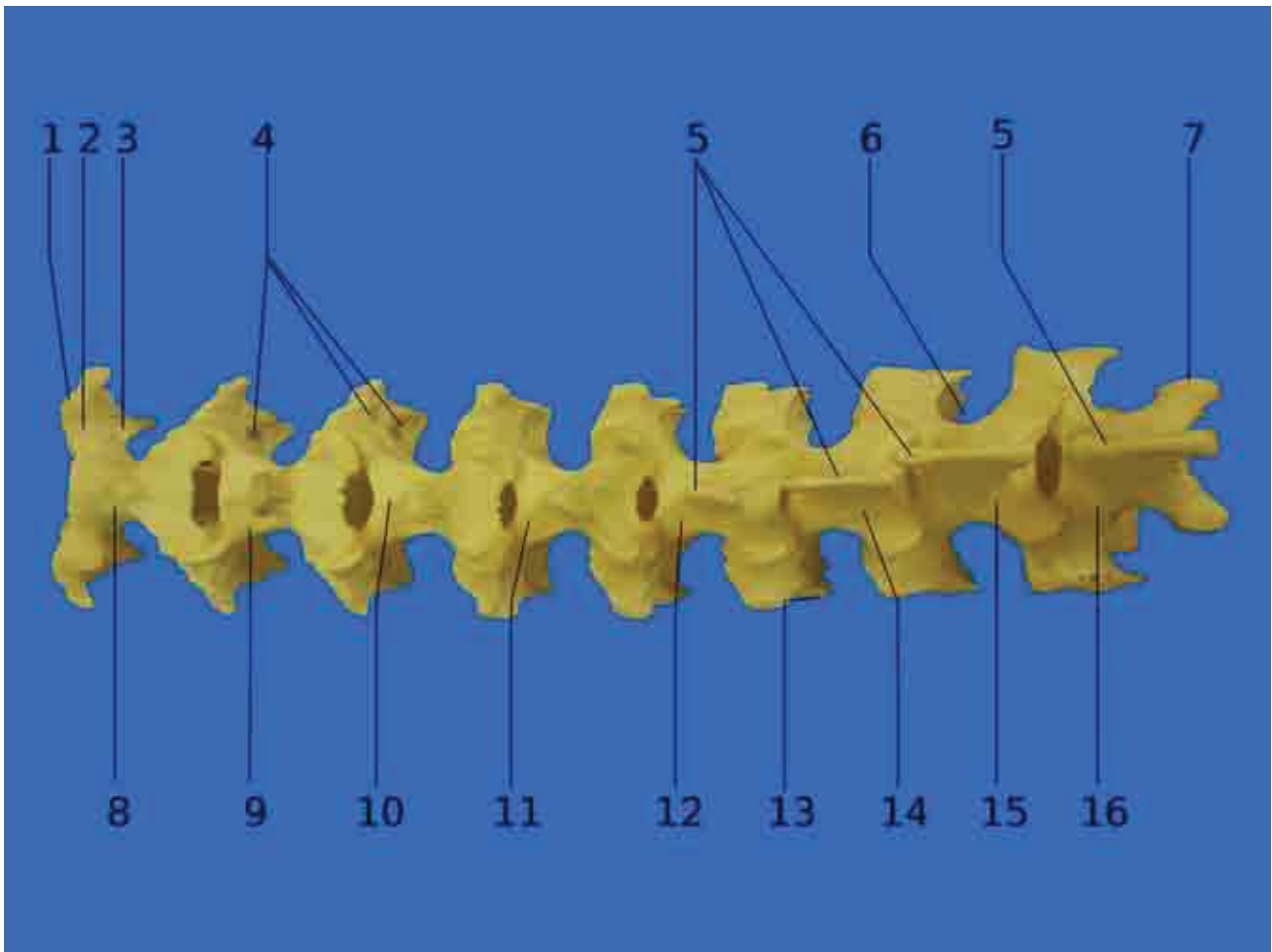
**Figure 21** : Aspect dorsal de la colonne vertébrale cervicale antérieure ( C1-C8)

- |                       |  |
|-----------------------|--|
| 1 : Atlas             | 8 : C7   |
| 2 : Axis              | 9 : Surface articulaire de la zygapophyse crâniale de C8 |
| 3 : Processus épineux | 10 : C8  |
| 4 : C3                | 11 : <i>Foramen</i> latéral                              |
| 5 : C4                | 12 : <i>Foramen</i> transversaire                        |
| 6 : C5                | 13 : Processus transverse                                |
| 7 : C6                | 14 : Zygapophyse caudale                                 |



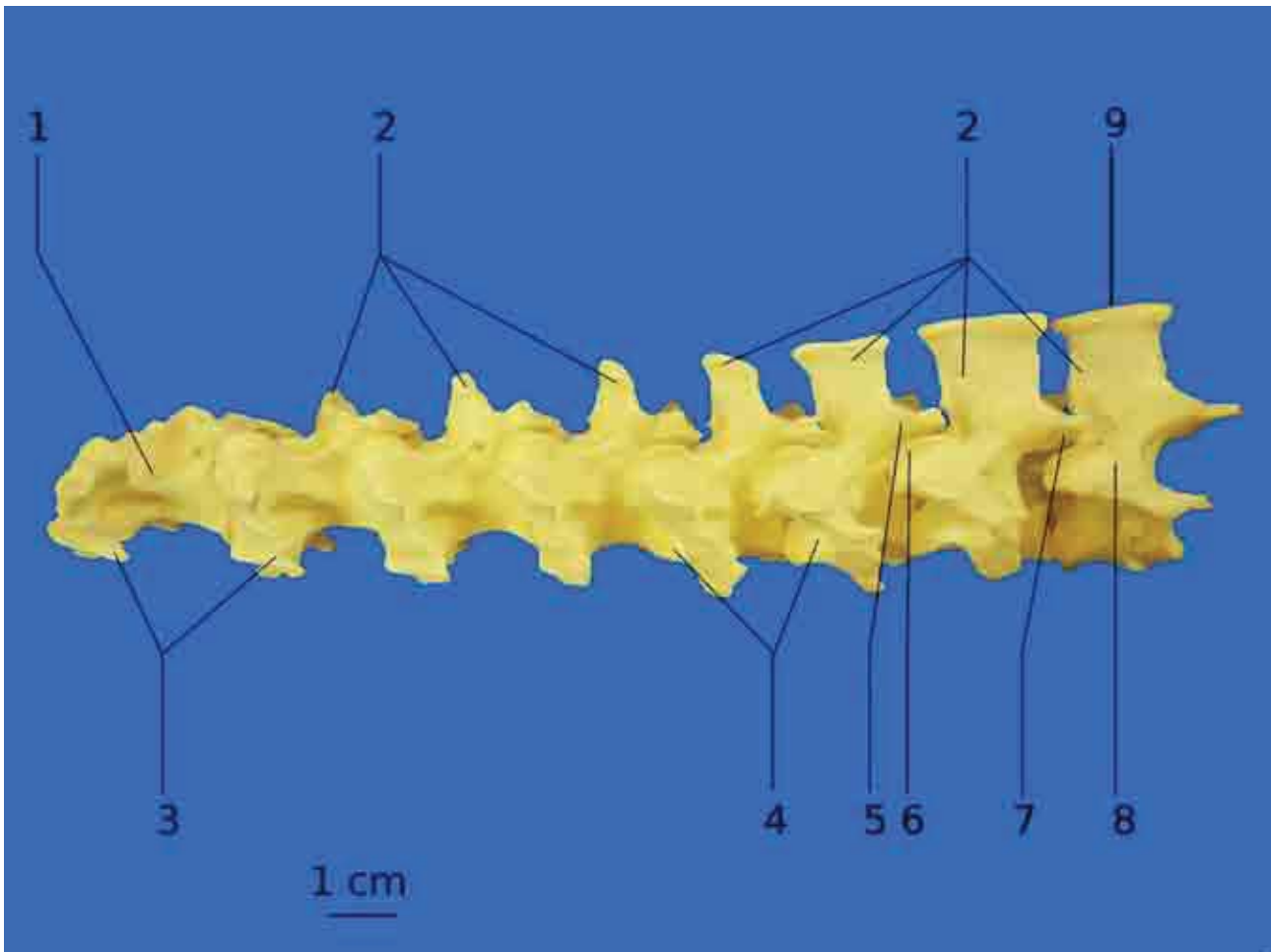
**Figure 22** : Aspect latéral gauche de la colonne vertébrale cervicale antérieure ( C1-C8)

- |                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| 1 : Atlas                         | 6 : Incisure vertébrale caudale                     |
| 2 : Axis                          | 7 : C8  |
| 3 : Processus articulaire caudal  | 8 : Crête (processus) ventrale du corps             |
| 4 : Processus articulaire crânial | 9 : Processus transverse                            |
| 5 : Processus épineux             | 10 : Surface articulaire caudale du corps vertébral |



**Figure 23** : Aspect dorsal de la colonne vertébrale cervicale postérieure (C9-C16)

- |  |                           |
|--|---------------------------|
| 1 : Processus articulaire crânial            | 9 : C10                   |
| 2 : Surface articulaire du processus crânial | 10 : C11                  |
| 3 : <i>Foramen</i> transversaire             | 11 : C12                  |
| 4 : <i>Foramen</i> pneumatique               | 12 : C13                  |
| 5 : Processus épineux                        | 13 : Processus transverse |
| 6 : Incisure vertébrale caudale              | 14 : C14                  |
| 7 : Processus articulaire caudal             | 15 : C15                  |
| 8 : C9                                       | 16 : C16                  |



**Figure 24** : Aspect latéral gauche de la colonne vertébrale cervicale postérieure (C9-C16)

1 : C9

2 : Processus épineux

3 : Processus transverse

4 : *Foramen* transversaire

5 : Zygapophyse caudale

6 : Zygapophyse crâniale

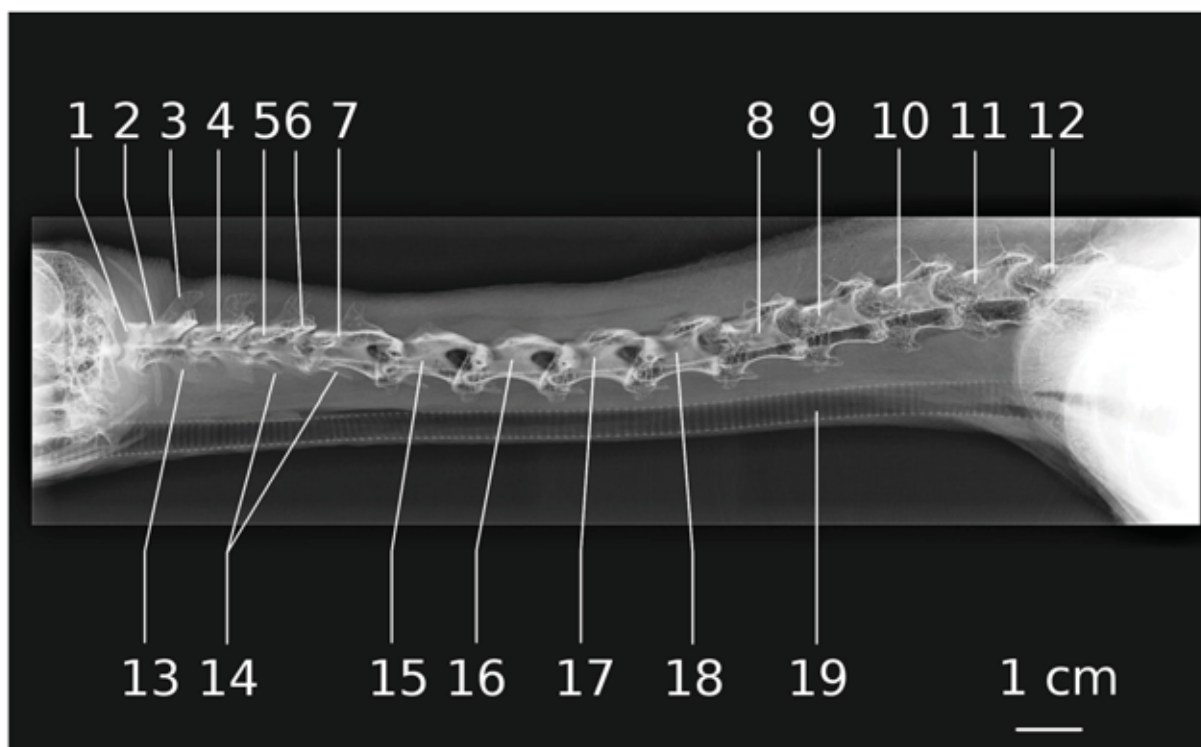
7 : Surface articulaire caudale

8 : C16

9 : Lèvre du processus épineux

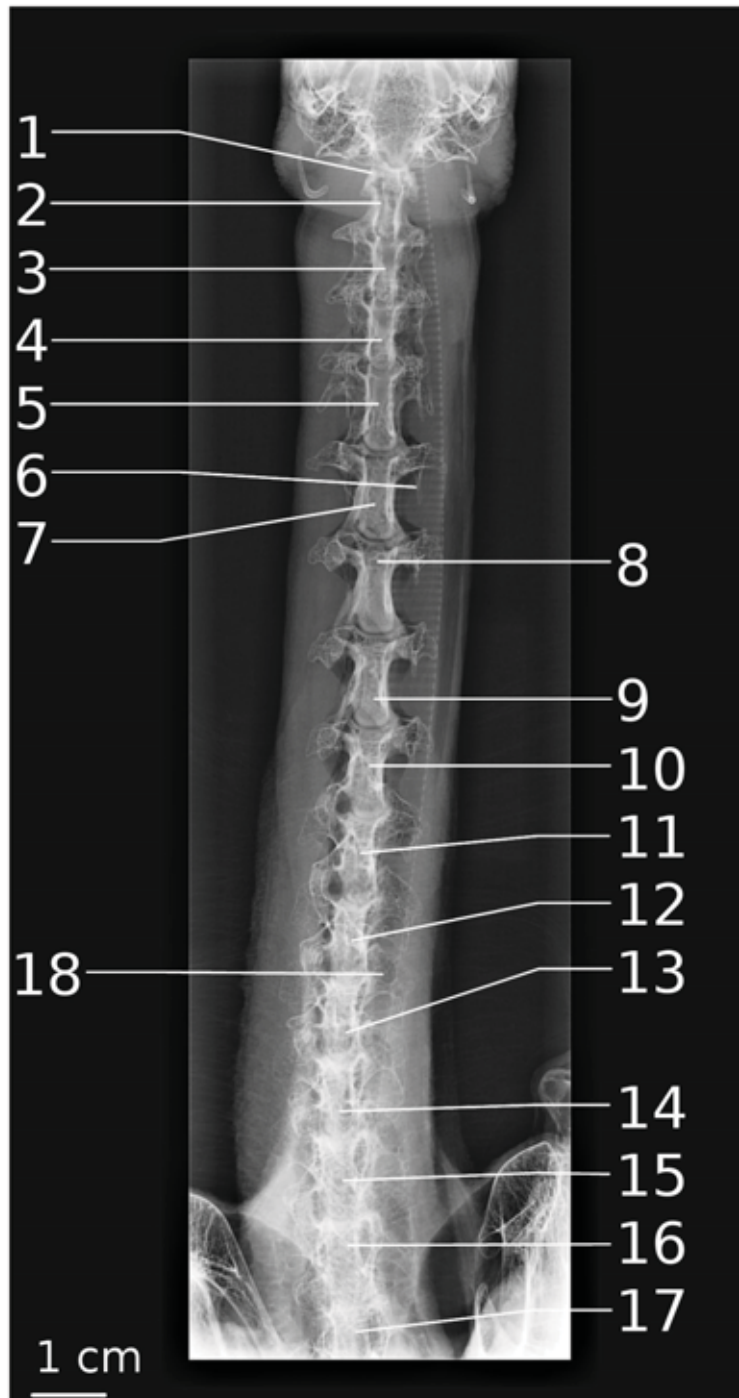
## b) Anatomie radiographique

La réalisation des clichés des vertèbres cervicales ne présente pas de grande difficulté. Pour l'incidence de profil, l'animal est étendu en décubitus latéral. L'incidence de face qui a été réalisée dans notre cas était une incidence ventro-dorsale, l'animal étant couché sur le dos. On veille simplement à étendre le cou le plus possible pour dégager les vertèbres lors de la prise des clichés.



**Radiographie n°3** : Projection latérale gauche de la colonne vertébrale cervicale

- |                         |                           |
|-------------------------|---------------------------|
| 1 : Atlas               | 11 : C13                  |
| 2 : Axis                | 12 : C14                  |
| 3 : Processus épineux   | 13 : Crête ventrale       |
| 4 : C3                  | 14 : Processus transverse |
| 5 : C4                  | 15 : C6                   |
| 6 : Zygapophyse caudale | 16 : C7                   |
| 7 : C5                  | 17 : C8                   |
| 8 : C10                 | 18 : C9                   |
| 9 : C11                 | 19 : Trachée              |
| 10 : C12                |                           |



**Radiographie n°4** : Projection ventro-dorsale de la colonne vertébrale cervicale

- |                          |                                   |
|--------------------------|-----------------------------------|
| 1 : Atlas                | 10 : C9                           |
| 2 : Axis                 | 11 : C10                          |
| 3 : C3                   | 12 : C11                          |
| 4 : C4                   | 13 : C12                          |
| 5 : C5                   | 14 : C13                          |
| 6 : Processus transverse | 15 : C14                          |
| 7 : C6                   | 16 : C15                          |
| 8 : C7                   | 17 : C16                          |
| 9 : C8                   | 18 : <i>Foramen</i> transversaire |

### iii. La colonne vertébrale thoracique

#### a) Etude ostéologique

##### •Introduction [19, 23, 37]

Les vertèbres thoraciques forment l'axe de la paroi dorsale du thorax et sont caractérisées par leurs connexions avec les côtes. Leur nombre varie de 3 à 10.

Le vautour possède 6 paires de côtes et donc 6 vertèbres thoraciques. Nous verrons que les deux dernières vertèbres thoraciques sont soudées aux os de la ceinture pelvienne, ce qui rend leur identification plus délicate.

Les éléments de la région thoracique sont liés en un système assez rigide. Cette zone forme assez fréquemment un véritable Os dorsal (ou *Notarium*) composé de deux, trois, et jusqu'à cinq vertèbres, et classiquement séparé du synsacrum par 2 ou 3 éléments thoraciques libres. Le vautour fait partie, avec d'autres espèces aviaires, d'un groupe qui ne présente pas cette organisation anatomique.

Les vertèbres de la région thoracique sont reliées entre elles par de forts ligaments ayant une tendance à s'ossifier. Même après la digestion du squelette nous avons pu observer que la cage thoracique était encore soudée en une pièce unique, ce qui témoigne de la solidité des structures qui assurent la rigidité de l'ensemble. Cependant il nous a été facile de séparer les vertèbres thoraciques les unes des autres. Nous en déduisons que le vautour ne possède pas d'os dorsal.

Lorsque l'on aborde la colonne thoracique dans son ensemble il est important de faire la distinction entre une colonne thoracique avec et sans Os dorsal. Il semblerait qu'il y ait une relation entre la présence de l'os dorsal et le fait que l'oiseau soit plutôt un bon voilier ou un bon coureur. Le *notarium* restreint la flexibilité de la colonne qui est nécessaire pour les oiseaux qui se déplacent en courant. Cependant de très bons coureurs possèdent aussi un *notarium* et le vautour fauve, qui est un bon voilier, et qui se déplace peu au sol ne possède pas cet os dorsal. Il existe donc des exceptions.

##### •La vertèbre thoracique [19, 23, 37]

De petites surfaces articulaires sont présentes sur les vertèbres pour l'articulation des têtes et des tubercules costaux. Le processus transverse porte une *Fovea costalis*, qui reçoit le tubercule de la côte. La tête de la côte, ou *capitulum*, s'articule sur la *Fovea costalis* d'une éminence costolatérale (parapophyse) du corps vertébral.

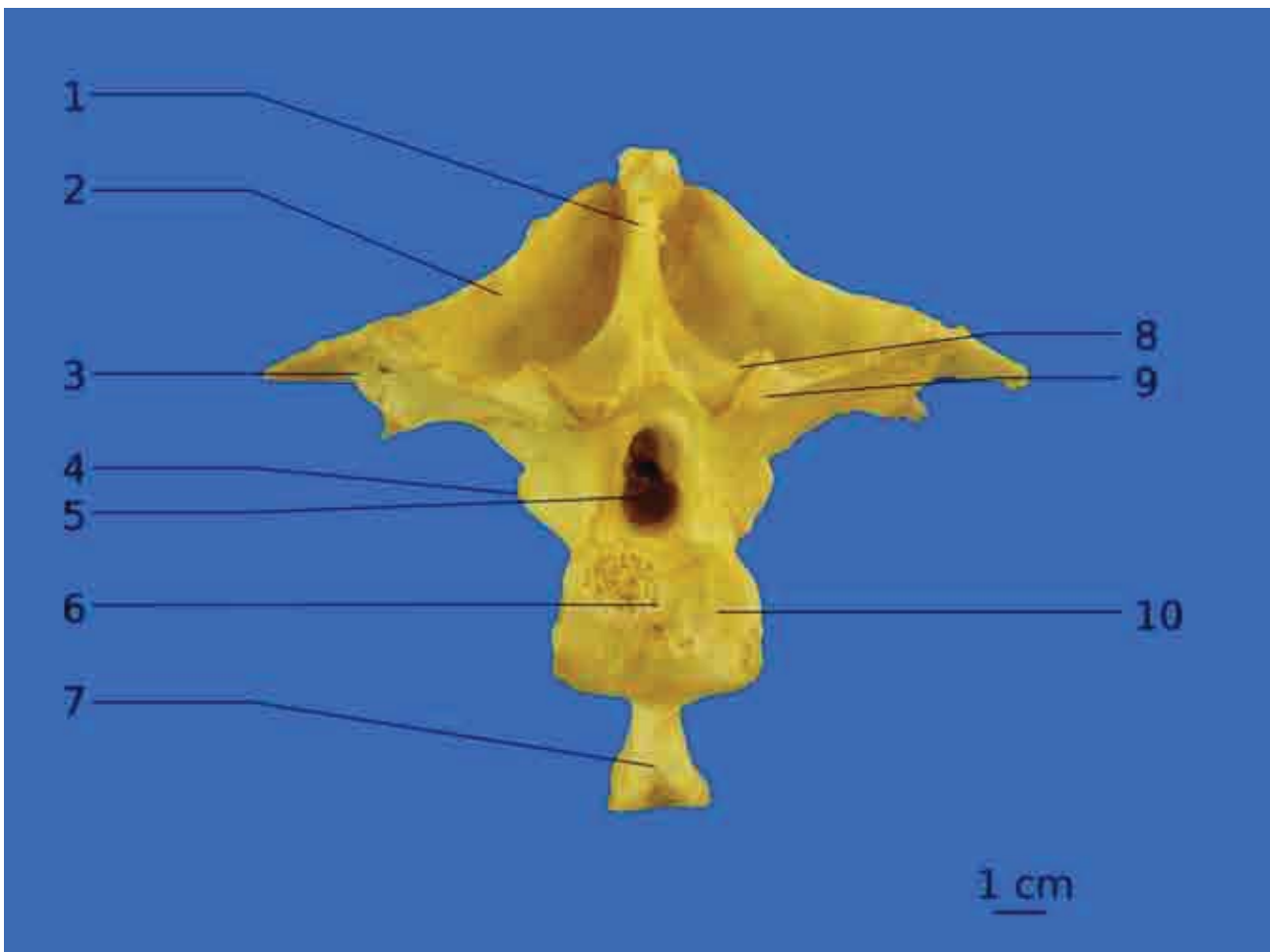
Entre les deux têtes costales et le corps vertébral, subsiste un *foramen* transversaire par lequel passe l'artère vertébrale.

Le corps des vertèbres thoraciques est développé, et globalement plus important que celui des vertèbres cervicales. Il s'agrandit le long de la colonne thoracique. La crête ventrale est absente sur T1, T2 et T6. Elle apparaît sous la forme d'une simple rugosité allongée sur T3. Elle est prononcée sur T4 et T5. Les corps vertébraux s'articulent entre eux au moyen d'articulations en selle comme dans les cervicales. Le corps des vertèbres porte des fossettes costales pour l'articulation avec la tête



de la côte. L'arc délimite un *foramen* vertébral plus haut et plus étroit par rapport aux cervicales. Le processus épineux est saillant, très haut et surmonté par une zone élargie : la lèvre du processus épineux. Il est plus mince sur son bord crânial et s'épaissit légèrement sur le bord caudal.

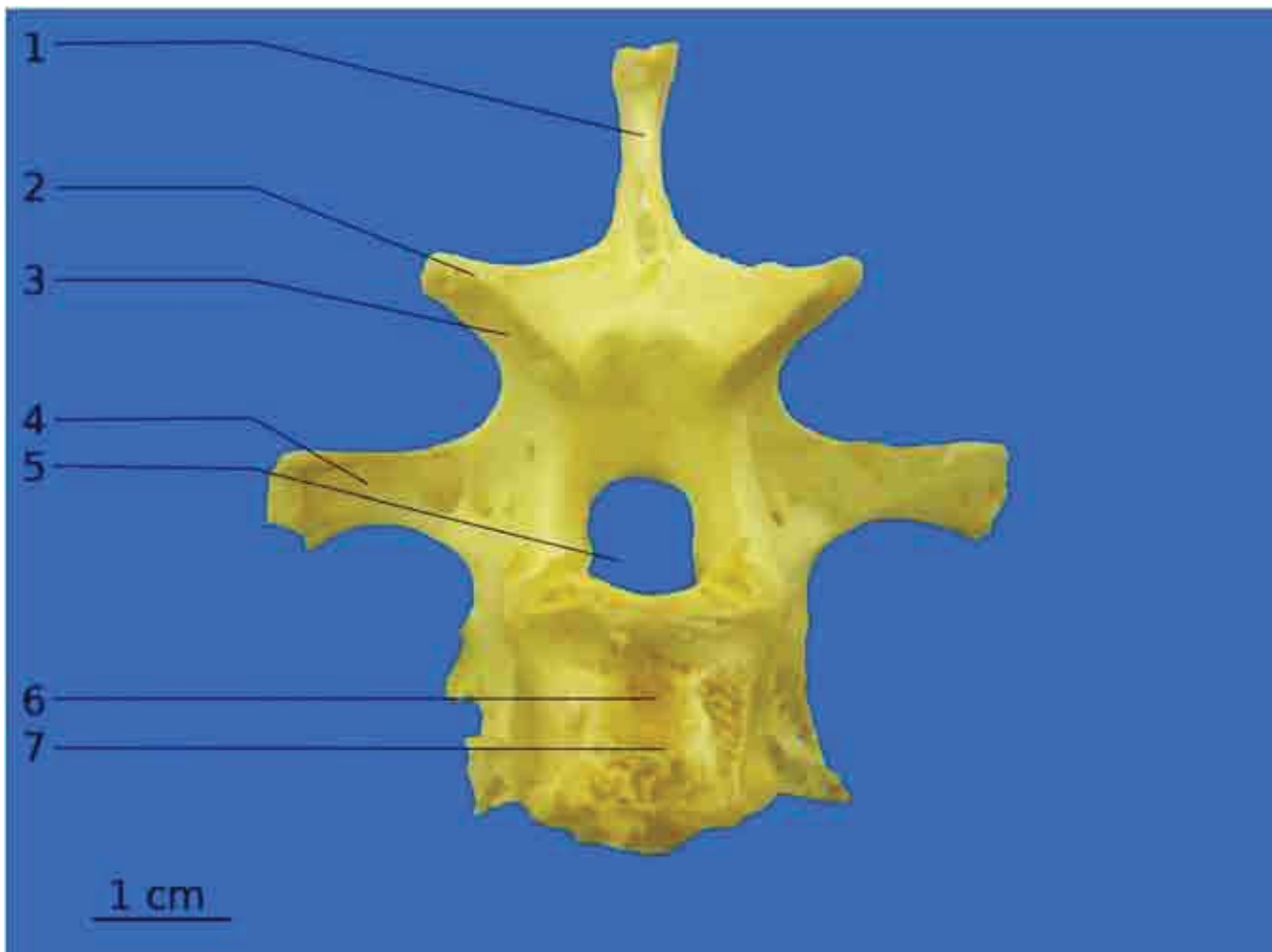
Les processus transverses présentent un développement d'autant plus important que l'on se dirige caudalement. Les vertèbres thoraciques s'articulent entre elles au moyen de zygapophysies crâiales et caudales situées à la base du processus épineux, comme les vertèbres cervicales. En outre les processus transverses portent latéralement et plutôt dans le tiers caudal les surfaces d'articulations pour les tubercules costaux.



**Figure 25** : Aspect crânial de T5

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| 1 : Processus épineux             | 6 : Surface articulaire crâniale du corps vertébral      |
| 2 : Ilium                         | 7 : Crête ventrale                                       |
| 3 : Processus transverse          | 8 : Surface articulaire du processus articulaire crânial |
| 4 : Fossette pour la tête costale | 9 : Processus articulaire crânial                        |
| 5 : <i>Foramen</i> vertébral      | 10 : Corps vertébral                                     |





**Figure 26** : Aspect caudal de T1

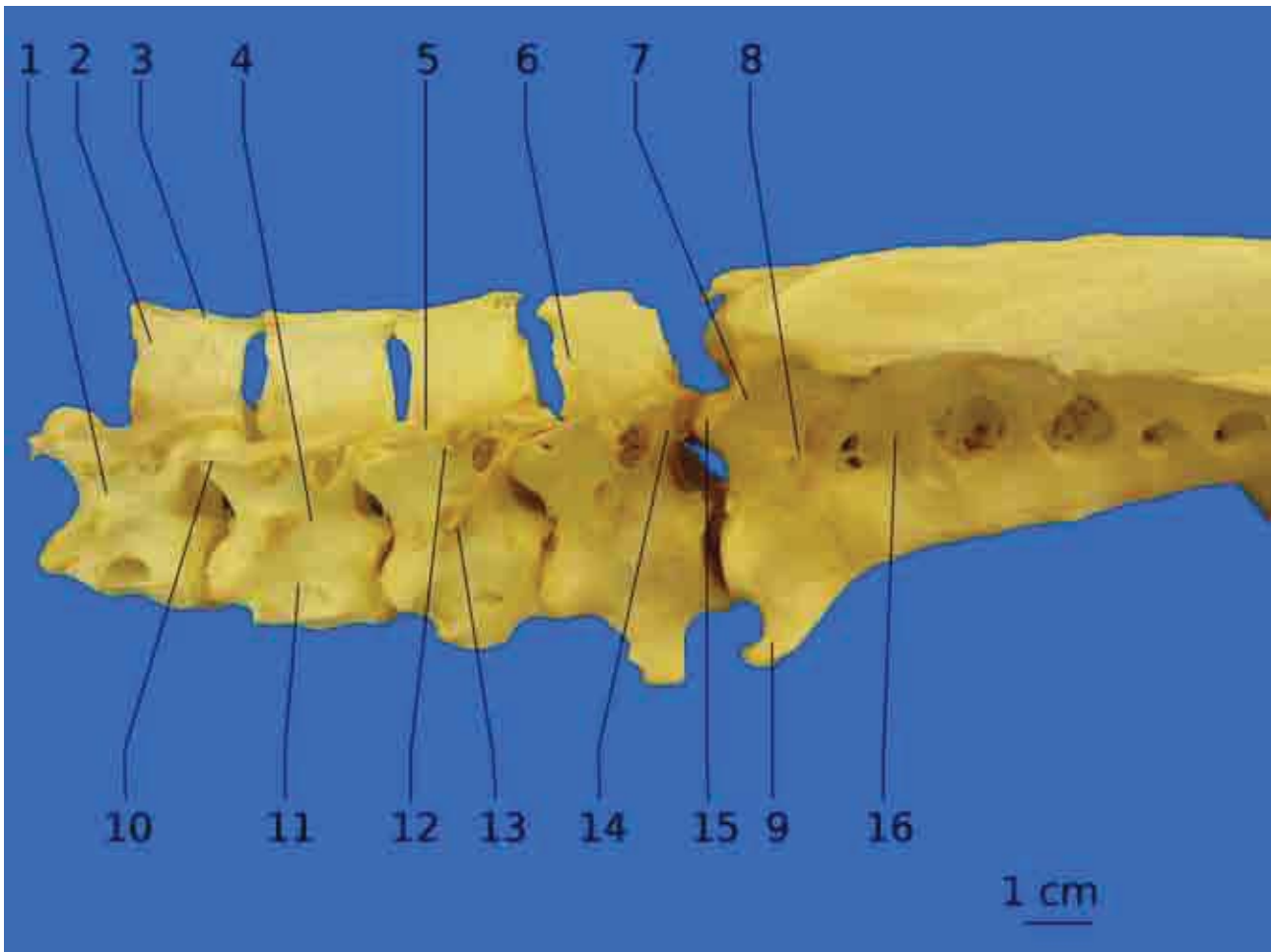
- |   |  |
|---|--|
| 1 : Processus épineux                                   | 5 : <i>Foramen magnum</i>                  |
| 2 : Processus articulaire caudal                        | 6 : Corps vertébral                        |
| 3 : Surface articulaire du processus articulaire caudal | 7 : Surface articulaire du corps vertébral |
| 4 : Processus transverse                                |  |

•La colonne thoracique dans son ensemble [19, 23, 37]

Les 4 premières vertèbres thoraciques sont libres chez le vautour et les deux dernières vertèbres thoraciques sont fusionnées avec l'Ilium de telle sorte que seule la portion crâniale de T5 est visible. Caudalement T6 rejoint l'os lombosacré.

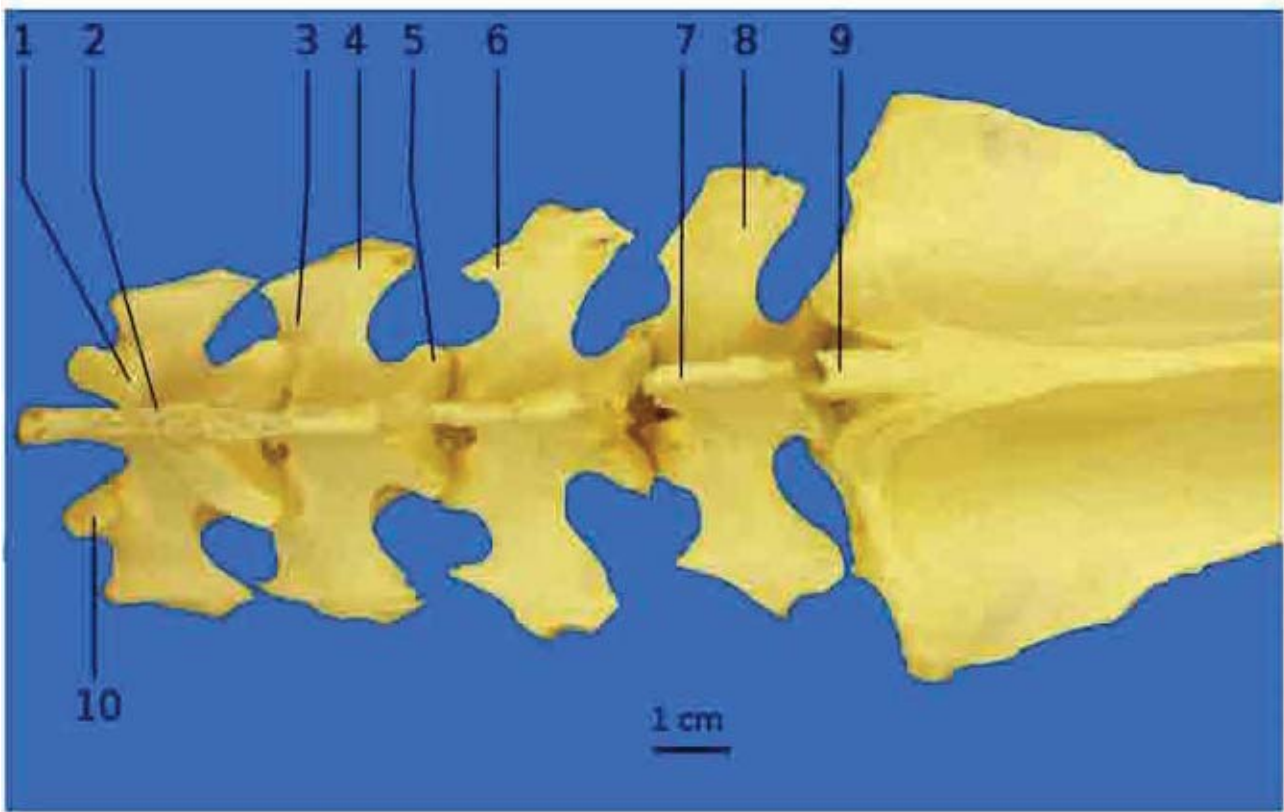
La première vertèbre thoracique porte une côte asternale. Cette première côte ne possède qu'une seule portion ; la partie vertébrale. Elle est dirigée caudo-dorsalement et possède un processus unciné. Les vertèbres suivantes possèdent toutes des côtes sternales, dont la hauteur augmente progressivement.

Les processus articulaires se rapprochent du plan médian, dorsalement au foramen vertébral et sont peu saillants. Leur facette articulaire est plus petite, planiforme. Les bords des arcs vertébraux se chevauchent presque et les processus épineux sont très rapprochés les uns des autres. Ajoutée à la présence de forts ligaments, cette disposition anatomique explique la faible mobilité de la colonne thoracique.



**Figure 27** : Aspect latéral gauche de la colonne vertébrale thoracique

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| 1 : T1                            | 9 : Crête ventrale                     |
| 2 : Processus épineux             | 10 : Processus transverse              |
| 3 : Lèvre du processus épineux    | 11 : Corps vertébral                   |
| 4 : T2                            | 12 : Fossette pour le tubercule costal |
| 5 : T3                            | 13 : Fossette pour la tête costale     |
| 6 : T4                            | 14 : Processus artulaire caudal        |
| 7 : T5                            | 15 : Processus artulaire crânial       |
| 8 : Fossette pour la tête costale | 16 : T6                                |



**Figure 28** : Aspect dorsal de la colonne vertébrale thoracique

1 : T1	6 : T3
2 : Processus épineux	7 : Lèvre du processus épineux
3 : T2	8 : T4
4 : Processus transverse	9 : T5
5 : Processus articulaire caudal	10 : Processus articulaire crânial

#### iv. La colonne vertébrale lombo-sacrée [24, 25, 28, 32, 37]

Chez les oiseaux les vertèbres sacrées se soudent aux vertèbres lombaires en une pièce osseuse unique, l'os lombo-sacré ou *Synsacrum*.

Le nombre de vertèbres sacrées peut augmenter par incorporation de vertèbres dites « pseudo-sacrées » d'origines thoracique ou caudale qui sont unies ou soudées aux vraies vertèbres sacrées. Ainsi le nombre total de vertèbres formant le synsacrum est de 10 à 23 au total (de 11 à 14 lombaires/sacrées et de 3 à 7 coccygiennes).

Dans le sens crânio-caudal, on distingue les vertèbres suivantes :

- Les vertèbres synsacrothoraciques, avec des processus épineux et transverses bien développés.
- Les vertèbres synsacrolombaires, qui n'ont pas de parapophyses. Cette région apparaît creusée ventralement : la fosse rénale accueille le rein.
- Les vertèbres sacrées, unies par des parapophyses et des diapophyses à l'Ilium.
- Les vertèbres synsacrocaudales, qui ont des processus transverses forts et aplatis.

En ce qui concerne le pelvis du vautour fauve il est très délicat de distinguer les deux derniers types

de vertèbres que nous allons donc confondre dans la suite de notre étude.

Pour résumer les iliums se soudent aux processus transverses et épineux des vertèbres syncrénées. Il n'y a que caudalement que le contact ne se fait plus que par les processus transverses. Les orifices qui sont présents entre ces processus transverses permettent le passage des nerfs et des vaisseaux.

Le syncracum rigidifie la colonne vertébrale et le bassin et assure le vol.

Chez le vautour l'union se fait à partir des dernières vertèbres thoraciques. Comme nous l'avons précisé les deux dernières vertèbres thoraciques, qui portent les côtes, sont incluses dans le syncracum. Suivent 4 vertèbres syncrothoraciques, 5 vertèbres syncroloombaires et 4 vertèbres sacrées/syncrocaudales.

Les clichés radiographiques et ostéologiques du syncracum sont présentés dans la partie sur la ceinture pelvienne.

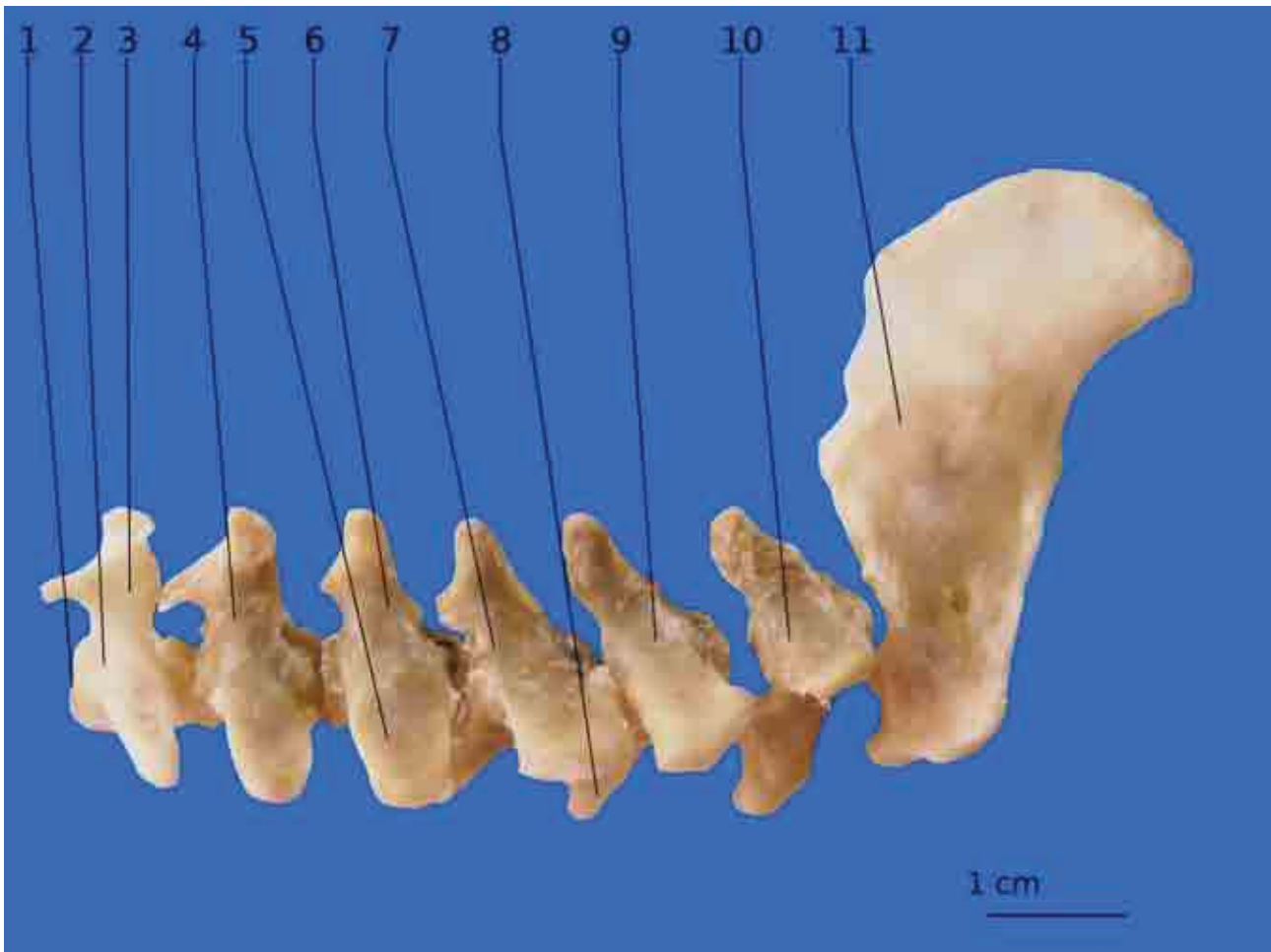
## v. Les vertèbres coccygiennes ou caudales

### a) Étude ostéologique [23, 27, 28, 37]

Elles sont généralement peu nombreuses, de trois à douze vertèbres en fonction des espèces. L'ancêtre des oiseaux, Archéoptéryx, comptait un nombre plus important de vertèbres caudales (une vingtaine). Cette évolution montre les progrès dans l'adaptation au vol des oiseaux.

Chez la plupart des Ratites, les vertèbres demeurent indépendantes mais chez l'autruche et tous les Carinates, seules les premières sont libres. Les dernières vertèbres coccygiennes (5 ou 6) sont fusionnées en un pygostyle plat (ou coccyx, aussi appelé urostyle), sur lequel s'attachent les rectrices et qui contribue au mouvement de ces dernières.

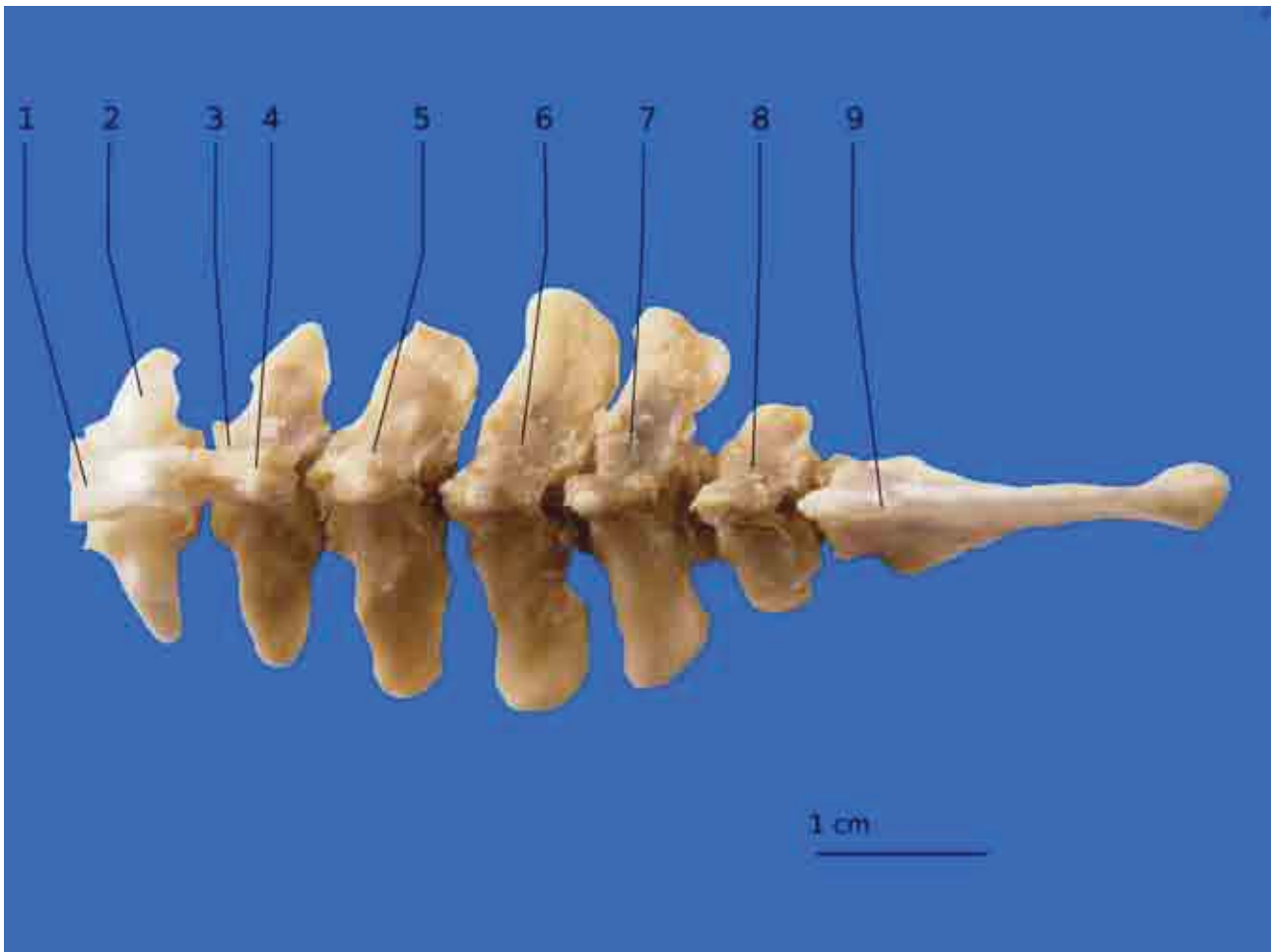
Le vautour compte 6 vertèbres coccygiennes libres. Les processus transverses sont bien développés. Le processus épineux est plus ou moins saillant en fonction des vertèbres considérées, et la crête ventrale est absente sur les 3 premières vertèbres. Le pygostyle est bien développé et il possède une petite crête ventrale.



**Figure 29** : Aspect latéral gauche des vertèbres caudales

- 1 : Surface articulaire crâniale du corps vertébral
- 2 : 1<sup>ère</sup> vertèbre caudale
- 3 : Processus épineux
- 4 : 2<sup>ème</sup> vertèbre caudale
- 5 : Processus transverse
- 6 : 3<sup>ème</sup> vertèbre caudale

- 7 : 4<sup>ème</sup> vertèbre caudale
- 8 : Crête ventrale
- 9 : 5<sup>ème</sup> vertèbre caudale
- 10 : 6<sup>ème</sup> vertèbre caudale
- 11 : Pygostyle



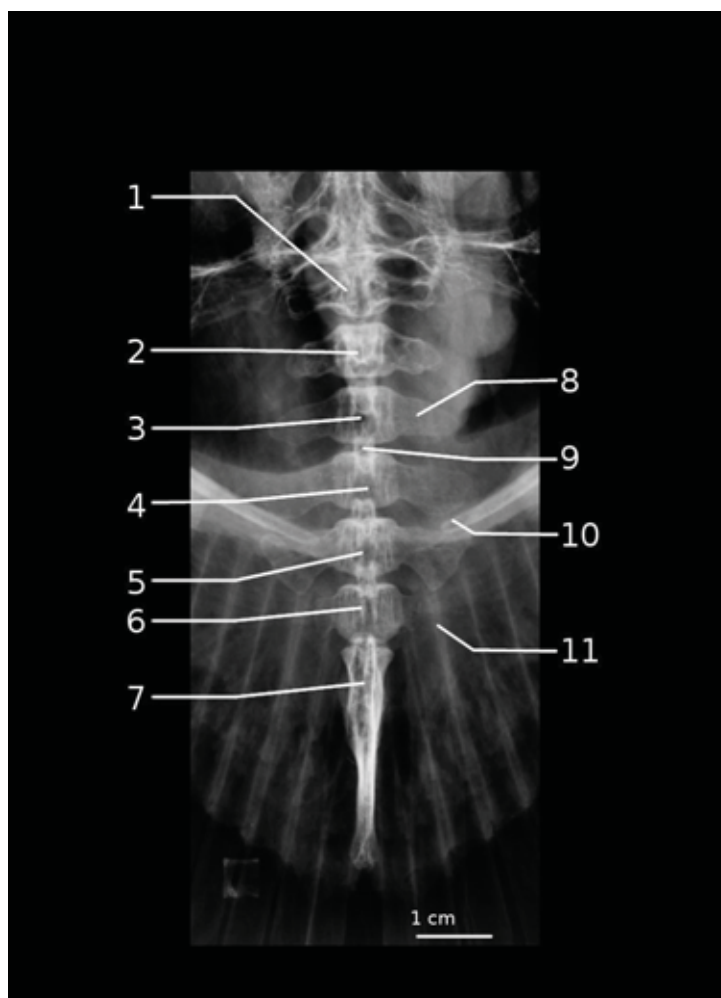
**Figure 30** : Aspect dorsal des vertèbres caudales

1 : 1<sup>e</sup> vertèbre caudale  
2 : Processus transverse  
3 : 2<sup>e</sup> vertèbre caudale  
4 : Processus épineux  
5 : 3<sup>e</sup> vertèbre caudale

6 : 4<sup>e</sup> vertèbre caudale  
7 : 5<sup>e</sup> vertèbre caudale  
8 : 6<sup>e</sup> vertèbre caudale  
9 : Pygostyle

## b) Clichés radiographiques

La prise de cliché est aisée au niveau des vertèbres caudales et il n'y a que très peu de superposition avec des tissus mous avoisinants. On réalise habituellement un cliché latéral gauche et un cliché ventro-dorsal.

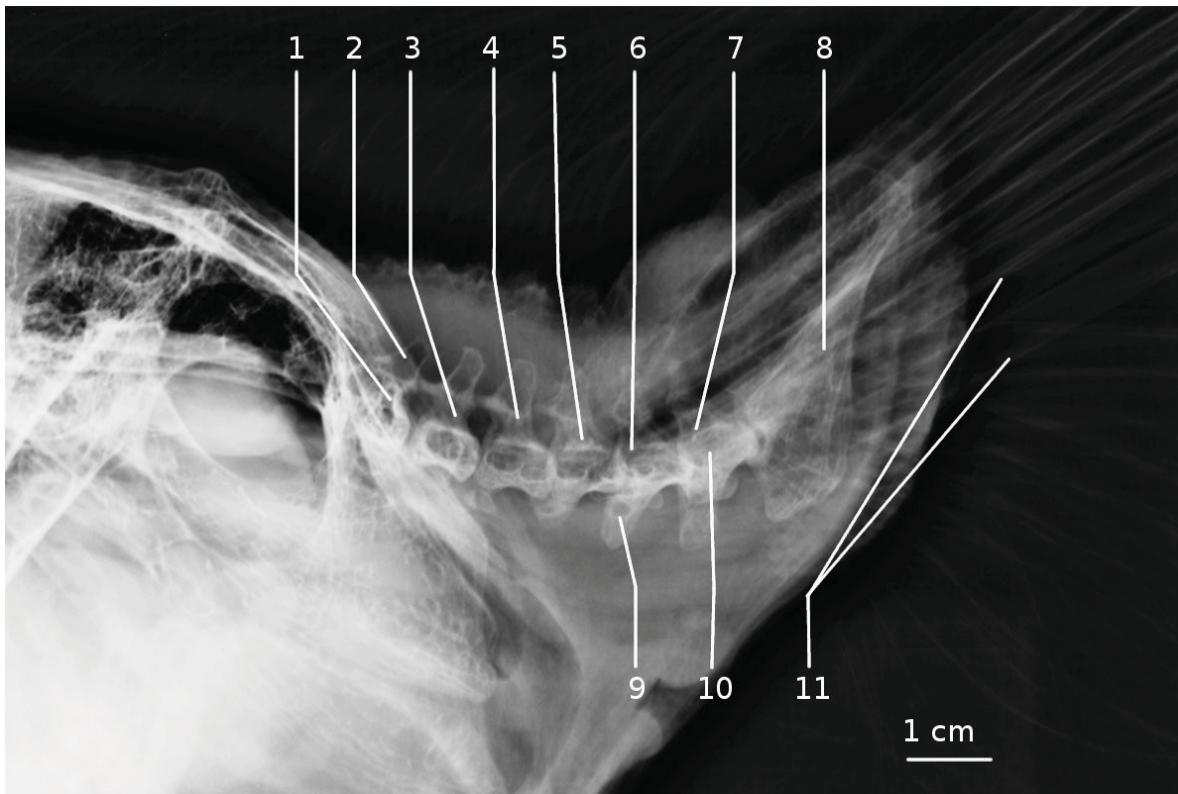


**Radiographie n°5** : Projection ventro-dorsale des vertèbres caudales

1 : 1<sup>e</sup> vertèbre caudale  
2 : 2<sup>e</sup> vertèbre caudale  
3 : 3<sup>e</sup> vertèbre caudale  
4 : 4<sup>e</sup> vertèbre caudale  
5 : 5<sup>e</sup> vertèbre caudale  
6 : 6<sup>e</sup> vertèbre caudale

7 : Pygostyle  
8 : Processus transverse  
9 : Processus épineux  
10 : Pubis  
11 : Rectrices





**Radiographie n°6** : Projection latérale gauche des vertèbres caudales

1 : 1<sup>e</sup> vertèbre caudale  
 2 : Processus épineux  
 3 : 2<sup>e</sup> vertèbre caudale  
 4 : 3<sup>e</sup> vertèbre caudale  
 5 : 4<sup>e</sup> vertèbre caudale  
 6 : 5<sup>e</sup> vertèbre caudale

7 : 6<sup>e</sup> vertèbre caudale  
 8 : Pygostyle  
 9 : Crête ventrale  
 10 : Corps vertébral  
 11 : Rectrices

## D. Le thorax

### i. Les côtes [23, 25, 27, 29, 36, 37]

Les côtes sont des baguettes endosquelettiques métamérisées situées dans les cloisons conjonctives intersegmentaires (ou myoseptes) de la musculature pariétale. Chaque vertèbre thoracique porte en principe une paire de côtes. Leur extrémité ventrale (ou sternale) est soudée au sternum alors que l'extrémité dorsale (ou vertébrale) est articulée aux vertèbres. Ces deux extrémités sont articulées entre elles par une diarthrose. Les côtes des tétrapodes sont typiquement bicéphales, la portion dorsale possède donc 2 articulations avec la vertèbre correspondante.

Chaque côte comprend un segment dorsal, la côte vertébrale, et un segment ventral, la côte sternale. Les côtes sternales sont homologues des cartilages costaux des mammifères. Chez le vautour, seule



la première côte vertébrale ne possède pas de congénère sternal et se comporte donc comme une côte asternale de mammifère.

#### a) Ostéologie

La tête costale (capitulum) présente une petite surface articulaire lisse et légèrement convexe. Elle est dirigée crânialement et s'articule sur une parapophyse du corps vertébral de la vertèbre de même rang.

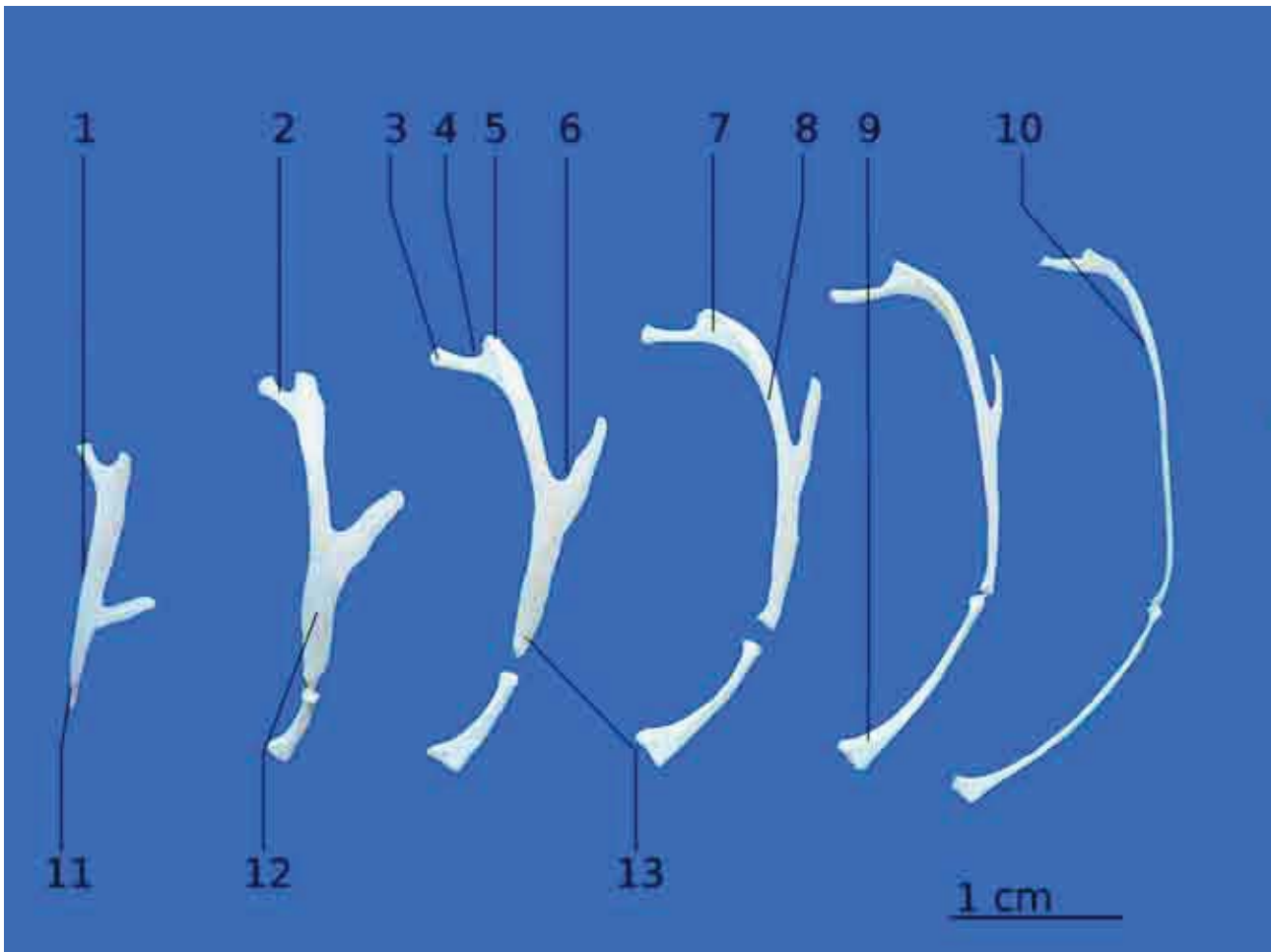
Le col est prononcé, d'autant plus sur la 1<sup>ère</sup> vertèbre asternale où tête et tubercule forment un véritable « y ». Plus l'on se dirige caudalement, plus la tête principale s'éloigne du tubercule, en relation avec l'augmentation de taille des corps vertébraux dans cette région.

Le tubercule est en général plus petit et moins saillant que la tête. Il est tourné en direction dorso-caudale et présente une surface articulaire plane ou peu convexe destinée à répondre à la surface articulaire présente sur le processus transverse de la vertèbre de même rang.

Le segment vertébral porte un processus plat et crochu, le processus unciné, qui pointe caudalement et dorsalement et qui s'appuie sur la côte suivante et renforce ainsi la rigidité de la cage thoracique. Chez le vautour la dernière côte ne porte pas ce processus. Le processus unciné fournit également une attache pour les muscles et ligaments. L'ensemble de la cage thoracique, de forme presque ovale, constitue une cage osseuse rigide qui pourra supporter l'action des muscles puissants pour le vol.

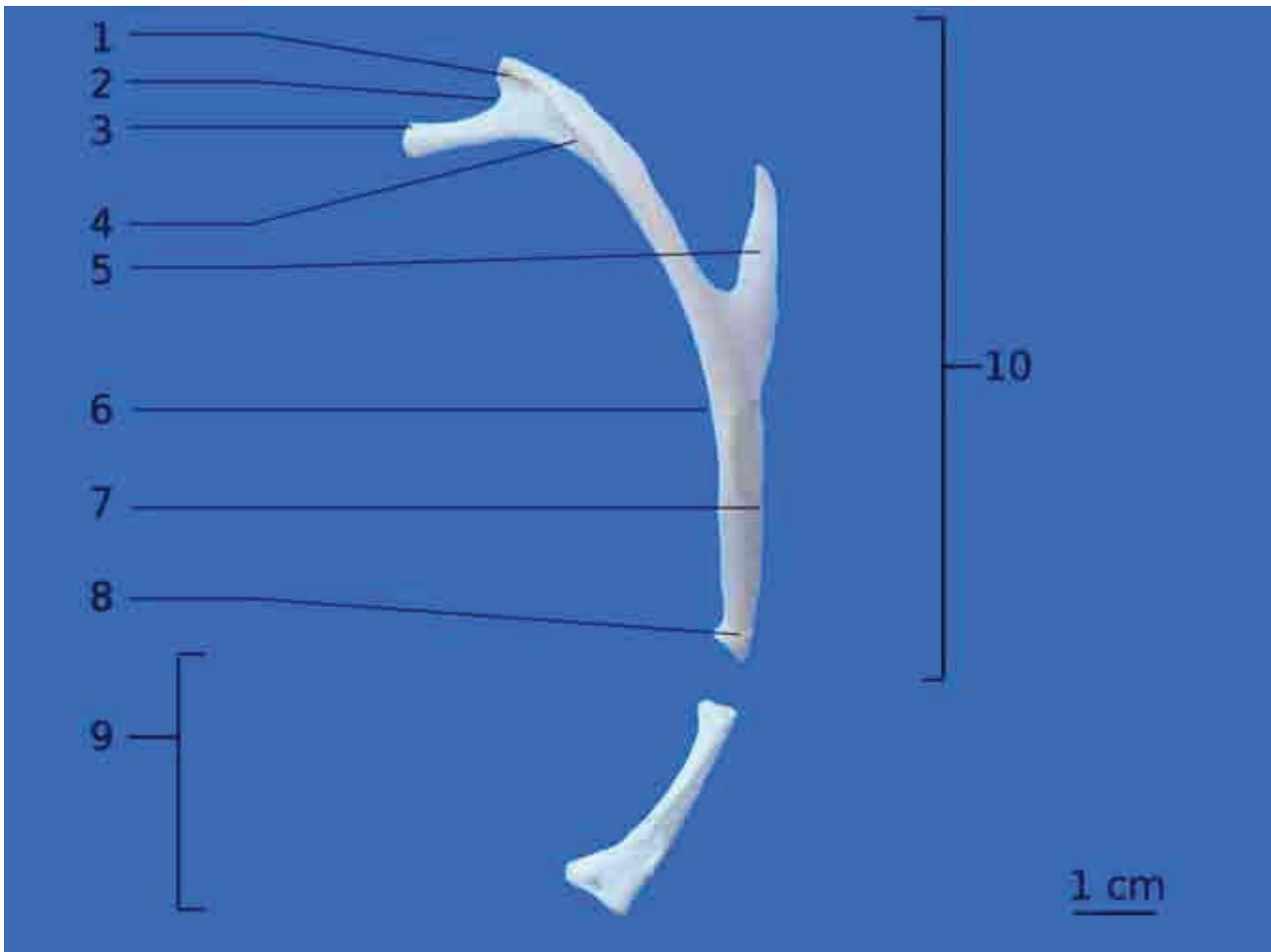
Le corps de la côte constitue la plus grande partie de celle-ci : il est incurvé et aplati. Il se raccorde à l'extrémité sternale en formant un angle, ouvert en direction crânio-ventrale. Cet angle est peu prononcé crânialement. La face externe du corps est convexe et présente crânialement un sillon d'insertion musculaire qui s'atténue ventralement. La face interne est concave et lisse.

La portion sternale se pneumatise. Son extrémité dorsale, un peu renflée, s'articule à la côte vertébrale par une diarthrose. Cette zone forme chez les Mammifères le « genou » de la côte. Les côtes sternales sont de plus en plus longues en direction caudale. L'extrémité ventrale se termine par un renflement large (sauf pour la deuxième côte) pourvu d'une surface articulaire répondant à une cupule du sternum.



**Figure 31** : Aspect latéral gauche des côtes

- |                          |  |
|--------------------------|--|
| 1 : 1 <sup>e</sup> côte  | 8 : Portion vertébrale de la 4 <sup>e</sup> côte |
| 2 : 2 <sup>e</sup> côte  | 9 : Portion sternale de la 5 <sup>e</sup> côte   |
| 3 : Tête de la côte      | 10 : 6 <sup>e</sup> côte                         |
| 4 : Col de la côte       | 11 : Côte vertébrale 1                           |
| 5 : Tubercule de la côte | 12 : Côte vertébrale 2                           |
| 6 : Processus unciné     | 13 : 3 <sup>e</sup> côte                         |
| 7 : 4 <sup>e</sup> côte  |  |



**Figure 32** : Aspect latéral de la 3<sup>e</sup> côte

1 : Tubercule de la côte

2 : Col de la côte

3 : Tête de la côte

4 : Sillon de la face externe

5 : Processus unciné

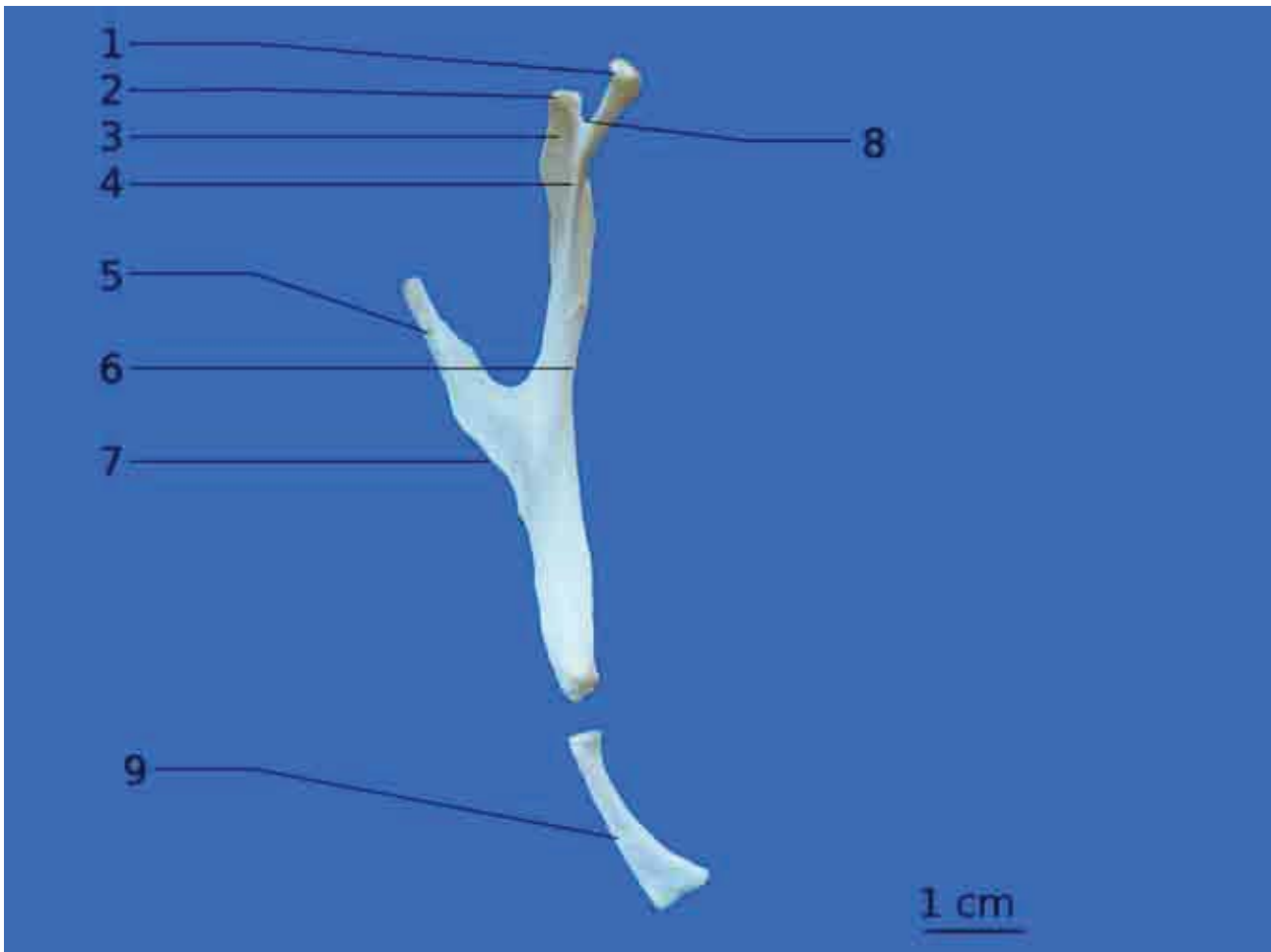
6 : Bord crânial

7 : Bord caudal

8 : Extrémité ventrale

9 : Côte sternale

10 : Côte vertébrale



**Figure 33** : Aspect médial de la 3<sup>e</sup> côte

- 1 : Tête de la côte
- 2 : *Foramen* pneumatique
- 4 : Sillon de la côte
- 5 : Processus unciné

- 6 : Bord crânial de la côte
- 8 : Col de la côte
- 9 : Côte sternale

## b) Étude radiographique

L'obtention de clichés radiographiques des côtes est délicat chez les oiseaux. La superposition avec les structures de la cavité coelomique, le sternum et la musculature de l'aile rend la visualisation des côtes très difficile sur le cliché de profil. De face il est possible de distinguer les côtes, mais la ceinture thoracique masque les premières côtes. Les clichés radiographiques sont présentés dans la partie sur le sternum.

### ii. Le sternum

#### a) Généralités [19, 23, 25, 27, 28, 37]

En relation avec la mécanique du vol, le sternum prend un développement considérable. C'est l'os le plus large et le plus imposant du squelette. C'est un vaste bouclier osseux qui couvre l'entière partie ventrale du corps. Le sternum assure aussi la stabilité de la ceinture pectorale. Il est relié antérieurement à la ceinture pectorale au niveau des coracoïdes et latéralement aux extrémités ventrales des côtes sternales.

La face ventrale porte une carène médiane, le bréchet, qui sert de surface d'insertion aux muscles principaux du vol, pectoraux et le supra-coracoïde. De ce fait la carène sternale est absente chez les ratites qui ont perdu la capacité à voler (ancien « acarinates »).

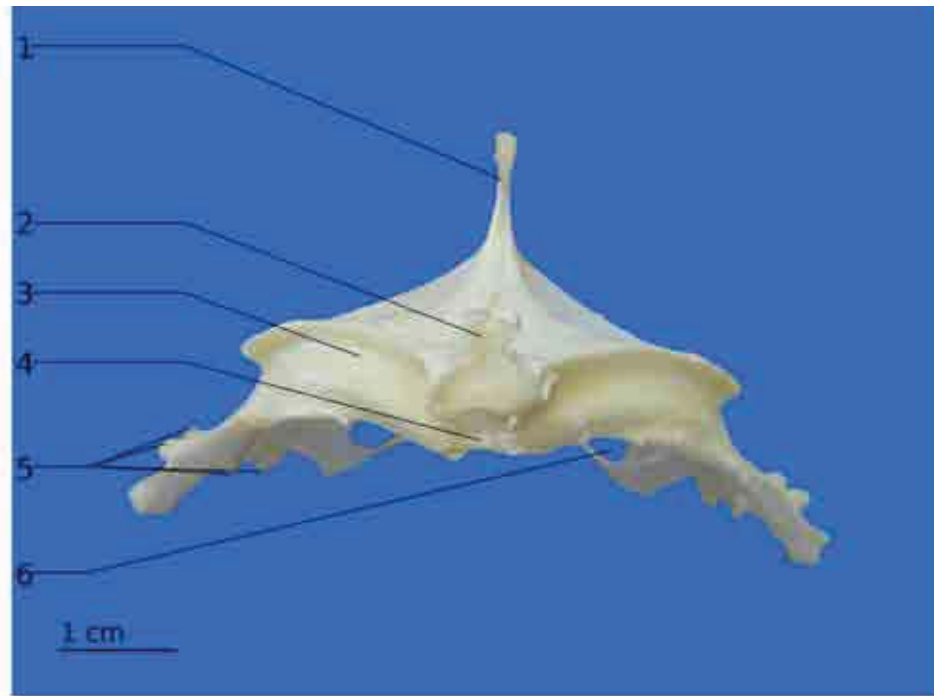
#### b) Étude ostéologique du sternum du vautour [23, 27, 28, 37]

Le corps sternal se prolonge vers l'avant par un rostre globalement aplati, qui se développe entre les deux surfaces d'articulation pour les coracoïdes. Ces surfaces possèdent la forme d'une gouttière qui longe le bord crânial du sternum. Au bord latéral ou costal s'articulent les côtes sternales : on y remarque la présence d'une série de canelures.

Le « métasternum » est la portion caudale du sternum. Celle-ci présente des processus qui ont fusionné chez le vautour et délimitent de larges ouvertures ovales de part et d'autre du plan médian. Il existe une grande variation au niveau du bord caudal du sternum suivant les espèces d'oiseaux.

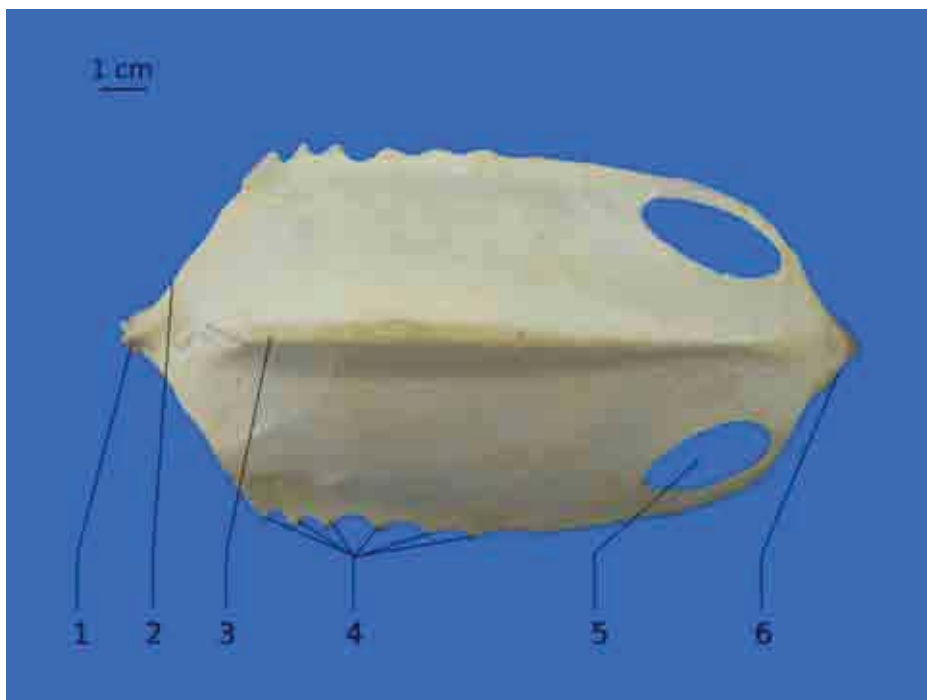
Sur la surface dorsale du sternum, fortement concave, on trouve de nombreux petits *foramens* pneumatiques par lesquels passent les sacs aériens. La face ventrale, convexe, possède une carène saillante et forte.

Globalement le vautour présente un bréchet de structure assez simple par rapport aux autres espèces aviaires.



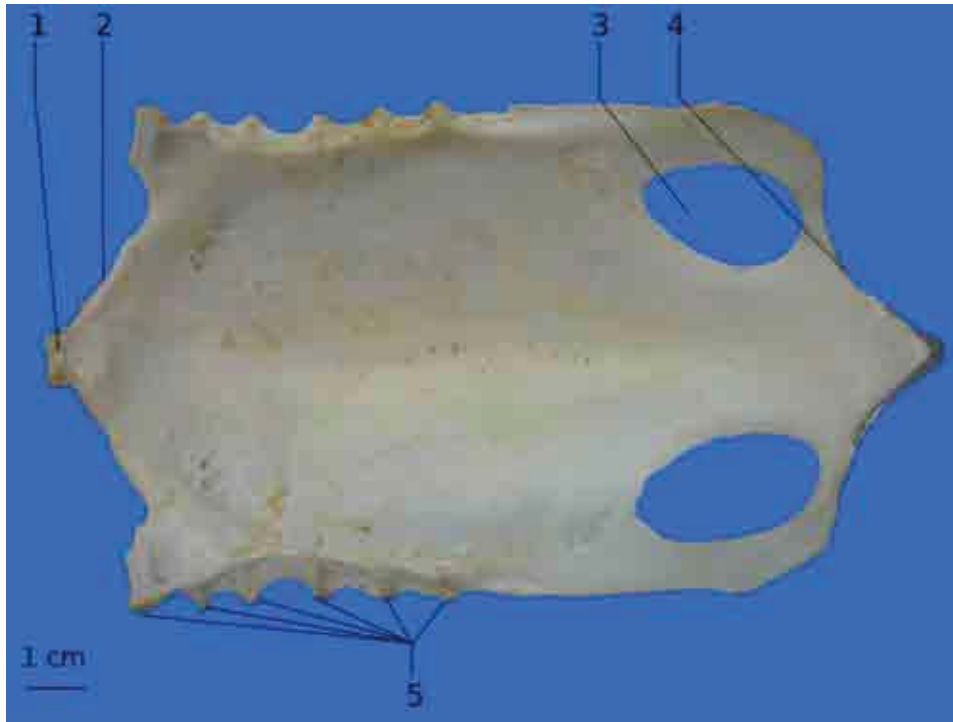
**Figure 34** : Aspect rostral du sternum

- |                                    |  |
|------------------------------------|--|
| 1 : Carène du sternum              | 4 : Épine sternale                       |
| 2 : Rostre du sternum              | 5 : Processus articulaires sternocostaux |
| 3 : Sillon articulaire coracoïdien | 6 : <i>Foramen</i> ovale                 |



**Figure 35** : Aspect ventral du sternum

- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| 1 : Rostre du sternum       | 4 : Processus articulaires sternocostaux |
| 2 : Bord crânial du sternum | 5 : <i>Foramen</i> ovale                 |
| 3 : Carène du sternum       | 6 : Bord caudal du sternum               |

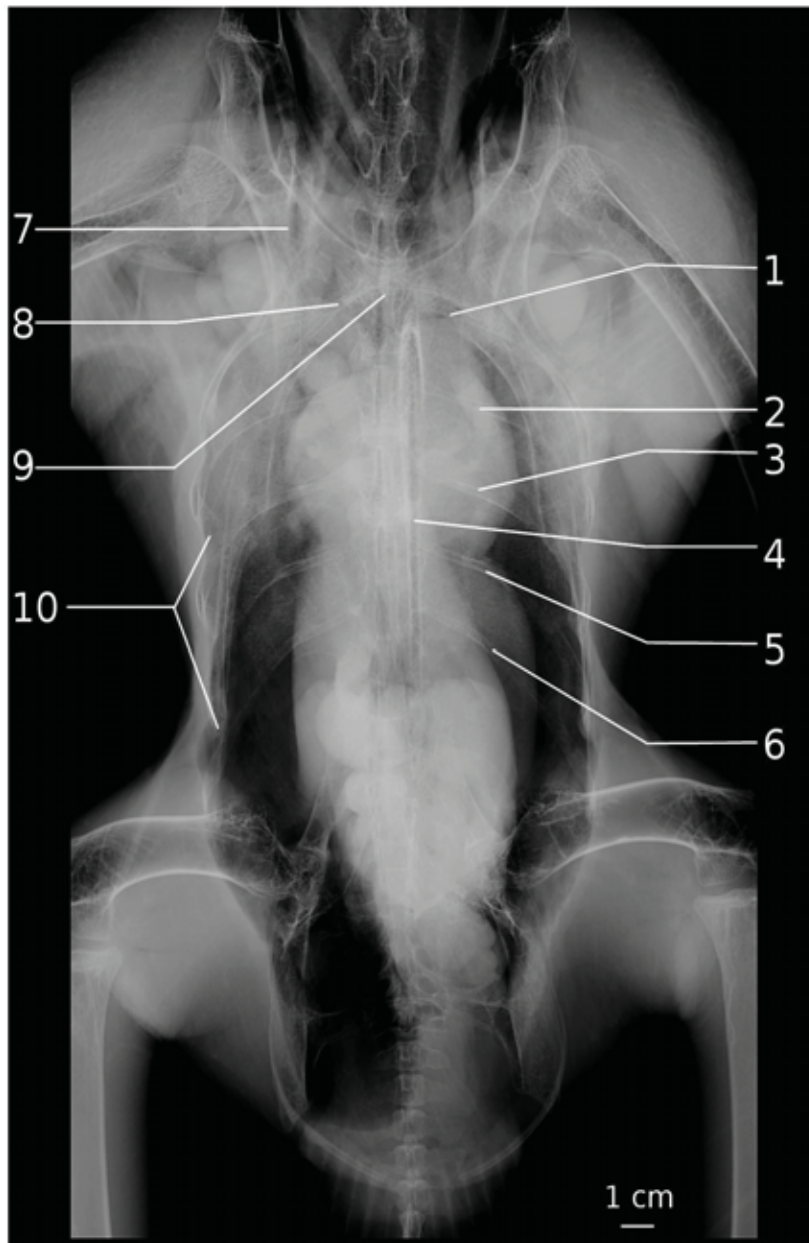


**Figure 36** : Aspect ventral du sternum

- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| 1 : Épine sternale          | 4 : Bord caudal du sternum               |
| 2 : Bord crânial du sternum | 5 : Processus articulaires sternocostaux |
| 3 : <i>Foramen</i> ovale    |  |

### c) Radiographie

Classiquement on ne réalise pas de clichés radiographiques ayant pour but la seule visualisation du sternum. Nous avons utilisé les clichés de la cavité cœlomique, et tenté de visualiser le mieux possible le bréchet et sa structure sur les deux clichés de face et de profil qui sont présentés ci-après. Le sternum est décrit comme un « bouclier osseux ». Grâce à la grande pneumatisation de cet os, il est possible de voir la cavité cœlomique sur un cliché radiographique mais l'os en lui-même apparaît très radio-transparent ce qui ne facilite pas sa visualisation.



**Radiographie n° 7 : Projection ventro-dorsale des côtes et du sternum**

1 : 2<sup>e</sup> côte

2 : 3<sup>e</sup> côte

3 : 4<sup>e</sup> côte

4 : Carène du sternum

5 : 5<sup>e</sup> côte

6 : 6<sup>e</sup> côte

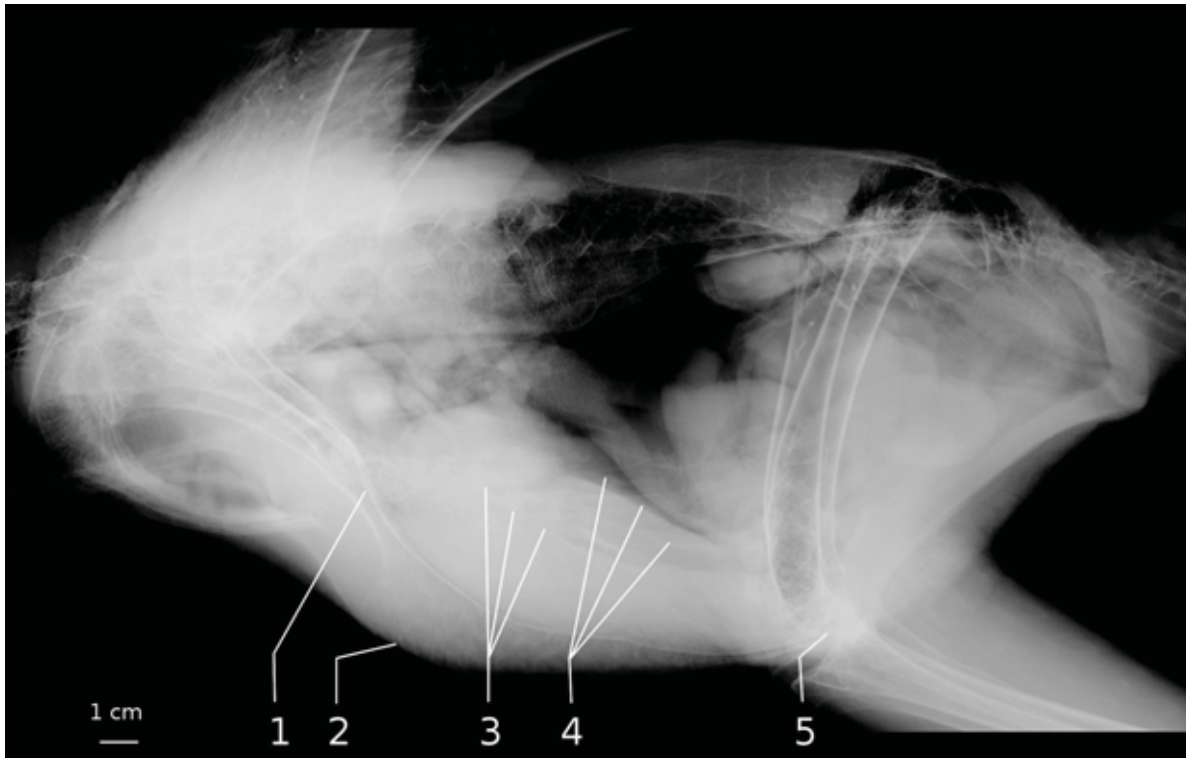
7 : Os coracoïde

8 : Articulation coracoïdo-sternale

9 : Bord crânial du sternum

10 : Bord costal du sternum





**Radiographie n°8** : Projection latérale gauche des côtes et du sternum

1 : Surface articulaire pour l'os coracoïde  
 2 : Bréchet  
 3 : Articulations costo-sternales

4 : Côtes sternales  
 5 : Bord caudal du sternum

## E. Membre thoracique

### i. Introduction [25, 28]

D'un point de vue anatomique les membres sont les organes de la locomotion, ils appartiennent à deux types structuraux : le membre de type nageoire (ptérygium) et le membre pentadactyle (chiridium). Le membre chiridien des vertébrés supérieurs fondamentalement terrestres et marcheurs est terminé par 5 doigts.

L'adaptation au vol entraîne une transformation du membre thoracique : l'autopode du membre chiridien est le plus modifié (c'est le segment distal, c'est-à-dire la main) tandis que les autres segments s'allongent.

Le type oiseau se caractérise ainsi : l'aile est constituée par un ensemble de plumes spécialisées, les rémiges, qui s'insèrent sur les trois segments du membre thoracique à peu près également allongés. Le basipode ne compte que deux os sur lesquels s'articulent les trois doigts de la main. Chez Archéoptéryx du Jurassique ils sont libres et terminés par des griffes. Chez les oiseaux actuels les trois métacarpiens sont soudés et ne sont pas terminés par des griffes.

## ii. La ceinture thoracique

### a) Ostéologie [ 23, 25, 27, 28, 29, 32, 37]

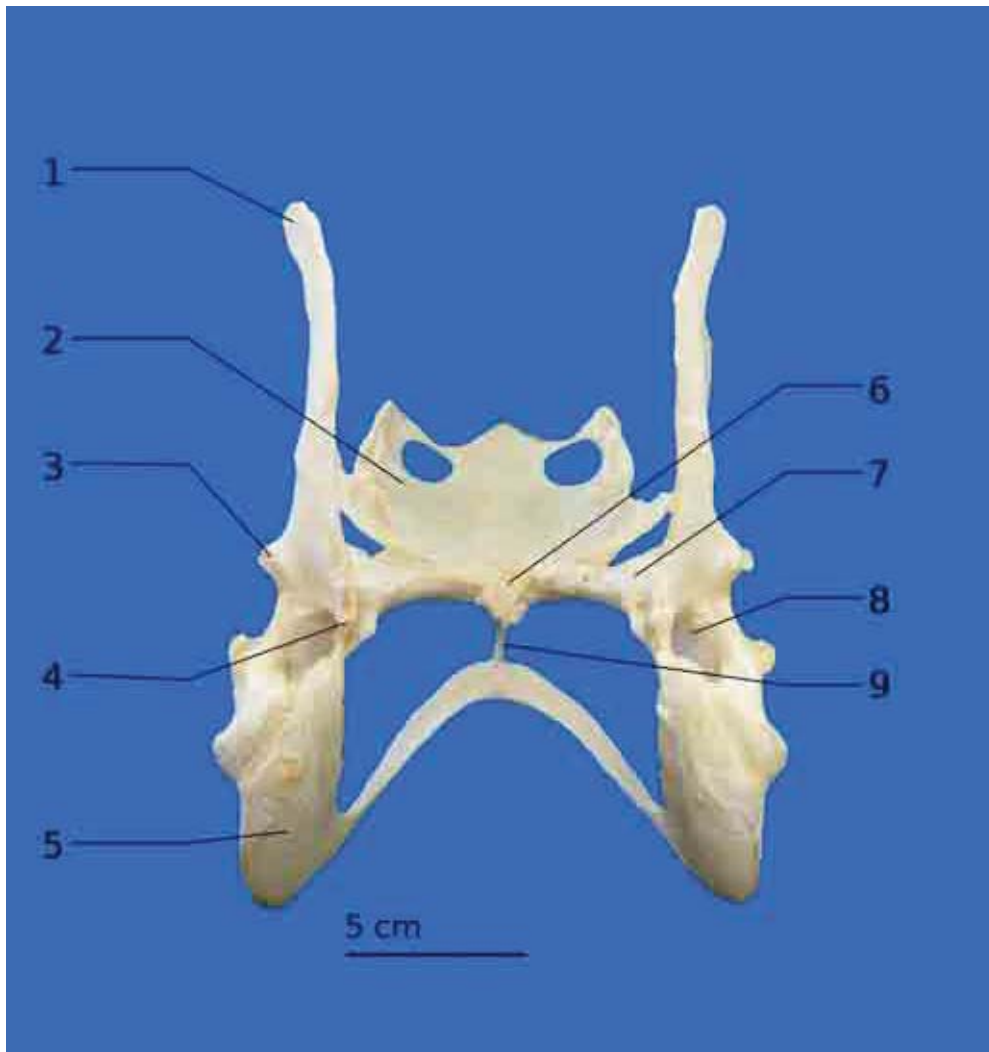
La ceinture pectorale est composée de trois os pairs, qui supportent les ailes. Il s'agit de la clavicule, ou *furcula*, en avant, de la scapula, dorsalement, et du coracoïde, latéralement. Le sternum s'implique dans la ceinture scapulaire par son articulation importante avec l'os coracoïde.

Les coracoïdes, ou os coracoïdes, sont les os les plus solides de la ceinture du membre thoracique. Ils s'étendent entre le sternum et l'articulation de l'épaule dans une direction crânio-dorsale oblique. Ce sont des os larges, qui se développent comme deux piliers, solidement ancrés sur le sternum. Les coracoïdes supportent la plus grande partie des contraintes mécaniques pendant le vol. Ils interviennent en maintenant les épaules et les ailes à l'écart du sternum, et assistent les côtes en évitant un effondrement du thorax lors de l'abaissement des ailes. À son extrémité sternale, le coracoïde répond au sillon articulaire coracoïdien du bord crânial du sternum. Les deux coracoïdes se rejoignent au niveau du rostre du sternum. À l'extrémité omale (scapulaire), le coracoïde participe en grande partie à la formation de la cavité glénoïde pour l'articulation de la tête humérale. Cette surface articulaire humérale, dirigée caudalement, est concave et recouverte de cartilage hyalin. En avant du processus glénoïdal, se projette le processus acrocoracoïdien, qui forme la paroi latérale du canal triosseux, qui est situé médialement et dorsalement à la cavité glénoïde. Caudalement à ces deux structures se trouve la petite surface articulaire scapulaire. En outre, les deux os sont liés par un ligament coracoscapulaire interosseux qui court entre une protubérance sur le côté médial du coracoïde et l'acromion de la scapula. Sur l'ensemble de l'extrémité crâniale du coracoïde, se trouve la surface articulaire claviculaire, large, en forme de croissant de lune.

Les clavicules d'oiseaux montre des variations considérables entre les espèces, en forme et en force. Ce sont habituellement de fines baguettes osseuses pneumatisées. Chez le vautour elles se développent en deux os relativement forts qui s'élargissent particulièrement dans leurs portions proximales. Dans le monde aviaire, les clavicules s'unissent en un seul os qui, à cause de sa forme, est connu sous le nom de fourchette. La zone de fusion est située ventralement et appelée hypocleïdium, qui est reliée à la pointe carinale du sternum par un ligament : le ligament hypocleïdal. La fourchette agit pour maintenir l'écartement entre les deux épaules pendant le mouvement de l'aile. Proximalement la clavicule porte de larges surfaces articulaires qui répondent aux deux coracoïdes. La clavicule s'articule à la fois avec les coracoïdes et les scapulas. Les articulations entre ces structures sont renforcées par des ligaments puissants.

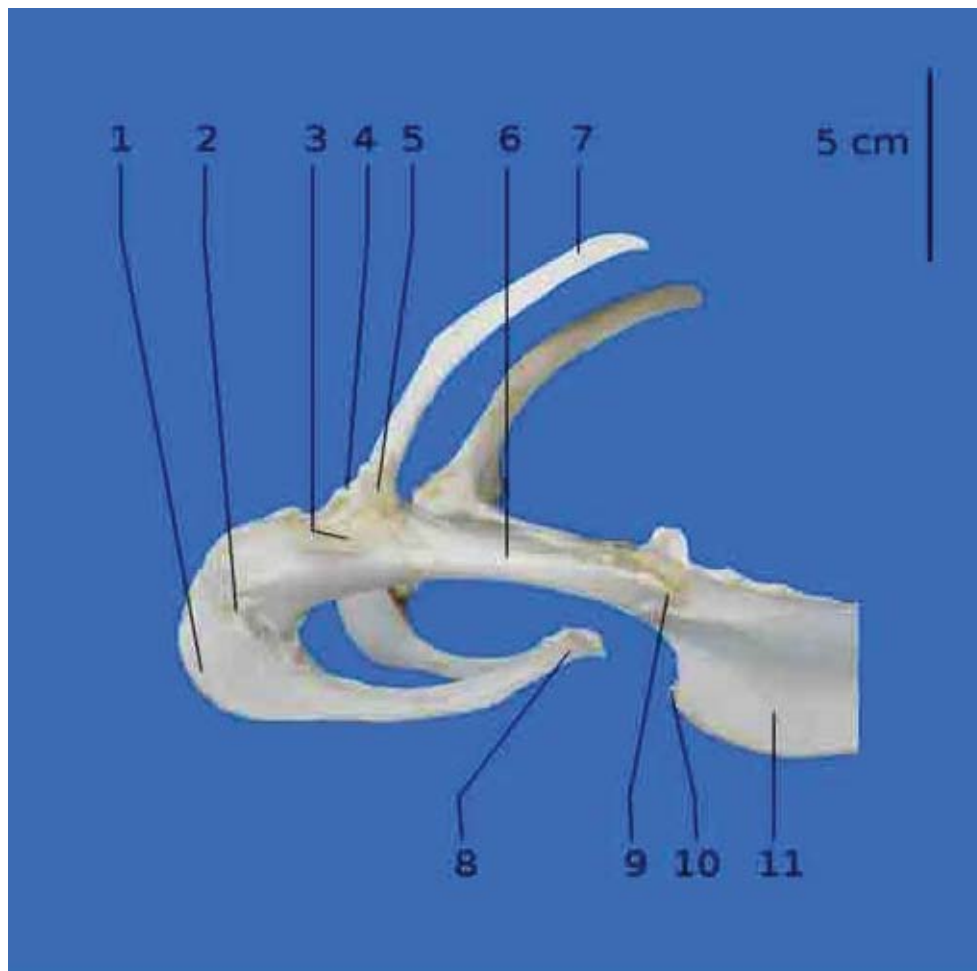
La scapula, ou omoplate, est une lame osseuse fine et longue en forme de sabre. Elle est légèrement plus mince à son extrémité crâniale (ou tête de la scapula) et près de l'acromion où il y a un foramen pneumatique. La tête de la scapula s'articule crânialement avec le coracoïde et la fourchette et participe à la formation de la cavité glénoïde. Chaque omoplate possède un bord dorsal et un bord ventral, qui se rejoignent caudalement en une épine (extrémité caudale). La scapula s'étend caudo-dorsalement tout en restant parallèle à la colonne vertébrale. Elle est assez immobile et solidarisée aux côtes par des muscles et des ligaments.

Les trois os de la ceinture participe à la formation du **canal triosseux** à travers lequel passe le tendon du muscle supracoracoïdien qui élève l'humérus et détermine le relever de l'aile.



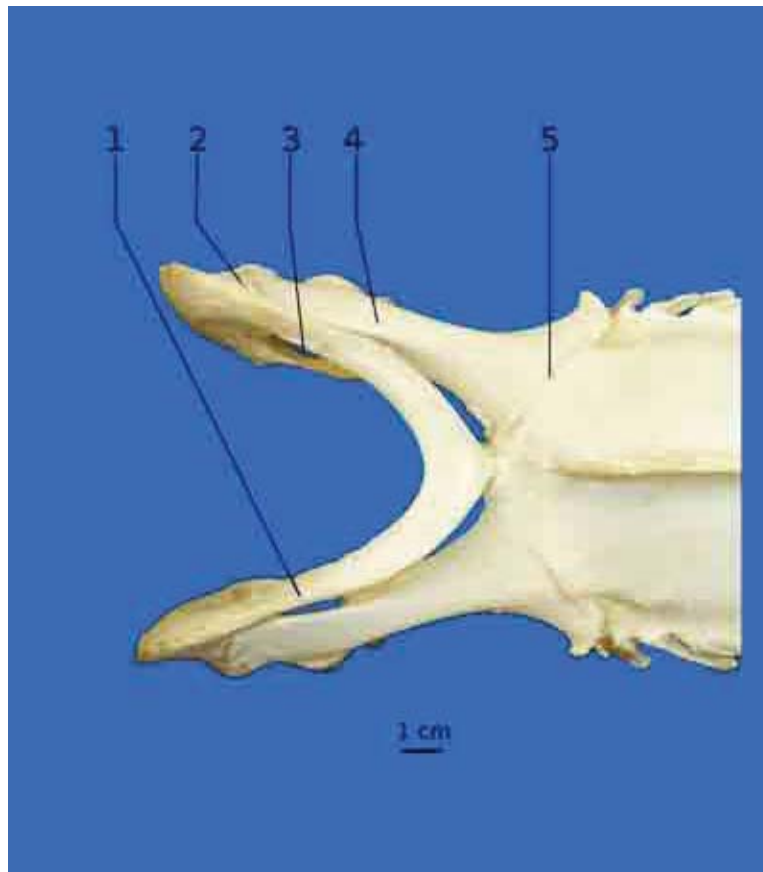
**Figure 37** : Aspect crânial de la ceinture pectorale

- |  |                     |
|--|---------------------|
| 1 : Scapula                              | 6 : Rostre sternal  |
| 2 : Sternum                              | 7 : Coracoïde       |
| 3 : Processus coracoïdien de la scapula  | 8 : Canal triosseux |
| 4 : Processus claviculaire de la scapula | 9 : Carène sternale |
| 5 : Clavicule                            |                     |



**Figure 38** : Aspect latéral gauche de la ceinture pectorale

- 1 : Clavicule
- 2 : Processus acrocoracoïdien de la clavicule (tubérosité pour l'articulation avec l'os coracoïde)
- 3 : Processus acromial (surface articulaire pour la tête de l'humérus)
- 4 : Processus claviculaire de la scapula
- 5 : Processus coracoïdien de la scapula
- 6 : Coracoïde
- 7 : Scapula
- 8 : Synostose interclaviculaire
- 9 : Articulation sterno-coracoïdienne
- 10 : Apex de la carène sternale
- 11 : Sternum



**Figure 39** : Aspect ventral de la ceinture thoracique

- |   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| 1 : Clavicule                           | 4 : Coracoïde                        |
| 2 : Articulation acrocoracoclaviculaire | 5 : Articulation sternocoracoïdienne |
| 3 : Canal triosseux                     |                                      |

### iii. L'humérus

#### a) Ostéologie [23, 27, 29, 31, 37]

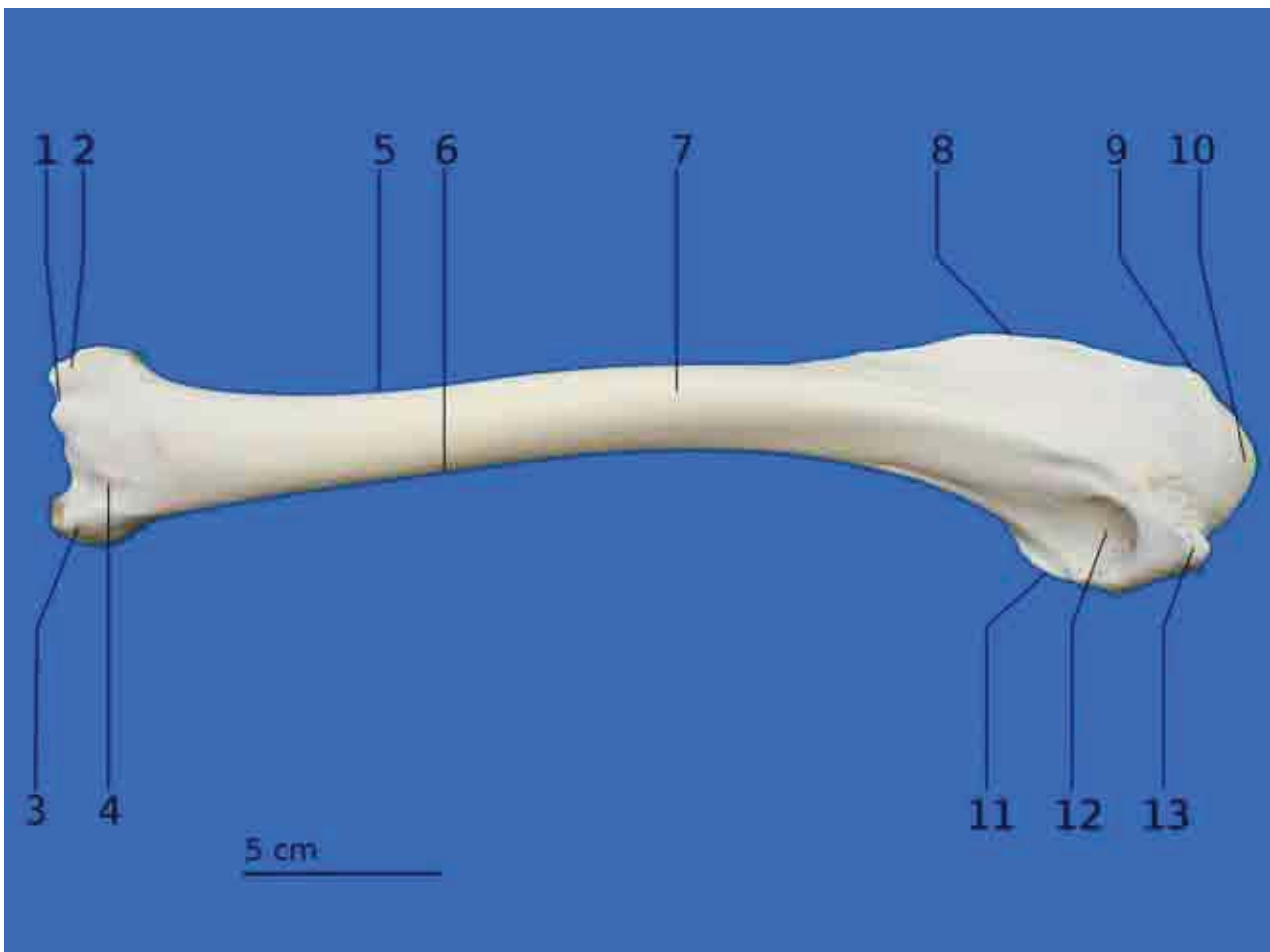
L'humérus est l'os le plus imposant du membre pectoral. Le cortex est très fin et la cavité médullaire contient un réseau de trabécules qui augmentent la force de l'os.

La pneumaticité de cet os varie en fonction des espèces. Les Cathartidés présentent la plus grande pneumaticité alors que les Accipitridés ont généralement des os peu pneumatisés. La portion extra-thoracique du sac aérien claviculaire possède des extensions dans la cavité médullaire de l'humérus, dans le coracoïde, la scapula et la clavicule. Le *foramen* pour le passage du sac aérien se trouve dans la région proximale de l'humérus, en position ventrale et est très développé.

La tête humérale possède une forme arrondie, fortement convexe, pour s'articuler parfaitement avec la cavité glénoïde de la scapula. Elle est recouverte d'un cartilage hyalin pour faciliter les mouvements. Cette tête est portée par un col, très bref, à peine distinct. De part et d'autre de la tête

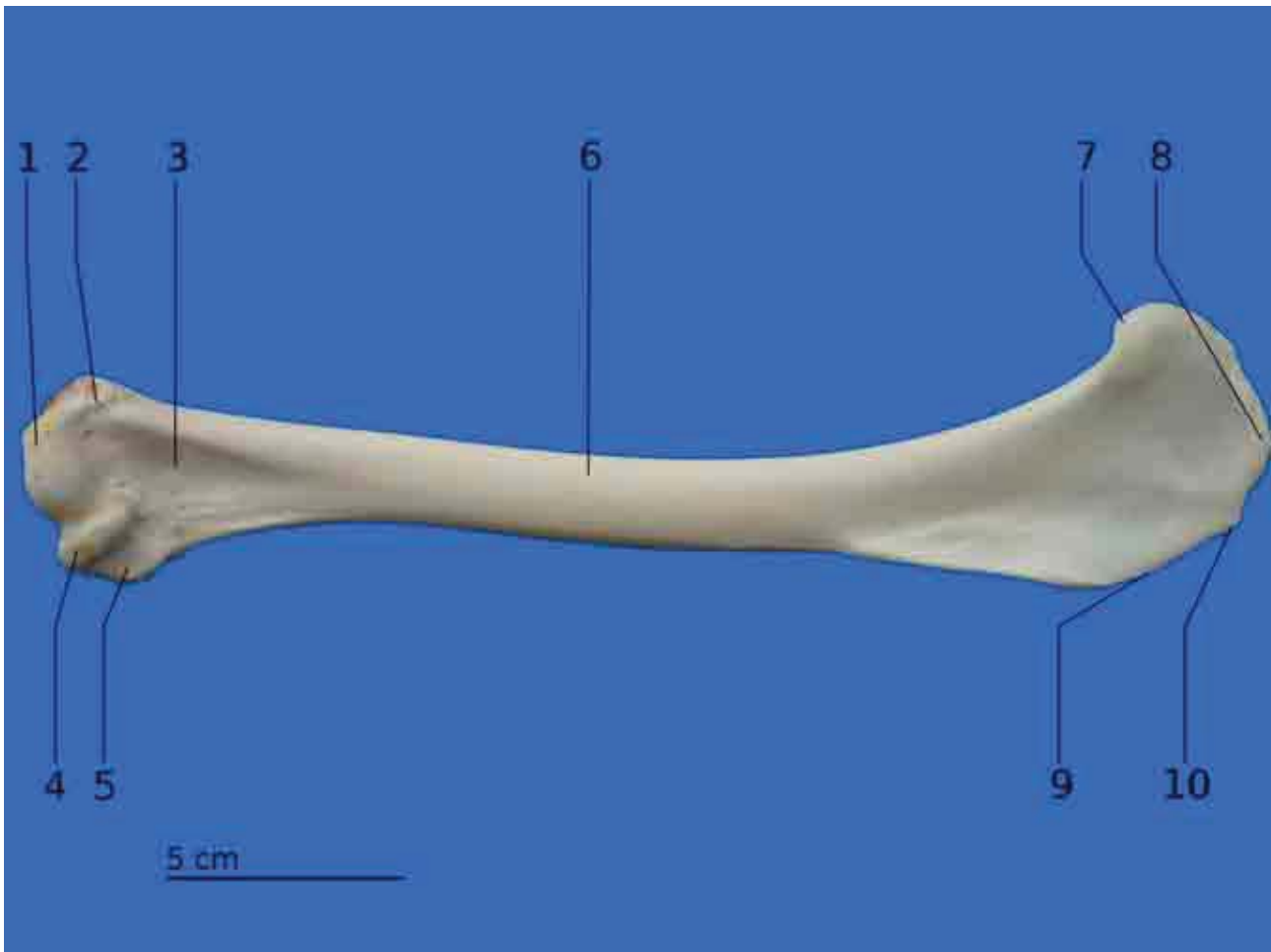
on trouve deux tubercules qui sont tous les deux le point de départ d'une crête. La longue crête dirigée crânialement et située sur la face dorsale de l'humérus est la crête pectorale aussi appelée crête deltoïdienne. Elle est douce et sans rotation à l'inverse de ce que l'on observe chez les Mammifères. Sur la surface ventrale de la crête deltoïdienne de l'humérus, les muscles du vol les plus larges, les pectoraux, s'insèrent et agissent pour abaisser l'humérus. Ces muscles trouvent leur origine sur la carène du bréchet et la clavicule, et s'insèrent le long de la crête pectorale et de l'humérus proximal. Entre la crête deltoïdienne et la tête de l'humérus se trouve une petite protubérance, le tubercule dorsal ( qui correspond au tubercule majeur des Mammifères). Le tubercule ventral ( ou mineur) est séparé de la tête humérale par un sillon. Ventralement au tubercule mineur, on trouve la crête bicipitale, moins prononcée que la crête deltoïdienne.

Distalement, l'humérus s'articule avec le radius et l'ulna par deux condyles. Le plus large des deux, le condyle ventral, s'articule avec l'ulna. Entre les deux condyles se trouve une trochlée très profonde. Médialement la fosse olécrânienne est encadrée par les épicondyles, peu distincts.



**Figure 40** : Aspect caudal de l'humérus gauche

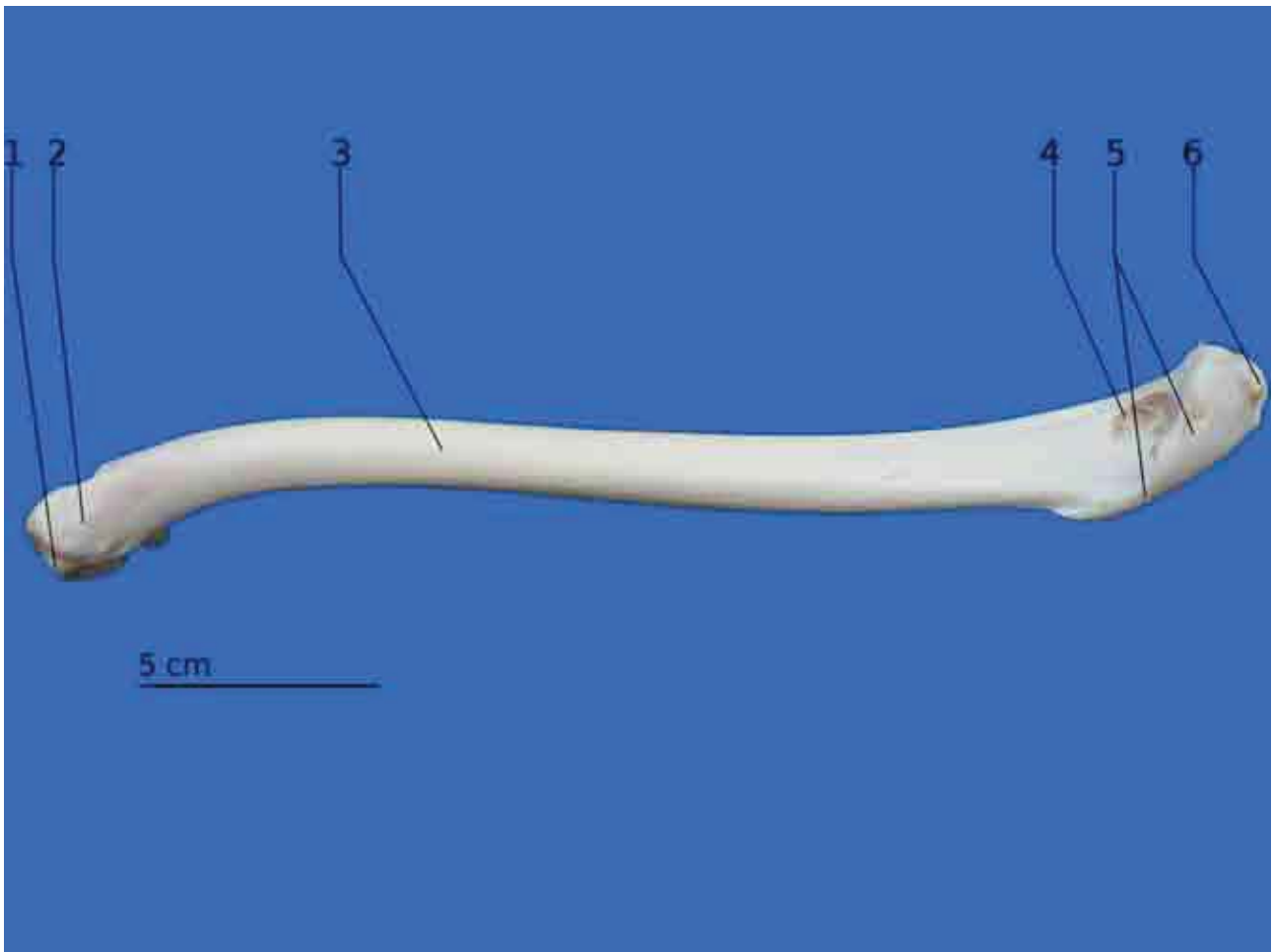
- |                               |                                 |
|-------------------------------|---------------------------------|
| 1 : Épicondyle dorsal         | 8 : Crête deltopectorale        |
| 2 : Condyle dorsal            | 9 : Tubercule dorsal            |
| 3 : Épicondyle ventral        | 10 : Tête humérale              |
| 4 : Fosse olécrânienne        | 11 : Crête bicipitale           |
| 5 : Bord dorsal de l'humérus  | 12 : <i>Foramen</i> pneumatique |
| 6 : Bord ventral de l'humérus | 13 : Tubercule ventral          |
| 7 : Corps de l'humérus        |                                 |



**Figure 41** : Aspect crânial de l'humérus gauche

- 1 : Condyle ventral
- 2 : Épicondyle ventral
- 3 : Fosse brachiale
- 4 : Trochlée
- 5 : Épicondyle dorsal

- 6 : Corps de l'humérus
- 7 : Crête bicipitale
- 8 : Tête humérale
- 9 : Crête deltopectorale
- 10 : Tubercule dorsal

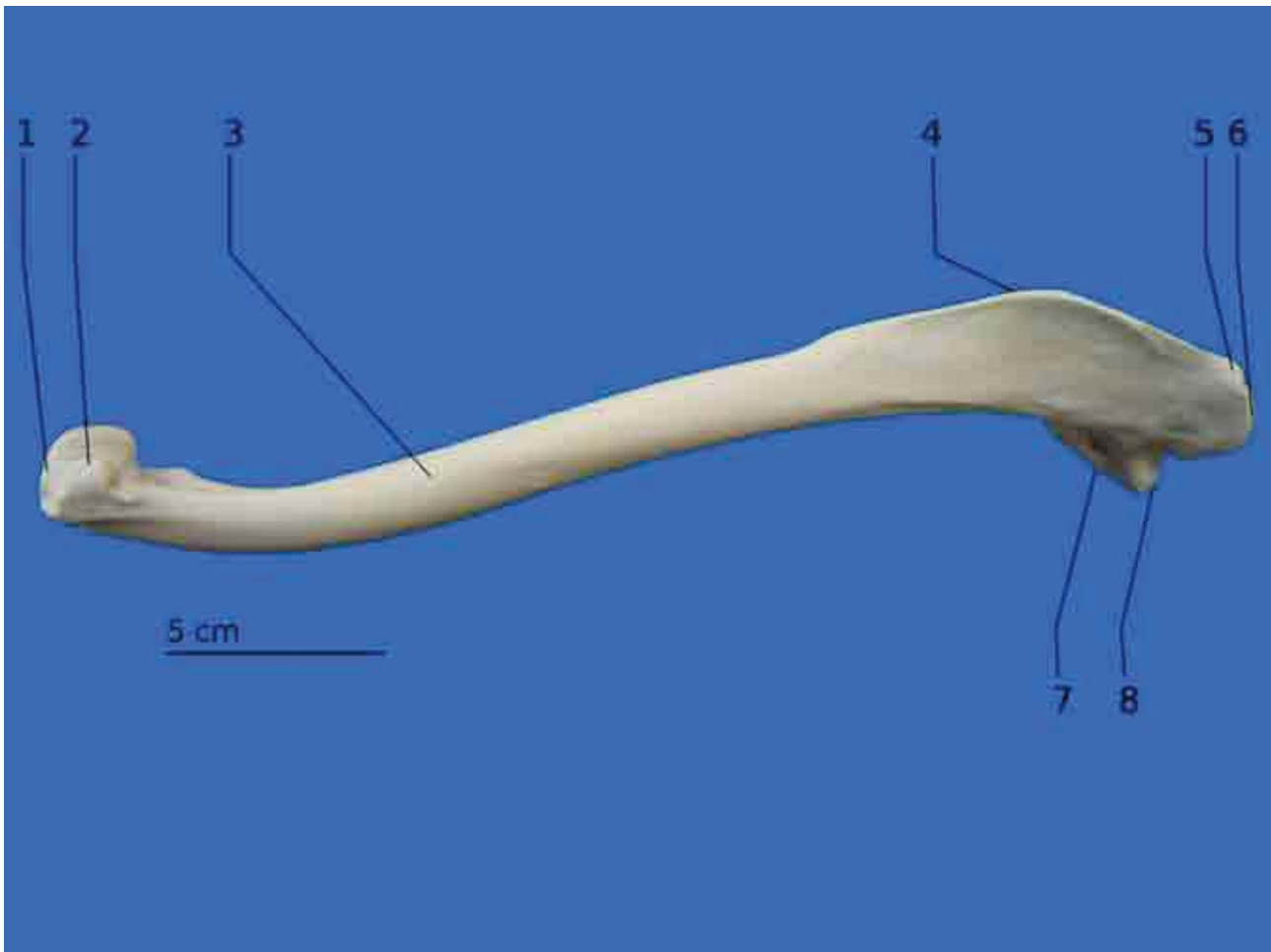


**Figure 42** : Aspect ventral de l'humérus gauche

1 : Condyle ventral  
2 : Épicondyle ventral  
3 : Corps de l'humérus

4 : Fosse pneumotricipitale  
5 : Crête bicipitale  
6 : Tête humérale





**Figure 43** : Aspect dorsal de l'humérus gauche

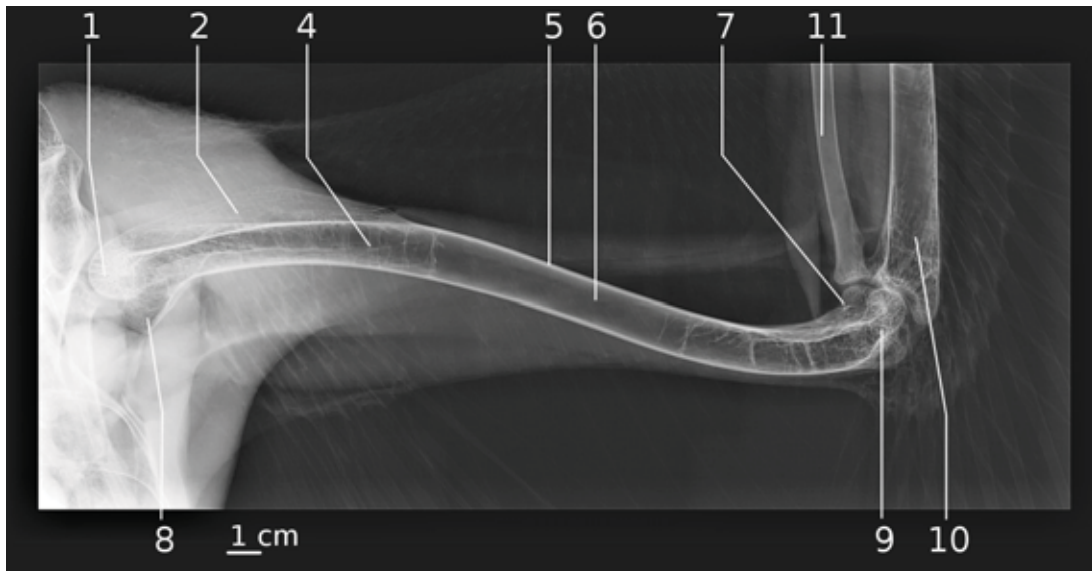
1 : Condyle dorsal  
 2 : Épicondyle dorsal  
 3 : Corps de l'humérus  
 4 : Crête pectorale

5 : Tubercule dorsal  
 6 : Tête de l'humérus  
 7 : Crête bicipitale  
 8 : Tubercule ventral

b) Radiographie [31, 35]

La radiographie des membres est aisée chez les oiseaux, le contraste naturel permet en effet d'obtenir des clichés de bonne qualité.

Pour le cliché de profil on choisi une incidence médio-latérale, l'animal est donc couché sur le dos, l'aile étant étirée sur le côté. On préfère cela à l'incidence latéro-médiale dans le but de réduire la distance entre la cassette et la zone à radiographier. La réalisation du cliché de face est plus délicate, car il s'agit en réalité d'une incidence caudo-crâniale. L'oiseau est maintenu la tête vers le bas et l'axe du corps perpendiculaire à la table de radiographie.



**Radiographie n°9** : Projection médio-latérale de l'humérus

- |                               |                        |
|-------------------------------|------------------------|
| 1 : Tête de l'humérus         | 7 : Épicondyle ventral |
| 2 : Crête pectorale           | 8 : Crête bicipitale   |
| 4 : Trabécules osseux         | 9 : Épicondyle dorsal  |
| 5 : Bord crânial de l'humérus | 10 : Ulna              |
| 6 : Corps de l'humérus        | 11 : Radius            |



**Radiographie n°10** : Projection caudo-crâniale de l'humérus

- |                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| 1 : Tête de l'humérus  | 5 : Épicondyle ventral |
| 2 : Tubercule dorsal   | 6 : Épicondyle dorsal  |
| 3 : Tubercule ventral  | 7 : Humérus            |
| 4 : Corps de l'humérus | 8 : Ulna               |

#### iv. Le radius et l'ulna

##### a) Ostéologie [23, 27, 31, 32, 37]

Le radius et l'ulna sont les os de l'avant-bras. L'ulna est plus massif que le radius, mais les deux os sont de longueur à peu près égale. Ils sont séparés par un large espace interosseux et sont parallèles entre eux. Lorsque l'aile est repliée, ils sont parallèles à l'humérus. Chez la plupart des oiseaux domestiques, l'humérus est plus long que ces deux os mais chez le vautour c'est l'inverse.

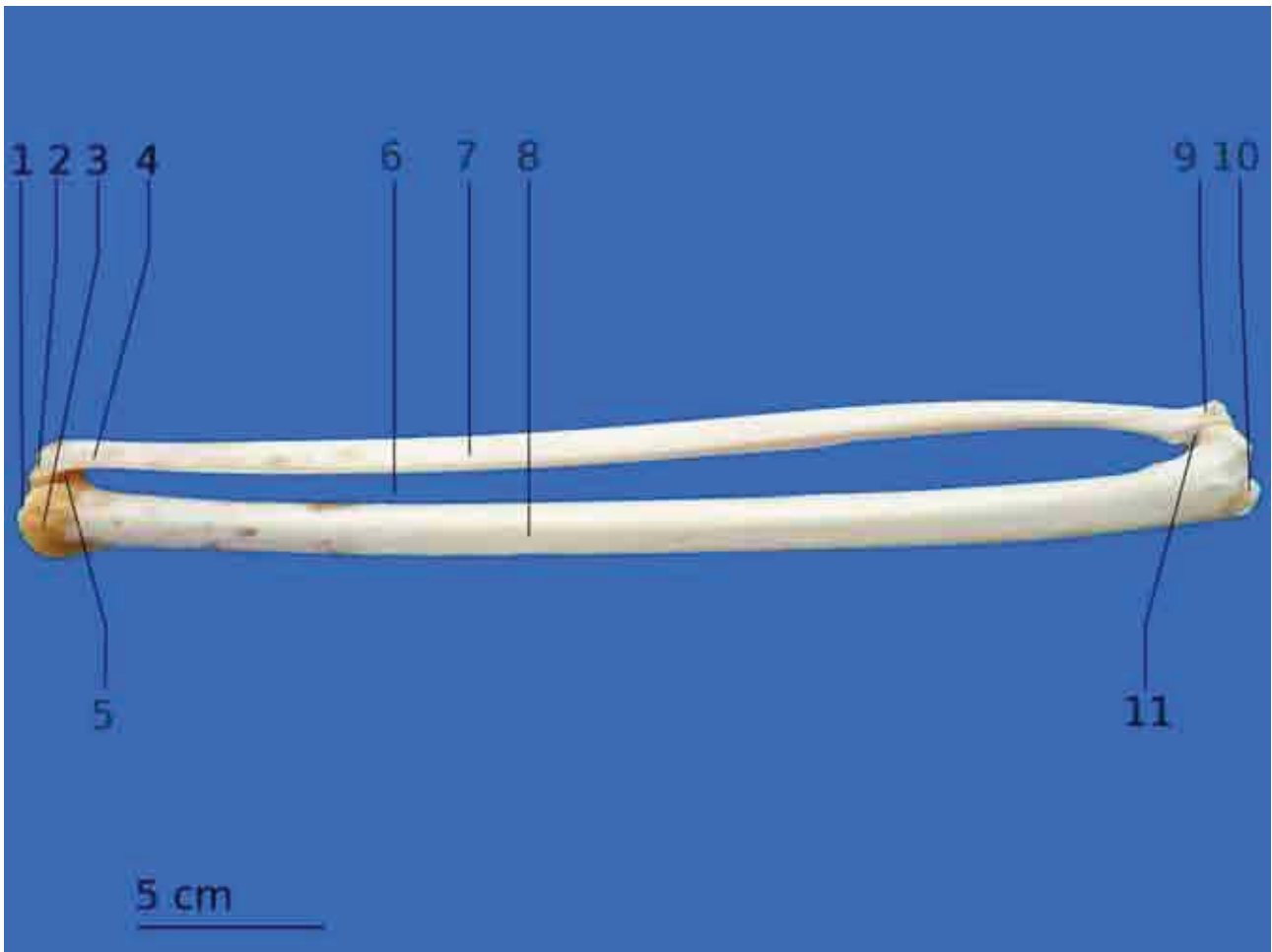
La partie distale de ces deux os est incurvée caudalement. Il faut noter que le degré d'incurvation varie suivant les espèces et chez le vautour fauve l'incurvation est faible. Cependant le radius présente une particularité puisqu'il s'incurve également proximale, le sens de la courbe étant dirigé crânialement, de telle sorte que l'os forme un « s », peu prononcé. Sur la face caudale de l'Ulna on arrive à distinguer une série de petites indentations qui représentent les points d'insertion des rémiges de l'aile.

Proximale, l'ulna et le radius s'articulent par leurs cotyles avec les deux condyles de l'humérus. La tête du radius possède une facette articulaire, légèrement concave, le cotyle huméral, qui s'articule avec le plus petit des condyles de l'humérus, le condyle dorsal.

La portion proximale de l'ulna, possède deux cavités articulaires plus prononcées, pour recevoir les deux condyles ventral (ulnaire) et dorsal (radial), de l'humérus : ce sont les cotyles ventral et dorsal, qui équivalent à l'échancrure (incisure) semi-lunaire des mammifères. Latéralement se trouve une dépression plus importante entourée d'une petite crête osseuse qui participe à l'articulation radio-ulnaire proximale, l'incisure radiale. L'olécrâne est peu développé chez les oiseaux. Il se loge dans la fosse olécrânienne de l'humérus lorsque l'aile est en extension.

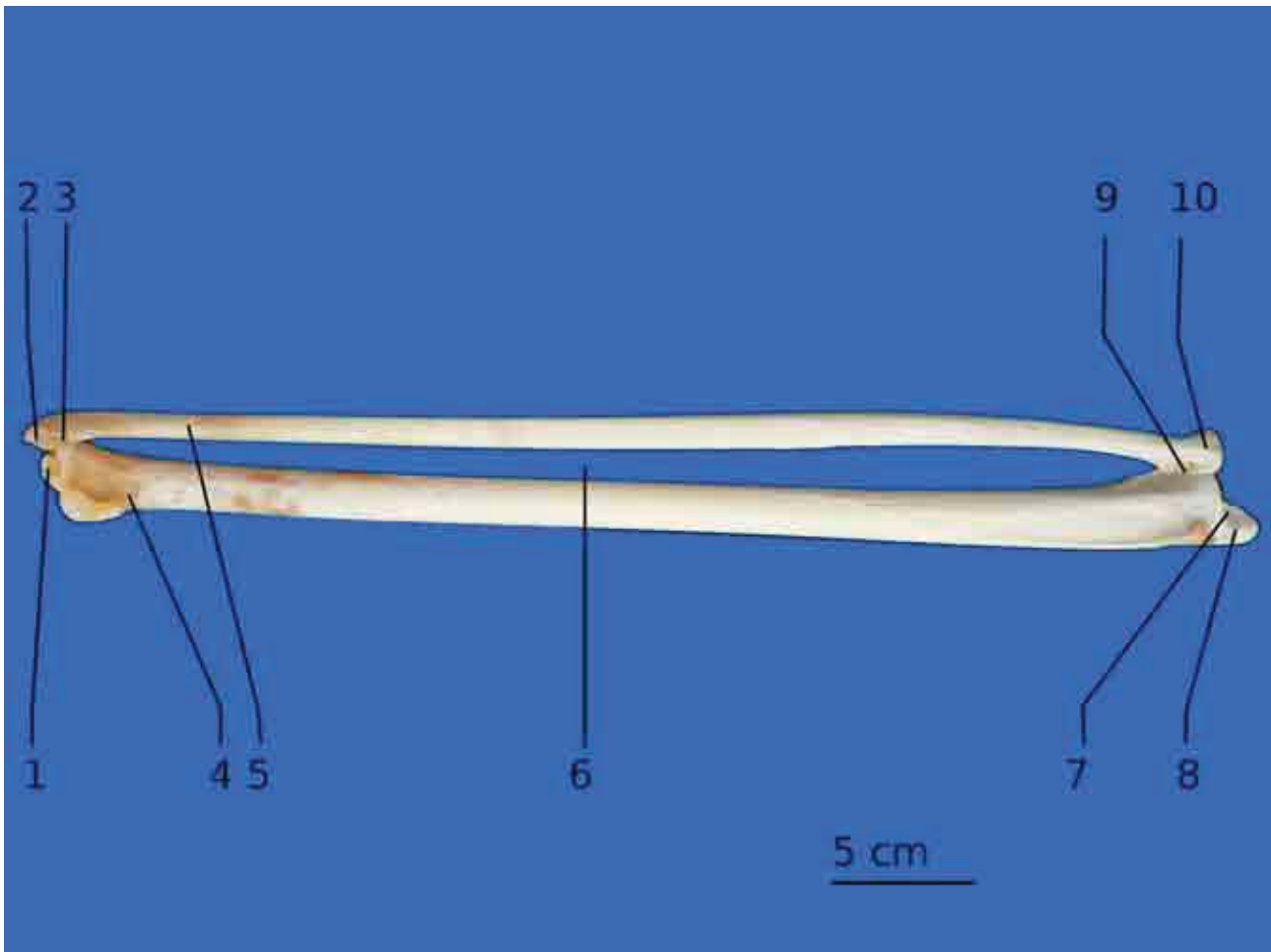
Distalement les deux os s'articulent avec le carpe. Le radius porte une facette articulaire qui lui permet de s'articuler à la fois avec l'ulna et avec l'os radial du carpe. L'ulna possède deux facettes articulaires, une pour l'articulation avec l'os radial du carpe et une pour l'os ulnaire du carpe. Le condyle distal de l'ulna est en contact avec le radius par l'articulation radio-ulnaire.

Le radius et l'ulna agissent ensemble pour permettre l'extension ou la flexion de la main. La flexion de l'avant-bras et celle de la main sont solidaires. Inversement quand l'avant-bras est en extension, l'ulna glisse distalement et pousse sur le métacarpe, permettant l'extension de la main.



**Figure 44** : Aspect latéral de l'avant-bras gauche

- |   |   |
|---|---|
| 1 : Trochlée de l'ulna                    | 7 : Corps du Radius                       |
| 2 : Surface articulaire distale du radius | 8 : Corps de l'ulna                       |
| 3 : Extrémité distale de l'ulna           | 9 : Tête du radius                        |
| 4 : Extrémité distale du radius           | 10 : Olécrâne                             |
| 5 : Articulation radio-ulnaire distale    | 11 : Articulation radio-ulnaire proximale |
| 6 : Espace interosseux                    |   |



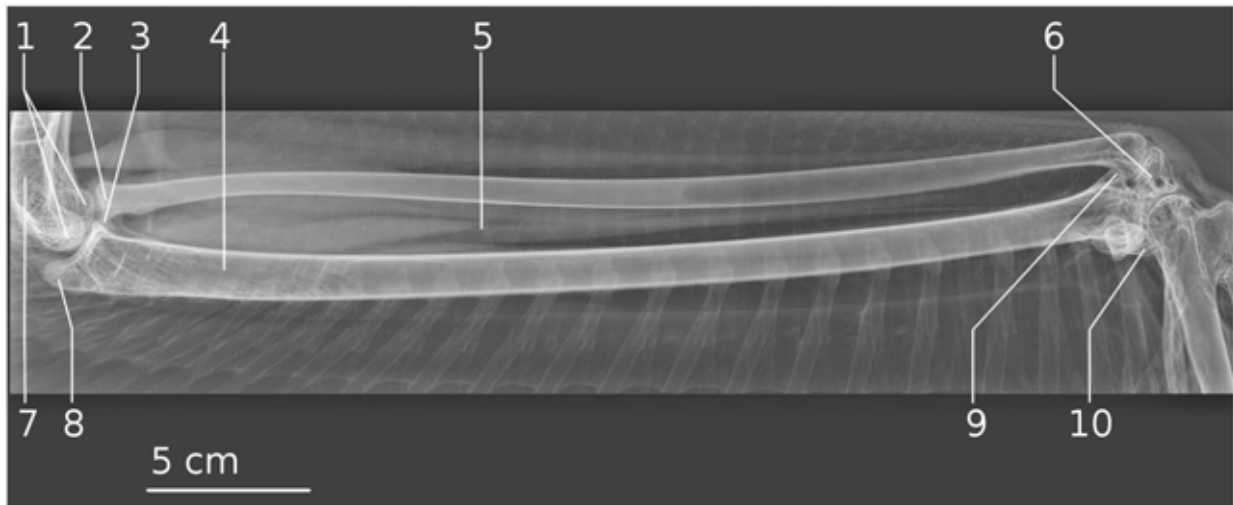
**Figure 45** : Aspect médial de l'avant-bras gauche

- 1 : Trochlée carpienne (condyle ventral)
- 2 : Surface articulaire distale de l'ulna
- 3 : Surface articulaire pour l'os radial du carpe
- 4 : Extrémité distale de l'ulna
- 5 : Extrémité distale du radius

- 6 : Espace interosseux
- 7 : Cotyle ventral (« Incisure semi-lunaire »)
- 8 : Olécrâne
- 9 : Articulation radio-ulnaire proximale
- 10 : Tête du radius

b) Radiographie [31, 35]

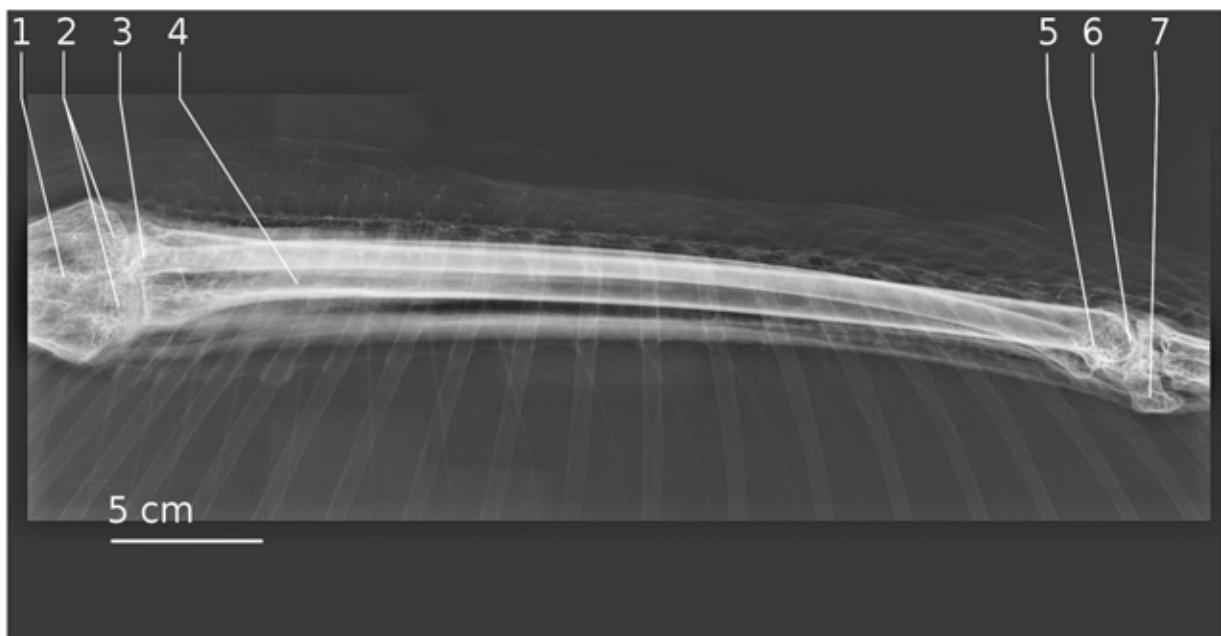
Pour la réalisation des clichés radiographiques de l'avant-bras on procède comme pour l'humérus.



**Radiographie n° 11** : Projection médio-latérale de l'avant-bras

- 1 : Condyles huméraux
- 2 : Cotyle huméral de la tête du radius
- 3 : Articulation radio-ulnaire proximale
- 4 : Ulna
- 5 : Espace interosseux

- 6 : Os radial du carpe
- 7 : Humérus
- 8 : Olécrâne
- 9 : Articulation radio-ulnaire distale
- 10 : Os ulnaire du carpe



**Radiographie n° 12** : Projection caudo-crâniale de l'avant-bras

- 1 : Humérus
- 2 : Condyles huméraux
- 3 : Tête de l'humérus
- 4 : Ulna

- 5 : Articulation radio-ulnaire distale
- 6 : Extrémité distale de l'ulna
- 7 : Os radial du carpe

v. La main [27, 28, 32, 31, 37]

a) Ostéologie

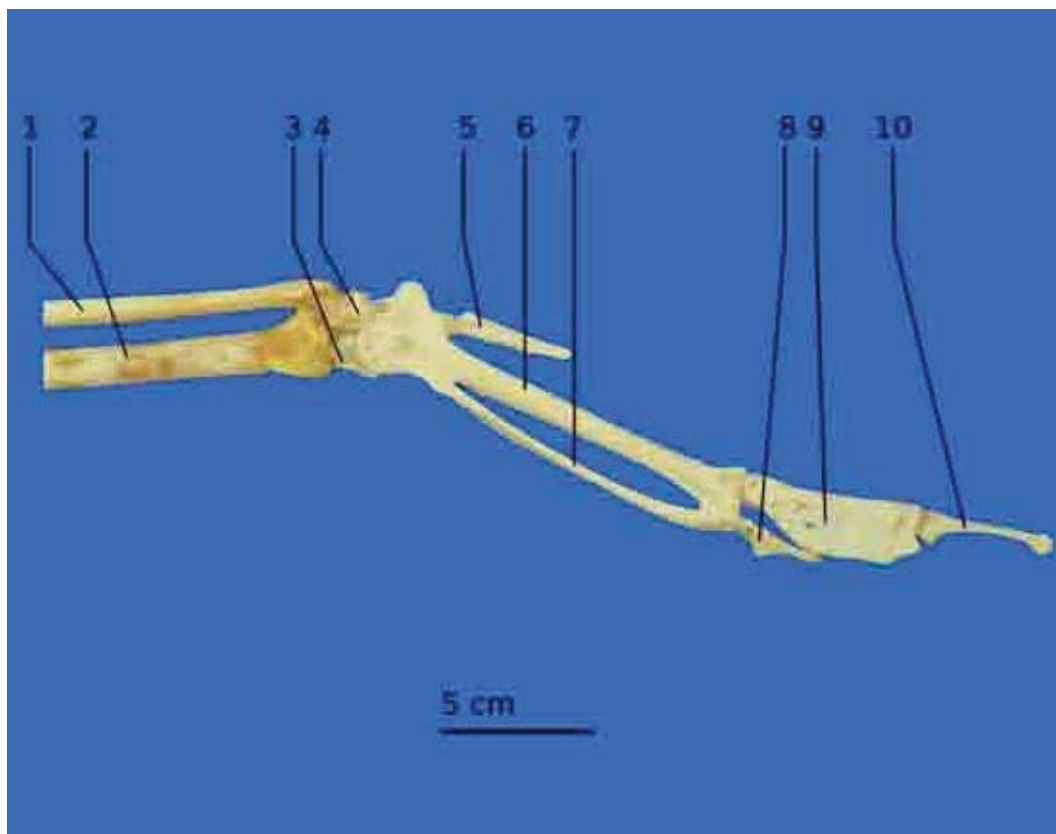
Le carpe des oiseaux est fait de deux os carpiens. On les nomme en fonction de leur topographie. L'os radial du carpe est crânial et dorsal, il s'articule à la fois avec le radius et l'ulna. L'os ulnaire du carpe est caudal et ventral et ne s'articule qu'avec l'ulna.

Chez l'adulte les trois os carpiens distaux se soudent entre eux et fusionnent avec les métacarpiens pour former le carpométacarpe.

Le métacarpien II ou os métacarpien alulaire est réduit ; il présente une petite protubérance dirigée crânialement : le processus extenseur. Il porte une seule phalange sur laquelle s'attachent les plumes de l'alula.

Les métacarpiens III et IV sont de longs éléments fusionnés proximalement et distalement, en ménageant un espace intermétacarpien.

Le métacarpien III est le plus large et le plus long (os grand métacarpien) et porte le grand doigt (deux phalanges, proximale et distale). Le métacarpien IV (os petit métacarpien) porte le petit doigt (une seule phalange).



**Figure 46** : Aspect médial du carpo-métacarpe

1 : Radius

2 : Ulna

3 : Os ulnaire du carpe

4 : Os radial du carpe

5 : Doigt alulaire

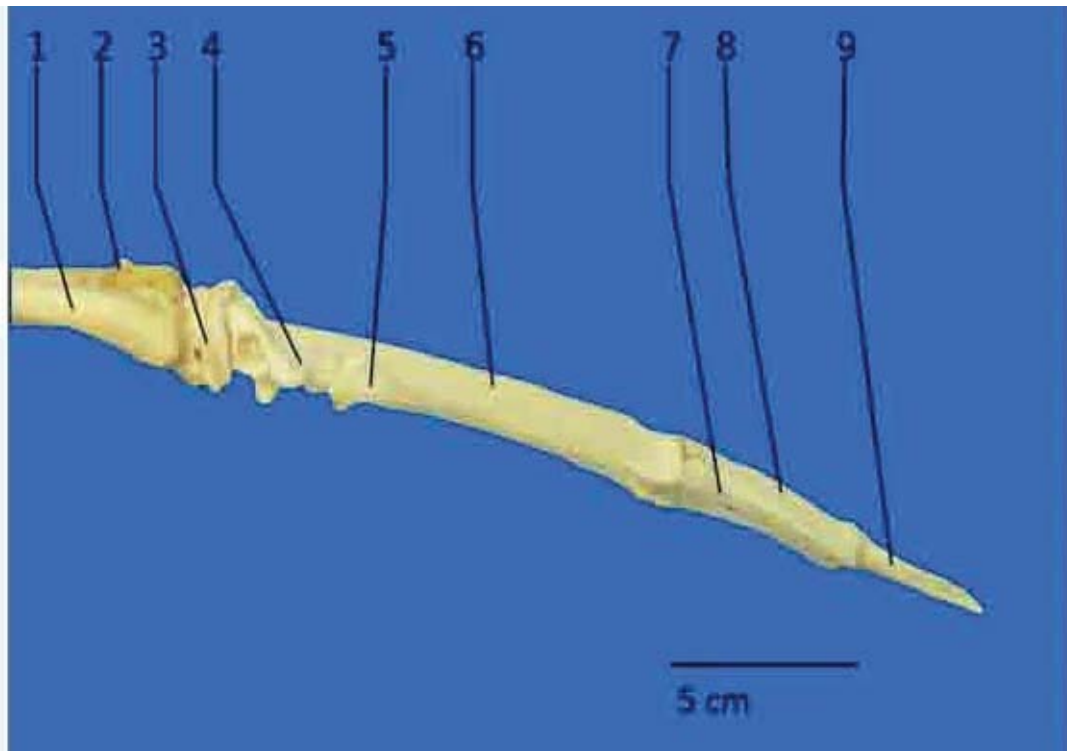
6 : Métacarpien III (os grand métacarpien)

7 : Métacarpien IV (os petit métacarpien)

8 : Phalange du petit doigt

9 : Phalange proximale du grand doigt

10 : Phalange distale du grand doigt



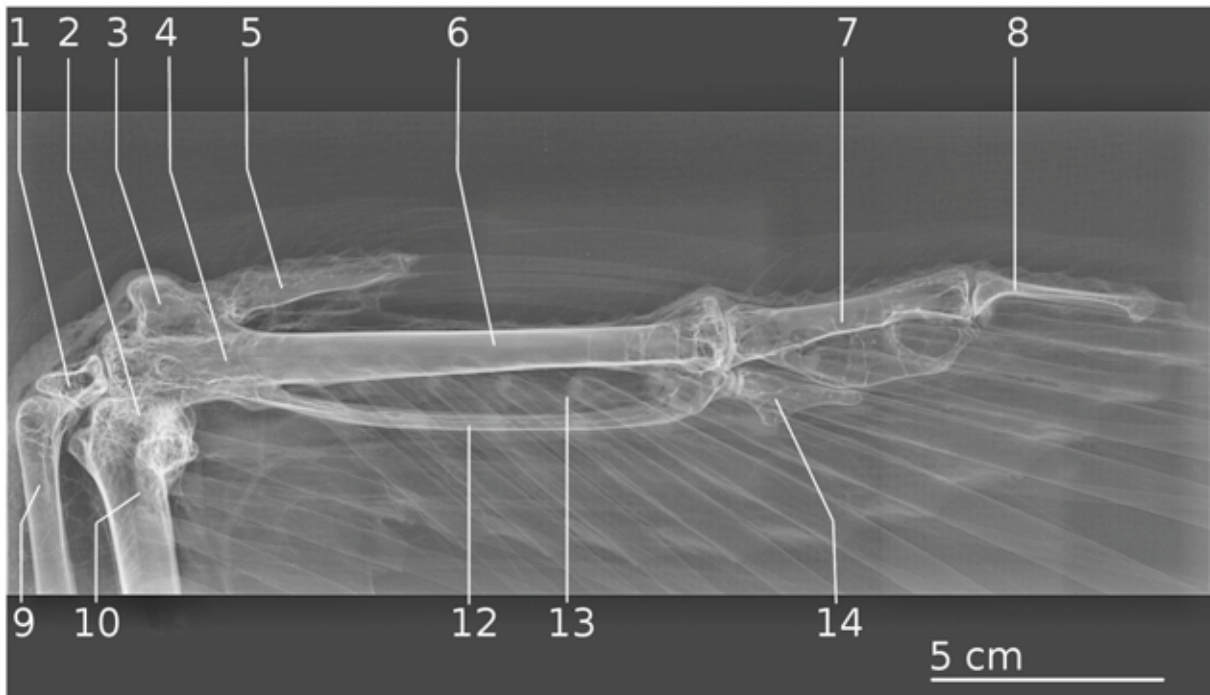
**Figure 47** : Aspect palmaire de la main gauche

- |                         |  |
|-------------------------|--|
| 1 : Radius              | 6 : Métacarpien III (os grand métacarpien) |
| 2 : Ulna                | 7 : Phalange du petit doigt                |
| 3 : Os radial du carpe  | 8 : Phalange proximale du grand doigt      |
| 4 : Processus extenseur | 9 : Phalange distale du grand doigt        |
| 5 : Doigt alulaire      |  |



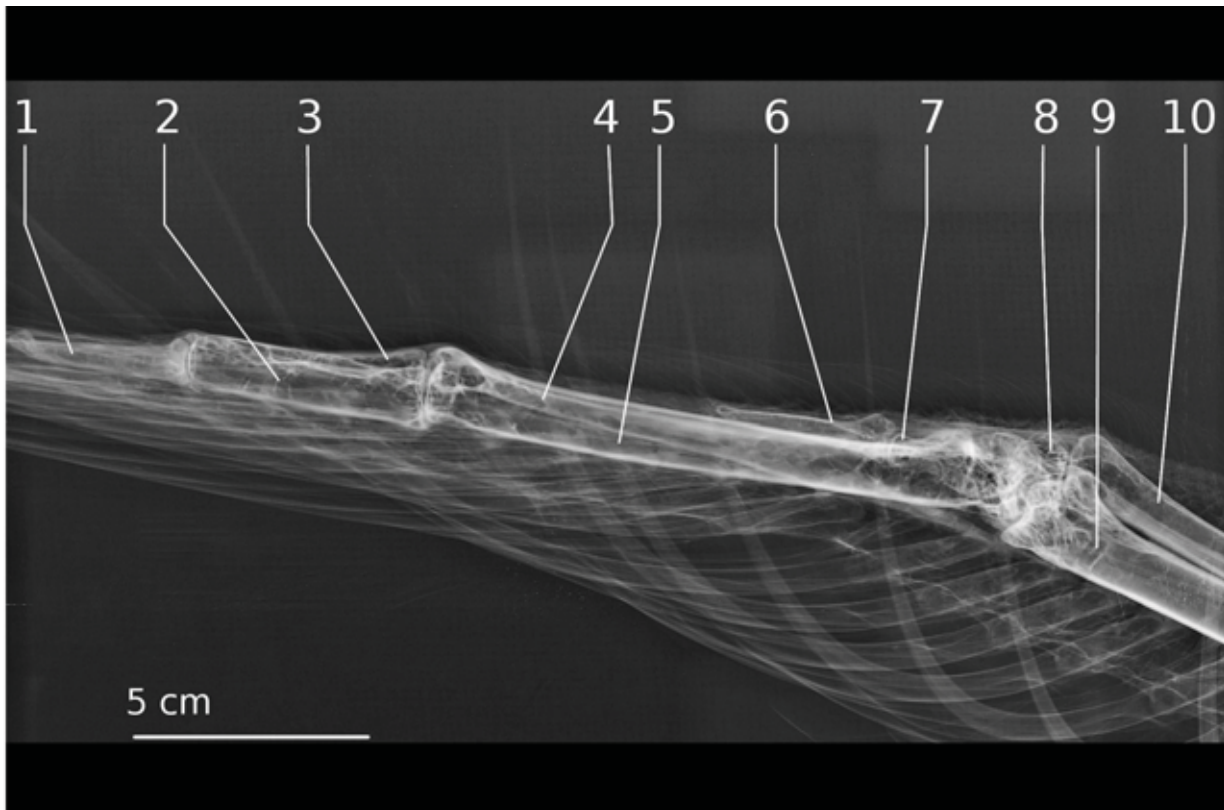
b) Radiographie [31, 35]

Pour la réalisation des clichés radiographiques de la main on procède comme pour les autres segments du membre thoracique.



**Radiographie n°13 : Projection médio-latérale du carpo-métacarpe**

- |  |  |
|--|--|
| 1 : Os radial du carpe                     | 8 : Phalange distale du grand doigt        |
| 2 : Os ulnaire du carpe                    | 9 : Radius                                 |
| 3 : Processus extenseur                    | 10 : Ulna                                  |
| 4 : Carpométacarpe                         | 12 : Métacarpien IV (os petit métacarpien) |
| 5 : Doigt alulaire                         | 13 : Espace intermétacarpien               |
| 6 : Métacarpien III (os grand métacarpien) | 14 : Phalange du petit doigt               |
| 7 : Phalange proximale du grand doigt      |  |



**Radiographie n°14** : Projection palmo-dorsale du carpo-métacarpe

- |  |                         |
|--|-------------------------|
| 1 : Phalange distale du grand doigt        | 6 : Doigt alulaire      |
| 2 : Phalange proximale du grand doigt      | 7 : Processus extenseur |
| 3 : Phalange du petit doigt                | 8 : Os radial du carpe  |
| 4 : Métacarpien IV (os petit métacarpien)  | 9 : Ulna                |
| 5 : Métacarpien III (os grand métacarpien) | 10 : Radius             |

## F. Membre pelvien

### i. Introduction [25]

Les oiseaux descendent de dinosaures théropodes bipèdes, et cette bipédie (digitigrade) a libéré le membre thoracique pour une nouvelle fonction : le vol. La fibula est grêle et soudée au tibia. Le tarse est soudé pour partie au tibia, qui est donc un tibiotarse, et pour partie au métatarse, qui est donc un tarso-métatarse. Les métatarsiens II, III et IV sont fusionnés. Seul le métatarsien I reste libre et est dirigé vers l'arrière.

## ii. La ceinture pelvienne : le coxal

### a) Ostéologie [32, 37]

L'importance de la ceinture pelvienne des oiseaux est en relation avec la bipédie et le vol. Au sol, les membres pelviens sont les seuls à supporter la masse de l'animal et ils permettent l'envol. De ce fait une connexion solide entre le coxal et la colonne vertébrale est nécessaire ainsi que des surfaces d'insertions musculaires importantes.

Le bassin ou pelvis s'ouvre ventralement et forme ainsi un toit au-dessus d'une large part de la cavité corporelle et des organes qu'elle contient. Inversement ces organes contribuent à déterminer la forme du pelvis. Le pelvis est constitué par deux os de la hanche (os coxaux), dont chacun est fait de l'ilium, de l'ischium et du pubis. Il existe un degré variable de fusion entre ces os suivant l'espèce aviaire considérée.

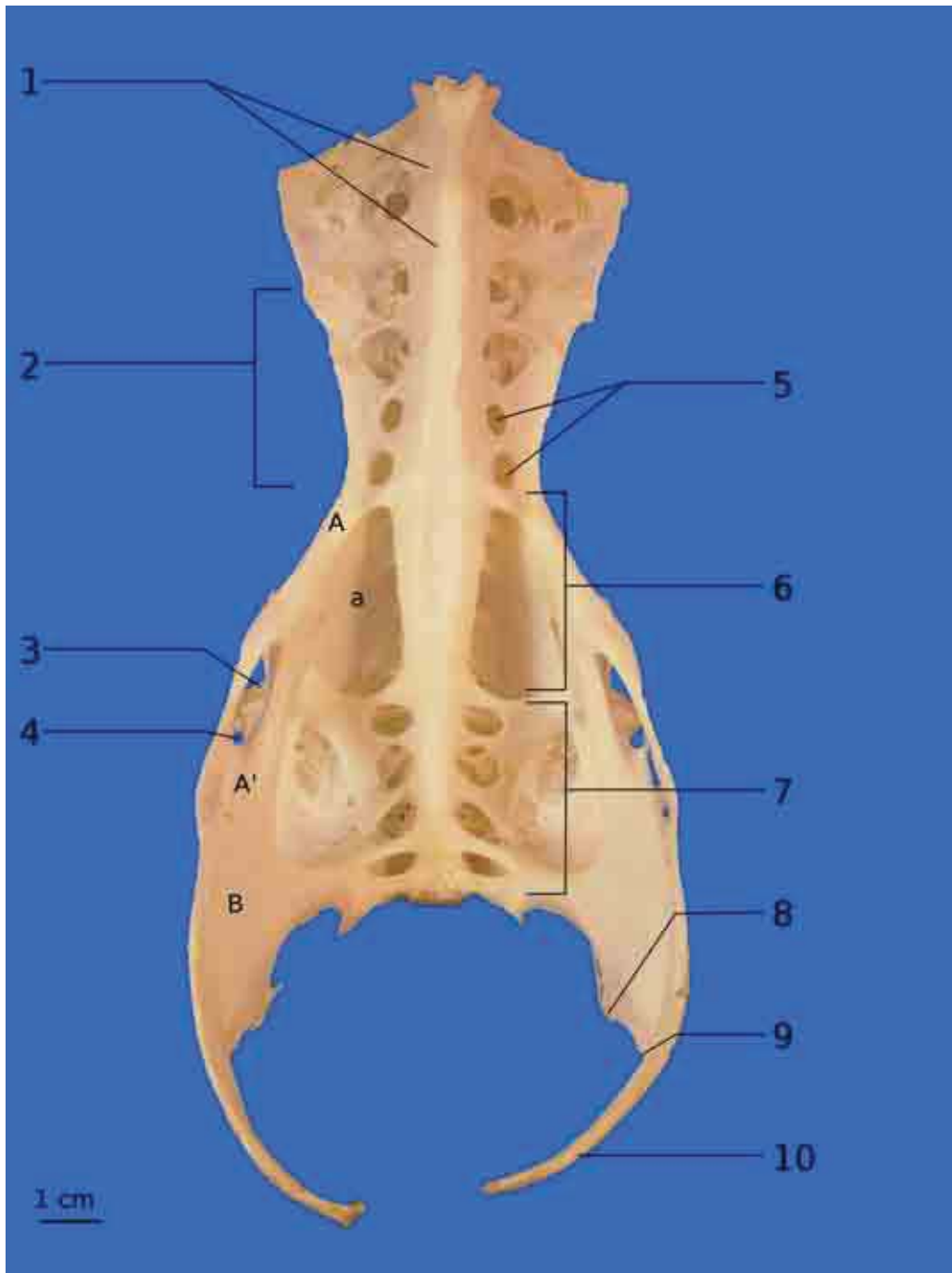
Le bassin du vautour est plutôt étroit et allongé. Le foramen ilioischiatique est ovale et très large. Le pubis et l'ischium sont solidarisés par une longue membrane ischio-pubienne et ne ménagent entre eux qu'une brève fenêtre ischio-pubienne.

L'ilium est un os allongé, il comprend une aile (ou partie) pré-acétabulaire et une aile (partie) post-acétabulaire. Crânialement, il fusionne, le long de son bord médial, avec les processus épineux unis dans cette région en une crête osseuse. Les ailes de l'ilium recouvrent les processus transverses des dernières vertèbres thoraciques et des vertèbres synsacrolombaires, avec une synostose complète. La face ventrale de l'ilium forme une fosse qui accueille le rein, alors que la face dorsale présente une profonde dépression pour les muscles glutéaux. La réunion de l'ilium et de l'ischium est marquée, au bord caudal du coxal, par le processus caudal de l'ilium, très distinct.

L'ilium, l'ischium et le pubis forment ensemble l'acétabulum qui forme un anneau osseux. Son bord interne surmonte une ouverture large. Médialement cette ouverture est obturée par une membrane (encore visible sur la photographie présentant l'aspect latéral du pelvis) qui ferme le fond de l'acétabulum. L'articulation de la hanche est formée par l'acétabulum et la tête du fémur. Caudo-dorsalement à l'acétabulum se trouve une forte proéminence osseuse recouverte de cartilage, l'antitrochanter, sur lequel appuie le grand trochanter du fémur.

L'ischium est un os long et plat, il présente un corps et une aile. Sa portion crâniale participe à la formation de l'acétabulum. Son bord dorsal, postacétabulaire, forme avec le bord ventral de l'ilium, le pourtour du foramen ilioischiatique. Le bord caudal du coxal, formé par l'ilium et l'ischium, est étroit et incurvé caudo-médialement. Le processus terminal (angle ischiatique) se projette ventralement et s'unit au pubis.

L'os pubis est une fine baguette osseuse qui suit le bord ventral de l'ischium et se poursuit caudalement au-delà de ce dernier. Les deux os pubis s'incurvent vers le plan médian et se rapprochent l'un de l'autre. Le tubercule préacétabulaire (« processus pectiné ») est peu marqué, chez le vautour.



**Figure 48** : Aspect ventral de la ceinture pelvienne

1 : Dernières vertèbres thoraciques

2 : Vertèbres synergrothoraciques

3 : Antitrochanter

4 : Fenêtre ischiopubienne

5 : Fenêtres intertransversaires

A : Aile (partie) pré-acétabulaire de l'ilium

A' : Aile (partie) post-acétabulaire de l'ilium

6 : Vertèbres synergrolombaires

7 : Vertèbres sacrées/syngrocaudales

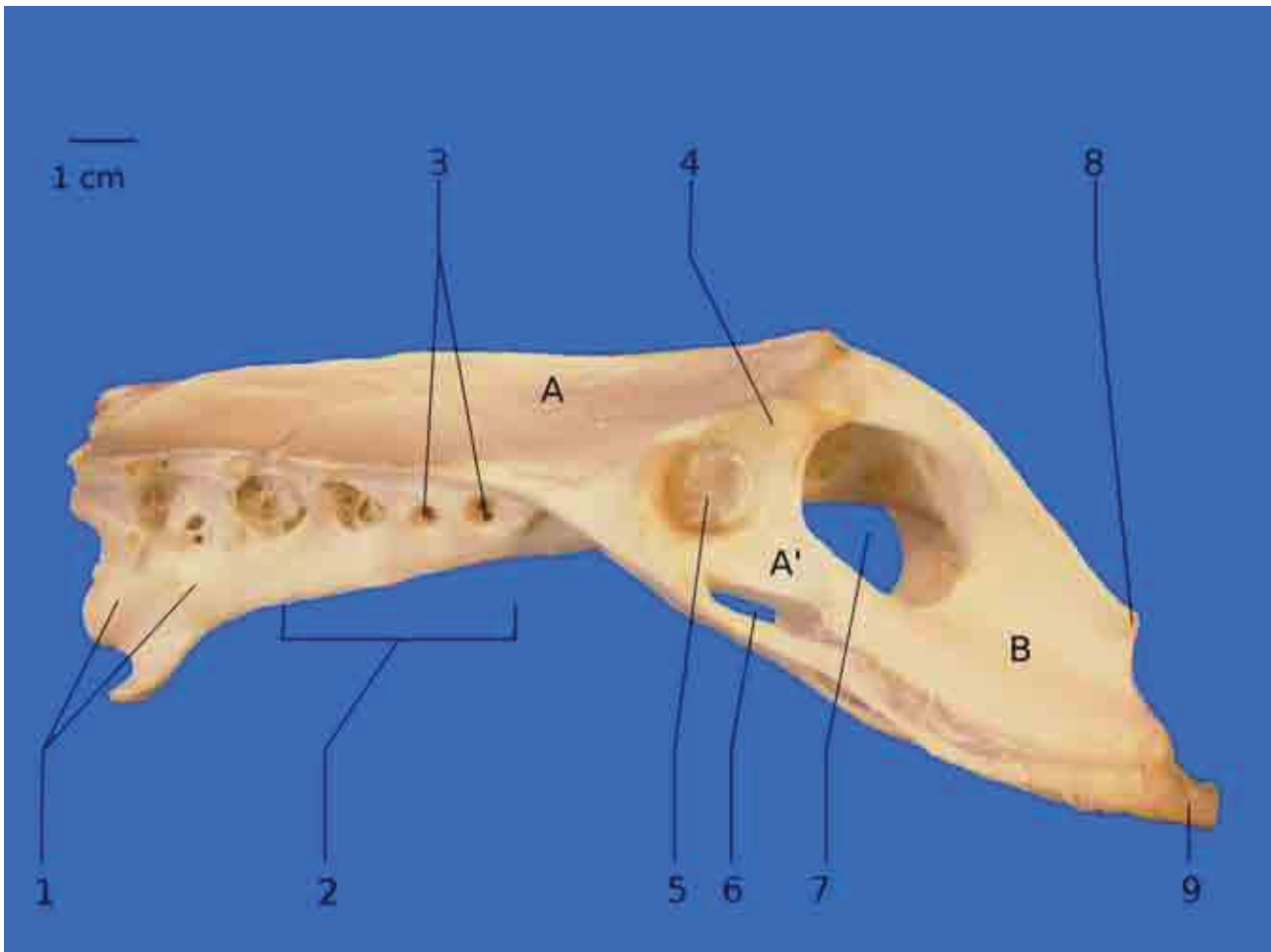
8 : Processus caudal de l'ilium

9 : Processus terminal de l'ischium

10 : Pubis

B : Ischium

a : Fosse rénale



**Figure 49** : Aspect latéral gauche de la ceinture pelvienne

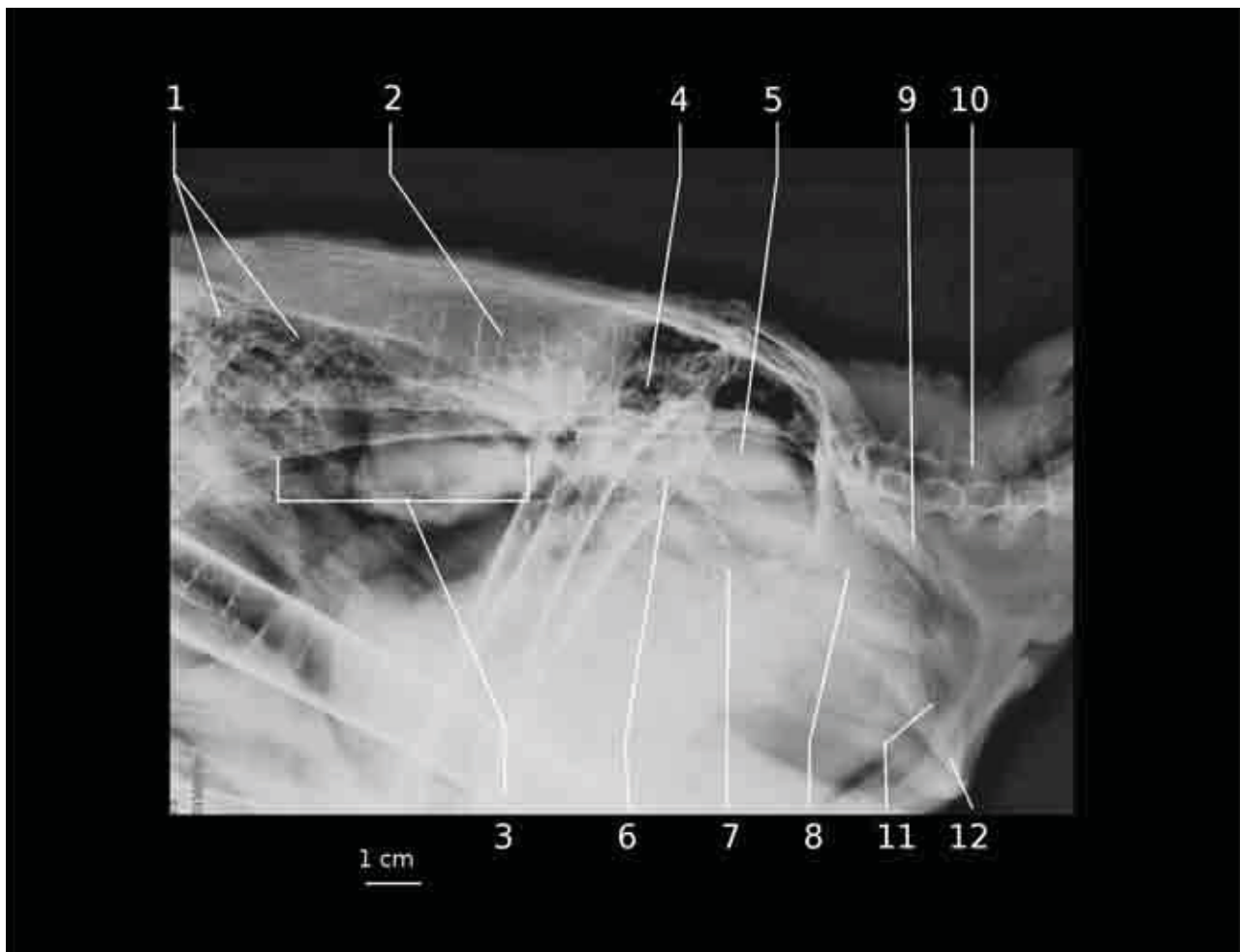
1 : Dernières vertèbres thoraciques  
 2 : Vertèbres syndésmodaux  
 3 : Fenêtres intertransversaires  
 4 : Antitrochanter  
 5 : Acétabulum

6 : Incisure puboischiatique  
 7 : Foramen ischiatique  
 8 : Processus caudal de l'ilium  
 9 : Pubis

A : Ilium (partie pré-acétabulaire)  
 A' : Ilium (partie post-acétabulaire)  
 B : Ischium

#### b) Radiographie

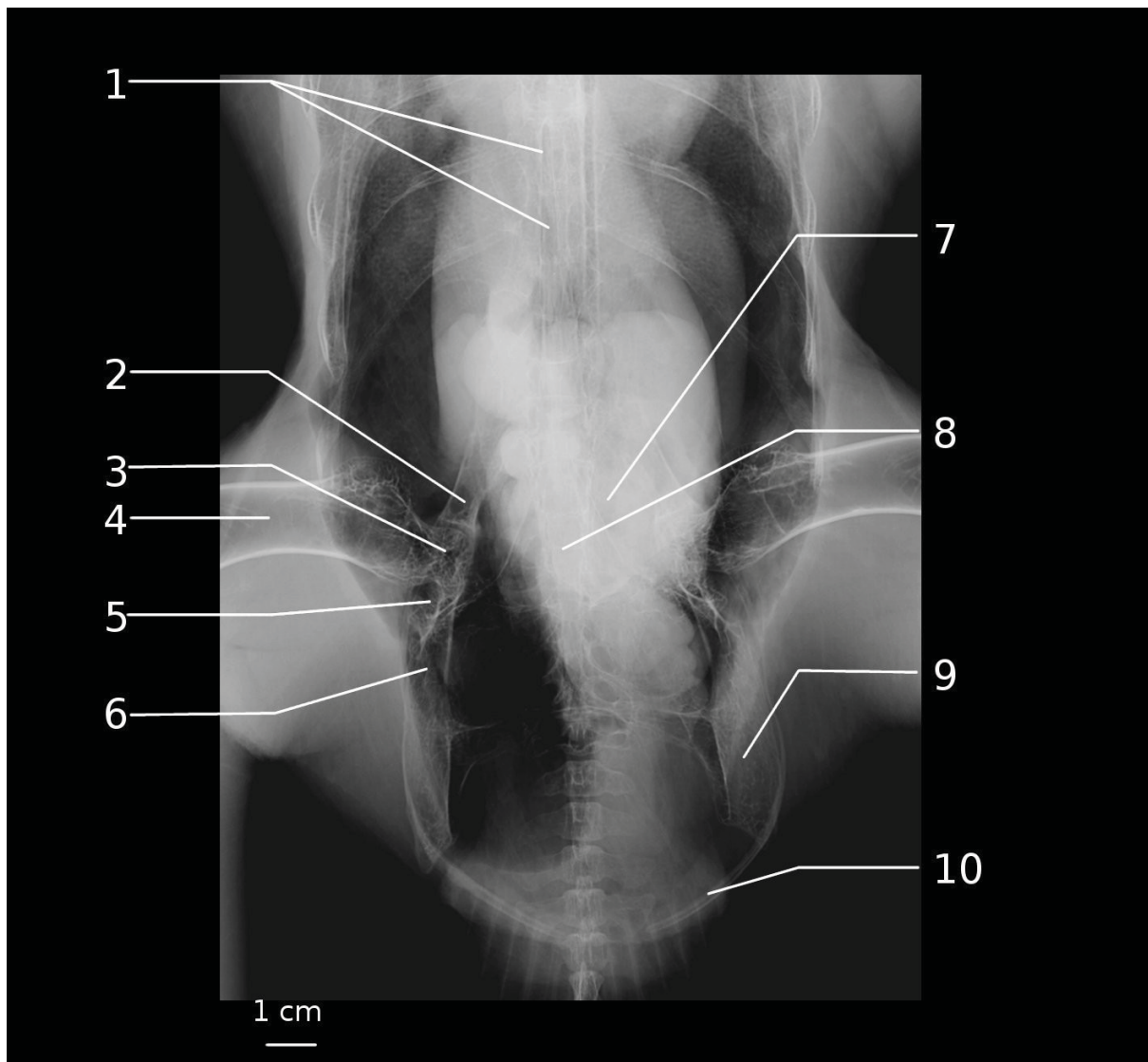
Les clichés radiographiques du bassin ne sont pas facilement interprétables. En effet dans cette région de nombreuses structures se superposent. Les viscères, les muscles et les os forment une trame de radiodensité très hétérogène. Malgré cela, deux incidences, une latérale et une ventro-dorsale sont présentées ici.



**Radiographie n°15** : Projection latérale gauche du bassin

- 1 : Processus transverses des dernières vertèbres thoraciques
- 2 : Ilium : partie préacétabulaire
- 3 : Vertèbres synsacrothoraciques
- 4 : Acétabulum
- 5 : *Foramen* ischiatique
- 6 : Ilium : partie postacétabulaire
- 7 : Fenêtre ischiopubienne
- 8 : Ischium
- 9 : Processus caudal de l'ilium
- 10 : Vertèbres coccygiennes
- 11 : Processus terminal de l'ischium
- 12 : Pubis





**Radiographie n°16 : Projection ventro-dorsale du bassin**

- 1 : Dernières vertèbres thoraciques
- 2 : Ilium : partie préacétabulaire
- 3 : Tête fémorale
- 4 : Fémur
- 5 : Fenêtre ischiopubienne

- 6 : Ilium : partie postacétabulaire
- 7 : Fosse rénale
- 8 : Vertèbres syncroloombaires
- 9 : Ischium
- 10 : Pubis

### iii. Le fémur

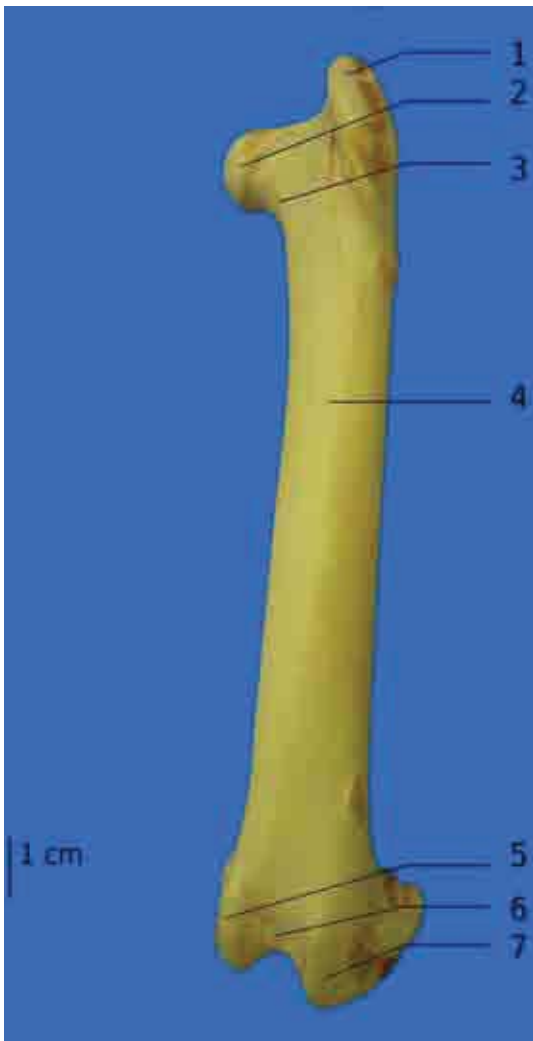
#### a) Ostéologie [24, 31, 32, 37]

Le fémur est un os « fort » relativement court. Lorsque l'oiseau est debout, l'os est dirigé obliquement et crânialement. Sur une vue latérale il apparaît légèrement incurvé. L'adaptation à la locomotion terrestre redressée nécessite le déplacement des condyles fémoraux et la rotation du fémur afin de placer la jambe sous le corps de l'animal. La luxation du genou et des tendons est rendue difficile par la présence de profonds sillons et des arrêtes osseuses autour des surfaces articulaires.

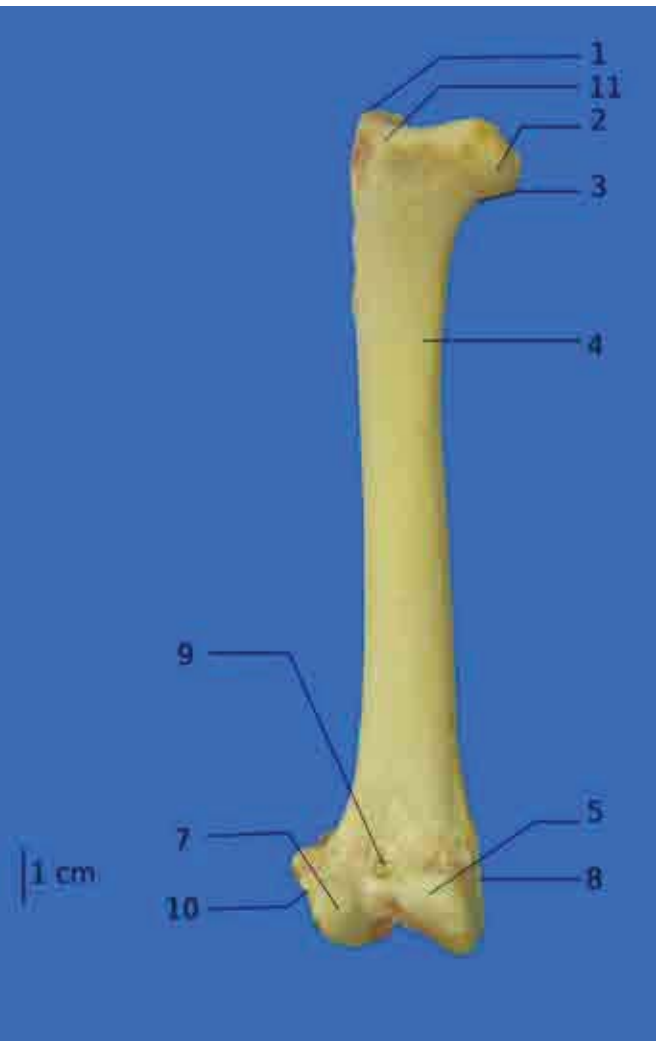
La conformation du fémur ressemble à celle des mammifères. Son extrémité proximale présente une surface articulaire médiale : la tête fémorale (portée par le col fémoral) et une volumineuse proéminence d'insertion musculaire (muscles iliotrochanters) latérale : le trochanter ou « grand trochanter ». La tête fémorale est hémisphérique, surmontée d'une *fovea capitis*, et elle est située sur un col bref. Le grand trochanter possède une surface articulaire large et recouverte de cartilage. Cette surface se prolonge au-dessus du col en direction de la tête fémorale. Elle s'articule avec l'antitrochanter porté par l'os coxal. Le bord crânial du grand trochanter est saillant et continue distalement sur la surface crâniale de l'os en formant un fin rebord osseux, percé par un foramen pour la pénétration du sac aérien. Le petit trochanter est seulement présent à l'état de vestige, c'est une petite protubérance située médialement sous le cou du fémur.

L'extrémité distale du fémur est très large. Sur sa face crâniale se trouve le sillon patellaire (ou fosse patellaire : la « trochlée fémorale ») formée par deux crêtes séparées par une large surface articulaire patellaire pour la patelle. Distalement le fémur possède ces crêtes qui se fondent dans deux condyles (latéral et médial) séparés par le sillon intercondyloire. Le condyle latéral s'étend distalement et se divise caudalement en deux crêtes. Ces dernières s'articulent, pour la crête médiale avec le tibia, et pour la crête latérale, ou tibiofibulaire, avec la fibula (trochlée ou sillon fibulaire). Les condyles répondent au plateau tibial.





**Figure 50** : Aspect crânial du fémur gauche



**Figure 51** : Aspect caudal du fémur gauche

1 : Grand trochanter

2 : Tête fémorale

3 : Col du fémur

4 : Corps du fémur

5 : Condyle médial

6 : Trochlée fémorale

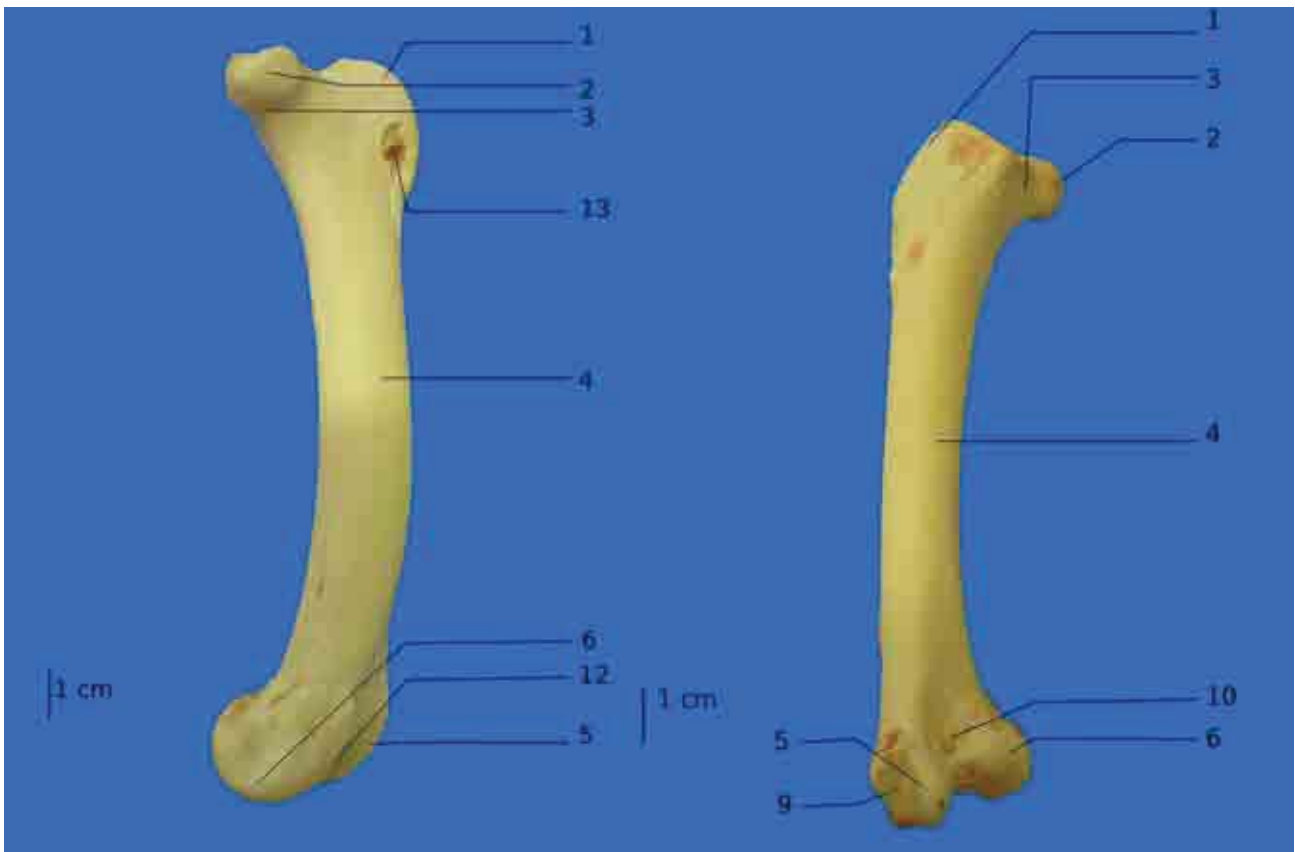
11 : Ébauche de petit trochanter

7 : Condyle latéral

8 : Empreinte du ligament collatéral médial

9 : Fosse intercondyloire

10 : Empreinte du ligament collatéral latéral



**Figure 52** : Aspect médial du fémur gauche

**Figure 53** : Aspect latéral du fémur gauche

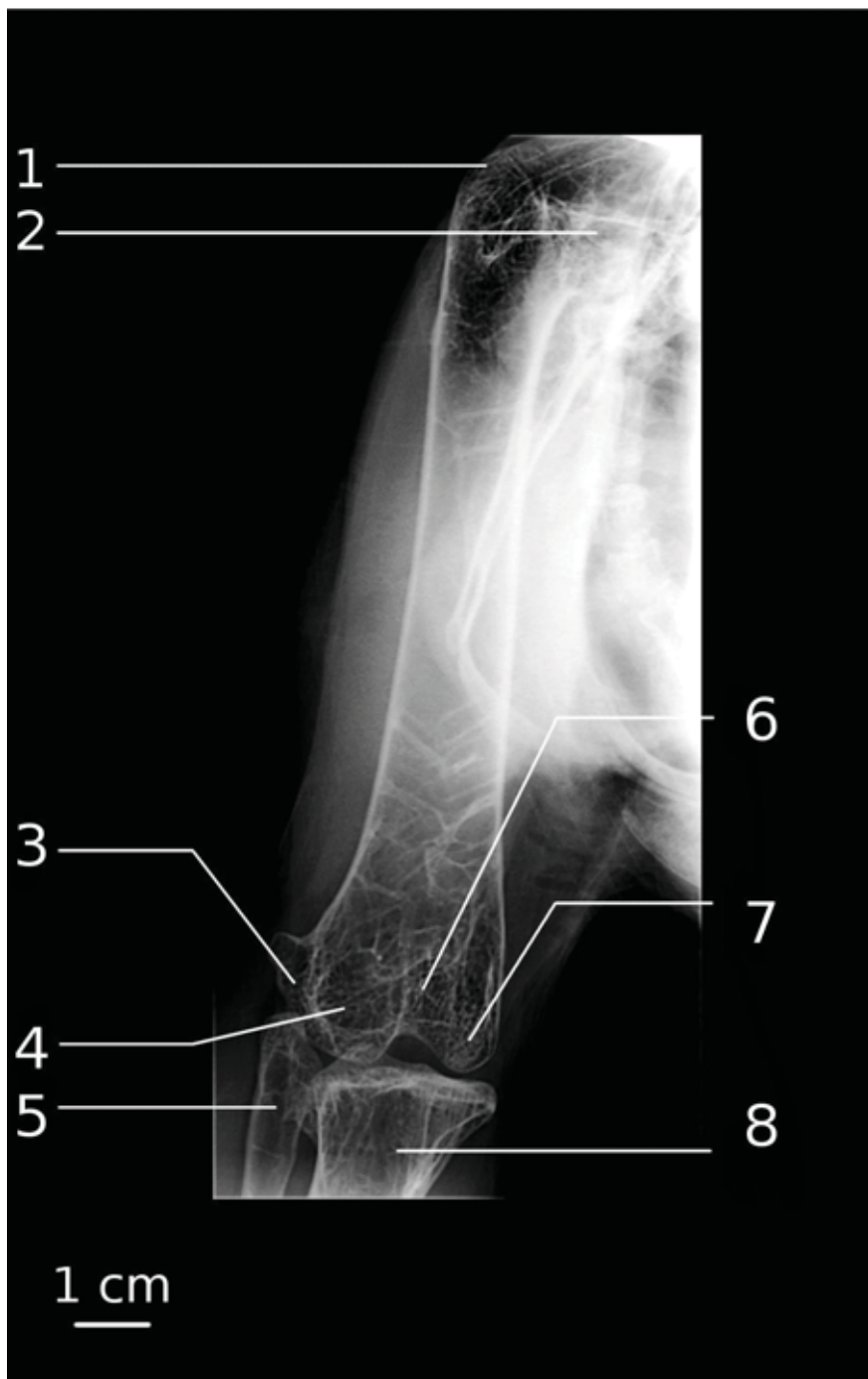
1 : Grand trochanter  
 2 : Tête fémorale  
 3 : Col fémoral  
 4 : Corps du fémur  
 5 : Condyle latéral

6 : Condyle médial  
 9 : Empreinte du ligament collatéral latéral  
 10 : Fosse intercondyloire  
 12 : Trochlée fémorale  
 13 : Foramen pneumatique

#### b) Radiographie

La visualisation du fémur proximal sur une radiographie n'est pas facile à cause de la superposition des structures. Pour réaliser l'incidence de face l'animal est couché sur le dos et le manipulateur veille à tirer le plus possible sur le membre pelvien afin de dégager la tête fémorale et l'extrémité proximale du fémur. On essaie de maintenir l'os parallèle à la table de radiographie. Il s'agit donc d'une incidence crânio-caudale.

Pour réaliser l'incidence de profil l'animal est en décubitus latéral et de la même façon on essaie de dégager le plus possible l'extrémité proximale en tirant le membre radiographié vers le bas, perpendiculairement à l'axe du corps, et le deuxième membre pelvien vers l'arrière pour éviter la superposition des deux os.



**Radiographie n° 17** : Projection crânio-caudale du fémur gauche

1 : Grand trochanter

2 : Tête fémorale

3 : Empreinte du ligament collatéral latéral

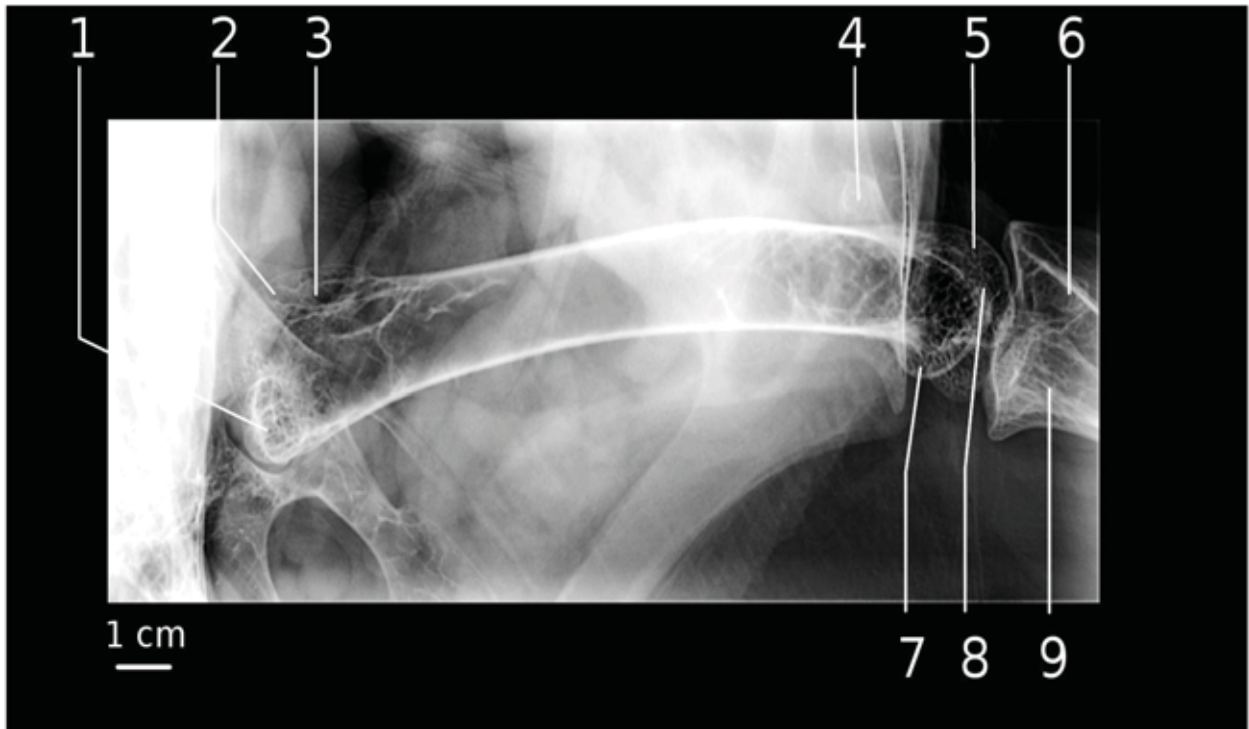
4 : Condyle latéral

5 : Fibula

6 : Trochlée fémorale

7 : Condyle médial

8 : Tibiotarse



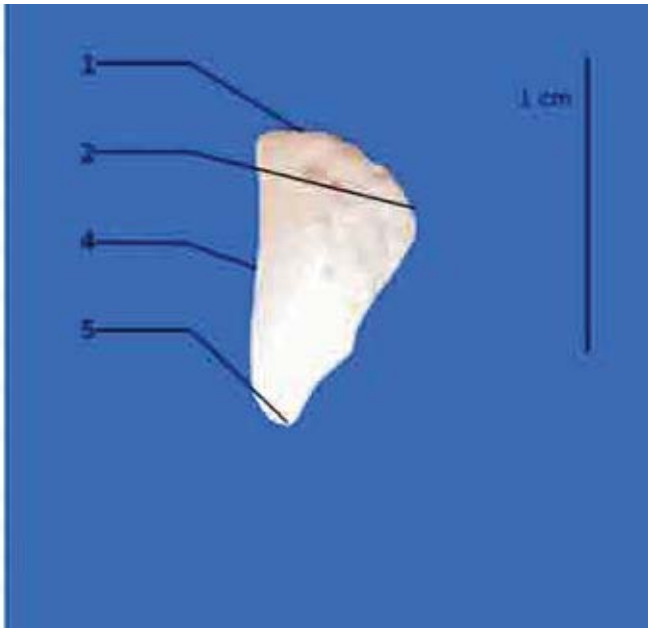
**Radiographie n°18** : Projection médio-latérale du fémur gauche

1 : Tête fémorale  
 2 : Grand Trochanter  
 3 : Foramen pneumatique  
 4 : Patelle  
 5 : Condyle latéral

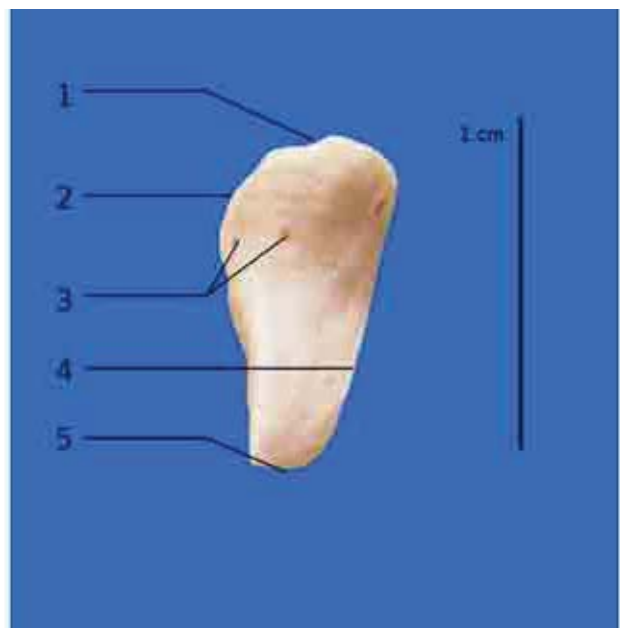
6 : Tibiotarse  
 7 : Condyle médial  
 8 : Trochlée fémorale  
 9 : Fibula

#### iv. La patelle [24, 32, 37]

Chez les oiseaux, la patelle est très petite, de forme ovoïde et englobée dans le tendon du muscle quadriceps. C'est un os sésamoïde qui facilite les mouvements en glissant sur la trochlée fémorale. Les radiographies sont présentées avec les clichés du fémur et nous notons que sur la radiographie de face il ne nous a pas été possible de visualiser la patelle.



**Figure 54** : Aspect crânial de la patelle



**Figure 55** : Aspect caudal de la patelle

1 : Bord crânial  
 2 : Bord latéral  
 3 : Foramens pneumatiques

4 : Bord médial  
 5 : Bord caudal

## v. Le tibiotarse et la fibula

### a) Ostéologie [24, 27, 31, 32, 37]

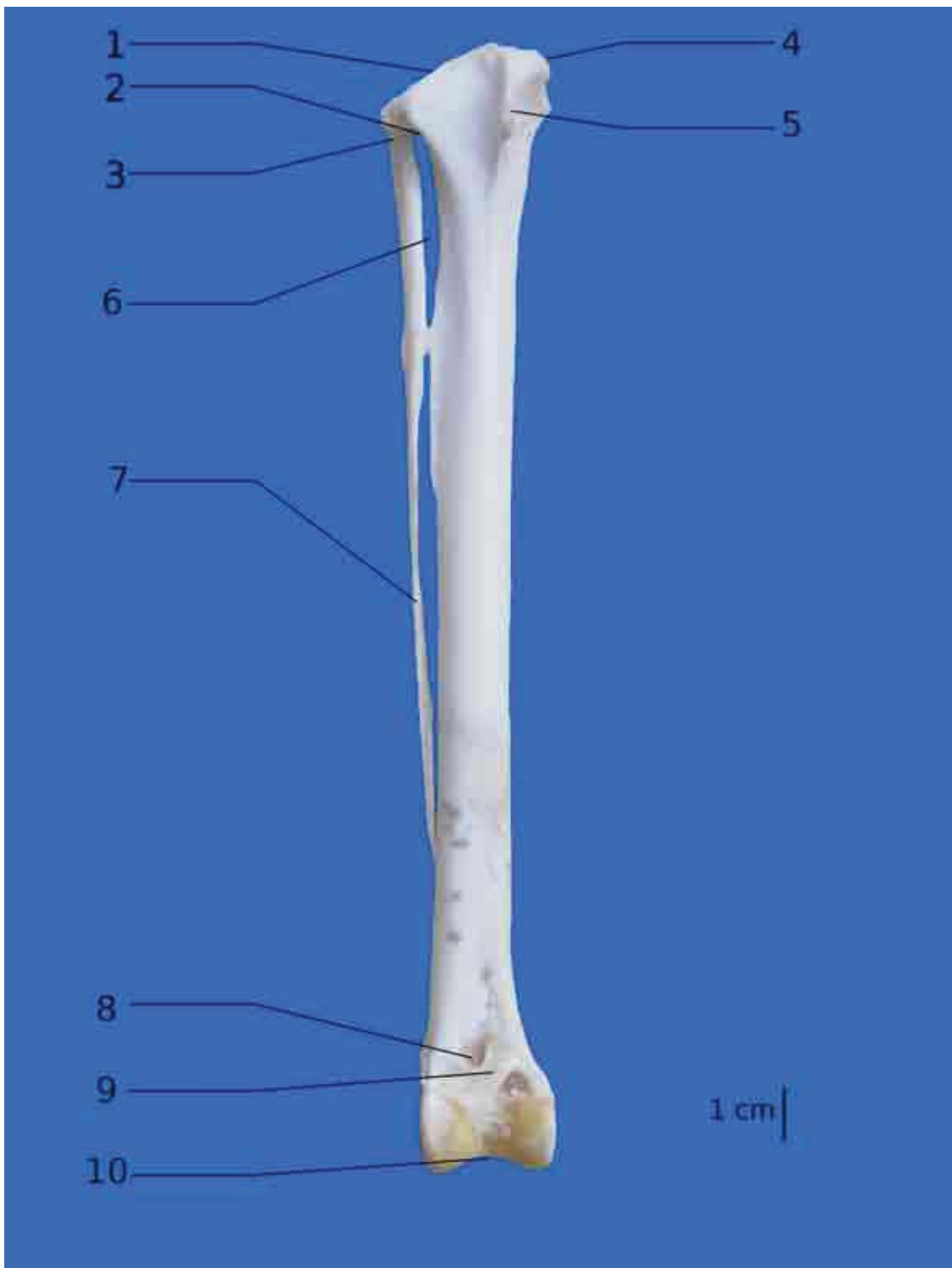
Chez les oiseaux, le tibia est encore appelé tibiotarse car son extrémité distale se soude au talus. C'est l'os le plus long du membre pelvien. Il compense la brièveté du fémur puisque, chez le vautour fauve, il est une fois et demi plus long que le fémur (à titre de comparaison, il est deux fois plus long que le fémur chez l'oie et le canard.)

Son extrémité proximale (la tête du tibia) est large et présente plusieurs surfaces articulaires. Une latérale et une médiale qui répondent respectivement aux condyles fémoraux, et une fibulaire, destinée à la fibula. Deux larges crêtes cnémiales, crâniale et latérale, qui sont les zones d'origine de muscles extenseurs des doigts, séparées par le sillon intercnémial. La crête cnémiale crâniale est saillante et recourbée latéralement, alors que la crête latérale est plus courte et tubéreuse.

L'extrémité distale du tibiotarse présente une trochlée plantaire peu profonde, prolongée distalement et dorsalement par deux condyles proéminents et symétriques pour l'articulation avec le tarsométatarse.

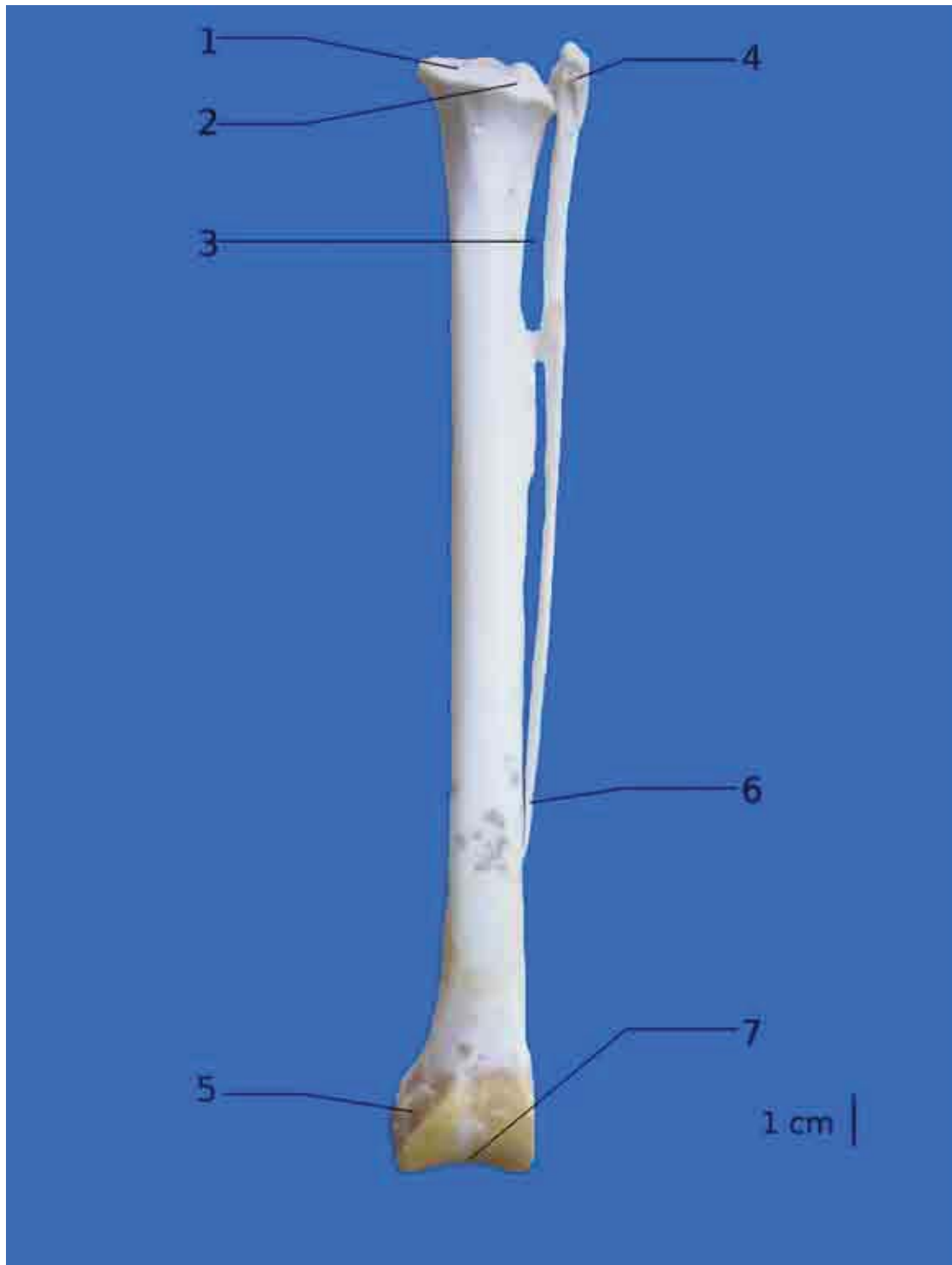
À la face crâniale de l'extrémité distale, un sillon dirigé distalement possède un pont osseux fort (le pont supra-tendineux) immédiatement proximal à la trochlée pour le passage des tendons des extenseurs des orteils. Des dépressions pour l'attache des ligaments collatéraux de l'articulation tibiotarso-tarsométatarsienne sont présents de chaque côté de l'extrémité distale.

La fibula présente une extrémité proximale (la tête de la fibula) bien développée qui s'articule avec le fémur (au niveau du condyle latéral du fémur) et le tibia. Le reste de l'os est atrophié et le corps se termine en pointe (l'épine de la fibula) à hauteur du tiers distal du tibia. Le segment compris entre la tête et l'épine est le corps de la fibula.



**Figure 56** : Aspect crânial du tibiotarse gauche

- |  |                               |
|--|-------------------------------|
| 1 : Surface articulaire médiale pour le condyle fémoral médial   | 7 : Épine de la fibula        |
| 2 : Crête cnémiale latérale                                      | 8 : Canal extenseur           |
| 3 : Tête de la fibula  | 9 : Pont supratendineux       |
| 4 : Surface articulaire latérale pour le condyle fémoral latéral | 10 : Incisure intercondyloire |
| 5 : Crête cnémiale crâniale                                      |                               |
| 6 : <i>Foramen</i> interosseux proximal                          |                               |



**Figure 57** : Aspect caudal (plantaire) du tibiotalar gauche

- |  |                              |
|--|------------------------------|
| 1 : Surface articulaire latérale pour le condyle fémoral latéral | 6 : Épine de la fibula       |
| 2 : Surface articulaire médiale pour le condyle fémoral médial   | 7 : Incisure intercondyloire |
| 3 : <i>Foramen</i> interosseux proximal                          |                              |
| 4 : Tête de la fibula  |                              |
| 5 : Dépression épicondyloire latérale                            |                              |



b) Radiographie [31, 32]

La réalisation des clichés radiographiques du tibiotarse est aisée et reprend les mêmes principes pour le positionnement que ceux appliqués pour le fémur. Du fait de la présence uniquement de ligaments dans cette région, les clichés radiographiques obtenus sont de bonne qualité.



**Radiographie n° 19** : Projection crânio-caudale du tibiotarse gauche

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| 1 : Condyle latéral du fémur      | 7 : Dépressions épicondylaire latérale |
| 2 : Condyle latéral du tibiotarse | 8 : Condyle médial du fémur            |
| 3 : Tête de la fibula             | 9 : Condyle médial du tibiotarse       |
| 4 : Crête cnémiale latérale       | 10 : Crête cnémiale crâniale           |
| 5 : Canal extenseur               | 11 : Incisure intercondylaire          |
| 6 : Pont osseux                   |  |



**Radiographie n°20 : Projection médio-latérale du tibia-tarse**

- 1 : Patelle
- 2 : Trochlée fémorale
- 3 : Tête de la fibula
- 4 : Crête cnémiale crâniale
- 5 : Épine fibulaire

- 6 : Incisure intercondyalaire
- 7 : Tarsométatarse
- 8 : Condyle tibial médial
- 9 : Condyle tibial latéral

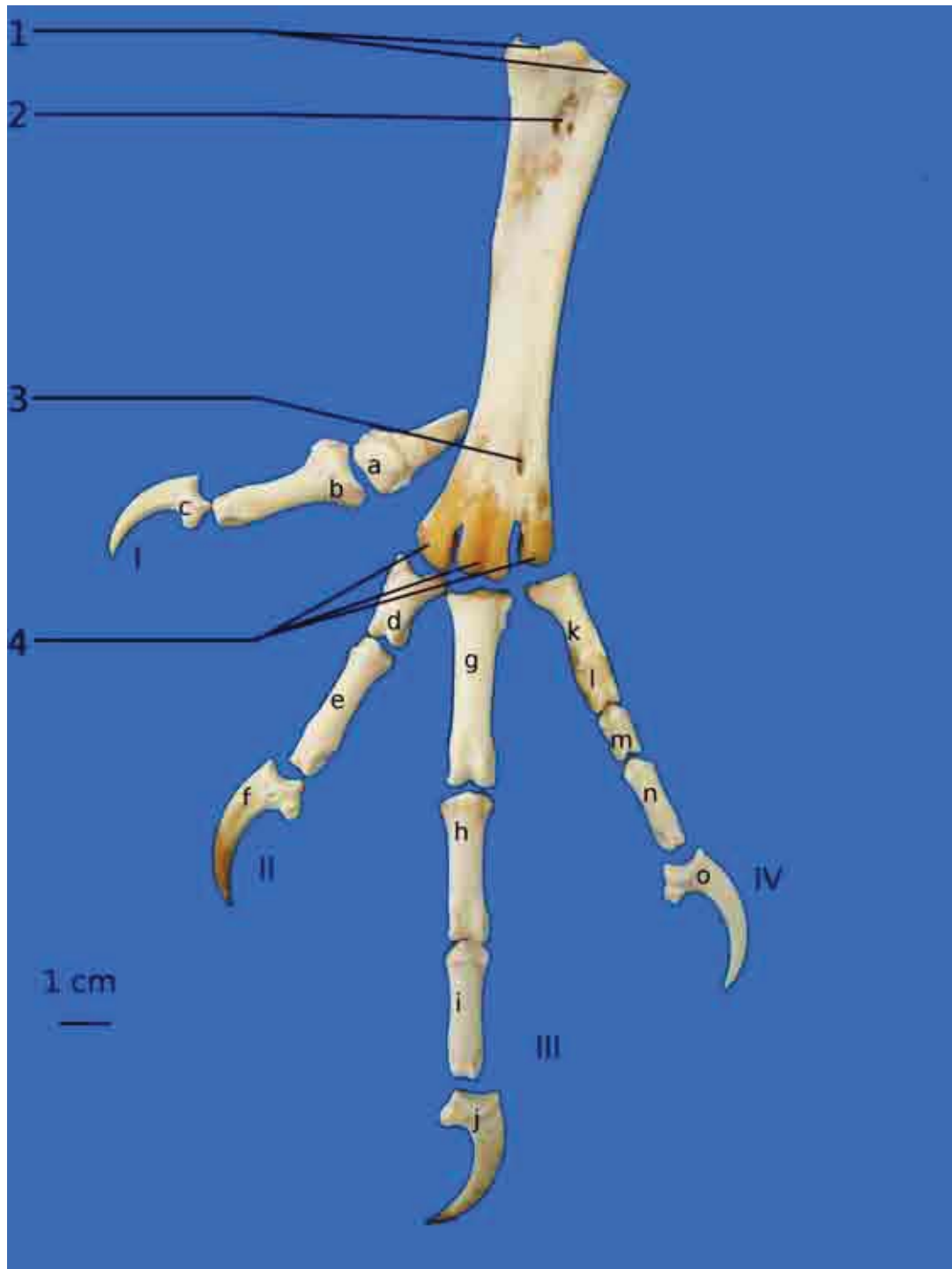
## vi. Le tarsométatarse et les phalanges

### a) Ostéologie [27, 28, 31, 32, 37]

Chez l'oiseau, les éléments distaux du tarse fusionnent avec les métatarses II, III et IV pour former le tarsométatarse. Les métatarsiens sont soudés entre eux chez l'adulte sauf au niveau de leurs têtes articulaires distales.

Le tarsométatarse est caractérisé proximale par la présence des cotyles latéral et médial pour l'articulation avec le tibiotarse. Sur la face plantaire de l'extrémité proximale se trouve l'hypotarse, un ensemble de deux crêtes longitudinales chez les Rapaces, qui bordent le sillon hypotarsien pour les tendons fléchisseurs des orteils. L'hypotarse est aussi dénommé calcanéus. Sur la face dorsale de l'extrémité proximale du tarsométatarse se présentent plusieurs foramens vasculaires proximaux.

Distalement, le tarsométatarse possède trois larges trochlées qui s'articulent avec les doigts II, III et IV. Entre les trochlées III et IV, il y a un large foramen vasculaire distal ; il indique la zone de fusion entre le métatarse III et IV. Sur la face plantaire, au niveau de l'extrémité distale du tarsométatarse se trouve le 1<sup>er</sup> métatarse qui sert pour l'articulation du doigt I. Le doigt I est un orteil court dirigé caudalement et constitué de trois phalanges. Les doigts II, III et IV ont respectivement trois, quatre et cinq phalanges. La dernière phalange de chaque doigt porte une griffe chez l'oiseau vivant, formée par un étui corné. Les phalanges de chaque doigt possèdent une surface articulaire concave proximale et une trochlée distale (sauf les phalanges distales, qui ont un apex, équivalent du processus unguéal des mammifères).

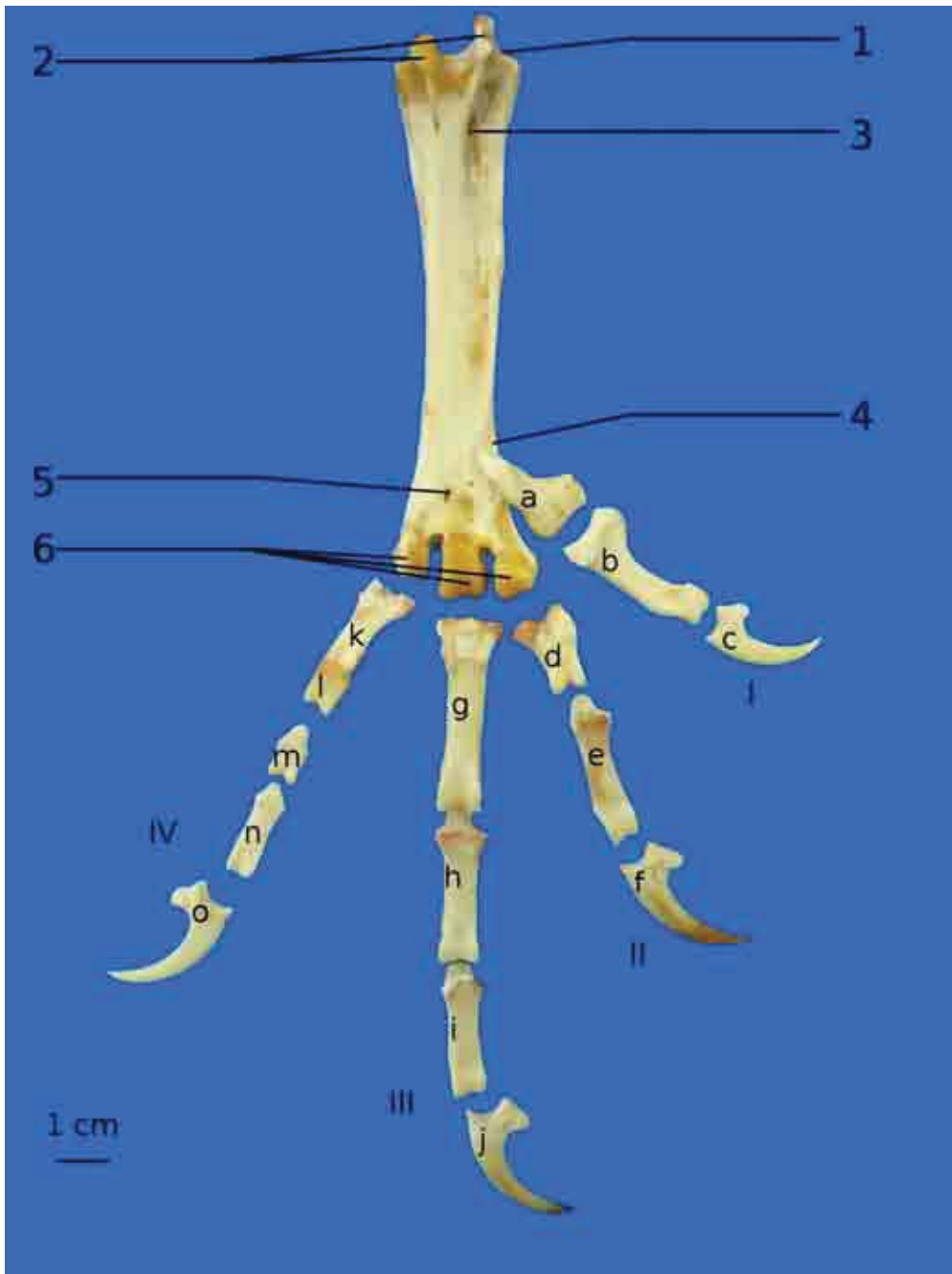


**Figure 58** : Aspect dorsal de la patte gauche

1 : Cotyles latéral et médial  
 2 : Foramen vasculaire proximal  
 3 : Foramen vasculaire distal  
 4 : Trochlées

a, d, g, k : Phalanges proximales  
 b, e, h, l : Phalanges intermédiaires  
 i, m : Phalanges intermédiaires  
 n : Phalange intermédiaire  
 c, f, j, o : Phalanges distales

I : Doigt I  
 II : Doigt II  
 III : Doigt III  
 IV : Doigt IV



**Figure 59** : Aspect plantaire de la patte gauche

- 1 : Cotyle médial
- 2 : Crêtes latérale et médiale de l'hypotarse
- 3 : Foramen vasculaire proximal
- 4 : Surface articulaire pour la phalange proximale du doigt I
- 5 : Canal interosseux distal
- 6 : Trochlées

- a, d, g, k : Phalanges proximales
- b, e, h, l : Phalanges intermédiaires
- i, m : Phalanges intermédiaires
- n : Phalange intermédiaire
- c, f, j, o : Phalanges distales

- I : Doigt I
- II : Doigt II
- III : Doigt III
- IV : Doigt IV

b) Radiographie

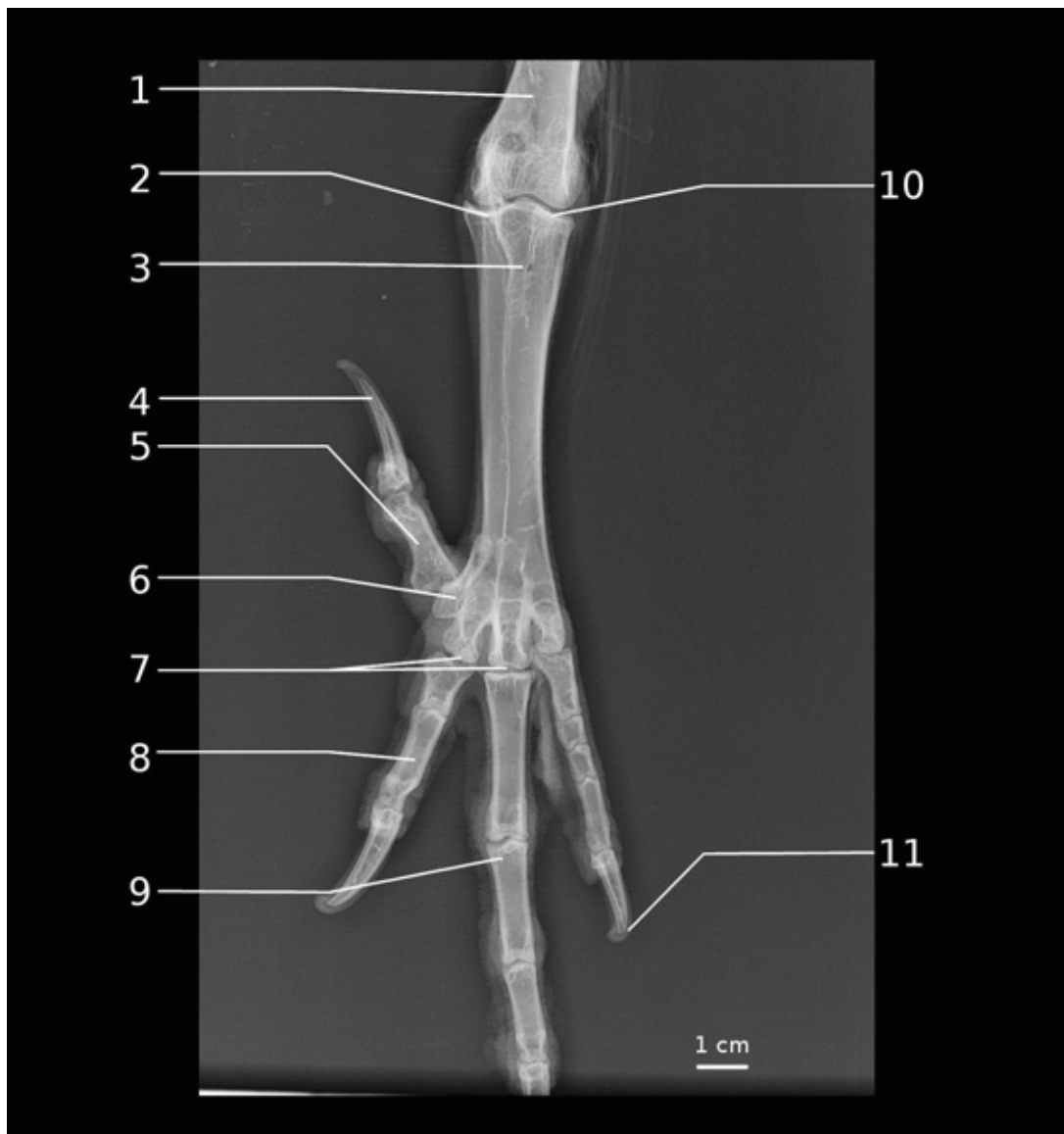
Les clichés présentés correspondent à une incidence dorso-plantaire et à une incidence médio-latérale.



**Radiographie n°21 : Projection médio-latérale de la patte gauche**

- 1 : Tibiotarse
- 2 : Cotyle
- 3 : Crêtes de l'hypotarse
- 4 : Corps du tarsométatarse
- 5 : Trochlée
- 6 : Phalange proximale du doigt I

- 7 : Phalange intermédiaire du doigt I
- 8 : Phalange distale du doigt I
- 9 : Griffes
- 10 : Doigt IV
- 11 : Doigt III
- 12 : Doigt II



**Radiographie n° 22** : Projection dorso-ventrale de la patte gauche

1 : Tibiotarse  
 2 : Cotyle médial  
 3 : Foramen vasculaire proximal  
 4 : Phalange distale du doigt I  
 5 : Phalange moyenne du doigt I  
 6 : Phalange proximale du doigt I

7 : Trochlées  
 8 : Doigt II  
 9 : Doigt III  
 10 : Cotyle latéral  
 11 : Etui corné (griffe)

## G. Cavités coelomiques [18, 33, 34]

### i. Apport de la radiographie dans l'examen de la cavité générale

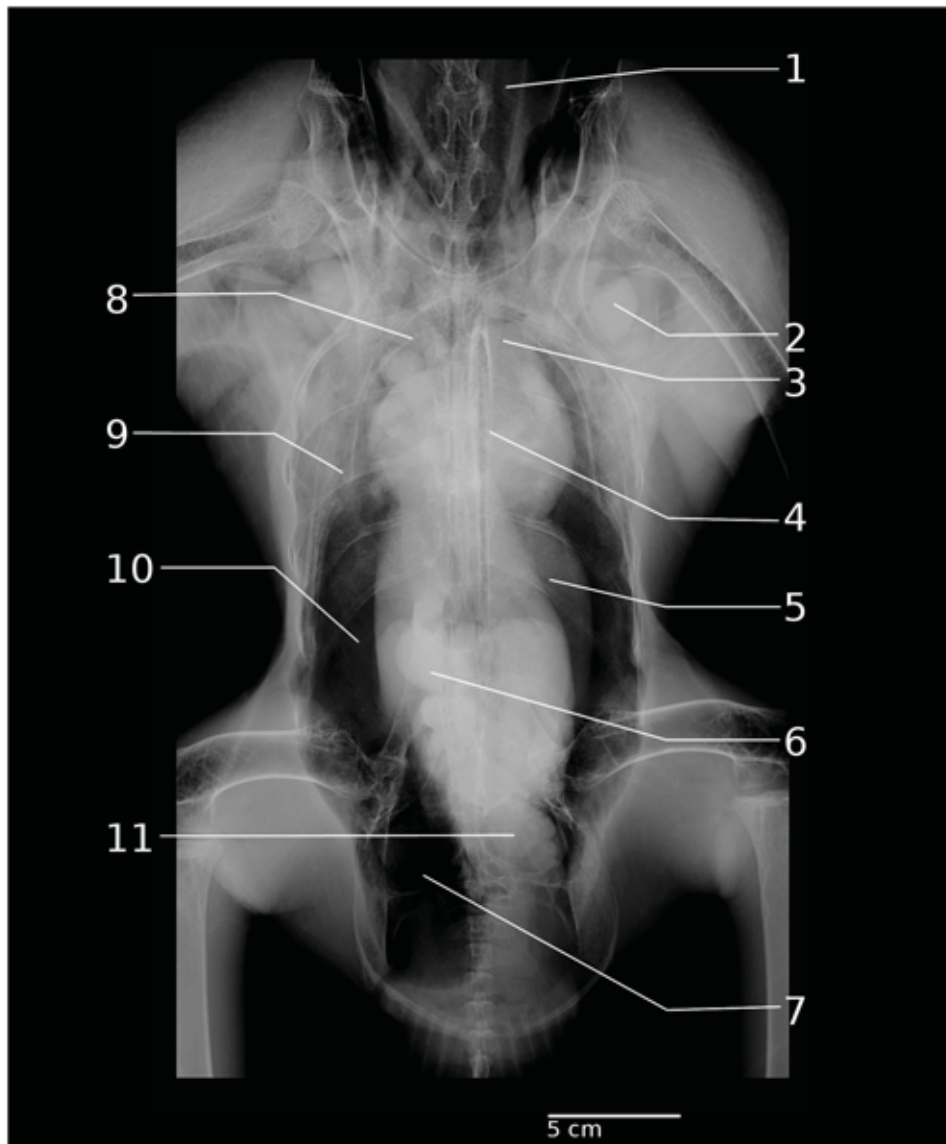
La radiographie fait partie des examens qui permettent d'avoir une bonne approche des cavités coelomiques dans leur ensemble. La cavité générale chez l'oiseau comprend en avant la cavité thoracique et en arrière la cavité abdominale. Ces deux parties sont en contiguïté car il n'y a pas de diaphragme.

Sur la radiographie on peut aisément distinguer les organes respiratoires (poumons, sacs aériens, trachée), et digestifs (gésier, proventricule, foie). La trachée est bien visible, les anneaux cartilagineux sont complets et en facilitent la visualisation. Les bronches ne sont pas repérables. Les poumons sont collés contre la paroi dorsale de la cavité et présente des images typiques en nid d'abeilles. Les sacs aériens sont complètement radio-transparents. Sur un cliché pris en phase inspiratoire, ils présentent un volume plus important. Concernant l'appareil digestif, le proventricule n'est visible qu'en incidence latérale. Le gésier est normalement facilement reconnaissable par la présence du grit. Il est possible d'apprécier la taille du foie et sur un cliché non pathologique, l'association des images cardiaque et hépatique donne une image dite « en sablier ».

Concernant le système vasculaire, le cœur est bien sûr visible et si la radiographie est de bonne qualité, certains des gros vaisseaux partant du cœur. Le cœur est appuyé sur la face interne du sternum. Sa pointe est recouverte par les lobes hépatiques. Les éléments radio-denses et de forme circulaire situés au-dessus du cœur correspondent à la coupe sagittale des gros vaisseaux cardiaques qu'il ne faut pas confondre avec des granulomes. Sans préparation la radiographie n'apporte que peu de renseignements sur le système urinaire car seuls les reins sont visualisés. Exceptionnellement les gonades peuvent être remarquées au niveau du lobe supérieur rénal (en période de reproduction)

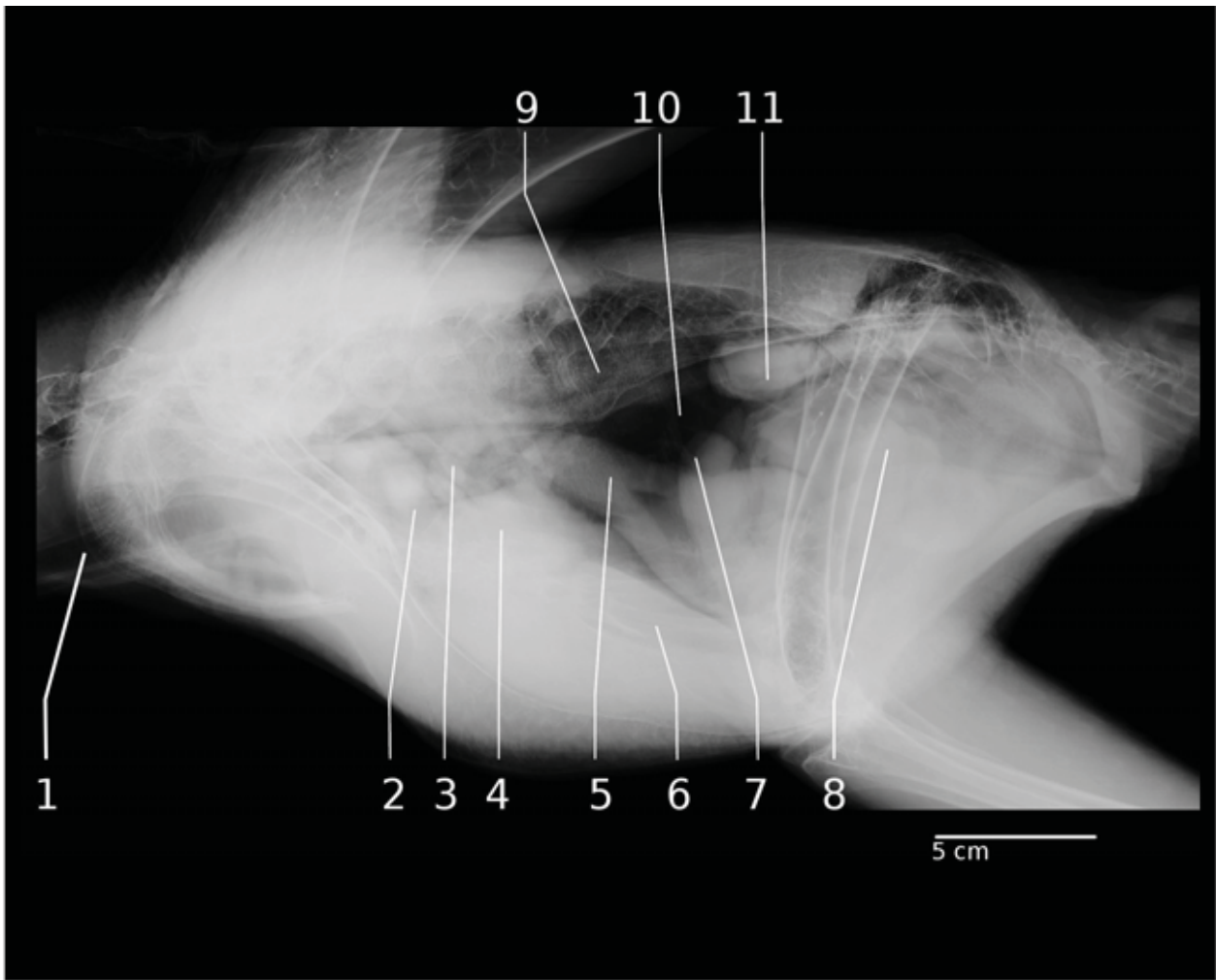


ii. Présentation des clichés radiographiques [18, 35]



**Radiographie n°23** : Projection ventro-dorsale de la cavité cœlomique

- |   |                              |
|---|------------------------------|
| 1 : Trachée                                 | 7 : Sac abdominal            |
| 2 : Localisation du sac aérien claviculaire | 8 : Artère brachiocéphalique |
| 3 : Vaisseaux de la base du cœur            | 9 : Poumons                  |
| 4 : Cœur                                    | 10 : Sac thoracique caudal   |
| 5 : Foie                                    | 11 : Intestins               |
| 6 : Reins                                   |                              |



**Radiographie n°24** : Projection latéro-latérale de la cavité coelomique

- 1 : Trachée
- 2 : Artère brachiocéphalique
- 3 : Aorte
- 4 : Cœur
- 5 : Proventricule
- 6 : Localisation du foie

- 7 : Rate
- 8 : Intestins
- 9 : Poumons
- 10 : Sacs thoraciques caudaux
- 11 : Reins



# Conclusion

Passer de l'anatomie radiographique à l'anatomie ostéologique, et vice versa, n'est pas une chose aisée. Les structures osseuses en trois dimensions se retrouvent sur un plan unique en radiographie. Il est d'autant plus difficile de visualiser certaines parties du squelette chez les oiseaux du fait de nombreuses superpositions que l'on ne peut éviter.

Pour pallier ces difficultés déjà présentes, il est nécessaire de posséder une très bonne connaissance de la morphologie osseuse et c'est ce que cet atlas a tenté de réaliser.

La radiographie reste le moyen le plus facile et le moins onéreux qu'un praticien aura à sa disposition pour tenter de réaliser un diagnostic. Cependant nous avons à notre disposition des outils plus performants comme le scanner ou l'IRM dont l'utilisation pourrait être très intéressante sur les rapaces de grande taille. Malheureusement ces examens restent peu accessibles et pour l'instant trop onéreux pour permettre leurs utilisations courantes.

Direction de l'Enseignement et de la Pédagogie

**AGRÈMENT ADMINISTRATIF**

Je soussigné, A. MILON, Directeur de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse, certifie que  
**Mlle LAMAGERE Mathilde**  
a été admis(e) sur concours en : 2005  
a obtenu son certificat de fin de scolarité le : 21 octobre 2010  
n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.

**AGRÈMENT SCIENTIFIQUE**

Je soussigné, Jacques DUCOS de LAHITTE, Professeur de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse,  
autorise la soutenance de la thèse de :  
**Mlle LAMAGERE Mathilde**  
intitulée :  
« Atlas radiographique du vautour fauve (*Cyyps fulvus*) »

Le Professeur  
de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse  
Professeur Jacques DUCOS de LAHITTE



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



Vu :  
Le Président de la thèse :  
Professeur Alexis VALENTIN



Vu le : 10/02/2011  
Le Président  
de l'Université Paul Sabatier  
Professeur Gilles FOURTANIER



## Références bibliographiques

[1].CHASSAGNE M.

Les vautours équarisseurs naturels des Grands Causses.

Th. : Med.vet. : Lyon : 1998; 046. 280 pp.

[2].MAUREL S.

Etat des relations entre le vautour fauve (*Gyps fulvus*) et le pastoralisme dans le parc national des Pyrénées.

Th. : Med.vet. : Toulouse : 2002 ; 4115. 236 pp.

[3].LABOUYRIE M.

Analyse méthodologique des dommages attribués aux vautours fauves dans les troupeaux Pyrénéens.

Th. : Med.vet : Toulouse : 2007; 4111. 147 pp.

[4].ELIOTOUT B.

Le vautour fauve.

Paris : Delachaux et Niestlé, 2007. 192 pp.

[5]. BOUGRAIN DUBOURG A.

Dossier de presse : Les vautours : Alliés indispensables et fragiles du pastoralisme.[on line]

[Rochefort, Paris] : LPO, 2008. 28 mai 2009.

Available on internet : <http://www.lpo.fr/>

[6] CHOISY JP., TERRASSE M.

Réintroduction du vautour fauve: cahier technique [on line].

cahiers techniques

Ctvautours\_web.pdf à partir de <http://www.lpo.fr>

[7].TERRASSE M., ELIOTOUT B., TARIEL Y.

Vautours info [on line]. [Paris, France] : LPO, 2009. [Janvier 2009]

Plan national de restauration du vautour moine. Suivi 2008 dans les Grands Causses : les autres vautours.

Available on internet : <http://www.lpo.fr/rapaces>

[8].TERRASSE M., ELIOTOUT B., TARIEL Y.

Vautours info [on line]. [Paris, France] : LPO, 2009. [Janvier 2009]

Plan national de restauration du vautour moine. Suivi 2008 dans les Baronnies : les autres vautours.

Available on internet : <http://www.lpo.fr/rapaces>

[9].TERRASSE M., ELIOTOUT B., TARIEL Y.

Vautours info [on line]. [Paris, France] : LPO, 2009. [Janvier 2009]

Plan national de restauration du vautour moine. Suivi 2008 dans les gorges du Verdon : les autres vautours.

Available on internet : <http://www.lpo.fr/rapaces>

- [10].NADAL R.  
Les cahiers de la surveillance 2008 [on line]. [Paris, France] : LPO, 2008.  
Vautour fauve.  
Available from internet : <http://www.lpo.fr/rapaces>
- [11].DEL HOYO J., ELLIOTT A., SARGATAL J.  
Handbook of the birds of the world, volume 2 : new world vultures to guineafowl.  
Lynx edicions, Barcelona, 1994. 638pp.
- [12].LEBAS C.  
Atlas Radiographique du furet (*Mustela putorius furo*).  
Th. : Med.vet. : Toulouse : 2008 ; 4024. 152pp
- [13].CHEVIGNY G.  
Atlas Radiographique et Ostéologique du tigre (*Panthera tigris*).  
Th. : Med.vet. : Toulouse : 2007 ; 4100. 238pp
- [14].CONCHOU F.,LAYSSOL-LAMOUR C., MOGICATO G.  
Radiobiologie et radioprotection.  
Cours de Sémiologie à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, 2006
- [15].ALTMAN R., CLUBB S., DORRESTEIN G., QUESENBERRY K.  
Avian Medicine and Surgery.  
1<sup>ère</sup> édition. Philadelphie : W.B. Saunders company, 1997. 1070pp
- [16].BOUSSARIE D., SCHILLIGER L., RIVAL F.  
Vade-mecum d'anesthésie des N.A.C.  
Paris : Editions MED'COM, 2002. 128pp
- [17].HARRISON G., LIGHTFOOT T.  
Clinical Avian Medicine.  
Volume II. Floride : Spix Publishing, 2006. 1008pp
- [18].J-P. ANDRE.  
Les maladies des oiseaux de cages et de volières.  
Maisons-Alfort : Editions du point vétérinaire, 1990. 380pp.
- [19].GRASSE P-P.  
Traité de zoologie : anatomie, systématique, biologie.  
Tome XV, oiseaux. Paris : Masson et Cie, 1950. 1164 pp.
- [20].STURKIE P.  
Sturkie's Avian Physiology.  
5<sup>ème</sup> édition. Royaume-Uni: Academic press, 2000.685pp
- [21].LONGLEY L.A.  
Anesthesia of exotic pets.  
China : Saunders, 2008. 320pp

- [22].HARRISON G., HARRISON L.  
Clinical Avian Medicine and Surgery.  
Philadelphie : W.B.Saunders company, 1986.717pp
- [23].KOCH T.  
Anatomy of the chicken and domestic birds.  
1<sup>ère</sup> édition. Ames, Iowa State University Press, 1973. 159 pp.
- [24].MONNEREAU L.  
Etude générale de l'appareil locomoteur et splanchnologie générale des oiseaux domestiques.  
Cours de sémiologie, ENVT, Avril 2001.
- [25].BEAUMONT A., CASSIER P.  
Biologie animale : les cordés, anatomie comparée des Vertébrés.  
6<sup>ème</sup> édition. Paris : Dunod, 1987. 648 pp.
- [26].PLATEL R.  
Zoologie des cordés.  
Paris : Ellipses, 1991. 222 pp.
- [27].SISSON S., GROSSMAN J., GETTY R.  
The anatomy of the domestic animals.  
5<sup>ème</sup> édition. Volume 2. Philadelphia ; London ; Toronto : Saunders, 1975. 2095 pp.
- [28].DEVILLERS C., CLAIRAMBAULT P.  
Précis de zoologie : vertébrés. Tome I, Anatomie comparée.  
2<sup>ème</sup> édition. Paris ; New York ; Barcelone : Masson, 1976. 468 pp.
- [29].McLELLAND J.  
A colour atlas of avian anatomy.  
London : Wolfe Publishing Ltd, 1990. 127 pp.
- [30].LUCAS A., STETTENHEIM P.  
Avian anatomy: integument. Part 1  
Washington : Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture ; for sale by  
the Supt. Of Docs., U.S. Govt. Print. Off., 1972. 750 pp.
- [31].OROSZ S.E., ENSLEY P.K., HAYNES C.J  
Avian surgical anatomy thoracic and pelvic limbs  
Londres : W.B. Saunders company, 1992. 139 pp.
- [32].NICKEL R., SCHUMMER A., SEIFERLE E.  
Anatomy of the domestic birds  
Berlin : Verlag Paul Parey, 1977. 204pp.
- [33].HIVERNAUD E.  
Atlas radiographique et ostéologique de la chouette effraie, Tyto alba, SCOPOLI, 1769.  
Th. Med.vet. : Toulouse : 2010 ; 4013. 188pp.



- [34].BOUCHER S., BULLIOT C.  
Examens complémentaires chez les nac  
Paris : Point vétérinaire, 2009. 340pp.
- [35].SILVERMAN S., TELL A.L.  
Radiology of birds, An atlas of normal anatomy and positioning  
1<sup>ère</sup> édition. St-Louis : Saunders Elsevier, 2010. 299pp.
- [36]. BARONE R.  
Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 1 : Ostéologie  
Paris : Vigot frères, 1999. 763pp.
- [37]. BAUMEL J.J., KING A.S., BREAZILE J.E., EVANS H.E. Et J.C. VAN DEN BERGHE  
Handbook of avian anatomy : *Nomina Anatomica Avium*. Nuttall Ornithological Club, Cambridge,  
Mass., 1993, 2<sup>e</sup> ed.. 779pp.
- [38].VON DEN DRIESCH A.  
A guide to the measurement of animal bones from archaeological sites.  
Cambridge : Peabody Museum of Archaeology & Ethnology, Harvard University, Publications  
Department, 1976. 137pp.

# Annexe

## Annexe 1 : Mesure des os [38]

### Crâne :

GL = 141 mm	SBO = 24,2mm
GBL = 134,2mm	GH = 39,8mm
GB = 58,8mm	LP = 69,8mm
GBP = GB	LI = 82,5mm

### Mandibule :

GL = 123,7mm  
LaF = 121mm  
LS = 23,6mm

### Sternum :

LM = [178] mm	LC = [149]
dL = [172]mm	SBF = 86,1mm

### Coracoïde :

GL = 110,6mm	Bb = 53,7mm
Lm = 96,4mm	BF =[40] mm

### Scapula :

GL = 110mm  
Dic = 31mm

### Humérus :

GL = 267,5mm	SC = 18,2mm
Bp = 55,2mm	Bd = 44,8mm

### Ulna :

GL = 340mm	Bp = 29mm
SC = 13,6mm	Did = 22,1mm
Dip = 24,2mm	

### Radius :

GL = 327,5mm  
SC = 8,6mm  
Bd = 19mm

### Carpométacarpe :

GL = 141,8mm	Bp = 33mm
L = 135mm	Did = 20mm

### Phalange I :

GL = 57,9mm  
L = 55,6mm

Pelvis :

GL = 172mm  
LS = 163mm  
LV = [ 136] mm  
CB = 67,2mm

SB = 35,3mm  
AA = 48,1mm  
DiA = 19,4mm  
BA = 77,4mm

Tarsométatarse :

GL = 108,8mm  
BP = 26,2mm

SC = 13,5mm  
Bd = 28,6mm

Fémur :

GL=134,3mm  
Lm = 127mm  
Bp = 36,7mm  
Dp = 21,6mm

SC = 15,2mm  
Bd = 33,6mm  
Dd = 25,6mm

Tibiotarse

GL = 198mm  
La = 192mm  
Dip = 35,2mm

SC = 12,7mm  
Bd = 25mm  
Dd = 20,6mm

Toulouse, 2011

NOM : LAMAGERE

PRENOM : Mathilde

TITRE : Atlas radiographique du vautour fauve (*Gyps fulvus*)

RESUME : Alliés nécrophages indispensables dans la gestion des cadavres, les vautours fauves sont aujourd'hui mondialement protégés. Mais il n'en fut pas toujours ainsi. En effet cette espèce a bien failli s'éteindre au cours du siècle dernier bien qu'elle constitue un maillon essentiel de la chaîne alimentaire. Aujourd'hui, la polémique fait rage autour du vautour fauve et il est de notre devoir de protéger cet oiseau sous peine de le voir disparaître de la surface de la Terre. En plus de cela, chaque année de nombreux vautours sont victimes d'accidents et blessés.

Cet atlas présente des clichés radiographiques et des photographies du squelette réalisés sur un animal en bonne santé. De cette façon le praticien aura à sa disposition une base de référence afin de mieux appréhender le pathologique. Après une description de l'animal et de son mode de vie, les méthodes permettant d'accéder à l'examen radiologique seront présentées, et enfin l'atlas en lui même, avec à chaque fois une description de l'anatomie, des photographies des os et la présentation des clichés radiographiques obtenus.

MOTS-CLES : Vautour fauve, *Gyps fulvus*, Atlas, Anatomie, Radiographie

---

ENGLISH TITLE: Radiographic atlas of the griffon vulture (*Gyps fulvus*)

ABSTRACT: Scavengers indispensable allies in the management of corpses, griffon vultures are now protected. But it was not always so. Indeed this specie has nearly disappeared during the last century, although it is a vital link in the food chain. Today the controversy is raging around the vulture, and it is our duty to protect this bird it will disappear from the face of the Earth.

In addition, each year many vultures are injured and wounded. This atlas describe radiographs and photographs of the skeleton produced on a healthy animal. In this way the practitioner will have an available baseline to better understand the disease. After a description of the animal and its lifestyle, methods for accessing radiological examination will be presented, and finally the atlas itself, with a description of the anatomy, photographed bones and presentation of radiographs obtained.

KEY WORDS: Griffon vulture, *Gyps fulvus*, Atlas, Anatomy, Radiography