

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE, AGROALIMENTAIRE  
ET DE L'ALIMENTATION NANTES ATLANTIQUE – ONIRIS

2015

**ATLAS ANATOMIQUE DES VOIES D'ABORD  
DES PRINCIPALES CHIRURGIES  
(SAUF CELLES DE LA CARAPACE)  
CHEZ LES CHELONIENS**

THESE  
pour le  
diplôme d'Etat  
de  
DOCTEUR VETERINAIRE

présentée et soutenue publiquement  
le 17 juin 2015  
devant  
la Faculté de Médecine de Nantes  
par

**Claire, Emeline, Christine LERQUIER**

Née le 31 Mars 1991 à Cherbourg (50)

JURY

Président : Monsieur LUSTENBERGER Patrick  
Professeur à l'Université de Médecine de Nantes

Membres : Monsieur GUINTARD Claude  
Maître de conférences à Oniris, Ecole Nationale Vétérinaire, Agro-alimentaire et de  
l'Alimentation, Nantes Atlantique

Monsieur GAUTHIER Olivier  
Professeur à Oniris, Ecole Nationale Vétérinaire, Agro-alimentaire et de l'Alimentation,  
Nantes Atlantique

Invité : Monsieur GOIN Julien  
Docteur vétérinaire à la Clinique de Charbonnière (Saint Jean de Braye, 45)  
et ancien Assistant Hospitalier du service d'AEI d'Oniris



**ENSEIGNANTS-CHERCHEURS DE ONIRIS**  
**Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation**  
**Nantes Atlantique**

Directeur Général : Pierre SAI (Pr)

<b>DEPARTEMENT DE BIOLOGIE, PATHOLOGIE ET SCIENCES DE L'ALIMENT</b>		
NUTRITION et ENDOCRINOLOGIE	Patrick NGUYEN (Pr) Henri DUMON (Pr)	Brigitte SILIART (Pr) Lucile MARTIN (Pr)
PHARMACOLOGIE et TOXICOLOGIE	Yassine MALLEM (MCC) Martine KAMMERER (Pr)	Hervé POULIQUEN (Pr) Jean-Dominique PUYT (Pr) Jean-Claude DESFONTIS (Pr)
PHYSIOLOGIE FONCTIONNELLE, CELLULAIRE et MOLECULAIRE	Lionel MARTIGNAT (MC) Jean-Marie BACH (Pr)	Grégoire MIGNOT (MC) Julie HERVE (MC)
HISTOLOGIE ET ANATOMIE PATHOLOGIQUE	Jérôme ABADIE (MC)	Frédérique NGUYEN (MC) Marie-Anne COLLE (MC)
PATHOLOGIE GENERALE, MICROBIOLOGIE et IMMUNOLOGIE	Jean-Louis PELLERIN (Pr)	Hervé SEBBAG (MC) Emmanuelle MOREAU (MC)
BIOCHIMIE ALIMENTAIRE INDUSTRIELLE	Laurent LE THUAUT (MC) Thierry SEROT (Pr) Joëlle GRUA (MC)	Carole PROST (Pr) Florence TEXIER (MC) Mathilde MOSSER (MCC) Clément CATANEO (MC)
MICROBIOLOGIE ALIMENTAIRE INDUSTRIELLE	Xavier DOUSSET (Pr) Bénédicte SORIN (Chef de travaux) Bernard ONNO (MC)	Hervé PREVOST (Pr) Emmanuel JAFFRES (MC) Nabila BERREHRAH-HADDAD (MC)
<b>DEPARTEMENT DE SANTE DES ANIMAUX D'ELEVAGE ET SANTE PUBLIQUE</b>		
HYGIENE ET QUALITE DES ALIMENTS	Michel FEDERIGHI (Pr) Bruno LE BIZEC (Pr) Catherine MAGRAS-RESCH (Pr)	Eric DROMIGNY (MC) Marie-France PILET (MC) Jean-Michel CAPPELIER (MC)
MEDECINE DES ANIMAUX D'ELEVAGE	Arlette LAVAL (Pr émérite) Catherine BELLOC (MC) Isabelle BREYTON (MC) Christophe CHARTIER (Pr)	Alain DOUART (MC) Sébastien ASSIE (MC) Raphaël GUATTEO (MC) Mily LEBLANC MARIDOR (MCC)
PARASITOLOGIE GENERALE, PARASITOLOGIE DES ANIMAUX DE RENTE, FAUNE SAUVAGE et PATHOLOGIE AQUACOLE	Monique L'HOSTIS (Pr) Alain CHAUVIN (Pr) Albert AGOULON (MC)	Guillaume BLANC (MC) Ségolène CALVEZ (MC) Suzanne BASTIAN-ORANGE (MC)
MALADIE REGLEMENTEE, REGLEMENTATION SANITAIRE ZONOSSES	Jean-Pierre GANIERE (Pr émérite) Carole PEROZ (MC)	Nathalie RUVOEN-CLOUET (MC)
ZOOTECNIE	Aurélien MADOUASSE (MCC) Xavier MALHER (Pr) François BEAUDEAU (Pr)	Christine FOURICHON (MC) Nathalie BAREILLE (Pr)
<b>DEPARTEMENT DE SCIENCES CLINIQUES</b>		
ANATOMIE COMPAREE	Eric BETTI (MC)	Claire DOUART (MC) Claude GUINTARD (MC)
CHIRURGICALE, ANESTHÉSIOLOGIE	Olivier GAUTHIER (Pr) Béatrice LIJOUR (MC) Eric AGUADO (MC) Caroline TESSIER (MC)	Gwenola TOUZEAU (MCC) Olivier GEFFROY (Pr) Eric GOYENVALLE (MC) Pr Pierre BARREAU (Pr A)
PARASITOLOGIE, AQUACULTURE, FAUNE SAUVAGE	Patrick BOURDEAU (Pr)	Vincent BRUET (MCC)
MEDECINE INTERNE, IMAGERIE MÉDICALE et LEGISLATION PROFESSIONNELLE	Yves LEGEAY (Pr) Dominique FANUEL (Pr) Anne COUROUCE-MALBLANC (MC) Catherine IBISCH (MC) Nicolas CHOUIN (MC)	Marion FUSELLIER-TESSON (MC) Jack-Yves DESCHAMPS (MC) Odile SENECAT (MC) Françoise ROUX (MC)
BIOTECHNOLOGIES et PATHOLOGIE DE LA REPRODUCTION	Daniel TAINURIER (Pr) Francis FIENI (Pr) Jean-François BRUYAS (Pr)	Lamia BRIAND (MC) Djemil BENCHARIF (MC)

## DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCÉDES ALIMENTAIRES

Lionel BOILLEREAUX (Pr)  
 Dominique COLIN (MC)  
 Sébastien CURET PLOQUIN (MC)  
 Marie DE LAMBALLERIE (Pr)  
 Dominique DELLA VALLE (MC)  
 Francine FAYOLLE (Pr)  
 Michel HAVET (Pr)

Vanessa JURY (MC)  
 Alain LEBAIL (Pr)  
 Catherine LOISEL (MC)  
 Jean-Yves MONTEAU (MC)  
 Denis PONCELET (Pr)  
 Olivier ROUAUD (MC)  
 Laurence POTTIER (MC)

## DEPARTEMENT DE MANAGEMENT, STATISTIQUE ET COMMUNICATION

MATHEMATIQUES, STATISTIQUES - INFORMATIQUE	Véronique CARIOU (MC) Philippe COURCOUX (MC) El Mostafa QANNARI (Pr)	Michel SEMENOU (MC) Chantal THORIN (PCEA) Evelyne VIGNEAU (Pr)
ECONOMIE – GESTION - LEGISLATION	Pascal BARILLOT (MC) Yvan DUFEU (MC) Florence BEAUGRAND (MC)	Jean-Marc FERRANDI (Pr) Sonia EL MAHJOUB (MC) Samia ROUSSELIERE (MC) Sybille DUCHAINE (MC)
COMMUNICATION - LANGUES	Franck INSIGNARES (PCEA) Linda MORRIS (PCEA) David GUYLER (PCEA)	Marc BRIDOU (PCEA) Shaun MEEHAN (PCEA) Fabiola ASENCIO (PCEA)

**Pr** : Professeur,  
**Pr A** : Professeur Associé,  
**Pr I** : Professeur Invité,  
**MC** : Maître de Conférences,  
**MCC** : Maître de Conférences Contractuel,  
**AERC** : Assistant d'enseignement et de recherches,  
**PLEA** : Professeur Lycée Enseignement Agricole,  
**PCEA** : Professeur certifié enseignement Agricole.

**La reproduction d'extraits est autorisée avec mention de la source. Toute reproduction partielle doit être fidèle au texte utilisé. Cette thèse devra donc être citée comme suit :**

LERQUIER, C. (2015). Atlas anatomique des voies d'abord des principales chirurgies (sauf celles de la carapace) chez les Chéloniens. Thèse de doctorat vétérinaire, Faculté de Médecine, Nantes. Oniris : Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation Nantes Atlantique, 216 p.

*Le défaut de citation est considéré comme du plagiat. Ce dernier est puni par la loi française et passible de sanctions allant jusqu'à 3 ans d'emprisonnement et 300 000 € d'amende.*



# ***Remerciements***

---

**A Monsieur Patrick LUSTENBERGER**

**Professeur à la Faculté de Médecine de Nantes**

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

**A Monsieur Claude GUINTARD**

**Maître de conférences à ONIRIS, Ecole vétérinaire de Nantes**

Pour nous avoir encadrée pendant plus d'un an et à distance,  
Pour vos conseils, le temps passé à la relecture de ce manuscrit,  
Pour votre gentillesse, votre disponibilité et votre patience,  
Sincères remerciements.

**A Monsieur Olivier GAUTHIER**

**Professeur à ONIRIS, Ecole vétérinaire de Nantes**

Pour avoir accepté de faire partie de notre jury de thèse,  
Pour avoir été une personne clé dans notre choix d'orientation professionnelle,  
Remerciements respectueux.

**A Monsieur Julien GOIN**

**Docteur Vétérinaire à la clinique de Charbonnière et ancien Assistant Hospitalier du service AEI d'Oniris**

Pour avoir cru en notre projet de thèse malgré le défi posé,  
Pour avoir participé grandement à la promotion de la médecine des NAC à l'école,  
Pour être resté à notre écoute en toutes circonstances,  
Merci encore.



**A Manuel Comte,**

Pour son soutien lors des dissections et pour la préparation des os.

**A l'équipe d'Image Et, Cédric Tavernier et Yvan Richaudeau,**

Pour avoir accepté de réaliser un scanner d'une des tortues de cette thèse afin d'illustrer cette thèse.

**A l'équipe du service d'imagerie d'Oniris,**

Pour avoir réalisé des radiographies de tortues de cette thèse avec le sourire.

**Aux différents vétérinaires de mon parcours,**

Qu'ils soient français ou québécois,

Qu'ils soient chirurgiens, amateurs d'animaux exotiques et de faune sauvage ou praticiens canins simplement passionnés par ce formidable métier qui est le nôtre,

Merci d'avoir fait naître en moi des vocations et d'avoir permis l'approfondissement de mes connaissances.



**A mes parents,**

Merci d'avoir rendu possible cette vocation qui est née dès mon plus jeune âge. Votre soutien en toutes circonstances, dans les rires et dans les larmes, a été la clé de ma réussite. Je vous aime.

**A mon frère, Florent,**

Parce que même si on aime bien se taquiner, tu as toujours été là pour ta grande sœur parfois bien énervante. Lequel de nous deux finira ses études en premier ??

**A Mamie et Papy,**

Pour m'avoir toujours soutenue et dès le début lors des révisions intensives du concours. Je vous dédie cette thèse qui s'achève dans de funestes conditions.

**A Mémère,**

Parce que tu es le roc de notre famille et que désormais nous sommes complémentaires, de l'agricultrice à la vétérinaire. J'espère que tu es fière de moi.

**A tous les autres membres de ma GIGANTESQUE famille,**

Oncles, tantes, cousins, cousines, nos chères « pièces rapportées », mes petits cousins, Parce que même si on dit qu'on ne choisit pas sa famille, je vous choisirais sans hésiter ! Merci d'être toujours là malgré les distances et les aléas de la vie. Et que cette belle famille unie continue toujours plus à s'agrandir.

**A mes coloc de la Pomp'homme,**

Ma Nanass, mon « sucre d'orge » avec qui les conversations ne s'arrêtent jamais quels que soient le nombre de murs, le cours magistral ou la distance. J'espère que nous resterons toujours proches à l'avenir.

Laura, depuis nos hommes-objets de prépa, tu es toujours là. Gardons nos forts caractères respectifs et vive le monde en couleurs et en danses effrénées !

Thibault, mon co-bricoleur avec qui je pouvais parler voitures et football. Merci d'avoir diversifié les sujets de conversations et mes connaissances nantaises. Plein de bonheur pour ton mariage auquel je ne pourrai malheureusement pas assister.

Pierre, notre doc piaf. Merci de m'avoir donné le goût des animaux exotiques et de la chirurgie dès la première année. Bonne continuation dans ce domaine vétérinaire qui t'est si cher.

Mélanie, pour m'avoir obligée à sortir lors de certaines périodes de ma vie. Tâche de trouver quels animaux tu préfères soigner.

Thomas, Jordan, Floriane, nos remplaçants. Merci d'apporter de nouvelles énergies à la coloc et de continuer à m'inviter aux soirées...

**A mes amis de tous horizons,**

Ceux qui me supportent depuis l'école primaire et surtout Anthony,  
Ceux du collège que je n'ai pas perdus de vue malgré la distance physique, notamment Fiona, Arnaud, Charline, Elodie, Lauren, Charlotte, etc.,  
Ceux du lycée, ma Kya et nos chinois de l'île Maurice, notre team tarot, Manue, etc.,  
Ceux de prépa, BCPST et autres,  
Tous ceux qui au départ étaient des amis d'amis et sont devenus importants dans ma vie,  
Merci d'avoir été là tout au cours de ma vie et d'avoir contribué à faire de moi la femme que je suis actuellement. J'espère que vous serez encore présents longtemps à mes côtés, même si parfois plusieurs mois ou années s'écouleront.

**Aux Vieux Cons de la promotion Vét'Onirix 2010-2015,**

Groupe 6 *for ever*, mes groupes de clinique de 3A (Sébounet, Momotte, Juliette et Diane) et 4A (Mélanie, Oriane, Hélène, Johanna et Justine), mes nombreux groupes de clinique d'adoption de ma 5A à la carte, mes amis de soirées et d'autres événements,  
Merci d'avoir fait de ces 5 années d'école un ensemble de souvenirs mémorables. A bientôt lors de congrès ou de Nuits Vétos...

**A l'ensemble des étudiants croisés à l'école par les poulottages ou les différents clubs,**

Des plus vieux de mes parrains aux plus jeunes de mes poulots,  
Je me suis enrichie de toutes ces belles rencontres.

**A la grande famille des Echecs,**

D'Echecs Plus au club de Sucé sur Erdre, en passant par l'ensemble des rencontres échiquéennes,  
Merci d'avoir fait de ce jeu une passion et pour les forts liens qui nous unissent au-delà du jeu.  
Pensée particulière à mon frère de cœur dont je n'arrive pas à me débarrasser depuis la nourrice.

**A mes correcteurs de l'ombre,**

Merci pour les relectures fastidieuses d'un sujet bien nébuleux pour vous mais également pour le soutien quand la démotivation me guettait. Mention spéciale à Monsieur Vampire présent nuits et jours aux moments clés de ce travail.

**A l'équipe de Saint Hyacinthe au Québec,**

Et notamment les autres européennes, mes deux Marines, Charlotte, Sophie, Camille, Morgane et Delphine,  
Merci pour ces 4 mois exceptionnels. A bientôt voire à très vite pour ceux que je retrouverai pendant l'internat.

**A mes parents adoptifs durant cette thèse,**

Tata Léone et tonton Gilbert, Hugo et Marie-Christine,  
Merci d'avoir pris soin de moi lors de la rédaction de cette thèse.

**A toutes les sucreries et boissons,**

Englouties pendant les 70 200 minutes de travail acharné endurées pour la bonne cause.

# Table des matières

---

INTRODUCTION .....	17
<b>PREMIERE PARTIE : RAPPELS ANATOMIQUES, PREAMBULES A TOUTE CHIRURGIE.....</b>	<b>19</b>
1.1. Ostéologie.....	21
1.1.1. Carapace.....	21
1.1.2. Squelette axial.....	23
1) Squelette céphalique	23
2) Squelette hyoïdien	24
3) Squelette vertébral	25
4) Squelette costal	27
1.1.3. Squelette appendiculaire.....	28
1) Ceinture scapulaire	29
2) Membre antérieur	30
3) Ceinture pelvienne	32
4) Membre postérieur	33
1.2. Myologie.....	37
1.2.1. Musculature de la tête et du cou.....	37
1.2.2. Musculature du tronc.....	39
1) Muscles de l'épisme	39
2) Muscles de l'hyposome	40
1.2.3. Musculature de la ceinture scapulaire et des membres antérieurs.....	41
1.2.4. Musculature de la ceinture pelvienne, des membres postérieurs et de la queue.....	42
1.3. Splanchnologie .....	45
1.3.1. Organisation de la cavité coelomique.....	45
1.3.2. Appareil respiratoire.....	46
1) Narines et choanes	46
2) Larynx	46
3) Trachée	48
4) Poumons	48
5) Fonctionnement respiratoire	50
1.3.3. Appareil digestif.....	51
1) Cavité buccale	51
2) Œsophage	52
3) Estomac	52
4) Intestins	53
5) Cloaque	54
6) Fonctionnement digestif	55
1.3.4. Organes annexes en relation avec le tube digestif.....	56
1) Pancréas	56
2) Foie	56
3) Rate	57

1.3.5.	Appareil uro-génital.....	57
	1) Appareil urinaire	57
	2) Appareil génital	58
1.3.6.	Appareil circulatoire.....	60
	1) Cœur	60
	2) Fonctionnement cardiaque	62
	3) Système artériel	62
	4) Système veineux	65
	5) Système lymphatique	68
1.3.7.	Système nerveux.....	68
	1) Système nerveux central	68
	2) Système nerveux périphérique	69
1.3.8.	Organes sensoriels.....	70
	1) Système visuel	70
	2) Système olfactif	71
	3) Système gustatif	71
	4) Système acoustique	71
	5) Organes sensoriels cutanés	72

## **DEUXIEME PARTIE : PRINCIPALES CHIRURGIES (SAUF CHIRURGIES DE LA CARAPACE)..... 73**

2.1.	Généralités sur les chirurgies chez les Chéloniens.....	75
2.1.1.	Considérations pré-opératoires.....	75
	1) Anesthésie	75
	2) Asepsie	75
2.1.2.	Considérations per-opératoires.....	76
2.1.3.	Considérations post-opératoires.....	78
	1) Sutures et cicatrisation	78
	2) Antibiothérapie et analgésie	79
2.2.	Chirurgies de la cavité cœlomique.....	81
2.2.1.	Principales voies d'abord de la cavité coelomique.....	81
	1) Plastrotomie / coeliotomie transplastrale / ostéotomie plastrale	81
	2) Cœliotomie précurrale / abord inguinal / incision préfémorale	87
	3) Abord axillaire	90
2.2.2.	Chirurgie de l'appareil digestif.....	91
	1) Pose d'un tube d'oesophagostomie	91
	2) Œsophagostomie	94
	3) Gastrotomie	95
	4) Entérotomie/Entérectomie	97
	5) Colopexie	100
2.2.3.	Chirurgie de l'appareil reproducteur et urinaire.....	100
	1) Orchidectomie	100
	2) Ovariectomie ou oophorectomie	102
	3) Ovariosalpingectomie	105
	4) Salpingotomie	108
	5) Cœlomite à jaunes d'œufs	109

6) Cystotomie	110
2.2.4. Chirurgie des prolapsus	113
1) Prolapsus du pénis	114
2) Prolapsus de l'oviducte	115
3) Prolapsus de la vessie	116
4) Prolapsus du côlon	117
2.2.5. Chirurgies par endoscopie	118
2.3. Chirurgies des membres et de la queue	121
2.3.1. Chirurgies orthopédiques	121
1) Coaptation externe	121
2) Fixation externe/interne	123
3) Amputations	129
4) Autres chirurgies orthopédiques plus rares	131
2.3.2. Chirurgies caudales	133
2.4. Chirurgies de la tête	135
2.4.1. Chirurgies auriculaires	135
2.4.2. Chirurgies oculaires	136
1) Enucléation	136
2) Chirurgie de la cataracte	136
2.4.3. Chirurgies orthopédiques	137

**TROISIEME PARTIE : REALISATION DE L'ATLAS ANATOMIQUE – PARTIE EXPERIMENTALE..... 139**

3.1. Matériel et Méthodes	141
3.1.1. Animaux utilisés	141
3.1.2. Choix des voies d'abord décrites dans l'atlas anatomique	142
3.1.3. Mise en page « type » des planches anatomiques	143
3.1.4. Réalisation des images illustrant cette thèse	145
1) Nombre d'animaux	145
2) Matériel de dissection	146
3) Description du protocole de préparation des os	146
4) Obtention des images	147
3.1.5. Traitements des images	148
3.2. Résultats : Atlas anatomique des principales voies d'abord chez les Chéloniens	149
FICHE PRATIQUE N°1 : Coeliotomie transplastrale	151
FICHE PRATIQUE N°2 : Coeliotomie précrurale	155
FICHE PRATIQUE N°3 : Région axillaire	159
FICHE PRATIQUE N°4 : Région du genou	163
FICHE PRATIQUE N°5 : Région de la hanche	167
FICHE PRATIQUE N°6 : Région du coude	171
FICHE PRATIQUE N°7 : Région de l'épaule	175
FICHE PRATIQUE N°8 : Région cervicale basse	179
3.3. Discussion	183
3.3.1. Animaux utilisés	183
3.3.2. Voies d'abord	184
3.3.3. Confrontation avec le terrain	184

CONCLUSION .....	187
LISTE DES FIGURES.....	189
LISTE DES TABLEAU.....	193
ANNEXE 1 : Agents de contention chimique et anesthésiques .....	195
ANNEXE 2 : Questionnaire à l'attention des vétérinaires praticiens .....	199
BIBLIOGRAPHIE.....	203

# ***INTRODUCTION***

---

Les nouveaux animaux de compagnie comme les tortues sont de plus en plus présents dans les foyers français. Parallèlement, la médecine vétérinaire se développe fortement dans ce domaine depuis une quinzaine d'années afin de mieux prendre en charge ces patients d'un genre particulier. Certaines maladies fréquentes, notamment celles de la sphère génitale, peuvent nécessiter une intervention chirurgicale. La plupart des techniques ont été au départ adaptées à partir de celles existant chez les chiens et les chats. Néanmoins, la présence de la carapace modifie profondément les accès chirurgicaux.

C'est pourquoi nous avons jugé intéressant de réaliser un atlas anatomique des voies d'abord chirurgicales chez les Chéloniens. Le sujet pouvant se révéler vaste, il a été choisi de le limiter aux principales chirurgies comprenant notamment celles de la cavité cœlomique, en excluant celles de la carapace. Pour développer le sujet, une première partie sera constituée de rappels anatomiques, préambules indispensables à toute chirurgie. Un plan classique d'anatomie systémique sera utilisé en abordant successivement l'ostéologie, la myologie et la splanchnologie. Ensuite, une revue bibliographique des chirurgies chez les tortues sera réalisée en décrivant les principales interventions chirurgicales de la cavité cœlomique, des membres et de la queue ainsi que celles de la tête. Quelques chirurgies moins fréquentes seront également citées pour information. Enfin, la troisième partie, expérimentale, sera basée sur des dissections dont le matériel et méthode sera décrit. Les fiches synthétiques obtenues pour les voies d'abord sélectionnées seront présentées et enfin une courte discussion sur ce travail réalisée.



**PREMIERE PARTIE :**  
**RAPPELS ANATOMIQUES,**  
**PREAMBULES A TOUTE CHIRURGIE**



## 1.1. Ostéologie

### 1.1.1. Carapace [12, 38, 42, 56, 91, 106, 131]

Les Chéloniens sont des reptiles caractérisés par leur carapace qui est composée d'environ soixante os. Ces os sont particuliers : ils dérivent des mêmes structures embryonnaires que les côtes, les vertèbres et divers éléments du derme. Deux parties principales constituent cette carapace : la dossière, présente dorsalement et le plastron, présent ventralement.

Quelle que soit la partie de la carapace, on observe deux couches de nature différente. De l'extérieur vers l'intérieur, on trouve en premier les écailles (ou cornéoscutes), plaques de kératine qui constituent la couche cornée épidermique. Ensuite, ce sont les plaques osseuses (ou ostéoscutes ou encore os dermiques) qui constituent la couche osseuse dermique. Elles sont composées d'os compact lamellaire peu vascularisé en périphérie et d'os plus poreux en leur centre (figure 1).

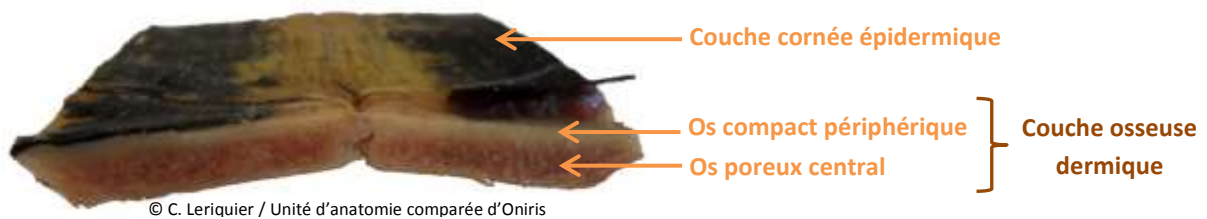


Figure 1 : Coupe transversale du plastron d'une *Testudo graeca*

Les écailles et les plaques osseuses sont jointes entre elles mais les sutures propres à chaque couche ne se trouvent pas en vis-à-vis. Cette non coïncidence assure une solidité plus importante de la carapace qui est un moyen de défense des Chéloniens.

Ainsi, la dossière (ou bouclier dorsal) est constituée de trente-huit écailles et d'une cinquantaine de plaques osseuses en relation avec les côtes et la colonne vertébrale (figure 2).

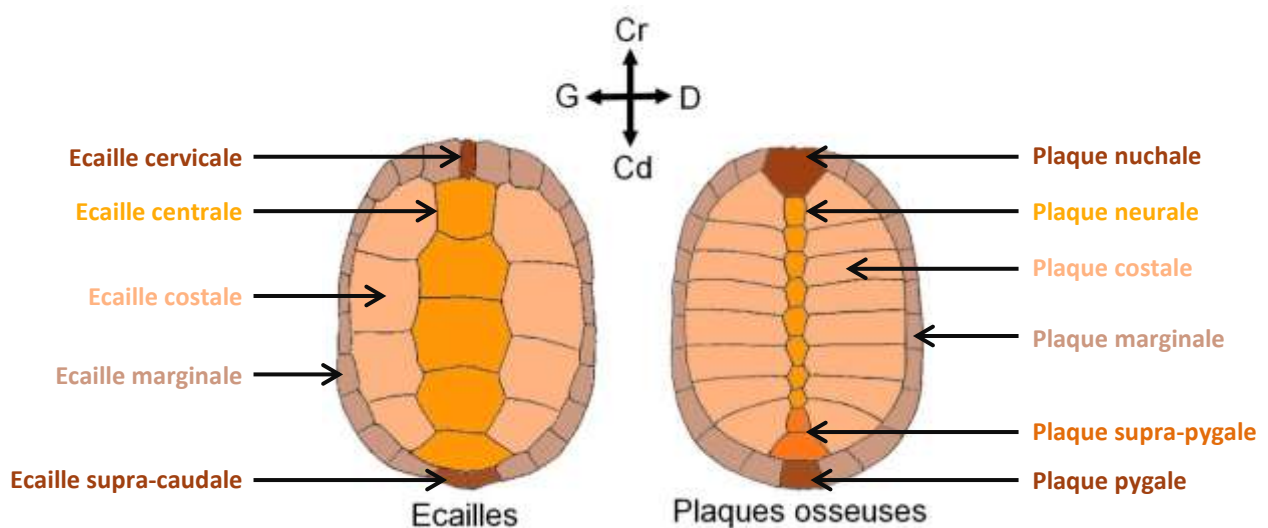


Figure 2 : Organisation de la dossière, modifié d'après Jean Meyer [91]

Les écailles qui constituent la dossière sont rassemblées en cinq groupes suivant leur localisation. L'écaille cervicale est la plus crâniale. Dans le plan médian, on trouve ensuite les écailles vertébrales (ou centrales) et les écailles supra-caudales qui sont les plus caudales. Les écailles costales sont présentes de manière symétrique par rapport à ce plan. Enfin, le pourtour écailleux de la dossière est composé de nombreuses écailles marginales. Chez certaines tortues, des écailles surnuméraires peuvent être présentes. Ce sont les écailles supra-marginales qui se situent entre les vertébrales et les costales chez les tortues du genre *Macrolemys* [38].

Par ailleurs, il existe six types de plaques osseuses constituant la dossière. La plaque nuchale est unique et se situe au-dessus de la vertèbre 1 sans y être soudée. Elle est ainsi avant la première plaque neurale. Les plaques osseuses neurales sont aussi appelées moyennes du fait de leur position médiane ou encore vertébrales car elles sont soudées aux arcs neuraux des vertèbres 2 à 9. La plaque pygale, toujours unique, et la plaque suprapygale, qui peut être divisée horizontalement, se trouvent en arrière de la dernière neurale. Ces plaques osseuses ne sont soudées à aucune partie du squelette interne. Ensuite, on trouve de part et d'autre huit plaques osseuses dites costales ou encore pleurales. Ces dernières se confondent avec les côtes pendant le développement, d'où leur nom. Enfin, les plaques osseuses marginales constituent la périphérie de ce bouclier dorsal.

Quant à lui, le plastron (ou bouclier ventral) compte dix écailles et onze plaques osseuses (figure 3). Aucune structure osseuse n'est soudée au plastron ; les Chéloniens n'ayant pas de sternum.

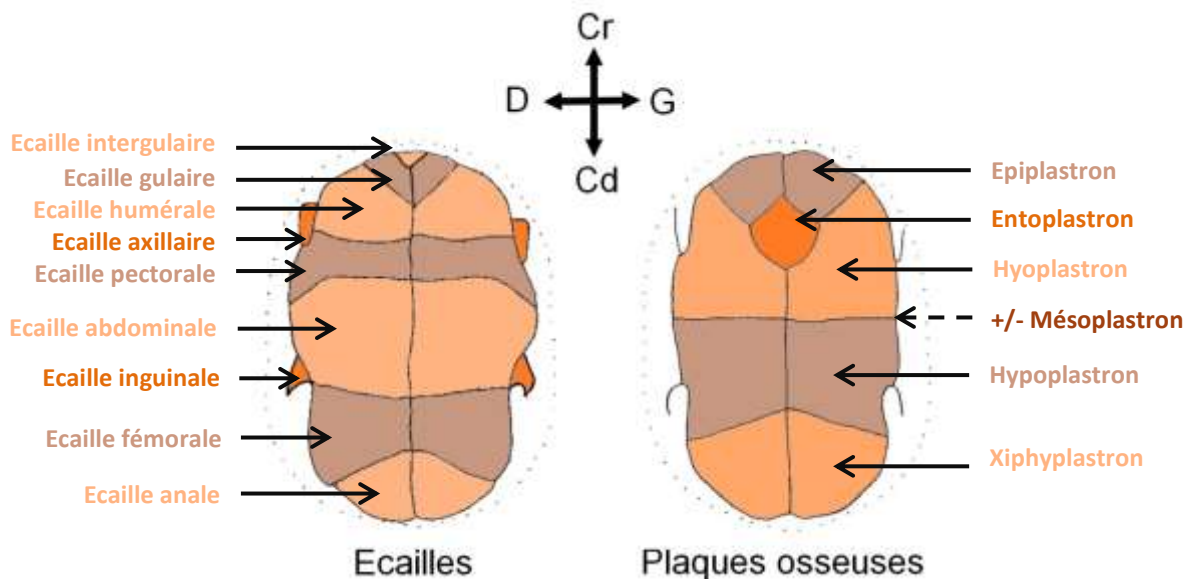


Figure 3 : Organisation du plastron, modifié d'après Jean Meyer [91]

Les écailles qui constituent le plastron sont rassemblées en 9 groupes selon leur localisation. Ces différentes écailles sont présentes par paires symétriques par rapport au plan sagittal, sauf pour un type d'écaille inconstant, l'écaille intergulaire, présente chez les tortues Pleurodires et les tortues marines. En progressant crânio-caudalement, on trouve les écailles gulaires, les humérales, les pectorales, les abdominales, les fémorales, les anales. En position plus périphérique, on retrouve une écaille axillaire crânialement à chaque membre antérieur et une écaille inguinale crânialement à chaque membre postérieur. Enfin, des écailles supplémentaires sont présentes chez les tortues des familles *Cheloniidae*, *Plastysternidae*, *Dermatemyidae* et *Chelydridae* : ce sont les écailles inframarginales qui séparent les écailles du plastron des écailles marginales de la dossière [38].

Il existe également six types de plaques osseuses constituant le plastron. Ces différents types sont présents par paire, symétriques par rapport au plan sagittal, sauf une plaque osseuse unique : l'entoplastron. Il se situe entre la paire d'épiplastrons, plaques osseuses les plus crânielles, et la paire d'hyoplastrons étant en rapport anatomique avec les membres antérieurs. Des plaques osseuses nommées mésoplastrons sont présentes de manière inconstante suivant les espèces entre les deux hyoplastrons et les deux hypoplastrons. Ces derniers sont en rapport anatomique avec les membres postérieurs. Enfin, en position la plus caudale, se trouvent les deux xiphyplastrons.

Ces deux boucliers sont reliés latéralement entre eux par un pont osseux qui s'articule de chaque côté entre les hyoplastrons et hypoplastrons et les plaques osseuses marginales de la dossière. Des ouvertures sont ainsi ménagées pour la tête, les membres, le cloaque et la queue. Ces ponts présentent parfois des prolongements osseux visant à renforcer la solidité de l'articulation entre la dossière et le plastron : ce sont les arcades axillaires et inguinales. Chez les espèces *Cistudo*, *Emys*, *Platysternon*, il peut s'agir d'un simple ligament. Cette jonction peut même être complètement absente ; c'est le cas des tortues de la famille des *Chélonidés*.

De nombreuses variations existent ainsi entre les différentes espèces de tortues, que ce soit dans le nombre de plaques osseuses ou d'écailles, que dans leur forme et leurs articulations. Ainsi, la carapace constitue un critère important de diagnostic d'espèce chez les Chéloniens. Tenter de reproduire ici une liste de l'ensemble de ces différences spécifiques ne saurait être exhaustif ; nous vous invitons donc à consulter des ouvrages plus complets propres à la diagnose [11, 20, 87]. De plus, la carapace peut permettre de déterminer un âge approximatif d'une tortue. En effet, les écailles ont une croissance périphérique qui se traduit par la visualisation de stries annuelles concentriques – comparables aux cernes de croissance des arbres. Toutefois, il faut beaucoup d'expérience pour compter ces anneaux, d'autant que dans des conditions climatiques non optimales, plusieurs stries peuvent correspondre à une même année.

### 1.1.2. Squelette axial

#### 1) Squelette céphalique [53, 91]

Le crâne des Chéloniens est une structure osseuse rigide et massive. Tous les éléments cartilagineux qu'on peut observer chez d'autres animaux disparaissent presque complètement ; seuls le septum nasal, l'extracolumelle et l'os hyoïde perdurent. Généralement, aucune fenêtrure temporale n'existe réellement mais une échancrure laisse seulement la place aux nerfs crâniens de sortir et permettent de laisser sortir les muscles de la mâchoire lorsque la tête est rétractée. Ces variations de la région orbito-temporale permettent de définir plusieurs types évolutifs. Les tortues marines sont des exceptions à l'organisation décrite précédemment : du fait de leur cou épais, elles ne peuvent pas rentrer leur tête. Le plafond du crâne de ces espèces est alors complètement ossifié et donc fermé, leur assurant une plus grande solidité. Néanmoins, ce comblement serait secondaire et permis par l'extension des os pariétal, squamosal et dermiques ; ce qui les différencie des tortues primitives du sous-ordre *Amphychelidia* chez lesquelles le plafond est complet primordialement.

Les os constituant un crâne de Chélonien présentent une structure très peu variable d'une espèce à l'autre, avec un nombre et une nomenclature identiques (figure 4).

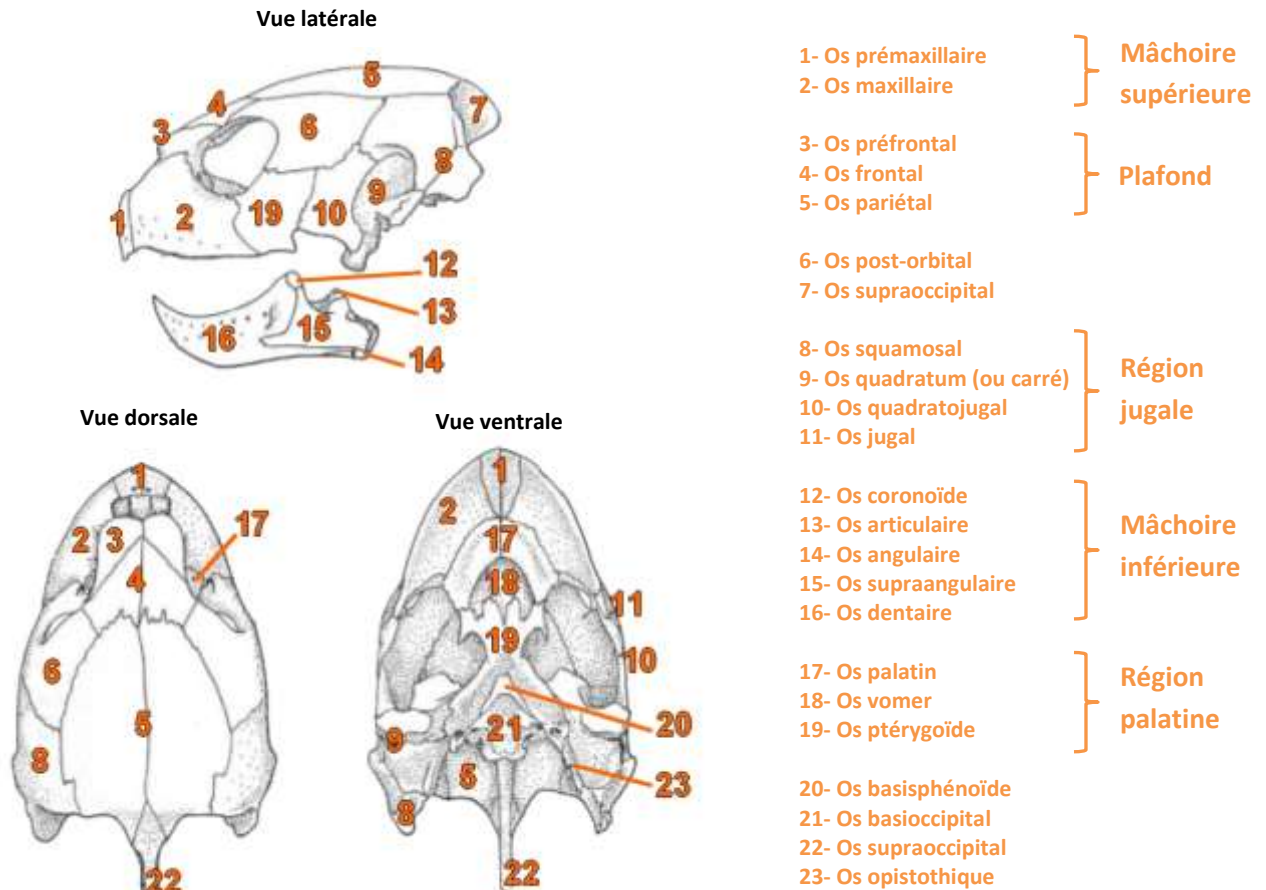


Figure 4 : Nomenclature des os crâniens de *Lepidochelys sp.*, modifié d'après [53]

Ainsi, le plafond est composé de trois os : l'os préfrontal, l'os frontal et l'os pariétal. Le maxillaire ou mâchoire supérieure compte des os prémaxillaires en position centrale et de petite taille et des os maxillaires en position latérale. L'ensemble est recouvert d'une couche cornée, formant ainsi la rhamphothèque. De plus, la mandibule ou mâchoire inférieure présente un os unique en forme de U crânialement : il s'agit de l'os dentaire qui est en réalité constitué de deux os symétriques réunis par une symphyse supportant la partie ventrale du bec corné. Distalement, se trouvent cinq paires d'os soudés entre eux : l'os coronoïde, l'os articulaire assurant l'articulation avec le maxillaire, l'os supra-angulaire ou surangulaire, l'os angulaire et l'os pré-angulaire qui est dorsal à l'os angulaire. La région jugale, quant à elle, correspond aux os jugaux, quadratojugaux, squamosaux et carrés. Enfin, la région palatine est formée de l'os vomer, les deux os palatins et les deux os ptérygoïdes.

La cavité crânienne ainsi ménagée est assez petite ce qui est à mettre en parallèle avec un encéphale peu développé (cf. 1.3.7). Les deux fosses de la cavité nasale sont délimitées par l'os préfrontal et frontal dorsalement et l'os vomer, palatin et maxillaire ventralement. Elles sont séparées médialement par un septum cartilagineux.

## 2) Squelette hyoïdien [53, 91]

L'os hyoïde des Chéloniens a un corps très développé. Sa forme incurvée accueille le larynx (figure XX). Ce corps s'articule avec les cornes et les formations cartilagineuses qui prolongent ces dernières. On distingue trois paires de cornes : une hyoïdienne ou antérieure et deux branchiales dérivant des arcs branchiaux III et IV. Tous ces éléments sont ossifiés (figure 5).

Les formations cartilagineuses sont aussi présentes sous forme de trois paires : une d'épihyale et deux épibranchiales. Un autre prolongement de ce squelette hyoïdien existe, le processus lingual (ou entoglosse). Cet élément également cartilagineux se trouve dans la continuité du corps et sert de support aux muscles de la langue. Enfin, un dernier élément cartilagineux compose ce squelette hyoïdien : il s'agit d'un nodule triangulaire situé sous l'os hyoïde et nommé *hypoglossum* de Fürbringer. Ce dernier est présent chez l'ensemble des Chéloniens, à l'exception des tortues du genre *Dermochelys*.

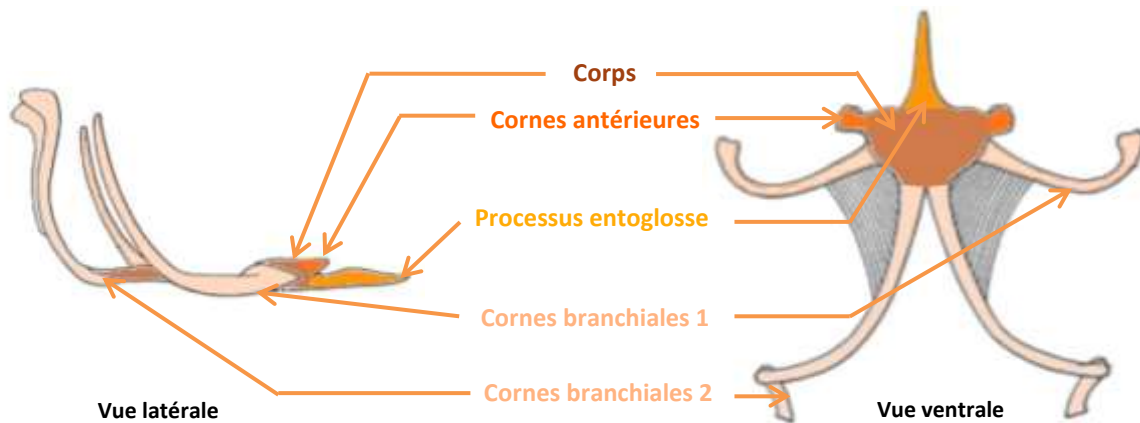


Figure 5 : Appareil hyoïdien d'une *Emyda sp.*, modifié d'après [53]

### 3) Squelette vertébral [54, 91]

Le rachis des Chéloniens est composé de plusieurs vertèbres qui s'articulent entre elles grâce à des cartilages articulaires élastiques et compressibles. Comme chez les autres vertébrés, on distingue les vertèbres cervicales, les vertèbres dorsales (correspondant aux vertèbres thoraciques et lombaires), les vertèbres sacrées et les vertèbres caudales. La formule vertébrale des Chéloniens est assez stable (tableau 1). On remarque que seul le nombre de vertèbres sacrées et caudales varie dans de faibles proportions.

	V. cervicales	V. dorsales	V. sacrées	V. caudales
<i>Athecae</i>	<b>8</b>	<b>10</b>	2	18/20
<i>Cryptodira</i>	<b>8</b>	<b>10</b>	2	16/35
<i>Pleurodira</i>	<b>8</b>	<b>10</b>	1	16/25
<i>Trionychidae</i>	<b>8</b>	<b>10</b>	2	14/19

Tableau 1 : Formules vertébrales des Chéloniens, d'après [54]

La mobilité de ces différentes vertèbres est variable. Ainsi, les vertèbres cervicales, la première et la dernière vertèbre dorsale ainsi que les vertèbres caudales sont mobiles. A l'inverse, les autres vertèbres dorsales (D2 à D9) sont soudées à la dossière (sauf chez *Dermochelys coriacea*) et donc immobiles. De même, les vertèbres sacrées servent d'appui à l'ilium lui-même attaché à la dossière : elles sont donc peu mobiles.

Toutes ces vertèbres ont la même structure générale, à savoir un corps vertébral, un arc neural soudé au corps vertébral permettant le passage de la moelle épinière, deux processus transverses latéralement et un intercentre. Ce dernier est constitué de deux moitiés, nommées hémaphyses, qui forment un arc dit hémal permettant le passage des vaisseaux sanguins. Néanmoins, elles ne présentent jamais d'apophyse épineuse, ce qui est à mettre en relation avec la présence d'une carapace.

- **Vertèbres cervicales**

Chez les Chéloniens, les vertèbres cervicales sont toujours au nombre de huit mais leur longueur varie, d'où des cous plus ou moins longs selon les espèces. La localisation des facettes articulaires intervertébrales varie, ce qui permet une rétraction de la tête soit dans le plan horizontal (*Pleurodira*) ou sagittal (*Cryptodira*). Les vertèbres cervicales des tortues du sous-ordre *Cryptodira* ont la particularité de porter des vestiges de côtes, hérités des tortues primitives.

Les deux premières vertèbres cervicales, l'atlas et l'axis, présentent des variations morphologiques marquées. L'apophyse odontoïde de l'atlas ou dent de l'atlas n'est jamais soudée à l'axis chez les Chéloniens, contrairement aux Mammifères. Chez les *Cryptodira* et les *Trionychidae*, cette apophyse est articulée avec l'atlas tandis que chez les *Pleurodira*, elle est soudée à l'atlas, ne formant alors qu'un seul os (figure 6). Enfin, chez les tortues marines, la dent de l'atlas est courte et de forme lenticulaire.

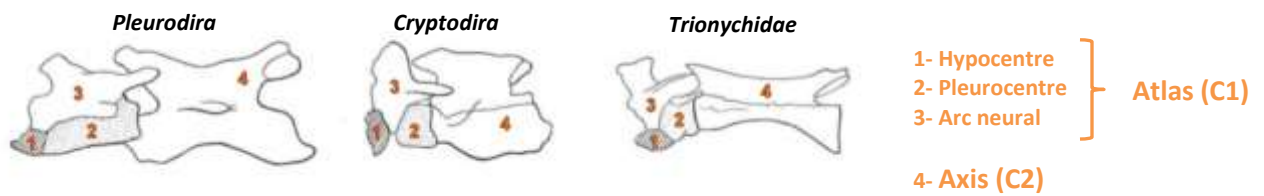


Figure 6 : Atlas et axis de Chéloniens, modifié d'après [54]

Pour les six autres vertèbres cervicales, les apophyses épineuses et transverses sont inexistantes sauf chez les *Pleurodira* où elles sont présentes au stade d'ébauches donc très discrètes.

- **Vertèbres dorsales**

Ces vertèbres portent toutes une côte. Elles n'ont aucune apophyse épineuse mais sont soudées aux plaques neurales pour D2 à D9 incluse. Les tortues de la famille *Trionychidae* ou *Dermochelyidae* sont une exception : la carapace n'étant pas osseuse, l'apophyse épineuse est encore présente et un élargissement de son extrémité permet l'insertion d'une liaison conjonctive avec le tégument dorsal. Les vertèbres dorsales sont constituées de deux parties symétriques fusionnées dans le plan horizontal. Enfin, entre deux vertèbres se trouve un disque cartilagineux.

- **Vertèbres sacrées**

Les tortues du sous-ordre *Cryptodira* présentent deux vertèbres sacrées bien différenciées. Des côtes sacrées partent des bords latéraux de ces vertèbres pour rejoindre les crêtes iliaques du bassin. A l'inverse, les tortues du sous-ordre *Pleurodira* ont la particularité d'avoir un bassin, une dossière et un plastron fusionnés ce qui rend impossible toute individualisation des vertèbres dorsales, sacrées et caudales dans la région sacro-pelvienne.



Figure 7 : Colonne vertébrale sacrale de *Geochelone radiata*, modifié d'après [42]

- **Vertèbres caudales**

Ces vertèbres constituent le squelette de la queue. Le nombre est très variable d'une espèce à l'autre (tableau 1) mais fixe au sein d'une même espèce malgré la présence d'une queue plus large à sa base et plus longue chez le mâle. Elles sont toutes mobiles permettant ainsi de nombreux mouvements de la queue grâce aux muscles qui la composent.

Des particularités sont néanmoins également présentes chez certaines tortues. Ainsi, *Dermochelys coriacea* a des vertèbres caudales portant de petites côtes latéralement. Chez *Testudo hermanni* et les tortues de la famille des *Kinosternidae*, un os supplémentaire avec une courbure ventrale est présent au bout de la queue. Cette structure recouverte de corne permet la fixation du mâle sur la femelle pendant l'accouplement.

#### 4) Squelette costal [54, 91]

Chez les Chéloniens, on trouve quatre grands types de côtes selon la même classification que celles des vertèbres avec lesquelles elles s'articulent. Il s'agit donc des côtes cervicales, dorsales, sacrées et caudales. La cage costale est formée par les côtes dorsales et sacrées et englobe l'ensemble de la cavité cœlomique donc tous les organes internes. Aucun sternum ne relie ventralement ces côtes.

- **Côtes cervicales**

On observe une grande modification dans la conformation des huit paires de côtes cervicales. En effet, elles ne sont plus présentes qu'au stade de vestiges osseux ou petits ossicules plus ou moins fusionnés aux corps vertébraux.

- **Côtes dorsales**

Chez les Chéloniens, on compte 10 paires de côtes dorsales. Pour les paires de côtes 2 à 9 incluses, on observe une fusion avec la plaque costale correspondante tandis que les paires de côtes 1 et 10 restent libres. Des exceptions existent. *Dermochelys coriacea* présente la particularité d'avoir toutes ses côtes soudées entre elles par synostose avec les corps vertébraux. On observe alors un seul bloc osseux dont la première et la dernière paire de côtes sont plus petites (figure 8). Les tortues à carapace molle ont des côtes qui sont reliées aux corps vertébraux par synchondrose.

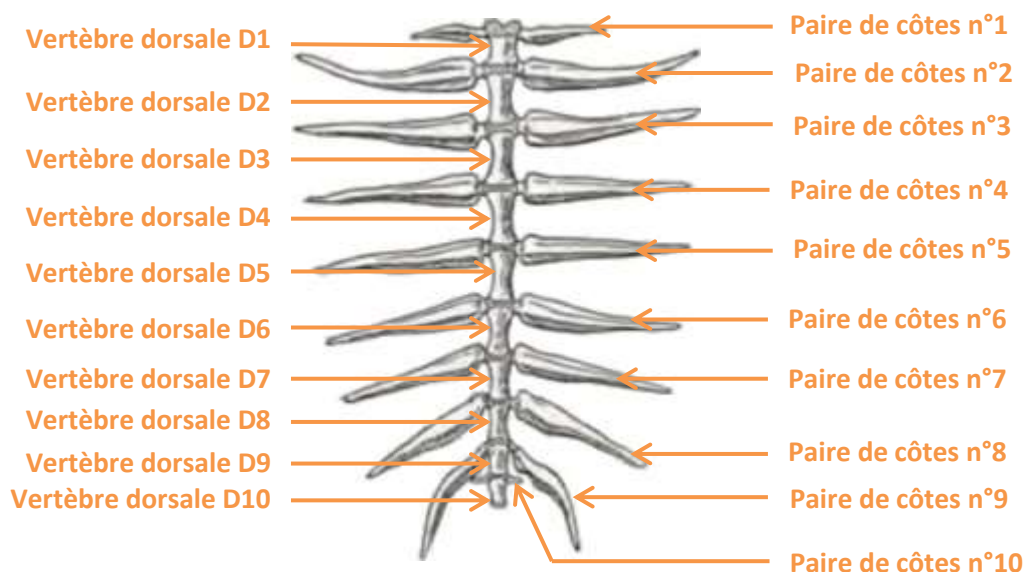


Figure 8 : Vertèbres et côtes dorsales de *Dermochelys coriacea*, modifié d'après [54]

- **Côtes sacrées**

Ces côtes sont généralement très développées et participent à la stabilité du bassin en rejoignant les crêtes iliaques. Parfois, ces côtes sacrées peuvent être soudées entre elles distalement ; c'est le cas des *Trionychidae*. Les tortues du sous-ordre *Pleurodira* sont une exception à cette organisation : les côtes sont fusionnées avec les divers éléments de la région pelvienne (vertèbres, pelvis).

- **Côtes caudales**

Les côtes caudales ont totalement fusionné avec les vertèbres caudales (pleurapophyse), ce qui les a fait disparaître. Seule persiste une trace de cette origine costale chez *Dermochelys coriacea* où les côtes sont encore bien visibles.

### 1.1.3. Squelette appendiculaire

Les membres des Chéloniens présentent l'organisation classique des membres chirodiens, à raison de deux membres antérieurs et de deux membres postérieurs (figure 9).

Un membre chirodien est caractérisé par la présence de trois segments articulés : le segment proximal ou stylopode qui correspond à un unique os long (humérus ou fémur), le segment moyen ou zeugopode qui correspond à deux os longs parallèles (ulna et radius ou tibia et fibula) et le segment distal ou autopode qui correspond à la main ou au pied. Ce dernier segment plus complexe se subdivise lui-même en trois parties : le basipode proximal (carpe ou tarse), le métapode intermédiaire (métacarpe ou métatarse) et l'acropode distal (phalanges).

Ces membres prennent appui sur des ceintures scapulaire et pelvienne qui, chez les Chéloniens, sont très développées en position intracœlomique et ont la particularité d'être en lien avec la carapace.

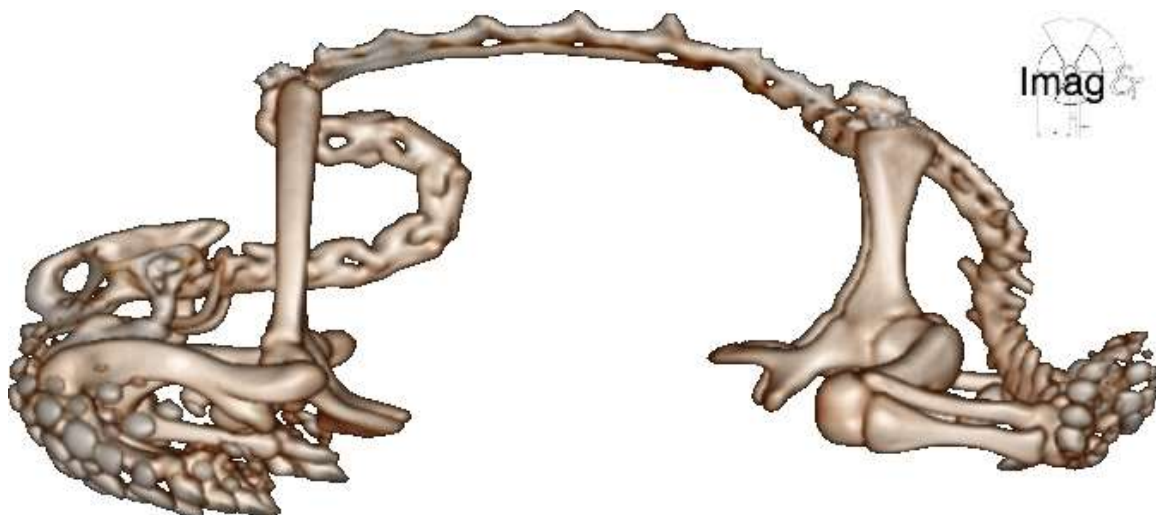


Figure 9 : Reconstruction 3D du squelette (hors carapace) de *Testudo graeca*

### 1) La ceinture scapulaire [54, 91]

Chez les Chéloniens, la ceinture scapulaire est constituée de deux os pour chaque côté : la scapula et le coracoïde (figure 10). Certains auteurs parlent de trépied en considérant la scapula, l'acromion ou clavicule et le coracoïde. Elle a la particularité d'être totalement intracœlomique et d'être soudée à la dossière et au plastron.

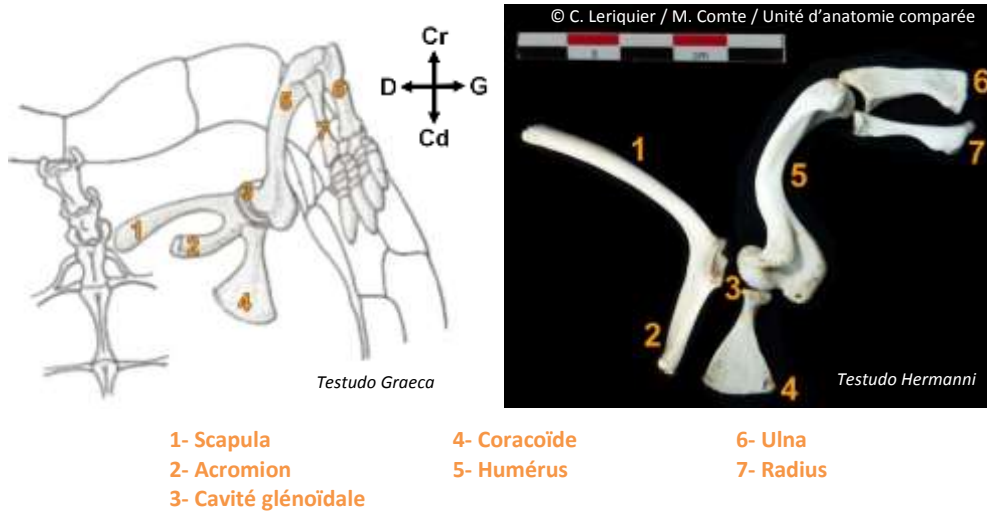


Figure 10 : Os de la ceinture scapulaire et du membre antérieur gauches de *Testudo*, modifié d'après [54]

La scapula est un os en forme de L constitué de trois parties. Une longue branche verticale s'appuie sur un renflement de cartilage près de la première vertèbre dorsale et contre les os de la dossière. De plus, une autre partie de la scapula est l'acromion, également désigné par les termes de précoracoïde, *mesoscapulum* ou encore clavicule. Les processus acromiaux de chaque scapula se rejoignent et sont soudés dans le plan médian du fait de leur orientation médiale et légèrement crâniale. Ils prennent également appui sur le plastron. Enfin, la scapula présente une surface articulaire appelée cavité glénoïdale dans laquelle se trouve la tête humérale.

Le coracoïde, également appelé métacoracoïde, est un os allongé en forme de spatule et orienté médialement qui prend appui sur les os du plastron. Il peut être aussi long que large et de forme triangulaire chez les tortues terrestres (figure 9). Il est en relation étroite avec la scapula. En effet, un ligament coraco-claviculaire, encore nommé épioracoïdien, relie l'extrémité proximale du coracoïde à l'acromion (figure 11). De plus, il participe à la cavité glénoïdale avec la scapula, formant ainsi l'articulation de l'épaule avec l'humérus. En outre, contrairement aux scapulae, les deux coracoïdes ne sont pas soudés entre eux dans le plan médian ; cela permet à la ceinture scapulaire d'avoir des mouvements de rotation autour d'un axe vertical passant par les scapulae.

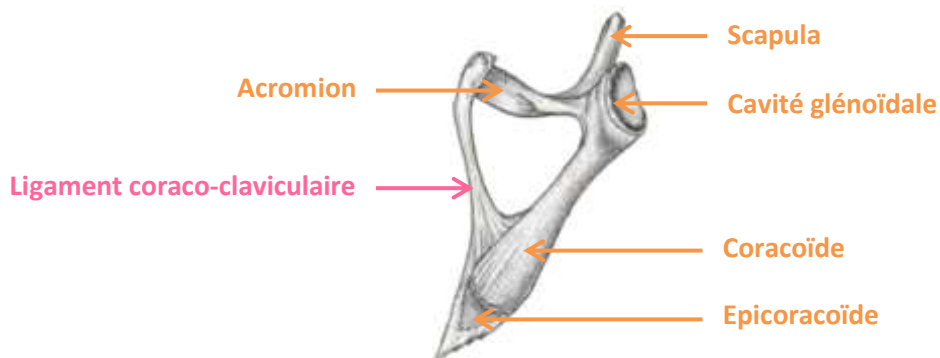


Figure 11 : Ceinture scapulaire gauche de *Chelonia virgata* [54]

## 2) Le membre antérieur [54, 91]

- **Stylopode**

Chez les tortues terrestres et palustres, l'humérus a une forme de S (figure 12). Seuls des mouvements de faible amplitude dans le plan horizontal sont possibles pour ce stylopode. Néanmoins, la forme curviligne est une sorte d'adaptation à la vie terrestre : la courbure de la diaphyse permet alors à l'humérus de supporter le poids important de la tortue et constitue le lien transitionnel indispensable entre la cavité scapulaire plutôt horizontale et le zeugopode qui doit se déplacer verticalement. La tête humérale est par conséquent dorsale.



Figure 12 : Humérus droit de *Testudo hermanni*

Chez les tortues marines, l'humérus est droit avec une extrémité aplatie (figure 13). En effet, la nage nécessite un mouvement du zeugopode dans le plan horizontal comme l'orientation de la ceinture scapulaire ; l'humérus n'a donc pas de rôle transitoire entre deux mouvements opposés, contrairement aux tortues devant marcher comme vu précédemment.

- **Zeugopode**

Chez les tortues terrestres et palustres, le radius et l'ulna sont parallèles et de même taille sauf chez les tortues de la famille des *Trionychidae* où le radius est plus long. Leur position relative est utile pour les différencier sur un animal vivant : l'ulna est latérale tandis que le radius est médial (figure 9).

Chez les tortues marines, ces deux os sont plus courts et sans incurvation comparativement aux terrestres ; la main est alors proportionnellement plus développée. Le radius et l'ulna peuvent aussi être de même taille (tortues du genre *Dermochelys*) ou le radius plus long (tortue de la famille des *Cheloniidae*). Leur principale particularité est leur position relative l'un par rapport à l'autre, en effet ces deux os se croisent. Ainsi, l'extrémité proximale de l'ulna est latérale alors que son extrémité distale est médiale et inversement pour le radius. Cette disposition entraîne la ventralisation de la face palmaire du membre antérieur (figure 13).

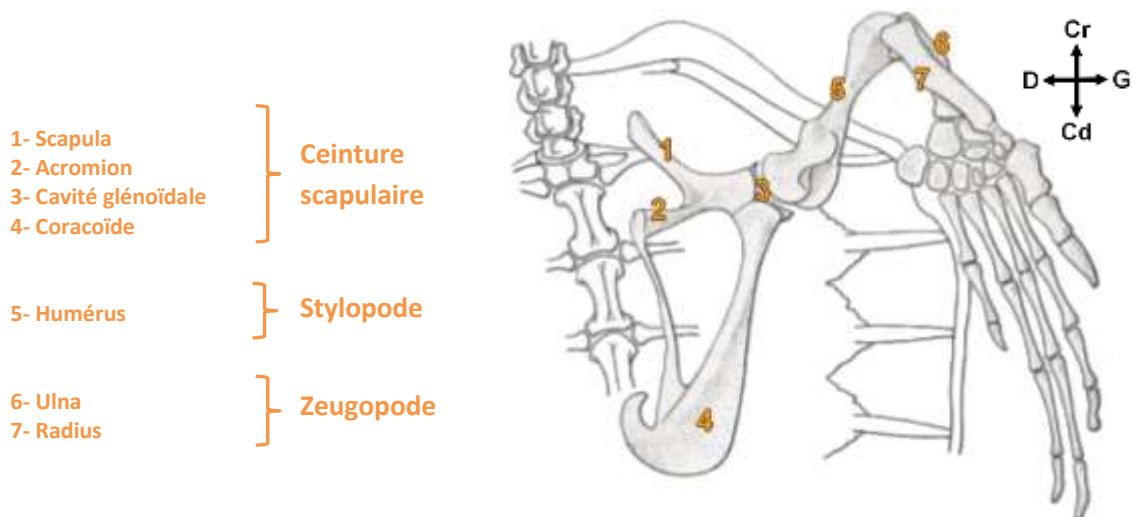


Figure 13 : Os de la ceinture scapulaire et du membre antérieur gauches de *Eretmochelys imbricata*, modifié d'après [54]

- **Autopode**

L'autopode est dans le prolongement direct du zeugopode, sans aucune angulation (figure 14). La main des Chéloniens est massive mais présente de grandes variations selon les espèces, majoritairement au niveau des os du carpe. Ces derniers peuvent être fusionnés (tortues des genres *Testudo*, *Trionyx*, *Dermochelys*, *Emys*) ou à l'inverse, être bien distincts.

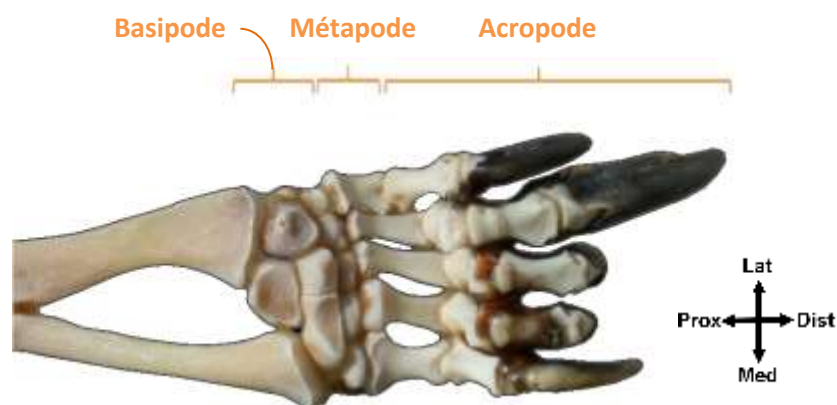
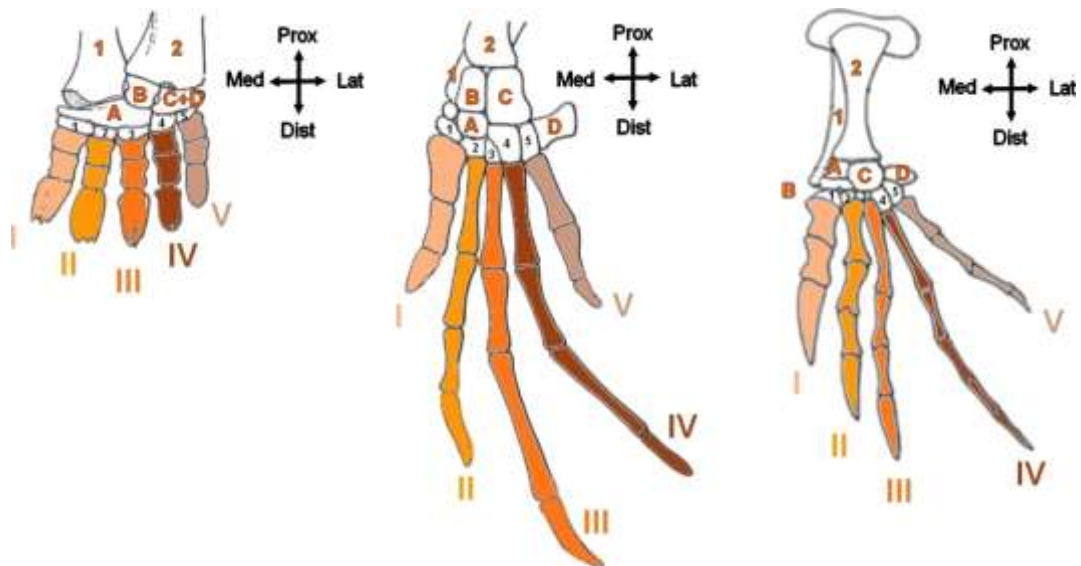


Figure 14 : Autopode antérieur de *Trachemys scripta elegans*, modifié d'après [42]

Chez les tortues terrestres, les métacarpes et les phalanges sont courts et leurs os carpiens moins nombreux du fait de fusions (figure 15-*Testudo*). La configuration des doigts et donc la marche peut être différente selon les espèces. Ainsi, lorsque les doigts forment un angle marqué avec les os du carpe, les tortues terrestres sont plantigrades, c'est-à-dire que les métacarpes et les phalanges sont au contact du sol. D'autres comme celles du genre *Kinixys* sont digitigrades -seuls les doigts sont au contact- ou encore onguligrades -seule la pointe des griffes- pour les tortues du genre *Gopherus*.

Chez les tortues marines, les métacarpes et surtout les phalanges sont beaucoup plus longs, formant ainsi la palette natatoire (figure 145-*Thalassochelys*, *Trionyx*). Une hyperphalangie est possible pour *Trionyx* et *Carretochelys*. Enfin, la présence de griffes est variable : doigts totalement dépourvus de griffes (*Dermochelys spp.*), seulement aux doigts 1 (*Caretta sp. adulte*), seulement aux doigts 1 et 2 (*Chelys imbricata*) ou encore aux trois premiers doigts (*Colpochelys kempii*).



Zeugopode

- 1- Radius
- 2- Ulna

Basipode

- A- Os central
- B- Os intermédiaire
- C- Os ulnaire
- D- Os pisiforme
- 1- Os carpien distal 1
- 2- Os carpien distal 2
- 3- Os carpien distal 3
- 4- Os carpien distal 4
- 5- Os carpien distal 5

Métapode + Acropode = Doigts

- Métacarpe 1 + phalanges = I
- Métacarpe 2 + phalanges = II
- Métacarpe 3 + phalanges = III
- Métacarpe 4 + phalanges = IV
- Métacarpe 5 + phalanges = V

Figure 15 : Main gauche de différentes tortues (vue dorsale), modifié d'après [54]

Une dernière variation est à noter à propos de l'autopode et plus précisément de l'acropode. Le nombre de phalanges par doigts peut ainsi changer d'une espèce à l'autre, même si la formule phalangienne principale est 2/3/3/3/3 (tableau 2).

	Doigt I	Doigt II	Doigt III	Doigt IV	Doigt V
<b>Majorité des espèces</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<i>Testudo</i>	2	2	2	2	2
<i>Chelonia</i> et <i>Dermochelys</i>	2	3	3	3	2
<i>Trionychidae</i>	2	3	3	3 + surnuméraires	3

Tableau 2 : Formule phalangienne des doigts des Chéloniens, d'après [54]

3) La ceinture pelvienne [42, 54, 91]

Chez les Chéloniens, la ceinture pelvienne est constituée de deux héli-pelvis, chacun composé de trois os : l'ilium, l'ischium et le pubis. La rencontre de ces trois os ménage une cavité articulaire, l'acétabulum, qui s'articule avec la tête du fémur. De plus, deux orifices ovales symétriques par rapport au plan médian sont délimités par ces trois os : il s'agit des *foramen obturatum* ou trous obturés (figure 16).

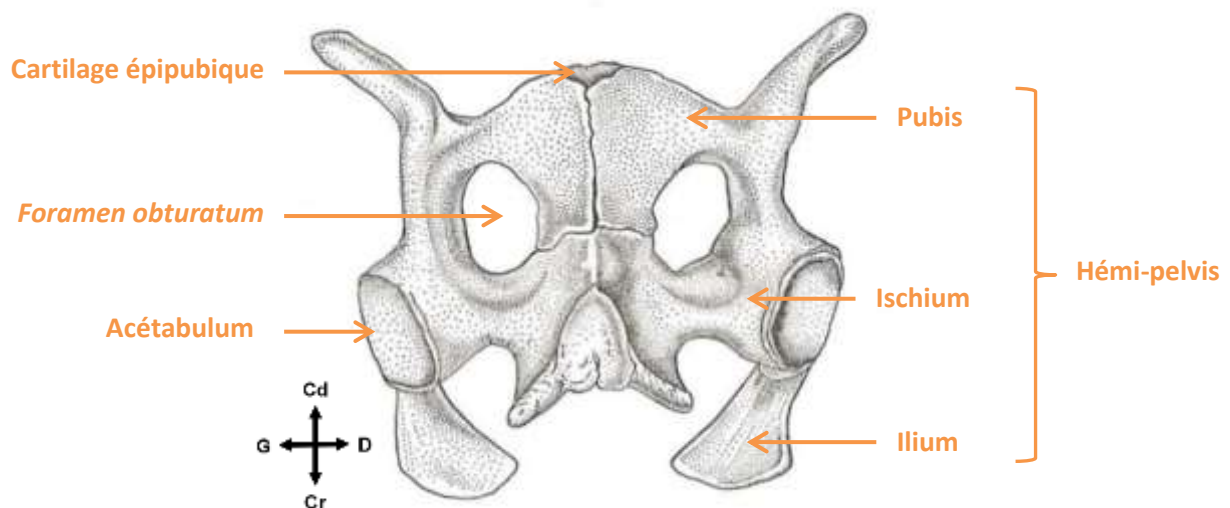


Figure 16 : Os de la ceinture pelvienne chez *Testudo calculata* (vue ventrale), modifié d'après [54]

Cette ceinture pelvienne est plus ou moins solidaire de la carapace selon les espèces. Chez les tortues de la famille des *Cryptodira*, l'union entre les deux ischia, les vertèbres sacrées et la 8<sup>e</sup> paire de plaques costales de la dossière est mobile. Les pubis et les ischia sont, quant à eux, unis par une symphyse. Enfin, les *foramen obturata* sont séparés par une bande ligamentaire ou cartilagineuse (*Chelydridae*, *Cheloniidae*) ou encore osseuse (*Testudinidae*, *Kinosternidae*).

A l'inverse, chez les tortues de la famille des *Pleurodira*, le pelvis est fortement relié à la carapace. Les ilia sont fusionnés avec la dossière au niveau des dernières plaques costales et de la plaque pygale (*Chelys*, *Hydromedusa*, *Chelodina*, *Platemys*) ou seulement au niveau des dernières plaques costales (*Pelomedusidae*). Ils sont également ankylosés aux côtes sacrées sans néanmoins être fusionnés avec les vertèbres sacrées. Les pubis et les ischia sont, quant à eux, fusionnés avec le plastron. Enfin, les *foramen obturata* se rejoignent pour former un seul foramen plus large.

#### 4) Le membre postérieur [42, 91]

- **Stylopode**

Chez les tortues terrestres, comme l'humérus, le fémur est courbé et long avec un col fémoral bien défini (figure 17). Cette conformation est à mettre en relation avec les mouvements liés à la marche comme expliqué précédemment pour l'humérus (cf. **1.1.3.2**). A l'inverse, chez les tortues marines, le fémur est droit et court, avec un col peu distinct.



Figure 17 : Fémur droit de *Testudo hermanni*

- **Zeugopode**

Chez les Chéloniens, les tibias et les fibulas sont verticaux et droits, parallèles l'un à l'autre de chaque côté. Aucune patelle n'est présente proximale à ces deux os : l'articulation du genou est donc composée uniquement du fémur, du tibia et de la fibula (figure 18).

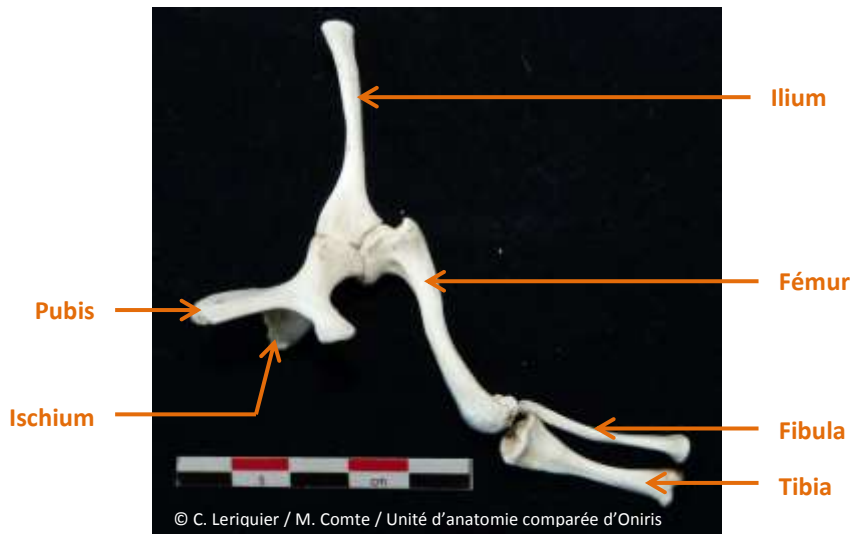


Figure 18 : Os de la ceinture pelvienne et du membre postérieur gauche

- **Autopode**

Le pied des Chéloniens a une organisation comparable à la main. La division en basipode, métapode et acropode est toujours de rigueur.

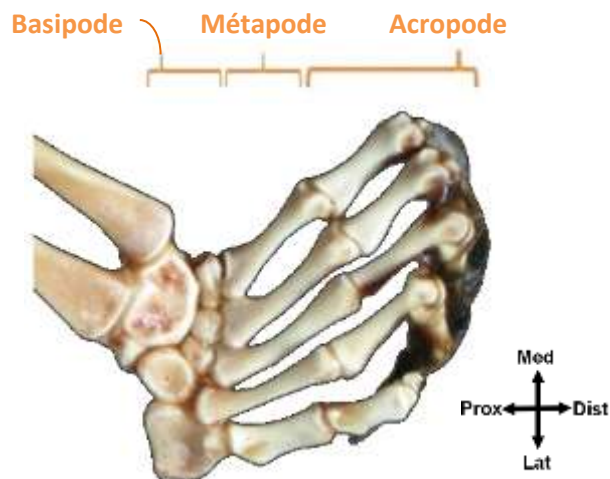


Figure 19 : Autopode postérieur de *Trachemys scripta elegans*, modifié d'après [42]

Le tarse est ainsi composé de 6 os tarsiens. Chez les tortues terrestres, le talus et le calcaneus sont fusionnés. Au niveau du métapode, on compte un seul os métatarsien ou métatarse par orteil. Chez les tortues terrestres, les métacarpes et les phalanges sont courts et larges alors que chez les tortues marines, les métacarpes et surtout les phalanges sont beaucoup plus longs (figure 20). Ils forment ainsi une palette natatoire comme pour la main.

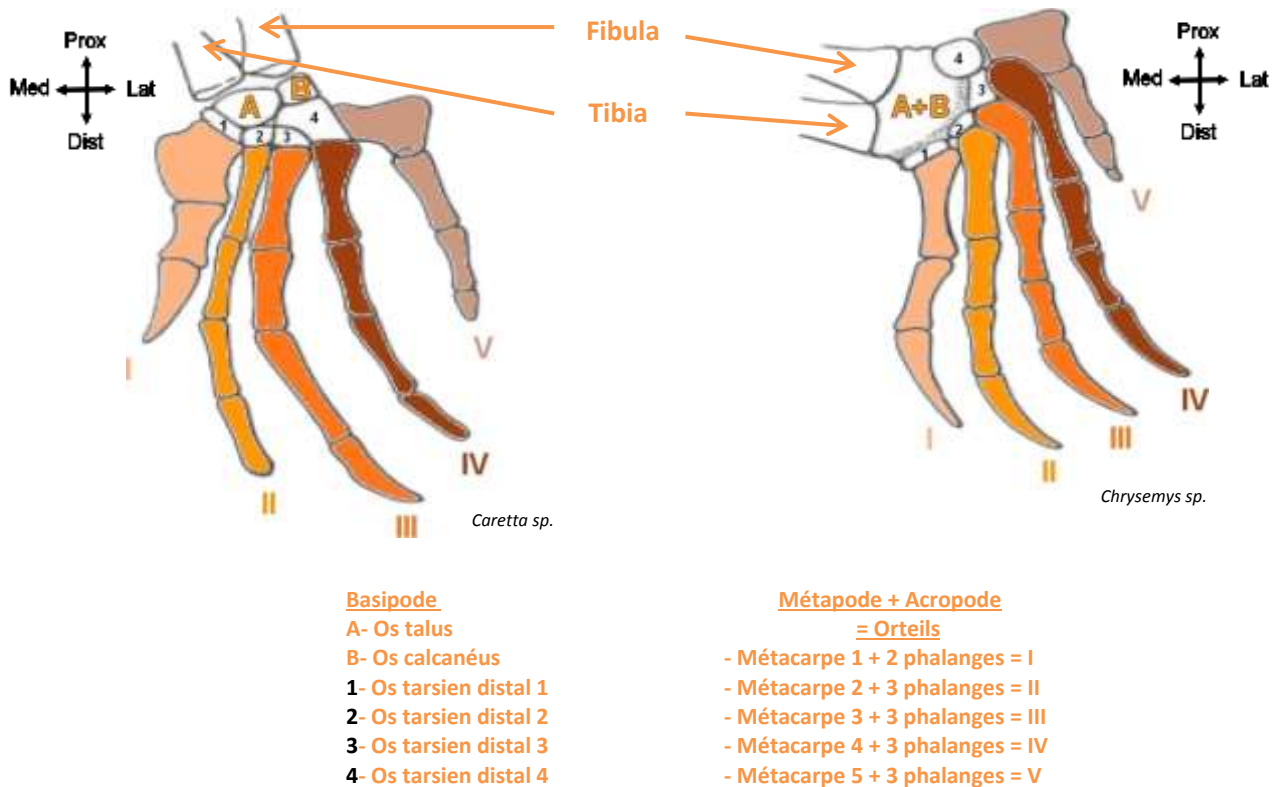


Figure 20 : Pied gauche de différentes tortues (vue dorsale), modifié d'après [54]

Une dernière variation est à noter à propos de l'acropode du membre postérieur. Le nombre de phalanges par doigt est ainsi très variable d'une espèce à l'autre, de manière plus marquée que pour le membre antérieur. La formule phalangienne la plus répandue est ainsi 2/3/3/3 avec de grandes variations pour le dernier orteil. De plus, on remarque que les *Trionychidae* ont encore la particularité d'avoir des phalanges surnuméraires à l'orteil IV (tableau 3).

	Orteil I	Orteil II	Orteil III	Orteil IV	Orteil V	
<i>Batagur, Kachuga, Hardella</i>	2	3	3	3	3	
<i>Cryptodira</i>	2	3	3	3	2 ou 1	
<i>Dermochelys coriacea</i>	2	3	3	3	2	
<i>Emys</i>	2	3	3	3	0	
<i>Pelomedusa</i>	2	2	2 ou 3	3	2	
<i>Rhynemys</i>	2	3	3	3	3 ou 2	
<i>Testudo, Pyxis, Homopus</i>	2	2	2	2	0	
<i>Trionychidae</i>	<i>Trionyx, Amyda, Cyclanorbis</i>	2	3	3	4	2
	<i>Cycloderma</i>	2	3	3	4	3
	<i>Chitra</i>	2	3	3	5	4

Tableau 3 : Formule phalangienne des orteils des Chéloniens, d'après [54]



## 1.2. Myologie

### 1.2.1. Musculature de la tête et du cou [42, 47]

Les muscles de la tête sont essentiellement des muscles masticateurs et de la préhension en permettant le mouvement des deux mandibules.

Ils sont généralement séparés en deux groupes suivant leur innervation. Il y a ainsi le groupe facial avec le muscle *latissimus colli* (ou *m. constrictor colli*) prolongé crânialement et ventralement par le muscle *mylohyoideus* (ou *m. intermandibularis*) et le muscle *hyomaxillaris* (ou *m. depressor mandibulae*), différencié à partir des fibres antérieures du *m. latissimus colli* (figures 21, 22, 23).

Le groupe dit trijumeau est, quant à lui, constitué des muscles *temporalis* (ou *m. adductor mandibularis externus*), *pterygoideus* (ou *m. adductor mandibularis internus*) et *depressor palpebralis inferior* (relique du *m. constrictor dorsalis*) (figures 21, 22, 23).

D'autres muscles, plus petits, sont impliqués dans la vision. Les muscles nécessaires au mouvement des yeux sont au nombre de sept : quatre muscles droits (*m. rectus superior/inferior/medialis/lateralis*), deux muscles obliques (*m. obliquus superior/inferior*) et le muscle pyramidal de l'œil (*m. pyramidalis oculi*). La fermeture des paupières est permise par le muscle élévateur de la paupière supérieure (*m. levator palpebrae superioris*).

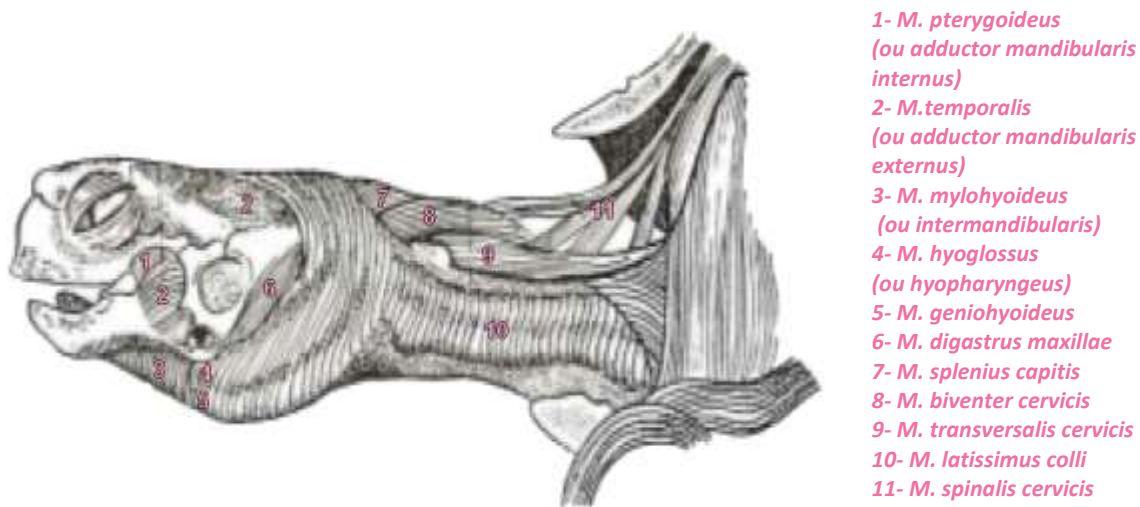


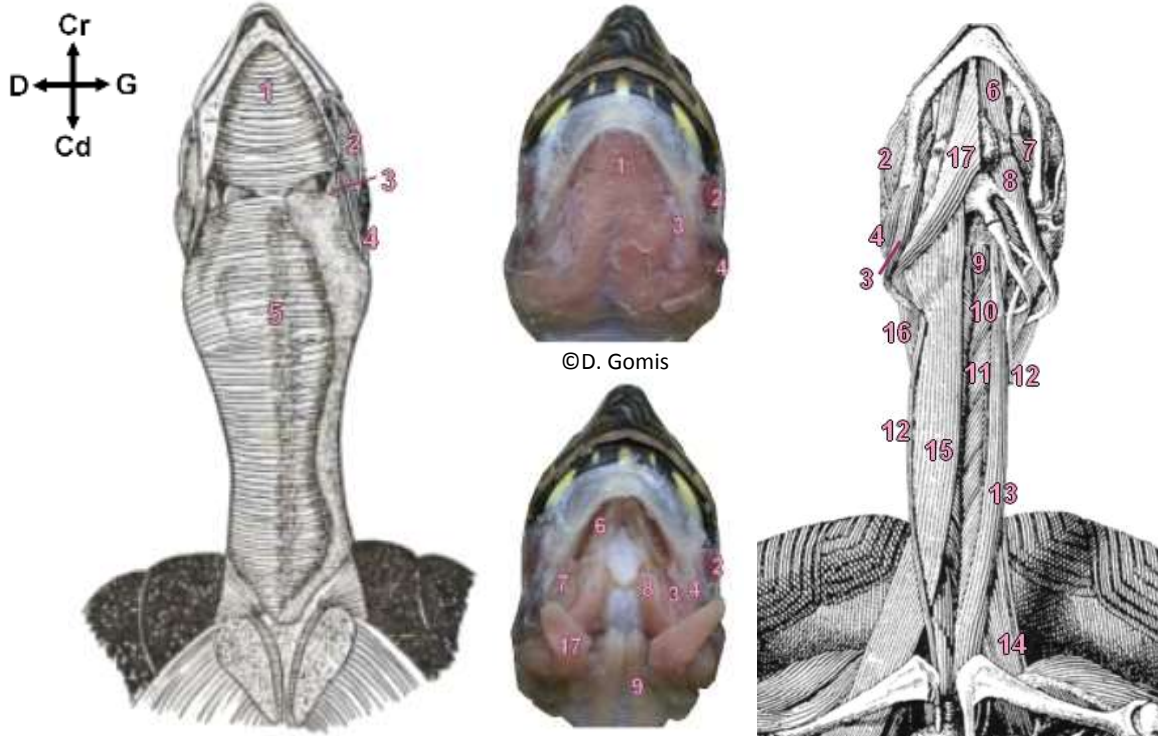
Figure 21 : Vue latérale gauche de la musculature de la tête et du cou d'une *Testudo*, modifié d'après [47]

La musculature du cou est constituée de muscles très longs et puissants. Ces muscles dorsaux s'insèrent sur la face ventrale des plaques neurales les plus caudales. Le plus long est le muscle rétracteur de la tête et du cou qui se termine au niveau de l'ilium. Les muscles ventraux sont essentiellement des muscles hyoïdiens qui remplissent plusieurs rôles essentiels : capture et déglutition des proies, mouvement de la langue et respiration.



- 1- *M. atlanto-epistropheo capitis*
- 2- *Musculature hyoïdienne*  
(*mylohyoïdeus, genohyoïdeus, omohyoïdeus, sternohyoïdeus, hyoglossus*)
- 3- *M. intertransversarii colli*
- 4- *M. transversalis cervicis*
- 5- *M. testo-cervicis medialis*
- 6- *M. testo-cervicis lateralis*
- 7- *M. dorsalis*
- 8- *M. testo-cervicis lateralis*
- 9- *M. cervico-capitis medialis*
- 10- *Fascia temporalis*

Figure 22 : Vue dorsale de la musculature de la tête et du cou d'une *Pelomedusa galeata*, modifié d'après [47]



- 1- *M. mylohyoïdeus* (ou *intermandibularis*)
- 2- *M. temporalis* (ou *adductor mandibularis externus*)
- 3- *M. hyomaxillaris* (ou *depressor mandibulae*)
- 4- *M. digastrus maxillae*
- 5- *M. latissimus colli* (ou *constrictor colli*)
- 6- *M. genioglossus* (ou *geniopharyngeus*)
- 7- *M. pterygoïdeus* (ou *adductor mandibularis internus*)
- 8- *M. hyoglossus* (ou *hyopharyngeus*)
- 9- *M. rectus capitis anterior minor*
- 10- *M. rectus capitis anterior longus*
- 11- *M. longus colli*
- 12- *M. sternomastoïdeus*
- 13- *M. retrahens capitis collique*
- 14- *M. spinalis cervicis*
- 15- *M. omohyoïdeus*
- 16- *M. trachelomastoïdeus*
- 17- *M. genohyoïdeus*

Figure 23 : Vue ventrale (plan superficiel et profond) de la musculature de la tête et du cou, modifié d'après [42, 47]

Les principaux muscles de la tête et du cou sont répertoriés dans le tableau ci-dessous avec leur insertion proximale et distale ainsi que leur fonction.

Muscle		Origine	Terminaison	Fonction
Nom latin	Nom français			
<i>Musculus cervico-capitis medialis</i>	Muscle médial de la tête et du cou	Vertèbres cervicales antérieures	Pointe postérieure de la bulle tympanique	Fléchisseur latéral et releveur de la tête
<i>Musculus sternomastoideus</i>	Muscle sterno-mastoïdien	Ligament à la pointe de l'hyoïde postérieur	Base du crâne	Rotation de la tête et soutien de la ceinture scapulaire
<i>Musculus omohyoideus</i>	Muscle omo-hyoïdien	Bordure antérieure du coracoïde	Arête de l'hyoïde antérieur	Aide à ouvrir la mâchoire, rétracter la tête et abaisser le plancher buccal
<i>Musculus sternohyoideus</i>	Muscle sterno-hyoïdien	Côtes antérieures	Arête de l'hyoïde antérieur	
<i>Musculus hyopharyngeus</i>	Muscle hyopharyngien	Os hyoïde	Pharynx	
<i>Musculus latissimus colli</i>	Muscle platysma ou peaucier du cou	Côtés des vertèbres cervicales	Avec son homologue sur la ligne médiane ventrale	Comprime la gorge (comme lors de la déglutition)
<i>Musculus longus colli</i>	Muscle long du cou	Face ventrale de la colonne vertébrale	Condyle occipital et axis	Fléchisseur latéral et sagittal de la tête
<i>Musculus retrahens capitis collique</i>	Muscle rétracteur de la tête et du cou	Vertèbres cervicales (face dorsale) et plafond buccal	Dossier en avant de l'ilium	Rétracteur de la tête et du cou
<i>Musculus longissimus dorsi</i>	Muscle long dorsal	Colonne vertébrale dorsalement aux côtes	Vertèbres cervicales postérieures	Extenseur du cou
<i>Musculus testocapitis lateralis</i>	Muscle latéral de la tête	Crâne	Carapace	Fléchisseurs de la tête et du cou
<i>Musculus testocervicalis lateralis</i>	Muscle latéral du cou	Apophyses transverses des premières vertèbres cervicales	Carapace	
<i>Musculus transversalis cervicis</i>	Muscle transverse du cou	Première vertèbre cervicale (atlas)	Vertèbres cervicales postérieures	Fléchisseur latéral de la tête
<i>Musculus biventer cervicis</i>	Muscle semi-épineux de la tête (faisceau céphalique)	Vertèbres cervicales moyennes	Fascia sur le crâne et le muscle temporal	Élévateur de la tête
<i>Musculus spinalis cervicis</i>	Muscle semi-épineux de la tête (faisceau cervico-dorsal)	Dernière vertèbre cervicale	Vertèbres cervicales moyennes	Extenseur et élévateur du cou
<i>Musculus obliquus transversalis colli</i>	Muscle oblique transverse du cou	Vertèbres cervicales	Vertèbres cervicales	Rotation et extension du cou

Tableau 4 : Musculature de la tête et du cou, modifié d'après [42, 110, 125]

### 1.2.2. Musculature du tronc

#### 1) Muscles de l'épissime [10, 47]

Les muscles de l'épissime sont l'ensemble des muscles en relation avec les vertèbres et les côtes. Chez les Chéloniens, cette musculature est peu développée du fait de la carapace.

Ainsi, par rapport aux autres animaux, seuls subsistent les muscles longs dorsaux (*m. longissimus dorsi* ou *m. dorsalis*) droit et gauche. Ils se trouvent de chaque côté du rachis, dans les canaux collatéraux vertébraux délimités par le rachis, la dossier et les côtes (figure 24). Leur insertion proximale est au niveau des apophyses transverses des deux dernières vertèbres cervicales. C'est dans leur portion crâniale que ces muscles sont les plus développés. Leur terminaison se situe de la 3<sup>e</sup> à la 7<sup>e</sup> vertèbre dorsale suivant les espèces.

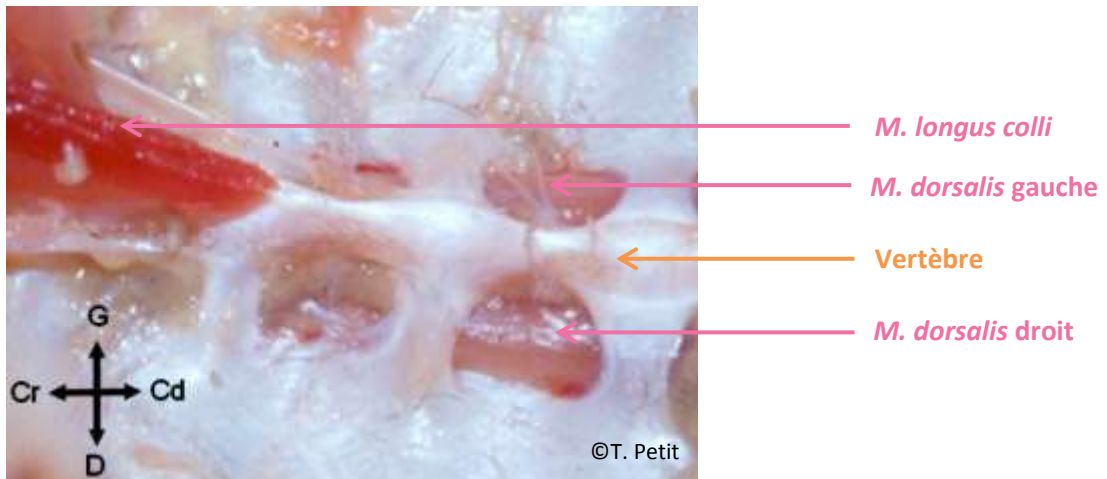


Figure 24 : Visualisation des muscles longs dorsaux, modifié d'après [42]

Chez les tortues du sous-ordre des *Cryptodira*, ces muscles permettent une extension des deux dernières vertèbres cervicales, entraînant ainsi la protraction de la tête, lorsqu'ils se contractent en même temps. A l'inverse, chez les tortues du sous-ordre des *Pleurodira*, la contraction d'un seul de ces deux muscles est utile pour observer la sortie de la tête du fait du repliement anatomique de la tête vers un des deux côtés de la carapace.

Chez les juvéniles, de petits muscles interspiniaux existent mais disparaissent à l'âge adulte. La seule exception sont les tortues du genre *Dermochelys* chez lesquelles cette musculature interspinale perdure.

## 2) Muscles de l'hyposome [10, 47]

Les muscles de l'hyposome regroupent les muscles intercostaux et les muscles abdominaux. Chez les Chéloniens, ces muscles sont très modifiés du fait de la fusion de la face dorsale des côtes avec la carapace. Ainsi, la musculature extrathoracique (muscle oblique externe et muscles intercostaux) disparaît.

Parmi les muscles intrathoraciques qui sont toujours présents, le muscle oblique interne (ou *m. obliquus abdominis* ou *m. abdominis lateralis*) s'étend de la dossière au plastron avec une forme triangulaire. Le muscle transverse (ou *m. transversus abdominis* ou *m. tensor pleuroperitonei*) a, quant à lui, pour origine les vertèbres et se termine sur la ligne ventrale du péritoine. Il englobe ainsi toute la cavité cœlomique et participe à la respiration. Enfin, le muscle droit de l'abdomen est divisé en deux parties : le *m. atrahens pelvis* et *m. retrahens pelvis*. Il s'insère proximale-ment au niveau du pubis et se termine au niveau du plastron. Il intervient également dans les mouvements respiratoires mais également dans les mouvements du plastron pour les espèces possédant un plastron articulé (figure 25).

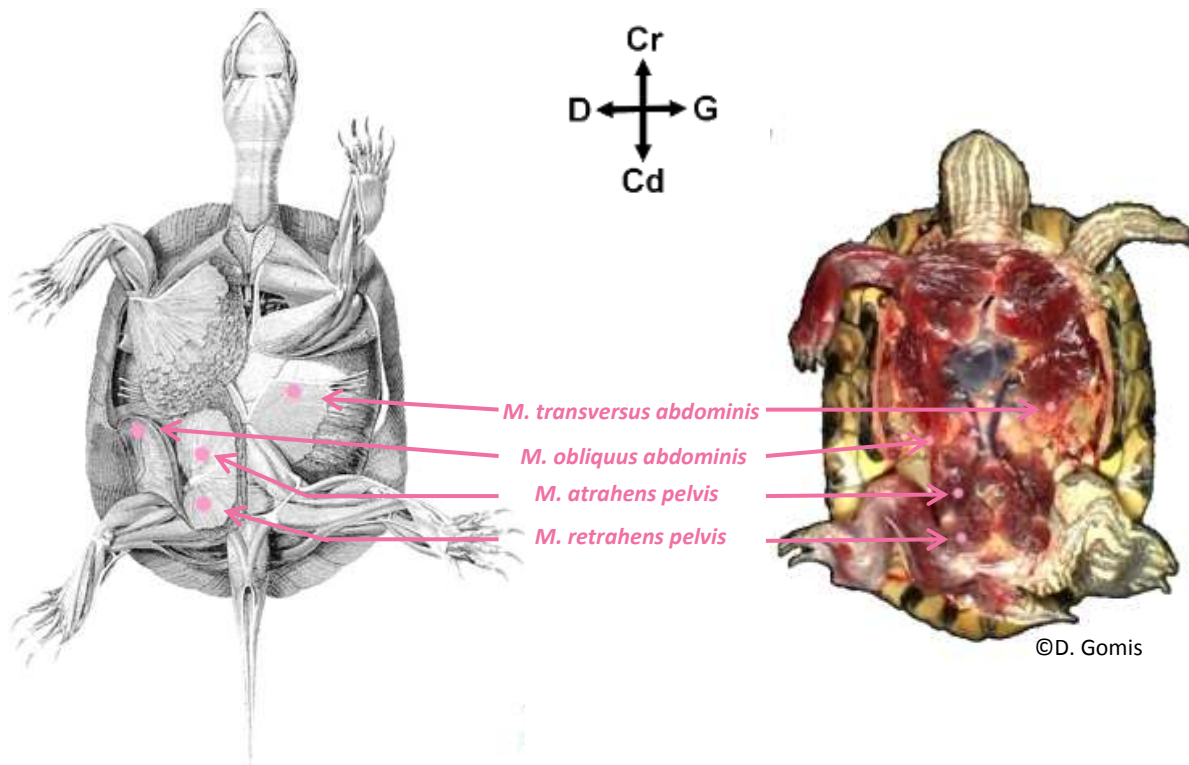


Figure 25 : Musculature du tronc, modifié d'après [42]

### 1.2.3. Musculature de la ceinture scapulaire et des membres antérieurs [47, 110, 125]

L'épaule est bloquée par la présence de la carapace ce qui entraîne plusieurs modifications notables par rapport aux autres tétrapodes. Ainsi, le muscle trapèze est réduit et les muscles sternocoracoïdien et sternoscapulaire disparaissent. A l'inverse, des muscles propres aux Chéloniens existent permettant la fixation de la ceinture à la carapace : le *m. testo-coracoïdeus*, le *m. testo-scapularis* et le *m. collo-scapularis* (figure 26).

Plus distalement à cette articulation scapulaire, les groupes musculaires sont de nouveau comparables à ceux des autres tétrapodes. Néanmoins, des particularités interspécifiques demeurent suivant le milieu de vie de la tortue. Par exemple, les tortues terrestres ont des muscles extenseurs et ceux supportant le poignet plus massifs et puissants.

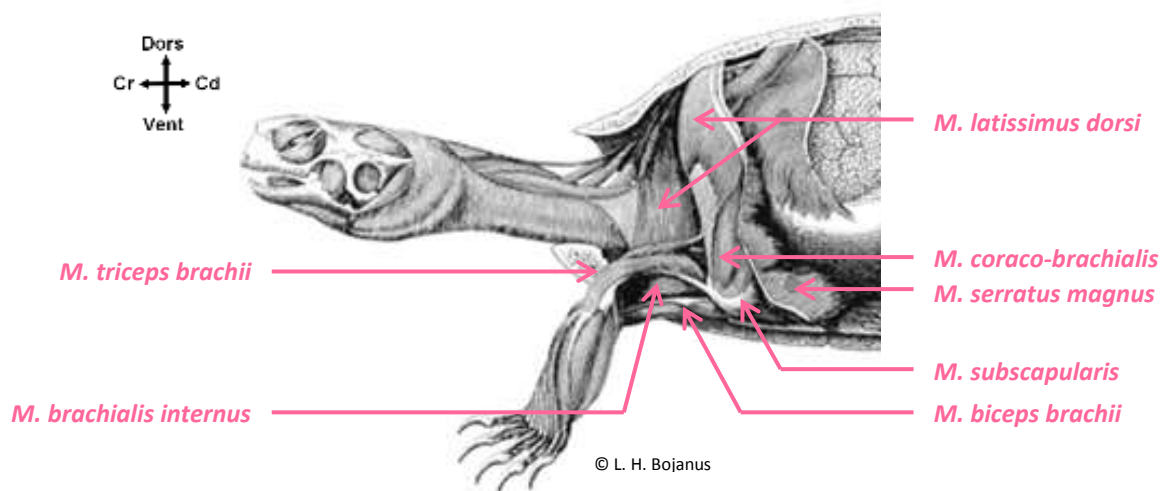


Figure 26 : Musculature pectorale et du membre antérieur, modifié d'après [42]

Muscle		Origine	Terminaison	Fonction
Nom latin	Nom français			
<i>Musculus pectoralis major</i>	Muscle grand pectoral	Processus acromial, distalement, et plastron	Extrémité proximale de l'humérus	Adducteur de l'humérus postérieurement
<i>Musculus deltoideus</i>	Muscle deltoïde	Bordure antérieure du plastron et processus acromial ventralement	Muscle suprascapulaire Antérieurement et tête de l'humérus	Extenseur antérieur et latéral du membre antérieur
<i>Musculus subscapularis</i>	Muscle sous-scapulaire	Coracoïde ventralement	Extrémité proximale de l'humérus	Fléchisseur du membre antérieur
<i>Musculus biceps brachii</i>	Muscle biceps brachial	Bord postérieur du coracoïde	Radius et ulna	Fléchisseur de l'avant-bras et adducteur
<i>Musculus triceps brachii</i>	Muscle triceps brachial	Epiphyse de l'humérus et périoste sur l'articulation scapulo-précoracoïdienne	Ulna	Extenseur et rotateur de l'avant-bras
<i>Musculus ulnaris externus</i>	Muscle ulnaire externe	Humérus, distalement	Os du carpe	Extenseur et rotateur de la main vers l'extérieur
<i>Musculus radialis externus longus</i>	Muscle long radial externe	Le long de l'humérus et du radius	Carpal et phalange du doigt I	Extenseur de la main
<i>Musculus extensor digitorum</i>	Muscle extenseur des doigts	Humérus, distalement	Os du métacarpe et phalanges	Extenseur de la main
<i>Musculus serratus magnus</i>	Muscle grand dentelé	Dossière, antérieurement, et arête du faîte	Coracoïde	Extenseur antéro-latéral de l'épaule et du membre antérieur
<i>Musculus palmaris</i>	Muscle palmaire	Epiphyse distale de l'humérus	Ligament large se prolongeant en fascia des phalanges	Fléchisseur de la main et des doigts
<i>Musculus coraco-brachialis</i>	Muscle coraco-brachial	Le long de la scapula	Extrémité proximale de l'humérus	Extenseur ventro-latéral du bras
<i>Musculus suprascapularis</i>	Muscle suprascapulaire	Coracoïde, dorsalement	Extrémité proximale de l'humérus et <i>m. coraco-brachialis</i>	Adducteur postérieur et fléchisseur du bras
<i>Musculus latissimus dorsi</i>	Muscle grand dorsal	Dossière, ventralement et le long de la scapula	Col de l'humérus par l'intermédiaire d'un large ligament	Elévateur du bras dorsalement et antérieurement

Tableau 5 : Musculature de la ceinture scapulaire et des membres antérieurs, modifié d'après [110, 125]

#### 1.2.4. Musculature de la ceinture pelvienne, des membres postérieurs et de la queue [10, 47]

La ceinture pelvienne prend appui sur les vertèbres sacrées. Cette attache insuffisante seule est complétée par une musculature principalement constituée des muscles abdominaux et caudaux. Les muscles qui s'insèrent également sur des vertèbres en région pelvienne participent à la stabilité de cette ceinture.

La musculature du membre postérieur a ses particularités propres aux Chéloniens, toujours du fait de la présence de la carapace et du type de locomotion. La queue n'est pas utilisée pour la locomotion chez les tortues, contrairement à la majorité des autres reptiles ; c'est pourquoi la musculature caudale est très peu développée chez les Chéloniens avec notamment la disparition du muscle *m. caudo-femoralis*. De plus, ces muscles sont plus ou moins individualisés suivant le nombre de vertèbres qui varie selon les familles (figure 27). Leur nom latin correspond à leur fonction motrice (Bojanus) ou à leurs insertions (Guibé) selon les auteurs (tableau 6).

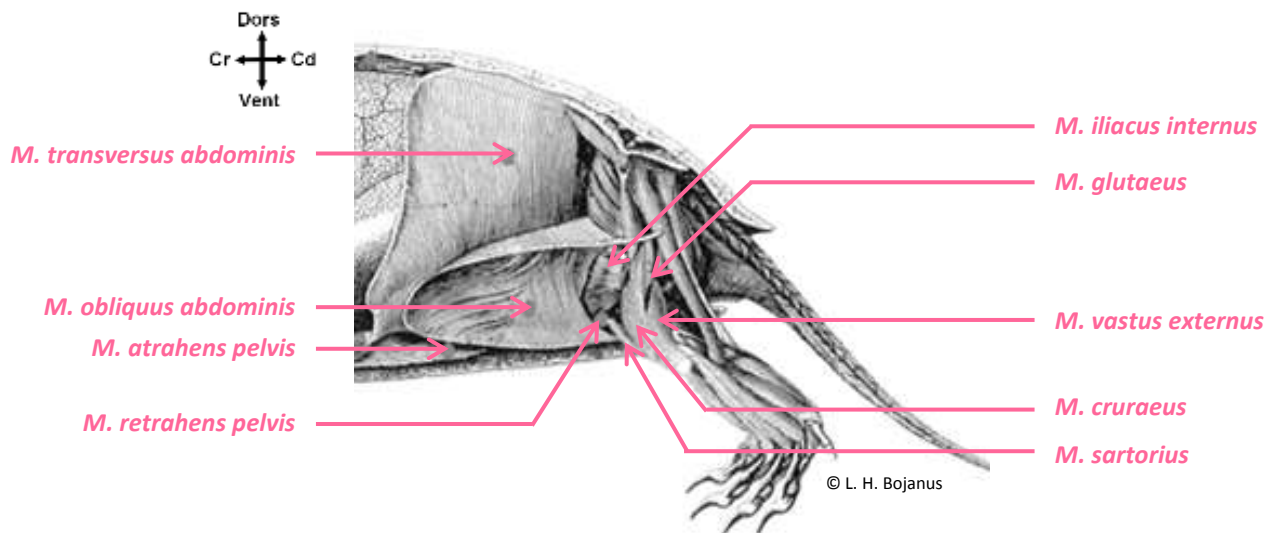


Figure 27 : Musculature pelvienne et du membre postérieur, modifié d'après [42]

Muscle		Origine	Terminaison	Fonction
Nom latin	Nom français			
<i>Musculus sartorius</i>	Muscle sartorius	Du ligament pelvien par l'intermédiaire d'un tendon	Extrémité proximale du tibia	Extenseur du membre postérieur
<i>Musculus vastus internus</i>	Muscle vaste interne	Processus pubien latéral et bord du fémur	Sur le tibia avec le <i>m. sartorius</i>	Aide le <i>m. sartorius</i> dans l'extension du membre postérieur
<i>Musculus semimembranosus</i>	Muscle semi-membraneux	Bord postérieur de l'ischium et ligament pelvien	Insertions multiples sur le tibia	Fléchisseur du membre postérieur
<i>Musculus semitendinosus</i>	Muscle semitendineux	Ilium et vertèbres caudales	Ligaments du <i>m. semimembranosus</i>	Fléchisseur du membre postérieur
<i>Musculus semitendinosus gracilis</i>	Muscle gracile	Epiphyse proximale de l'ilium	Corps de la fibula	Fléchisseur du membre postérieur
<i>Musculus anterior tibialis</i>	Muscle tibial antérieur	Tête et corps du fémur	Métatarse I et autres petites insertions	Tire le membre postérieur vers le corps (comme dans la marche)
<i>Musculus plantaris</i>	Muscle plantaire	Fémur	Par un large fascia sur la région plantaire et des tendons aux phalanges	Rétracteur des griffes, extenseur du pied et fléchisseur du membre postérieur
<i>Musculus gluteus</i>	Muscle glutéal	Tête du fémur le long de la crête iliaque et des vertèbres sacrées	Extrémité du fémur	Tire le membre postérieur vers l'avant et aide à la rétraction du membre postérieur dorsalement
<i>Musculus rectus femoris</i>	Muscle droit fémoral	Sur l'ilium par le biais d'un tendon	Métatarse du doigt V	Extenseur du membre postérieur

<i>Musculus gastrocnemius</i>	Muscle gastrocnémien	Epiphyse distale du fémur	Métatarses du doigt V	Ramène le membre postérieur contre le corps (adduction), déploie les griffes et aide à tirer le membre postérieur postérieurement
<i>Musculus peroneus</i>	Muscle fibulaire	Sur le corps de la fibula	Métatarses du doigt IV et phalanges du doigt V	Déploie les griffes et les tire postérieurement
<i>Musculus extensor digitorum longus</i>	Muscle long extenseur des doigts	Epiphyse distale du fémur	Métatarses	Tire les griffes ensemble, lève et étend les orteils
<i>Musculus cruraeus</i>	Muscle crural (ou muscle vaste intermédiaire)	Tête du fémur	Extrémité du tibia avec le <i>m. sartorius</i>	Extenseur du membre postérieur
<i>Musculus psoas</i>	Muscle psoas	Ilium et vertèbres sacrées	Extrémité du fémur, ventralement	Tire le membre postérieur sous la carapace (adduction)
<i>Musculus triceps femoris adductor</i>	Muscle triceps fémoral adducteur	Ischium et pubis ventral	Extrémité proximale du fémur	Extenseur de la cuisse
<i>Musculus iliacus internale</i>	Muscle iliaque interne	Surface dorsale, bord et apex du pubis	Distalement à l'épiphyse du fémur	Fléchisseur du membre postérieur
<i>Musculus attrahens pelvis</i>	Muscle attracteur du bassin	Processus pubien latéral ou pectiné	Plastron postérieurement	Fixateur de la ceinture pelvienne
<i>Musculus retrahens pelvis</i>	Muscle rétracteur du bassin	Processus pubien latéral et ligament pelvien	Plastron postérieurement	Fixateur de la ceinture pelvienne
<i>Musculus abducens pelvis</i>	Muscle abducteur du bassin	Dossière près de la tête antérieure de l'ilium	Extrémité proximale de l'ilium	Ancre la ceinture pelvienne à la dossière
<i>Musculus adducens pelvis</i>	Muscle adducteur du bassin			
<i>Musculus flexor caudae lumbalis</i>	Muscle fléchisseur lombaire de la queue	Périoste sur les vertèbres thoraciques au 2/3 de la colonne en arrière du cou	Fascia ventral de la queue	Rentre la queue
<i>Musculus flexor caudae lateralis</i>	Muscle fléchisseur latéral de la queue	Tête de l'ilium et dossière	Milieu de la queue dorsalement	Fléchisseur latéral de la queue
<i>Musculus dilatator cloacae</i>	Muscle dilatateur du cloaque	Vertèbres sacrées et le long de la queue	Milieu de la queue ventralement et peau de l'anus	Rétracteur et rotateur de la queue
<i>Musculus sphinctor cloacae</i>	Muscle du sphincter cloacal			

Tableau 6 : Musculature des membres postérieurs, de la ceinture pelvienne et de la queue, modifié d'après [110, 125]

## 1.3. Splanchnologie

### 1.3.1. Organisation de la cavité coelomique

Chez les Chéloniens, une seule cavité est présente, contenant l'ensemble des organes internes : il s'agit de la cavité coelomique ou pleuropéritonéale (figures 28 et 29). Une membrane horizontale, le *septum horizontale* ou pseudodiaphragme, sépare cette cavité en deux en ménageant une pseudo-cavité pleurale ne contenant que les poumons ainsi séparée des autres viscères. L'ensemble des organes internes est ainsi contenu dans une structure rigide que constitue la carapace. Ils peuvent donc être plus ou moins comprimés selon l'activité de l'appareil reproducteur et la rétraction ou non de la tête et des membres.

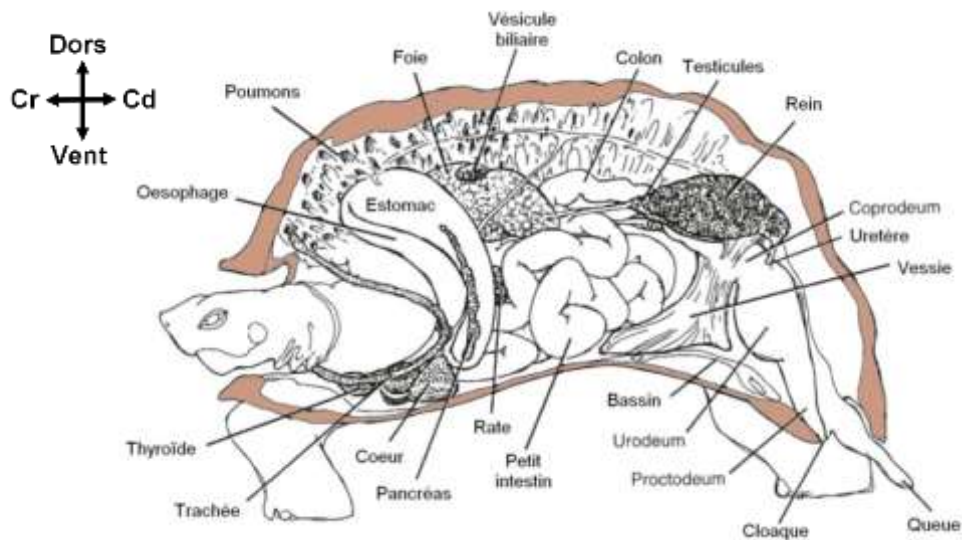


Figure 28 : Organisation de la cavité coelomique (coupe sagittale paramédiane), modifié d'après [12]

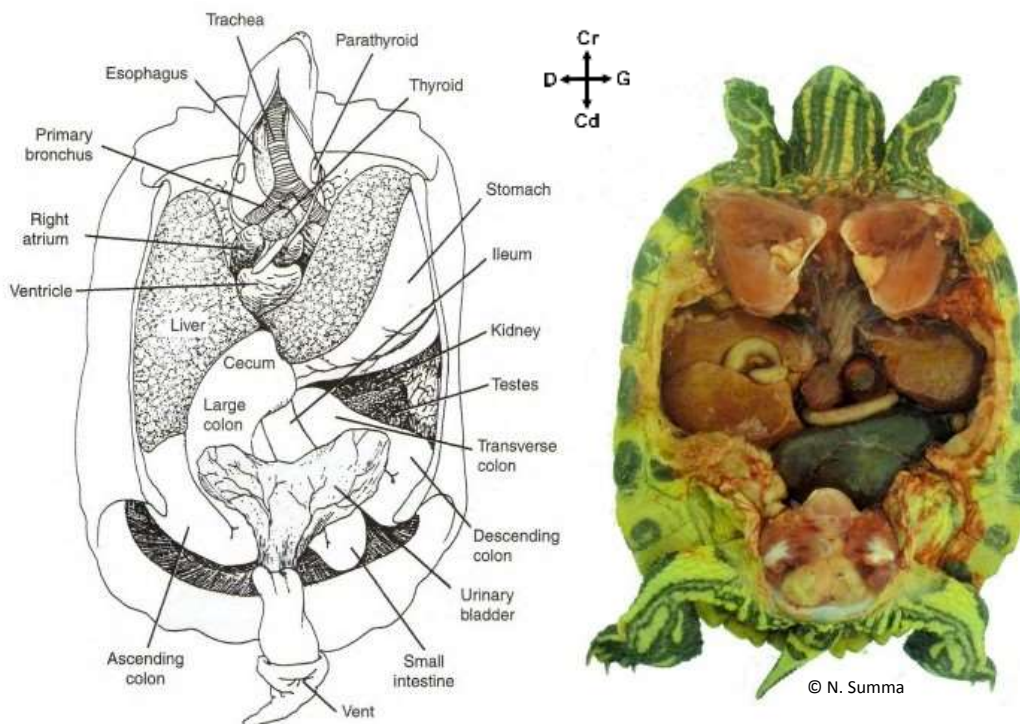


Figure 29 : Vue ventrale de la cavité coelomique, d'après [12, 125]

### 1.3.2. Appareil respiratoire

#### 1) Narines et choanes [50, 91]

Les Chéloniens possèdent deux narines situées dorsalement à leur bec corné (figure 30). Elles donnent sur la cavité nasale, vestibule kératinisé, elle-même séparée en deux chambres, droite et gauche, par un septum cartilagineux. Comme toute cavité nasale, ces deux chambres sont tapissées dorsalement d'un épithélium olfactif et ventralement d'un épithélium riche en cellules à mucus. L'unique ouverture caudale débouche, au niveau du palais dur, sur le pharynx par les choanes (figure 30). Il faut noter qu'il n'existe pas de palais mou chez les Chéloniens.

Ainsi, les échanges d'air au niveau de ces portions de l'appareil respiratoire supérieur sont les suivants : l'air inspiré entre par les narines ; l'air expiré est ensuite rejeté soit également par les narines soit par la bouche.



Figure 30 : Narines (flèches bleues) et choanes (flèches blanches) chez une *Testudo*, modifié d'après [125]

#### 2) Larynx [50]

Les Chéloniens présentent un renflement à l'arrière de leur langue très musculeuse, en portion caudale de l'oropharynx. Il s'agit du larynx dont l'orifice est longitudinal (*aditus laryngis*) et parfois protégé par des replis linguaux, pouvant ainsi rendre l'intubation difficile (figure 31). Il faut noter qu'il n'existe pas d'épiglotte chez les Chéloniens.

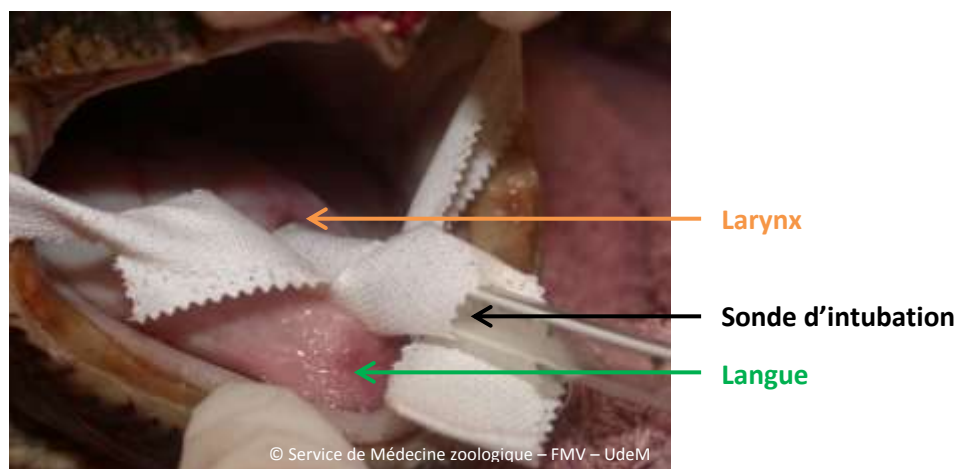


Figure 31 : Intubation d'une tortue : visualisation de l'entrée du larynx

Le larynx est formé de deux pièces cartilagineuses : le cricoïde (C) et l'aryténoïde (A). Le cricoïde est un tube allongé tandis que l'aryténoïde est une plaque triangulaire. Ces deux cartilages présentent de grandes variations de taille et/ou de forme entre les différentes espèces de Chéloniens. Ainsi, pour les genres *Chelonia*, *Madura* et *Trionyx*, le cricoïde présente une partie cartilagineuse distincte sur son bord dorsal, le procricoïde (B) (figure 32).

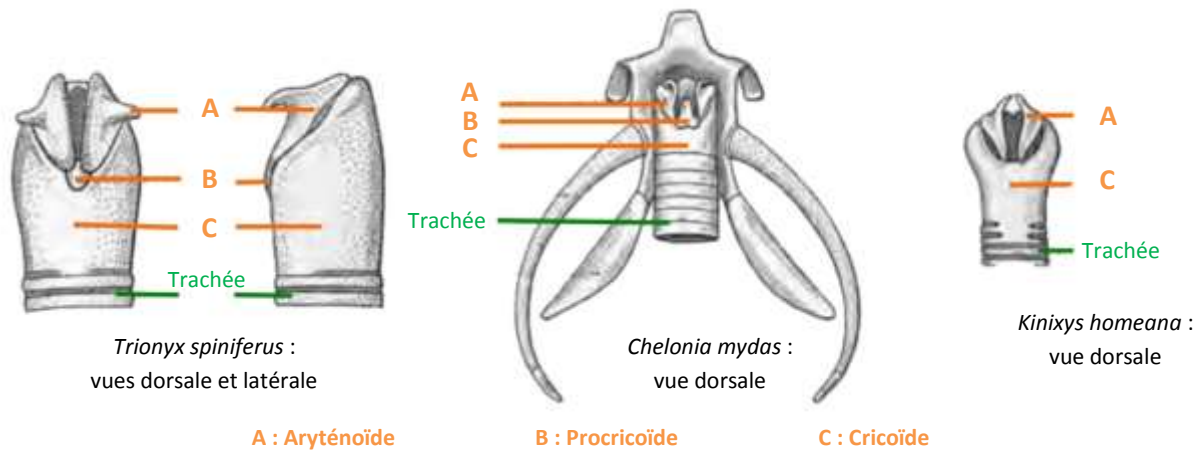


Figure 32 : Quelques variations spécifiques du larynx, modifié d'après [50]

De plus, le larynx est en étroite relation avec l'appareil hyoïdien qui lui est plus ventral (figure 33). En effet, l'ouverture du larynx est légèrement plus crâniale que le départ des deux grandes cornes de l'os hyoïde. Deux bandes élastiques relient également l'aryténoïde et l'os hyoïde ; elles auraient un rôle proche de celles des cordes vocales (absentes chez les Chéloniens) et seraient ainsi à l'origine des sons émis à l'expiration.

Les mouvements du larynx (ouverture et fermeture) dépendent de la paire de muscles dilatateurs et de la paire de muscles constricteurs du larynx : *m. hyoglossus* et *m. genioglossus* (cf. 1.2.1.).

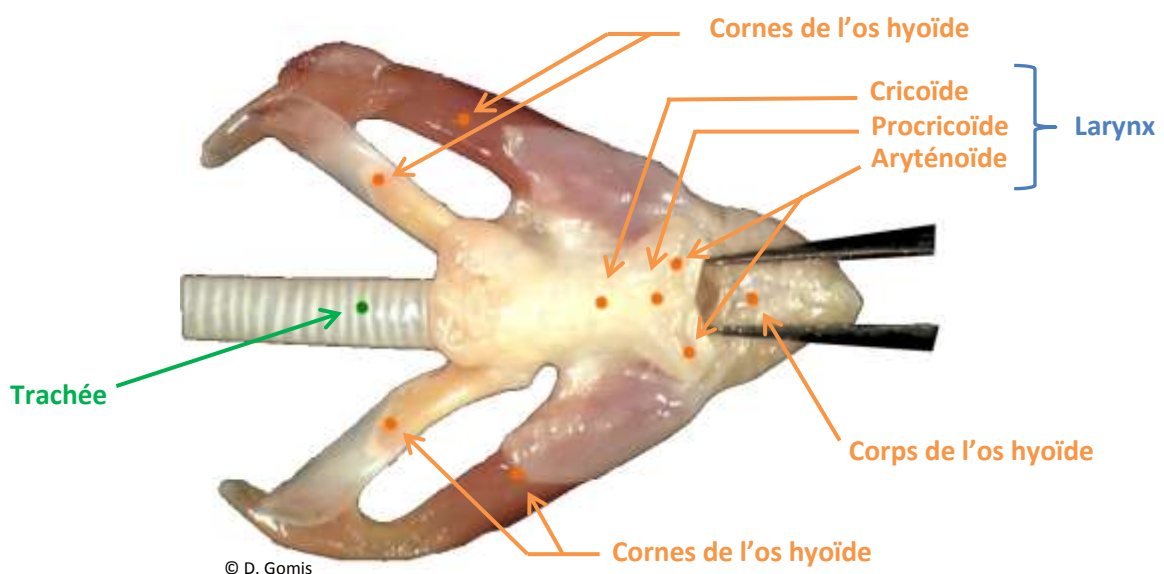


Figure 33 : Le larynx et ses relations anatomiques, modifié d'après [42]

### 3) Trachée [5, 125]

Chez la plupart des Chéloniens, la trachée est constituée d'anneaux cartilagineux complets dans sa portion crâniale. Elle est souple et courte : elle bifurque ainsi rapidement en deux bronches qui à l'inverse sont longues (figure 34). Ces dernières sont suffisamment écartées pour permettre le maintien de la respiration lors de la rétraction de la tête.

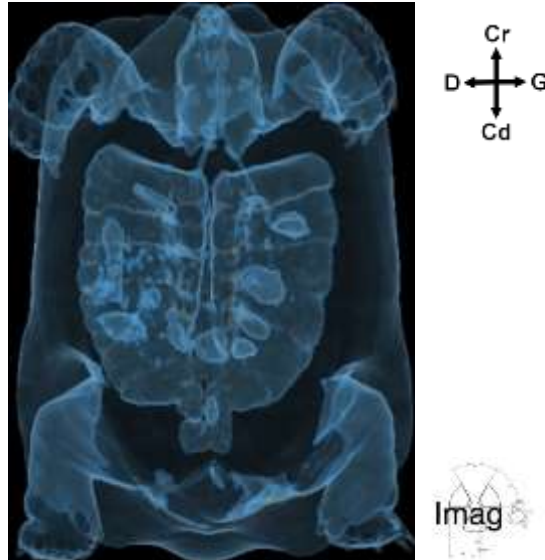


Figure 34 : Reconstruction 3D des voies respiratoires d'une *Testudo graeca*

Ainsi, si une intubation est envisagée, le choix du praticien doit se porter sur une sonde de petite taille et sans ballonnet. Mesurer la distance entre le bec et l'entrée de la carapace lorsque la tête est totalement étirée donne approximativement la taille maximale avant la bifurcation trachéale. Dans les cliniques où aucune sonde de diamètre suffisamment petit n'est disponible, des sondes urinaires jaune ou orange pour chien (respectivement 2 mm et 2,6 mm de diamètre) peuvent être utilisées.

### 4) Poumons [37, 50, 81]

Chez les Chéloniens, il n'y a pas d'arbre bronchique véritable. Une paire de bronches simples pénètrent chaque poumon en position dorsale donc très proches sous la carapace. Elles sont constituées d'un épithélium ciliaire comme la trachée.

Les poumons des Chéloniens sont une structure paire située dorsalement contre la carapace et s'appuyant ventralement contre le *septum horizontale* (ou septum post-pulmonaire). Cette structure mince non musculaire les sépare de la masse viscérale. La face dorsale des poumons est alors convexe tandis que la face ventrale est plane. Les poumons occupent 50 % de l'espace cœlomique sur une vue latérale (figure 35). Toutefois, il faut noter qu'il n'existe pas de diaphragme chez les Chéloniens. Chez les tortues terrestres herbivores, les poumons sont encore davantage repoussés dorsalement car l'appareil digestif prend beaucoup de place dans la cavité cœlomique. De plus, chez la tortue grecque (*Testudo graeca*), le poumon droit peut être plus large que le gauche.

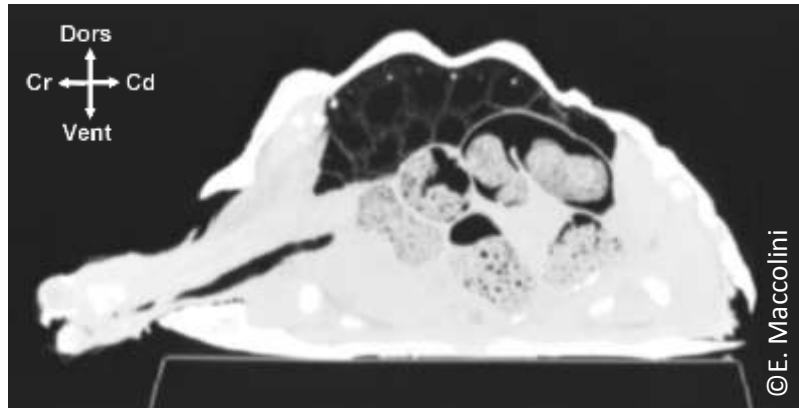


Figure 35 : Poumons en coupe sagittale d'une tortue sillonnée (*Centrochelys sulcata*), d'après [81]

Les poumons sont constitués de logettes bien structurées sans présenter de lobulation (figure 36). Ainsi, sont présents trois septas longitudinaux et un nombre de cloisons transversales variable suivant l'espèce. A titre d'exemples, chez les *Emys*, une division transversale n'est présente qu'au niveau de l'espace longitudinal latéral. Chez les *Testudo*, chacun des trois espaces longitudinaux se divise en 6 chambres. Chez les *Trionyx*, le nombre de divisions est plus important, à raison de 8 ou 9 chambres.

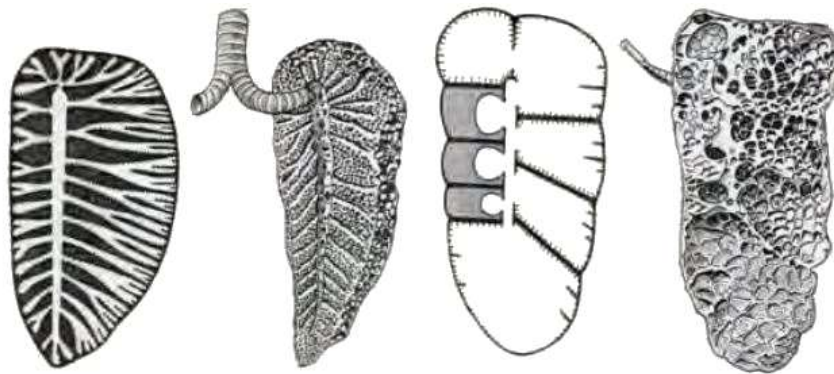


Figure 36 : Différentes organisations pulmonaires de Chéloniens, d'après [50]

Le parenchyme pulmonaire est majoritairement de type édiculaire –logettes aussi larges que profondes, notamment dans le tiers crânial des poumons qui est très vascularisé. Dans les zones « sac-like » c'est-à-dire avasculaires plus caudales, on peut observer un parenchyme trabéculaire – fusion du parenchyme avec la muqueuse pulmonaire (figure 37).



Figure 37 : Type de parenchyme pulmonaire, d'après [81]

Toute cette organisation complexe à différents niveaux architecturaux aboutit à un aspect macroscopique du poumon spongieux avec une couleur rosée semblable à celle des mammifères.

## 5) Fonctionnement respiratoire [91, 106]

Chez les Chéloniens, la présence d'une carapace rigide et l'absence de diaphragme entraînent des mouvements respiratoires qui leur sont propres et qui diffèrent des mammifères, mieux connus des praticiens, et même des autres reptiles.

L'appareil hyoïdien n'intervient pas dans la respiration des tortues. Ainsi, des mouvements oscillatoires du plancher buccal peuvent être observés mais ne suivent pas le rythme respiratoire et persistent lors d'apnée. De même, le *septum horizontale* n'a aucun rôle dans la respiration.

L'inspiration et l'expiration sont des phénomènes actifs chez les Chéloniens, c'est-à-dire que dans les deux phases de la respiration des muscles rentrent en jeu (figure 38). Pour l'inspiration, ce sont les muscles grand dentelé (*serratus*) et oblique de l'abdomen (*obliquus abdominis*) qui se contractent tandis que pour l'expiration, ce sont les muscles pectoral (*pectoralis*) et abdominal transverse (*transverse abdominis*). Cette respiration dite cœlomique est complétée dans une moindre mesure par une respiration dite scapulaire. Les mouvements du cou et des membres antérieurs de la tortue participent un peu aux mouvements respiratoires. C'est pourquoi, lorsqu'une tortue rentre son cou, on peut parfois entendre un bruit caractéristique d'une expulsion d'air sous pression.

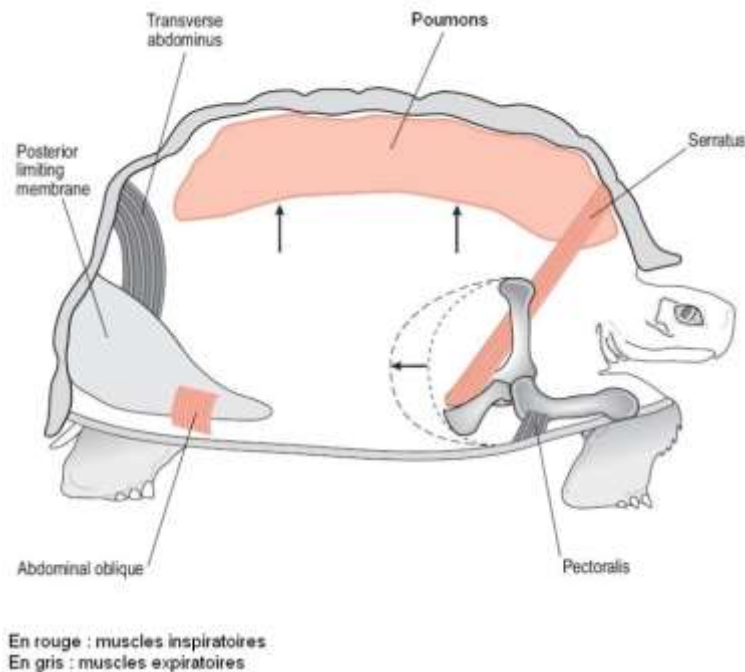


Figure 38 : Muscles impliqués dans la respiration, modifié d'après [106]

De plus, les poumons présentent de fines bandes de muscle à sa surface qui sont des fibres musculaires qui lui sont propres. Ces dernières vont se contracter afin de permettre le brassage de l'air au sein de chaque poumon. On peut observer ce phénomène lorsque le larynx est fermé. Enfin, certaines tortues au plastron articulé peuvent le mobiliser pour aider à la respiration.

Les poumons constituent donc l'organe de la respiration mais ont également un rôle de flottaison chez les tortues aquatiques. Chez ces dernières, toute atteinte pulmonaire peut entraîner une asymétrie de la nage [81]. Les poumons sont fréquemment touchés lors de scalps de la carapace (par des tondeuses à gazon par exemple) ou de feux de forêts [91], ce qui n'entraîne pas d'arrêt de la ventilation, le vide pleural n'existant pas chez les tortues.

### 1.3.3. Appareil digestif [49]

L'appareil digestif des Chéloniens a une organisation plutôt simple. Néanmoins, le régime alimentaire varié d'une espèce à l'autre entraîne quelques particularités, notamment au niveau du bec corné ou de l'importance relative de chaque portion du tube digestif. En effet, certaines tortues sont plutôt herbivores -la majorité des tortues terrestres- tandis que d'autres davantage carnivores - la majorité des tortues aquatiques. Ces petites variations interspécifiques seront spécifiées aux étages de l'appareil digestif concernés.

#### 1) Cavité buccale

Les Chéloniens ont la caractéristique de ne pas avoir de dent. Ainsi, les mâchoires supérieures sont à la place recouvertes d'un étui corné, le bec ou rhamphothèque. Celui-ci est le résultat de la fusion des écailles recouvrant les maxillaires. Il est ainsi composé de kératine qui présente une croissance continue mais lente. Ce bec peut être tranchant ou davantage dentelé selon le régime alimentaire.

Seule la famille des *Trionychidae* a la particularité de posséder des lèvres qui recouvrent le bec corné. Ces formations conjonctivo-musculeuses présentent de nombreuses terminaisons sensorielles qui permettrait à ses tortues de percevoir leurs proies alors qu'elles sont elles-mêmes immergées dans du sable ou de la vase avec uniquement la tête sortie. La langue est un organe épais, large et de forme plus ou moins triangulaire. Elle est mobile et peut légèrement sortir de la cavité buccale. Dans son épaisseur se trouve une bande cartilagineuse nommée os entoglosse qui est renforcée ventralement par une autre lame cartilagineuse, le cartilage rhomboïdal. La partie charnue est constituée par les muscles linguaux : *m. genioglossus*, *m. hyoglossus*, *m. verticalis linguae*, *m. transversalis linguae*, *m. lateralis linguae* et *m. longitudinalis linguae*.

Le plancher buccal est le support pour la langue et est constitué par le muscle *mylohyoideus* (ou *m. intermandibularis*). En vis-à-vis se trouve le plafond buccal incomplet. Ainsi, la partie antérieure, encore appelée palais primitif, disparaît en partie proximale avec une atrophie de l'organe de Jacobson. C'est dans cette portion que se trouvent les choanes, communication entre la cavité buccale et la cavité nasale (figure 39). Cette large fente est recouverte par un repli muqueux nommé repli choanal. La partie distale de ce palais primitif est en continuité avec la dépression orbitale. Chez les tortues marines, l'apparition d'un palais secondaire rend complète la voûte palatine.

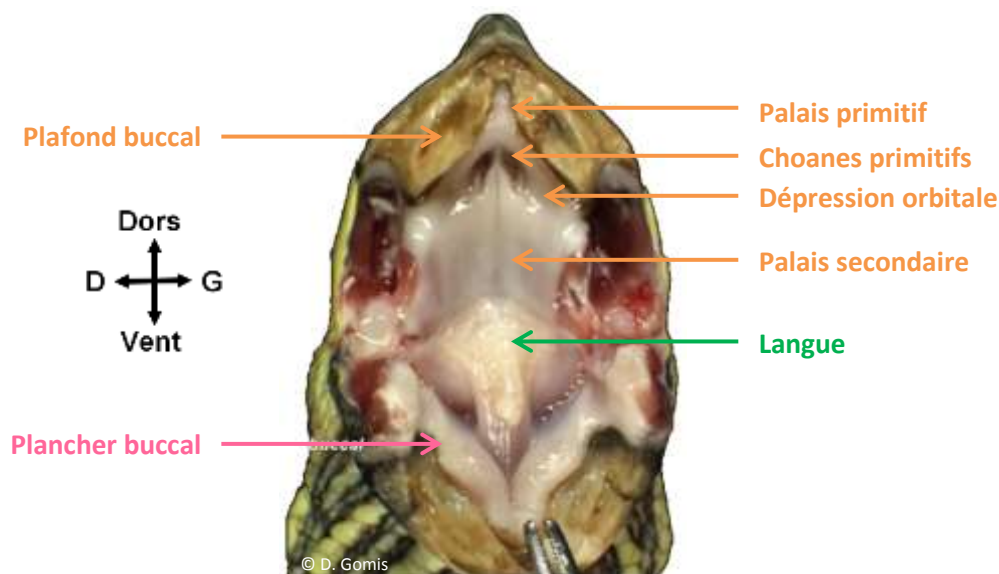


Figure 39 : Cavité buccale chez *Trachemys scripta elegans*, modifié d'après [42]

Enfin, de nombreuses glandes salivaires sont présentes au niveau de cette cavité buccale : les glandes linguales, mandibulaires et crico-aryténoïdes se trouvant sur le plancher buccal, les glandes palatines (médianes et latérales) et sphéno-ptérygoïdiennes se trouvant sur le plafond buccal. Des glandes labiales sont parfois présentes à la commissure de Ranvier notamment chez *Testudo*, *Chrysemys* et *Podocnemis*.

## 2) Œsophage

L'œsophage est en continuité avec la partie distale du pharynx. Il part du côté gauche du cou, comme chez les autres tétrapodes. Ce tube extensible se divise en deux régions : la partie crâniale rectiligne et la partie caudale plus courte dont la courbure terminale marque la séparation avec l'estomac (figure 40).

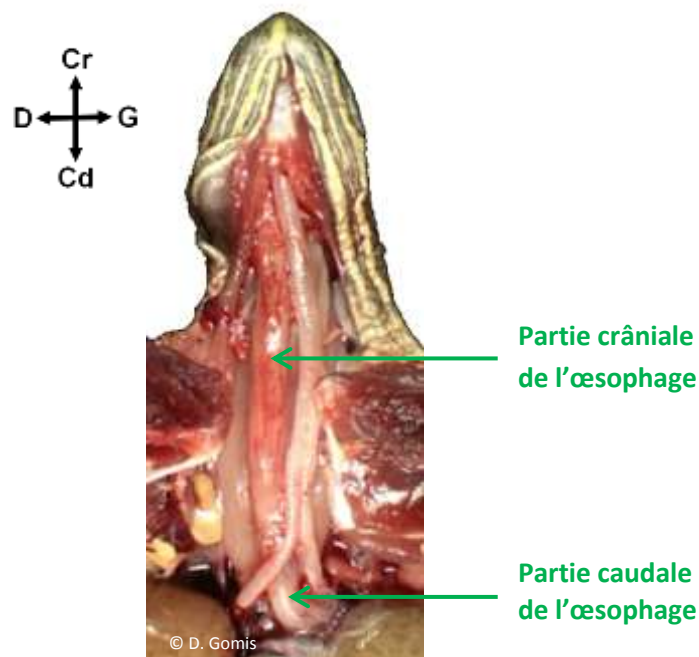


Figure 40 : Œsophage chez *Trachemys scripta elegans*, modifié d'après [42]

Sur toute sa longueur, l'épithélium œsophagien est de type pavimenteux stratifié, ce qui confère à l'œsophage une certaine épaisseur tout en conservant une capacité notable de dilatation. Chez les espèces marines, un revêtement supplémentaire est présent : il s'agit d'un épithélium corné avec de grosses papilles pointues dirigées vers l'arrière. Ainsi, les aliments restent dans l'estomac tandis que l'eau de mer peut remonter l'œsophage, évitant ainsi une dilution trop importante du contenu gastrique.

## 3) Estomac

Présent dans la cavité coelomique ventralement à gauche, l'estomac est en relation anatomique avec le lobe gauche du foie auquel il est relié par le ligament gastro-hépatique. Le cardia, bien différencié, se situe dorsalement à l'oreillette gauche du cœur et rend les vomissements difficiles chez les tortues. Il s'ouvre sur le sac volumineux et extensible que constitue l'estomac dont la grande courbure est marquée chez les Chéloniens. Cet estomac simple et fusiforme est ainsi divisé en deux régions : le fundus et la région pylorique. Sa muqueuse est formée de replis longitudinaux, orientés de la même façon que l'œsophage. Dans la profondeur de ces replis, se trouvent des glandes sécrétoires appelées glandes fundiques et pyloriques selon leur localisation. Enfin, l'estomac se termine sur la valvule pylorique constituée par un repli marqué (figure 41).

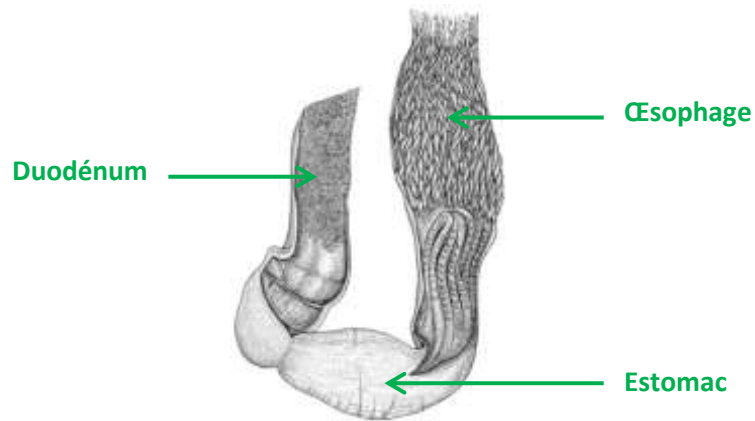
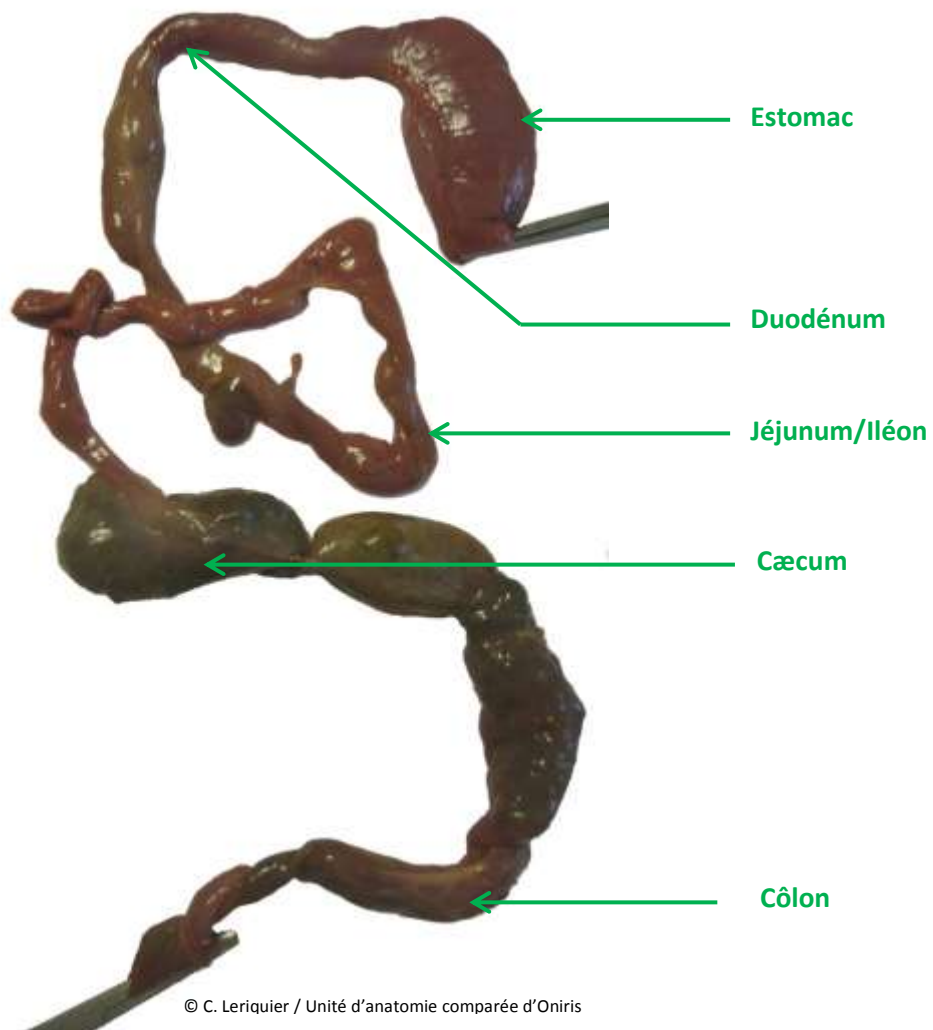


Figure 41 : Estomac et ses rapports de *Chelonia sp.*, d'après [49]

#### 4) Intestins

La longueur totale des intestins est extrêmement variable d'une espèce à l'autre chez les Chéloniens. Elle peut varier de 2,5 fois la longueur du corps à 9 fois (respectivement chez *Kinosternon* et *Emys rugosa*). Ainsi, la masse intestinale est très ramassée du fait de la présence de la carapace. Elle se divise en trois parties : l'intestin grêle, le *cæcum* et le côlon (figure 42).



© C. Lერიკიერი / Unité d'anatomie comparée d'Oniris

Figure 42 : Appareil digestif de *Testudo horsefieldii*

L'intestin grêle est la partie la plus crâniale de la masse intestinale et se situe dans la partie caudale de la cavité coelomique. On retrouve les mêmes segments que chez les mammifères. Ainsi, le duodénum est le segment avec le diamètre le plus important. On le retrouve caudalement au foie auquel il est relié par le ligament hépato-duodéal au lobe droit. Sa principale fixation dans la cavité coelomique se situe au niveau du duodénum descendant qui est attaché dorsalement à la membrane pleuropéritonéale. Il est vascularisé par l'artère mésentérique crâniale et la veine porte du foie.

Le reste de l'intestin grêle est plus lâche dans la cavité : il est suspendu par le *mesenterium proprium*. Enfin, le jéjunum et l'iléum sont assez mal individualisés. La paroi interne des différents segments de l'intestin grêle est constituée d'un épithélium simple à plateau avec des cellules calciformes, des cellules de Paneth, des cellules entéro-chromaffines et des glandes de Lieberkühn (absentes chez *Emys* et *Pseudopus*).

Le *cæcum* se trouve en position dorso-caudale droite, à l'intersection entre l'intestin grêle et le côlon. Il consiste en une dilatation mal définie et assez volumineuse. Il est davantage développé chez les tortues herbivores.

Le côlon, quant à lui, présente un trajet sinueux dans l'abdomen. Il représente environ 1/5 de la longueur totale des intestins et est particulièrement développé chez les espèces herbivores qui utilisent les fermentations coliques pour digérer. Son diamètre est plus important que celui de l'intestin grêle, même s'il présente un rétrécissement en amont du cloaque. Le côlon ascendant est fixe du fait d'un court ligament qui le maintient à la membrane coelomique alors que le côlon transverse est mobile. La muqueuse colique est également un épithélium simple à plateau très riche en cellules calciformes dans sa partie terminale. Des villosités sont également présentes seulement chez *Kachuga tecta tecta*.

## 5) Cloaque

Le cloaque se divise en trois parties, l'*urodeum*, le *proctodeum* et le *coprodeum* (figure 43). Ce dernier, le plus dorsal, est en communication avec le côlon. L'*urodeum*, quant à lui plus ventral, reçoit latéralement les sécrétions de la vessie, des uretères et des oviductes ou du conduit déférent suivant le sexe de l'animal.

Enfin, le *proctodeum* est le segment terminal, dernière chambre commune avant l'orifice cloacal s'ouvrant sur l'extérieur. Cet orifice est souvent sujet au dimorphisme sexuel : sa position est plus caudale chez les mâles. De plus, en présence d'un individu mâle, le pénis, organe impair chez les Chéloniens, se forme par épaissement de la paroi ventrale de ce *proctodeum*. Enfin, le cloaque des Chéloniens a la particularité de présenter des sacs anaux (parfois appelés inexactement vessies accessoires) : il s'agit d'expansions uniques ou paires des parois latérales du *proctodeum*. Ils jouent un rôle dans la respiration.

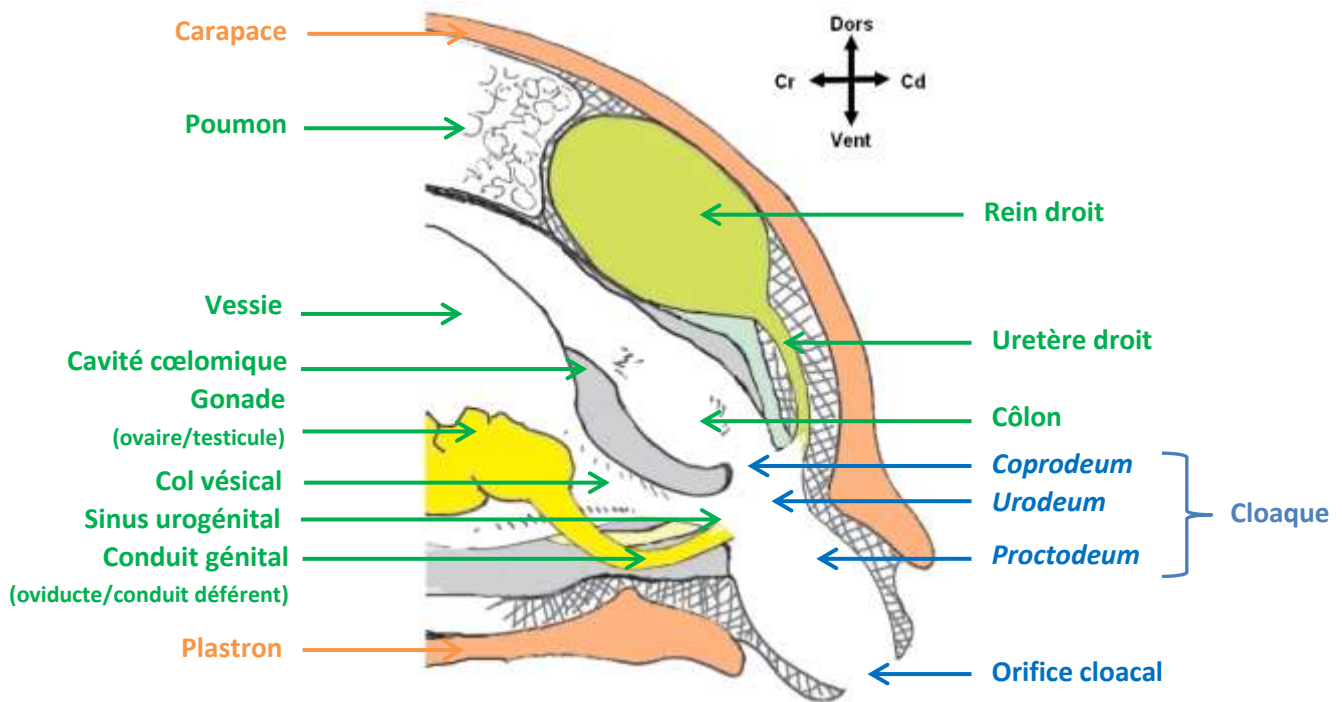


Figure 43 : Organisation du cloaque chez une *Testudo* adulte (vue médiale), modifié d'après [91]

## 6) Fonctionnement digestif

Les aliments sont grossièrement coupés ou broyés par le bec corné. Dans la cavité buccale, le bol alimentaire est constitué par ajout des sécrétions des différentes glandes présentes. Après déglutition, il se retrouve dans l'œsophage où il passe rapidement. Les ingestats arrivent alors dans l'estomac après passage du cardia. Les plis de la muqueuse permettent le brassage des aliments avec les sucs gastriques produits par les différentes glandes stomacales. La vidange de l'estomac commence environ 10 minutes après l'arrivée des premiers ingestats et est complète après 6-8h. Au niveau du duodénum, la digestion se poursuit avec les sécrétions pancréatiques et biliaires.

Le transit digestif dans les anses intestinales est permis par des séries de contractions pulsatiles sous contrôle du nerf vague. Ce temps de transit est plus important chez les herbivores dont le tube digestif est plus long et pour lesquels une fermentation colique est nécessaire. Néanmoins, lorsque ce temps de transit est augmenté, un phénomène néfaste de putréfaction est observé. C'est le cas lors de détention à des températures sous-optimales ou lors d'hibernation mal effectuée, en effet la motilité digestive et l'activité sécrétoire sont des paramètres dépendants de la température extérieure. Les ondes péristaltiques terminales, c'est-à-dire celles s'étendant du *cæcum* au *coprodeum*, entraînent la défécation. Les aliments ainsi digérés sont expulsés 24h après leur ingestion ; leur élimination totale nécessitant trois semaines. Enfin, des ondes antipéristaltiques existent également, faisant alors remonter de l'urine du cloaque vers le côlon. Cette mécanique permet la réabsorption d'eau et d'électrolytes.

### 1.3.4. Organes annexes en relation avec le tube digestif

#### 1) Pancréas

Le pancréas est situé chez les Chéloniens dans le ligament hépato-gastrique, en contact avec le duodénum proximal (figure 44). Il revêt une couleur rosée à orange pâle, comme chez les mammifères. Lors du développement embryonnaire, une ébauche dorsale et une ébauche ventrale – la deuxième régressant- fusionnent. Toutefois, chez les tortues des espèces *Chelydra* et *Chrysemys*, les trois ébauches fusionnent et forment ainsi un anneau autour de la veine porte.

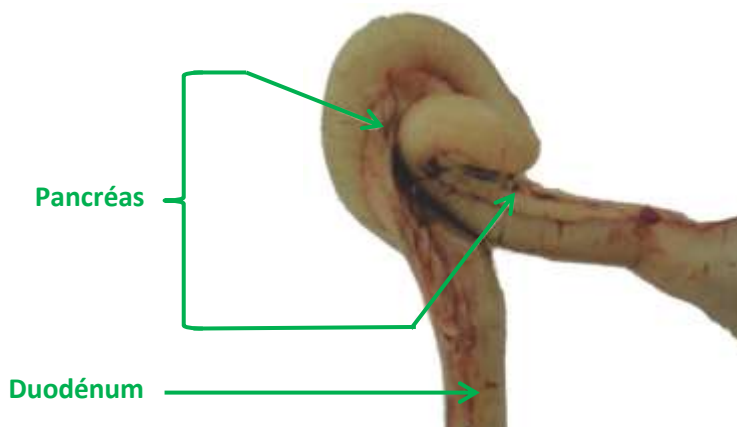


Figure 44 : Pancréas le long du duodénum chez *Trachemys scripta scripta*, modifié d'après [125]

Les sécrétions pancréatiques exocrines sont déversées dans le duodénum grâce à plusieurs conduits pancréatiques. Les fonctions exocrines et endocrines du pancréas sont les mêmes chez les Chéloniens que chez les autres animaux vertébrés.

#### 2) Foie

Le foie est un organe volumineux, en forme de selle de cheval et généralement bilobé avec des lobes bien définis chez les Chéloniens. Ces deux lobes principaux sont ainsi reliés dorsalement par un isthme. Il est centré en partie crâniale de la cavité cœlomique, en arrière du cœur. Le lobe gauche recouvre ainsi l'estomac tandis que le lobe droit recouvre une partie de l'intestin grêle et du côlon. La couleur du foie est la même que pour les autres vertébrés, rouge brun. Un aspect marbré peut être observé lorsque des pigments mélaniques s'y accumulent de manière non pathologique. La vésicule biliaire se situe sur la face dorsale du lobe hépatique droit.

Les fonctions hépatiques sont comparables à celles des autres animaux vertébrés. Ainsi, le foie participe au métabolisme des lipides, des glucides et des protéines. Il produit également de l'acide urique et constitue un organe de stockage lipidique pour les espèces qui hibernent. Les sécrétions biliaires participant à la digestion sont, quant à elles, déversées par le conduit cholédoque dans le duodénum.

### 3) Rate

La rate est un organe sphérique, de couleur rouge très foncé. Sa surface est ainsi parcourue par de nombreux vaisseaux. Elle se trouve en position centrale dans la moitié la plus caudale de la cavité coelomique, en contact avec la face ventrale des poumons et la face dorsale du jéjunum (figure 45). Comme chez les mammifères, la rate a un rôle hématopoïétique chez les Chéloniens.

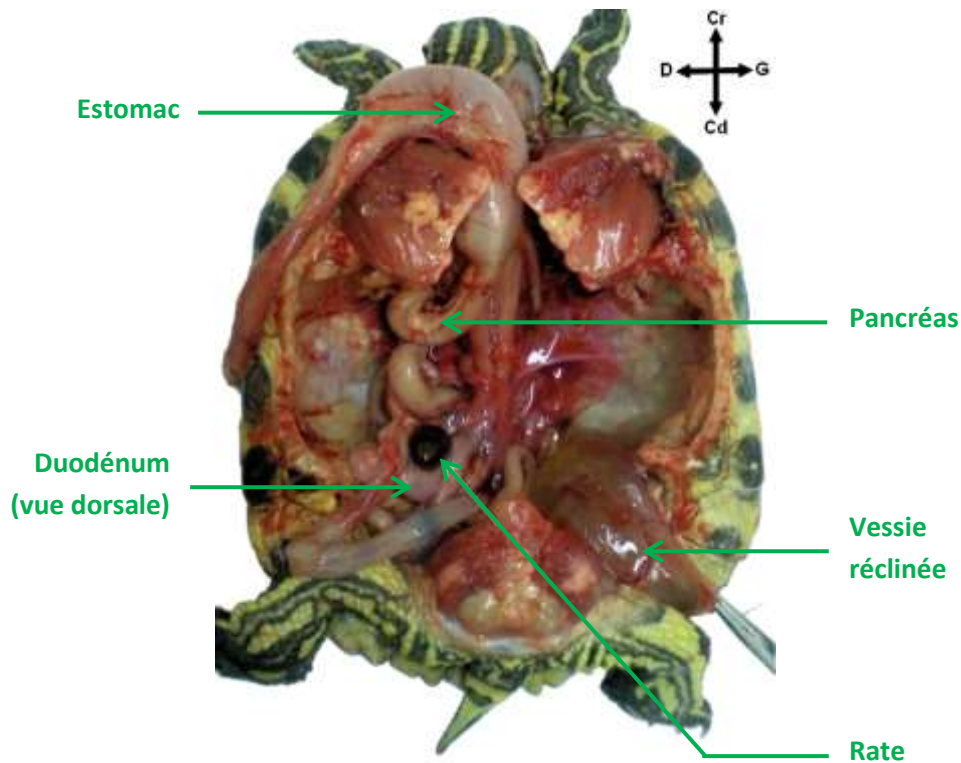


Figure 45 : Vue ventrale de *Trachemys scripta scripta*, modifié d'après [125]

#### 1.3.5. Appareil uro-génital

##### 1) Appareil urinaire

Les deux reins des Chéloniens se trouvent directement sous la carapace, crânialement aux articulations coxofémorales. Ils sont situés entre les intestins et le tractus génital (figure 47). Ces reins assez compacts ont une forme variable suivant l'espace qui leur est ménagé par la carapace et les membres en position rétractée. Ils sont lobulés mais il n'existe pas de limite cortico-médullaire visible. Chaque lobule est ainsi traversé par une vascularisation intralobulaire, une artère et une veine. Les tubules proximaux sont irrigués quant à eux par un système capillaire porte pérítubulaire.

La capacité rénale à concentrer les urines est limitée. Du fait de l'absence d'anse de Henlé, les urines ne peuvent pas être plus concentrées que le sang. Néanmoins, chaque néphron est composé d'un glomérule, d'un tubule proximal épais, d'un court segment intermédiaire et d'un fin tubule distal. Aucun bassinnet n'est présent dans les reins des Chéloniens.

Les uretères s'abouchent dans l'*urodeum* latéralement, à la position de 10h et 2h sur une coupe transversale. Ces deux sites sont également le lieu d'abouchement des conduits génitaux, d'où leur nom de sinus uro-génitaux (figure 43).

Quand le sphincter vésical est fermé, les urines sont ainsi directement évacuées dans le cloaque. De forme bilobée, la vessie se trouve dans le prolongement de cet *urodeum* en ventro-caudale de la cavité coelomique (figure 46). Cette vessie n'a donc pas le même rôle que chez les mammifères. Elle complète l'action rénale en ayant une fonction d'absorption grâce à son épithélium. Cette capacité est très utile notamment pendant l'hibernation : après précipitation des cristaux d'urates, l'eau est alors récupérée. Sa faculté à fortement se distendre est également mise à contribution pour préparer cette hibernation.

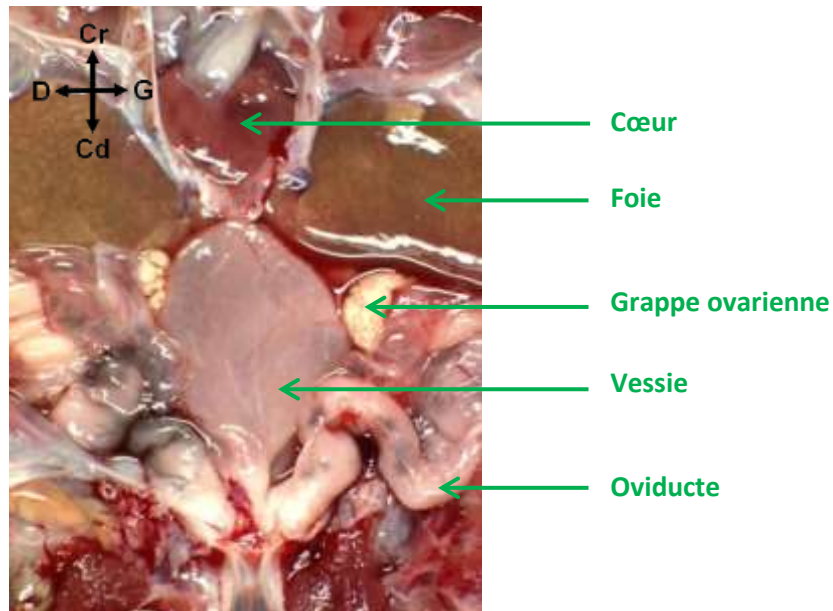


Figure 46 : Vessie et ses rapports anatomiques, modifié d'après [42]

Les déchets excrétés par le système urinaire des Chéloniens peuvent être différents composés azotés. Les tortues terrestres excrètent ainsi soit de l'acide urique et des urates –elles sont alors dites uricotéliques- soit également de l'urée –tortues dites uréo-uricotéliques. Cette excrétion d'acide urique permet d'économiser une quantité importante d'eau, en effet l'acide peut précipiter en cristaux d'urates avec une faible dépense d'énergie. Quant à elles, les tortues aquatiques excrètent de l'ammoniaque et de l'urée ; elles sont donc dites amino-uréotéliques. Par ailleurs, les reins ont également une fonction métabolique en synthétisant des hormones et la vitamine D.

## 2) Appareil génital

### • Mâle

Les testicules sont en position intra-abdominale, juste crânialement aux reins et latéralement au côlon (figure 47). Le testicule droit peut ainsi être un peu plus crânial que le gauche. De couleur orangée, les testicules ont une forme ovale. Ils sont massifs même si leur taille varie selon l'âge et la saison en lien avec la photopériode et la température sous contrôle de la glande pinéale. Ils sont enveloppés d'une mince albuginée. Le *mesorchium* qui les attache est court et sous tension.

L'épididyme est très volumineux chez les Chéloniens et s'étend ainsi sur toute la longueur de chaque testicule. Les canalicules qui constituent chaque épидидyme reçoivent les sécrétions des tubes séminifères via le *retetestis* extratesticulaire. Le canal déférent relie cet épидидyme au cloaque auquel il s'abouche au niveau du sinus urogénital. Une enveloppe conjonctive entoure ce canal déférent mais également l'urètre et la veine rénale.

Enfin, le pénis est un organe impair chez les Chéloniens. Il se trouve dans le cloaque au repos, sur la paroi ventrale du *proctodeum* dont il est issu. Du fait de cette position anatomique du pénis, la queue des mâles est plus large à sa base. Le pénis des Chéloniens est proportionnellement de grande taille -pouvant être plus grand qu'un membre postérieur en entier chez *Geocheone radiata*. Sa couleur est variable : du rose (notamment chez *Testudo hermanni*) au marron foncé (chez *Pelodiscus sinensis*). Normalement de forme oblongue classique, le pénis peut avoir l'aspect d'une « fleur épanouie » chez les espèces aquatiques.

Lors d'un accouplement, il s'évagine du fait de l'augmentation de pression de la cavité coelomique transmise aux deux culs-de-sacs péritonéaux se trouvant à l'intérieur du pénis. En érection, les corps caverneux érectiles se remplissent alors de sang ; la dépression centrale appelée gouttière séminale se transforme alors en un tube qui permet l'excrétion du sperme. Le pénis n'a par contre aucun rôle urinaire. De plus, il porte chez de nombreuses espèces une épine cornée qui permet le maintien dans le cloaque de la femelle. Après le coït, le pénis réintègre sa position intraclonale grâce au retour veineux et aux muscles rétracteurs du pénis (figure 47).

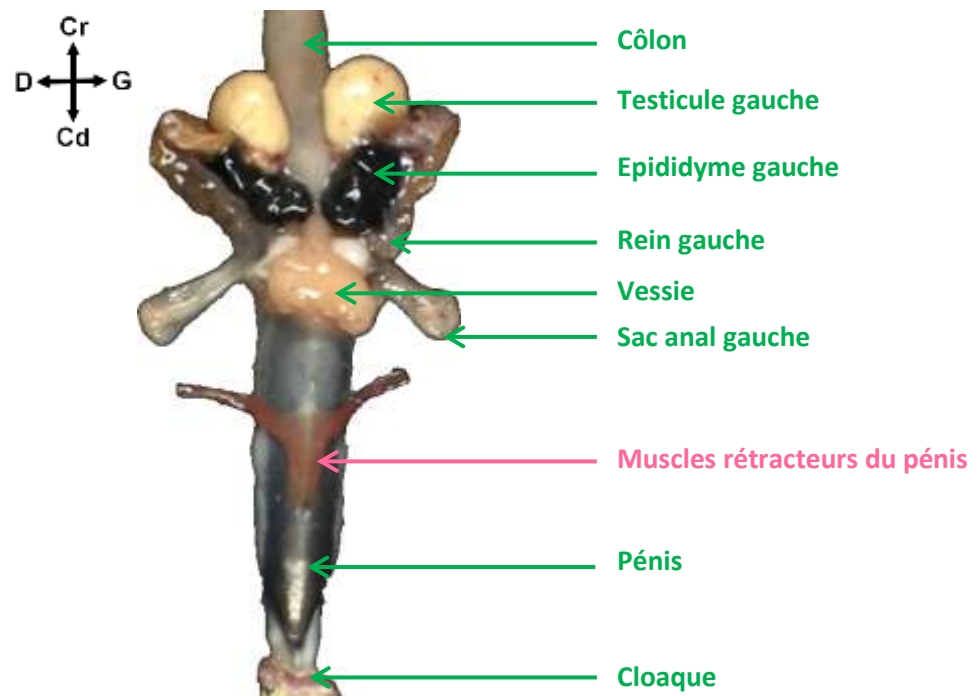


Figure 47 : Appareil génital mâle (vue ventrale), modifié d'après [42]

- **Femelle**

Les ovaires se situent dans la partie postérieure de la cavité coelomique, caudalement au foie mais plus crânialement que la localisation des testicules chez le mâle. L'ovaire droit est ainsi très proche de la veine cave et l'ovaire gauche de la glande surrénale. Les ovaires sont petits et de couleur rouge sombre et attachés par de grands *mesovaria* en éventail. La paroi fine des ovaires est constituée d'un épithélium germinatif et d'un stroma conjonctif. En période d'activité sexuelle (de mars à août généralement), les ovaires sont faciles à repérer de par la présence de nombreux follicules jaunâtres à leur surface tandis que leur paroi devient à peine visible. Les grappes ovariennes occupent alors la majorité de la cavité coelomique.

Les oviductes sont de longs conduits sinueux assez mobiles appendus par un *mesosalpinx* lâche. Leur extrémité crâniale légèrement ouverte se trouve en arrière du foie tandis que leur extrémité caudale s'abouche au niveau du sinus urogénital du cloaque. Ils peuvent être divisés en cinq parties selon une progression crânio-caudale : le pavillon ou infundibulum qui reçoit les follicules émis par les ovaires, le segment aglandulaire, le magnum qui est une portion tubulaire plate où se dépose l'albumen, la portion utérine participant à la formation de la coquille et finalement la portion vaginale très riche en glandes à mucus en continuité avec l'*urodeum* (figure 48). Les Chéloniens sont ainsi ovipares.

Enfin, un organe de la même origine embryologique que le pénis existe chez les tortues femelles : il s'agit du clitoris qui est de petite taille.

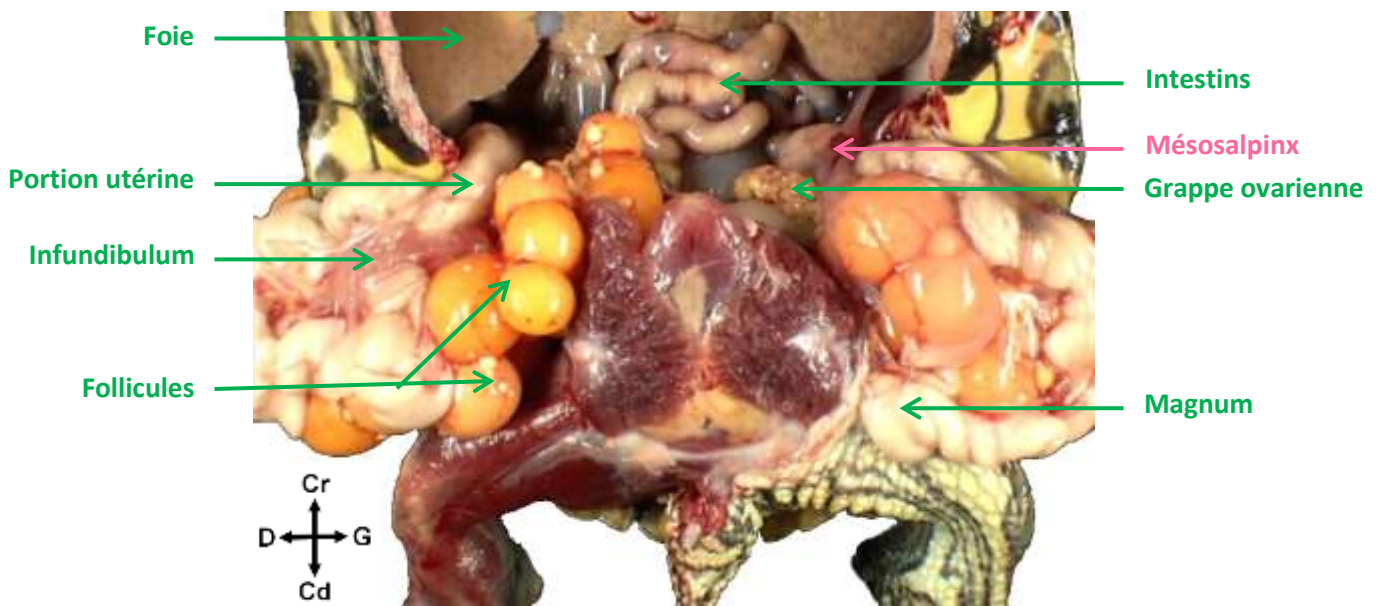


Figure 48 : Appareil génital femelle (vue ventrale), modifié d'après [42]

### 1.3.6. Appareil circulatoire

#### 1) Cœur [48, 125]

Le cœur des Chéloniens est globuleux, massif et de grande taille proportionnellement à la taille de l'individu. Il se trouve entre les deux lobes hépatiques, légèrement décalé à droite par rapport au plan médian. Ce déplacement est davantage marqué chez les tortues du sous-ordre *Cryptodira* du fait d'une carapace plate, de muscles rétracteurs du cou puissants et d'un renflement œsophagien à gauche. Le cœur se trouve ainsi en vis-à-vis de la jonction entre les écailles pectorales et abdominales du plastron.

Le cœur est entouré d'un péricarde auquel il est relié par le *gubernaculum cordis*. Il est divisé en trois cavités : deux oreillettes et un ventricule (figure 49).



© C. Leriquier / Unité d'anatomie comparée d'Oniris

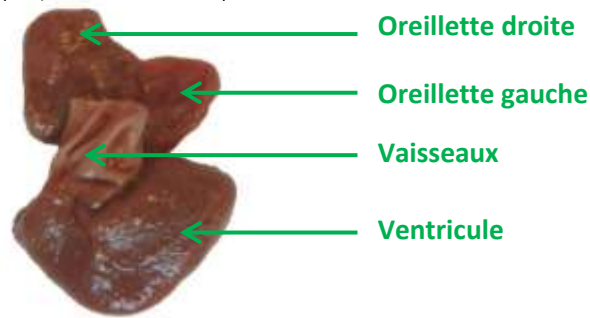


Figure 49 : Cœur d'une *Testudo horsefieldii*

Les deux oreillettes sont séparées par une cloison complète. L'oreillette droite est une cavité plus grande que l'oreillette gauche. Sa paroi dorsale est en communication avec un sinus veineux dans lequel se jettent notamment les veines caves, les veines hépatiques et les veines coronaires. L'orifice oblique qui relie ces deux structures présente des valvules dont la fusion forme un petit renflement nommé ligament suspenseur. L'oreillette gauche, quant à elle, reçoit le sang oxygéné venant des poumons. De plus, comme chez les mammifères, il existe des valvules auriculo-ventriculaires sur la partie dorsale du ventricule qui permettent d'orienter le flux sanguin des oreillettes vers le ventricule. Elles sont constituées de deux lames, une médiane -la plus grande- et une latérale. La lame médiane fait protrusion dans le ventricule. L'extrémité de ces deux lames est assez rigide et libre.

Le ventricule est unique chez les Chéloniens mais des cloisons incomplètes existent, ce qui ménage différentes chambres et permet ainsi une orientation du flux sanguin, notamment entre sang oxygéné et non oxygéné. Le premier septum est horizontal et orienté vers l'angle crânial du ventricule. Il est formé de deux parties, une caudale et une crâniale, ce qui divise la cavité en deux chambres : le *cavum pulmonale* (ou *cavum ventrale*) et le *cavum arteriosum* (ou *cavum dorsale*). Ces deux chambres communiquent néanmoins entre elles du fait d'une petite ouverture, le canal interventriculaire. Un autre septum sépare le *cavum arteriosum* ; ce dernier est vertical et plus petit (figure 50).

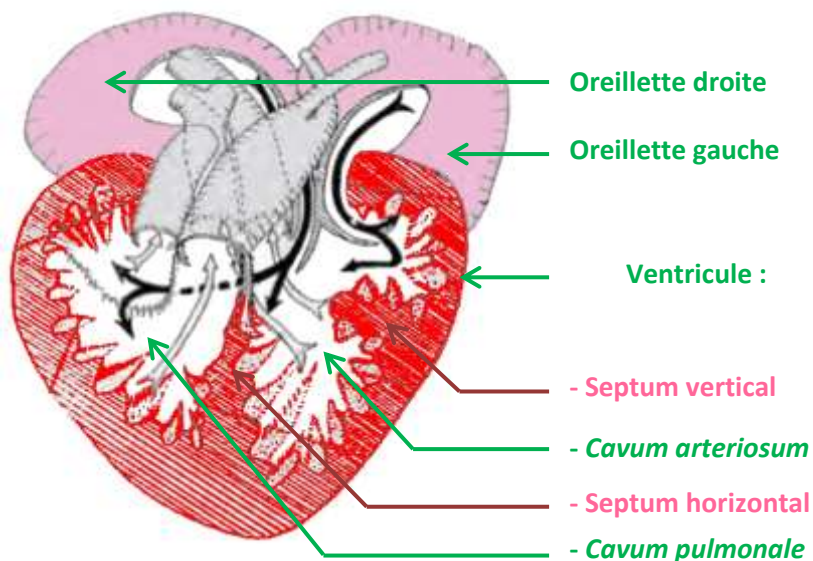


Figure 50 : Coupe longitudinale de cœur, modifié d'après [125]

## 2) Fonctionnement cardiaque [12, 48]

Le sang veineux systémique arrive dans le sinus veineux notamment via les veines caves. Il passe passivement dans l'oreillette droite avec laquelle il communique. En diastole, les lames médianes des valvules auriculo-ventriculaires se trouvent en contact et le sang peut circuler vers le ventricule, en majorité dans le *cavum pulmonale* et en moindre mesure dans le *cavum arteriosum* (figure XX). Lors de la systole, le bord libre crânial du septum horizontal se colle à la paroi ventriculaire fermant ainsi le canal interventriculaire. Le sang non oxygéné du *cavum pulmonale* est alors envoyé vers le tronc pulmonaire. Après le passage par les poumons, le sang nouvellement oxygéné rejoint le cœur via les veines pulmonaires ; il se retrouve donc dans l'oreillette gauche. Lors d'une nouvelle diastole, le mouvement des lames médianes amène alors le sang provenant de cette oreillette gauche exclusivement dans le *cavum arteriosum*. Lors de la systole, le sang oxygéné rejoint la circulation systémique via les artères aortes (figure 51).

Le rythme cardiaque normal est dépendant de la température ambiante et de la fréquence respiratoire.

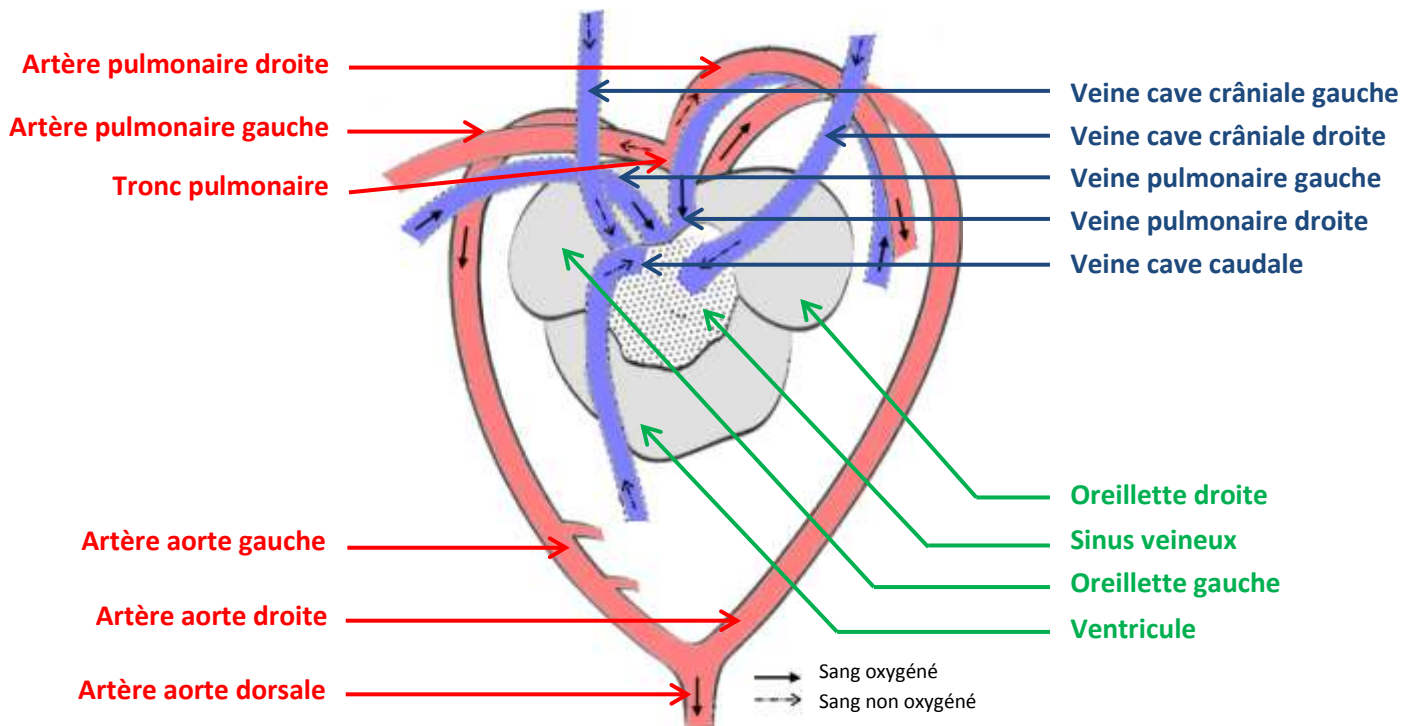


Figure 51 : Organisation fonctionnelle du cœur, modifié d'après [100]

## 3) Système artériel [3, 10, 48]

Le système artériel des Chéloniens est proche de celui des autres reptiles, les principales différences étant principalement liées à la présence d'une carapace. Deux vues différentes (figures 52 et 53) présenteront ce système artériel dans sa globalité avant qu'il soit décrit de manière plus précise pour certaines régions anatomiques (figures 54, 55 et 56).

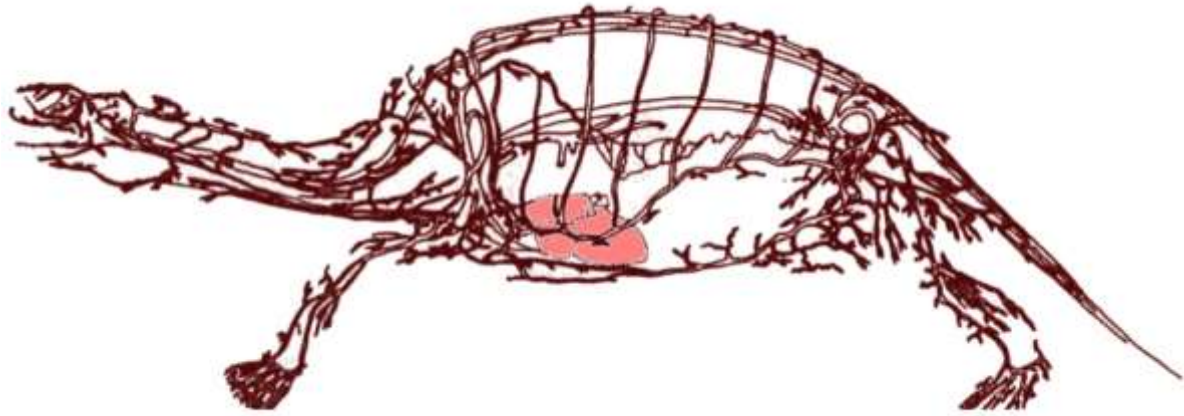


Figure 52 : Système artériel d'*Emys orbicularis* (coupe sagittale), modifié d'après [10]

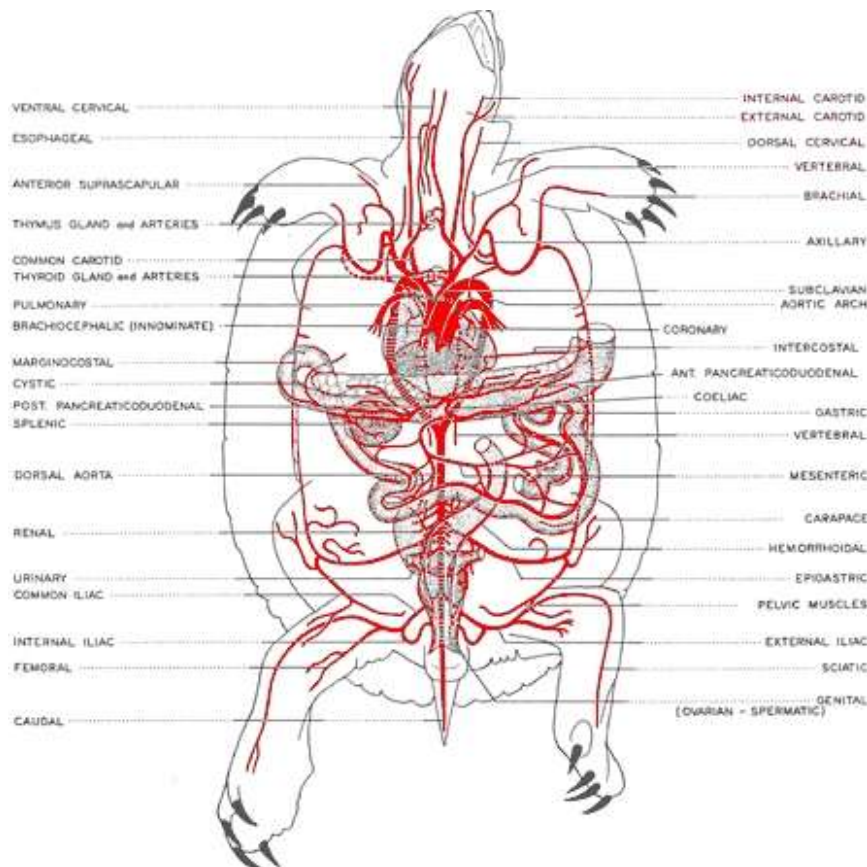


Figure 53 : Système artériel des Chéloniens (vue ventrale), modifié d'après [3]

Au départ du cœur, les deux crosses aortiques (ou artères aortes gauche et droite) remontent dorsalement, contournant alors la trachée et l'œsophage, avant de se rejoindre en position dorso-médiale pour former l'aorte dorsale. En position plus crâniale, la crosse aortique droite se trouve dans la continuité du *cavum dorsale* ou *arteriosum* du cœur. Au niveau de sa courbure, elle est à l'origine des principales artères irriguant la tête et les membres antérieurs, à savoir les artères carotides communes et les artères sous-clavières. La crosse aortique gauche, quant à elle, est plus petite et ne porte aucune branche céphalique (figure 54).

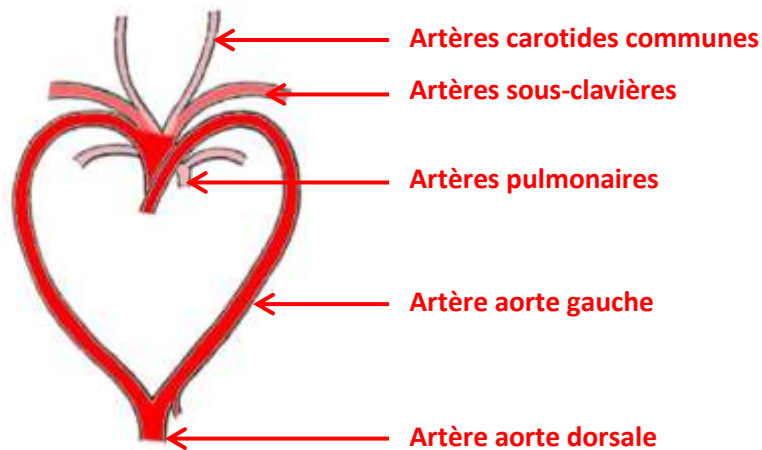


Figure 54 : Artères issues des crosses aortiques, modifié d'après [48]

L'aorte dorsale issue de la fusion de ces deux crosses aortiques est un gros vaisseau qui devient l'artère caudale. Elle est à l'origine de nombreuses artères collatérales qui, elles, irriguent les organes cœlomiques caudaux et les membres pelviens (figure 55).

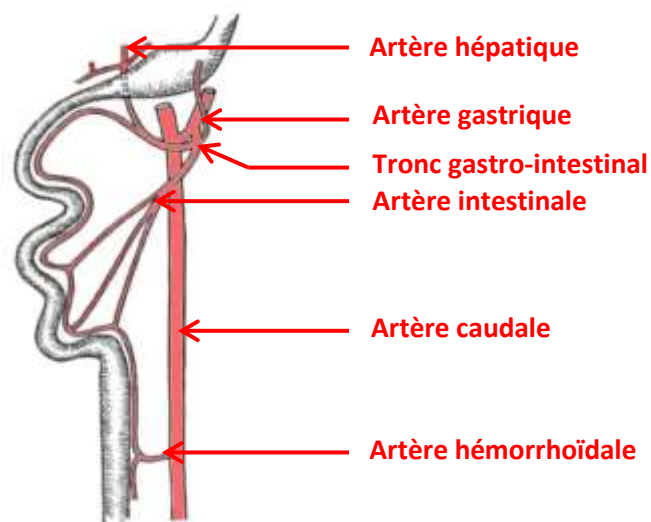


Figure 55 : Artères intestinales de *Clemmys sp*, modifié d'après [48]

Chez les Chéloniens, la vascularisation artérielle pariétale du corps est différente des autres reptiles : ainsi, la dossière est irriguée par trois artères qui ne dérivent pas directement de l'artère aorte. On distingue ainsi l'artère intercostale commune descendante, issue de l'artère axillaire et dont le trajet se situe à la base des côtes. Ensuite, peut être considérée l'artère margino-costale ascendante, issue de l'artère iliaque et qui se divise en des artères collatérales marginales et des artères collatérales médianes (ou encore nommées intercostales). Enfin, la dernière artère composant ce tryptique est l'artère coccygienne supérieure qui est aussi appelée artère ascendante médiane ou artère caudale supérieure (figure 56). Par ailleurs, le plastron reçoit le sang oxygéné de l'artère plastrale ascendante, issue de l'artère margino-costale ascendante, et de l'artère plastrale descendante, issue de l'aorte dorsale.

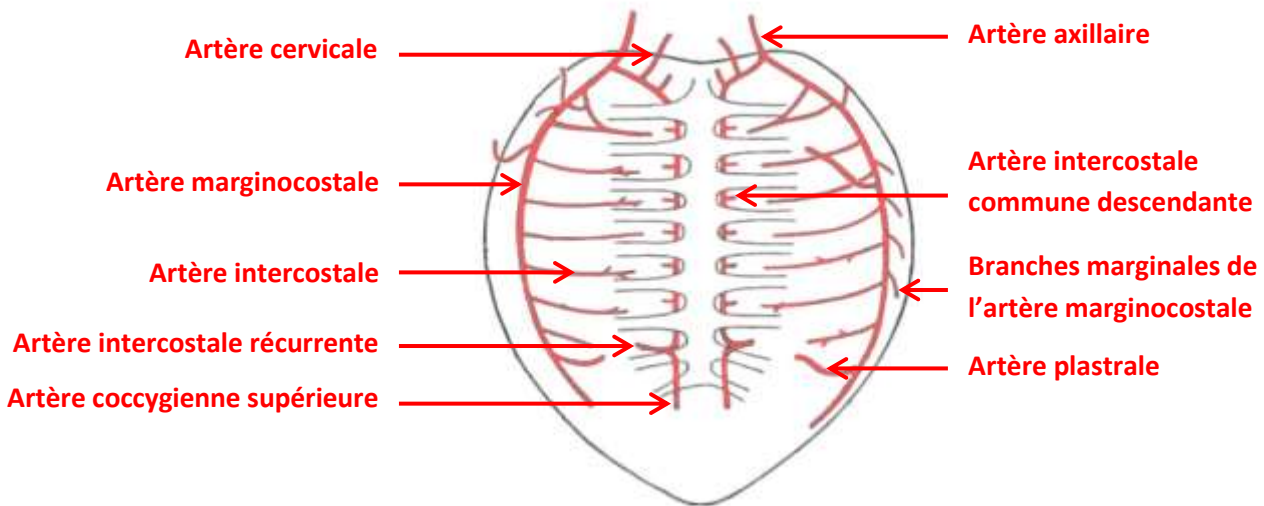


Figure 56 : Artères de la carapace de *Lissemys punctata*, modifié d'après [48]

#### 4) Système veineux

Les Chéloniens disposent d'un sinus veineux dépendant de l'oreillette droite (figure 51), dans lequel débouchent les veines caves crânielles et caudales, les veines hépatiques et les veines coronaires (figure 57). Ce sinus reçoit donc tout le sang veineux de l'organisme, sauf le sang veineux pulmonaire. Le sang veineux céphalique provient du sinus veineux sous nuchal, situé en arrière du crâne. La région postérieure du corps est, quant à elle, drainée par deux veines abdominales volumineuses situées directement sous le plastron et qui sont reliées par une courte veine transverse. Elles partent ainsi de la ceinture pelvienne et rejoignent le système porte hépatique (figure 58).

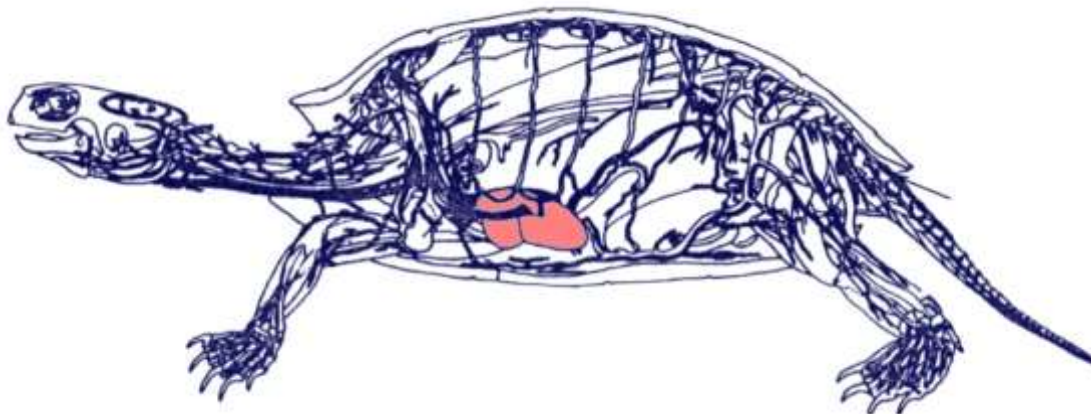


Figure 57 : Système veineux d'*Emys orbicularis* (coupe sagittale), modifié d'après [10]

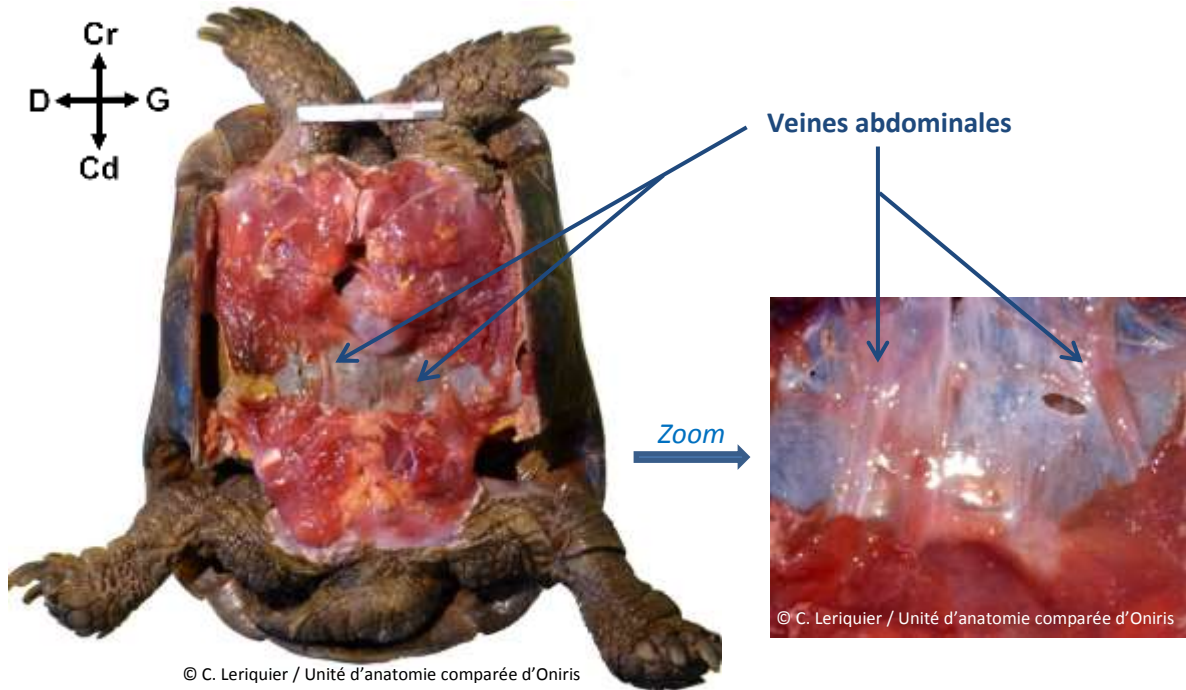


Figure 58 : Veines abdominales chez *Testudo horsefieldii* (vue ventrale)

Comme le système artériel, le système veineux pariétal est modifié du fait de la présence d'une carapace (figure 59). Ainsi, des veines azygos ascendantes suivent le même trajet que les artères intercostales communes descendantes ; seul le sens de circulation du sang diffère. De même, des veines intercostales suivent les artères du même nom. Ces veines se jettent ensuite dans les veines sous-clavières qui rejoignent les veines caves crânielles. Enfin, une communication existe entre le foie et cette vascularisation veineuse pariétale : il s'agit de la veine hépato-pariétale.

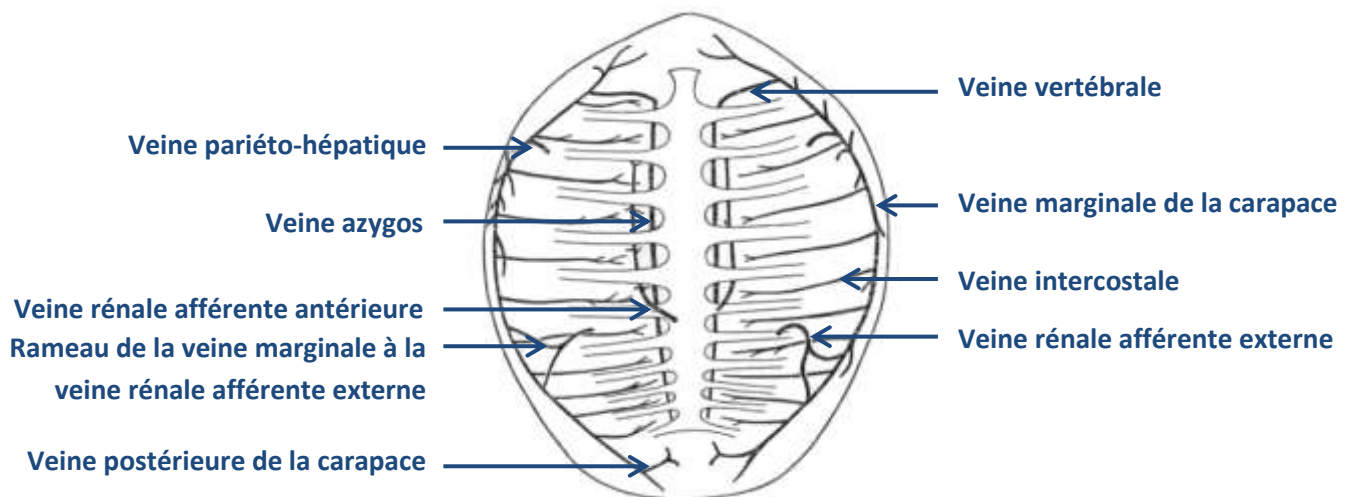


Figure 59 : Veines de la carapace de *Lissemys punctata*, modifié d'après [48]

Par ailleurs, les Chéloniens disposent de deux systèmes portes : un système porte rénal et un système porte hépatique (figure 60). Le rôle du système porte rénal est de maintenir le flux sanguin irriguant les tubules. Ainsi, la veine porte rénal est un gros vaisseau qui prend naissance à la jonction entre les veines épigastriques et iliaques externes. Elle a la particularité de disposer de valvules qui permettent d'orienter le flux sanguin veineux de la partie caudale du corps vers les reins.

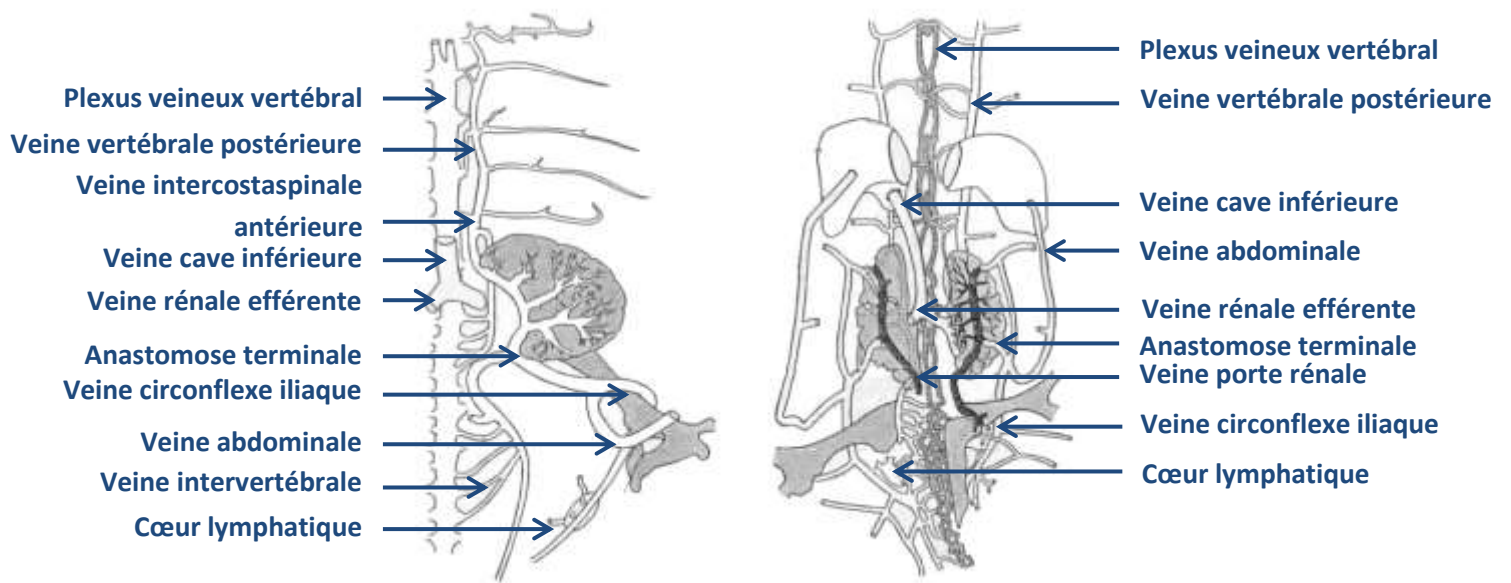


Figure 60 : Système porte rénal selon deux vues, modifié d'après [48]

Au niveau du foie, la veine porte hépatique reçoit, quant à elle, le sang des veines abdominales, gastriques, pancréatiques crâniale et caudale, mésentériques caudales et communes, duodénales, cystiques et spléniques (figure 61).

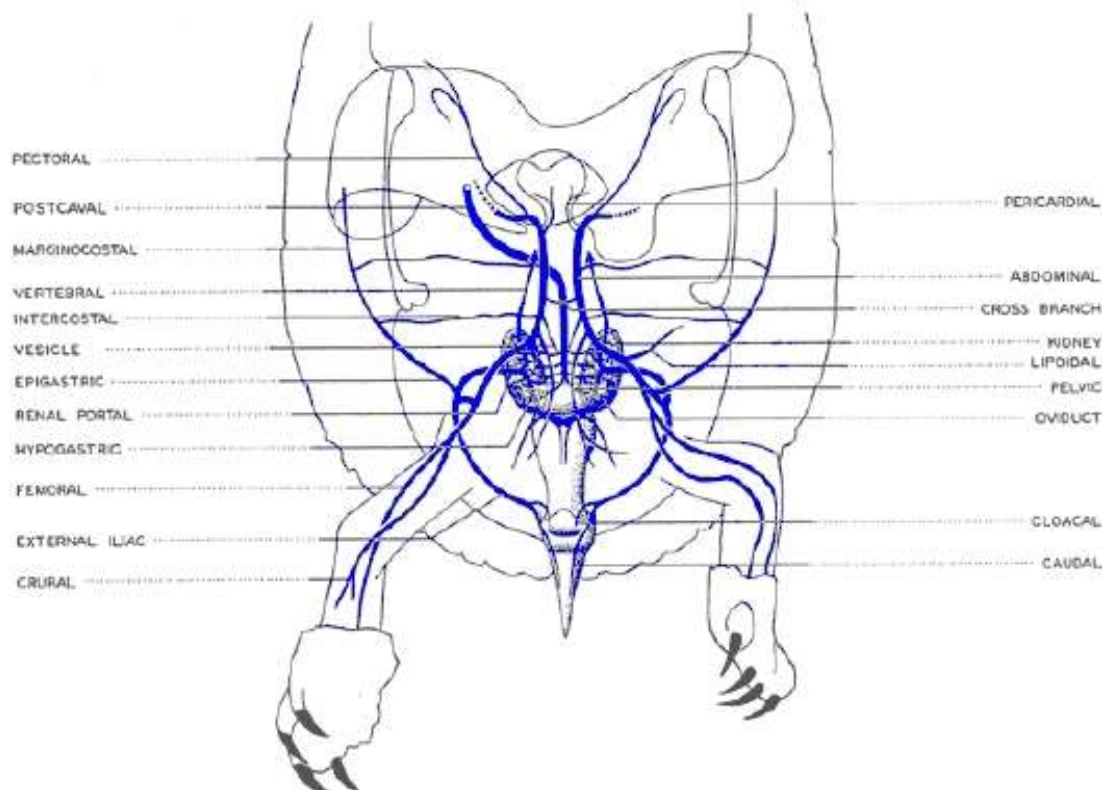


Figure 61 : Système veineux caudal des Chéloniens, modifié d'après [3]

## 5) Système lymphatique [48]

Le système lymphatique chez les Chéloniens est comparable à celui des autres vertébrés. Le trajet des vaisseaux lymphatiques suit celui des vaisseaux sanguins avec notamment une chaîne vertébrale s'étendant de la première cervicale à la région caudale. Ils forment des citernes lymphatiques ou sinus lymphatiques. Ainsi, on observe une citerne jugulaire située au niveau des arcs aortiques et pulmonaires et qui draine la partie crâniale de l'animal et deux cœurs lymphatiques contractiles. Ces derniers situés dans la partie caudale de la cavité coelomique sont des formations sacculaires, pouvant être cloisonnées chez les tortues du genre *Chrysemys* et *Testudo* (figure 60). De par les contractions de ces cœurs, la lymphe circule et rejoint notamment le système veineux au niveau des systèmes portes rénaux et hépatiques. La contraction des muscles coelomiques participe également secondairement à cette circulation en comprimant ces mêmes cœurs lymphatiques.

### 1.3.7. Système nerveux

#### 1) Système nerveux central [55]

Les Chéloniens sont lissencéphales comme les autres reptiles. Leur cerveau ne représente que 0,5 % du poids corporel total. Il est divisé en trois parties : le cerveau antérieur lui-même divisé en deux hémisphères cérébraux médialement par une profonde fissure, le cerveau moyen comprenant les lobes optiques et le cervelet peu développé chez les Chéloniens (figure 62).

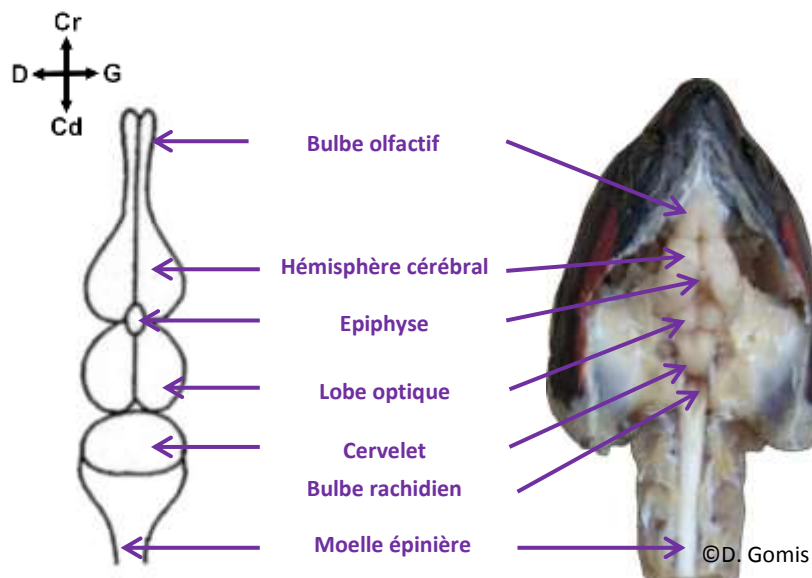


Figure 62 : Système nerveux central (vue ventrale), modifié d'après [42, 55]

Le cervelet est composée d'une masse principale, corps cérébelleux symétrique issu des plaques alaires du métencéphale et des deux annexes latérales, les lobes auriculaires. Chez les Chéloniens, cette structure est lisse mais les trois territoires fonctionnels sont conservés même s'ils ne sont pas délimités visuellement. On retrouve ainsi les zones antérieure et moyenne qui jouent un rôle dans la sensibilité proprioceptive et la zone postérieure qui est un centre d'équilibration.

La moelle épinière s'étend au sein du rachis jusqu'à l'extrémité de la queue chez les Chéloniens ; il n'y a donc pas de queue de cheval. Une autre particularité est la présence de centres nerveux autonomes contrôlant la locomotion (figure 63).

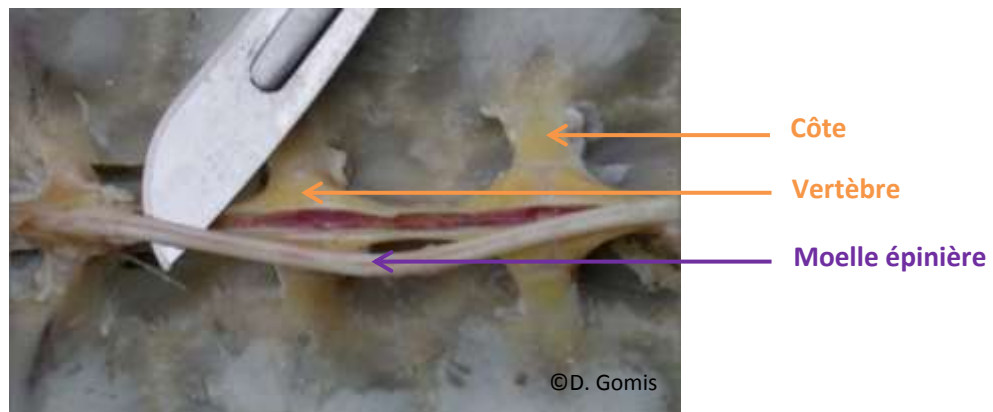


Figure 63 : Moelle épinière (canal rachidien sectionné), d'après [42]

## 2) Système nerveux périphérique

Chez les Chéloniens, on compte classiquement 12 nerfs crâniens. De plus, la majorité des nerfs rachidiens présente un trajet proche de celui des structures vasculaires comme chez les Mammifères (figure 64). Ils sont tous composés d'une racine nerveuse dorsale sensorielle et d'une racine ventrale motrice. Leur regroupement en plexus est également présent chez les tortues. On retrouve ainsi un plexus hypoglosso-cervical (nerf XII et premiers nerfs cervicaux), un plexus cervical (nerfs spinaux VI à IX) et un plexus lombo-sacré (trois derniers nerfs spinaux thoraciques, nerfs caudaux et nerf sacré). Enfin, le système sympathique a été peu étudié chez les Chéloniens ; on distingue néanmoins trois portions : céphalique, thoraco-abdominale et caudale.

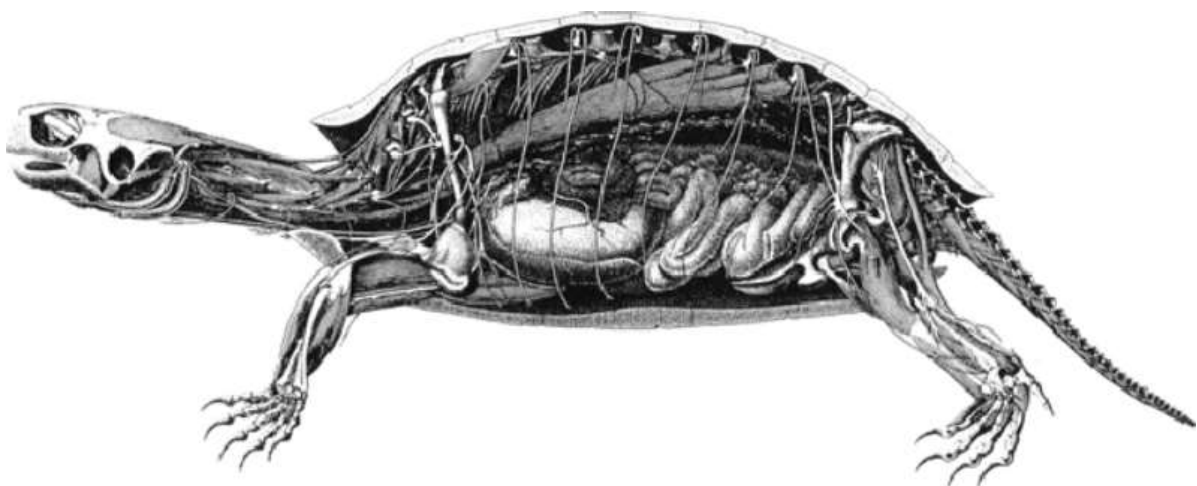


Figure 64 : Système nerveux périphérique, d'après [42]

### 1.3.8. Organes sensoriels

#### 1) Système visuel [91, 118]

Les Chéloniens ont deux yeux, enfoncés dans leur orbite ménagée dans la structure osseuse du crâne. Les yeux sont séparés dans le plan médial par une structure osseuse. Cependant, quelques exceptions existent. Chez les tortues de la famille des *Emydinae*, le septum est incomplet. Chez les tortues du genre *Trionyx*, la séparation inter-orbitaire est un tissu large mais seulement fibreux. C'est pourquoi lors d'énucléation, la prudence est de mise afin de ne pas endommager l'œil controlatéral.

Chez les Chéloniens, l'œil présente une structure classique (figure 65). Les deux paupières, supérieures et inférieures, sont mobiles et peuvent donc se fermer pour protéger l'œil. Une troisième paupière, appelée membrane nictitante, est présente. Leur face interne est une muqueuse conjonctivale. La sclère est, quant à elle, composée d'un tissu fibro-cartilagineux et de petits os disposés autour du globe oculaire. L'ensemble constitue un anneau scléral complet. En continuité se trouve la cornée formée d'un épithélium soutenu par la membrane de Descemet. Elle présente une convexité variable selon les espèces : ainsi, chez *Emys sp.*, on trouve un angle de 70° alors que chez *Caretta sp.*, il est de 38°. Derrière cette cornée, on retrouve la chambre antérieure puis l'iris. Au centre, la pupille est toujours ronde. Le cristallin est aplati chez les tortues terrestres, ce qui limite leur capacité d'accommodation via le muscle iridien. Enfin, la rétine est mince et dépourvue d'area. On constate également une absence de tapis.

Afin de protéger l'œil, des sécrétions oculaires sont produites par deux glandes : la glande de Harder, crâniale et située au canthus interne de l'œil sur la membrane nictitante et la glande lacrymale, située au canthus externe et se déversant dans l'espace conjonctival ventral par de nombreux petits conduits. Ces sécrétions sont purement aqueuses mais peuvent également avoir un rôle d'osmorégulation chez les tortues aquatiques. Il faut néanmoins noter que les Chéloniens ne possèdent pas de canal naso-lacrymal.

Les Chéloniens ont des yeux particulièrement adaptés à la vision diurne. Ils perçoivent également les couleurs. Les tortues du genre *Terrapene* sont ainsi attirées par la couleur rouge et orange tandis que les *Testudo* par le rouge et/ou le jaune. Enfin, les tortues herbivores ont la capacité de reconnaître la couleur verte [28].

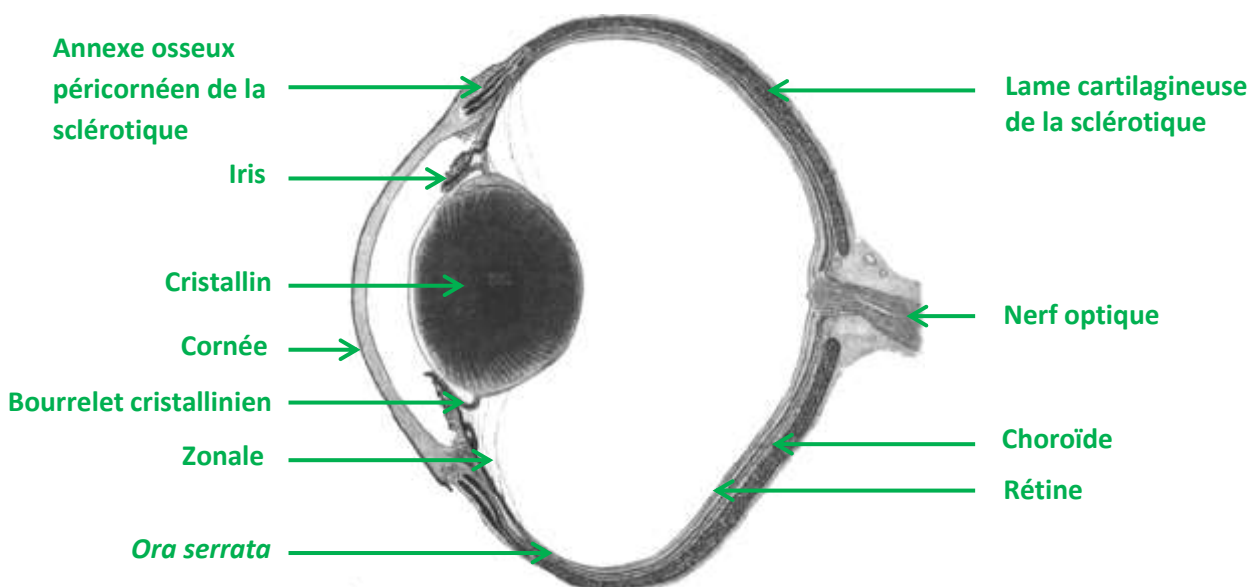


Figure 65 : Structure de l'œil des Chéloniens, d'après [118]

## 2) Système olfactif [51, 91]

Chez les Chéloniens, l'appareil olfactif est court mais avec une assez grande hauteur (figure 66). Il se divise en deux chambres : la chambre antérieure ou vestibule et la chambre principale ou cavum olfactif. Cette dernière est tapissée dorsalement d'un épithélium olfactif. Les glandes nasales, quant à elles, débouchent dans la partie respiratoire ventrale de la chambre principale. Elles sont absentes chez les tortues marines. L'olfaction joue un rôle important dans l'appétit et peut d'ailleurs rendre la prise de certains médicaments difficile, même lorsqu'ils sont cachés dans la nourriture.

L'organe de Jacobson ou organe voméro-nasal est très peu développé voire absent chez les Chéloniens. Ainsi, il s'agit d'une simple gouttière chez les *Testudo* alors qu'il représente un épithélium sensoriel tapissant l'ensemble de la portion respiratoire (partie ventrale de la chambre principale) chez les tortues des genres *Emys*, *Chrysemys* et *Chelydra*.

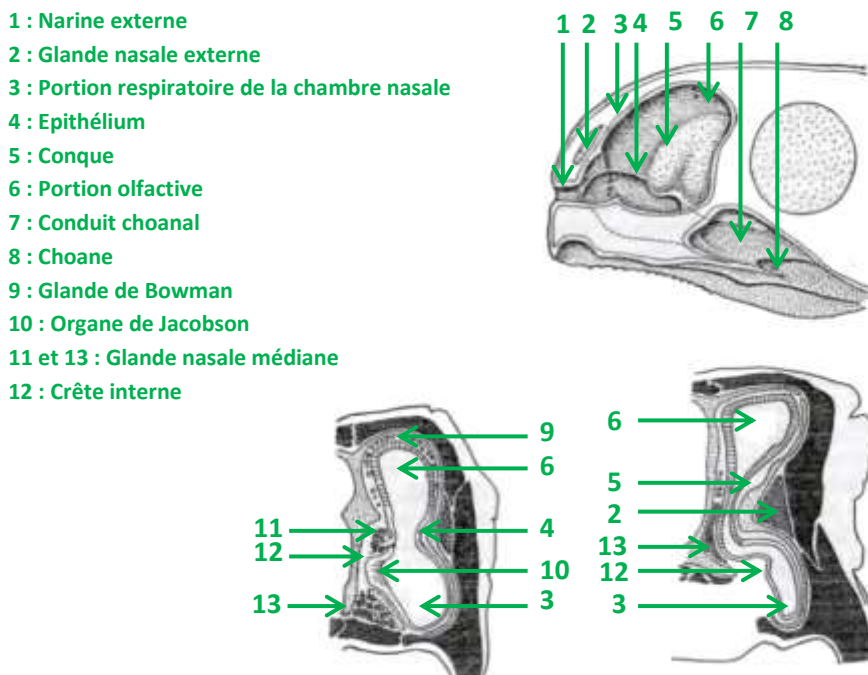


Figure 66 : Cavité nasale de *Testudo* (coupe sagittale et coupes transversales), modifié d'après [51]

## 3) Système gustatif [42]

Ce système joue un rôle dans la prise alimentaire, même s'il est moins développé que le système olfactif. Les bourgeons du goût ont une forme de bouteille ou tonnelet. Ils se trouvent dans l'épaisseur de l'épithélium de la langue et du plafond buccal. Même si le sens gustatif a été peu étudié chez les Chéloniens, il existe assurément : les tortues peuvent ainsi recracher des insectes ou des médicaments trop amers !

## 4) Système acoustique [52, 91]

Les Chéloniens ont la particularité de ne pas avoir d'oreille externe. La membrane tympanique est donc simplement une couche de peau indifférenciée localisée de chaque côté de la tête, caudalement à chaque œil. Elle constitue une légère dépression ovale visible. Malgré la simplicité de sa structure, elle a un rôle de protection de l'oreille moyenne dont les cavités communiquent avec le pharynx via les trompes d'Eustache.

L'oreille moyenne est ainsi constituée de cavités tympaniques, une latérale et une médiale séparées par un long processus de l'os carré, l'extra-columelle et la columelle, équivalent de l'étrier chez les mammifères. Cette oreille moyenne permet la réception et la transmission des vibrations sonores captées par la membrane tympanique. Les vibrations de la membrane tympanique sont transmises à l'extra-columelle, un disque cartilagineux, lui-même en continuité avec le processus osseux que constitue la columelle. Cette dernière passe au milieu des cavités tympaniques dont elle traverse l'os carré par un petit foramen et qui se termine par un entonnoir (figure 67).

Dans sa portion terminale, la columelle transmet les vibrations à l'oreille interne via la citerne périlymphatique. L'oreille interne est un labyrinthe membraneux entouré d'un labyrinthe osseux. La partie membraneuse est divisée en deux parties : la partie supérieure ou vestibulaire comportant des canaux semi-circulaires bien développés responsables de l'équilibre et la partie inférieure, le saccule. L'épithélium de ce labyrinthe membraneux reçoit les terminaisons du nerf auditif (VIII). L'ensemble de ce système permet ainsi aux tortues d'entendre des sons allant de 100 à 700 Hz.

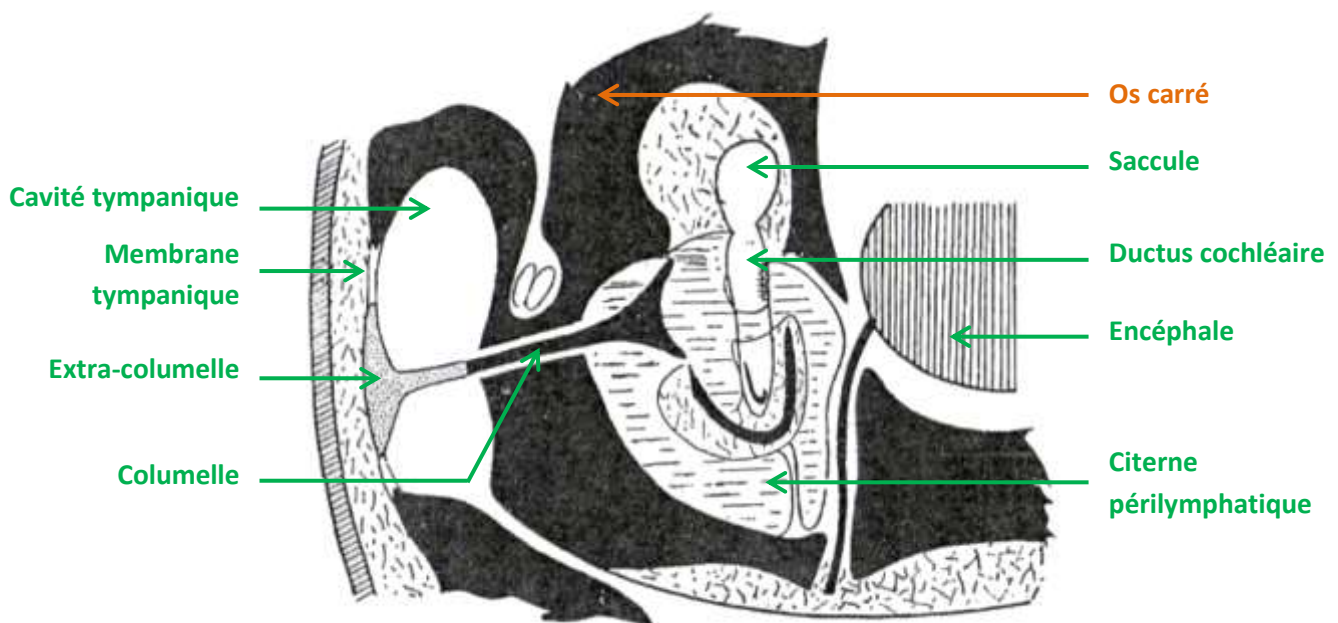


Figure 67 : Oreille de *Testudo*, modifié d'après [52]

##### 5) Organes sensoriels cutanés [42]

Les Chéloniens ont un tégument innervé par de nombreuses terminaisons nerveuses sensibles. Le bouton terminal (intra- ou intercellulaire) est nettement plus gros que chez les autres vertébrés. Ces terminaisons peuvent être regroupées en organes sensoriels cutanés de taille variable. De même, une innervation mécanoréceptive existe au niveau de la carapace. Elle est plus importante au niveau du bord des écailles, régions de régénération et croissance plus rapide, et sur le plastron par rapport à la dossière. L'ensemble de tous ces récepteurs sensoriels cutanés est très utile pour la locomotion et l'accouplement.

**DEUXIEME PARTIE :**  
**PRINCIPALES CHIRURGIES**  
**(SAUF CHIRURGIES DE LA CARAPACE)**



## 2.1. Généralités sur les chirurgies chez les Chéloniens

Avant de pratiquer toute chirurgie, il convient de prendre en compte de nombreux paramètres qui interviennent en pré-, per- et post-opératoire. C'est pourquoi cette partie se devait de figurer dans cette thèse même si elle n'est pas directement en rapport avec les voies d'abord. Ainsi, elle constituera un rappel succinct des grandes notions entrant en jeu lors d'une prise en charge chirurgicale.

### 2.1.1. Considérations pré-opératoires

#### 1) Anesthésie [4, 14, 83, 84, 91, 97]

Chez les Chéloniens, une mise à jeun préalable n'est pas obligatoire car les régurgitations sont rares. Toutefois, elle devient indispensable lors de procédures gastro-intestinales.

De nombreux protocoles anesthésiques sont utilisables et rapportés chez les Chéloniens. Toutes les molécules classiquement employées en prémédication et induction sont citées. Le relai est souvent pris par les gaz anesthésiques, à savoir l'isoflurane ou le sévoflurane selon ce qui est disponible, après l'intubation de l'animal (figure 31). Il convient de noter qu'un réflexe cornéen est toujours présent chez les Chéloniens quelle que soit la profondeur de l'anesthésie. Lorsque le protocole nécessite une injection intraveineuse, elle peut être réalisée au niveau du sinus occipital dorsal ou sinus sous vertébral ou encore dans la veine jugulaire chez les plus gros individus. Les injections intramusculaires, quant à elles, se font classiquement dans le membre antérieur, au niveau des muscles triceps et biceps brachiaux. Les protocoles anesthésiques les plus fréquemment décrits dans les divers articles utilisés pour cette thèse utilisent une association de kétamine-médétomidine en prémédication par voie intraveineuse ou intramusculaire.

Pour plus de détails, nous vous invitons à consulter le livre « *Exotic Animal Formulary* » [14]. La table 4-5 des agents de contention chimique et anesthésiques a été reportée dans ce travail de manière simplifiée et orientée uniquement pour les Chéloniens (cf. Annexe 1).

#### 2) Asepsie [83, 90]

Les protocoles d'asepsie sont classiques. Le protocole à base de chlorhexidine semble être le plus fréquemment utilisé, notamment du fait de son spectre d'action plus large et de sa rémanence (figure 68). Il est possible d'utiliser également un protocole povidone/alcool. Toutefois, l'alcool doit être utilisé avec précaution chez les petites espèces pour éviter une hypothermie. Dans tous les cas, la peau rugueuse des Chéloniens est difficile à bien préparer : il convient d'apporter un soin particulier aux passages réalisés en salle de préparation et de ne pas hésiter à les répéter autant que nécessaire. Lorsque la carapace est concernée par la procédure, elle subit préalablement un nettoyage mais également un dégraissage à l'aide d'acétone, d'éther ou de trichlorotrifluoroéthane.



Figure 68 : Utilisation d'une mousse active de chlorhexidine pour la désinfection

En salle de chirurgie, la tortue est le plus souvent positionnée en décubitus dorsal avant le passage d'asepsie stérile. Cette position peut être maintenue par différents moyens : une structure en V ou gouttière du type Doggy Relax© (figure 70), un coussin gonflable, une cuvette, une serviette roulée en cercle ou encore une roue de voiture. Après le dernier passage de désinfection, des champs stériles sont mis en place afin que le chirurgien travaille dans un environnement stérile. L'utilisation de champs transparents est à privilégier car ils permettent la visualisation même des plus petits patients. Ces champs sont souvent collés. En effet, la présence de la carapace rend généralement impossible le recours aux pinces à champs chez les Chéloniens. Parfois, du sparadrap stérile peut être placé tout autour de la zone chirurgicale (figure 69).



Figure 69 : Utilisation de bande collante stérile, d'après [83]

### 2.1.2. Considérations per-opératoires [1, 19, 83, 90, 91]

Les Chéloniens sont fortement sujets à des apnées. C'est pourquoi ils sont très souvent mis sous respiration assistée à l'aide d'un ventilateur réglé à 4 mouvements par minute. D'autres systèmes de surveillance peuvent également être mis en place : un Doppler sur l'artère carotide proximale dans la fosse claviculaire, une sonde œsophagienne pour suivre la température. Tout ce monitoring permet de réagir rapidement en cas de modifications des constantes enregistrées. La principale complication observée chez les Chéloniens est l'hypothermie du fait de leur ratio surface/volume élevé. Ainsi, il convient d'utiliser des fluides chauffés, des sacs magiques ou encore des tapis chauffants (figure 70).



Figure 70 : Utilisation de tapis chauffant, d'après [1]

Concernant le matériel utilisable, il est difficile de définir un kit de chirurgie de base pour les Chéloniens du fait de l'importante variation interspécifique de leur taille. Néanmoins, Hernandez-Divers a tenté de définir une boîte de chirurgie standard (tableau 7). L'hémostase est d'autant plus importante que l'animal opéré est petit du fait de son faible volume sanguin. Les méthodes chirurgicales et le matériel utilisé doivent être pensés en conséquence. Par exemple, le bistouri électrique ou encore les hémoclips sont très utiles pour limiter toute effusion sanguine chez ces espèces.

<b>Kit chirurgical standard</b>
- Fines pinces plates ophtalmiques
- Pinces d'Adson très fines
- Petits ciseaux
- Porte-aiguille de Castroviejo
- Petits ciseaux de Mayo
- Porte-aiguille classique
- Ciseaux de Metzenbaum courbes
- 4 mosquitos ophtalmiques incurvés
- Lame de bistouri #15
- Ecarteur autostatique (Lone Star®)
- 20 gazes stériles
- 20 bâtonnets ouatés
- Vetrap stérile
- Champ stérile transparent

Tableau 7 : Proposition d'un kit chirurgical de base, d'après [1, 58]

### 2.1.3. Considérations post-opératoires [83, 91]

#### 1) Sutures et cicatrisation [41, 92]

Le choix du matériel de suture dépend de la cicatrisation voulue. En effet, la durée de résorption des fils, mais surtout la réaction inflammatoire des tissus qu'ils suscitent sont à prendre en compte par le chirurgien. Une étude a été réalisée sur des tortues marines pour comparer quatre fils résorbables différents. Il a ainsi été montré histologiquement que les fils en poliglecaprone 25 (monofilament, Monocryl®) et en polyglyconate (monofilament, Maxon®) causaient moins de réaction cutanée tandis que le polyglactin 910 (fil tressé, Vicryl®) provoquait la plus forte réaction inflammatoire. Le 4<sup>e</sup> fil étudié, le Chromic Gut®, est également un monofilament mais ce dernier provoque une réaction inflammatoire assez prononcée pouvant favoriser les adhérences. De plus, les fils tressés peuvent servir de « mèche » lors d'infection : ils sont donc à éviter autant que possible lorsqu'on intervient sur un site septique.

Ainsi, il est recommandé d'utiliser du fil monofilament résorbable de type Monocryl® ou Maxon® pour toutes les ligatures et les sutures internes. Des clips vasculaires peuvent également être utilisés pour les ligatures intracœlomiques en endoscopie notamment. Pour la peau, du fil résorbable peut également être utilisé. Toutefois, chez les Chéloniens, il devra être retiré du fait de sa résorption beaucoup plus longue que chez les mammifères domestiques. Suivant la tension sur la plaie chirurgicale cutanée, ces points peuvent être retirés entre 4 à 6 semaines après la chirurgie.

Outre le choix du type du fil utilisé, le chirurgien doit également mettre en œuvre le type de suture adéquat suivant l'apposition et l'imperméabilité de la suture voulue voire l'esthétique pour le plan cutané. En général, les surjets continus sont suffisants chez les Chéloniens, notamment pour la peau. En effet, il est rare que ces reptiles essayent de retirer leurs points en s'intéressant anormalement à la zone d'où l'absence d'une absolue nécessité à réaliser des points discontinus. Toutefois, des sutures éversantes sont à prioriser car la peau des reptiles a tendance à s'inverser, même si cette caractéristique est moins prononcée chez les Chéloniens. On peut ainsi utiliser des points en U ou des points de Blair-Donati (figure 71), les premiers donnant une plus belle cicatrice.

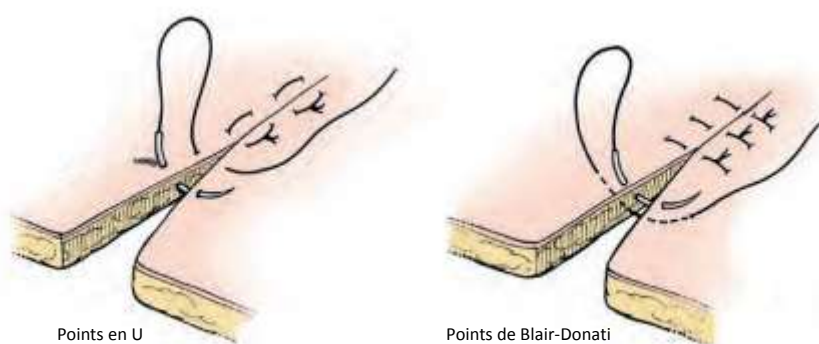


Figure 71 : Types de points éversants utilisables chez les Chéloniens, d'après [31]

Grâce à ce type de sutures, les côtés muqueux sont ainsi en contact favorisant ainsi la cicatrisation en première intention. Des agrafes peuvent également être utilisées pour le plan cutané, en effet de par leur positionnement, elles assurent automatiquement l'éversion voulue de manière durable (figure 72).



Figure 72 : Sutures cutanées, points en U (à gauche) et agrafes (à droite), d'après [83]

Le seul inconvénient de cette éversion cutanée est qu'une petite partie de la muqueuse est exposée à l'air libre. Un pansement en tissu ou liquide peut être appliqué. Une protection antiseptique au moyen d'une désinfection locale peut également être mise en place pendant les premiers jours post-opératoires.

## 2) Antibiothérapie et analgésie [14, 24, 77, 124]

Enfin, la gestion du post-opératoire passe aussi par la prise en charge des éventuelles infections et de la douleur. Une antibiothérapie peropératoire et périopératoire est toujours intéressante lorsque le chirurgien intervient sur un site septique actif. Le choix de l'antibiotique est dépendant du type de lésions et de leur localisation, des éventuels culture bactérienne et antibiogramme, du type de chirurgie pratiquée. A titre d'exemple, peut être citée la grande différence entre une ovariectomie de convenance et une ovariectomie sur une stase folliculaire pouvant être accompagnée ou non d'une coelomite. Le vétérinaire praticien doit également garder à l'esprit les règles simples de lutte contre l'antibiorésistance. Nous ne développerons donc pas davantage ici les différents antibiotiques utilisables dont la variété de molécules et de voies d'administration est sensiblement comparable à celle existant pour les chiens et les chats. Nous vous invitons à consulter le livre « *Exotic Animal Formulary* » [14] pour les posologies qui peuvent être différentes d'une espèce à l'autre.

L'analgésie est par ailleurs indispensable à prendre en compte. La gestion de la douleur peut se baser classiquement sur des anesthésiques locaux (lidocaïne), des anti-inflammatoires non stéroïdiens (méloxicam), des dérivés morphiniques (buprénorphine, butorphanol, morphine). Hélas, les quelques rares études menées chez les Chéloniens ont démontré une pharmacologie parfois très différente chez ces animaux par rapport à celle mieux connue chez les chiens et les chats. Une étude récente [124] sur les effets analgésique et respiratoire de deux opioïdes chez les tortues a montré que le butorphanol à 2,8 ou 28 mg/kg n'amenait pas une analgésie suffisante pour les procédures invasives tandis que la morphine à 1,5 ou 65 mg/kg semblait efficace. Néanmoins, la dépression respiratoire associée était significative à long terme. Concernant le méloxicam, une étude très récente [77] réalisée sur *Caretta Caretta* a démontré qu'à une dose de 0,1 mg/kg IM, l'effet analgésique à long terme était nul. Des doses de 0,5 mg/kg PO ou IM ont été suggérées chez *Chrysemys scripta elegans* mais avec une demi-vie courte d'environ 8 heures.



## 2.2. Chirurgies de la cavité cœlomique

### 2.2.1. Principales voies d'abord de la cavité cœlomique

- 1) Plastrotomie ou cœliotomie transplastrale ou ostéotomie plastrale  
[1, 7, 8, 58, 60, 83, 91]

Cette voie d'abord est la première ayant été décrite permettant l'accès à l'ensemble des organes contenus dans la cavité cœlomique. Même si elle est moins utilisée désormais du fait du développement d'autres voies d'abord moins invasives, elle reste une voie d'abord incontournable chez les Chéloniens.

Préalablement à la mise en œuvre de cette voie d'abord, des radiographies pré-opératoires (figure 73-a) sont indiquées afin de visualiser la position des ceintures scapulaire et pelvienne (en orange). Ainsi, les limites de l'ostéotomie (en gris) sont définies grâce à cet examen d'imagerie pour éviter de léser les os et les muscles de ces régions tout en ayant le meilleur accès à l'organe cible (figure 73-b et figure 74). La limite caudale est donc assez haute et la limite crâniale doit être placée en arrière du cœur (en rouge). Le scanner est également utilisable : il offre une meilleure définition pour les structures osseuses.

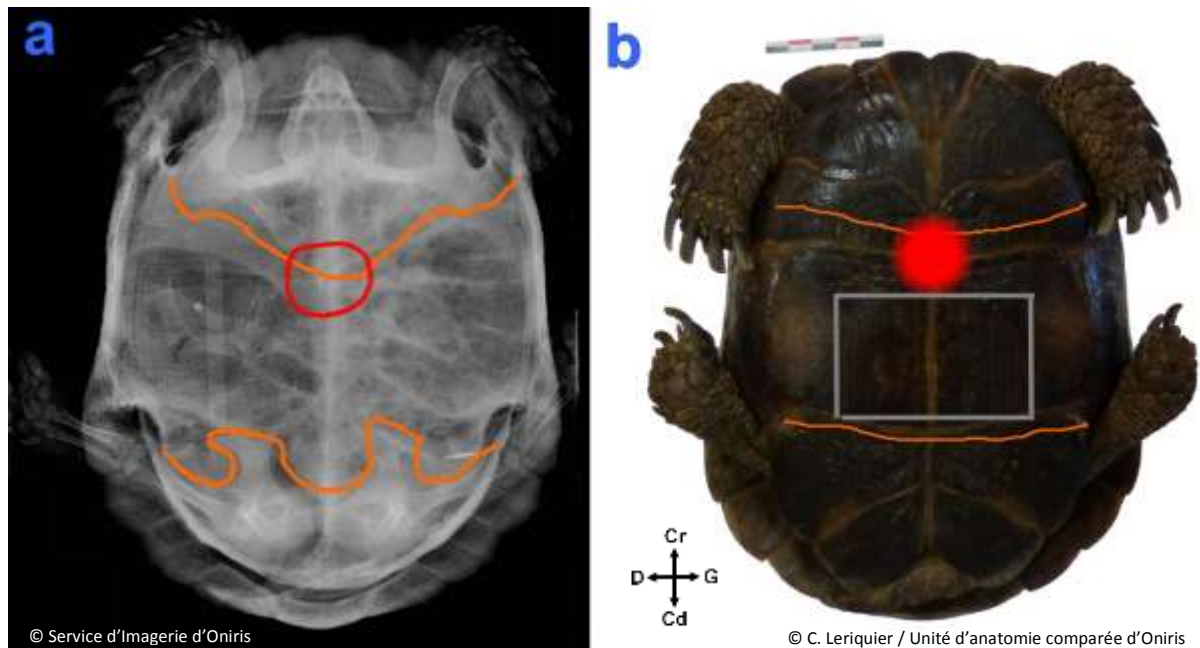


Figure 73 : Préalable à toute plastrotomie

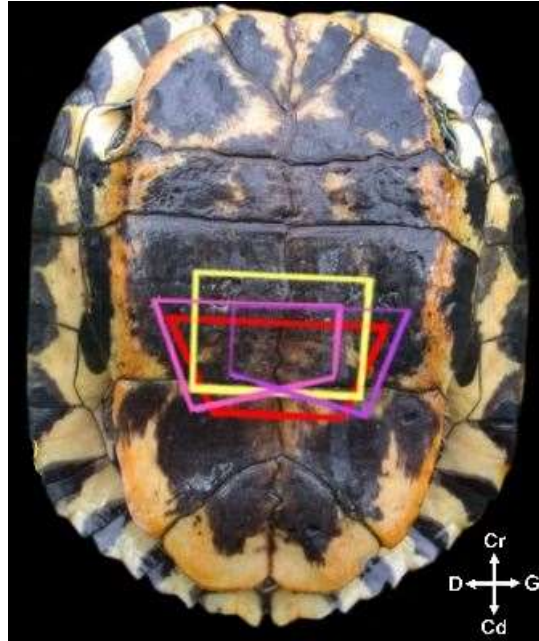


Figure 74 : Différentes localisations de la plastronomie, d'après [15, 42]

En plus du kit chirurgical de base, cette technique de plastronomie nécessite une scie orthopédique stérilisable comme une Dremmel®. La taille utilisable pour la majorité des tortues est un disque de 0,5 mm d'épaisseur (soit 0,021 pouce) et de 2,2 cm de diamètre (soit 7/8 pouce) avec 36 dents. Des fluides doivent être prévus pour bien irriguer la scie pendant son fonctionnement afin d'éviter toute surchauffe qui pourrait entraîner des lésions (figure 75). De plus, il convient de prévoir le matériel nécessaire à la fermeture de la carapace en fin d'intervention : résine d'époxyde ou polyméthacrylate de méthyle. Il ne doit pas être obligatoirement stérile.



Figure 75 : Incision à la scie orthopédique sous irrigation

L'animal est placé en décubitus dorsal et la carapace préparée aseptiquement (figure 68). L'abord chirurgical est alors réalisé : il consiste à pratiquer une ostéotomie temporaire. Le volet plastral est découpé selon une forme rectangulaire ou trapézoïdale si le côté crânial est plus long que le caudal (figure 74).

A l'aide de la scie orthopédique, l'ostéotomie complète est d'abord réalisée sur les côtés latéraux avec une angulation à 45°. Cette angulation permet d'éviter la chute du plastron dans la cavité cœlomique et facilite l'extraction (figure 76). Lors de la fermeture, cet angle autorise également une bonne apposition des os du plastron de part et d'autre des lignes de section. Une aiguille de 25G est alors utilisée pour vérifier que les coupes intéressent la totalité de l'épaisseur du plastron. Ensuite, l'incision crâniale est faite en prenant soin de ne pas léser le cœur.

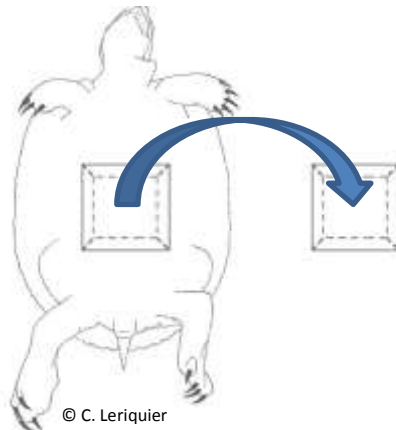


Figure 76 : Schématisation de l'angulation du volet plastral

Enfin, l'incision caudale est réalisée en portant une attention particulière à la ceinture pelvienne. Il convient de ne pas inciser les muscles sous-jacents (*m. obliquus abdominis*, *m. attrahens pelvis*, *m. retrahens pelvis*) afin de maintenir la vascularisation, ce qui aiderait la cicatrisation osseuse. Pour cela, le volet est élevé à l'aide d'un élévateur à périoste, un manche de bistouri ou une aiguille afin d'exposer les attaches musculaires. Une dissection mousse est alors réalisée en restant le plus près possible du plastron. Parfois, les veines abdominales sont étroitement associées au plastron et il peut être ainsi nécessaire d'enlever soigneusement le périoste du volet afin de préserver ces vaisseaux avec le reste des tissus mous. A ce stade, il ne reste plus qu'à récliner l'ensemble du volet et de le protéger avec une gaze stérile humidifiée de solution saline stérile (figure 77). Pour certaines tortues, les plus petites, la 4<sup>e</sup> incision peut être inutile : le simple mouvement mécanique de réclinaison peut « créer » cette partie charnière du volet. Néanmoins, la continuité entre le volet et le reste de l'animal est parfois difficile à conserver. Dans ce cas, l'ensemble du volet est séparé du plastron et conservé stérilement et humidifié pour éviter toute dessiccation.

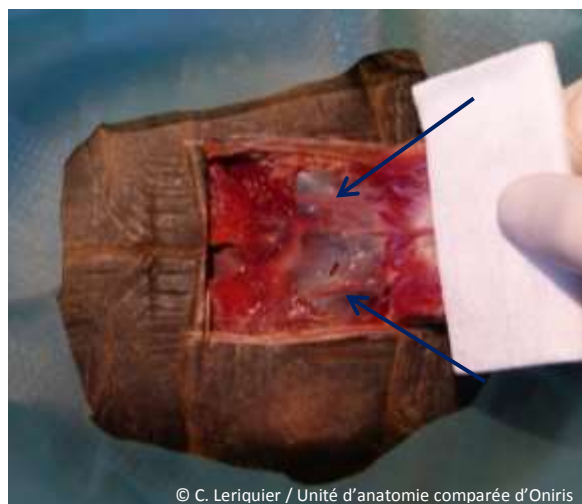


Figure 77 : Réclinaison du volet plastral avec visualisation des veines abdominales

Les veines abdominales sont alors bien visualisées (flèches bleues, figure 77). Parfois, il est nécessaire de ligaturer une de ces deux veines, notamment lors de retrait de grandes structures (calculs par exemple). Deux ligatures sont ainsi mises en place sur le vaisseau à l'aide de monofilament résorbable (figure 78) et l'incision est réalisée entre ces deux ligatures. La ligature des deux veines abdominales est contre-indiquée du fait de l'important désordre circulatoire associé pouvant aboutir à la mort de l'animal. De plus, il faut rester particulièrement prudent toute la durée de la chirurgie, en effet ces veines peuvent devenir presque invisibles du fait d'un vasospasme. Après l'incision de la membrane cœlomique à l'aide d'une lame de bistouri, le temps chirurgical spécifique commence alors suivant la procédure chirurgicale et l'organe intéressé.



Figure 78 : Suture d'une des deux veines abdominales

A la fin de la chirurgie, la cavité cœlomique est flushée à l'aide d'une solution saline chaude afin de retirer tous les débris de carapace pouvant être présents et toute source de contamination possible. Ensuite, la membrane cœlomique est suturée par des points continus ou discontinus avec un fil monofilament résorbable. Le volet plastral est remis en place : la bonne apposition osseuse est vérifiée à l'aide d'une pression douce sur le volet. Des trous sont ensuite percés symétriquement par rapport aux lignes d'incision. Du fil résorbable (polydioxione) ou du fil de cerclage permet alors le bon ancrage du volet en passant par les trous ainsi ménagés (figure 79).



Figure 79 : Points de stabilisation pour fermeture de plastrotomie

Le temps chirurgical stérile est alors terminé. La carapace est précautionneusement nettoyée à l'alcool pour retirer tout débris résiduel et tout film de gras puis séchée. Le volet est alors scellé avec une résine d'époxyde ou acrylique à prise rapide et résistante à l'eau. Suivant les auteurs, il peut être préconisé de mettre en place de la cire osseuse, du lubrifiant ou une pommade antibiotique dans les lignes de coupe afin d'éviter l'écoulement de la résine dans la cavité cœlomique. En général, cette pratique est inutile si la coupe a été réalisée proprement mais est envisageable lorsque la découpe est irrégulière, présentant des trous. Deux manières d'appliquer la résine sont décrites dans la littérature. La résine peut n'être appliquée que sur les lignes d'incision en dépassant d'environ 1 cm de part et d'autre (figure 80). L'autre technique consiste à déposer une couche de résine sur l'ensemble du volet en dépassant de 1 à 2 cm tout autour. Ensuite, de la fibre de verre est mise en place et fusionne avec la résine. Une fois cette couche sèche, une nouvelle couche d'époxyde est appliquée formant ainsi une protection résine d'époxyde-fibre de verre- résine d'époxyde. Les couches ainsi réalisées doivent être le plus fines possibles (figure 81). Dans les deux cas, des sparadraps peuvent être appliqués préalablement pour définir les limites extérieures de la couche de résine (figure 80). De plus, même si ces résines sont exothermiques, la carapace sous-jacente ne souffre pas de dommages.



Figure 80 : Fixation du volet plastral à l'aide de polyméthacrylate de méthyle



Figure 81 : Fixation du volet plastral selon la technique résine époxyde-fibre de verre-résine époxyde

La cicatrisation de la carapace dépend directement de la qualité de la réparation. Plus l'apposition osseuse est bien réalisée, plus la cicatrisation osseuse sera bonne. En outre, le maintien des attaches musculaires (au moins le muscle pectoral antérieur) sur un des côtés du volet permet le maintien de la vascularisation et donc aide à la cicatrisation. Toutefois, dans la majorité des cas, le volet plastral devient un séquestre osseux qui protège provisoirement le développement du nouvel os sous-jacent. La cicatrisation osseuse demande entre 12 et 18 semaines (figure 82) mais la résine est laissée en place environ un an avant retrait. Une radiographie de contrôle peut être réalisée. Néanmoins, la formation du cal osseux n'est pas toujours achevée : ainsi, la radioopacité peut parfois n'être mise en évidence qu'après plusieurs années. La principale complication de cette voie d'abord est liée à cette cicatrisation osseuse : il s'agit de l'ostéomyélite (figure 82). On observe alors la persistance d'un défaut osseux au centre du plastron. La cicatrisation ne se fait plus et est associée à une infection entraînant une nécrose osseuse. Ces dommages sont en général irréversibles ; une antibiothérapie peut simplement tenter de contrôler l'infection.



Figure 82 : Deux évolutions possibles du site de plastrotomie, favorable par cicatrisation en première intention à gauche ou défavorable avec de l'ostéomyélite à droite, d'après [83]

Un cas particulier est à noter pour les jeunes tortues du fait de leur carapace encore molle. L'incision se fait alors entre les plaques osseuses avec simplement une lame de bistouri de 11. Après le temps chirurgical, la fermeture se fait uniquement avec des points de suture simple ou des agrafes chirurgicales (figure 83). Une fine couche d'époxyde peut quand même être appliquée sur la ligne d'incision ; elle peut tomber lors de la croissance de l'animal.



Figure 83 : Une plastrotomie chez une jeune tortue, d'après [83]

Cette voie d'abord présente l'avantage d'offrir un accès large et une bonne visibilité de tous les organes de la cavité coelomique. Il permet ainsi l'extraction de gros corps étrangers comme des calculs urinaires. Toutefois, cette technique est très invasive et très douloureuse. De plus, elle nécessite un temps chirurgical plus important et une cicatrisation plus longue qu'une voie d'abord par les tissus mous comme l'abord préfémorel. C'est pourquoi elle est difficile à mettre en œuvre chez des tortues aquatiques sauvages dans des contextes de réhabilitation.

2) Coeliotomie précururale ou abord inguinal ou incision préfémorele  
[1, 7, 8, 13, 43, 58, 83, 91, 95, 105]

Cette voie d'abord est la principale alternative de la plastrotomie. Elle est de plus en plus utilisée même si l'accès aux organes est plus réduit. Elle a été décrite pour la première fois en 1981 par Isenbugel et en 1984 par Brannian.

Aucune considération préliminaire n'est associée à cette technique. Toutefois, lors d'une atteinte unilatérale du système reproducteur, il convient de bien définir la partie concernée pour inciser du même côté. De même, le matériel est assez classiquement celui de base ou les chirurgies des tissus mous. Un crochet à ovariectomie peut être utilisé ainsi qu'un endoscope pour aider à la visualisation. Enfin, des écarteurs de Weitlaner ou de type Lonestar® peuvent être utilisés (figure 84).



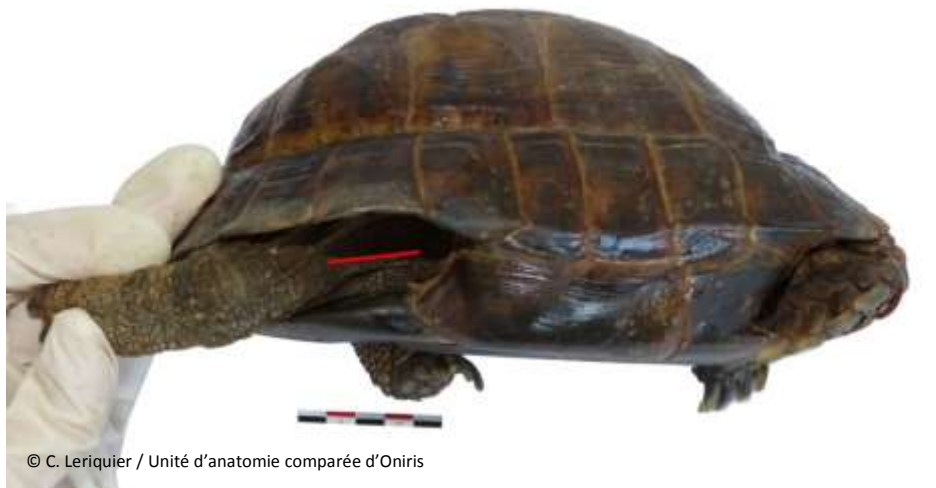
Figure 84 : Ecarteurs utilisables pour la voie d'abord précururale, Weitlaner à gauche et Lonestar à droite

L'animal est positionné en décubitus dorsal ou latéral (figure 85). Le membre postérieur ipsilatéral est tiré vers l'arrière et accroché sécuritairement caudalement. Pour bien dégager la fosse préfémorele, les deux membres postérieurs peuvent également être accrochés ensemble. Une table chirurgicale inclinable peut être utilisée : en positionnant la tête de la tortue en hauteur, les organes se reposent par gravité contre la fosse. La fosse fémorale est désinfectée classiquement (cf.2.1.1.2.).



Figure 85 : Positionnement en décubitus latéral chez une tortue « Giant Aldabra » d'après [1]

Tout d'abord, la peau est incisée dans l'espace de rétraction du membre postérieur. A cette localisation, elle est souple et facile à inciser. L'incision est faite à l'aide d'une lame de bistouri selon une ligne horizontale d'environ 1,5-2 cm à égale distance entre la dossière et le plastron (figure 86) ; elle peut être curviligne suivant le bord cranio-médial de la cuisse le long du plastron chez de grands individus [105].



© C. Leriquier / Unité d'anatomie comparée d'Oniris

Figure 86 : Localisation de l'incision cutanée

Ensuite, une dissection mousse est réalisée crânialement au muscle sartorius et ventralement aux muscles iliaques. Les muscles abdominaux (transverse et oblique) sont alors visualisés (figure 87) et incisés selon la même ligne que l'incision cutanée. Il faut faire attention à la veine fémorale qui émerge du canal inguinal et donc passe au bord crânial de la cuisse. Une variante existe : un mosquito peut être utilisé pour ponctionner les deux couches musculaires selon le même principe que lors d'une ovariectomie par les flancs chez les chiennes. La membrane coelomique est associée au fascia profond du muscle abdominal transverse : elle est donc généralement incisée en même temps que les deux couches musculaires. Cette membrane est une couche très fibreuse. C'est pourquoi si la technique de ponction est choisie, la force à appliquer doit être assez importante.



Figure 87 : Visualisation de l'aponévrose des muscles abdominaux, d'après [1]

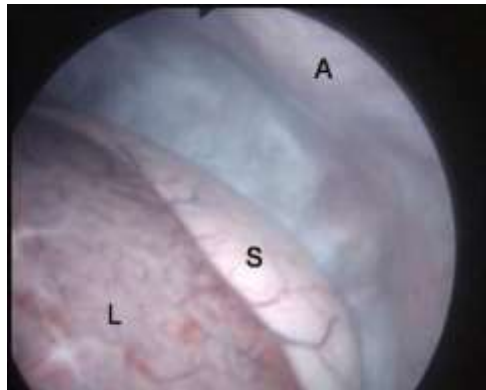
A cette étape du protocole chirurgical, les différents organes cœlomiques peuvent être visualisés. Des fils de traction peuvent être mis en place pour améliorer cette visualisation mais l'utilisation d'écarteurs est en général suffisante. Chez les femelles, les ovaires et la portion utérine participant à la formation de la coquille sont visualisés en premier. Une simple réclinaison de ces structures permet d'accéder à la vessie. Chez les mâles, la vessie est directement visualisable. D'autres organes sont observables, les plus profonds nécessitant l'utilisation d'un endoscope ou d'un simple otoscope : les anses intestinales du jéjunum au côlon avec une plus grande portion extériorisation par l'abord droit, les portions caudales des reins, les glandes surrénales, les lobes caudaux du foie, les poumons. Les étapes suivantes constituent le temps chirurgical spécifique dépendant de l'indication de l'intervention.

La fin de la chirurgie consiste en la fermeture qui se fait en deux plans. Le premier concerne la membrane cœlomique, les muscles et la couche adipeuse : ils sont suturés à l'aide d'un fil monofilament résorbable selon un surjet simple ou des points simples discontinus selon la préférence du chirurgien. Ensuite, le deuxième plan concerne la peau. La suture cutanée est généralement réalisée avec des points éversants discontinus en utilisant du fil monofilament résorbable ou avec des agrafes chirurgicales (cf.2.1.3). Quel que soit le choix de la suture, elle est retirée 4 semaines après la chirurgie. La principale complication de cette voie d'abord est la déhiscence des sutures.

Cette voie d'abord offre de nombreux avantages. Historiquement développée chez les Chéloniens avec une grande fosse préfémorale, c'est-à-dire les espèces à petit plastron comme les tortues marines ou serpentines, elle est désormais utilisable même chez les petites tortues avec ou sans assistance d'un endoscope. Cette approche permet d'accéder à de nombreux organes et ainsi à de nombreuses indications, notamment le sexage, les entérotomies (pour les retraits de corps étrangers par exemple), les colopexies, les ovariectomies, les salpingectomies et salpingotomies (pour les retraits d'œufs par exemple), les orchidectomies, les cystotomies (le retrait de calculs vésicaux par exemple), etc. De plus, cette cœliotomie est une technique plus rapide et plus facile que la plastrotomie mais également moins douloureuse. Elle offre aussi une cicatrisation plus rapide, de 3 à 5 semaines du fait de la seule implication de tissus mous. Néanmoins, elle présente l'inconvénient de permettre un accès aux organes cœlomiques moins grand, variable selon les espèces et incomplet. Ainsi, l'estomac et le duodénum ne sont pas accessibles, en effet ils se trouvent dans la région crâniale de la cavité cœlomique.

### 3) Abord axillaire [24, 25]

Cet abord n'a été décrit que récemment pour permettre notamment le retrait d'hameçons situés dans la partie gastroduodénale du tractus digestif. L'abord se fait ainsi toujours dans la fosse axillaire gauche. Des images endoscopiques permettent de révéler l'absence de structures anatomiques importantes entre la peau et l'estomac (figure 88).



**A : Membrane cœlomique  
en région axillaire**

**S : Estomac**

**L : Foie**

Figure 88 : Visualisation de la cavité cœlomique par endoscopie par voie axillaire, d'après [25]

Aucune considération préliminaire n'est associée à cette technique. Des radiographies préopératoires peuvent cependant être réalisées afin de définir précisément la localisation des corps étrangers digestifs. En effet, si ces derniers se trouvent dans des parties plus distales (à partir du jéjunum), c'est l'approche préfémorale qui est indiquée. De plus, le matériel est assez classique : le kit de chirurgie des tissus mous auquel il faut ajouter une pince d'Allis pour permettre la préhension de l'estomac ou des anses duodénales (figure 89).



© medicalexpo.fr

Figure 89 : Pince d'Allis

L'animal est positionné en décubitus dorsal et le site chirurgical préparé de manière aseptique (cf. **2.1.1.2.**). Une incision cutanée de 4-6 cm de longueur est réalisée à l'aide d'une lame de bistouri à une distance d'environ 1-1,5 cm du bord du plastron (figure 90). Les tissus sous-cutanés adipeux sont ensuite disséqués afin de permettre la visualisation du *m. pectoralis major*. Celui-ci est également disséqué dans le sens des fibres soit dans la longueur. Ensuite, le *m. coraco-brachialis* est visualisé et disséqué. Enfin, la membrane cœlomique ainsi mise en évidence est incisée à l'aide de la lame de bistouri. A l'entrée de la cavité cœlomique, on peut alors observer l'estomac situé dorsalement au lobe hépatique gauche mais également le duodénum en effectuant une traction délicate sur l'estomac. Le temps chirurgical spécifique peut alors commencer : le chirurgien peut donc intervenir sur l'estomac, le duodénum et le foie (figure 88).



Figure 90 : Schématisation de l'abord axillaire avec extériorisation de l'estomac, d'après [25]

A la fin de la chirurgie décrite par Di Bello et *al.*, la membrane cœlomique et les plans musculaires sont suturés ensemble avec des points simples discontinus à l'aide de fil tressé résorbable (Vicryl®). Un surjet sous-cutané est réalisé avec le même fil. Du fil monofilament résorbable est également utilisable. Enfin, la peau est suturée avec des points discontinus à l'aide d'un fil monofilament résorbable. Des agrafes chirurgicales pourraient également être utilisées. La principale complication de cette voie d'abord est la déhiscence des sutures.

Cette technique a l'avantage, en comparaison avec la plastrotomie, d'offrir un temps chirurgical et une convalescence plus courts. En effet, le site chirurgical cicatrise en 3-5 semaines seulement, ce qui est intéressant notamment en contexte de réhabilitation. Elle permet ainsi un accès facile à l'estomac, au duodénum et au foie en absence de vaisseaux ou de nerfs importants. De plus, les tissus mous de la région sont assez élastiques. Enfin, cette approche est utilisable même chez les petites tortues : du fait du décubitus dorsal, l'espace entre la peau et l'estomac est augmenté, évitant ainsi des lésions iatrogènes. Toutefois, cet espace demeure réduit ; l'articulation scapulohumérale et les muscles pectoraux étant très développés.

### 2.2.2. Chirurgie de l'appareil digestif

#### 1) Pose d'un tube d'œsophagostomie [1, 29, 80, 97, 121, 132]

Dans de nombreuses circonstances, les Chéloniens peuvent être anorexiques : maladies, douleur, hospitalisation, importation récente, etc. Il est alors nécessaire de pouvoir les alimenter : la pose d'un tube d'œsophagostomie est indiquée et évite d'éventuels traumatismes iatrogéniques de la mandibule ou de la rhamphothèque. Cette procédure chirurgicale est assez simple à réaliser et doit donc être connue du praticien. Ce type de tube d'alimentation est très bien supporté par les Chéloniens. Comme pour les mammifères, il peut également servir à administrer des médicaments et rester en place même au début de la reprise d'une alimentation spontanée.

Le matériel nécessaire est assez simple : un simple cathéter en caoutchouc souple rouge (figure 91). Pour une tortue d'1 kg, un tube de 16 G est conseillé. Pour mesurer la longueur nécessaire, il convient de placer l'extrémité du tube à la limite entre les écailles pectorales et les écailles abdominales, là où se trouve approximativement l'estomac. Une trace peut être faite au marqueur à l'endroit où le cou en extension et la carapace se touchent. Ensuite, l'extrémité distale arrondie du tube doit être coupée et des trous supplémentaires percés sur les côtés. Un trou supplémentaire peut être réalisé pour limiter encore davantage le risque que le matériel alimentaire ne bouche le tube. Pour cela, il suffit de plier le tube sur lui-même et de percer un petit trou au niveau du pli observé.

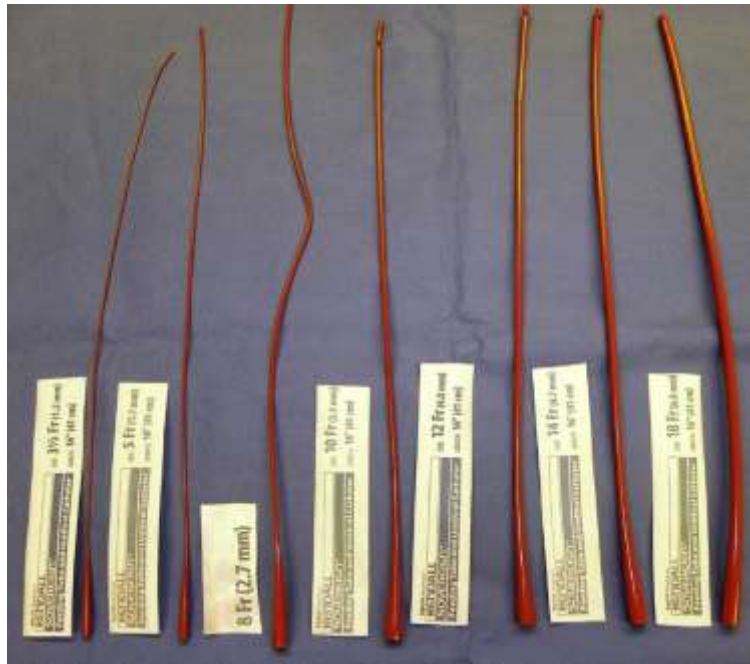


Figure 91 : Plusieurs tailles de tubes d'œsophagostomie, d'après [1]

Une anesthésie générale est nécessaire pour la mise en place d'un tube d'œsophagostomie : elle est généralement réalisée par voie injectable, par exemple avec du propofol en intraveineuse ou un mélange de kétamine/médétomidine en intramusculaire. Sur certains Chéloniens particulièrement débilisés, une anesthésie locale à la lidocaïne peut être suffisante. L'animal est placé en décubitus latéral droit ou en décubitus ventral, le cou maintenu en extension. Le côté latéral gauche du cou est préparé chirurgicalement (cf. 2.1.1.2.).

Une pince hémostatique courbe Rochester-Carmalt est insérée dans l'œsophage jusqu'à l'entrée de la carapace. Le bout de la pince met en tension la peau en la surélevant sur le côté latéral gauche du cou. Une incision d'environ 5 mm est réalisée sur la pince à l'aide d'une lame de bistouri : la peau, les tissus sous-cutanés et la paroi de l'œsophage sont ainsi traversés en même temps, permettant la visualisation du bout de la pince. Lors de cette procédure, il faut garder à l'esprit la présence de la veine jugulaire (bleu) et de l'artère carotide (rouge) dans la région (figure 92). Néanmoins, la « tente » formée par la pince garantit le déplacement de part et d'autre de la zone incisée de ces vaisseaux. Ainsi, l'incision de ces vaisseaux et donc les saignements importants associés sont une complication presque inexistante.



Figure 92 : Précautions à prendre pour l'incision cutanée, d'après [1]

Le bout distal du cathéter est saisi entre les mors de la pince (figure 93-a) et tiré dans l'œsophage jusqu'à la cavité buccale (passage rétrograde). Cela permet de confirmer la bonne localisation du cathéter avant de le plier sur lui-même pour le réinsérer antérogradement dans l'œsophage (figure 93-b). Cette étape doit être réalisée très précautionneusement, notamment au niveau de l'incision cutanée. Le cathéter est ensuite doucement poussé jusqu'à l'estomac ; le trait réalisé au marqueur de manière préliminaire se retrouvant au niveau de l'incision.

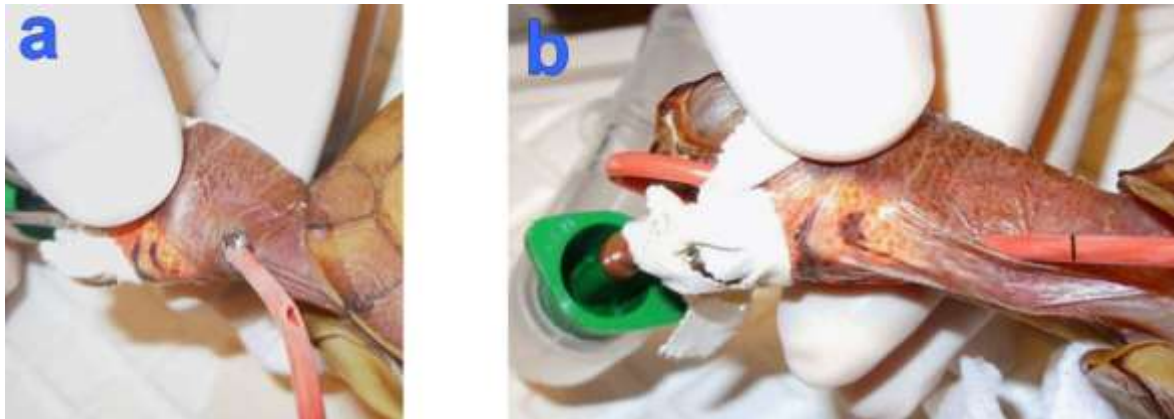


Figure 93 : Deux étapes de la pose du tube d'œsophagostomie, d'après [132]

Pour fixer la sonde d'alimentation, une suture en bourse est réalisée au niveau de l'incision cutanée ainsi qu'un lacet chinois pour sécuriser l'ensemble avec le reste du fil monofilament résorbable utilisé (figure 94-a). La suture cutanée ne doit pas être trop serrée pour éviter toute nécrose. Un robinet trois voies, un bouchon de cathéter ou tout autre adaptateur compatible est placé à l'extrémité libre du tube qui est fixée à l'aide de sparadrap ou de colle chirurgicale à la surface de la carapace (figure 94-b).

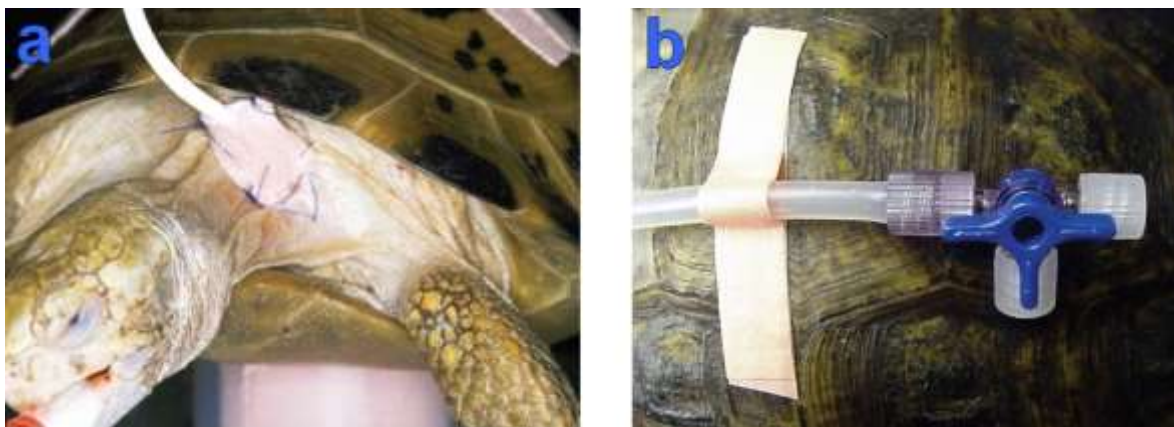


Figure 94 : Fixation d'un tube d'œsophagostomie, d'après [1]

Le bon positionnement de ce tube œsophagien est vérifié radiographiquement. Du produit de contraste peut être injecté par le tube en cas de doute. Le tube est alors prêt à être utilisé. L'alimentation doit être assez liquide et énergétique : le « *Carnivore Care* » ou le « *Herbivore Care* » d'Oxbow® est utilisable, suivant le régime alimentaire de la tortue. Après chaque repas, il est important de flusher l'ensemble du tube à l'aide d'eau potable. En effet, la principale complication de cette procédure est l'obstruction totale du tube. 2 à 3 mL de Coca-Cola® peut être injecté par le tube : du fait de ses propriétés effervescentes et acides, il permet souvent de déboucher la sonde.

D'autres complications sont rapportées. Le tube peut être retiré accidentellement lors des mouvements de l'animal. Pour éviter qu'il ne marche dessus, il convient de porter une attention particulière à l'espace disponible entre la peau cervicale et le tube qui ne doit pas permettre le passage du membre antérieur. La croissance de *Candida* sp., flore comme du tractus digestif des Chéloniens, est rapportée dans et autour du tube. L'instillation de chlorhexidine diluée en petites quantités par le tube peut être réalisée de manière hebdomadaire afin d'éviter cette surcroissance de levures. Enfin, le positionnement du tube n'est parfois pas idéal. Du fait d'une courbure terminale de l'œsophage très marquée chez certaines espèces, le passage du cardia est difficile voire irréalisable. Dans ce cas, les volumes de nourriture à administrer doivent être réduits car ils transitent dans une petite portion de l'œsophage avant d'atteindre l'estomac. A l'inverse, le tube peut être introduit trop caudalement : son extrémité distale peut alors former une valve avec la muqueuse voire même pénétrer la paroi stomacale. La vérification par imagerie est alors particulièrement importante pour éviter ces lésions de l'estomac ainsi que les stomatites et cœlomites secondaires.

Lorsque la prise alimentaire spontanée est convenable et le poids de la tortue stable, cette sonde de nutrition peut être retirée. Il suffit de couper la suture mise en place et de tirer doucement sur le tube pour le retirer. La cicatrisation de l'ouverture chirurgicale se fait par seconde intention en quelques semaines. Il convient de nettoyer quotidiennement les éventuels débris caséux et d'appliquer un désinfectant local comme de la chlorhexidine diluée à 0,05 %. Généralement, au bout d'un mois, aucune trace de l'intervention chirurgicale n'est visible.

## 2) Œsophagostomie [24, 70]

Une œsophagostomie est généralement pratiquée en présence de corps étrangers œsophagiens, comme des appâts de pêche chez les tortues marines. Lorsque le retrait par endoscopie n'est pas réalisable par défaut de matériel adéquat ou du fait d'un accrochage trop important à la muqueuse, l'exérèse chirurgicale doit être envisagée. Il est important de réaliser une radiographie pour définir précisément dans quelle portion de l'œsophage se trouve le corps étranger lorsque celui-ci est radioopaque (figure 95).

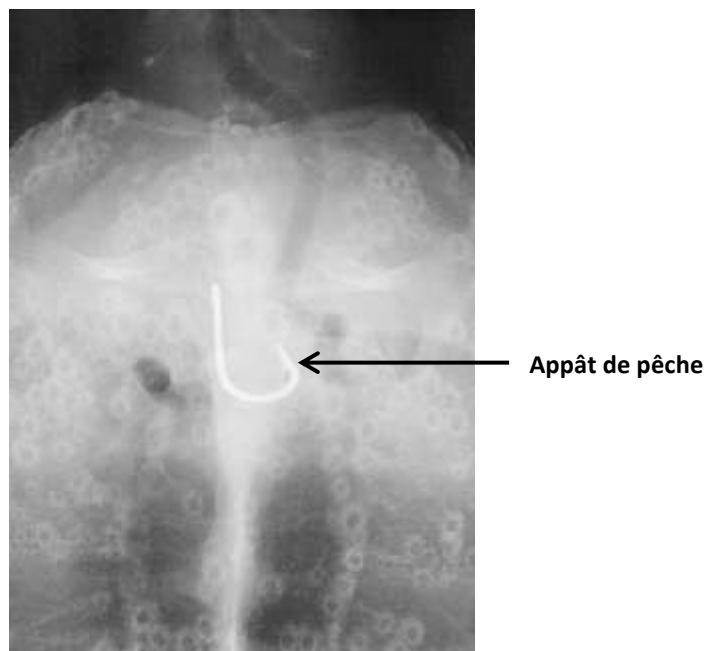


Figure 95 : Radiographie dorso-ventrale chez une *Caretta caretta*, d'après [70]

Pour les portions les plus crânielles, une incision cutanée peut être réalisée sur le côté du cou selon les mêmes premières étapes que pour la pose d'un tube d'œsophagostomie (cf. **2.2.2.2.**). En incisant au regard de la zone d'attache de l'appât visualisée grâce à l'insertion préalable d'un tube œsophagien, l'hameçon est ainsi délicatement retiré de la muqueuse œsophagienne sans provoquer de déchirement. Les tissus sous cutanés sont suturés avec un surjet simple à l'aide de fil monofilament résorbable et la peau avec des points en U discontinus à l'aide du même fil.

Pour les portions les plus caudales et donc cœlomiques, l'abord chirurgical est plus complexe. L'animal est placé en décubitus dorsal. La peau située à la jonction entre le cou et le bord crânial du plastron est préparée de manière aseptique (cf. **2.1.1.2.**). Une incision cutanée est réalisée au niveau de cette jonction à l'aide d'une lame de bistouri. Les tissus sous cutanés et la musculature cervicale (cf. **1.2.1**) sont disséqués délicatement aux ciseaux de Metzenbaum dans le sens longitudinal des fibres. La partie cœlomique de l'œsophage est ainsi visualisée. A l'aide d'une pince de Babcock, l'œsophage est saisi et extériorisé. Si l'œsophage est rompu, un surjet simple à l'aide d'un fil monofilament résorbable peut être réalisé. Pour les plans sous cutané et cutané, les sutures sont les mêmes que décrites ci-dessus pour les portions crânielles. Il faut noter que cette voie d'abord permet également d'accéder à la partie cœlomique de la trachée.

Les principales complications de ces procédures sont un déchirement important de la paroi de l'œsophage en peropératoire mais également la présence d'une sténose œsophagienne aux sites de sutures après cicatrisation. La section des vaisseaux à proximité (veine jugulaire et artère carotide) est un incident peropératoire très rare.

### 3) Gastrotomie [24, 25, 31, 83]

La réalisation d'une gastrotomie, c'est-à-dire d'une ouverture chirurgicale de l'estomac, est indiquée pour le retrait de corps étrangers stomacaux. Il peut s'agir de gravier ou d'hameçons. Parfois, ces corps étrangers peuvent être retirés par endoscopie. Lorsque cela se révèle impossible (défaut de matériel, ancrage du corps étrangers dans la muqueuse, etc.), une approche chirurgicale par cœliotomie est nécessaire.

Historiquement, l'accès à l'estomac se faisait à l'aide d'une plastrotomie (cf. **2.2.1.1.**). Malgré la bonne visualisation permise par cette voie d'abord, l'approche par voie axillaire (cf. **2.2.1.3.**) moins invasive semble désormais privilégiée. En effet, on observe une proximité anatomique entre la grande courbure de l'estomac et la peau de la région axillaire (figure 96). De plus, cette deuxième possibilité chirurgicale offre l'avantage de réduire le temps chirurgical et donc anesthésique. C'est pourquoi la gastrotomie par la voie d'abord axillaire est à favoriser.

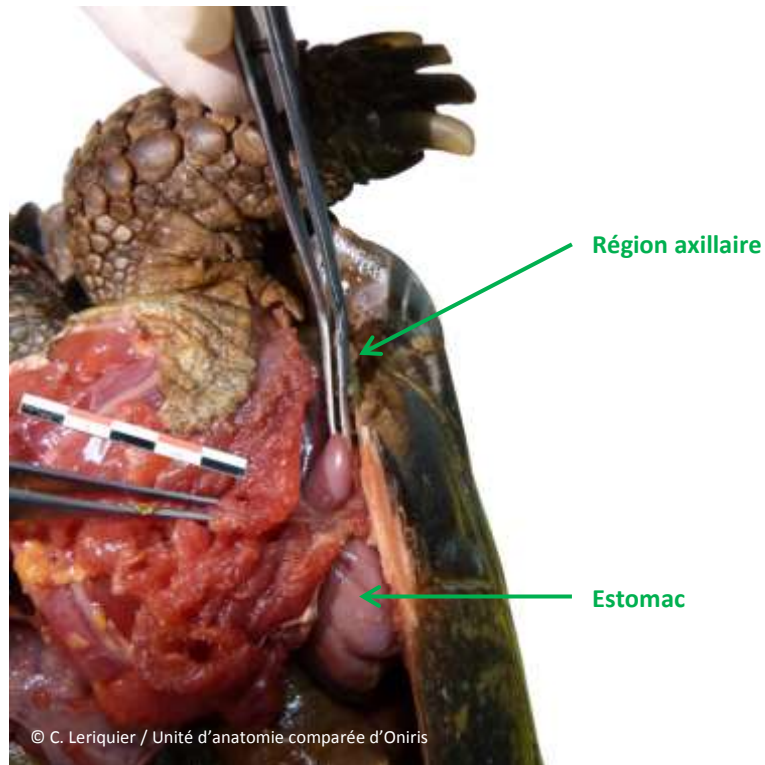


Figure 96 : Visualisation de la proximité anatomique à l'aide d'une dissection orientée

Quelle que soit la voie d'abord choisie, la gastrotomie est réalisée traditionnellement, comme chez les carnivores domestiques. L'estomac est isolé des autres organes grâce à des compresses abdominales stériles. Dans le cas d'une approche axillaire, l'estomac est préalablement extériorisé par l'incision cutanée (figure 97). Des points de traction peuvent être mis en place afin de faciliter la manipulation de l'estomac.



Figure 97 : Extériorisation de l'estomac par voie axillaire chez une *Caretta caretta*, d'après [24]

L'incision de la paroi stomacale est faite dans une zone la moins vascularisée possible, environ à égale distance entre la grande et la petite courbure. Il convient de porter une attention particulière à ne pas inciser de manière trop proche du pylore afin d'éviter une obstruction secondaire à la cicatrisation. La paroi est ainsi d'abord ponctionnée à l'aide d'une lame de bistouri puis l'ouverture est élargie avec des ciseaux de Metzenbaum. Le corps étranger est alors retiré.

L'intérieur de l'estomac est flushé à l'aide d'une solution saline stérile tiède. L'incision stomacale est refermée avec du fil résorbable par une suture en deux plans : la séreuse, la musculuse et la sous muqueuse sont suturées avec un surjet simple. Ensuite, les couches séreuse et musculuse sont fermées à l'aide d'un surjet enfouissant de Lambert ou de Cushing. L'estomac est alors réintégré à sa position initiale et la fermeture de la voie d'abord, transplastrale ou axillaire, est réalisée comme décrit précédemment. Il convient d'utiliser de nouveaux instruments stériles et changer de gants avant cette étape finale de la chirurgie.

La principale complication de la gastrotomie est la déhiscence des sutures pouvant entraîner une cœlomite et à terme, la mort de l'animal. Ainsi, la tortue opérée doit reprendre une alimentation normale rapidement et doit être particulièrement surveillée pendant la première semaine post-opératoire.

#### 4) Entérotomie/Entérectomie [31, 43, 68, 83, 113, 123]

Une entérotomie, c'est-à-dire l'incision de la paroi de l'intestin, doit être considérée lors de mise en évidence de corps étrangers intestinaux (gravier, hameçons, etc.), d'obstruction intestinale secondaire aux corps étrangers ou à du parasitisme, de volvulus, d'intussusception, d'impaction ou encore d'atrésie colorectale. Les signes cliniques suggérant un problème intestinal sont des régurgitations, une anorexie, une perte de poids, une constipation. Le diagnostic peut passer par la réalisation de radiographies avec ou sans produit de contraste (figure 98).



Sans produit de contraste



Avec produit de contraste

Figure 98 : Mise en évidence d'une obstruction intestinale avec présence de matériel (flèche noire), d'après [43]

Les premières entérotomies décrites chez les Chéloniens ont été réalisées par plastrotomie (cf. 2.2.1.1.). Le tractus intestinal étant relativement court et attaché par un petit mésentère, il est alors difficile de réaliser une entérotomie des portions les plus crânielles. Toutefois, demeure la possibilité de faire avancer le corps étranger dans une portion plus accessible des anses intestinales et non au fond de la cavité cœlomique. Cette voie d'abord a progressivement été abandonnée au profit d'une approche préfémorale (cf. 2.2.1.2.). En effet, cette dernière est moins invasive et présente l'avantage d'être associée à un temps chirurgical et une cicatrisation plus courts. Toutefois, suivant la taille de la tortue et du corps étranger, l'abord par voie transplastrale peut être le seul praticable.

Quelle que soit la voie d'abord choisie, les anses intestinales d'intérêt sont tout d'abord extériorisées et isolées des autres organes de la cavité coelomique à l'aide de compressives stériles à laparotomie (figure 99). Dans le cas d'un accès par la fosse inguinale, un crochet à ovariectomie peut être utilisé pour faciliter l'extériorisation de l'intestin par l'incision cutanée. La portion intestinale présentant l'anomalie est alors inspectée afin de déterminer si les tissus sont toujours viables.



Figure 99 : Isolement de la portion intestinale contenant le corps étranger (abord transplastral)

Lorsque l'intestin est viable, une simple entérotomie est alors réalisée selon la même technique que pour les chiens et les chats. Une incision de la paroi intestinale sur le bord antimésentérique non vascularisé est effectuée à l'aide d'une lame de bistouri : idéalement, elle ne doit pas être réalisée sur le corps étranger même légèrement en amont ou en aval dans une zone parfaitement saine afin d'optimiser la cicatrisation post-opératoire. Des fils de traction peuvent être mis en place pour faciliter la procédure chirurgicale. Après la levée de l'obstruction intestinale, le site d'entérotomie est refermé à l'aide de points simples discontinus ou d'un surjet (figure 100). Il convient d'apporter une attention particulière à ces sutures, en effet la paroi intestinale est très fine et peut facilement se déchirer. Ainsi, l'utilisation d'une aiguille atraumatique et plutôt d'un monofilament résorbable fin est importante. L'ensemble de la cavité coelomique est alors flushé en grande quantité à l'aide d'une solution saline stérile tiède. Comme pour toute chirurgie septique, le matériel et les gants doivent être remplacés par de nouveaux stériles avant de commencer la suture des plans musculaires et de la peau pour une approche préfémorale.



Figure 100 : Suture du site d'entérotomie après retrait du corps étranger

Toutefois, une portion intestinale peut être sévèrement endommagée et donc non viable (figure 101). C'est le cas pour des corps étrangers traumatiques ou encore une obstruction, un volvulus ou une intussusception évoluant depuis longtemps. Le chirurgien doit alors réaliser une anastomose termino-terminale.



Figure 101 : Lacérations sévères dues à un corps étranger traumatique (abord fémoral), d'après [24]

Dans un premier temps, la partie lésée doit être isolée en mettant en place deux clamps de part et d'autre (soit quatre clamps en tout) en marges saines (figure 102-a). Ensuite, la portion nécrotique est réséquée à l'aide d'une lame de bistouri ou de ciseaux de Metzenbaum après ligature et section préalables des vaisseaux irriguant cette partie intestinale. Si les diamètres des deux portions restantes sont différents, le plus petit doit être incisé de manière oblique (45-60°) afin de s'affranchir de cette disproportion. Les deux segments intestinaux sont suturés entre eux à l'aide de points simples discontinus (figure 102-c): les deux premiers doivent être placés réciproquement du côté mésentérique et antimésentérique (figure 102-b). Il convient d'utiliser une aiguille atraumatique et du monofilament résorbable de petit diamètre.

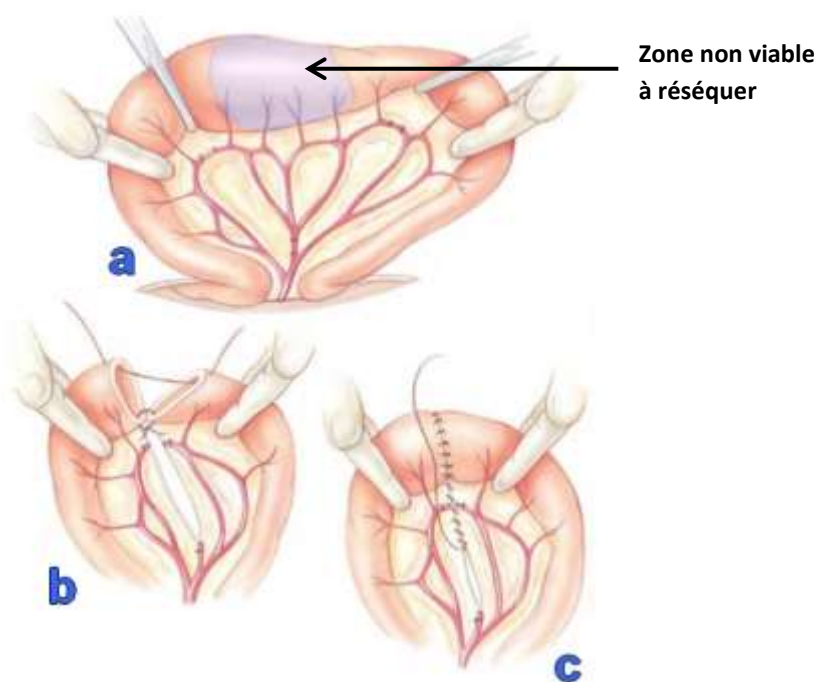


Figure 102 : Principales étapes d'une anastomose termino-terminale, d'après [31]

Comme toute chirurgie digestive, la principale complication à court terme est la déhiscence des sutures qui s'accompagnerait alors d'une coelomite. L'animal en choc septique peut même décéder. C'est pourquoi il convient de bien surveiller la tortue et notamment son état général et son appétit en post-opératoire immédiat. A long terme, on peut également observer des sténoses au niveau des sites chirurgicaux : le diamètre intestinal étant alors réduit par la fibrose trop importante consécutive à la cicatrisation, le transit intestinal peut être ralenti voire arrêter et les corps étrangers arrêtés dans cette région. Dans ce cas, l'animal est prédisposé à présenter de nouvelles obstructions intestinales.

#### 5) Colopexie [1, 83]

Cette technique consistant à fixer une partie du côlon pour éviter son déplacement dans la cavité coelomique est développée avec le prolapsus colique (cf. **2.2.4.4.**). En effet, la principale indication de cette chirurgie est de prévenir une nouvelle survenue de ce type de prolapsus chez les tortues déjà présentées pour ce motif de consultation.

### **2.2.3. Chirurgie de l'appareil reproducteur et urinaire [64, 79, 83, 88]**

#### 1) Orchidectomie [33, 65, 78, 108, 111]

La stérilisation par retrait des testicules ou orchidectomie est indiquée lors de comportements agressifs, pour gérer une population en évitant les sureffectifs et les pontes fertiles non désirées ou encore lors de tumeurs testiculaires. Deux techniques principales ont été décrites : celle par plastrotomie progressivement remplacée par l'approche préfémorale (cf. **2.2.1.1.** et **2.2.1.2.**).

Une fois la cavité coelomique accessible, les testicules doivent être visualisés en région dorsocaudale avant d'être saisis. Il convient de faire attention aux rapports anatomiques de ces gonades : le testicule droit est proche de la veine cave caudale et le testicule gauche de la glande surrénale ; les reins sont également présents à proximité (figure 103). Des ligatures avec du fil résorbable ou des hémoclips sont mises en place au niveau du mésorchium vascularisé et de l'épididyme. Enfin, une incision à l'aide d'une lame de bistouri ou d'un bistouri électrique est faite du côté de la ligature proche du testicule. Cette technique est réalisable chez les Chéloniens mâles peu profonds donc plutôt de petite taille. En effet, le mésorchium est très court et peu extensible (contrairement au mésovarium) ce qui rend difficile l'accès aux testicules et la pose des ligatures. Cette chirurgie nécessite donc une certaine expérience de la part du vétérinaire. De plus, lors d'abord précural, une incision bilatérale est généralement nécessaire.



T : Testicule gauche

E : Epididyme gauche

K : Rein gauche

V : Veine rénale gauche

C : Côlon descendant

L : Poumon gauche

Figure 103 : Rappports anatomiques du testicule gauche, vue cœlioscopique d'après [65]

Du fait de la visualisation et de l'extériorisation difficiles des testicules, des techniques utilisant un endoscope se sont développées, notamment pour les grandes espèces. L'abord se fait alors par la fosse préfémorale (figure 104).

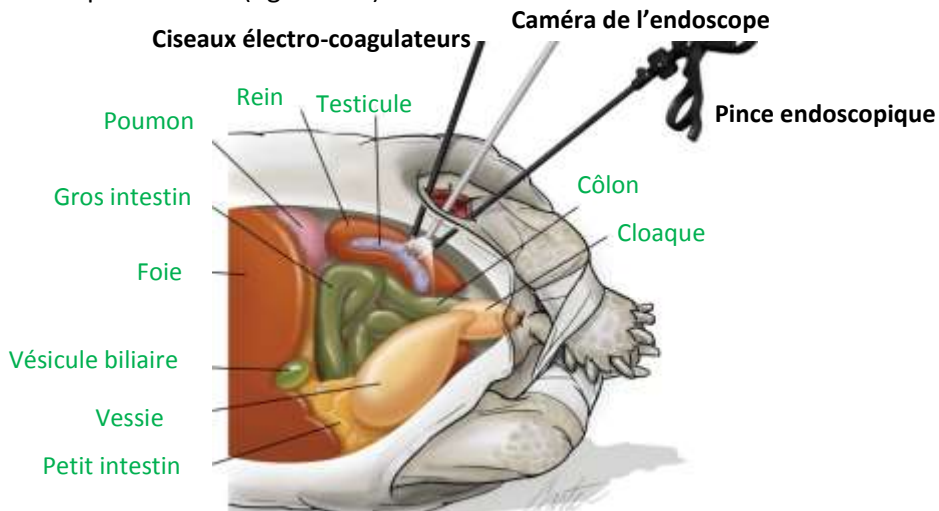


Figure 104 : Positionnement des instruments lors d'une orchidectomie réalisée par endoscopie, d'après [111]

Le principe chirurgical est le même mais réalisé à l'intérieur de la cavité coelomique avec du matériel endoscopique : pince endoscopique, hémoclips ou ciseaux électro-coagulateurs. Après avoir saisi le testicule (figure 105-a), un clip vasculaire peut être mis en place à la base afin de ligaturer en masse l'épididyme et la vascularisation du *mesorchium* (figure 105-b). Le testicule est ensuite simplement coupé à l'aide de ciseaux endoscopiques (figure 105-c). Après retrait du testicule, on peut observer la proximité anatomique avec la glande surrénale (flèche noire, figure 105-d et figure 105-f). Une autre technique endoscopique existe utilisant un autre matériel. Elle est encore plus rapide, en effet l'hémostase et la section se font en un seul geste grâce à des ciseaux électro-coagulateurs monopolaires (figure 105-e).

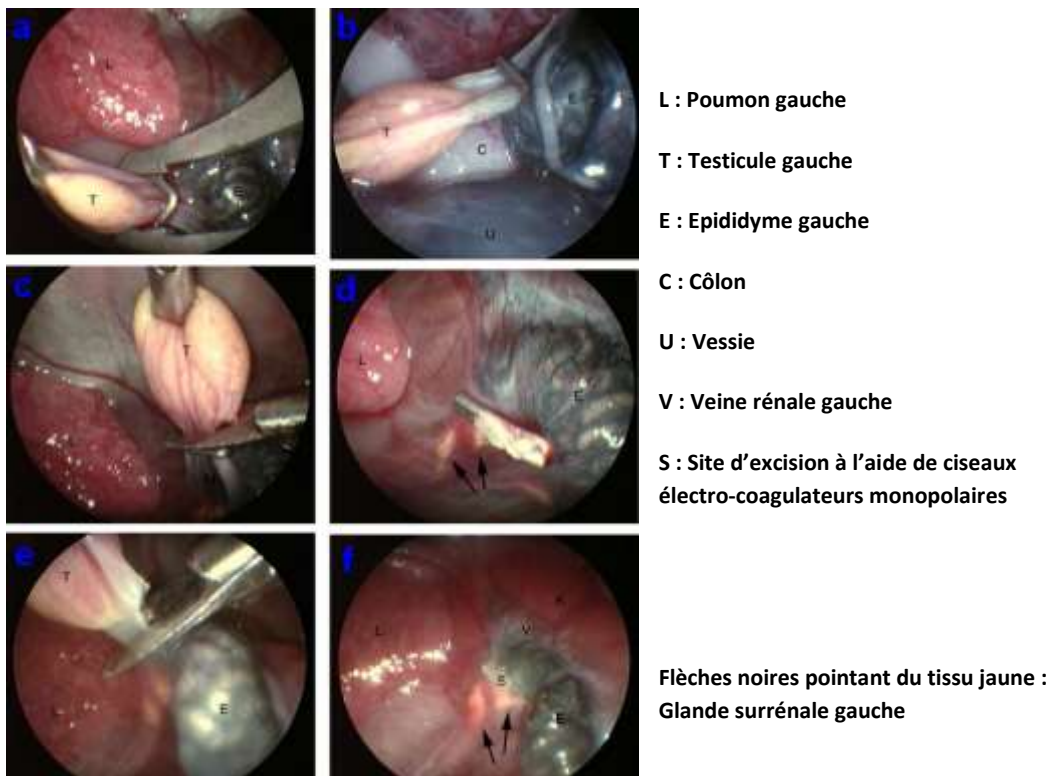


Figure 105 : Différentes étapes d'une orchidectomie par endoscopie selon deux méthodes, d'après [65]

Suivant les espèces, la capacité à visualiser le testicule controlatéral varie. Si elle n'est pas possible, notamment en présence d'une grosse vessie, deux incisions (une pour chaque fosse inguinale) est nécessaire au lieu d'une seule. L'avantage d'utiliser cette technique est que la chirurgie s'effectue avec une petite incision cutanée qui cicatrise donc plus rapidement et qu'elle donne accès même aux testicules profonds des grandes tortues.

Quelle que soit la technique choisie (plastrotomie, abord inguinal ou endoscopie), les complications sont les mêmes : des hémorragies par section de vaisseaux situés à proximité non ligaturés ou des dommages des organes à proximité comme les reins. Le risque de survenue de ces complications est fortement diminué avec l'utilisation de l'endoscope du fait de la meilleure visualisation des structures.

## 2) Ovariectomie ou oophorectomie [4, 66, 75, 81]

Le retrait d'un ou des deux ovaires, également appelé ovariectomie ou oophorectomie, est indiqué pour stériliser préventivement les femelles afin d'éviter des problèmes reproducteurs ou de maîtriser une population comme dans le cas d'espèce invasives (exemple des tortues de Floride - *Trachemys scripta elegans*- mettant en danger la Cistude -*Emys orbicularis*). Une ovariectomie peut également être pratiquée pour une ovarite ou lors de rétention folliculaire pré-ovulatoire ou stase folliculaire. Cette absence d'ovulation se traduit par des signes cliniques non spécifiques : changement de comportement, anorexie et léthargie. Des facteurs de risque ont été identifiés, notamment nutritionnels et environnementaux avec l'absence d'un site de ponte, l'absence de mâle, les situations de stress, de mauvaises conditions de détention, etc. Enfin, cette exérèse chirurgicale est envisageable lors de tumeurs ovariennes comme un tératome. Dans tous les cas, le retrait des deux ovaires entraîne l'atrophie de l'oviducte du fait de l'absence de stimulation hormonale : il n'est donc pas nécessaire de pratiquer une ovariosalpingectomie pour ces indications.

Des considérations préopératoires sont à prendre en compte, notamment pour la chirurgie de convenance qui peut être programmée. Il convient d'attendre la maturité sexuelle de la femelle, qui correspond par exemple à un plastron de 15-16 cm et à un âge de 5-8 ans. Néanmoins, elle peut être envisagée dès que la taille est suffisante, vers 2-3 ans. Pour les tortues vivant dehors, le moment de la phase de repos folliculaire est à privilégier : à la fin de l'été (début août), les follicules sont ainsi moins développés donc plus petits et plus faciles à extérioriser sans risque d'éclatement. Dans le cas d'une stase folliculaire, des examens complémentaires peuvent être réalisés avant la chirurgie : une biochimie, une hématologie et des examens d'imagerie (échographie, radiographies, scanner – figure 106) permettant de renseigner au mieux le chirurgien sur la situation à laquelle il va être confronté.

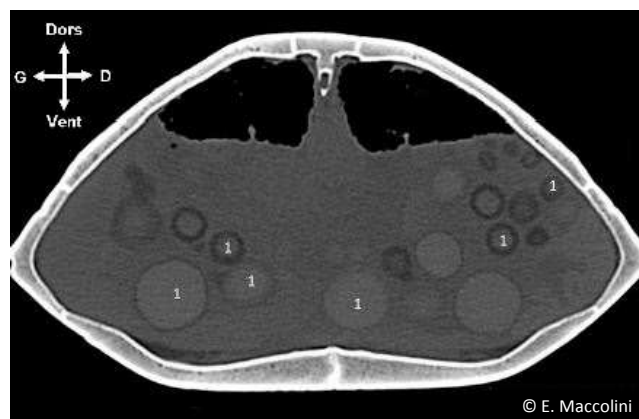


Figure 106 : Image de stase folliculaire obtenue par Ct-Scan, d'après [81]

Deux voies d'abord sont utilisables : la transplastrale et la préfémorale. Leur description ne sera pas reprise ici (cf. 2.2.1.1. et 2.2.1.2.). L'ovariectomie par voie précrurale est à favoriser du fait de son temps chirurgical et de son temps de cicatrisation post-opératoire réduits tout comme la moindre douleur pour l'animal. Toutefois, suivant la taille de l'animal et le matériel disponible, un accès par plastrotomie est tout à fait acceptable.

Quelle que soit l'approche choisie, les ovaires sont facilement repérables. Ces structures jaunes et plurilobées se trouvent ainsi en position cranio-médiane pour une plastrotomie ou directement visualisés après l'entrée dans la cavité coelomique pour un abord préfémoral. Il convient de manipuler délicatement ces ovaires car il s'agit de structures très friables pouvant se rompre à tout moment, risque d'autant plus important lors d'une intervention sur un processus pathologique par rapport à une simple chirurgie de convenance. Le mésovarium est grand et en éventail, ce qui permet d'extérioriser aisément l'ensemble de la grappe ovarienne (figure 107).



Figure 107 : Extériorisation de la grappe ovarienne par abord transplastral (à gauche) et préfémoral (à droite)

Un clamp est ensuite positionné sur le pédicule ovarien et les vaisseaux associés (figure 108). Une ligature en masse à l'aide d'un fil résorbable (figure 108) est réalisée médialement au clamp ou encore des clips vasculaires ou hémoclips peuvent être mis en place. Une attention particulière est nécessaire à ce moment de la chirurgie, en effet l'ovaire droit est proche de la veine cave tandis que l'ovaire gauche est adhérent à la glande surrénale. Après section le long du clamp à l'aide d'une malle de bistouri ou d'un bistouri électrique, le pédicule ovarien est réintroduit en surveillant l'apparition de saignements résiduels. L'étape est répétée pour le deuxième ovaire si nécessaire. Lorsque le potentiel reproducteur veut être conservé et que l'atteinte n'est qu'unilatérale, seul un ovaire est réséqué ; dans ce cas, l'abord précrural se fait d'un seul côté, celui de l'ovaire atteint.

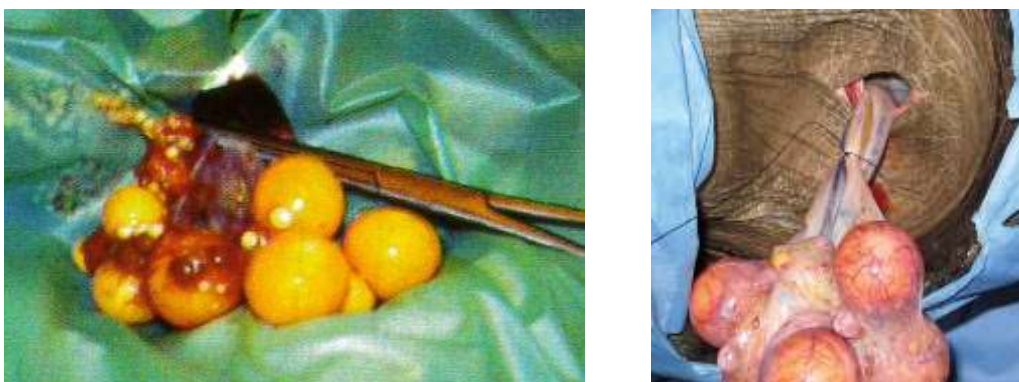


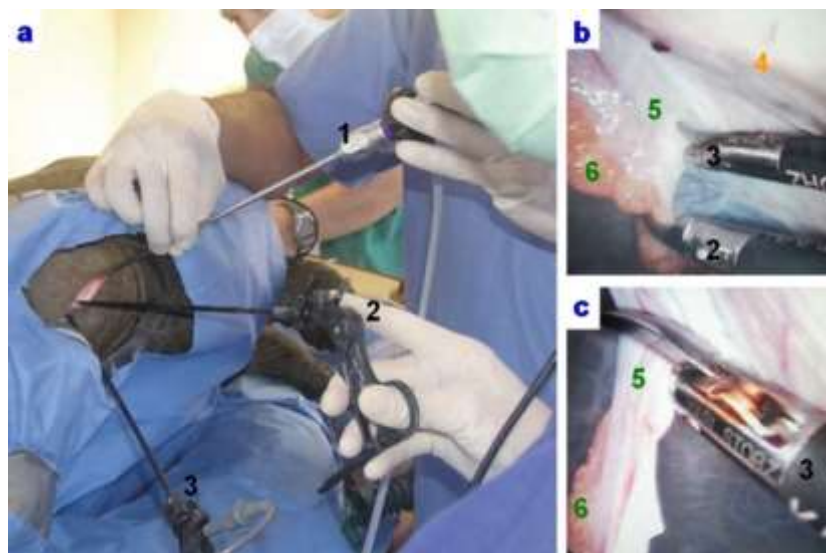
Figure 108 : Positionnement du clamp et ligature en masse (abord préfémoral), d'après [4, 75]

Lors d'une approche préfémorale, l'exérèse des deux ovaires peut se faire avec la même incision préfémorale du fait du mésovarium lâche. Pour certaines espèces, le chirurgien est obligé d'inciser les deux fosses inguinales pour retirer un ovaire de chaque côté du fait de la présence d'une grosse vessie ou pour des animaux de grande taille et donc profond. De plus, certains follicules peuvent être particulièrement gros. L'incision préfémorale doit alors être élargie. Parfois, le chirurgien doit même aspirer le contenu des follicules afin de réduire leur diamètre (figure 109).



Figure 109 : Aspiration du contenu d'un follicule lors d'un abord préfémoral

Toujours avec un abord inguinal, l'utilisation d'un endoscope permet d'obtenir une meilleure visualisation des ovaires qui peuvent être saisis à l'aide de pinces atraumatiques sans nécessité d'une insufflation. Suivant la capacité à extérioriser ou non les ovaires, il peut alors s'agir d'une ovariectomie assistée par endoscopie ou d'une ovariectomie réalisée par endoscopie. L'ovariectomie assistée consiste juste à utiliser l'endoscope pour saisir une partie du mésovarium et ainsi faciliter l'extériorisation de la grappe ovarienne. Après exérèse et réintégration de l'ovaire, la vérification de l'absence de saignement peut également être faite à l'aide de l'endoscope. A l'inverse, l'ovariectomie par endoscopie est mise en œuvre lorsque l'ovaire n'a pas pu être extériorisé, ce qui est souvent le cas chez les tortues immatures. L'ensemble de l'intervention chirurgicale est alors effectuée dans la cavité coelomique de l'animal à l'aide de matériel chirurgical endoscopique (figure 110).



Matériel

- 1- Caméra de l'endoscope
- 2- Pince de 5 mm
- 3- Ciseaux de Metzenbaum électro-coagulateurs

Organes

- 4- Carapace
- 5- Mésovarium
- 6- Ovaire

Figure 110 : Ovariectomie par endoscopie avec un abord préfémoral, d'après [75]

La principale complication est une cœlomite à jaune d'œuf, en effet si la stase folliculaire est prise en charge trop tard, il peut y avoir déchirement des follicules et donc déversement de leur contenu dans la cavité cœlomique. Le chirurgien peut l'observer à l'ouverture de la cavité cœlomique mais il peut également s'agir d'un incident peropératoire. La prise en charge est la même qu'il s'agisse du problème médical initial ou d'une complication (cf. **2.2.3.5**). De plus, des hémorragies peropératoires peuvent être observées. Il convient alors d'aller rechercher le pédicule ovarien qui saigne, de stopper l'hémorragie à l'aide d'un clamp et de refaire une ligature. Enfin, le chirurgien doit veiller à ne laisser aucun tissu ovarien. En effet, la rémanence ovarienne qui est ainsi une complication de cette procédure peut entraîner une ovulation normale. Lors de la subsistance d'une partie de l'ovaire, une nouvelle opération chirurgicale est alors nécessaire.

### 3) Ovariosalpingectomie [23, 64, 66, 72, 81, 83, 89, 95, 96, 105]

L'ovariosalpingectomie, c'est-à-dire l'exérèse des ovaires et des oviductes, est indiquée lors de dystocie ou de rétention d'œufs post-ovulatoire, d'œufs calcifiés, d'œufs ectopiques, de salpingite. La dystocie chez les Chéloniens peut être obstructive à cause d'œufs malformés, brisés ou trop gros, de ponte ectopique, d'anomalie pelvienne, de lithiase ou non obstructive du fait d'une infection du tractus reproducteur, de déficits nutritionnels ou de maladie systémique sous-jacente. Quelle que soit l'origine, au début de l'évolution, l'animal est asymptomatique. Ensuite, des signes cliniques peuvent apparaître : effet masse en région inguinale, cloaque souillé, constipation, obstruction urinaire, prolapsus cloacal, anorexie, léthargie, parésie des postérieurs, etc.

Dans certains articles, l'ovariosalpingectomie est également réalisée lors de stase folliculaire ou lors de stérilisation. Ces deux dernières indications sont discutables car la simple ovariectomie est en général suffisante. En Amérique du Nord, l'ovariosalpingectomie semble habituellement davantage pratiquée comme chirurgie de convenance. La technique est la même que celle pratiquée en situation pathologique mais avec moins de risques chirurgicaux associés du fait d'une activité sexuelle nulle (moins de vascularisation) et de l'absence d'infection associée (ni cœlomite ni salpingite). Nous conseillons néanmoins au praticien de plutôt réaliser une ovariectomie si aucune lésion utérine n'est présente et si aucun œuf n'est présent au niveau de l'oviducte. Le chirurgien doit retenir qu'à l'inverse, les oviductes ne peuvent être retirés seuls. Le risque de jaunes d'œufs intracœlomiques qui ne seraient pas forcément résorbés serait grand. Les signes cliniques seraient les mêmes qu'une rétention d'œufs et la complication principale serait la cœlomite.

Avant de prendre la décision chirurgicale, des examens complémentaires doivent être réalisés et notamment des radiographies. Ces dernières peuvent donner de nombreuses informations en permettant la visualisation indirecte des œufs. Une augmentation de la densité minérale du fait d'une calcification anormale des œufs signe un temps excessif dans l'organisme secondaire à une infection ou toute autre cause ralentissant le transit reproducteur. De même, des œufs de taille et de forme anormales (figure 111) peuvent être mesurés et comparés à la taille du canal pelvien. La chirurgie est généralement le traitement de choix lorsque le traitement médical initialement mis en place (hospitalisation avec bac de ponte, injection de gluconate de calcium et d'ocytocine, extraction des œufs par voie cloacale) échoue.



Figure 111 : Visualisation d'œufs anormaux, d'après [81]

Deux voies d'abord sont utilisables, la transplastrale et la préfémorale, et décrites précédemment (cf. 2.2.1.1. et 2.2.1.2.). L'abord inguinal de plus en plus usité est conseillé du fait de son temps chirurgical et de son temps de cicatrisation post-opératoire réduits tout comme la moindre douleur pour l'animal. Elle peut être mise en œuvre même chez de petites tortues (description chez des *Terrapene carolina carolina* de 400 g). L'utilisation d'un endoscope est également possible pour les petits individus mais l'accès à cet équipement spécifique est plus limité et cher. En outre, les œufs calcifiés sont parfois trop gros et la plastrotomie est alors indispensable (figure 112).



Figure 112 : Ovariosalpingectomie par plastrotomie

Une fois la cœliotomie réalisée avec l'abord choisi, l'ovaire et l'oviducte sont extériorisés. Un crochet à ovariectomie peut être utilisé afin de permettre une manipulation douce des structures (figure 113). Une double ligature des vaisseaux sanguins du *mesosalpinx* et du *mesovarium* avec du monofilament résorbable ou des clips vasculaires est réalisée. La progression des ligatures se fait de l'infundibulum jusqu'au cloaque. Il convient de faire très attention à cette étape car les oviductes sont très vascularisés en période reproductrice active.

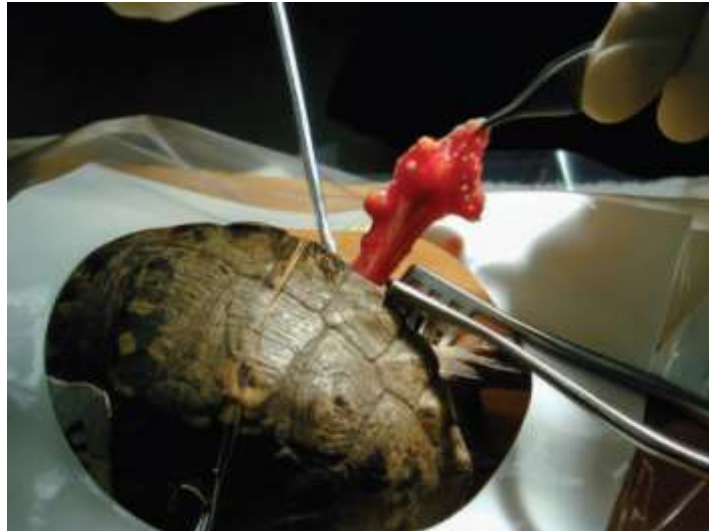


Figure 113 : Extériorisation de l'ovaire et de l'oviducte à l'aide d'un crochet à ovariectomie, d'après [95]

Enfin, deux ligatures transfixantes sont placées sur l'oviducte (figure 114). L'ensemble de l'ovaire et de l'oviducte peut être retiré après section entre ces deux ligatures à l'aide d'une lame de bistouri. Les mêmes étapes sont répétées pour l'autre côté de l'animal, ce qui nécessite parfois un abord par les deux fosses fémorales. Une simple hémiovariosalpingectomie peut toutefois être réalisée afin de conserver le potentiel reproducteur de la tortue (cf. 1.3.5.2.).

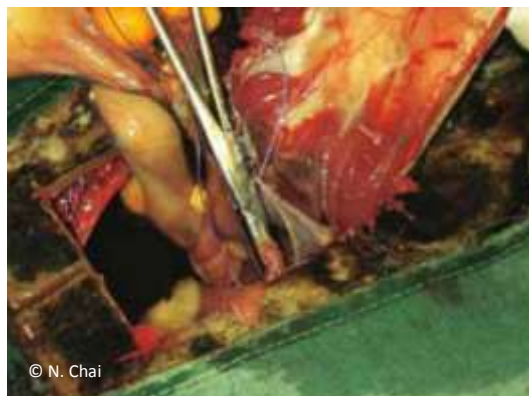


Figure 114 : Pose de la transfixante distale sur l'oviducte, d'après [15]

Les complications sont comparables à celles de l'ovariectomie, même si le risque de cœlomite est plus important du fait des indications mêmes de la chirurgie au départ. Des hémorragies peropératoires peuvent également être observées. Elles sont généralement rapidement résolues par la pose de nouvelles ligatures. Enfin, du fait du retrait de l'ovaire, une rémanence ovarienne reste possible mais peu probable si le chirurgien fait bien attention à retirer tout le tissu ovarien.

#### 4) Salpingotomie [23, 61]

La salpingotomie, comparable dans le principe à la césarienne chez les mammifères, consiste à inciser l'oviducte pour retirer les œufs. Sa principale indication est donc la présence d'œufs calcifiés et la rétention d'œufs avec une volonté de conserver le potentiel reproducteur de l'individu. Une radiographie préopératoire est conseillée afin de compter le nombre d'œufs qui doivent être retirés (figure 115).

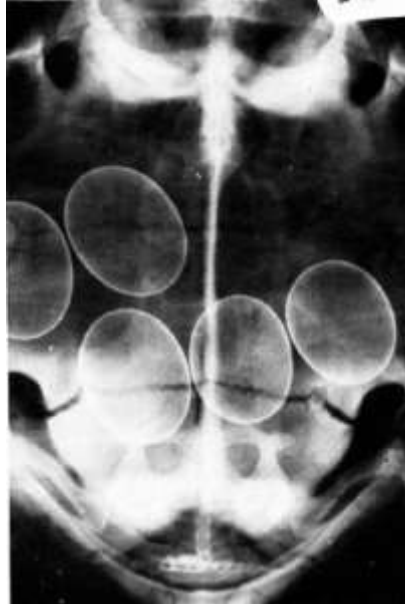


Figure 115 : Visualisation de 5 œufs calcifiés chez une *Testudo hermanni* anorexique, d'après [61]

Comme pour l'ovariectomie ou l'ovariosalpingectomie, l'abord peut se faire par une coeliotomie transplastrale ou précurrale (cf. 2.2.1.1. et 2.2.1.2.). Nous conseillons toujours de favoriser l'abord inguinal du fait de ses nombreux avantages déjà présentés précédemment. Quelle que soit le choix de l'abord, le chirurgien va extérioriser seulement la portion de l'oviducte contenant les œufs à retirer (figure 116). Une incision la plus petite possible mais permettant le passage des œufs est réalisée dans une zone saine à l'aide d'une lame de bistouri. L'ensemble des œufs est retiré par cette unique incision de l'oviducte. Bien entendu, si des œufs sont présents dans chacun des deux oviductes, une incision est nécessaire pour chaque côté. A la fin de l'intervention, l'incision de l'oviducte est fermée avec surjet inversant ou simple en utilisant du fil résorbable de petit diamètre et une aiguille atraumatique.



Figure 116 : Extériorisation des deux parties de l'oviducte contenant les œufs après plastrotomie, d'après [61]

La principale complication de cette procédure est la survenue d'un nouvel épisode de dystocie du fait de facteurs de risque toujours présents ou de sténose secondaire à la cicatrisation. C'est pourquoi, chez des animaux dont le potentiel reproducteur n'a pas d'intérêt, il est recommandé de directement réaliser une ovariosalpingectomie afin de prévenir d'autres problèmes reproducteurs. De plus, une salpingite voire une cœlomite peut être observée. Les conditions d'asepsie doivent avoir été respectées pendant la chirurgie et sa préparation. Une antibiothérapie peut être mise en place.

#### 5) Cœlomite à jaunes d'œufs [64, 81, 83]

La cœlomite à jaune d'œufs est une inflammation généralisée de la cavité cœlomique consécutive à la présence de jaunes d'œufs qui peut être secondaire à une ovulation extra-utérine ou une rupture de follicules ovariens. La réaction inflammatoire est dans ce cas sévère avec un dépôt de fibrine et un épaissement de la séreuse de l'ensemble des viscères voire même la formation d'adhérences (figure 117).

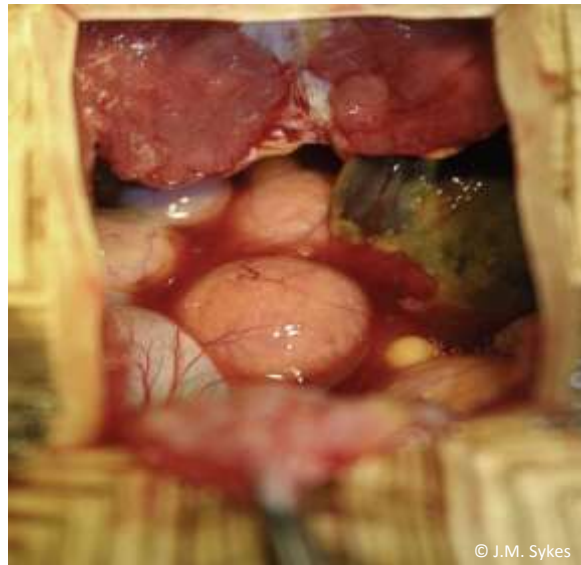


Figure 117 : Cœlomite à jaune d'œuf chez une *Testudo hermanni* (plastrotomie), d'après [81]

Les signes cliniques associés sont peu spécifiques : anorexie, léthargie, diarrhée, anurie, etc. Le diagnostic définitif passe par une endoscopie. Une cœliotomie exploratrice peut également être réalisée par plastrotomie ou par abord inguinal. Cette intervention chirurgicale permet ainsi la visualisation des modifications organiques mais également la mise en place d'un traitement. Le matériel à l'origine de l'inflammation (œufs, follicules généralement) est alors retiré puis la cavité cœlomique doit être abondamment rincée à l'aide d'une solution saline stérile tiède.

Des échantillons peuvent également être envoyés pour bactériologie et antibiogramme, en effet une infection est rapidement associée à la simple inflammation initiale. Une antibiothérapie systémique est donc indispensable et peut être associée à des soins de support (nutrition assistée, réhydratation). Une cœlomite est ainsi de mauvais pronostic car elle est souvent diagnostiquée tardivement et touche l'ensemble des organes de l'animal.

6) Cystotomie [2, 32, 61, 76, 82, 83, 85, 86, 98, 136]

La cystotomie ou incision de la vessie est indiquée chez les Chéloniens lorsque des calculs vésicaux, voire des œufs ectopiques, sont présents. La formation des calculs urinaires est majoritairement due à une alimentation inadaptée (déficit en vitamine A, D et en calcium minéral, trop d'oxalates, trop de protéines pour des herbivores) et à une déshydratation chronique. Une incidence anormalement haute a ainsi été mise en évidence chez les tortues du désert (*Gopherus agassizii*). Les œufs ectopiques se retrouvent dans la vessie par rétropulsion et se développent progressivement en pseudocalculs par défaut de minéraux à leur surface. Les signes cliniques sont peu spécifiques : léthargie, dépression, anorexie, constipation, parésie des membres postérieurs, dystocie, difficultés respiratoires, etc.

Le diagnostic passe essentiellement par la réalisation de radiographies (figure 118). Les calculs d'urate de calcium sont ainsi particulièrement radiodenses. La majorité des gros calculs se retrouve dans la vessie à gauche car le lobe droit du foie tombe sur le sac droit de la vessie empêchant alors la formation de gros calculs urinaires à cette localisation. Les petits calculs sont, quant à eux, retrouvés dans les deux sacs vésicaux. Une fois mis en évidence même lors de découverte fortuite, il faut absolument retirer ces calculs le plus tôt possible. En effet, le maintien de ces calculs entretient une cystite qui peut s'accompagner d'une infection urinaire voire d'une nécrose de la paroi vésicale. De plus, ces lithiases peuvent être à l'origine d'une dystocie, d'œufs ectopiques ou encore traumatiser l'oviducte. Dans ce dernier cas, la lésion engendrée peut à son tour être l'origine du développement d'œufs hors du tractus génital et donc d'une coelomite. Enfin, des calculs urinaires de grande taille peuvent également comprimer le tractus digestif et les autres organes, ce qui a terme peut engendrer de la nécrose de pression et des adhérences.

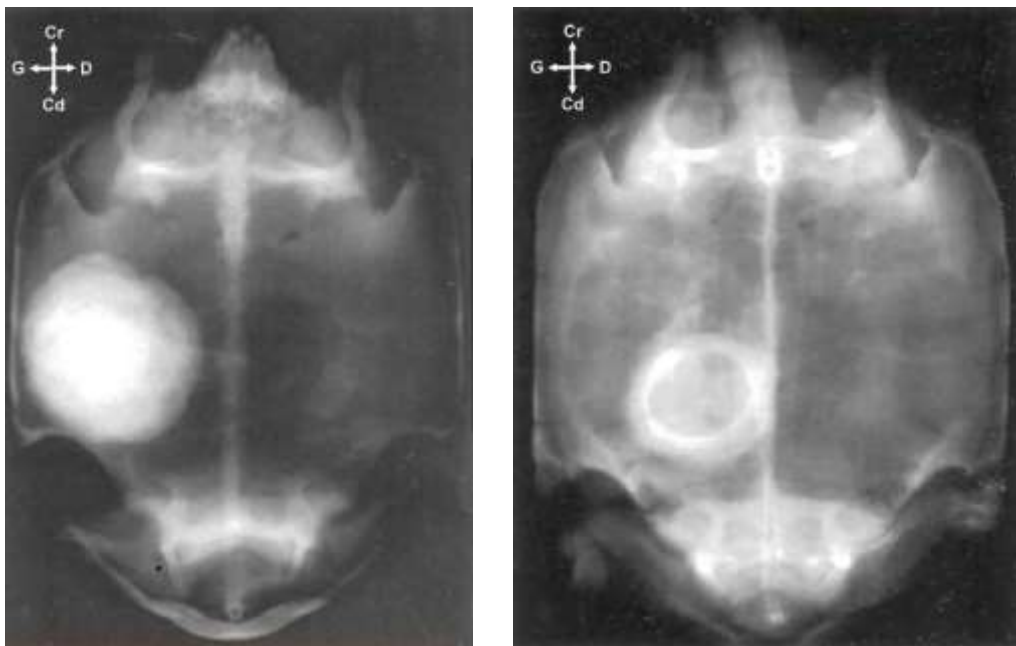


Figure 118 : Calcul urinaire (à gauche) et pseudocalcul (à droite) chez deux *Gopherus agassizii*, d'après [82]

Avant de commencer la procédure chirurgicale, il convient de prendre des précautions préopératoires. Sur la radiographie, les calculs doivent être localisés et mesurés afin de choisir la voie d'abord la plus adaptée et le côté de l'incision dans le cas d'un abord précrural. S'ils sont vraiment de trop grande taille par rapport à la fosse inguinale, il faudra envisager de les fragmenter et/ou de recourir à une plastrotomie. De plus, au kit chirurgical classique, il peut être ajouté une cuillère à café stérile afin de faciliter le retrait des petits calculs ou des fragments.

La cœliotomie est alors réalisée comme décrite précédemment, par voie transplastrale (cf. **2.2.1.1**) ou préfémorale (cf. **2.2.1.2**). Des fils de traction sont mis en place afin d'extérioriser précautionneusement la vessie. Cette dernière est isolée du reste de la cavité cœlomique à l'aide de compresses humidifiées afin de prévenir toute dessiccation de la vessie et des organes cœlomiques adjacents.

La technique chirurgicale est classique, comme chez le chien et le chat. La paroi vésicale est incisée à l'aide d'une lame de bistouri puis à l'aide de ciseaux de Mayo en prenant soin d'éviter les principaux vaisseaux. En général, cette paroi anormalement épaisse du fait de la présence des calculs et de la cystite associée. La vessie doit alors être vidangée afin de limiter les contaminations par contact (figure 119-a). Des pinces sont ensuite utilisées pour retirer délicatement les calculs ou les œufs ectopiques (figure 119-b). Une cuillère à café stérile peut être également utilisée pour récupérer les plus petits calculs au fond de la vessie en veillant à ne pas léser la muqueuse vésicale. Lorsque les calculs sont trop gros par rapport à la taille de l'incision, ils peuvent être fragmentés à l'aide d'une pince d'Allis.



Figure 119 : Différentes étapes d'une cystotomie

Lorsque tous les calculs ont été retirés, un rinçage abondant de l'ensemble de la vessie doit être effectué à l'aide d'une solution saline stérile. Il ne reste plus qu'à refermer la vessie de manière classique en deux plans inversants à l'aide d'un fil monofilament résorbable ou à l'aide d'un surjet simple chez les petites espèces (figure 120). La vessie est ensuite rincée abondamment avant sa réintégration. Enfin, la cavité cœlomique est également flushée à l'aide d'une solution saline stérile tiède.



Figure 120 : Suture de la paroi vésicale

Les complications liées à cette procédure sont l'oubli de quelques petits calculs qui vont continuer à grossir mais surtout la formation de nouveaux calculs entretenue par la présence des fils de suture. Elles n'ont donc pas de conséquence directe sur la vie de l'animal. Une radiographie de contrôle est donc recommandée.

Lorsque le calcul se trouve dans la région pelvienne et donc au niveau du cloaque, le praticien peut tenter de le retirer par une technique moins invasive que la chirurgie. Une pince peut alors être insérée au niveau du cloaque pour saisir le calcul ou l'œuf ectopique qui peut être ainsi fragmenté (figure 121-a). Préalablement, le cloaque peut être lubrifié afin de faciliter l'extraction. A la fin de cette procédure, même si tous les éléments étrangers ne semblent pas avoir été retirés, le cloaque et la vessie sont flushés sous pression grâce à un tube de gavage et une solution saline tiède afin de permettre l'expulsion des dernières lithiases ou fragments d'œufs (figure 121-b).

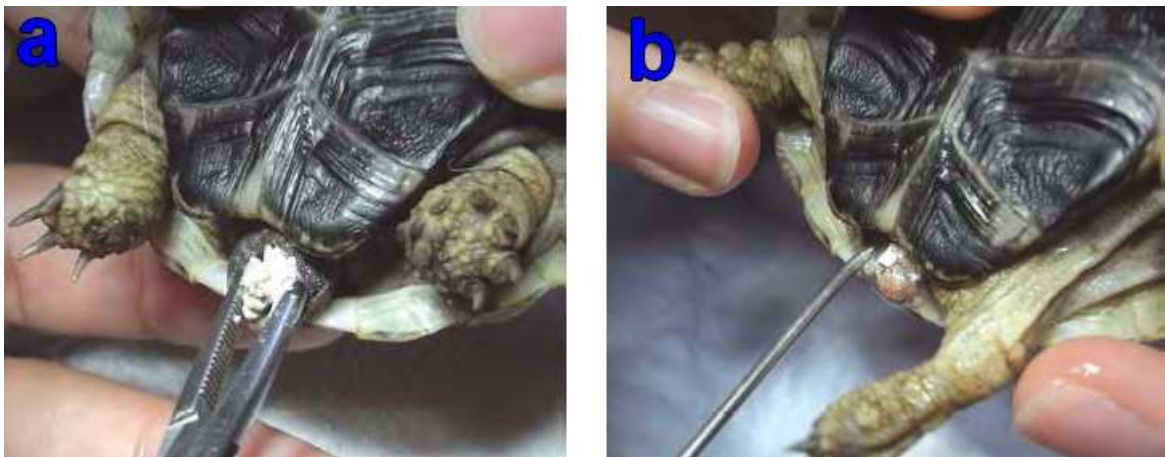


Figure 121 : Retrait de calculs vésicaux via le cloaque, d'après [98]

L'utilisation d'un endoscope peut également être possible par cette voie d'abord naturelle (figure 122-a). Il peut permettre de retirer des calculs ou des œufs ectopiques sous contrôle visuel à l'aide de mini-foreuse dentaire et d'une pince de Babcock (figure 122-b). Il donne également la possibilité de vérifier même après un simple flush sous pression l'effective disparition des calculs/œufs.

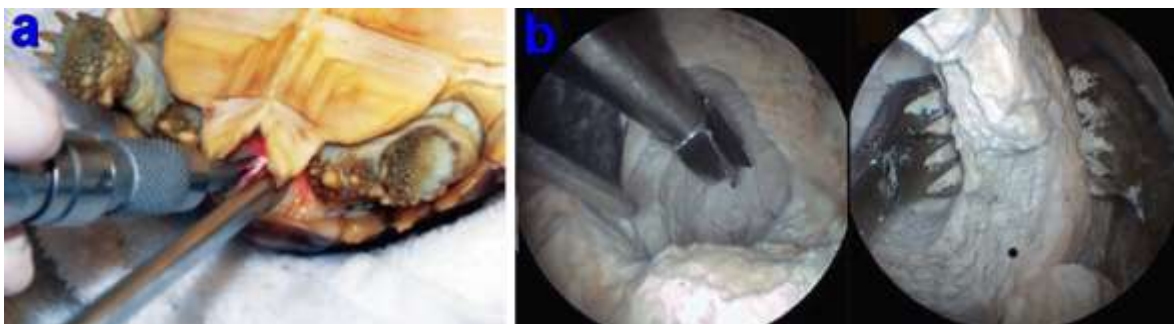


Figure 122 : Prise en charge endoscopique de calculs cloacaux, d'après [85]

## 2.2.4. Chirurgie des prolapsus [6, 45, 116]

Au niveau du cloaque des tortues, plusieurs organes peuvent s'évaginer : le pénis, l'oviducte, la vessie ou encore le côlon. Ces prolapsus sont généralement dus à des efforts expulsifs importants dont il faut rechercher et corriger la cause primaire.

Avant de mettre en place un traitement, qu'il soit médical ou chirurgical, le vétérinaire praticien doit déterminer à quel prolapsus il est confronté (figure 123). Il doit ainsi s'appuyer sur les différences anatomiques entre chacun de ces organes. Ces dernières seront rapidement rappelées au début de chacune des sous-parties. Néanmoins, quel que soit le prolapsus, la décision chirurgicale est la dernière possibilité thérapeutique qui s'offre au vétérinaire lorsque la réduction manuelle a échoué. Cette dernière peut être tentée à l'aide d'un coton-tige, de lubrifiant, de glycérine ou de solutions hypertoniques.

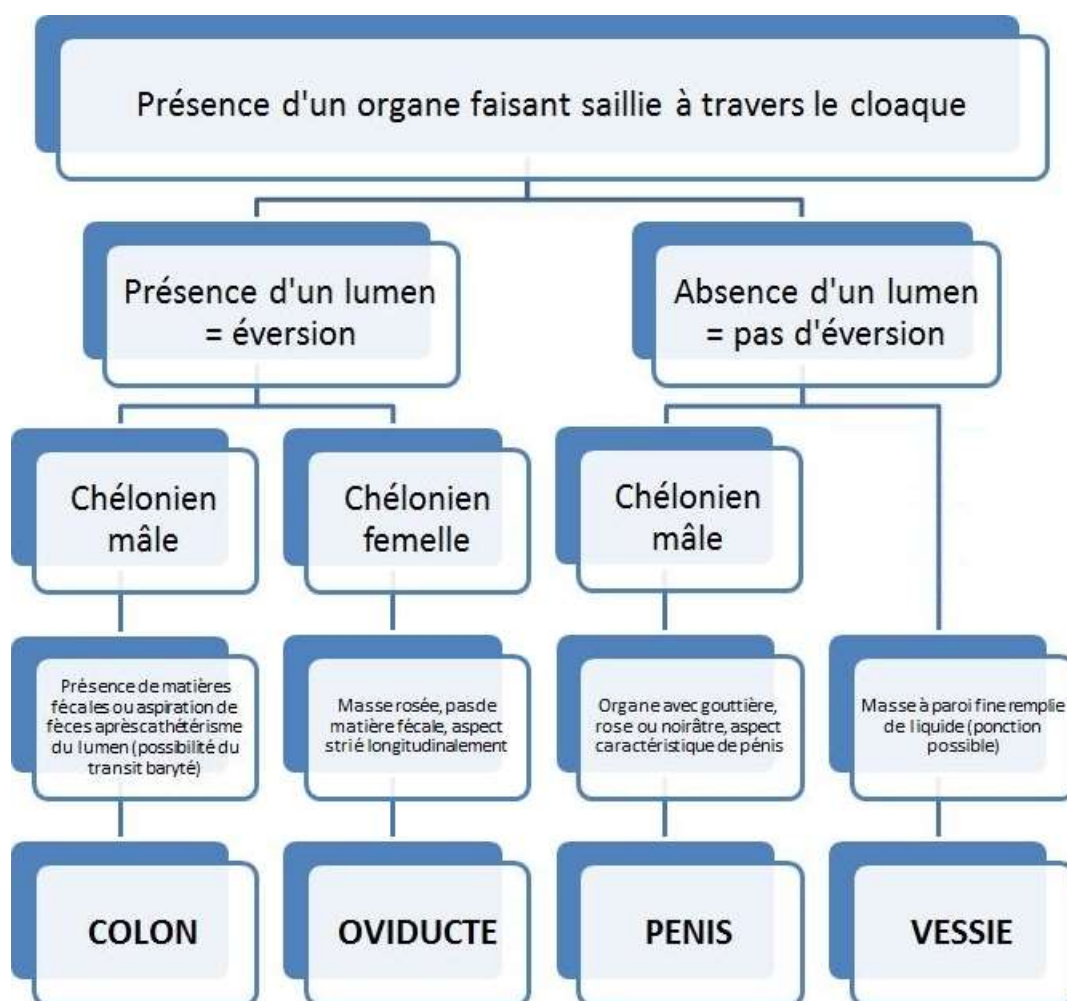


Figure 123 : Diagnostic différentiel des prolapsus cloacaux chez les Chéloniens, modifié d'après [116]

Lorsque la solution chirurgicale est retenue et qu'une cœliotomie est nécessaire, une stérilisation peut alors être proposée. En effet, la plupart des prolapsus surviennent sur de jeunes animaux en croissance. Toutefois, ce couplage de deux techniques chirurgicales est à mettre en parallèle avec le risque anesthésique, notamment suivant l'état général de l'animal à sa présentation pour le prolapsus, qui augmente toujours avec la durée de l'anesthésie. Enfin, il ne faut pas qu'il y ait de contre-indications relatives entre les deux procédures afin de ne pas augmenter le risque de complications post-opératoires comme un retard de cicatrisation ou la formation d'adhérences.

1) Prolapsus du pénis [5, 6, 64, 103, 107, 117]

Lors d'un prolapsus pénien (figure 124), est observée à la sortie du cloaque, chez un individu mâle, une structure tissulaire solide et unique, sans lumière. Ce type de prolapsus survient souvent suite à une infection, une blessure par une sonde de sexage, à une séparation brusque lors d'un coït ou à un hyperparathyroïdisme secondaire. La constipation et des dysfonctionnements neurologiques sont également décrits.



Figure 124 : Prolapsus pénien, d'après [6]

Lorsque le prolapsus ne peut être réduit manuellement à l'aide d'un coton-tige, de lubrifiant, de glycérine ou solutions hypertoniques, l'option chirurgicale est préconisée. Elle consiste à élargir le cloaque en l'incisant latéralement sur un ou les deux côtés. L'ouverture ainsi agrandie permet la réduction du prolapsus en repoussant doucement le pénis. Une fois l'organe ainsi remis en place, une suture en bourse ou une suture transversale du cloaque peut être réalisée afin d'empêcher un nouveau prolapsus le temps de la cicatrisation et de la correction de la cause primaire. Le deuxième type de suture, la suture transversale, présente l'avantage de permettre une défécation et une miction normales.

Si le pénis est sévèrement endommagé et/ou le prolapsus est pris en charge trop tardivement et donc présente des parties nécrosées, la solution chirurgicale consiste alors en une amputation de l'organe réalisée sous anesthésie générale ou locale par injection intrathécale de lidocaïne dans l'espace intercoccygien. A la base de la partie prolabée, un clamp peut être mis en place. Des points de suture (suture transfixante ou points de Blair-Donati) sont réalisés avec du fil résorbable proximale à ce clamp afin de contrôler tout risque hémorragique (figure 125).



© Service de Médecine zoologique – FMV – UdeM

Figure 125 : Amputation du pénis suite à un prolapsus

Chez les grosses tortues, les ligatures doivent être séparées pour le système circulatoire et pour les corps caverneux de chaque côté. Les tissus sont ensuite réséqués distalement à ces sutures. Après une suture par un sujet simple avec du fil monofilament résorbable, le moignon peut alors être réintégré dans le cloaque. Comme le pénis n'a qu'une fonction copulatrice chez les tortues –le système urinaire ne passant pas par cet organe, aucune complication intéressant la capacité mictionnelle n'est à craindre mais l'animal sera désormais stérile. Seul un saignement peropératoire peut être observé en complication peropératoire. Un onguent antibactérien (sulfadiazine d'argent ou mupirocine) peut être appliqué sur le moignon le temps de la cicatrisation pour éviter toute infection secondaire de la plaie chirurgicale. Une antibiothérapie systémique est envisageable seulement lorsque les lésions observées étaient profondes et anciennes, suggérant un processus infectieux déjà présent et une possible septicémie.

## 2) Prolapsus de l'oviducte [6, 105, 115]

Lors d'un prolapsus de l'oviducte (figure 126), est observée à la sortie du cloaque, chez un individu femelle, une structure présentant une lumière et des striations longitudinales. Ce type de prolapsus est souvent secondaire à une ponte d'œufs ou tout ténésme (cf. **2.2.4.4.**).



Figure 126 : Prolapsus d'un oviducte chez une tortue charbonnière à pattes rouges (*Geochelone carbonaria*), d'après [6]

La réduction manuelle est parfois possible mais le *mesosalpinx* est souvent endommagé. Ainsi, le traitement est alors chirurgical. Deux possibilités s'offrent au praticien : cœliotomie pour retirer seulement la partie affectée ou amputation des seuls tissus prolapsés. La première solution est préférable, en effet elle permet de lister l'ensemble des lésions et d'évaluer leur gravité. Le potentiel reproducteur de la femelle peut ainsi être conservé si un seul côté du tractus reproducteur est touché. Toutefois, si la reproduction n'est pas un enjeu pour la tortue présentant un prolapsus utérin, il est conseillé de réaliser une ovariosalpingectomie bilatérale pour prévenir toute récurrence. La procédure chirurgicale de cœliotomie avec ovariosalpingectomie n'est pas décrite ici car il s'agit des mêmes considérations chirurgicales et des mêmes complications que celles présentées en **2.2.3.3.**

Concernant l'amputation réalisée sous anesthésie, la partie prolapsée est préalablement désinfectée avec une solution de bétadine gynécologique. L'organe est tracté délicatement avec une pince mousse et une suture transfixante est réalisée en marge saine à l'aide d'un fil résorbable. Il convient d'apporter un soin particulier lors de la réalisation de cette suture, en effet une muqueuse congestionnée et œdématisée comme celle d'un oviducte prolapsé est très friable. L'extrémité du moignon peut être désinfectée avant sa réintégration dans la cavité cœlomique. La principale complication de cette intervention chirurgicale est une hémorragie peropératoire ou post-opératoire immédiate. Ainsi, cet oviducte n'est plus utile à la reproduction. Néanmoins, il convient de surveiller étroitement l'absence de problèmes reproducteurs comme une stase folliculaire ou des pontes extra-utérines voire une cœlomite à jaune d'œuf, en effet l'ovaire ipsilatéral est, lui-même, toujours fonctionnel tout comme l'autre côté de l'appareil reproducteur.

### 3) Prolapsus de la vessie [6, 116]

Lors d'un prolapsus vésical (figure 127), est observée à la sortie du cloaque une structure transparente à paroi fine. Du liquide provenant de la cavité coelomique peut se collecter dans cette structure et ainsi donner l'impression d'une vessie remplie d'urine alors qu'elle est évaginée et donc que la face viscérale -et non pariétale- est observée.



Figure 127 : Prolapsus vésical, d'après [6]

Ce type de prolapsus est très fréquemment la complication d'une cystite, elle-même souvent secondaire à des calculs vésicaux. Seule la vessie est touchée. En effet, les uretères s'abouchent dans l'*urodeum* et n'ont donc aucun rapport anatomique direct avec la vessie ; ils sont ainsi rarement affectés ou endommagés lors d'un prolapsus vésical.

Lorsque seulement une petite portion vésicale est prolabée, une réintégration manuelle peut être essayée selon la technique employée lors de tout prolapsus (description au début du 2.1.x). Dans la majorité des cas, cette tentative médicale n'empêche pas la récurrence du prolapsus et doit donc être complétée par une prise en charge chirurgicale. En outre, si les tissus évaginés semblent non viables (violacés, foyers de nécrose, etc.), l'amputation des zones lésées est indispensable. Pour la procédure chirurgicale d'amputation, deux techniques peuvent être réalisées suivant la taille de la portion vésicale endommagée.

Si la portion est assez petite, la voie d'abord se fait par voie externe, par le cloaque. Un clamp atraumatique doit être placé en marge saine, au-dessus de la zone non viable à réséquer. Après résection à l'aide de ciseaux de Metzenbaum, une suture en deux plans est réalisée classiquement rendant ainsi sa perméabilité à la vessie. Il convient de remarquer que sur un prolapsus, le chirurgien travaille sur un ordre diamétralement opposé des couches (contrairement à la cystotomie vue en **2.2.3.6.**) : les surjets mis en place devront donc être éversants ou simples. Toutefois, certains cas décrits dans la littérature ont utilisé une suture en deux couches inversantes. Cela n'a pas eu de répercussion sur la convalescence de l'animal comme l'imperméabilité était garantie. La partie de la vessie saine est ensuite réintégrée dans la cavité coelomique par le cloaque.

Si la partie endommagée est importante, une cœliotomie est nécessaire pour mieux observer et délimiter les tissus délabrés. La technique chirurgicale présente le même abord que celui décrit pour une simple cystotomie (cf. **2.2.3.6.**). Les zones nécrosées sont identifiées et réséquées à l'aide de ciseaux de Metzenbaum. Une suture classique en deux plans inversants est recommandée.

Dans les deux cas, lors de résection, l'ensemble des tissus lésés doivent être retirés tout en préservant le plus possible de tissu viable, en effet la vessie participe chez les Chéloniens à la résorption hydrique et des électrolytes.

#### 4) Prolapsus du côlon [1, 6, 35, 45, 83, 114]

Lors d'un prolapsus colique, est observée à la sortie du cloaque une structure lisse avec une lumière d'où peuvent sortir, naturellement ou par aspiration au moyen d'un cathéter, des matières fécales (figure 128). Il peut être incomplet lorsque seule la muqueuse rectale est éversée. A l'inverse, on parle de prolapsus complet lorsque l'ensemble des quatre couches pariétales fait protrusion.



Figure 128 : Prolapsus colique chez une tortue du désert (*Gopherus agassizii*), d'après [6]

Le prolapsus colique est généralement secondaire à un ténésme. Les causes de ténésme sont nombreuses chez les tortues : entérite bactérienne ou parasitaire, constipation pouvant être d'origine environnemental avec un terrarium trop petit. Des maladies urogénitales peuvent également entraîner secondairement un prolapsus colique. Enfin, il peut constituer une complication d'origine iatrogène suite à une tension excessive exercée sur les fibres coliques lors de retrait de corps étrangers digestifs.

Lorsque le prolapsus est récent, la réintroduction manuelle suffit et des sutures (en bourse ou transverses) peuvent être mises en place pour prévenir toute récurrence. L'irrigation avec une solution saline stérile froide peut permettre de réduire l'œdème et ainsi faciliter la réintégration. L'utilisation d'une pommade œstrogénique appliquée localement a été décrite et semblerait faciliter la réintégration et limiter les récurrences en diminuant l'infection et l'inflammation locales [35, 114]. Mais souvent en consultation, du fait d'un retour veineux difficile déjà présent depuis longtemps, la partie prolapsée est engorgée et donc l'organe devient trop friable et trop œdématisé. Dans ce cas, le traitement ne peut être que chirurgical.

Si une partie est nécrosée (couleur, aspect), une résection et une anastomose doivent être pratiquées. Un objet tubulaire et atraumatique comme une seringue lubrifiée ou un thermomètre peut être mis dans la lumière afin d'apporter un support à la résection et ainsi éviter la cœliotomie. Les sutures sont réalisées de manière circonférentielle autour du côlon en partie saine (aspect rosé) à l'aide de fil monofilament résorbable. Il s'agit de deux surjets continus en U, un dorsal et un ventral : à chaque point, l'entrée et la sortie se fait au niveau de la muqueuses prolapsée en rebondissant sur l'objet tubulaire central. La partie nécrosée est ensuite réséquée, l'incision se situant en partie saine entre la suture et la partie nécrosée. Ainsi, lors de la réintégration de la partie saine dans la cavité cœlomique, la suture devient alors une anastomose intestinale inversante.

Une cœliotomie peut être réalisée par plastrotomie ou abord préfémoral selon les mêmes techniques que celles décrites en 2.2.1.1. et 2.2.1.2. Une traction du côlon est alors effectuée depuis la cavité cœlomique tandis qu'une rétroimpulsion est faite par voie externe. Dans ce cas, la résection de la partie nécrotique et l'anastomose termino-terminale sont réalisées selon la même technique que celle développée en 2.2.2.4.

Parfois, une colopexie est également réalisée en prévention. Sur une portion saine du côlon, des points sont réalisés entre les parois colique et abdominale, préalablement incisées respectivement au niveau de la séreuse/muscleuse et de la membrane coelomique/muscle abdominal transverse. Une aiguille atraumatique doit être utilisée pour éviter toute perte de matériel fécal à travers les sutures. Une technique alternative existe. Lors de la suture de la paroi abdominale pour un abord préfémoral, chaque point peut passer par un côté de l'incision abdominale, à travers la séreuse et la muscleuse du côlon et par le deuxième côté de l'incision (figure 129-D). Pour la réalisation du premier point, le côlon peut être maintenu à proximité de l'incision à l'aide de fil de traction (figure 129-C). Ainsi, le côlon est immobilisé sur toute la longueur de l'incision abdominale.

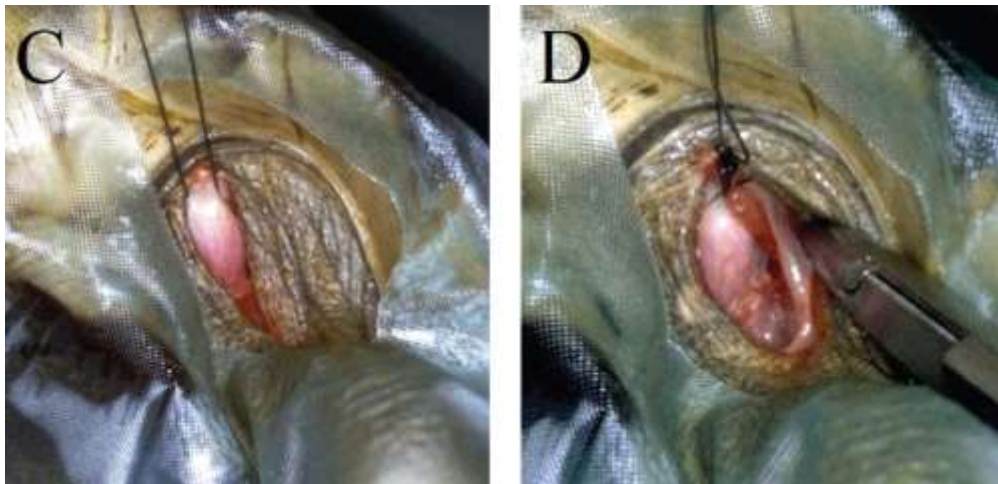


Figure 129 : Colopexie par abord préfémoral, d'après [1]

### 2.2.5. Chirurgies par endoscopie [26, 27, 63, 84, 93, 126]

Comme pour tous les animaux, les chirurgies par endoscopie se développent chez les Chéloniens. L'utilisation de cette technologie est particulièrement intéressante chez ces animaux car elle permet d'éviter le recours à la plastrotomie et facilite les chirurgies réalisées par les voies d'abord axillaire et inguinale en ayant une visualisation améliorée. Des chirurgies les moins invasives possibles sont ainsi réalisables, même chez les plus petites espèces de Chéloniens, grâce à un matériel de taille et de nature très variées (figure 130). De plus, elles présentent l'avantage d'être encore plus rapides, ce qui permet de diminuer le temps anesthésique.

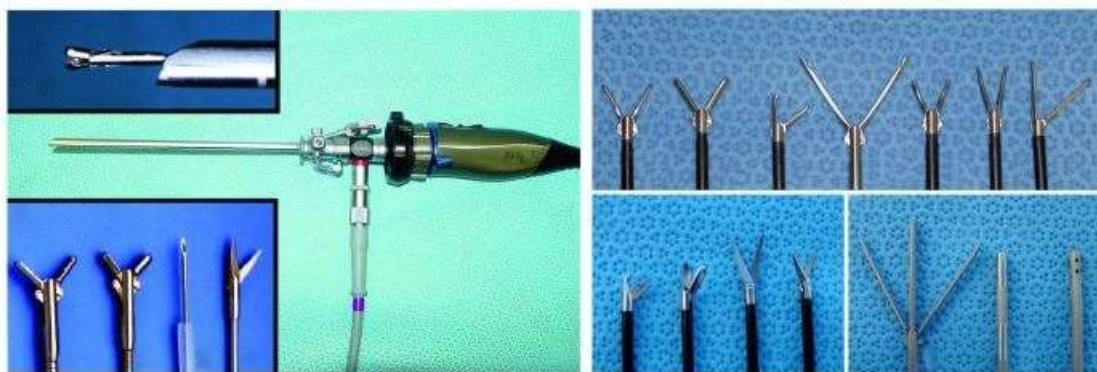


Figure 130 : Quelques exemples de la grande variabilité du matériel endoscopique, d'après [27]

Certaines de ces techniques chirurgicales par endoscopie ont d'ores et déjà été évoquées dans les parties précédentes comme l'orchidectomie (cf. **2.2.3.1.**), l'ovariectomie (cf. **2.2.3.2.**), la coelioscopie (cf. **2.2.3.5.**) ou encore la cloacoscopie (cf. **2.2.3.6.**). Leur pratique est de plus en plus fréquente et elles ont recours aux mêmes voies d'abord. L'endoscopie permet également de réaliser de nombreuses biopsies, notamment rénale et hépatique, beaucoup plus simplement et avec des complications moindres par rapport aux techniques chirurgicales classiques. Enfin, d'autres techniques sont amenées à se développer : des chirurgies sous gastroscopie (retrait de corps étrangers, biopsies) ou encore sous trachéobronchoscopie/pulmonoscopie (biopsies).



## 2.3. Chirurgies des membres et de la queue

### 2.3.1. Chirurgies orthopédiques [83, 96, 112]

Les fractures des membres sont relativement fréquentes chez les Chéloniens. Elles peuvent être consécutives à des traumatismes (attaque de congénères, prédateurs, mauvaises manipulations) mais surtout être des fractures pathologiques dues à la maladie métabolique des os. Dans ce dernier cas, les désordres métaboliques (hypocalcémie d'origine alimentaire ou maladie rénale) doivent être investigués afin de traiter la cause sous-jacente ; sinon, le traitement orthopédique mis en place ne donnera aucun résultat. Avant toute prise en charge, une radiographie est essentielle pour déterminer précisément le type de fracture. L'opacité des ceintures scapulaire et pelvienne sert de référence pour objectiver la densité des autres os.

Ces différentes fractures sont rarement ouvertes ou comminutives du fait d'une peau élastique et des chocs d'intensité fréquemment peu importante. C'est pourquoi un montage orthopédique de coaptation externe (attelles, bandages) est généralement suffisant. Mais selon les cas, des montages de fixation interne ou externe sont utilisables et de natures variées. Quelle que soit la technique choisie, son rôle est classiquement de stabiliser le foyer fracturaire en conservant un alignement anatomique et en neutralisant les forces en œuvre (angulation, compression, rotation et torsion) le temps que la cicatrisation osseuse physiologique se fasse. Chez les Chéloniens, cette cicatrisation est longue, entre 6 et 18 mois, d'où des montages orthopédiques laissés en place plus longtemps comparativement aux temps communément observés chez les chiens et les chats. Enfin, lorsque les dommages tissulaires et vasculaires sont trop importants ou lorsqu'une inflammation et/ou infection non contrôlée est présente, une amputation peut être nécessaire. Le vétérinaire praticien se retrouve alors à devoir choisir entre une amputation complète ou incomplète suivant les lésions observées.

Le choix entre ces trois grandes catégories de prise en charge des fractures dépend ainsi des besoins fonctionnels de l'animal, de la taille et du poids du patient, de la faisabilité de la procédure (notamment du fait de la difficulté variable de la voie d'abord), de la disponibilité et du coût du matériel nécessaire et de l'expérience du chirurgien. Mais dans tous les cas, la décision finale est prise par le propriétaire parmi les possibilités thérapeutiques proposées sans forcément être la mieux indiquée.

#### 1) Coaptation externe [83, 96]

La coaptation externe consiste à immobiliser la fracture à l'aide de bandages, d'attelles ou encore de plâtres. Il s'agit de la technique la plus fréquemment utilisée chez les reptiles et donc les Chéloniens du fait du peu de matériel nécessaire, de sa simplicité de mise en œuvre, du temps de l'anesthésie limité et du coût en général moindre en comparaison des autres modalités orthopédiques.

Les techniques de coaptation externe s'appuient sur des principes de biomécanique simples. L'immobilisation des muscles transmet une force de compression aux structures osseuses sous-jacentes. Les forces de rotation au niveau de la fracture peuvent ainsi être neutralisées lorsque les articulations proximale et distale au trait de fracture sont immobilisées par le montage de coaptation externe. Les forces d'angulation sont, quant à elles, neutralisées par l'épaisseur du dispositif mis en place. Toutefois, les forces de rotation, de compression et de cisaillement ne sont pas neutralisées par ce type d'immobilisation.

La coaptation externe est ainsi le traitement de choix lors de fractures peu déplacées et fermées. Pour des fractures pathologiques suite à une maladie métabolique des os, cette technique non invasive est également préconisée, en effet il n'y a pas d'intervention directe sur l'os déjà fragilisé et donc un risque moins important de nouvelles fractures iatrogènes par la pose de matériel orthopédique comme des broches ou des cerclages. Si l'homéostasie calcique est bien rétablie, la fracture cicatrise rapidement (3-4 semaines) et correctement avec uniquement cette immobilisation externe. La coaptation externe peut ainsi être, à elle seule, suffisante ou permettre une immobilisation temporaire en attendant une chirurgie de fixation externe ou interne. Toutefois, elle est contre-indiquée dans le cas de fractures ouvertes pour éviter d'enfermer l'infection, de fractures articulaires qui nécessitent une réduction parfaite pour éviter l'ankylose et l'arthrose de l'articulation, de fractures multi-esquilleuses difficilement réductibles et immobilisables.

De nombreuses techniques existent mais les premières étapes restent les mêmes. L'animal doit être anesthésié pour éviter de nouvelles fractures iatrogènes, diminuer la douleur et le stress de l'animal et permettre une myorelaxation favorisant les manipulations ultérieures. La fracture est ensuite réduite par taxis externe. Pour maintenir cette réduction anatomique en place, un dispositif de coaptation externe est alors mis en place, immobilisant l'articulation proximale et distale au trait de fracture. Une position légèrement fléchie est à favoriser ; la position en extension complète étant à proscrire. En effet, le membre doit être immobilisé dans une position permettant à l'animal de se déplacer normalement, évitant ainsi une ankylose trop importante des articulations par le développement de fibrose péri-articulaire.

Les attelles légères parfaitement adaptées au membre grâce à une certaine malléabilité sont ainsi bien tolérées. Divers éléments peuvent également être utilisés pour renforcer un simple bandage : un trombone métallique, un applicateur en bois, un abaisse-langue, une tige d'aluminium ou tout autre matériel léger et pliable pouvant assurer une stabilité. L'imagination du praticien est ainsi mise à l'épreuve par la petite taille des membres de la plupart des Chéloniens vus en consultation. De plus, des plâtres peuvent être mis en place : ils doivent ainsi immobiliser les deux articulations de part et d'autre de l'os fracturé et recouvrent toute la partie distale à la fracture du membre. Le *Veterinary Thermoplastic*<sup>®</sup> (VTP) est le plus recommandé pour réaliser des plâtres chez les Chéloniens, en effet il est plus malléable que l'Orthoplast<sup>®</sup> et plus rigide une fois sec que le Hexcelite<sup>®</sup> (figure 131). Pour les bandages, la largeur des bandes de gaze doit être adaptée à la taille de l'animal ; s'ils sont trop larges, le bandage final sera encombrant pour l'animal et de surface irrégulière ne permettant pas la compression optimale souhaitée.



Figure 131 : Exemples de matériel utilisable pour la réalisation de plâtres

Le défi de l'utilisation d'une coaptation externe est posé par les fractures de l'humérus ou du fémur : l'articulation scapulo-humérale ou coxo-fémorale n'est pas immobilisable, rendant l'utilisation d'une attelle ou d'un plâtre impossible. Mais la présence particulière de la carapace peut être mise à contribution : le membre est ainsi replié dans la cavité ménagée entre le plastron et la carapace (fosse axillaire ou inguinale) puis immobilisé dans cette position à l'aide de coton et de sparadrap (figure 132).

Néanmoins, l'alignement est rarement idéal avec cette technique. La mal-union osseuse ainsi obtenue après une cicatrisation longue est toutefois en général acceptable n'ayant pas de conséquence sur la locomotion de l'animal. Cette technique est également indiquée lors de luxation de l'articulation coxofémorale.

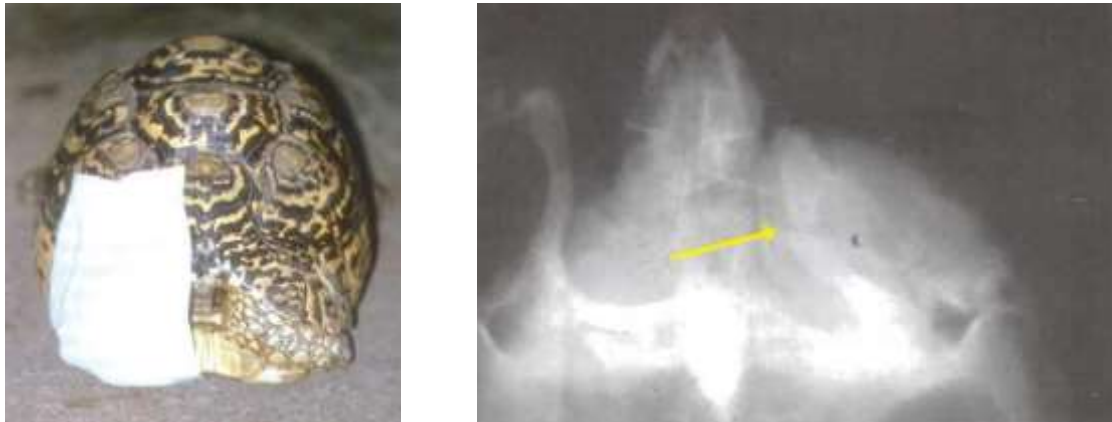


Figure 132 : Exemple de coaptation externe chez une tortue et sa radiographie de contrôle, d'après [83]

Lorsque la procédure est terminée, une radiographie de contrôle doit être réalisée afin de vérifier la bonne réduction anatomique de la fracture (figure 132). Si ce n'est pas le cas, la réduction et le montage doivent de nouveau être faits. De plus, pendant toute la durée du maintien du dispositif, une surveillance étroite doit être mise en place afin de détecter précocement toute complication liée à la coaptation externe. Ainsi, le bandage peut glisser : il n'assure plus sa fonction immobilisatrice et peut irriter la peau par frottement. De plus, le montage peut être souillé et donc être sujet à des surinfections cutanées secondaires ; cette macération s'accompagne généralement d'une odeur fétide. Enfin, il peut compromettre la circulation et ainsi s'accompagner d'un œdème des tissus mous avec notamment un gonflement voire un refroidissement des doigts. Le dispositif doit alors être retiré pour définir précisément les lésions engendrées puis remplacé correctement ou remplacé par un autre type de montage orthopédique suivant la gravité des complications observées. Des radiographies de contrôle peuvent également être réalisées toutes les 4 à 6 semaines jusqu'à la visualisation d'un cal osseux stable.

## 2) Fixation externe/interne [83, 90, 96]

Les montages dits de « fixation externe » permettent de fixer une fracture à l'aide de broches pénétrant perpendiculairement l'os et la peau et connectées entre elles extérieurement afin d'obtenir un montage fixe et donc stable. Les montages dits de « fixation interne » consistent, quant à eux, à stabiliser une fracture en utilisant des implants orthopédiques internes comme des vis, des plaques, des broches centromédullaires ou encore des cerclages. Théoriquement, toutes les techniques de fixation interne et externe décrites chez les chiens et les chats sont également utilisables chez les Chéloniens. En effet, l'approche chirurgicale est comparable, tout comme les principes de mise en place des montages.

Ce type de montages est particulièrement indiqué pour le traitement de fractures des os longs. Ils sont ainsi à envisager lorsqu'une coaptation externe ne permet pas une stabilisation suffisante de la fracture ou est mal supportée par l'animal. Chez les espèces aquatiques, le maintien de bandages est irréalisable et donc les techniques de fixation interne sont les traitements de choix.

- **Fixation externe [31, 83]**

Les fixateurs externes permettent de stabiliser de nombreuses fractures (ouvertes, complexes) des os longs sans interférer avec les articulations. Les forces de traction, compression, rotation et flexion appliquées sur la fracture sont ainsi neutralisées ; parfois, de légères forces de cisaillement peuvent persister. Ils sont utilisables même chez de petits Chéloniens mais le matériel est alors adapté à la taille du patient. Les broches utilisées sont des broches de Kirshner ou de Steinmann de petit diamètre ou encore des aiguilles hypodermiques. La barre de connexion et les coopteurs sont remplacés par du matériel plus léger, à savoir un polymère acrylique qui est coulé dans un support (comme une paille) préalablement placé perpendiculairement aux broches.

La technique chirurgicale ne nécessite pas de réel abord. La fracture est préalablement réduite par taxis externe. Ensuite, des broches sont insérées perpendiculairement à l'os en passant la peau de part et d'autre du trait fracturaire, idéalement à raison de 3 broches de chaque côté soit 6 corticales traversées. A la différence des montages mis en place chez les mammifères, les barres parallèles à l'os sont placées dans les plans crânial et caudal (au lieu de latéral et médial) du fait du mode de locomotion différent (figure 133).

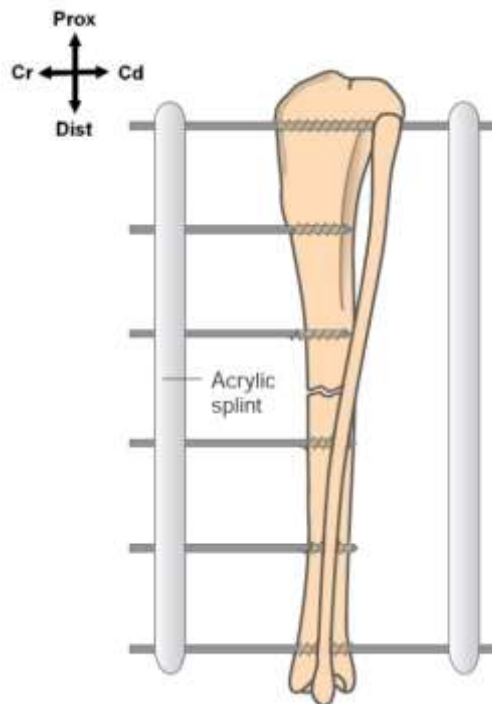


Figure 133 : Fixateur externe, modifié d'après [31]

Lors d'une prise en charge d'une fracture à l'aide d'un fixateur externe, les broches perpendiculaires sont généralement perdues au cours du temps pour différentes raisons. Ainsi, le montage doit rester suffisamment longtemps en place pour permettre une cicatrisation osseuse suffisante afin que la fracture soit stable. L'utilisation de broches filetées permet un bon ancrage au niveau des corticales. Dans tous les cas, le montage doit être entièrement retiré lorsqu'une union osseuse adéquate est mise en évidence par radiographies, environ 8 à 12 semaines après leur pose. Parfois, le montage doit être retiré plus précocement s'il est mal supporté par l'animal ou s'il entraîne des lésions et/ou surinfections cutanées lors du retrait du membre dans la carapace. Pour limiter cette rétraction physiologique du membre, un important bandage peut être mis en place autour du montage de fixation externe. Toutefois, si cela ne suffit pas, la stabilité obtenue lors du retrait précoce du montage peut alors être suffisante grâce à la simple fibrose.

- **Fixation interne**

## **PLAQUES [22, 83]**

Des plaques orthopédiques peuvent être utilisées chez les Chéloniens. Elles sont le traitement de choix pour les fractures du fémur et de l'humérus (figure 134). Les forces de traction, compression, rotation et cisaillement appliquées sur la fracture sont ainsi neutralisées ; parfois, de légères forces de flexion peuvent persister. Si l'on compare avec les montages de coaptation externe, la compression est meilleure avec l'utilisation des plaques.

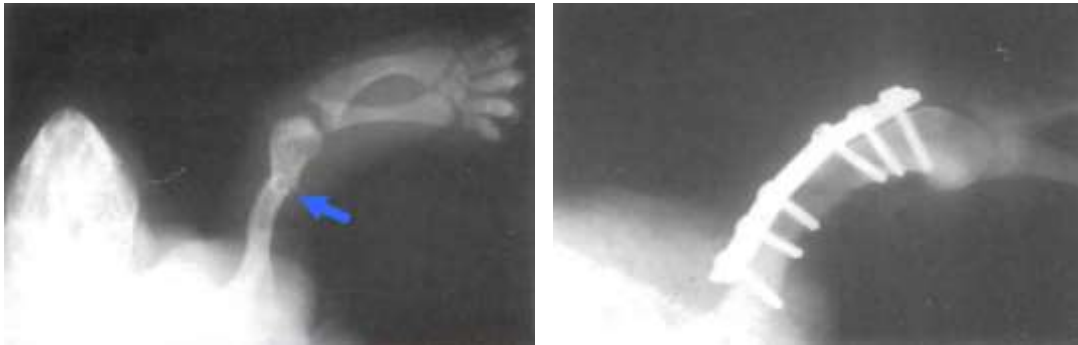


Figure 134 : Pose d'une plaque sur une fracture humérale de Chélonien, d'après [83]

La taille des tortues est variable et peut être un facteur limitant. Néanmoins, du matériel orthopédique de petite taille existe et est ainsi utilisable : des plaques contournables (VCP pour *Veterinary Cuttable Plate*) employables avec des vis de 1,5 mm de diamètre et donc pour des os ayant un diamètre minimum de 3 mm ou encore des plaques développées à l'origine pour la réparation des doigts des chats et des chiens. Lorsque l'os est vraiment incurvé, comme l'humérus des tortues terrestres, des plaques RCP (*ReConstruction Plate*) sont indiquées car elles peuvent être contournées dans toutes les directions. Chez les grandes espèces comme *Geochelone gigantea*, des plaques DCP (*Dynamic Compression Plate*) sont également utilisables. En général, ces plaques ne doivent pas être retirées.

## **BROCHES INTRAMEDULLAIRES [83]**

Des broches intramédullaires peuvent être mises en place avec un abord minimal, en effet l'insertion ne nécessite pas nécessairement de dissection des tissus mous et peut donc consister à simplement traverser la peau sur une articulation en général mise en flexion pour permettre l'accès au fût osseux. Le principe de ce type de montage est d'assurer un alignement axial et une stabilité vis-à-vis des forces d'angulation. Le matériel utilisé est assez économique : il peut s'agir de broches de Steinmann, de Kirschner dont la taille minimale est d'environ 0,71 mm (0,028 pouce) voire même d'aiguilles spinales de 25 G et d'une longueur d'environ 8,9 cm (3,5 pouces) pour les plus petites tortues.

## **RUSH PIN / CROSS PIN [90, 96]**

Pour des fractures de type Salter-Harris chez les Chéloniens, les techniques chirurgicales sont également les mêmes que pour les chiens et les chats, à savoir idéalement un montage de type *Rush pin* ou *Cross pin* qui constitue une variante du clou intramédullaire classique. Mais les limites de cette technique sont la taille de la tortue et l'accès difficile à certaines articulations comme l'articulation scapulo-humérale du fait de la présence de la carapace.

Une telle procédure a été décrite de manière précise chez une tortue sillonnée (*Geochelone sulcata*) juvénile de 5 ans présentant une fracture Salter-Harris de type 1 de l'épiphyse proximale humérale droite [90]. La fracture était dans ce cas iatrogène, consécutive à une contention réalisée par le vétérinaire traitant pour avoir un accès à la tête. Elle a été diagnostiquée par radiographies (figure 135). Sur cette vue dorso-ventrale, la comparaison entre les deux articulations scapulo-humérales permet de bien visualiser le trait de fracture.

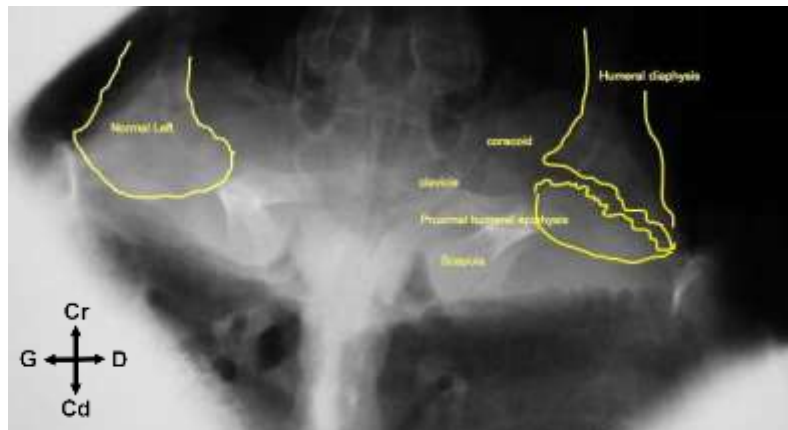


Figure 135 : Fracture Salter-Harris de type 1 de l'épiphyse proximale humérale droite, d'après [90]

Du fait de l'âge de l'animal, la prise en charge de cette fracture a été chirurgicale au moyen d'un montage orthopédique interne. Toutefois, une fixation externe, une coaptation externe ou encore une amputation étaient d'autres options thérapeutiques parfaitement envisageables pour ce type de fracture.

La tortue est placée en décubitus latéral gauche, le membre antérieur droit tiré vers l'avant. L'abord se fait par une incision cutanée au niveau de la fosse claviculaire, permettant d'accéder cranio-médialement à l'articulation scapulo-humérale. Après une dissection peu importante des tissus mous, l'articulation et donc la fracture (flèche jaune) sont visualisées (figure 136-a). Une réduction chirurgicale (ou parfois appelée réduction sanglante) de la fracture est alors réalisée. Un davier réducteur est ainsi placé sur l'épiphyse humérale proximale et un autre sur des encoches créées iatrogéniquement avec une lame de scalpel sur la diaphyse humérale. A l'aide de ces deux instruments, les deux bouts osseux sont replacés en position anatomique. Ensuite, deux broches de 1,1 mm de diamètre sont insérées latéralement et médialement à l'épiphyse proximale humérale (figure 136-b). Le principe est qu'elles doivent se croiser plus distalement que le cartilage de croissance afin d'assurer une stabilité suffisante. Si elles longent le fût osseux sans ressortir, on parle de montage *Rush Pin* ; à l'inverse, si elles traversent les corticales, on parle de montage *Cross Pin*. Parfois, on a une sorte de montage mixte avec une broche en *rush* et une broche en *cross*. Ce type de montage stabilise la fracture tout en permettant la croissance des os.



Figure 136 : Deux étapes chirurgicales, d'après [90]

Une fois le montage orthopédique mis en place, les plans musculaires sont suturés avec du fil monofilament résorbable (PDS) et la peau à l'aide d'agrafes chirurgicales. Une radiographie est toujours réalisée en post-opératoire immédiat afin de vérifier la bonne réduction anatomique de la fracture et de visualiser le montage. Dans le cas rapporté ici (figure 137), on observe une bonne réduction anatomique et un montage mixte. On remarque également les agrafes utilisées pour la suture cutanée.



Figure 137 : Radiographies post-opératoires, d'après [90]

Ce type de montage est également décrit dans la littérature chez une tortue mâle adulte *Chrysemys picta* ayant une fracture fémorale distale au niveau de la métaphyse (figure 138-A) suite à un traumatisme importante (choc avec une voiture) [96]. Un montage *Cross pin* avec deux broches de Steinmann avait été mis en place pour réduire la fracture (figure 138-B).

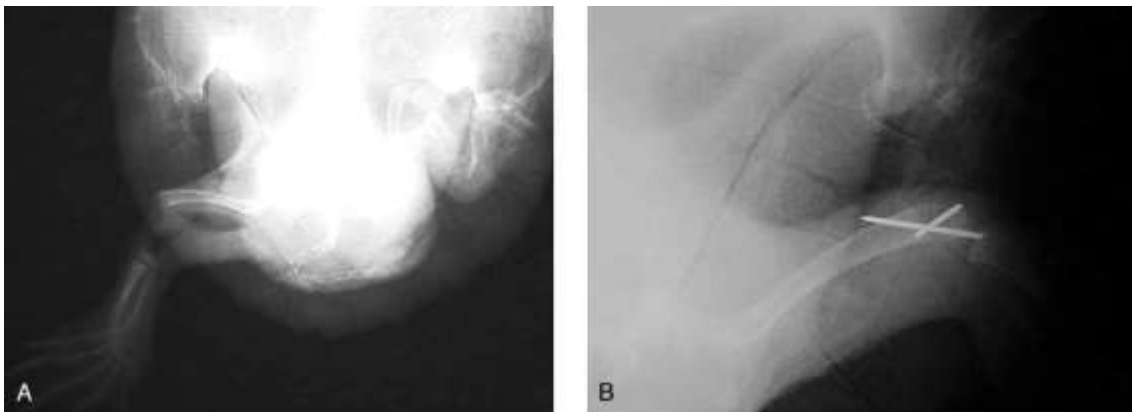


Figure 138 : Radiographies dorsoventrales d'une *Chrysemys picta* d'après [96]

## GREFFE OSSEUSE [83]

Lorsque la réparation osseuse n'est pas possible ou a échoué avec les techniques décrites précédemment, l'utilisation de greffes osseuses peut être envisagée. Cette technique est donc utilisable pour des fractures compliquées soient des fractures traumatiques ou des fractures pathologiques suite à une maladie métabolique des os ou une hypominéralisation.

La technique est la même que celle décrite chez les mammifères. La greffe osseuse peut être prélevée sur l'extrémité proximale de l'humérus ou du fémur chez les grandes espèces. L'utilisation des ailes de l'ilium ou des côtes est difficile chez les Chéloniens car ces os sont soudés aux plaques osseuses de la carapace. Les prélèvements se font à l'aide d'un rongeur à os et en petites quantités. Ils sont ensuite soigneusement écrasés pour augmenter la surface de la greffe. Enfin, ces greffes sont placées au milieu du trait de fracture et autour.

Lors d'une intervention sur une non-union, c'est-à-dire un arrêt de la cicatrisation osseuse sans réparation, l'utilisation d'un stimulateur de croissance osseuse peut être associée à la greffe osseuse. Le principe consiste à mettre en place une broche intramédullaire qui sert d'anode et un petit implant sous-cutané en regard du foyer fracturaire qui sert de cathode. Un courant constant de 20,5  $\mu$ A et de 1,5 V est alors appliqué à l'aide d'une petite batterie qui reste en place trois semaines. Un fixateur externe peut être ajouté pour inhiber les forces de rotation et de flexion. Ce type de montage est une prise en charge assez perfectionnée et donc peu mise en place en pratique.

## ARTHRODESE [83]

La boiterie est rapportée chez les Chéloniens, même si elle ne constitue pas un motif fréquent de consultation. Cette boiterie peut être consécutive à un traumatisme, à des lésions nerveuses irréversibles, à des luxations, à des arthrites septiques ou d'autres causes idiopathiques. Les différentes techniques articulaires décrites chez les mammifères seraient alors utilisables selon les mêmes indications. Néanmoins, ces techniques ont été peu décrites chez les Chéloniens avec, en outre, un succès thérapeutique variable (cf. 2.3.1.4).

C'est pourquoi, il nous semblait judicieux de ne présenter dans le cadre du travail de cette thèse que la technique de l'arthrodèse, plus facilement réalisable et applicable à différentes articulations. En effet, cette technique visant à obtenir une fusion osseuse afin de bloquer définitivement une articulation ne nécessite que peu de matériel, parfois un simple fil orthopédique ou un montage de fixation externe. Un curetage des surfaces articulaires peut être préalablement réalisé afin de permettre le contact os à os et donc d'entraîner une cicatrisation osseuse aboutissant à la fusion de l'articulation. Le matériel orthopédique utilisé n'est présent que le temps nécessaire à la formation d'un cal osseux.

Ainsi, pour l'arthrodèse de l'articulation du carpe chez une tortue du désert suite à une paralysie du nerf radial, un simple fil orthopédique de 20 G a été utilisé pour maintenir l'articulation en extension permanente (figure 139). Pour le mettre en place, un trou a été percé au milieu de la diaphyse du radius. Le fil orthopédique a alors été passé par cette perforation iatrogénique puis ventralement aux doigts pour finalement être noué à son autre extrémité. L'utilisation de cette technique n'a pas pu rendre une locomotion normale à l'animal mais lui a permis de marcher sans traîner son membre vers l'arrière.

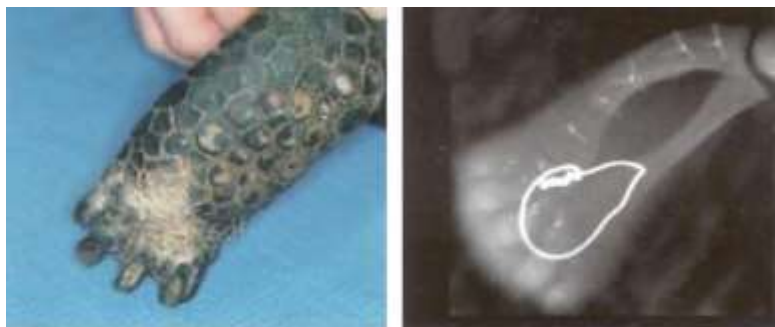


Figure 139 : Arthrodèse du carpe en dorsoflexion chez une *Gopherus agassizii*, d'après [83]

Quelle que soit la technique de fixation interne ou externe choisie, des complications peuvent survenir comme chez les mammifères. L'asepsie pendant la pose des implants orthopédiques est indispensable pour en éviter certaines. Ainsi, les complications observables peuvent être des abcès, des fistules, de l'ostéomyélite, la perte de l'implant, sa migration ou encore son pliage voire sa rupture. Le retrait de l'implant doit alors être envisagé. Il peut être envoyé pour culture afin d'identifier les éventuels agents pathogènes et établir leur antibiogramme. Lors de fistules et abcès, un débridement peut être nécessaire en plus du retrait de l'implant qui fait séquestre. En outre, dans tous les cas de processus infectieux actifs, une antibiothérapie par voie générale doit être mise en place. Des implants de méthacrylate de méthyle imprégnés d'antibiotiques peuvent également être mis en place en cas d'ostéomyélite. Ils ne doivent être retirés que s'ils sont introduits au niveau d'une articulation. Enfin, si l'ensemble de ces mesures ne permet pas de contrôler l'infection ou si le membre est trop atteint pour espérer le soigner convenablement, l'amputation reste une dernière option à envisager.

### 3) Amputations [16, 83, 112]

Le recours à l'amputation suite à une fracture intervient souvent lorsque les dommages tissulaires et vasculaires sont trop importants (figure 140) ou lorsqu'après d'autres tentatives de prise en charge, une inflammation ou une infection demeure présente. Parfois, elle peut constituer la seule alternative avec l'euthanasie pour des questions budgétaires. Elle est également indiquée lors de processus osseux tumoraux (ostéosarcome) ou de pseudogoutte articulaire.



Figure 140 : Exemple de lésions avancées nécessitant une amputation, d'après [83]

Plusieurs amputations sont possibles : elles peuvent concerner un seul doigt, une partie seulement du membre (amputation partielle ou basse) ou encore l'ensemble du membre (amputation totale ou haute). Elles se font généralement par désarticulation. Lorsque l'amputation doit concerner une partie assez importante du membre, il est recommandé de pratiquer l'amputation la plus haute possible chez les Chéloniens car ils ont tendance à léser leur moignon. Des anesthésies locorégionales sont à envisager, en effet une analgésie et une anesthésie multimodales permettent une meilleure gestion du confort de l'animal amputé.

- **Amputation digitée**

L'amputation de quelques phalanges ou du doigt en entier donne des résultats esthétiques très satisfaisants. Pour cela, deux volets cutanés sont créés à l'aide d'une lame de bistouri, le volet palmaire/plantaire étant plus long que le volet dorsal (figure 141).



Figure 141 : Exemples d'incisions cutanées (en rouge) lors d'amputations digitées chez un chien, d'après [31]

Lorsque l'amputation concerne l'ensemble du doigt, l'incision doit être réalisée à la limite du métapode (métacarpe ou métatarse) afin de conserver un appendice fonctionnel avec un moignon non visible. L'ensemble des tissus mous doit alors être disséqué précautionneusement à l'aide de ciseaux de Metzenbaum. Les vaisseaux sanguins mis en évidence doivent être suturés à l'aide d'un fil monofilament résorbable ou cautérisés à l'aide d'un bistouri électrique. Les ligaments bien identifiés sont sectionnés le plus proximale possible à l'aide de ciseaux de Mayo.

Une fois l'articulation ainsi dégagée, elle est incisée à l'aide d'une lame de bistouri en étant le plus proche possible du cartilage articulaire distal afin d'épargner le cartilage proximal qui, lui, reste en place. Avant de commencer le temps chirurgical des sutures, un flush du site chirurgical à l'aide de solution saline stérile est réalisé. Enfin, les deux volets cutanés sont suturés entre eux avec des points en U discontinus à l'aide de fil monofilament résorbable. Du fait de la position des incisions, la ligne de suture n'est pas en contact avec le sol. Cette surélévation permet de réduire le risque de contamination ou de traumatisme de la suture par le substrat sur lequel vit l'animal.

- **Amputation partielle**

Une amputation partielle est particulièrement indiquée si le maintien d'un petit moignon peut aider à la locomotion. L'incision cutanée doit être suffisamment haute pour éviter tout traumatisme avec le sol et pour avoir suffisamment de tissus mous afin de protéger l'extrémité distale osseuse. De plus, cette incision doit être faite d'une telle manière que le volet ventral soit suffisamment long pour recouvrir le moignon et être suturé dorsalement. Comme pour l'amputation digitée, cette incision cutanée est primordiale afin que seule la peau saine soit en contact avec le substrat tandis que la cicatrice soit protégée par sa position dorsale.

Une fois la suture cutanée réalisée, une dissection des tissus mous est réalisée à l'aide de ciseaux de Metzenbaum afin d'isoler le fût osseux. Un élévateur à périoste peut également être utilisé pour bien décoller les plans musculaires. Toutes les structures vasculaires doivent être individualisées et suturées avant d'être sectionnées. Des écarteurs sont utiles pour bien rétracter les masses musculaires. Ensuite, l'os est sectionné au niveau de sa diaphyse à l'aide d'une scie. Cette nouvelle extrémité distale doit être protégée en suturant les masses musculaires de façon à former un matelassage. Enfin, la suture cutanée est réalisée classiquement.

Les amputations partielles sont rarement réalisées chez les Chéloniens, contrairement aux amputations totales qui sont cependant plus difficile à réaliser de par la présence de la carapace.

- **Amputation totale**

Lors d'amputation totale, la procédure doit être effectuée au niveau de l'articulation scapulo-humérale pour le membre antérieur et coxo-fémorale pour le membre postérieur.

Après l'incision cutanée, les muscles sont coupés au niveau de leur insertion distale. Leurs corps sont séparés du périoste à l'aide d'une rugine le plus proximale possible jusqu'à la visualisation de l'articulation. Le maintien de l'intégrité de ces muscles est primordial pour permettre le recouvrement de la surface osseuse en fin de chirurgie. Les nerfs sont délicatement sectionnés à l'aide d'une lame de bistouri ou d'un laser qui diminuerait le risque de survenue de « douleur fantôme ». De la bupivacaïne peut être préalablement instillée localement afin de réduire la douleur liée à l'amputation. De même, les vaisseaux sanguins sont sectionnés après avoir été préalablement ligaturés. La capsule articulaire est enfin incisée à l'aide de la lame de bistouri. Ensuite, les tissus mous conservés dans leur presque intégralité sont suturés entre eux ; cette suture du plan musculaire protège ainsi l'extrémité osseuse. La chirurgie se termine par une suture cutanée classique.

Chez les Chéloniens, les amputations totales sont fréquentes et bien tolérées. Elles peuvent être doubles, tant que subsistent un membre antérieur et un membre postérieur. Une prothèse peut être mise en place afin de faciliter la locomotion en surélevant le coin de la carapace et d'éviter une érosion douloureuse du plastron. Il peut s'agir d'un bloc de bois sécurisé, d'un patin pour meubles ou encore une roue ; cette prothèse étant collée à l'aide d'un ciment acrylique (figure 142).



Figure 142 : Exemple de prothèse utilisable chez une tortue amputée, d'après [83]

#### 4) Autres chirurgies orthopédiques plus rares [57, 99]

D'autres chirurgies orthopédiques sont rapportées dans la littérature sur les Chéloniens mais de manière ponctuelle, pour quelques cas en particulier (généralement des animaux de collections zoologiques). En général, les techniques chirurgicales ainsi mises en œuvre sont directement adaptées des procédures développées chez les chiens et les chats. C'est pourquoi les chirurgies décrites ci-après ne le seront que succinctement et ne prétendent pas être exhaustives. En effet, du fait de la faible fréquence de ces procédures, elles ne s'inscrivent pas directement dans l'objectif de cette thèse et ne sont rapportées ici qu'à titre informatif.

Une tortue charbonnière à patte jaune (*Geochelone denticula*) du zoo de Milwaukee présentait une boiterie chronique du membre antérieur gauche [99]. Une fracture de la tête humérale a été diagnostiquée par scanner. Une telle fracture peut être due à une nécrose aseptique, un choc traumatique ou une infection ayant fragilisé l'os. Le déplacement des bouts fracturaires et l'incongruence articulaire entre les facettes articulaires humérale et scapulaire expliquaient la boiterie cliniquement observée. Un traitement médical à base d'anti-inflammatoire et d'antibiotique a d'abord été mis en place de manière intermittente pendant 9 mois. En absence d'amélioration, clinique ou à l'imagerie, une **résection de la tête humérale** a été réalisée. Après avoir dégagé l'articulation scapulo-humérale, une ostéotomie de la tête humérale a été réalisée à l'aide d'une scie oscillante. L'animal n'a pas eu de complication post-opératoire et sa démarche s'était significativement améliorée. Les scanners de suivi avaient montré un remodelage osseux normal de l'humérus sur le site chirurgical.

Une tortue grecque (*Testudo graeca*) présentait une boiterie du membre postérieur gauche d'apparition récente [57]. L'examen clinique et les radiographies effectuées (figure 143-a) ont mis en évidence une luxation du genou avec des lésions ligamentaires multiples. Une technique « *over-the-top* » de **transposition du muscle vaste** a été utilisée afin de reconstruire le ligament croisé crânial et ainsi stabiliser de nouveau l'articulation. L'incision cutanée a été réalisée selon un abord craniolatéral du milieu du fémur au milieu du tibia. Le tissu sous-cutané a été disséqué et les muscles réclinés médialement. Une incision latérale d'arthrotomie a été réalisée entre le muscle *sartorius* et le muscle vaste latéral. L'articulation a été flushée à l'aide d'une solution saline stérile tiède. Un lambeau du muscle vaste latéral a été créé à l'aide de deux incisions parallèles (figure 143-b). Cette prothèse naturelle a ainsi été placée caudalement à travers l'articulation et au-dessus du condyle fémoral latéral en maintenant l'articulation en flexion à 30°. Enfin, la partie transposée du muscle vaste a été suturée au périoste de la surface latérale du condyle fémoral latéral par des points simples avec un fil monofilament résorbable (figure 143-c). La capsule articulaire a ensuite été refermée à l'aide de points simples avec un fil monofilament résorbable en incluant l'imbrication latérale. Le fascia superficiel et la peau ont finalement été suturés classiquement. Grâce à cette technique adaptée de celle décrite chez les carnivores domestiques, la relation anatomique entre le fémur et le tibia est redevenue normale (figure 143-d). Le membre a été immobilisé par un bandage dans la fosse préfémorale pendant 44 jours. Une locomotion normale sans boiterie a été observée 12 semaines après la chirurgie.

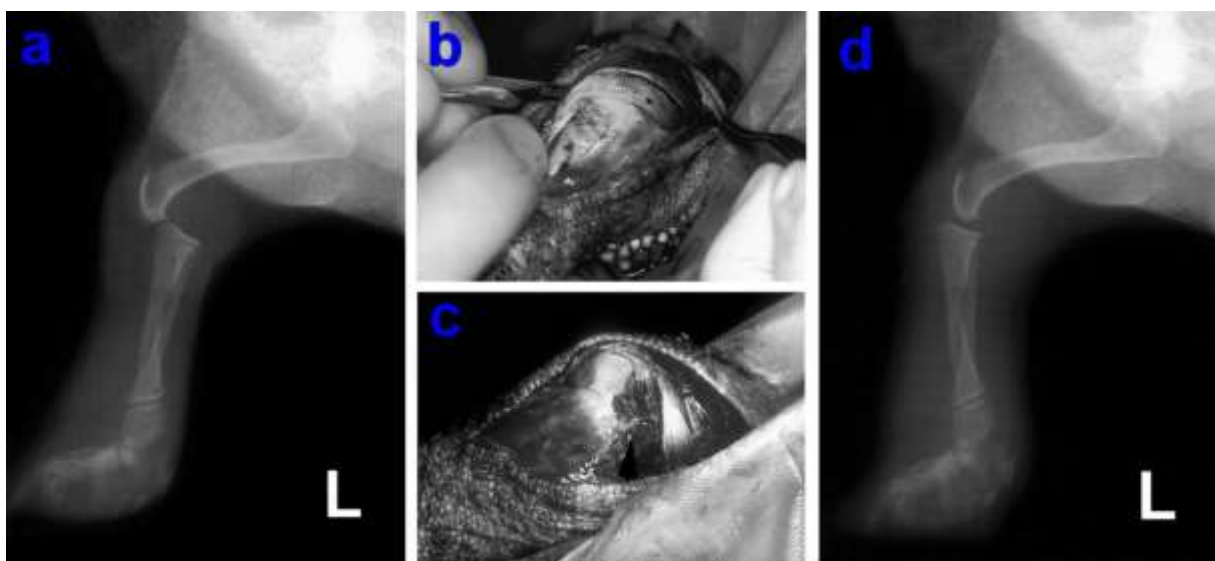


Figure 143 : Quelques étapes de la prise en charge d'une luxation du genou chez une *Testudo graeca*, d'après [57]

### **2.3.2. Chirurgies caudales [34, 83]**

Les dommages de la queue peuvent être dus à divers traumatismes (agression par des congénères, prédation, queue coincée dans une porte, mauvaise manipulation, etc.), à des infections locales ou systémiques et plus rarement, à une anomalie congénitale. Le praticien doit ainsi être vigilant lorsqu'il réalise une prise de sang ou une injection au niveau de la queue. Les lésions caudales sont variables : dermatite, fracture ou luxation vertébrale, infection plus ou moins étendue, tumeur spinale, spondylose, ostéomyélite, etc.

Face à des lésions trop importantes de la queue (fracture vertébrale, lacérations profondes, nécrose, etc.), une amputation de la queue ou caudectomie est à envisager. Contrairement à d'autres reptiles comme la plupart des lézards et certains serpents, l'autotomie naturelle n'existe pas chez les Chéloniens et cette capacité ne peut donc pas être exploitée par le chirurgien.

La technique chirurgicale est alors plus proche de celle décrite chez les chiens et les chats. L'incision cutanée est pratiquée caudalement au cloaque au niveau d'une articulation intervertébrale, en zone saine. Les muscles caudaux assez développés doivent être réclinés pour bien visualiser l'articulation tout en conservant de la masse tissulaire pour la fermeture. Les vaisseaux identifiés sont ligaturés puis sectionnés. Après section au niveau de l'espace intervertébral à l'aide d'une lame de bistouri ou d'un bistouri électrique, le plan musculaire est suturé puis le plan cutané.



## 2.4. Chirurgies de la tête

### 2.4.1. Chirurgies auriculaires [36, 59, 95, 137]

Les abcès auriculaires sont fréquents chez les Chéloniens. Ils concernent directement l'oreille moyenne, les Chéloniens n'ayant pas d'oreille externe. Ces abcès peuvent être dus à des morsures lors des accouplements, à divers traumatismes. Le pathogène souvent mis en évidence est *Pasteurella testudinis*, flore commensale opportuniste. Ainsi, toute immunodépression due à une maladie concomitante, une modification de l'environnement voire tout stress peut donc entraîner la formation d'un abcès auriculaire. Des facteurs prédisposants ont également été mis en évidence : hypovitaminose A, mauvaise qualité ou contamination de l'eau, conditions suboptimales de détention. En absence de prise en charge, ils peuvent entraîner la mort de la tortue par septicémie secondaire à l'abcédation chronique ; ce qui est souvent rapporté chez les espèces sauvages.

Le diagnostic basé essentiellement sur l'examen clinique externe est généralement rapidement posé (figure 144-a). La prise en charge thérapeutique passe par une chirurgie simple à réaliser. Cette dernière consiste à inciser l'épaisseur totale du tympan sur son bord ventral à l'aide d'une lame de bistouri (figure 144-b). Il s'agit donc d'une simple incision cutanée (cf. **1.3.8.4.**) permettant d'exposer la cavité tympanique. L'abcès caséux présent (figure 144-c) est alors retiré. Ensuite, l'ensemble de la cavité est flushé avec une solution saline stérile afin de retirer les débris nécrotiques inflammatoires. Une curette peut être préalablement utilisée.



Figure 144 : Abcès auriculaire et retrait chirurgical

Selon les préférences du clinicien, l'incision peut être suturée ou non. La cicatrisation peut alors se faire par première ou seconde intention. La deuxième possibilité est à privilégier pour permettre le drainage de l'abcès lors d'atteinte sévère. Dans ce cas, des soins locaux doivent être réalisés une fois par jour jusqu'à la cicatrisation complète : flush local et pommade antibiotique (néomycine, polymyxine B, bacitracine).

Quel que soit le choix concernant la suture, des antibiotiques sont souvent ajoutés par voie générale : ceftazidime 20 mg/kg q72h IM pendant 18 jours [95], enrofloxacin 10 mg/kg q72h IM pendant 10 jours [137].

## 2.4.2. Chirurgies oculaires

### 1) Enucléation/Eviscération [1, 31]

Chez les Chéloniens, l'enucléation ou retrait du globe oculaire est indiquée en présence de lésions oculaires irréversibles associées à une douleur, une infection, un inconfort de l'animal. Il peut s'agir par exemple de prolapsus du globe, d'ulcères chroniques, de perforations, de glaucomes, de lésions chimiques, de tumeurs oculaires, etc.

Après avoir anesthésié l'animal et préparé la zone péri-oculaire, le globe oculaire est saisi avec des pinces et délicatement élevé. Une dissection fine de ses attaches est réalisée à l'aide de ciseaux de Metzenbaum incurvés. Un clamp est mis en place sur le nerf optique (figure 145). Les vaisseaux optiques sont également ligaturés avec des clips vasculaires ou du monofilament résorbable. Cette étape est cruciale car la principale complication de cette chirurgie sont les saignements per- et post-opératoires du fait d'une hémostase insatisfaisante. Ces structures sont ensuite sectionnées. Si un bistouri électrique est utilisé, des précautions particulières doivent être prises pour qu'il ne soit pas en contact avec les fibres nerveuses. L'ensemble du globe peut ensuite être retiré. La cavité oculaire est laissée ouverte et des antibiotiques locaux en pommade peuvent être appliqués. La cicatrisation prend environ 4 semaines.

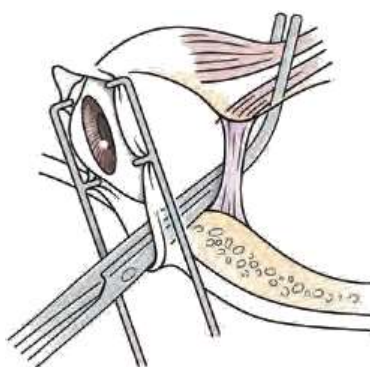


Figure 145 : Mise en place d'une pince à la base du nerf optique lors d'une énucléation, d'après [31]

Une technique alternative existe : l'éviscération. Elle consiste à vider l'œil de ses différents composants en laissant en place la sclère et les osselets osseux. Pour cela, une incision est faite tout autour de la cornée puis délicatement l'intérieur de l'œil est vidé à l'aide d'une dissection douce à la compresse. Plusieurs rinçages peuvent être effectués à l'aide de solution saline stérile. L'avantage de cette technique est d'éviter le collapse du globe d'où un aspect extérieur plus esthétique. L'orbite peut ensuite être refermée à l'aide d'une tarsorrhaphie. Les bords des paupières supérieure et inférieure sont ainsi incisés sur un millimètre à l'aide de ciseaux ou d'une lame de bistouri. Ils sont ensuite suturés entre eux par un surjet simple à l'aide de monofilament résorbable.

### 2) Chirurgie de la cataracte [73]

La cataracte chez les reptiles serait à prédisposition génétique. Elle peut également être due à des déséquilibres nutritionnels, à des traumatismes ou des infections provoquant une inflammation, à des uvéites chroniques, aux radiations ultraviolettes ou encore à des toxines ou des médicaments cataractogéniques. Elle pose problème du fait de la perte de vision associée. Ainsi, lorsqu'elle est bilatérale, l'animal n'est plus capable de se nourrir. C'est pourquoi, du fait de l'irréversibilité des lésions, la phacoémulsification est une technique utilisable chez les Chéloniens afin de rétablir une certaine vision. Cela est d'autant plus important pour les tortues de réhabilitation qui devront pouvoir se débrouiller seules dans la nature.

Cette technique a été décrite chez une *Caretta caretta* qui présentait une cataracte hypermature bilatérale (figure 146). En pré-opératoire, un traitement à base d'antibiotiques et de stéroïdes topiques associé à une antibiothérapie systémique a été mis en place une semaine avant la chirurgie. Le jour de la chirurgie, un anti-inflammatoire non stéroïdien (flurbiprofen) a été ajouté à raison de quatre administrations. Une fois l'animal anesthésié, un spéculum a été utilisé pour rétracter les paupières. La région périoculaire a été désinfectée à la povidone diluée à 5% et de la propracaine a été instillée dans l'œil. Une incision d'environ 3 mm a été réalisée sur la cornée en région dorsotemporale, à environ 0,5 mm du limbe scléro-cornéen. Du hyaluronate de sodium a été injecté via cette incision afin de maintenir la concavité de la chambre antérieure. De l'atracurium a été également injecté afin de dilater la pupille. La capsule antérieure du cristallin a été perforée à l'aide d'une aiguille de 25 G puis l'incision a été agrandie à l'aide d'une pince. L'intérieur du cristallin a alors subi une phacoémulsification, c'est-à-dire une destruction de l'organisation des fibres du cristallin à l'aide d'ultrasons. Après une irrigation/aspiration sous-capsulaire, l'incision cornéenne a été suturée à l'aide de points simples avec du fil résorbable très fin (9-0). La mise en place d'un implant intraoculaire avant la fermeture de la cornée n'a pas été réalisée du fait de la difficulté à trouver un implant adapté à la taille, à la forme et aux propriétés réfractrices de l'œil de cette tortue.



Figure 146 : Aspect de l'œil, avant (à gauche) et après (à droite) la chirurgie, d'après [73]

Différentes complications sont associées à cette méthode de prise en charge de la cataracte. Pendant la chirurgie, il peut y avoir des hémorragies dans différents segments de l'œil, une effraction du vitré dans la chambre antérieure, un déchirement de la capsule postérieure ou encore un décollement de la rétine. Après la chirurgie, un œdème cornéen post-opératoire est attendu mais doit se résorber assez rapidement (24-72h). Les complications post-opératoires sont nombreuses mais de fréquence variable : granulomes sur les sites de suture, ulcération cornéenne, persistance de l'œdème cornéen, iridocyclite persistante, synéchies, iris bombé, opacification de la capsule postérieure, dégénérescence rétinienne.

### 2.4.3. Chirurgies orthopédiques [40, 62, 83], 101, 112, 129]

Les fractures du crâne sont assez fréquentes chez les Chéloniens mais les fractures de la mandibule et les dysfonctions symphysaires le sont encore davantage. Dans tous les cas, elles sont observées en général consécutivement à des traumatismes importants, par exemple suite à une rencontre avec un prédateur, une tondeuse, une voiture ou encore un moteur de bateau pour les tortues marines. Quelques fractures iatrogéniques sont également rapportées, notamment lors de l'examen de la cavité buccale sur un animal peu coopératif ou prédisposé aux fractures du fait d'une maladie métabolique des os, sous-jacente. Des radiographies voire un scanner peuvent être réalisés afin de caractériser précisément ces fractures. Ces techniques d'imagerie sont indispensables si un montage orthopédique de fixation interne ou externe est envisagé.

Les fractures des os du crâne et de la mâchoire sont soignées selon les mêmes principes que les mammifères domestiques. Quelle que soit la méthode choisie, la réduction se fait sous anesthésie générale. Lors de fractures crâniennes sévères, le risque anesthésique est alors important du fait des hémorragies intracérébrales possibles. Le site chirurgical est préparé aseptiquement de manière classique. Un élévateur de périoste peut être utile afin de faciliter la réapposition des fragments osseux, notamment lors de fractures du crâne.

Après le nettoyage de la fracture par retrait des éventuels débris étrangers, des broches, des fils, des vis voire des aiguilles hypodermiques peuvent être utilisés afin de réaliser des montages orthopédiques tels qu'un cerclage ou un montage de fixation externe (figure 147).



Figure 147 : Prises en charge de fractures de mandibules, par cerclage d'après [83] et par fixateur externe d'après [129]

La coaptation externe est également utilisable, notamment pour des animaux ayant une fragilité osseuse. Ainsi, de petits trombones légers peuvent être fixés avec de la colle chirurgicale sur la peau en vis-à-vis de la mandibule par exemple lors de fractures mandibulaire ou de dysfonctions symphysaires. Une autre technique permettant d'assurer la stabilité pendant la cicatrisation peut être utilisée : elle consiste à scotcher la mâchoire en position fermée. Parallèlement, un tube d'œsophagostomie (cf. 2.2.2.1) doit être mis en place afin de permettre une alimentation et l'administration des médicaments.

**TROISIEME PARTIE :**  
**REALISATION DE L'ATLAS**  
**ANATOMIQUE – PARTIE**  
**EXPERIMENTALE**



## 3.1. Matériel et Méthodes

### 3.1.1. Animaux utilisés

Les animaux utilisés étaient tous des cadavres pour des raisons éthiques. Ces cadavres étaient des animaux cédés par leurs propriétaires au moment de leur mort au service d'Animaux d'Espèces Inhabituelles (AEI) d'Oniris.

Le choix des tortues disséquées a ainsi été limité par la disponibilité offerte (tableau 8). Nous avons choisi, par ordre décroissant d'exclusion, de prendre les tortues les plus grandes, les espèces les plus fréquemment rencontrées en consultation, notamment les tortues terrestres, et enfin celles ne présentant pas d'anomalie externe.

Espèce (nom latin/nom vernaculaire)	Tortue terrestre/aquatique	Nombre d'individus	Informations disponibles
<i>Chelonoidis carbonaria</i> = Tortue charbonnière	Terrestre	1	-
<i>Stigmochelys pardalis</i> = Tortue léopard	Terrestre	1	-
<i>Testudo graeca</i> = Tortue grecque	Terrestre	9	Dont une ayant 40 ans minimum
<i>Testudo hermanni</i> = Tortue d'Hermann	Terrestre	3	Dont une juvénile
<i>Testudo horsfieldii</i> = Tortue des steppes	Terrestre	1	-
<i>Testudo marginata</i> = Tortue bordée	Terrestre	1	Environ 60 ans, amputée du membre postérieur gauche
<i>Pelomedusa subrufa</i> = Péloméduse roussâtre	Aquatique	1	Subadulte
<i>Trachemys scripta elegans</i> = Tortue de Floride	Aquatique	1	-

Tableau 8 : Cadavres de tortues disponibles à Oniris au 1<sup>e</sup> mars 2014

Tous ces animaux étaient conservés congelés au sein de l'école. Lors des deux dissections préliminaires, deux tortues terrestres, une tortue d'Hermann et une tortue grecque, ont ainsi été décongelées afin de s'approprier l'anatomie, s'entraîner à la dissection et aux techniques d'ouverture du plastron. Ces deux espèces avaient été choisies du fait de leur représentation en nombre plus important et de leur rencontre assez fréquente en clientèle. Toutefois, à l'ouverture, l'ensemble de la cavité coelomique présentait une lyse très avancée ne permettant pas d'obtenir une dissection et des photographies satisfaisantes. Un problème pouvait alors se poser si l'ensemble des cadavres présentait un tel mauvais état de conservation. La possibilité de prendre contact avec des animaleries vendant des reptiles et/ou avec des parcs zoologiques avait été évoquée mais n'a pas été nécessaire.

Le protocole de décongélation était le même pour toutes les tortues. Elles étaient simplement placées dans le réfrigérateur du service d'anatomie deux jours avant les dates de dissection prévues.

Finalement, 4 tortues ont été utilisées pour réaliser cette thèse, toutes du genre *Testudo*. Leurs caractéristiques plus précises sont développées ci-après en **3.1.4.1**. Les dissections ont été réfléchies afin d'utiliser le moins d'animaux possibles, ce qui permettait de conserver une certaine marge de sécurité vis-à-vis de l'incertitude de l'état de conservation et donc du nombre d'animaux effectivement utilisables.

### **3.1.2. Choix des voies d'abord décrites dans l'atlas anatomique**

Le choix des voies d'abord décrites dans ce présent atlas est en soi forcément subjectif (tableau 9). Néanmoins, nous avons tenté de sélectionner toutes celles qui semblaient indispensables à la majorité des chirurgies réalisables par un vétérinaire non spécialisé en chirurgie.

Ainsi, l'ensemble des organes se trouvant dans une seule et unique cavité, la cavité coelomique, il est essentiel de connaître les voies d'abord y donnant accès. C'est pourquoi les techniques de cœliotomie transplastrale, précurrale et axillaire devaient nécessairement être développées. En effet, elles offrent ainsi toutes les possibilités au vétérinaire praticien pour traiter de nombreux problèmes organiques en réalisant des gastrotomies, des entérotomies/entérectomies, des colopexies, des orchidectomies, des ovariectomies, des ovariosalpingectomies, des salpingotomies, des cystotomies, etc. Elles peuvent également permettre une simple exploration et la réalisation de biopsies. Chacune ayant ses avantages et ses inconvénients, elles sont donc complémentaires et se doivent de figurer dans l'atlas anatomique.

Outre les organes, les Chéloniens possèdent également quatre membres. A travers la recherche bibliographique, il a pu être mis en évidence que l'ensemble des techniques orthopédiques connues chez les carnivores domestiques, notamment les techniques de fixation interne ou externe, peuvent être adaptées aux tortues. Néanmoins, elles sont peu décrites pour cet ordre de reptiles et nécessitent, pour la plupart, de solides connaissances en chirurgies orthopédiques préalables. Une bonne alternative thérapeutique est ainsi l'amputation, qui peut être partielle ou haute, mais toujours basée sur une désarticulation. L'amputation haute (scapulohumérale ou coxofémorale) est à favoriser mais peut s'avérer délicate du fait de la carapace. Ainsi, les régions du coude et du genou peuvent également se révéler intéressantes pour des amputations plus basses ou comme simple familiarisation de l'anatomie régionale également utile pour la pose de montages orthopédiques de fixation interne par exemple.

Enfin, une pratique chirurgicale simple nous est apparue importante à traiter : la pose d'une sonde d'œsophagostomie. En effet, les Chéloniens sont souvent amenés en consultation alors que leur seul signe clinique est une anorexie. La prise en charge de ce signe passe par une réalimentation préalable quelle que soit la cause sous-jacente et le traitement, chirurgical ou non, associé.

<b>Voies d'abord choisies</b>	<b>Indications</b>
Cœliotomie transplastrale	Toutes les chirurgies de la cavité cœlomique
Cœliotomie précururale	La plupart des chirurgies de la cavité cœlomique (entérotomie/entérectomie, colopexie, orchidectomie, ovariectomie, ovariosalpingectomie, salpingotomie, cystotomie, biopsies diverses)
Abord axillaire	Chirurgies de la cavité cœlomique crâniale (gastrotomie, entérotomie/entérectomie sur le duodénum, biopsie hépatique)
Région du coude	Amputation partielle
Région de l'épaule	Amputation haute
Région du genou	Amputation partielle
Région de la hanche	Amputation haute
Région cervicale basse	Pose d'une sonde d'œsophagostomie

**Tableau 9 : Récapitulatif des voies d'abord sélectionnées**

Le choix des voies d'abord ainsi arrêté, les dissections à effectuer étaient alors définies. Des examens complémentaires pouvaient être envisagés afin d'illustrer ces approches. Les radiographies permettent ainsi de situer les ceintures osseuses par exemple. Le scanner est également utile pour les tissus osseux mais également les tissus mous. En effet, le scanner est utilisable chez une tortue encore congelée, contrairement aux radiographies. Les organes restent davantage dans leur position physiologique même si à la décongélation, ils présentent un état de dégradation avancé. De plus, cette technique d'imagerie peut donner des reconstructions 3D particulièrement pédagogiques dans un objectif de fiches didactiques.

### **3.1.3. Mise en page « type » des planches anatomiques**

Pour conserver une certaine cohérence et lisibilité des planches composant cet atlas anatomique, une planche « type » a été développée. La volonté est de réaliser des planches complètes mais succinctes (4 pages maximum) pour chaque voie d'abord. Ce format se veut ainsi simple d'utilisation pour le vétérinaire praticien dans sa pratique quotidienne. C'est pourquoi, afin d'éviter d'avoir recours à plusieurs supports pour réviser d'un côté l'anatomie et de l'autre la technique chirurgicale, il a été choisi de combiner les deux. Les dissections anatomiques étaient ainsi orientées selon la voie d'abord et pas obligatoirement selon les plans classiques. Le résultat a pour objectif d'être très visuel, les fiches détachables pouvant même être plastifiées et affichées dans la salle de préparation de chirurgie par exemple.

La forme définitive s'est inspirée au départ de celle de l'ouvrage « Voies d'abord en chirurgie ostéo-articulaire chez le chien » [21]. Cette planche « type » est ainsi présentée ci-après (figure 148). Pour la première partie, des notions anatomiques, préambules indispensables avant toute chirurgie, sont rappelées. Un plan classique d'anatomie systématique a été appliqué : ostéologie, myologie, vascularisation/innervation et splanchnologie. Afin de repérer plus rapidement les différentes structures, un code couleur arbitrairement choisi est présent : structures osseuses en orange, structures musculaire en rose, artères en rouge, veines en bleu, nerfs en violet et organes en vert. Cette codification a été utilisée tout au long de cette thèse afin de conserver une certaine unité. Ensuite, une partie sur l'abord chirurgical présente chaque étape de l'approche en associant description des gestes chirurgicaux et photographies avec légendes des principales structures d'intérêt. Un encart « A retenir » dresse un récapitulatif des notions importantes associées à cet abord. Enfin, les indications liées à cette voie d'abord sont listées tout comme les avantages et les inconvénients afin d'aider au choix du chirurgien.

## Région de...

### **I - Notions anatomiques** (dissection fine +/- planches anatomiques)

*Rappel d'ostéologie*

PHOTO (+/- radio +/- planches anatomiques)

*Rappel d'ostéologie*

LEGENDES : os en orange

*Rappel de myologie*

PHOTO (+/- planches anatomiques)

*Rappel de myologie*

LEGENDES : muscles en rose

*Rappel sur vascularisation/innervation*

PHOTO

*Rappel sur vascularisation/innervation*

LEGENDES : artères en rouge, veines en bleu, nerf en violet

*Rappel des rapports entre organes*

PHOTO (+/- radio +/- écho)

*Rappel des rapports entre organes*

LEGENDES : organes en vert

### **II – Voie d'abord de la région**

Qualificatif de l'abord : *latéral/médial...*

Photos prises à plusieurs étapes, c'est-à-dire à chaque structure anatomique traversée jusqu'à la visualisation de la zone d'intérêt.

Rappel au moyen de légendes des principales structures anatomiques visualisées, à préserver et d'intérêt

#### **A RETENIR :**

- Encart pour bien mettre en avant les structures essentielles à repérer !

### **III- Indications et avantages/inconvénients**

Figure 148 : Planche « type » de l'atlas

### 3.1.4. Réalisation des images illustrant cette thèse

#### 1) Nombre d'animaux

Quatre tortues du genre *Testudo* ont été utilisées pour l'obtention des images illustrant ce travail (tableau 10 et figure 149). Elles ont toutes été pesées et mesurées. La largeur de la tortue et sa longueur ont ainsi été relevées sur les tortues posées sur une surface plane, en décubitus ventral, à l'aide d'un mètre mesureur. Pour la longueur de la carapace d'une tortue, plusieurs méthodes peuvent être utilisées. Nous avons choisi ici celle la plus répandue pour les tortues du genre *Testudo*, à savoir la longueur mesurée en ligne droite de la dossière (SCL pour *straight carapace length*). Cette technique est facilement réalisable chez ces tortues car le bord crânial du plastron ne dépasse pas la dossière.

	Tortue n°1	Tortue n°2	Tortue n°3	Tortue n°4
Espèce	<i>Testudo horsfieldii</i>	<i>Testudo hermanni</i>	<i>Testudo marginata</i>	<i>Testudo graeca</i>
Sexe	Mâle	Mâle	Femelle	Mâle
Taille L x l (en cm)	19 x 15,8	12,4 x 10,8	25,9 x 8,2	19,4 x 12,7
Poids (en g)	1319	408	2503	1472

Tableau 10 : Caractéristiques des tortues utilisées pour l'obtention des images



Figure 149 : Vue dorsale des quatre tortues utilisées

Le nombre d'animaux a été limité le plus possible par soucis d'éthique. Toutefois, il a également été influencé par la nécessité d'avoir les deux sexes représentés et par les problèmes de conservations ou encore des fractures non diagnostiquées. Ainsi, la tortue n°2 présentait un état de putréfaction des organes coelomiques avancée mais ses membres étaient suffisamment conservés pour être exploitables. Une fracture au membre antérieur gauche a en outre été une découverte fortuite ne permettant pas de réaliser l'ensemble des dissections des membres sur cet animal. La tortue n°3 était, quant à elle, amputée du membre postérieur gauche mais présentait des caractéristiques intéressantes à exploiter (individu femelle de grande taille). Enfin, la tortue n°4 a simplement été utilisée congelée pour la réalisation du scanner. L'ensemble des dissections réalisées sur chaque animal a été récapitulé dans le tableau 11 suivant. Il faut néanmoins mentionner que les dissections pour la voie d'abord cervicale basse ont été réalisées sur une tortue de Floride ayant été utilisée par ailleurs pour des travaux pratiques.

	Dissections « anatomiques »	Dissections « chirurgicales »
Tortue n°1	Cavité coelomique Région inguinale (myologie) à gauche Région axillaire (myologie) à droite	Cœliotomie transplastrale Cœliotomie précrurale à droite Abord axillaire à gauche
Tortue n°2	Région du coude et de l'épaule (droite) Région du genou et de la hanche (gauche)	Amputation partielle et totale du membre postérieur droit
Tortue n°3	Cavité coelomique d'une femelle	Cœliotomie précrurale et abord axillaire Amputation partielle et totale du membre antérieur droit
Tortue n°4	Images de Scanner sur animal congelé	

Tableau 11 : Récapitulatif des différentes dissections réalisées chez chaque tortue utilisée

## 2) Matériel de dissection

Le matériel de dissection utilisé comportait une trousse de dissection de base, des lames de scalpel, une scie oscillante (figure 150) et ses lunettes de protection, des gants. Par ailleurs, pour les considérations préliminaires, une balance et un mètre à mesurer ont été utilisés. Pendant les dissections, des planches anatomiques tirées des différents ouvrages cités dans la partie 1 étaient disponibles sous pochette plastique. Enfin, pour les dissections « chirurgicales », des champs propres déjà utilisés ont été récupérés auprès du service de Chirurgie d'Oniris.



Figure 150 : Scie oscillante utilisée pour les dissections

## 3) Description du protocole de préparation des os

La préparation des os photographiés pour illustrer cette thèse a été réalisée par le préparateur de l'Unité d'Anatomie Comparée ONIRIS, Manuel Comte. Une des deux tortues utilisées pour les dissections préliminaires, une *Testudo hermanni*, a ainsi subi les étapes suivantes.

Tout d'abord, l'ensemble de la tortue avec sa carapace a été placé dans une marmite remplie d'eau mise à bouillir en permanence pendant environ une semaine. Une fois l'ensemble des chairs cuites, l'eau de ce bain est changée pour une eau claire. L'ensemble de la tortue doit être immergée. Ce mélange est laissé à chauffer à faible puissance afin que les derniers tissus accrochés aux os se décrochent d'eux-mêmes. De l'eau chaude est régulièrement ajoutée afin que le niveau reste le même. Ces ajouts fréquents permettent de réoxygéner l'ensemble et donc les bactéries naturellement présentes dans l'eau. Ces dernières ont un rôle important dans le processus de décomposition des chairs. Enfin, lorsque le contenu de la marmite revêt une couleur saumâtre/grisâtre, les os sont généralement prêts à être utilisés dans le cadre d'un travail d'anatomie.

#### 4) Obtention des images

- **Photographies**

L'ensemble des photographies de ce travail ont été prises à l'aide d'un appareil photo bridge (Lumix DMC-FZ62, Panasonic®) au sein de l'Unité d'Anatomie Comparée d'ONIRIS (figure 151). Une tente de photographie avec des fonds blanc et noir nous a également été gracieusement prêtée par le Dr. Juliette Magrans. Elle nous a ainsi permis d'optimiser la luminosité afin d'obtenir la meilleure qualité photographique possible dans un souci de qualité des planches anatomiques proposées.

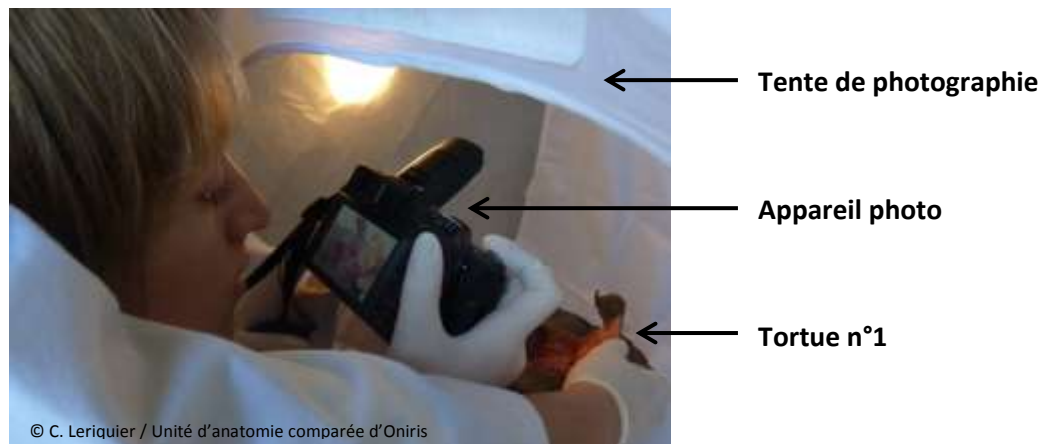


Figure 151 : Réalisation des photographies illustrant ce travail

Une échelle en aluminium (figure 152) a été choisie afin de garder le même repère sur l'ensemble des photos. De plus, sa composition a permis de l'utiliser lors de la réalisation de radiographies, nous permettant de conserver une échelle fiable malgré la diffraction des rayons X.



Figure 152 : Echelle photographique couleur en aluminium

- **Radiographies**

Les radiographies ont été réalisées au sein du service d'Imagerie Médicale d'Oniris. L'appareil de radiographie est une suspension « Argostat Mecall » à anode tournante avec un foyer de 0,6 mm, équipée d'un tube de 150 kV et d'un générateur Convix 300 HF d'une puissance de 50 kW. L'acquisition des images radiographiques s'est faite à l'aide de cassettes numériques, c'est-à-dire d'écrans photostimulables ou écran PCR (*Photostimulable Computed Radiography*). A Oniris, les plaques utilisées sont ainsi des plaques ERLM (écrans radios luminescents à mémoire). Enfin, le développement des images enregistrées sur les plaques ERLM s'est fait à l'aide d'un développeur numérique Fuji FCR 5000 et l'acquisition des images à l'aide du logiciel de la station Fuji Netpix.

- **Ct-Scan**

La tortue n°4, encore congelée, a été imagée par tomographie assistée par ordinateur. Le scanner Siemens Sensation 16 utilisé a été configuré avec les paramètres suivants : 140 kV, 250 mAs, coupes de 1,5 mm d'épaisseur, incrément de 1 mm. Ces paramètres sont cohérents avec ceux décrits dans la littérature à des fins diagnostiques sur tortues vivantes [84, 130].

Les différentes coupes ainsi obtenues se chevauchent, permettant dans un second temps la reconstruction 3D et la réalisation de diverses coupes 2D selon d'autres orientations. Cette technique d'imagerie est le meilleur examen pour les structures osseuses du fait de l'excellent contraste osseux [125].

### **3.1.5. Traitements des images**

Les images brutes ont été traitées par différents logiciels suivant le moyen d'acquisition utilisé au départ : par le logiciel de visualisation Fuji Viewpix pour les radiographies, par le logiciel OsiriX® pour les images du Ct-Scan et par le logiciel PhotoFiltre® pour l'ensemble des photographies et toutes les corrections des différentes figures avant incorporation à cette thèse.

### **3.2. Résultats :**

#### **Atlas anatomique des principales voies d'abord chez les Chéloniens**

Cette partie a pour but de présenter les fiches pratiques réalisées à partir des images réalisées selon le protocole décrit précédemment et à partir de quelques éléments de la bibliographie.

Ces fiches sont ainsi détachables et indépendantes de cet ouvrage afin d'être utilisables seules par le vétérinaire praticien. Bien entendu, pour certains détails, un retour aux deux premières parties bibliographiques peut être nécessaire.

Les fiches suivantes ont ainsi été réalisées et sont présentées ci-après :

- Fiche pratique n° 1 : Coeliotomie transplastrale
- Fiche pratique n° 2 : Coeliotomie précrurale
- Fiche pratique n° 3 : Abord axillaire
- Fiche pratique n° 4 : Région du genou
- Fiche pratique n° 5 : Région de la hanche
- Fiche pratique n° 6 : Région du coude
- Fiche pratique n° 7 : Région de l'épaule
- Fiche pratique n° 8 : Région cervicale basse



## Cœliotomie transplastrale

### I - Notions anatomiques

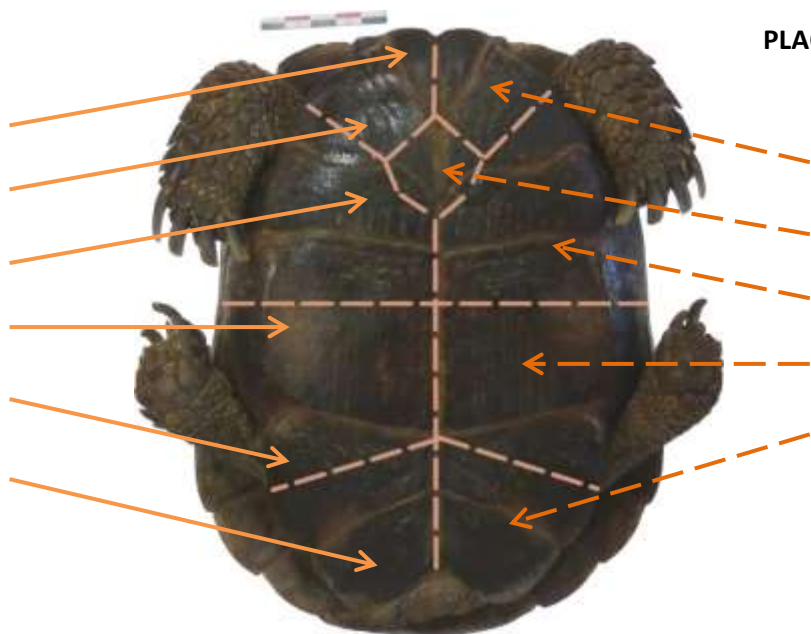
#### Rappels d'ostéologie

##### ECAILLES

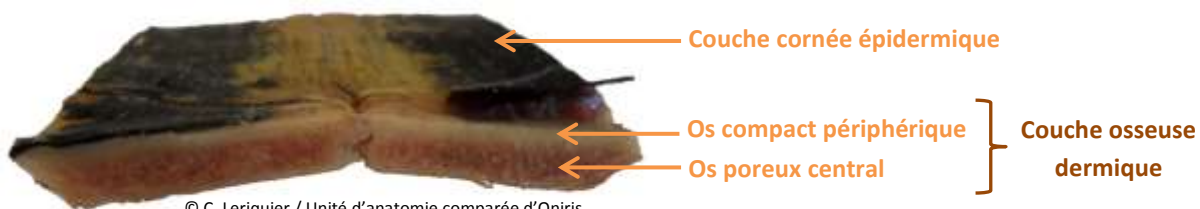
- Gulaire
- Humérale
- Pectorale
- Abdominale
- Fémorale
- Anale

##### PLAQUES OSSEUSES (projection)

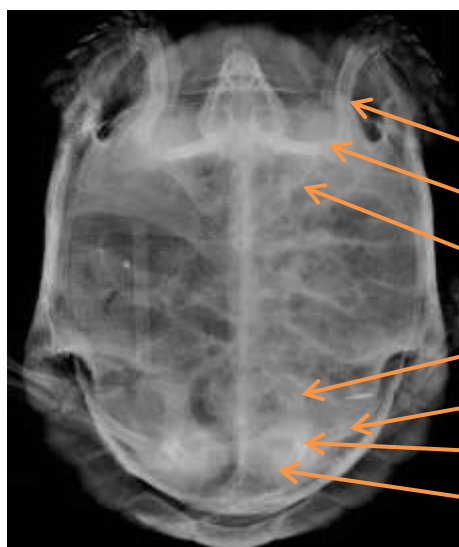
- Epiplastron
- Entoplastron
- Hyoplastron
- Hypoplastron
- Xiphyplastron



© C. Lericquier / Unité d'anatomie comparée d'Oniris

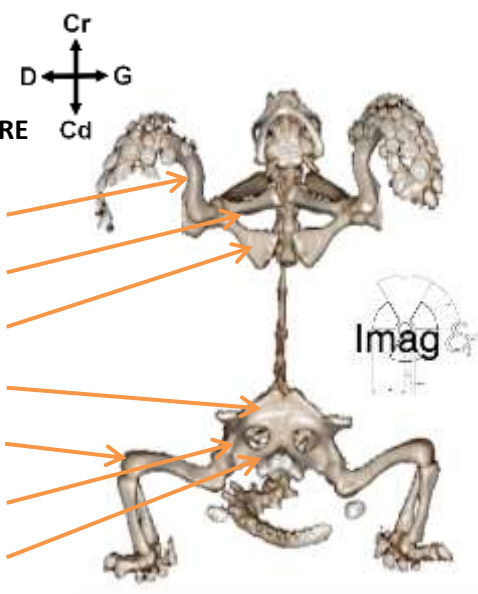


© C. Lericquier / Unité d'anatomie comparée d'Oniris



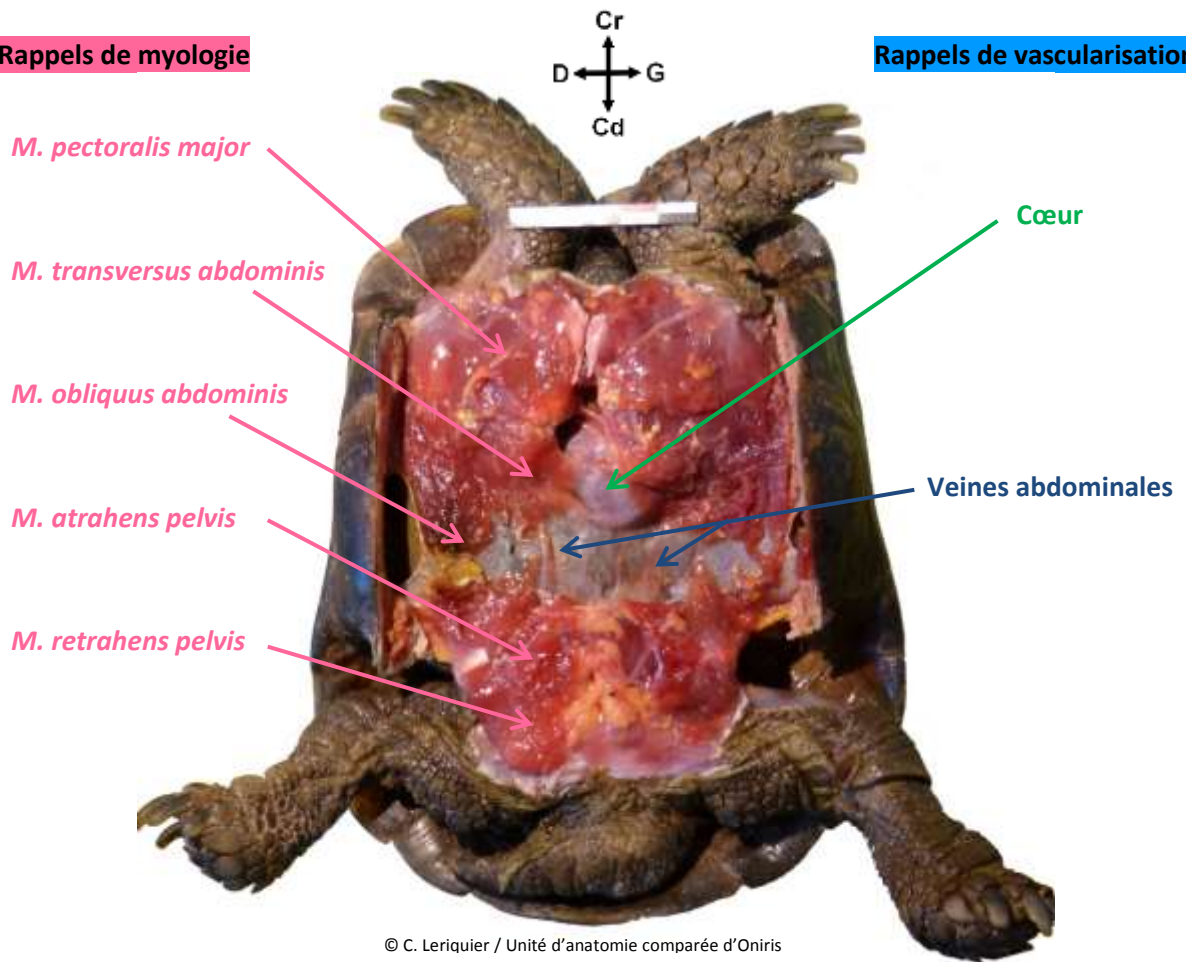
##### SQUELETTE APPENDICULAIRE

- Humérus
- Scapula
- Coracoïde
- Ilium
- Fémur
- Ischium
- Pubis

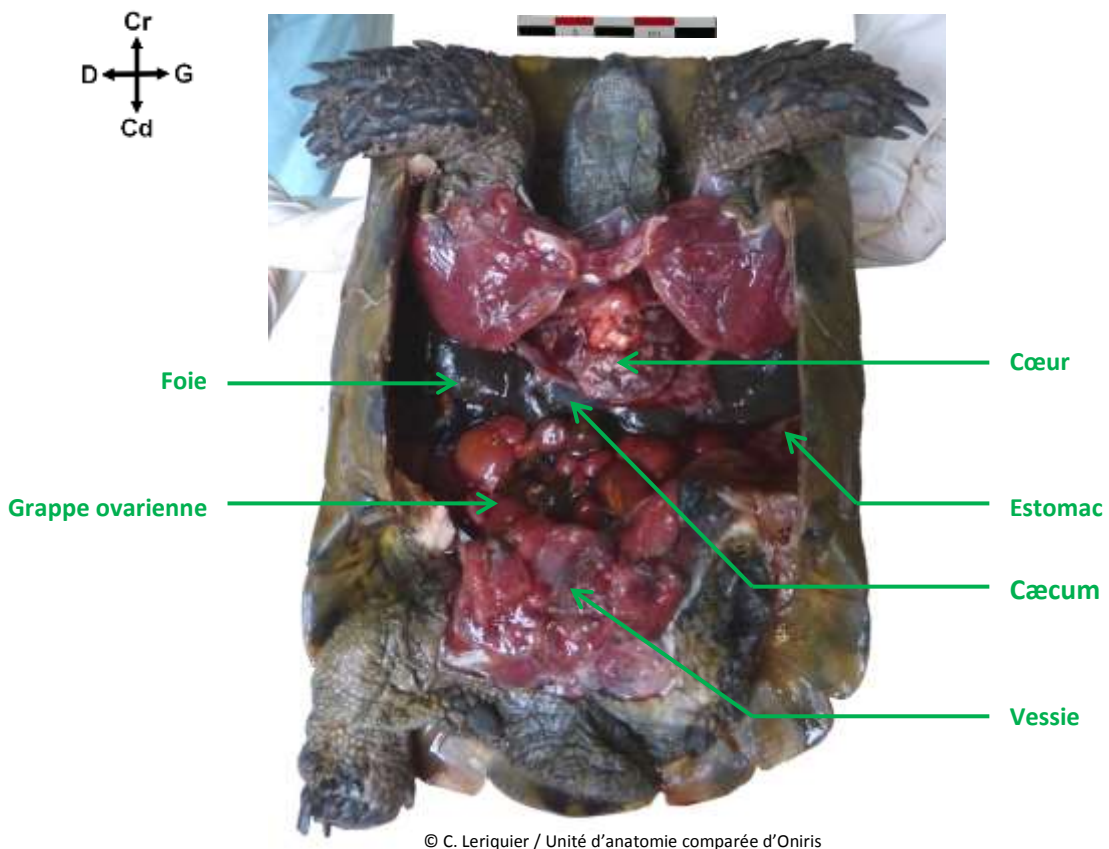


**Rappels de myologie**

**Rappels de vascularisation**

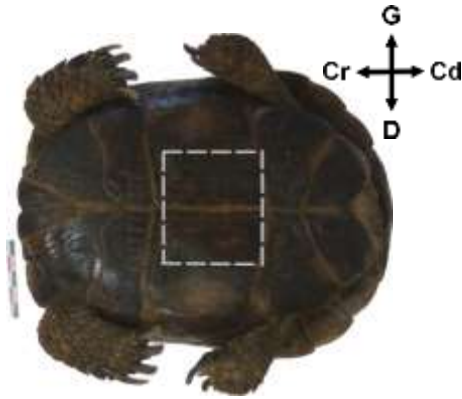


**Rappels de splanchnologie**



## II – Voie d’abord

Sur l’ensemble des photographies, l’animal est placé en **décubitus dorsal** ; sa tête étant arbitrairement à gauche (*sauf mention contraire*).



Cet abord de la cavité cœlomique est donc un abord ventral.

**Etape 1 :** Découpe des deux côtés latéraux avec une angulation de 45° à l’aide d’une scie oscillante.

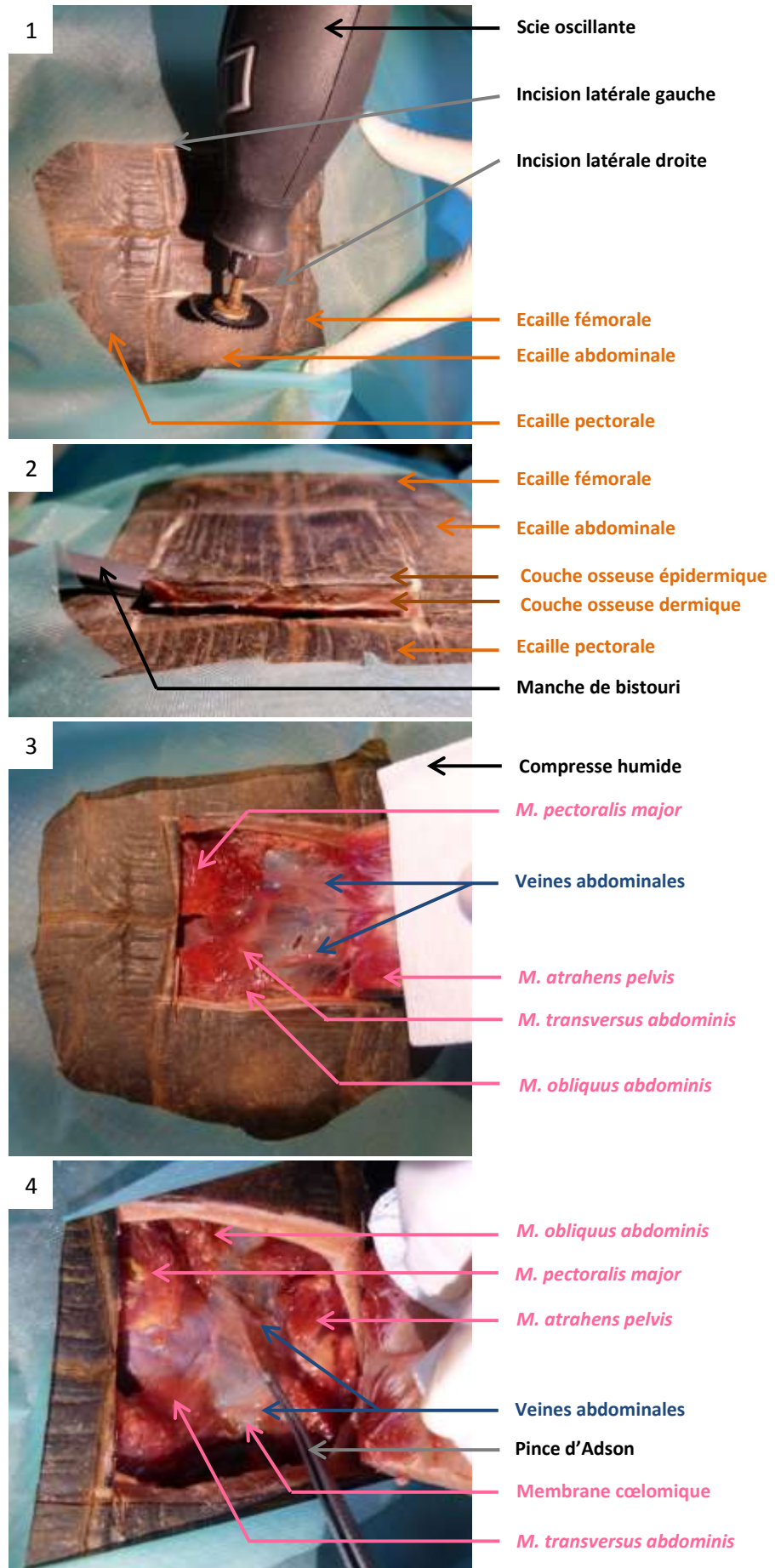
**Etape 2 :** Découpe complète du bord crânial mais incomplète du bord caudal afin de conserver les accroches musculaires.

Élévation du volet plastral ainsi créé à l’aide d’un manche de bistouri. (*photographie en vue crâniale*)

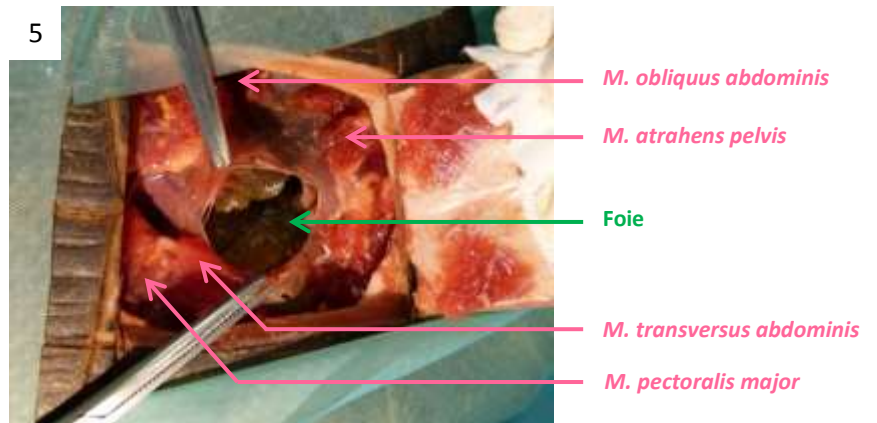
**Etape 3 :** Dissection moussée en restant le plus près possible du plastron. Réclinaison délicate du volet plastral. Maintien de cette position en flexion pendant toute l’opération à l’aide d’une compresse stérile humidifiée.

**Etape 4 :** Création d’une boutonnière en saisissant la membrane cœlomique entre les deux veines abdominales à l’aide d’une pince d’Adson et en incisant à l’aide d’une lame de bistouri.

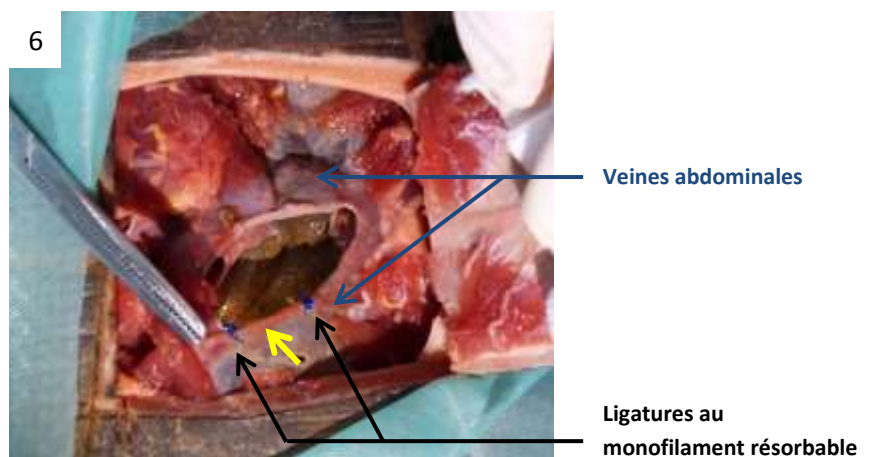
Crédits photos :  
C. Lერიკიერი / Unité d’anatomie comparée d’Oniris



**Etape 5 :** Entrée dans la cavité cœlomique. Visualisation des organes cœlomiques.



**Etape 6 :** Possibilité de ligaturer une des deux veines pour se ménager un accès plus large à la cavité cœlomique : mise en place des deux ligatures avec du monofilament résorbable et incision aux ciseaux de Metzenbaum ou à la lame de bistouri au centre (flèche jaune).



Crédits photos :  
C. Lერიკიერ / Unité d'anatomie comparée d'Oniris

**A RETENIR :**

- Bien connaître la localisation des ceintures scapulaire et pelvienne. Ne pas hésiter à faire des radiographies pré-opératoires.
- Essayer de conserver la vascularisation en gardant les attaches musculaires intactes lors de la découpe du bord caudal du volet plastral. Si le volet osseux est complètement détaché, le placer dans de la saline stérile.
- Faire très attention aux deux veines abdominales lors de l'élévation du volet et lors de l'incision de la membrane cœlomique. Se souvenir qu'une des deux peut être ligaturée pour un plus grand accès.

**III- Indications et avantages/inconvénients**

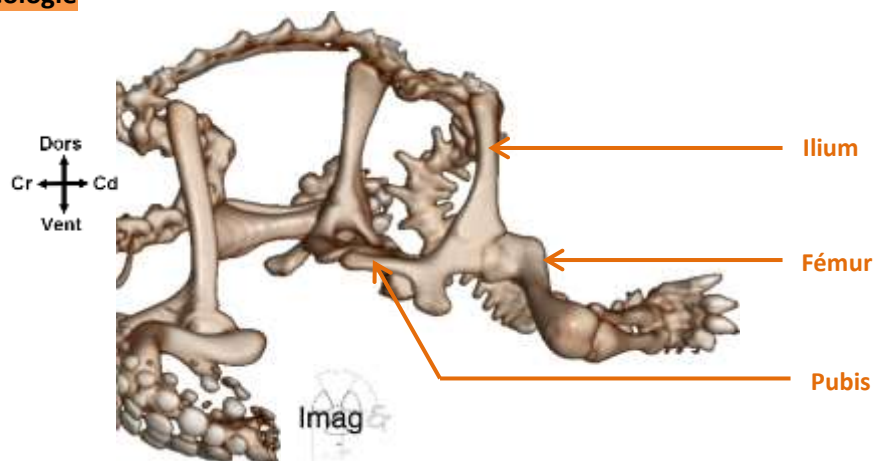
Indications : Toutes les chirurgies cœlomiques (gastrotomie, entérotomie/entérectomie, colopexie, orchidectomie, ovariectomie, ovariosalpingectomie, salpingotomie, cystotomie, biopsies diverses, etc.)

Avantages	Inconvénients
- Accès à tous les organes cœlomiques	- Abord demandant beaucoup de temps
- Bonne visibilité de la cavité cœlomique	- Douleur plus importante en post-opératoire (par rapport à un abord par les tissus mous)
- Possibilité d'extraire de gros éléments (corps étrangers digestifs, calculs urinaires, œufs)	- Durée de cicatrisation longue (12-18 semaines) avec risque d'ostéomyélite

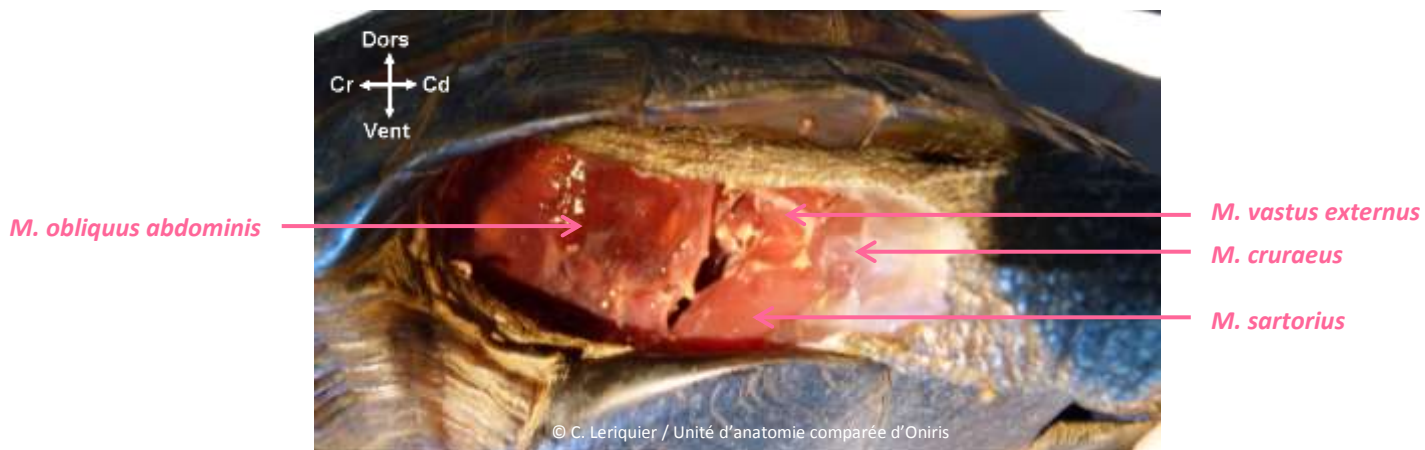
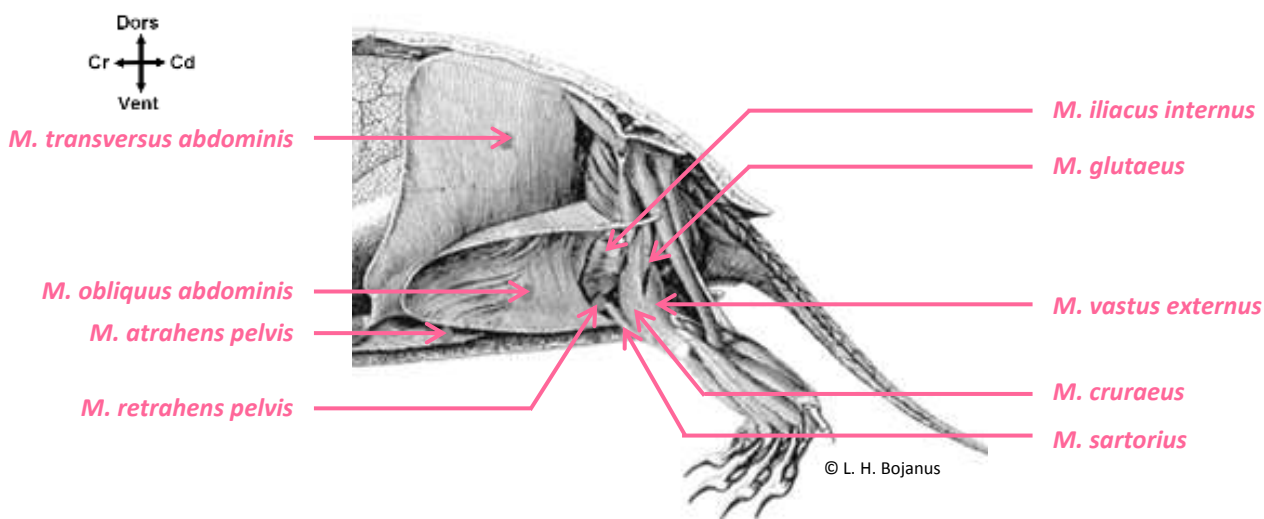
Coeliotomie précrurale

I - Notions anatomiques

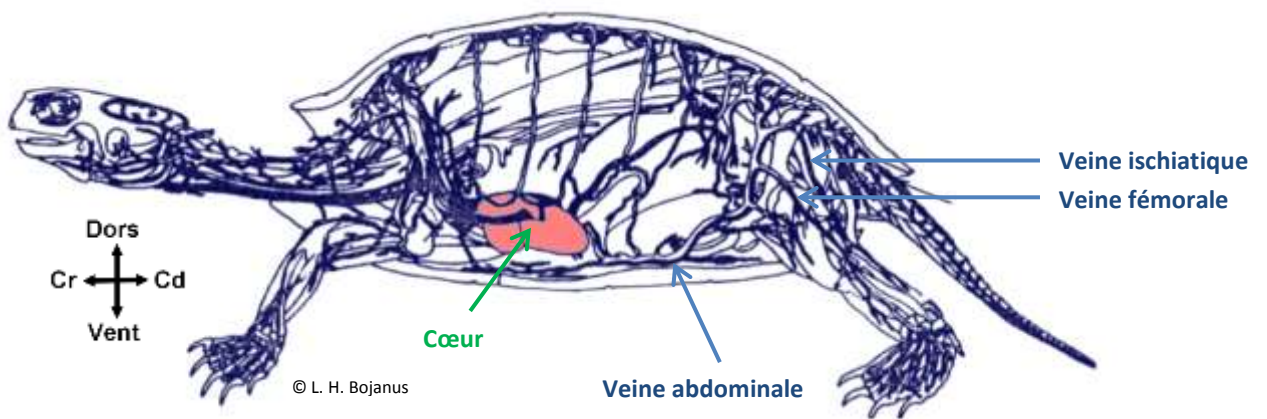
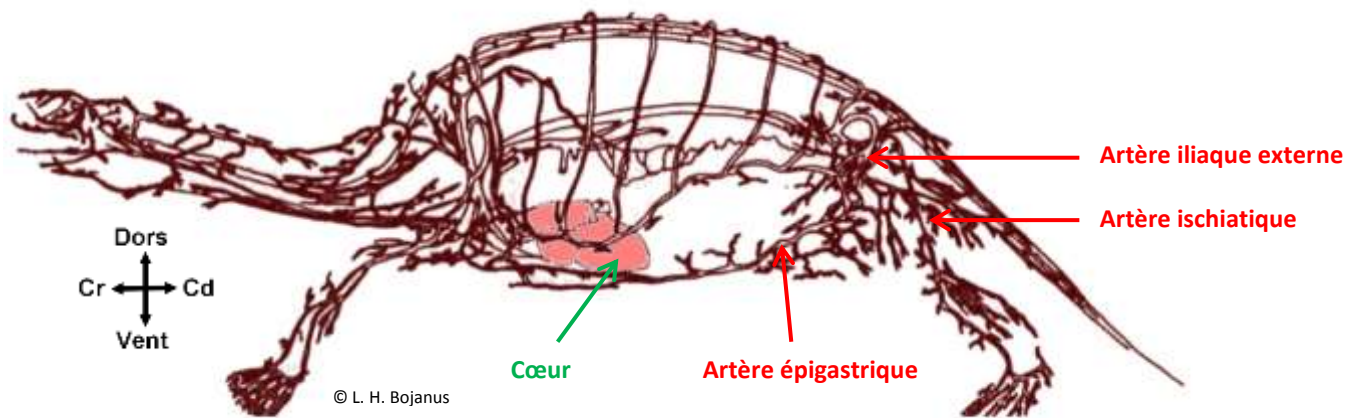
Rappels d'ostéologie



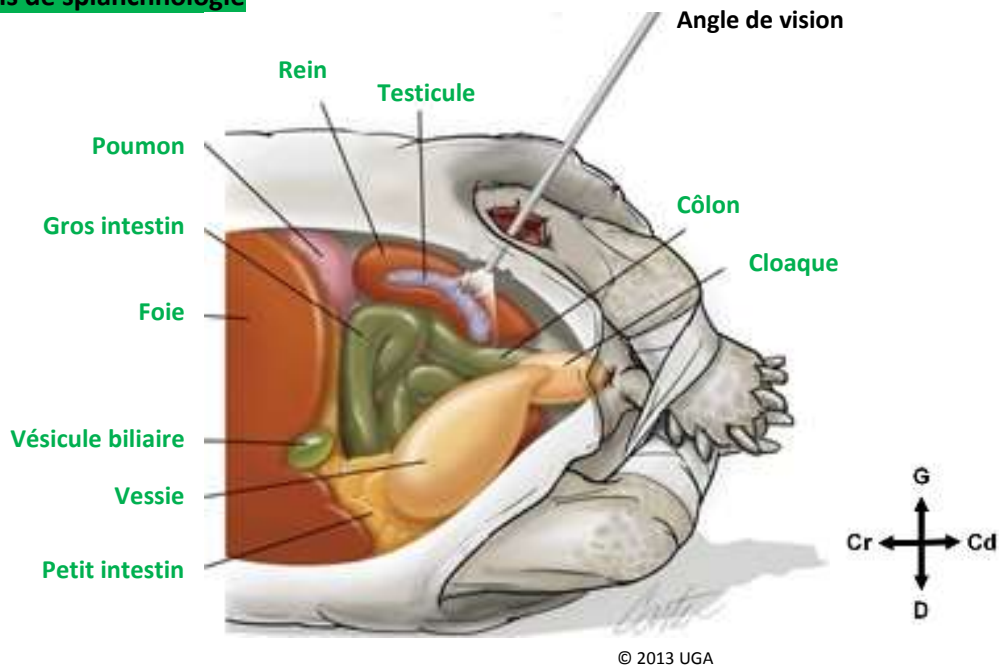
Rappels de myologie



## Rappels de vascularisation



## Rappels de splanchnologie



A noter que pour les **fémmelles**, la grappe ovarienne se situe dans la même zone anatomique que les testicules. Elle est ainsi en général spontanément visualisée à l'entrée de la cavité cœlomique par un abord préfémmoral.

## II – Voie d’abord

Sur l’ensemble des photographies, l’animal est placé en **décubitus latéral droit**; la tête étant donc à gauche.



Cet abord de la cavité cœlomique est donc un abord latéral.

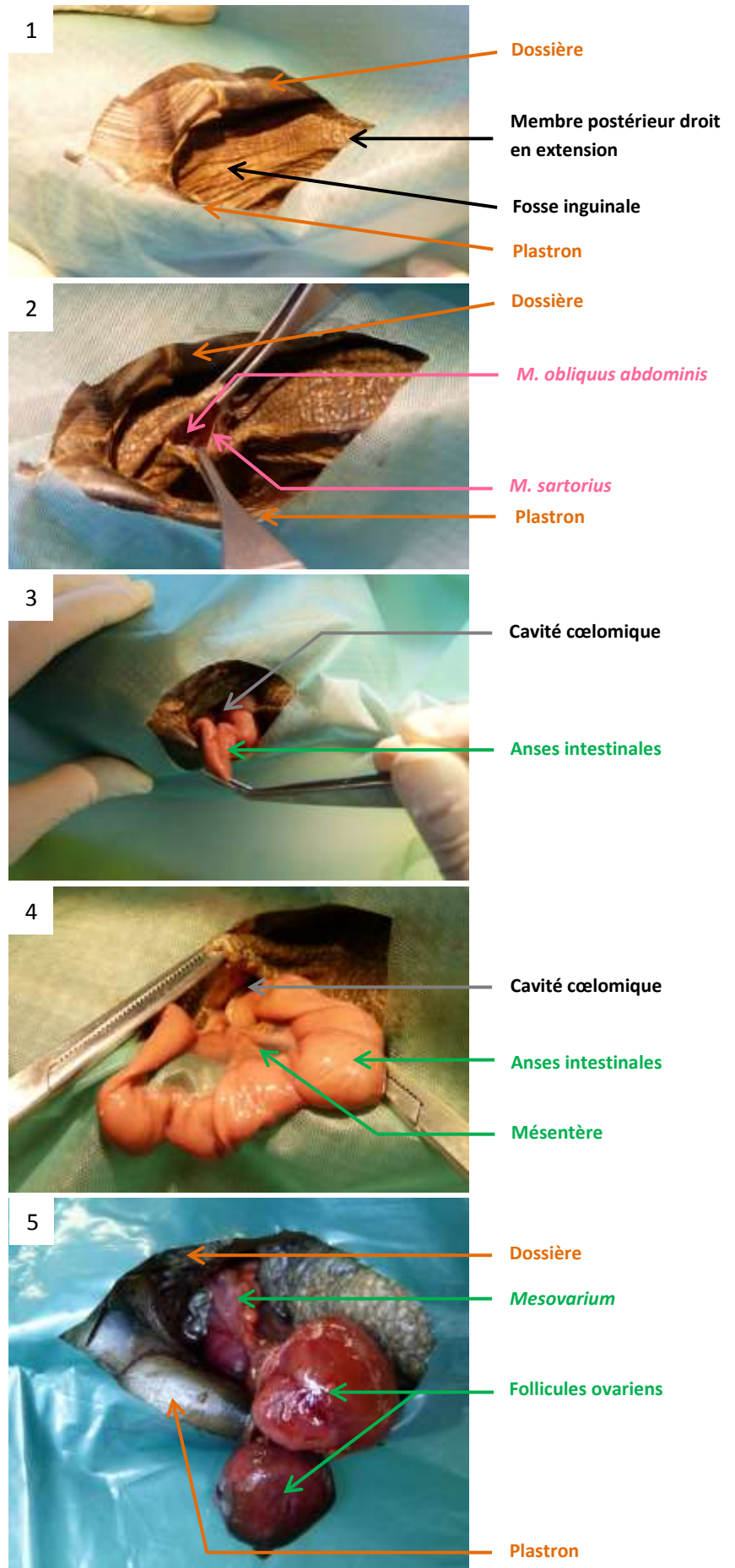
**Etape 1 :** Placement en extension du membre postérieur ipsilatéral afin de bien dégager la fosse inguinale ou préfémorale.

**Etape 2 :** Incision à l’aide d’une lame de bistouri de la peau à égale distance entre la dossière et le plastron. Les muscles abdominaux, en particulier l’oblique, sont visualisés crânialement au muscle *sartorius* à cette étape.

Incision des deux muscles abdominaux et de la membrane cœlomique.

**Etape 3 :** Préhension de l’organe d’intérêt (ici, anses intestinales). Utilisation possible d’un crochet à ovariectomie pour pallier à la visualisation difficile.

**Etapes 4 et 5 :** Extériorisation hors de la cavité cœlomique de l’organe d’intérêt afin de commencer le temps chirurgical spécifique.



Crédits photos :  
C. Lერიკიერი / Unité d’anatomie comparée d’Oniris

**A RETENIR :**

- Savoir qu'il y a peu de tissus entre l'incision cutanée et l'entrée dans la cavité cœlomique si le membre postérieur est bien placé en extension.
- Garder à l'esprit la proximité de la veine fémorale (bord crânial de la cuisse) même si l'incision est généralement plus crâniale.
- Ne pas hésiter à utiliser un crochet à ovariectomie pour extérioriser délicatement l'organe d'intérêt.

**III- Indications et avantages/inconvénients**

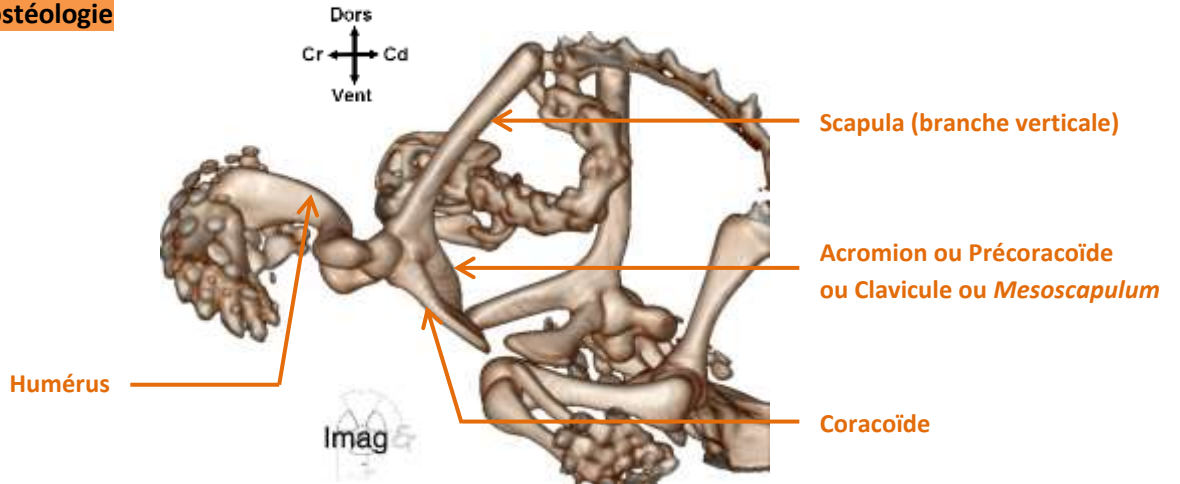
Indications: Beaucoup de chirurgies cœlomiques (entérotomie/entérectomie, colopexie, orchidectomie, ovariectomie, ovariosalpingectomie, salpingotomie, cystotomie, biopsies diverses, etc.)

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"><li>- Plus rapide et moins douloureux que l'abord transplastral</li><li>- Cicatrisation rapide (3-5 semaines)</li><li>- Utilisable pour des procédures non chirurgicales (sexage, endoscopie)</li><li>- En développement pour des chirurgies endoscopiques</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Utilisable principalement chez les espèces à petits plastrons (c'est-à-dire à grande fosse inguinale)</li><li>- Accès plus restreint à la cavité cœlomique (peut poser problème en cas de gros éléments à extraire)</li><li>- Estomac et duodénum difficilement accessibles voire inaccessibles selon les espèces</li></ul>

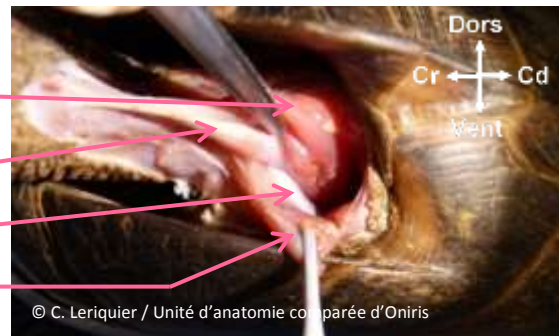
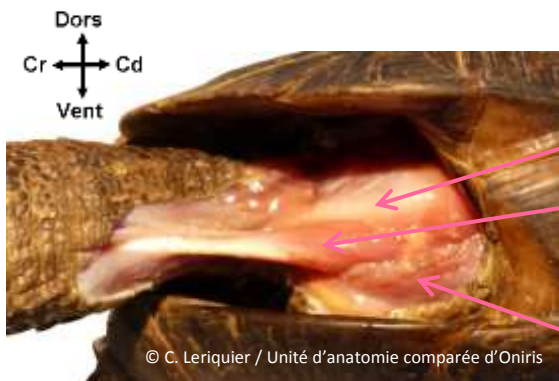
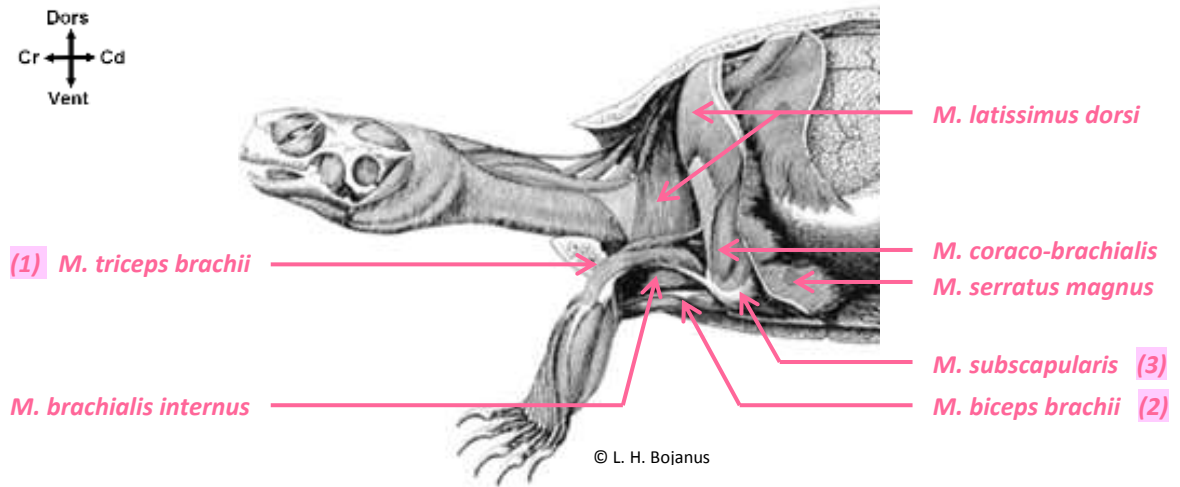
Région axillaire

I - Notions anatomiques

Rappels d'ostéologie

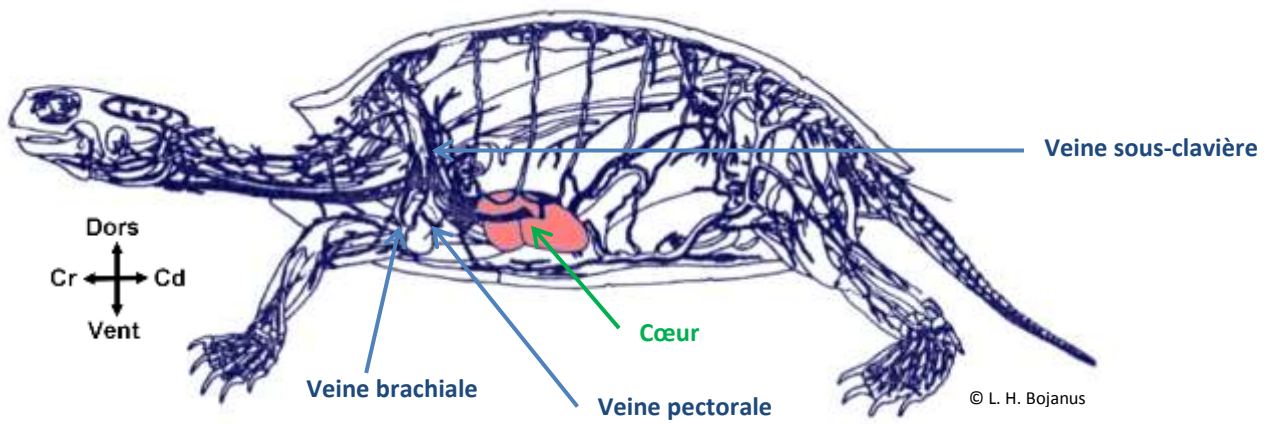
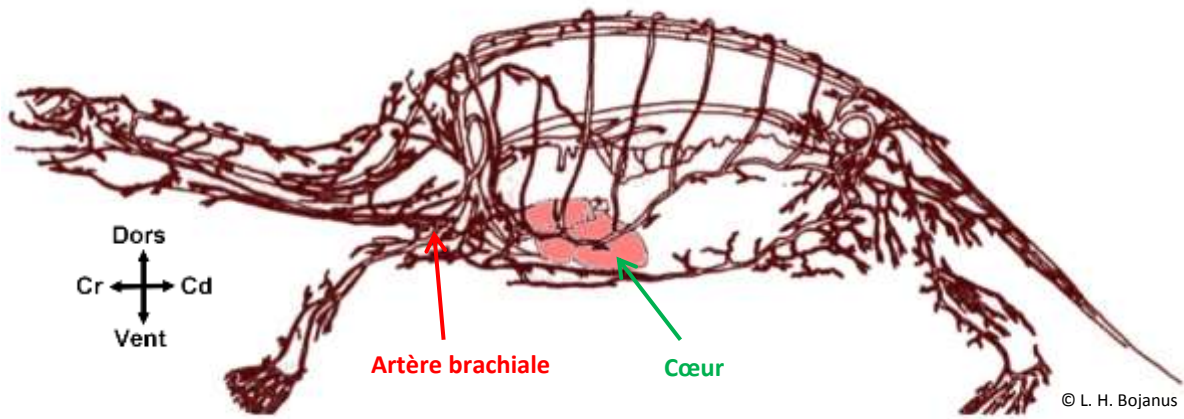


Rappels de myologie

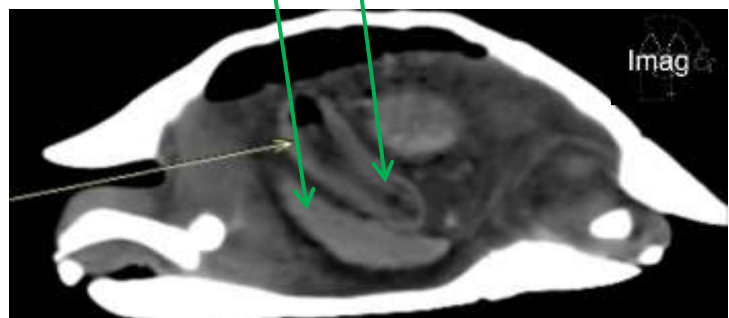
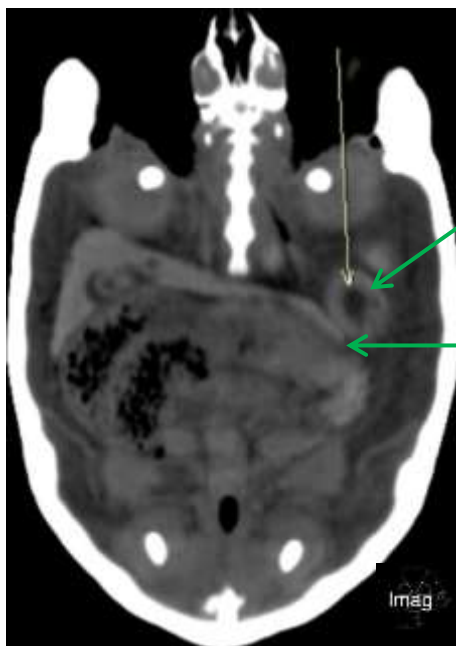


4 : *M. pectoralis major*

**Rappels de vascularisation**



**Rappels de splanchnologie**



NB : Les flèches en jaunes représentent l'angle de vue de la voie d'abord axillaire.

## II – Voie d’abord

Sur l’ensemble des photographies, l’animal est placé en **décubitus dorsal**; sa tête étant à droite.



Cet abord de la cavité cœlomique est donc un abord latéral gauche.

**Etape 1 :** Placement en extension du membre antérieur gauche afin de bien dégager la fosse axillaire.

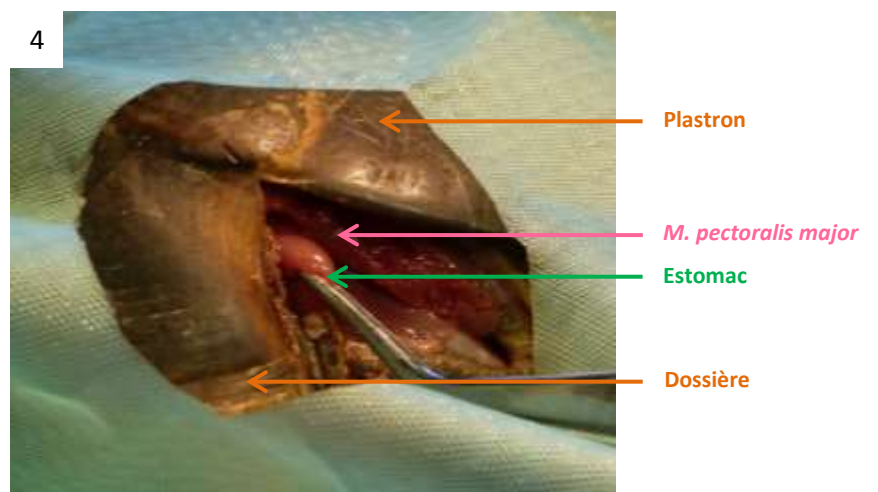
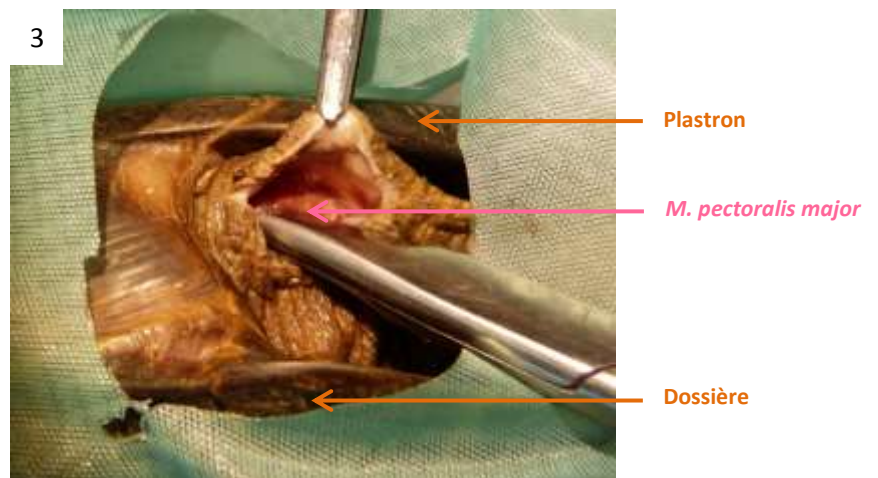
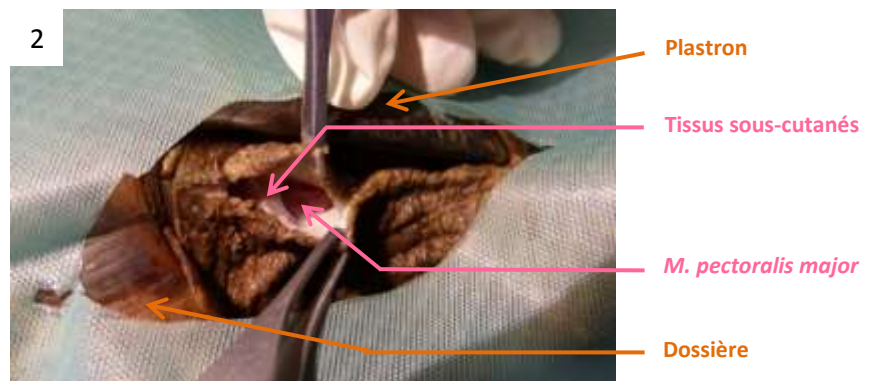
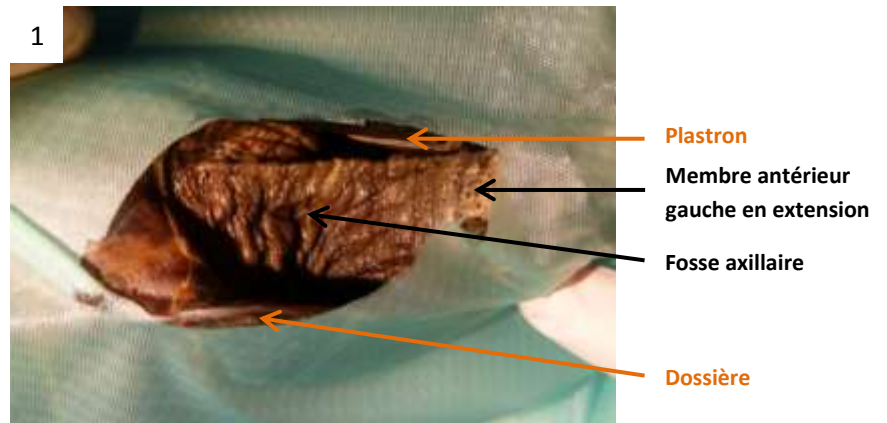
**Etape 2 :** Incision à l’aide d’une lame de bistouri de la peau à environ 1-1,5 cm du plastron. Dilacération des tissus sous-cutanés et visualisation du *m. pectoralis major*.

**Etape 3 :** Dissection du *m. pectoralis major* dans le sens des fibres à l’aide de ciseaux de Metzenbaum. Visualisation du *m. coraco-brachialis*.

Dissection de *m. coraco-brachialis*. Visualisation de la membrane cœlomique puis incision de cette dernière à l’aide d’une lame de bistouri.

**Etape 4 :** Préhension de l’organe d’intérêt (ici, l’estomac) à l’aide d’une pince d’Allis. Extériorisation possible à l’aide d’une traction délicate.

Crédits photos :  
C. Lერიკიერ / Unité d’anatomie comparée d’Oniris



**A RETENIR :**

- Savoir qu'il y a peu de tissus entre l'incision cutanée et l'estomac si le membre antérieur est bien placé en extension.
- Ne pas hésiter à utiliser une pince d'Allis pour aller saisir à l'aveugle l'estomac qui est le premier organe préhensible par cette voie d'abord.

**III- Indications et avantages/inconvénients**Indications :

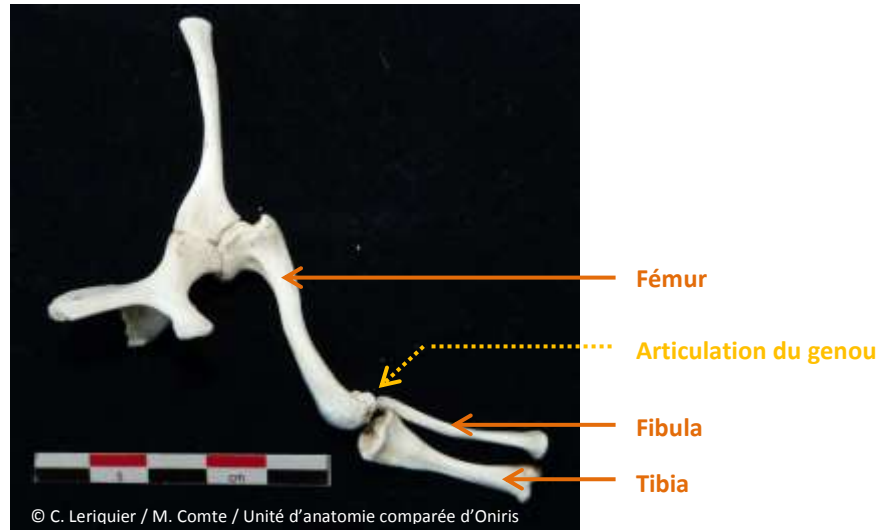
Chirurgies de l'estomac (gastrotomie), du duodénum (entérotomie/entérectomie) et du foie (biopsie)

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"><li>- Plus rapide et moins douloureux que l'abord transplastral</li><li>- Cicatrisation rapide (3-5 semaines)</li><li>- Accès à la partie crâniale de la cavité cœlomique (complémentaire de l'abord inguinal)</li><li>- Utilisable pour des procédures non chirurgicales (endoscopie)</li><li>- En développement pour des chirurgies endoscopiques</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Accès réduit à la cavité cœlomique du fait de l'articulation scapulo-humérale et des muscles pectoraux.</li><li>- Peu d'organes accessibles donc seulement utile pour des procédures précises</li><li>- Intéressant principalement du côté gauche</li></ul>

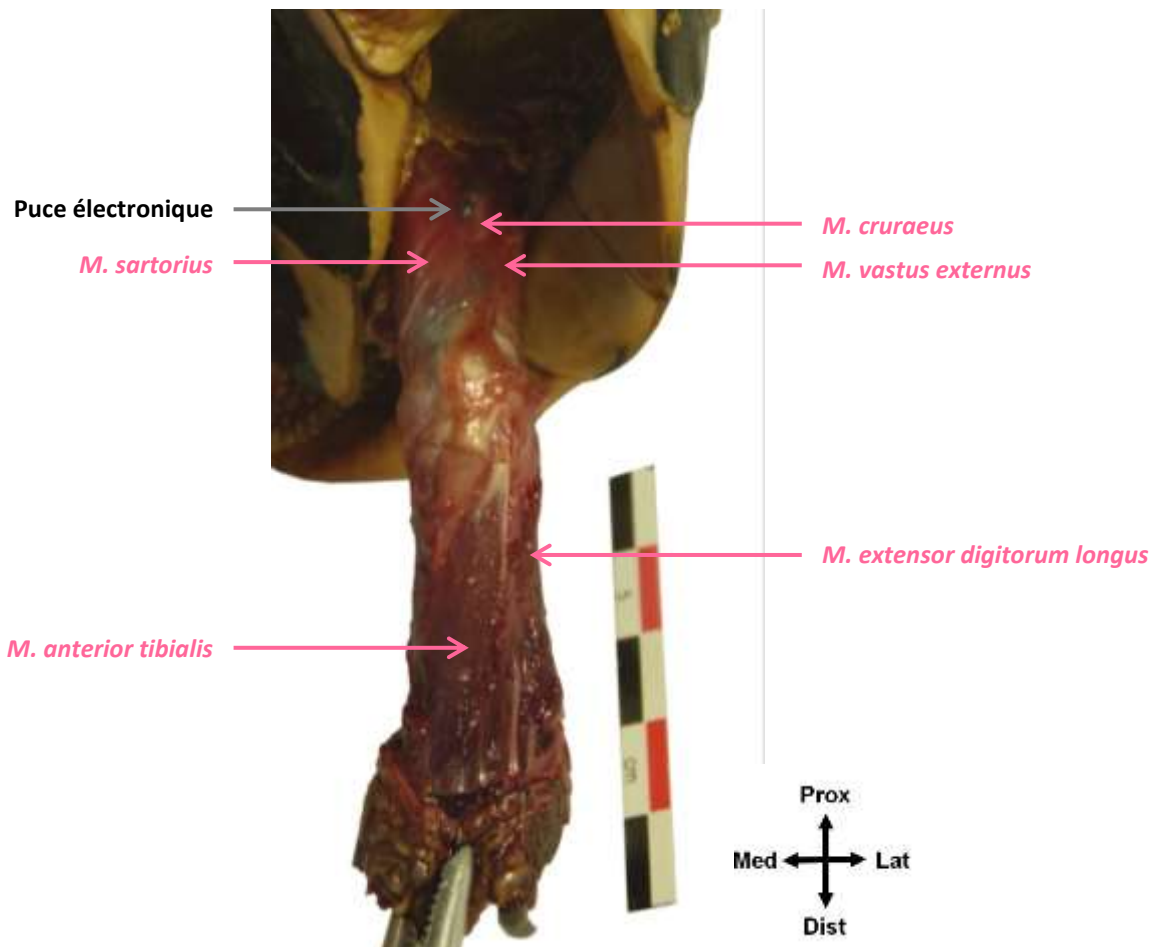
Région du genou

I - Notions anatomiques

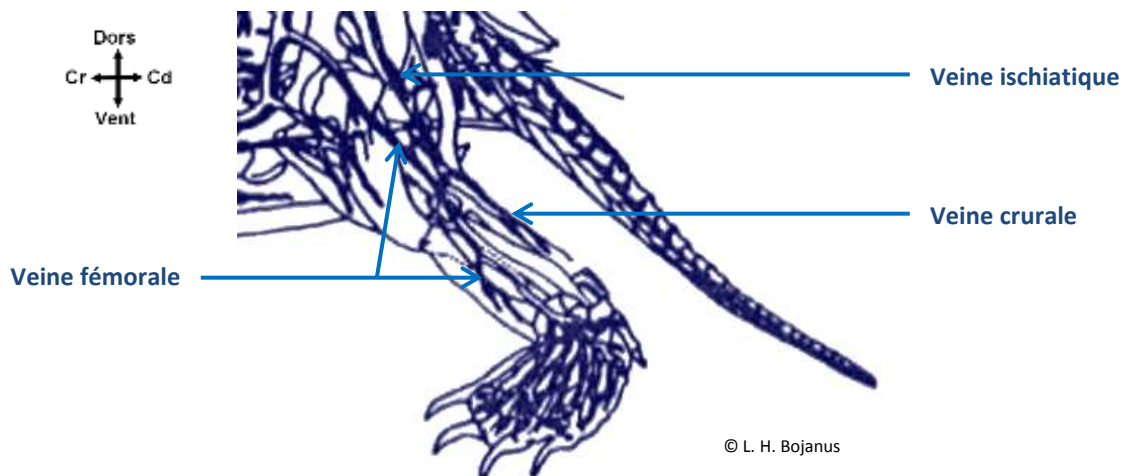
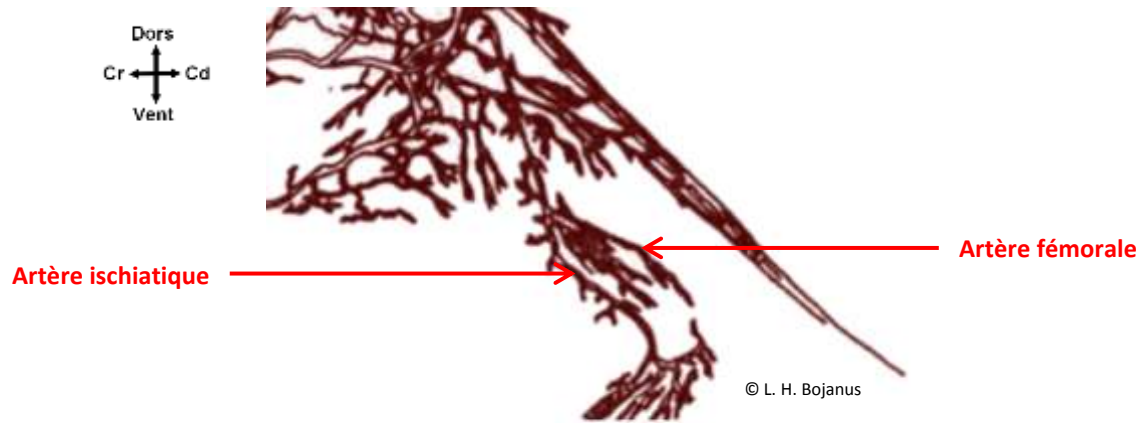
Rappels d'ostéologie



Rappels de myologie

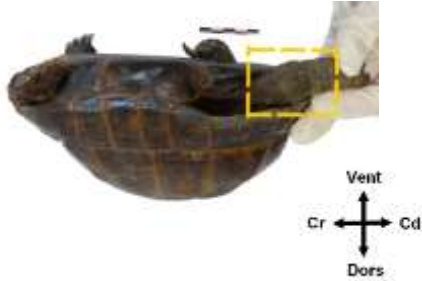


## Rappels de vascularisation



## II – Voie d’abord

Sur l’ensemble des photographies, l’animal est placé en **décubitus dorsal** ; sa tête étant à gauche.



**Etape 1 :** Isolement de l’articulation du genou mise en flexion.

**Etape 2 :** Incision cutanée au regard de l’articulation à l’aide d’une lame de bistouri.

Dilacération des tissus sous cutanés pour visualiser les muscles.

**Etape 3 :** Section des muscles au niveau de leur insertion distale à l’aide d’une lame de bistouri.

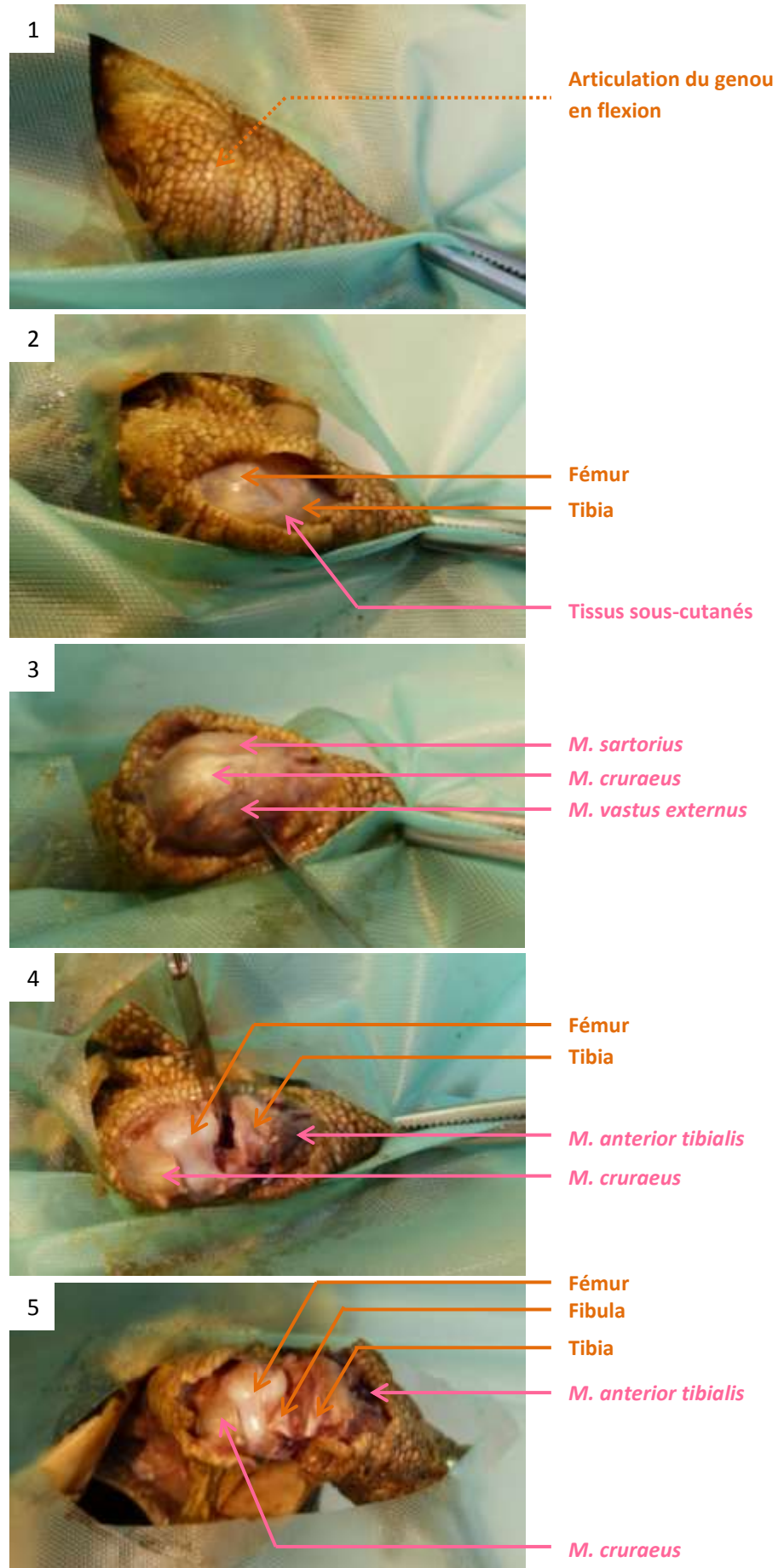
Dissection des tissus afin de visualiser l’articulation. Ligature puis section des vaisseaux rencontrés.

**Etape 4 :** Incision de la capsule articulaire à l’aide d’une lame de bistouri en prenant appui sur le cartilage du tibia.

**Etape 5 :** Ouverture de l’articulation.

Section des structures caudales persistantes.

Crédits photos :  
C. Leriquier / Unité d’anatomie comparée d’Oniris



**A RETENIR :**

- Conserver le plus possible les plans musculaires pour la fermeture.
- Bien visualiser et ligaturer les vaisseaux avant section.
- Utilisation possible de bupivacaïne localement.

**III- Indications et avantages/inconvénients**

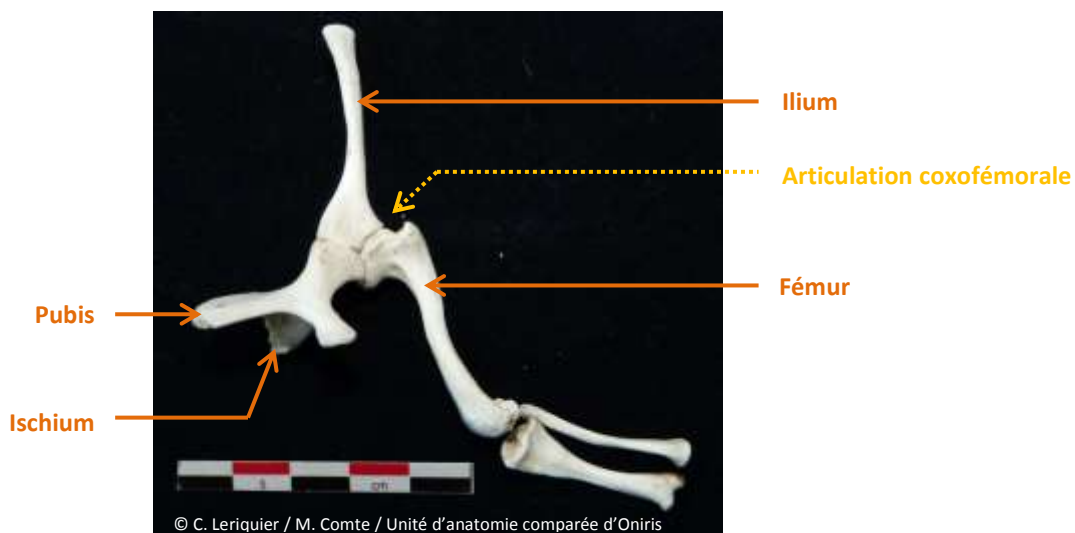
Indications : lésions sévères distalement à l'articulation, fracture distale à l'articulation, etc.

<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Procédure orthopédique simple</li><li>- Gestion unique de toutes les lésions distales</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Présence d'un moignon pouvant être lésé</li><li>- Mesure non conservatrice du membre</li></ul>

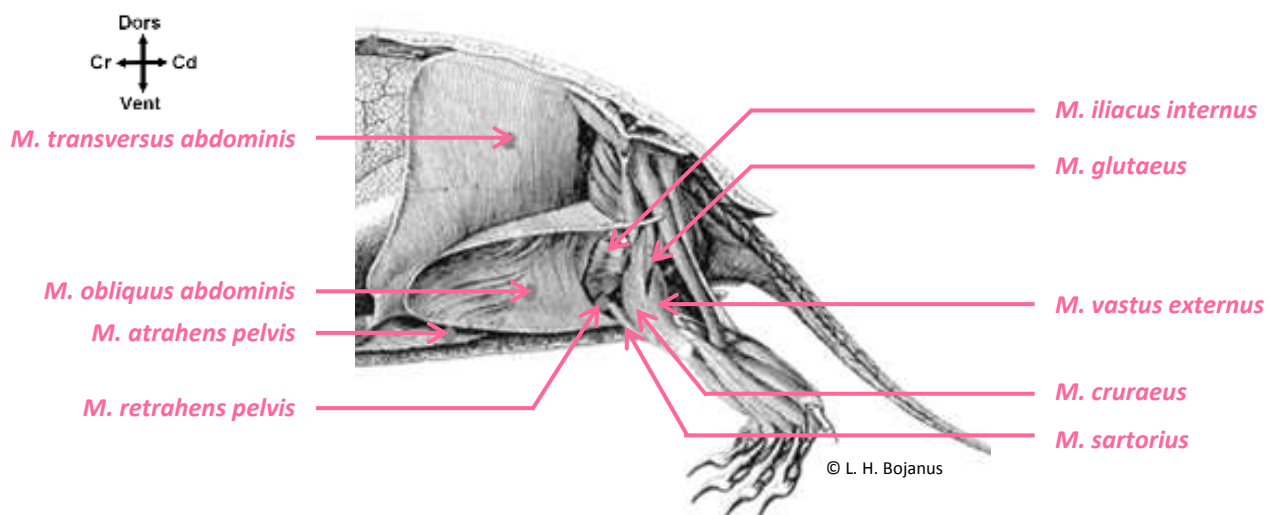
## Région de la hanche

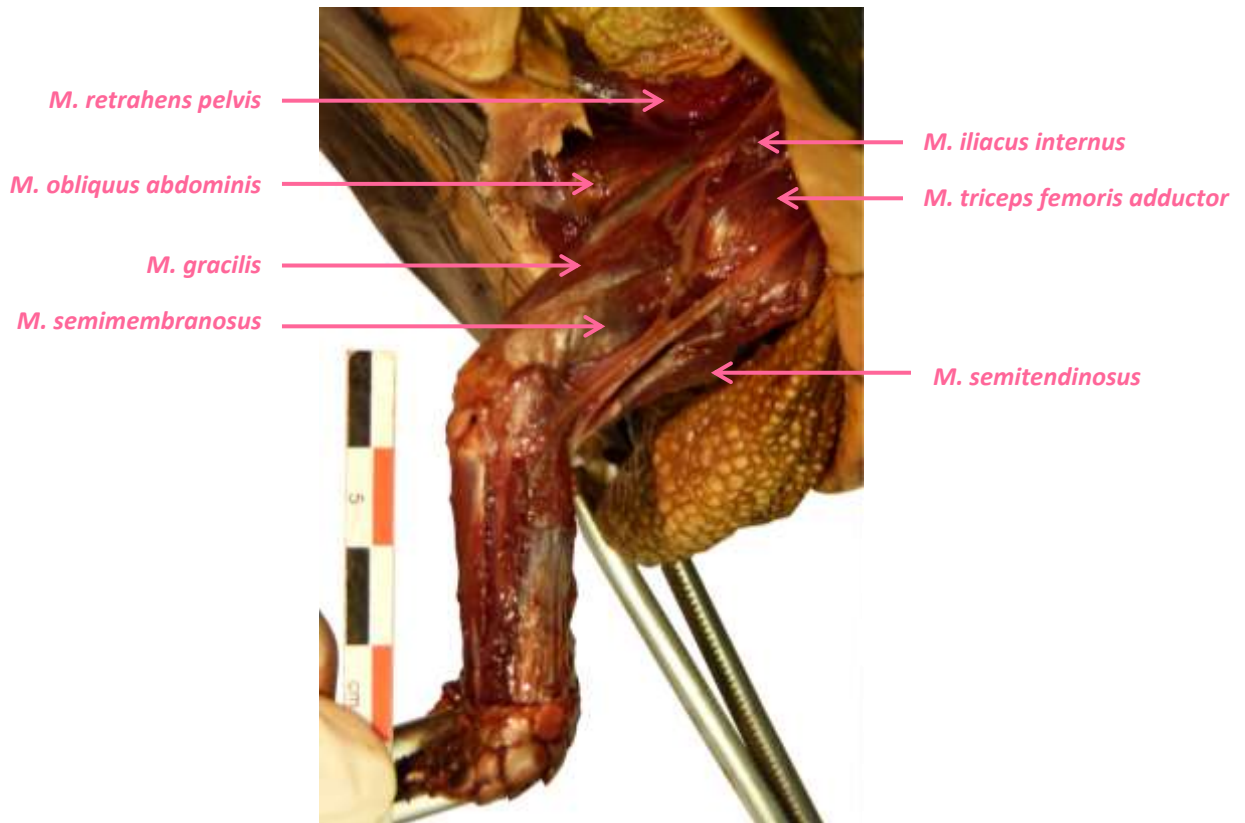
### I - Notions anatomiques

#### Rappels d'ostéologie

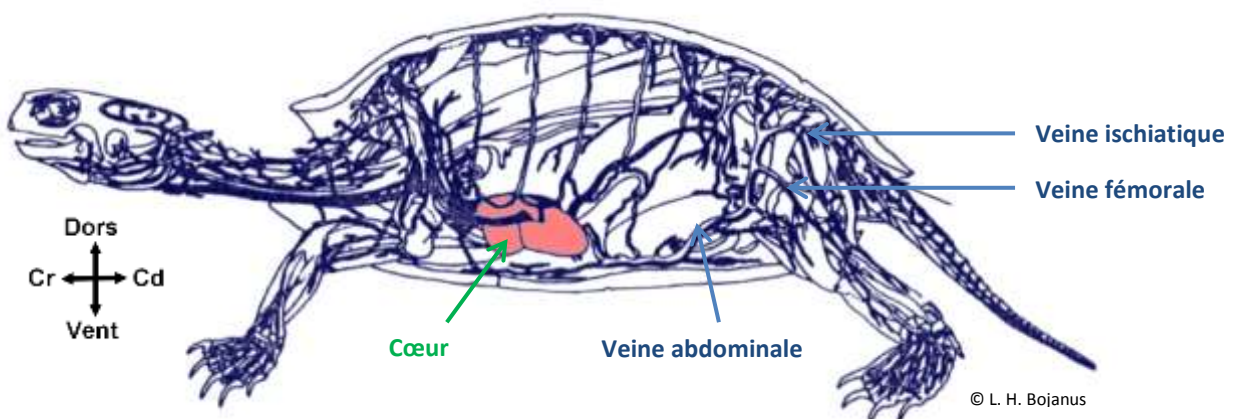
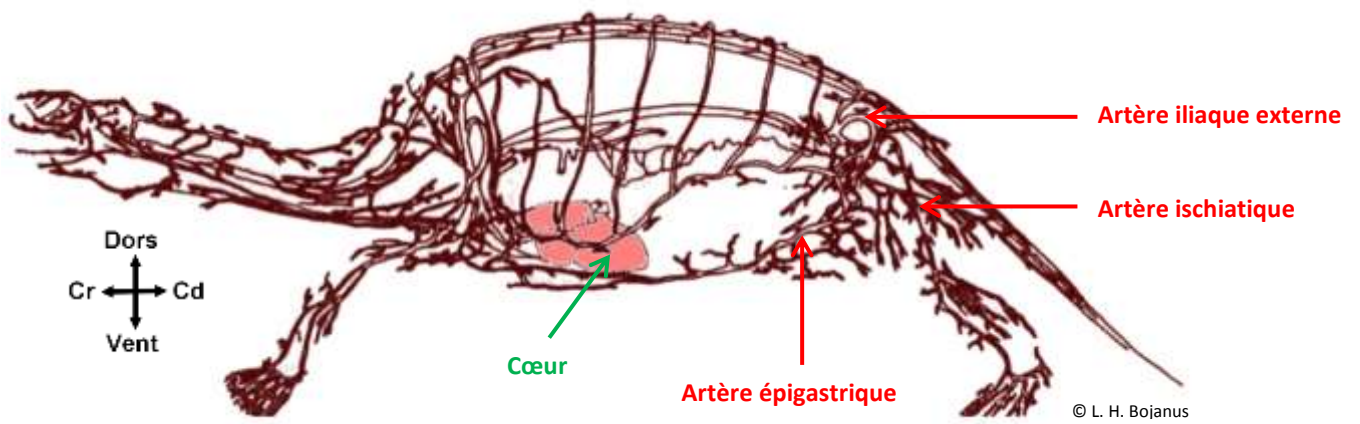


#### Rappels de myologie



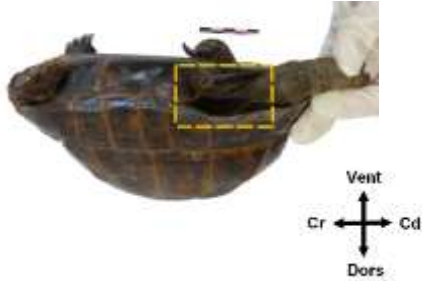


**Rappels de vascularisation**



## II – Voie d’abord

Sur l’ensemble des photographies, l’animal est placé en **décubitus dorsal** ; sa tête étant à gauche.



**Etape 1 :** Incision cutanée au regard de l’articulation coxofémorale à l’aide d’une lame de bistouri.

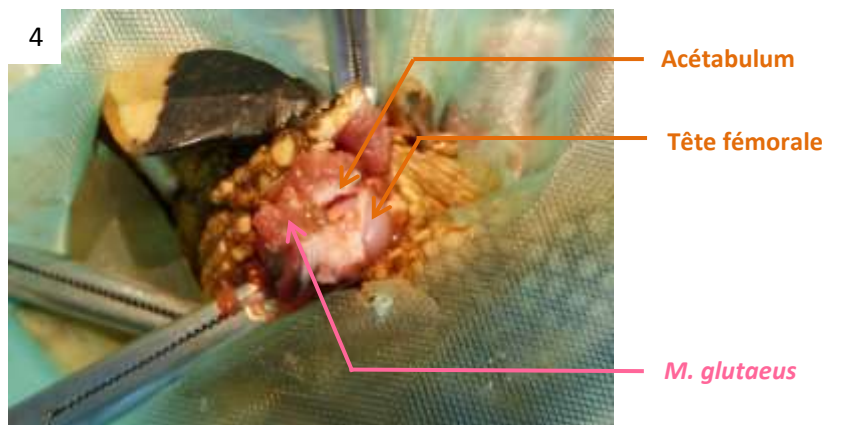
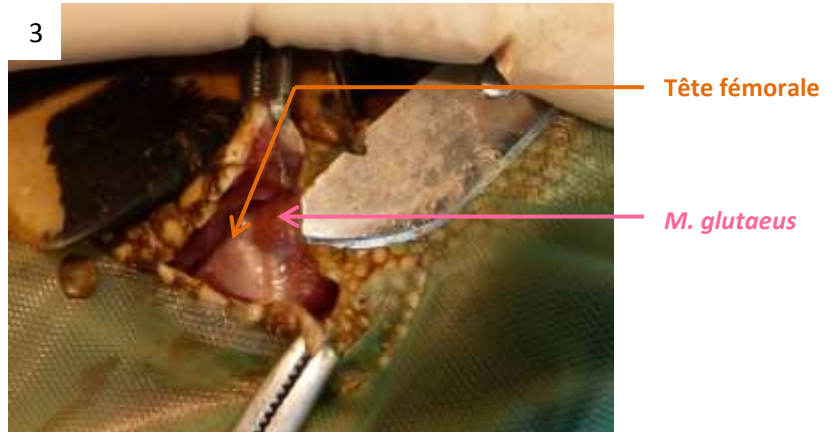
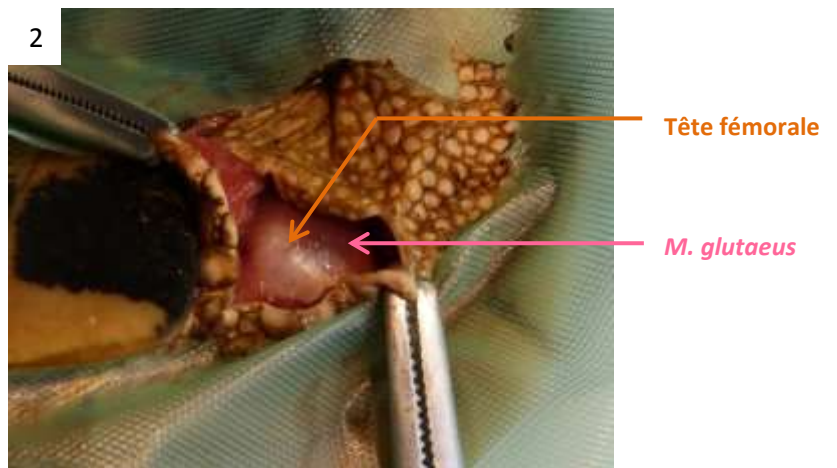
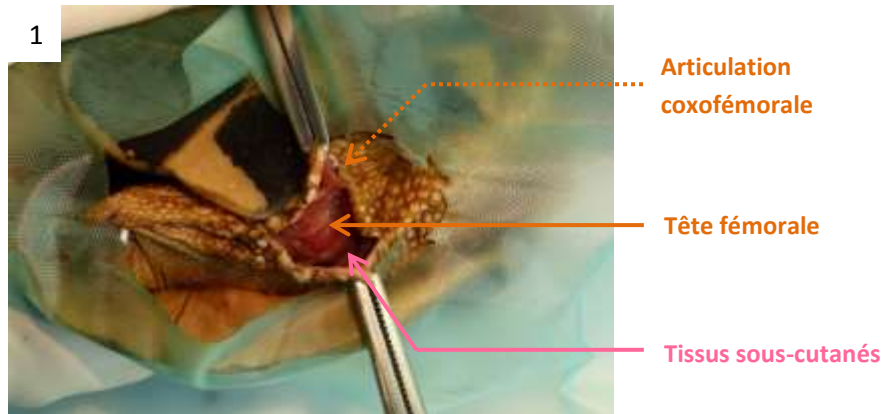
**Etape 2 :** Dilacération des tissus sous cutanés pour visualiser les muscles.

**Etape 3 :** Section des muscles au niveau de leur insertion distale à l’aide d’une lame de bistouri.

Dissection des tissus afin de visualiser l’articulation. Ligature puis section des vaisseaux rencontrés.

**Etape 4 :** Incision de la capsule articulaire à l’aide d’une lame de bistouri en prenant appui sur la tête fémorale.

Ouverture de l’articulation. Section des structures caudales persistantes.



**A RETENIR :**

- Conserver le plus possible les plans musculaires pour la fermeture.
- Bien visualiser et ligaturer les vaisseaux avant section.
- Utilisation possible de bupivacaïne localement.

**III- Indications et avantages/inconvénients**

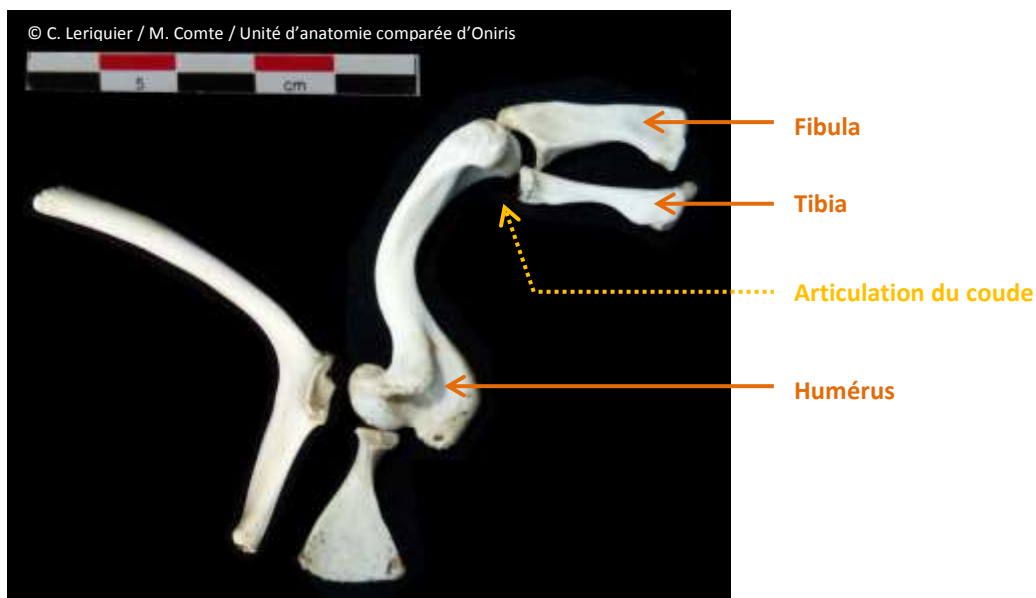
Indications : lésions sévères distalement à l'articulation, fracture distale à l'articulation, etc.

<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Absence de moignon traumatisable</li><li>- Gestion unique de toutes les lésions distales</li><li>- Amputation très bien tolérée</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Articulation difficile d'accès du fait de la carapace chez certaines espèces</li><li>- Mesure non conservatrice du membre</li><li>- Erosion du plastron en absence de prothèse</li></ul>

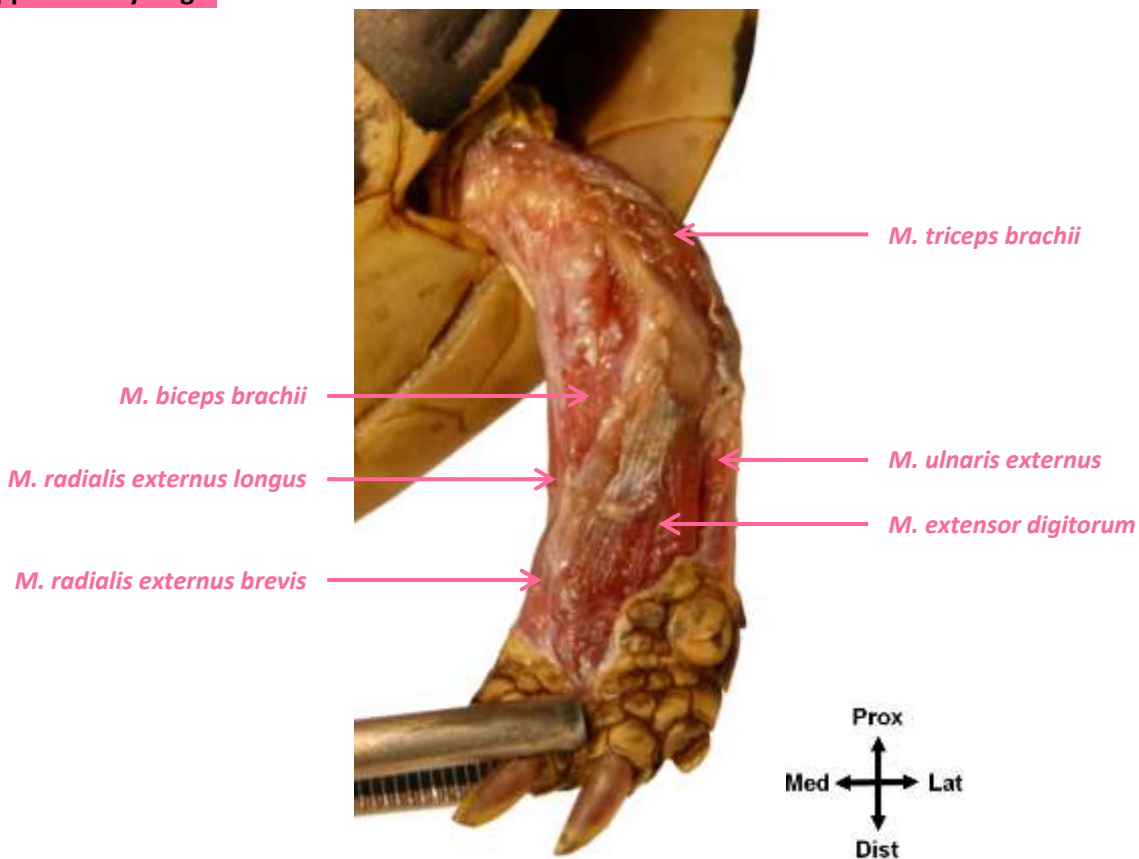
Région du coude

I - Notions anatomiques

Rappels d'ostéologie

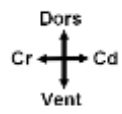


Rappels de myologie

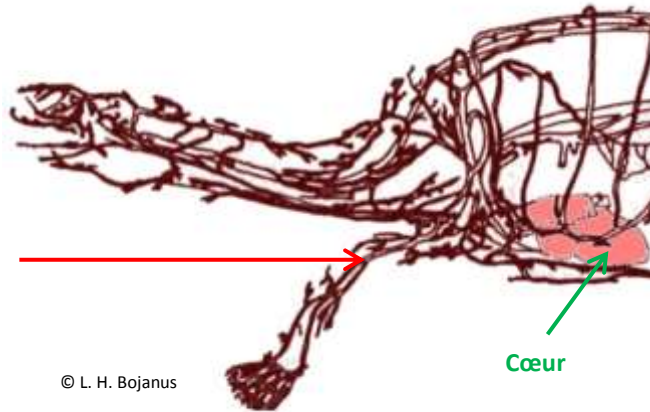


© C. Lერიკიერი / Unité d'anatomie comparée d'Oniris

## Rappels de vascularisation

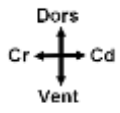


Artère brachiale

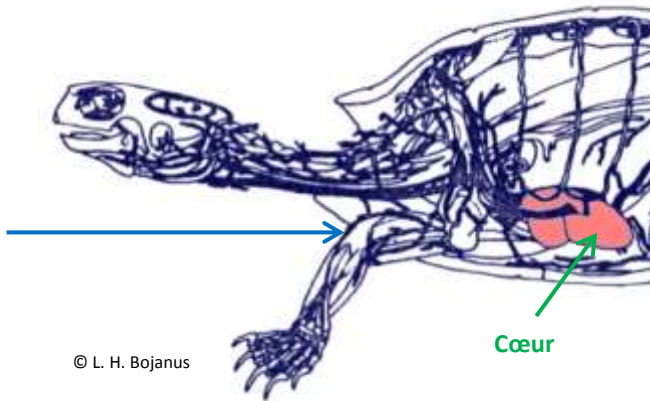


© L. H. Bojanus

Cœur



Veine brachiale



© L. H. Bojanus

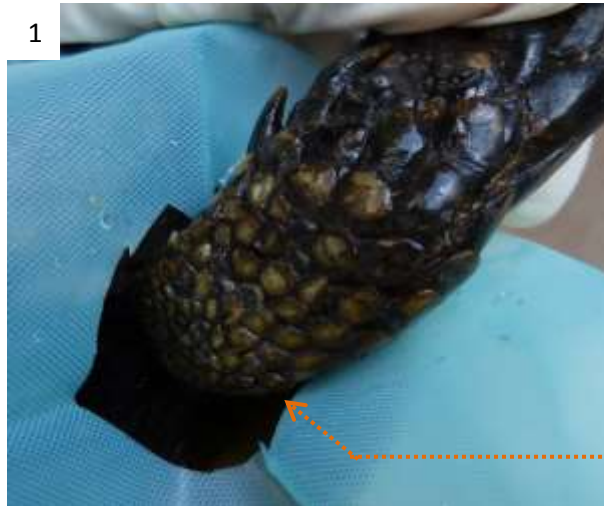
Cœur

## II – Voie d’abord

Sur l’ensemble des photographies, l’animal est placé en **décubitus dorsal**.



1



Articulation du coude en flexion

**Etape 1 :** Isolement de l’articulation du coude mise en flexion.

**Etape 2 :** Incision cutanée au regard de l’articulation à l’aide d’une lame de bistouri.

2



Articulation du coude  
*M. triceps brachii*

Crédits photos :  
C. Lერიკიერი / Unité d’anatomie comparée d’Oniris

Après l’incision cutanée se succèdent les étapes suivantes :

- Dilacération des tissus sous cutanés pour visualiser les muscles.
- Section des muscles au niveau de leur insertion distale à l’aide d’une lame de bistouri.
- Dissection des tissus afin de visualiser l’articulation. Ligature puis section des vaisseaux rencontrés.
- Incision de la capsule articulaire à l’aide d’une lame de bistouri en prenant appui sur le cartilage distal (radius/ulna). Ouverture de l’articulation et section des structures caudales persistantes.

### A RETENIR :

- Conserver le plus possible les plans musculaires pour la fermeture.
- Bien visualiser et ligaturer les vaisseaux avant section.
- Utilisation possible de bupivacaine localement.

### **III- Indications et avantages/inconvénients**

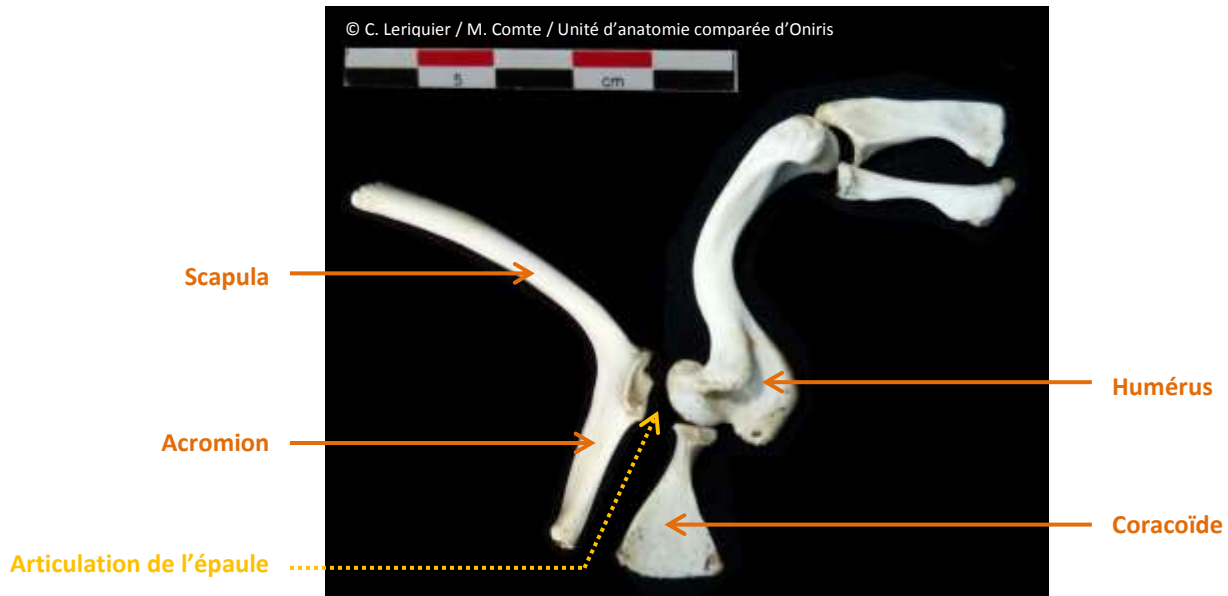
Indications : lésions sévères distalement à l'articulation, fracture distale à l'articulation, etc.

<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Procédure orthopédique simple</li><li>- Gestion unique de toutes les lésions distales</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Présence d'un moignon pouvant être lésé</li><li>- Mesure non conservatrice du membre</li></ul>

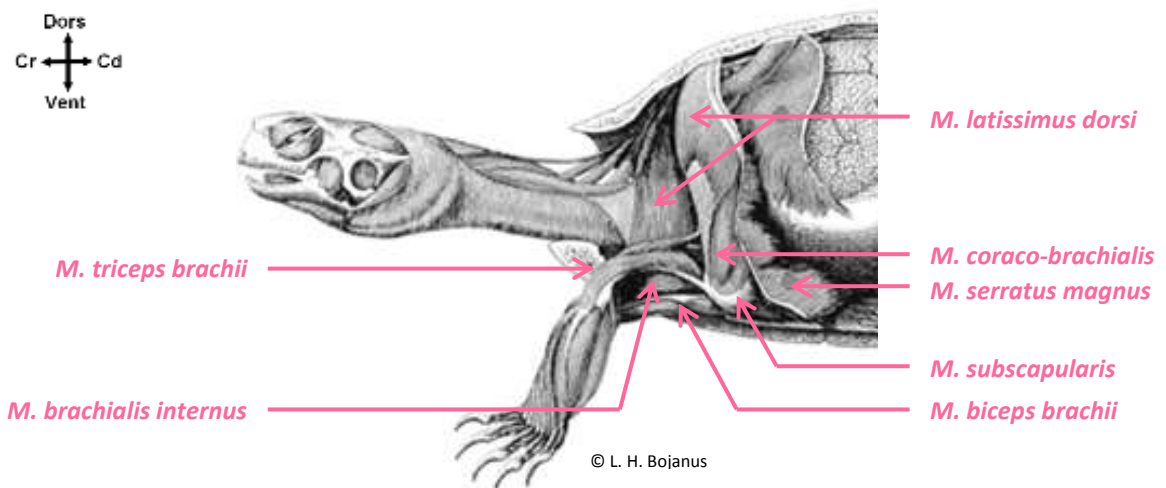
Région de l'épaule

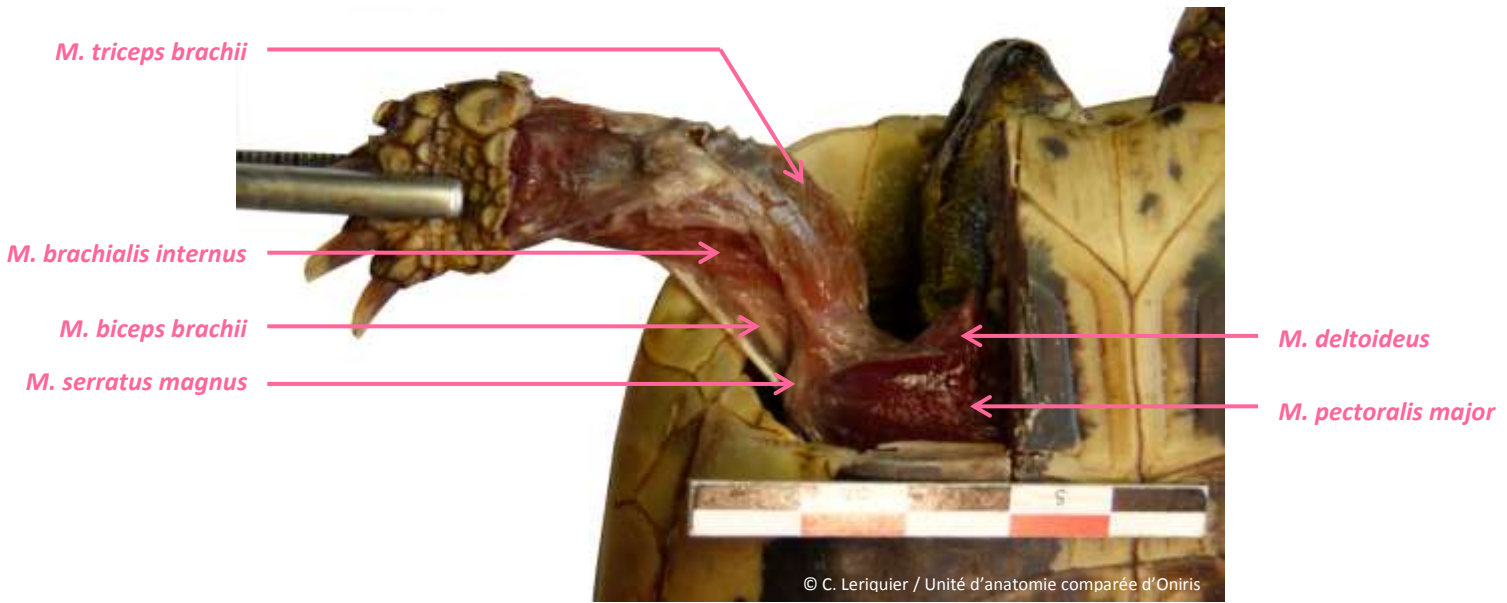
I - Notions anatomiques

Rappels d'ostéologie

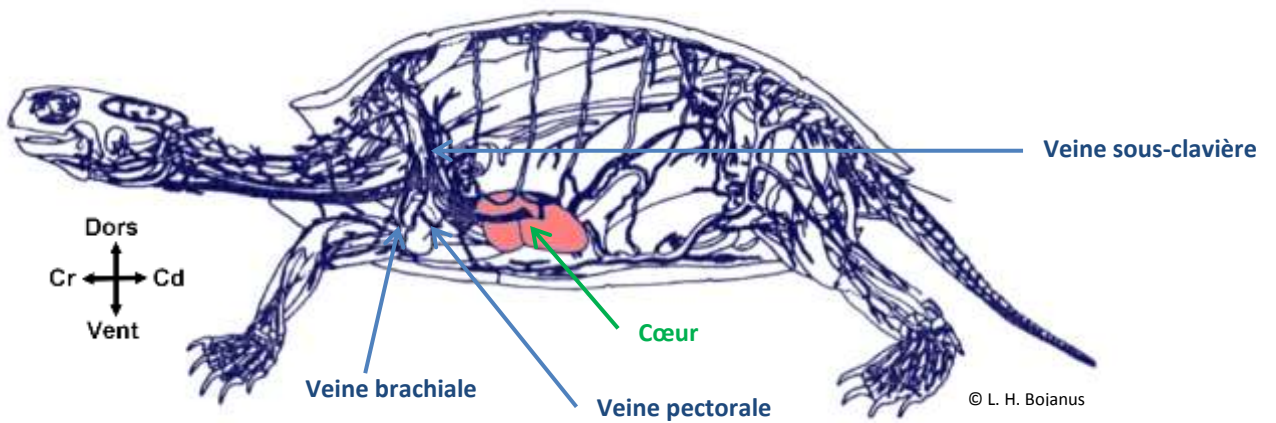
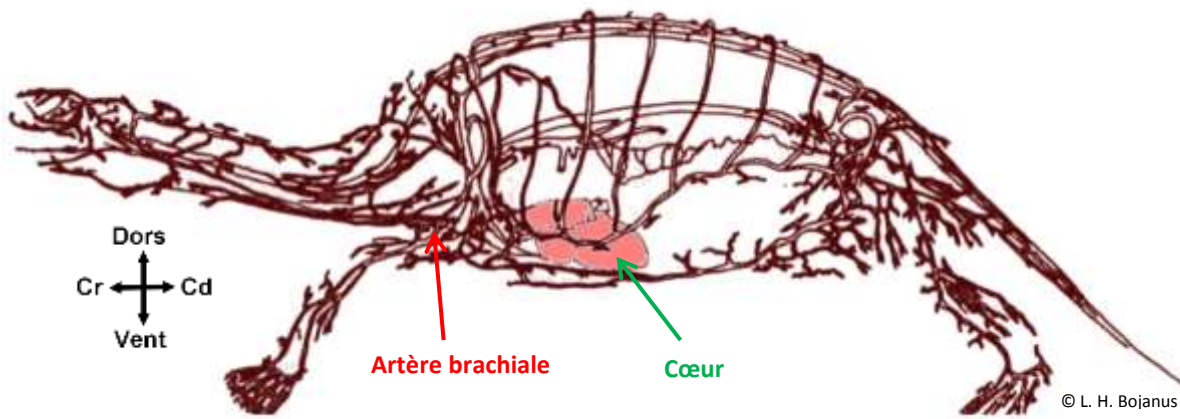


Rappels de myologie



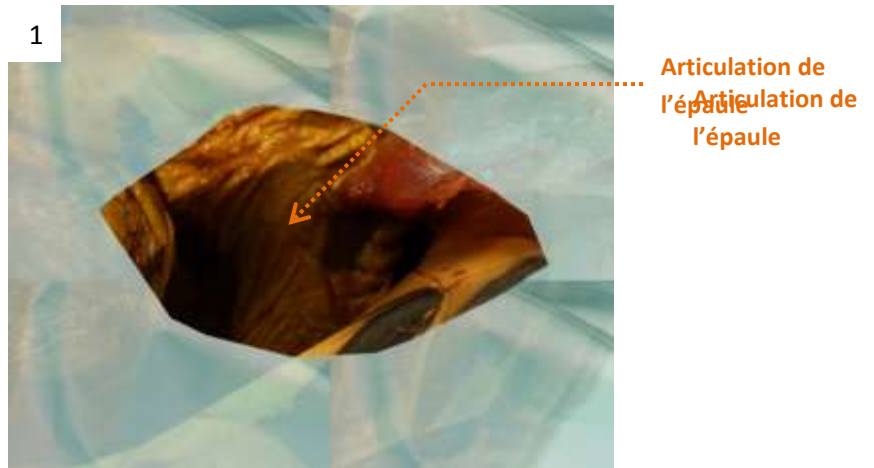


**Rappels de vascularisation**



## II – Voie d'abord

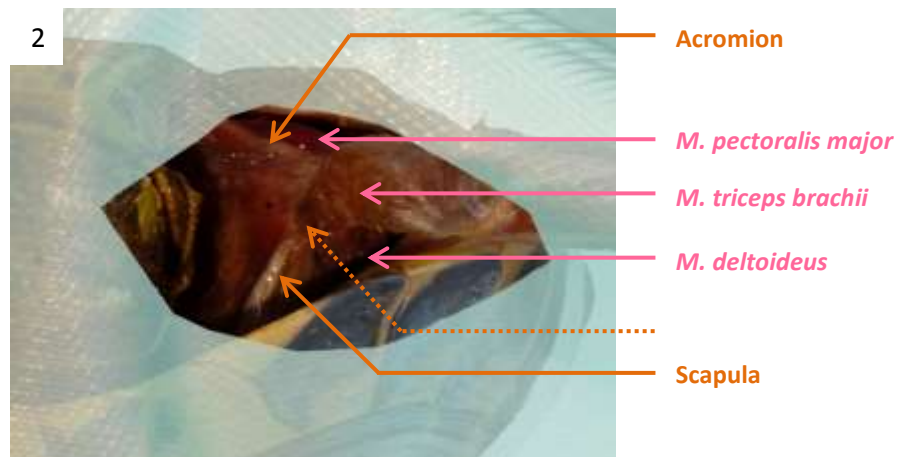
Sur l'ensemble des photographies, l'animal est placé en **décubitus dorsal** ; sa tête étant à gauche.



**Etape 1 :** Dégagement de l'articulation de l'épaule par une traction sur le membre antérieur. Incision cutanée au regard de l'articulation à l'aide d'une lame de bistouri.

**Etape 2 :** Dilacération des tissus sous cutanés pour visualiser les muscles et l'articulation par transparence.

Section des muscles au niveau de leur insertion distale à l'aide d'une lame de bistouri. Ligature puis section des vaisseaux rencontrés. Incision de la capsule articulaire à l'aide d'une lame de bistouri en prenant appui sur la tête humérale.



Crédits photos :  
C. Lერიკიერი / Unité d'anatomie comparée d'Oniris

### A RETENIR :

- Conserver le plus possible les plans musculaires pour la fermeture.
- Bien visualiser et ligaturer les vaisseaux avant section.
- Utilisation possible de bupivacaïne localement.

### **III- Indications et avantages/inconvénients**

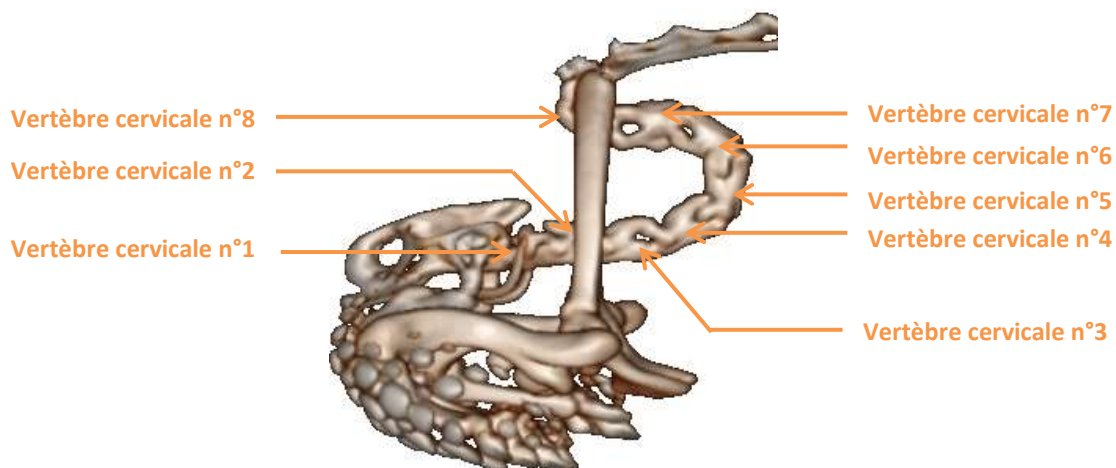
Indications : lésions sévères distalement à l'articulation, fracture distale à l'articulation, etc.

<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Absence de moignon traumatisable</li><li>- Gestion unique de toutes les lésions distales</li><li>- Amputation très bien tolérée</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Articulation difficile d'accès du fait de la carapace chez certaines espèces</li><li>- Mesure non conservatrice du membre</li><li>- Erosion du plastron en absence de prothèse</li></ul>

Région cervicale basse

I - Notions anatomiques

Rappels d'ostéologie

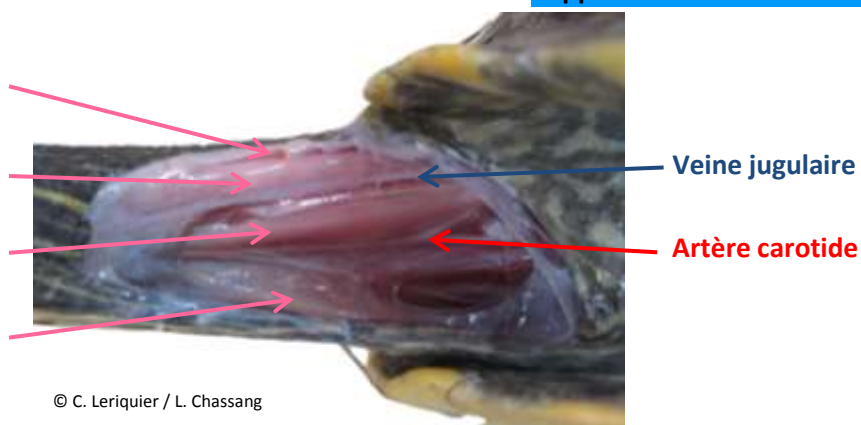


NB : Cette position avec la tête rétractée dans la carapace met en évidence la nécessité de bien mettre le cou en extension.

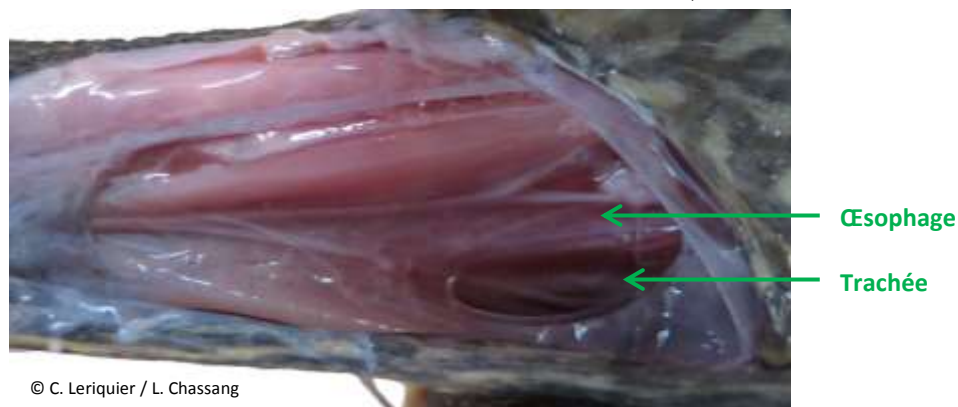
Rappels de myologie

- M. splenius capitis*
- M. biventer cervicis*
- M. transversalis cervicis*
- M. latissimus colli*

Rappels de la vascularisation



Rappels de splanchnologie



## II – Voie d’abord

Pour la pose d’une sonde d’œsophagostomie, nous avons fait le choix de reprendre les étapes de la voie d’abord en retirant le volet cutané afin de permettre au vétérinaire praticien de visualiser ce qu’il fait en pratique à l’aveugle. Pour les étapes décrites classiquement avec la peau, nous vous invitons à regarder les illustrations du paragraphe 2.2.2.1.

Sur l’ensemble des photographies, l’animal est placé en **décubitus latéral droit**. L’abord de l’œsophage est donc un abord latéral gauche.

**Etape 1 :** Positionnement de l’animal avec le cou placé en extension, bien aligné dans l’axe. Préparation chirurgicale de la région cervicale juste crânialement au début de la carapace.

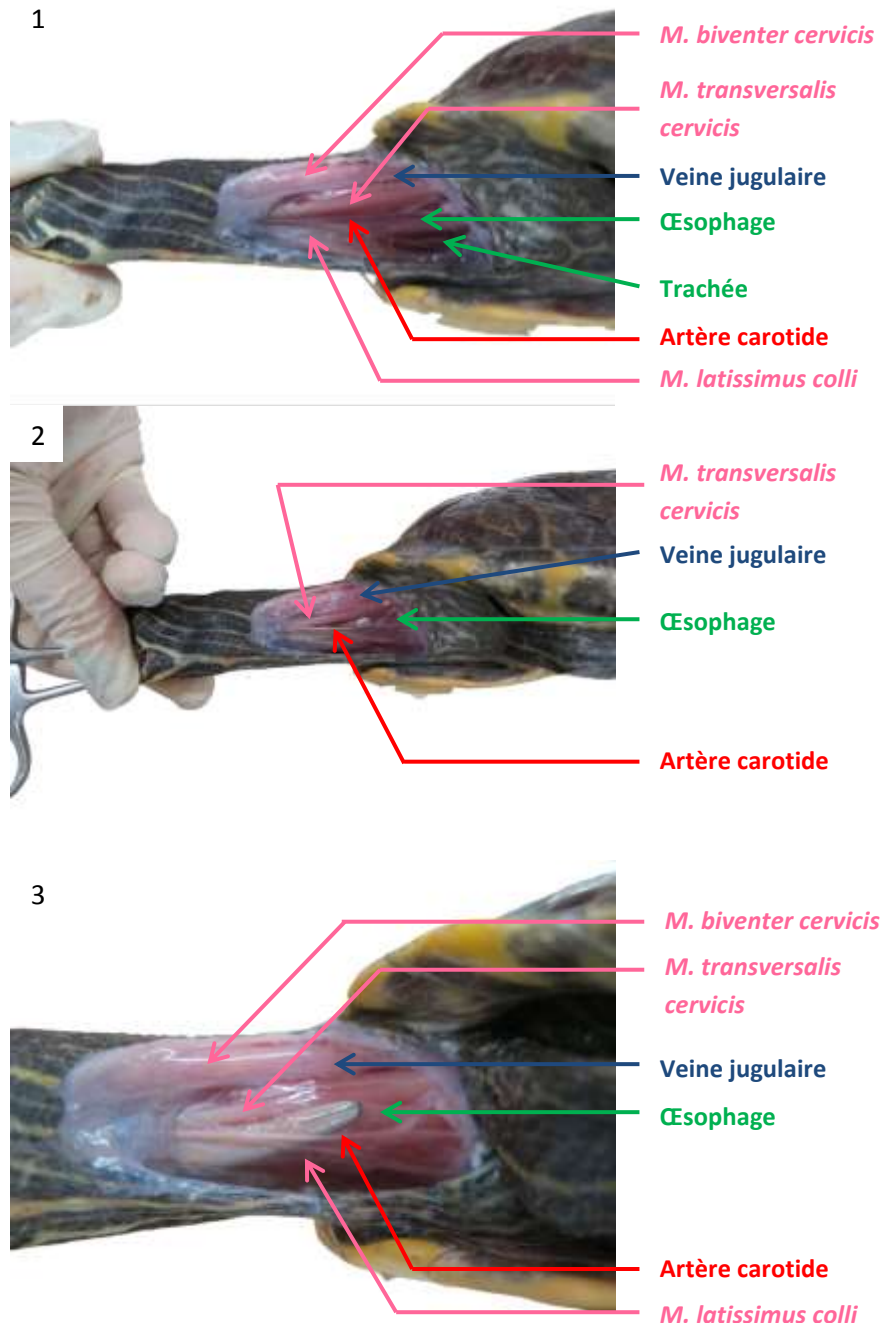
**Etape 2 :** Insertion d’une pince hémostatique dans l’œsophage par la gueule jusqu’au niveau de la zone désinfectée.

**Etape 3 :** Appui du bout de la pince contre le côté latéral gauche de façon à surélever la peau et les structures sous-jacentes. Ce geste permet le déplacement de part et d’autre de la zone de la future incision des vaisseaux de la région. Incision sur le bout de la pince à l’aide d’une lame de bistouri.

*(fin de la phase abord chirurgical)*

**Étapes suivantes :** Insertion du cathéter dans l’incision. Passage rétrograde puis antérograde dans l’œsophage. Fixation à l’aide d’une suture en bourse au niveau de l’incision puis fixation de l’extrémité libre du cathéter à la carapace.

Crédits photos :  
C. Lერიკიერი / L. Chassang



### A RETENIR :

- Présence de deux vaisseaux importants (veine jugulaire et artère carotide) dans la région mais risque très faible de les léser.
- Peu de structures à traverser

### **III- Indications et avantages/inconvénients**

Indications : Animal anorexique, mise en place de montages orthopédiques pour des fractures de la mâchoire empêchant l'alimentation

<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Procédure chirurgicale simple et peu invasive</li><li>- Matériel utilisé courant</li><li>- Complication principale (obstruction du tube) facilement gérable</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Possibilité pour la tortue de passer son membre antérieur entre le cou et la sonde</li><li>- Surcroissance de levures dans le tube possible</li><li>- Incision la plus proche possible de la carapace pour éviter trop de mouvements de la sonde lors de rétraction de la tête</li></ul>



### 3.3. Discussion

#### 3.3.1. Animaux utilisés

De nombreuses difficultés ont été rencontrées pour le choix des animaux utilisés pour les dissections. Tout d'abord, les animaux sélectionnés ont dû être choisis parmi une liste d'animaux morts et congelés disponibles à Oniris. Certains cadavres n'ont pu être retrouvés, limitant ainsi le nombre de matériel disponible. De plus, aucune information n'était disponible sur le moment de la mort, sa raison ni le temps écoulé entre le décès et la congélation du corps. Enfin, ni les modalités de congélation ni la durée effective de cette dernière n'étaient connues. Tous ces éléments pouvaient donc soulever une certaine inquiétude vis-à-vis de l'état de conservation de ces animaux, et notamment des organes coelomiques, inquiétude qui s'est trouvée confirmée par les deux dissections préliminaires.

Cette variabilité de l'état de conservation des différents animaux est une limite à cette étude. En effet, la qualité des dissections et des photographies réalisées est directement liée à la qualité de préservation des tissus. Les dissections chirurgicales du membre antérieur ont mis en évidence cette limite. La question de recourir à des animaux fraîchement euthanasiés pouvait alors se poser, d'autant que cette option offre la possibilité de réaliser des injections de colorants ou de latex dans les vaisseaux permettant ainsi une meilleure visualisation des vaisseaux. Toutefois, nous n'avons pas retenu ce recours à des animaux vivants pour des raisons éthiques. De plus, l'espèce la plus éthiquement recevable est généralement la tortue de Floride, *Trachemys scripta elegans*, du fait de sa classification en espèce invasive. Or, en France, les espèces les plus fréquemment présentées en consultation sont des tortues terrestres, principalement du genre *Testudo*, ce qui transparait dans la répartition des cadavres disponibles entre tortues terrestres (16/18 = 89 %) et tortues aquatiques (2/18 = 11 %). Toutes ces raisons justifient notre choix pour les quatre tortues utilisées malgré la perte de qualité pour les dissections obtenues.

Un autre point à discuter est le choix des tortues par rapport à leur sexe. En effet, du fait du manque de commémoratifs sur la majorité des animaux, le caractère mâle ou femelle n'était pas connu. Des critères morphologiques externes peuvent être utilisés afin de distinguer les deux sexes : les mâles présentent une concavité du plastron, une queue plus longue et une écaille supracaudale pouvant être courbée vers le plastron. Une différence de taille est également observable : chez les petites espèces étant les plus représentées en captivité chez les particuliers, la femelle est généralement plus grande. Néanmoins, pour les cadavres disponibles, la position de congélation ne permettait pas d'apprécier la longueur de la queue. Concernant la concavité de la carapace, elle est généralement facilement appréciable mais plus discrète chez certaines espèces. Il est alors nécessaire de disposer de deux individus de sexe différents pour noter la différence, ce qui est également plus fréquemment utilisé pour l'écaille supracaudale. Or, parmi les animaux disponibles, peu d'espèces présentaient plus d'un individu, rendant alors impossible toute comparaison. Pour les espèces plus représentées (*Testudo graeca* et *Testudo hermanni*), la probabilité que les deux sexes soient représentés est augmentée. Toutefois, lors de notre travail, le diagnostic de certitude du sexe de l'animal n'était systématiquement posé qu'à l'observation de la cavité coelomique (directement par ouverture du plastron ou indirectement par l'absence de follicules visibles à l'imagerie). Cette incertitude ne constituait pas un problème majeur pour cette étude, en effet les gonades se trouvent dans les mêmes positions anatomiques, qu'elles soient des testicules ou des ovaires, et les chirurgies qui y sont associées passent par les mêmes voies d'abord (coélotomie transplastrale ou préfémorale). Néanmoins, la présence d'une grappe ovarienne et d'une corne utérine permet l'obtention d'images « de dissection chirurgicale » plus visuelles et donc plus pédagogiques notamment pour la voie d'abord précurrale.

Enfin, un élément intéressant est le poids des animaux. En effet, plusieurs corrélations ont été prouvées entre les mesures de la carapace et le poids pour des animaux en bonne santé donc avec un état de chair normal [17, 134, 135]. Toutefois, ces formules ne sont pas disponibles pour toutes les espèces. Elles le sont néanmoins pour *Testudo hermanni*, *Testudo graeca* et *Testudo marginata*, trois espèces représentées parmi les cadavres utilisés pour cette étude. Ainsi, nous avons pu utiliser des programmes informatiques simples développés à partir de ces études et utilisables en ligne (<http://www.ahailey.f9.co.uk/cond.htm>) pour comparer le poids de deux tortues (la n°2 et la n°3) après décongélation avec leur poids prédictif. Leur poids observé correspond à 103 % du poids prédictif dans les deux cas mais aucune conclusion ne peut être faite sur seulement deux animaux. De plus, la modification de l'état de l'eau (liquide lorsqu'elle compose un animal vivant, solide pour un animal congelé) pourrait entraîner une variation du poids du fait de la différence de densité entre ces deux états.

### **3.3.2. Voies d'abord**

Le choix des voies d'abord est subjectif. Il s'est principalement axé sur les organes de la cavité coelomique. Des images réalisées par endoscopie auraient été intéressantes pour les abords inguinal et axillaire mais le matériel n'était pas disponible. De plus, seules les amputations sont décrites pour les chirurgies concernant les membres. La pose de plaque ou de clou centromédullaire n'a ainsi pas été réalisée du fait de la nécessité d'un matériel spécifique. En outre, ce genre de chirurgies s'adresse à des vétérinaires déjà familiers avec ces techniques et donc s'éloigne de l'objectif initial de ce travail de produire un support utilisable par le plus grand nombre. Par ailleurs, la chirurgie d'amputation de la queue aurait pu être décrite. Néanmoins, il a été choisi arbitrairement de ne pas le faire car la technique est très proche de celle décrite chez les chiens et les chats et l'anatomie des Chéloniens diffère peu dans cette région.

Enfin, les lésions de la carapace sont très fréquentes suite à des prédatons (chien) ou des tondeuses notamment à la sortie de la période d'hibernation. La prise en charge des fractures de la carapace présente de nombreuses particularités, notamment du fait de sa structure osseuse et de la proximité anatomique des poumons. C'est pourquoi il a été choisi de les exclure de cette thèse pour des raisons de limitation de sujet. Toutefois, il nous apparaît important pour un vétérinaire praticien intéressé par cet ordre de reptiles de se renseigner sur le sujet à travers de nombreux ouvrages spécialisés [15, 83, 91].

### **3.3.3. Confrontation avec le terrain**

L'objectif de ce travail est d'avoir une application sur le terrain. Afin d'objectiver la corrélation entre les choix faits d'après la littérature et la réalité en consultation, un questionnaire aurait pu être réalisé. Ce dernier aurait ainsi permis de définir la représentation relative entre tortues terrestres et tortues aquatiques, les indications chirurgicales les plus fréquemment rencontrées et donc les chirurgies effectivement réalisées. Cette confrontation avec le quotidien de clinique aurait également pu démontrer des préférences concernant les voies d'abord choisies, notamment de la cavité coelomique, mais également le nombre effectif de chirurgies orthopédiques hors amputation.

Un questionnaire avait été rédigé dans cet objectif. Il est reproduit en Annexe 2. La forme de diffusion retenue était un questionnaire en ligne qui aurait ainsi pu être diffusé à l'ensemble des vétérinaires adhérents au GENAC, Groupe d'Etude des Nouveaux Animaux de Compagnie, qui regroupent ainsi la majorité des vétérinaires français susceptibles de travailler avec des tortues. Un autre moyen de diffusion possible était la diffusion du questionnaire dans des journaux spécialisés de la profession. Néanmoins, le développement d'un questionnaire en ligne performant et pratique mais également le recueil et l'interprétation des données brutes constitueraient à eux seuls un travail de thèse complémentaire à cette présente étude.



# ***CONCLUSION***

---

Du fait de l'engouement croissant pour les nouveaux animaux de compagnie comme les tortues, le praticien vétérinaire se doit de proposer une prise en charge de plus en plus perfectionnée et spécifique. La chirurgie chez les Chéloniens fait partie de ces nouvelles prérogatives à connaître. Toutefois, même si beaucoup de techniques sont adaptables de celles pratiquées au quotidien sur des chats et des chiens, la principale difficulté réside dans l'accès aux organes à cause de la présence d'une carapace.

Cet ouvrage a pour objectif de permettre aux confrères peu familiers avec les tortues d'oser pratiquer sur ces animaux des interventions chirurgicales qu'ils maîtrisent par ailleurs chez d'autres espèces. Il permet ainsi de (re)découvrir les particularités anatomiques de ces reptiles et la variété des opérations possibles. Enfin, l'atlas des principales voies d'abord, et notamment celles donnant accès à la cavité coelomique, vise à guider pas à pas le chirurgien en lui évitant les principaux écueils.

Néanmoins, cette thèse ne prétend pas être exhaustive. Nous avons tenté de fournir un outil de travail abordable aux chirurgiens non spécialisés et non un catalogue de l'ensemble des pratiques chirurgicales existant chez les Chéloniens à l'heure actuelle. Les voies d'abord retenues l'ont été du fait de leur forte représentation dans la littérature mais également de leur potentiel futur avec notamment le développement des chirurgies par endoscopie. Enfin, les chirurgies de la carapace ont été volontairement omises pour des questions de limitation du sujet. Nous invitons nos confrères intéressés à consulter les ouvrages traitant ce propos. Toutefois, pour les procédures les plus complexes, il reste fortement recommandé de référer à des structures spécialisées disposant de l'expérience et du matériel nécessaires.

Ainsi, nous espérons que ce travail trouvera son utilité au sein de la profession vétérinaire et qu'il contribuera un peu à améliorer le niveau de soins dispensé aux individus, domestiques ou sauvages, de cet ordre si diversifié que constitue celui des Chéloniens.



# LISTE DES FIGURES

---

Figure 1 : Coupe transversale du plastron d'une <i>Testudo graeca</i> .....	21
Figure 2 : Organisation de la dossière, modifié d'après Jean Meyer [91] .....	21
Figure 3 : Organisation du plastron, modifié d'après Jean Meyer [91] .....	22
Figure 4 : Nomenclature des os crâniens de <i>Lepidochelys sp.</i> , modifié d'après [53] .....	24
Figure 5 : Appareil hyoïdien d'une <i>Emyda sp.</i> , modifié d'après [53].....	25
Figure 6 : Atlas et axis de Chéloniens, modifié d'après [54] .....	26
Figure 7 : Colonne vertébrale sacrale de <i>Geochelone radiata</i> , modifié d'après [42] .....	26
Figure 8 : Vertèbres et côtes dorsales de <i>Dermochelys coriacea</i> , modifié d'après [54] .....	27
Figure 9 : Reconstruction 3D du squelette (hors carapace) de <i>Testudo graeca</i> .....	28
Figure 10 : Os de la ceinture scapulaire et du membre antérieur gauches de <i>Testudo</i> , modifié d'après [54] .....	29
Figure 11 : Ceinture scapulaire gauche de <i>Chelonia virgata</i> [54] .....	29
Figure 12 : Humérus droit de <i>Testudo hermanni</i> .....	30
Figure 13 : Os de la ceinture scapulaire et du membre antérieur gauches de <i>Eretmochelys imbricata</i> , modifié d'après [54] .....	31
Figure 14 : Autopode antérieur de <i>Trachemys scripta elegans</i> , modifié d'après [42] .....	31
Figure 15 : Main gauche de différentes tortues (vue dorsale), modifié d'après [54] .....	32
Figure 16 : Os de la ceinture pelvienne chez <i>Testudo calculata</i> (vue ventrale), modifié d'après [54] .....	33
Figure 17 : Fémur droit de <i>Testudo hermanni</i> .....	33
Figure 18 : Os de la ceinture pelvienne et du membre postérieur gauche .....	34
Figure 19 : Autopode postérieur de <i>Trachemys scripta elegans</i> , modifié d'après [42] .....	34
Figure 20 : Pied gauche de différentes tortues (vue dorsale), modifié d'après [54] .....	35
Figure 21 : Vue latérale gauche de la musculature de la tête et du cou d'une <i>Testudo</i> , modifié d'après [47] .....	37
Figure 22 : Vue dorsale de la musculature de la tête et du cou d'une <i>Pelomedusa galeata</i> , modifié d'après [47] .....	38
Figure 23 : Vue ventrale (plan superficiel et profond) de la musculature de la tête et du cou, modifié d'après [42, 47] .....	38
Figure 24 : Visualisation des muscles longs dorsaux, modifié d'après [42] .....	40
Figure 25 : Musculature du tronc, modifié d'après [42] .....	41
Figure 26 : Musculature pectorale et du membre antérieur, modifié d'après [42] .....	41
Figure 27 : Musculature pelvienne et du membre postérieur, modifié d'après [42] .....	43
Figure 28 : Organisation de la cavité coelomique (coupe sagittale paramédiane), modifié d'après [12] .....	45
Figure 29 : Vue ventrale de la cavité coelomique, d'après [12, 125].....	45
Figure 30 : Narines (flèches bleues) et choanes (flèches blanches) chez une <i>Testudo</i> , modifié d'après [125] .....	46
Figure 31 : Intubation d'une tortue : visualisation de l'entrée du larynx.....	46
Figure 32 : Quelques variations spécifiques du larynx, modifié d'après [50] .....	47
Figure 33 : Le larynx et ses relations anatomiques, modifié d'après [42].....	47
Figure 34 : Reconstruction 3D des voies respiratoires d'une <i>Testudo graeca</i> .....	48
Figure 35 : Poumons en coupe sagittale d'une tortue sillonnée ( <i>Centrochelys sulcata</i> ), d'après [81] .....	49
Figure 36 : Différentes organisations pulmonaires de Chéloniens, d'après [50] .....	49
Figure 37 : Type de parenchyme pulmonaire, d'après [81] .....	49
Figure 38 : Muscles impliqués dans la respiration, modifié d'après [106].....	50
Figure 39 : Cavité buccale chez <i>Trachemys scripta elegans</i> , modifié d'après [42] .....	51
Figure 40 : Œsophage chez <i>Trachemys scripta elegans</i> , modifié d'après [42].....	52
Figure 41 : Estomac et ses rapports de <i>Chelonia sp.</i> , d'après [49].....	53
Figure 42 : Appareil digestif de <i>Testudo horsefieldii</i> .....	53
Figure 43 : Organisation du cloaque chez une <i>Testudo</i> adulte (vue médiale), modifié d'après [91] .....	55

Figure 44 : Pancréas le long du duodénum chez <i>Trachemys scripta scripta</i> , modifié d'après [125] .....	56
Figure 45 : Vue ventrale de <i>Trachemys scripta scripta</i> , modifié d'après [125] .....	57
Figure 46 : Vessie et ses rapports anatomiques, modifié d'après [42] .....	58
Figure 47 : Appareil génital mâle (vue ventrale), modifié d'après [42].....	59
Figure 48 : Appareil génital femelle (vue ventrale), modifié d'après [42] .....	60
Figure 49 : Cœur d'une <i>Testudo horsefieldii</i> .....	61
Figure 50 : Coupe longitudinale de cœur, modifié d'après [125] .....	61
Figure 51 : Organisation fonctionnelle du cœur, modifié d'après [100].....	62
Figure 52 : Système artériel d' <i>Emys orbicularis</i> (coupe sagittale), modifié d'après [10] .....	63
Figure 53 : Système artériel des Chéloniens (vue ventrale), modifié d'après [3] .....	63
Figure 54 : Artères issues des crosses aortiques, modifié d'après [48] .....	64
Figure 55 : Artères intestinales de <i>Clemys sp</i> , modifié d'après [48] .....	64
Figure 56 : Artères de la carapace de <i>Lissemys punctata</i> , modifié d'après [48] .....	65
Figure 57 : Système veineux d' <i>Emys orbicularis</i> (coupe sagittale), modifié d'après [10] .....	65
Figure 58 : Veines abdominales chez <i>Testudo horsefieldii</i> (vue ventrale) .....	66
Figure 59 : Veines de la carapace de <i>Lissemys punctata</i> , modifié d'après [48] .....	66
Figure 60 : Système porte rénal selon deux vues, modifié d'après [48] .....	67
Figure 61 : Système veineux caudal des Chéloniens, modifié d'après [3].....	67
Figure 62 : Système nerveux central (vue ventrale), modifié d'après [42, 55] .....	68
Figure 63 : Moelle épinière (canal rachidien sectionné), d'après [42].....	69
Figure 64 : Système nerveux périphériques, d'après [42] .....	69
Figure 65 : Structure de l'œil des Chéloniens, d'après [118] .....	70
Figure 66 : Cavité nasale de <i>Testudo</i> (coupe sagittale et coupes transversales), modifié d'après [51].....	71
Figure 67 : Oreille de <i>Testudo</i> , modifié d'après [52].....	72
Figure 68 : Utilisation d'une mousse active de chlorexidine pour la désinfection.....	76
Figure 69 : Utilisation de bande collante stérile, d'après [83] .....	76
Figure 70 : Utilisation de tapis chauffant, d'après [1] .....	77
Figure 71 : Types de points éversants utilisables chez les Chéloniens, d'après [31].....	78
Figure 72 : Sutures cutanées, points en U (à gauche) et agrafes (à droite), d'après [83] .....	79
Figure 73 : Préambule à toute plastrotomie .....	81
Figure 74 : Différentes localisations de la plastrotomie, d'après [15, 42] .....	82
Figure 75 : Incision à la scie orthopédique sous irrigation .....	82
Figure 76 : Schématisation de l'angulation du volet plastral .....	83
Figure 77 : Réclinaison du volet plastral avec visualisation des veines abdominales .....	83
Figure 78 : Suture d'une des deux veines abdominales.....	84
Figure 79 : Points de stabilisation pour fermeture de plastrotomie.....	84
Figure 80 : Fixation du volet plastral à l'aide de polyméthacrylate de méthyle .....	85
Figure 81 : Fixation du volet plastral selon la technique résine époxyde-fibre de verre-résine époxyde .....	85
Figure 82 : Deux évolutions possibles du site de plastrotomie, favorable par cicatrisation en première intention à gauche ou défavorable avec de l'ostéomyélite à droite, d'après [83] .....	86
Figure 83 : Une plastrotomie chez une jeune tortue, d'après [83] .....	86
Figure 84 : Ecarteurs utilisables pour la voie d'abord précurrale, Weitlaner à gauche et Lonestar à droite.....	87
Figure 85 : Positionnement en décubitus latéral chez une tortue « Giant Aldabra » d'après [1].....	88
Figure 86 : Localisation de l'incision cutanée.....	88
Figure 87 : Visualisation de l'aponévrose des muscles abdominaux, d'après [1] .....	89
Figure 88 : Visualisation de la cavité cœlomique par endoscopie par voie axillaire, d'après [25].....	90
Figure 89 : Pince d'Allis .....	90
Figure 90 : Schématisation de l'abord axillaire avec extériorisation de l'estomac, d'après [25].....	91
Figure 91 : Plusieurs tailles de tubes d'œsophagostomie, d'après [1].....	92
Figure 92 : Précautions à prendre pour l'incision cutanée, d'après [1] .....	92

Figure 93 : Deux étapes de la pose du tube d'œsophagostomie, d'après [132] .....	93
Figure 94 : Fixation d'un tube d'œsophagostomie, d'après [1] .....	93
Figure 95 : Radiographie dorso-ventrale chez une <i>Caretta caretta</i> , d'après [70].....	94
Figure 96 : Visualisation de la proximité anatomique à l'aide d'une dissection orientée.....	96
Figure 97 : Extériorisation de l'estomac par voie axillaire chez une <i>Caretta caretta</i> , d'après [24] .....	96
Figure 98 : Mise en évidence d'une obstruction intestinale avec présence de matériel (flèche noire), d'après [43] .....	97
Figure 99 : Isolement de la portion intestinale contenant le corps étranger (abord transplastral) .....	98
Figure 100 : Suture du site d'entérotomie après retrait du corps étranger.....	98
Figure 101 : Lacérations sévères dues à un corps étranger traumatique (abord fémoral), d'après [24].....	99
Figure 102 : Principales étapes d'une anastomose termino-terminale, d'après [31] .....	99
Figure 103 : Rapports anatomiques du testicule gauche, vue coelioscopique d'après [65].....	100
Figure 104 : Positionnement des instruments lors d'une orchidectomie réalisée par endoscopie, d'après [111] .....	101
Figure 105 : Différentes étapes d'une orchidectomie par endoscopie selon deux méthodes, d'après [65] .....	101
Figure 106 : Image de stase folliculaire obtenue par Ct-Scan, d'après [81].....	102
Figure 107 : Extériorisation de la grappe ovarienne par abord transplastral (à gauche) et préfémoral (à droite) .....	103
Figure 108 : Positionnement du clamp et ligature en masse (abord préfémoral), d'après [4, 75].....	103
Figure 109 : Aspiration du contenu d'un follicule lors d'un abord préfémoral .....	104
Figure 110 : Ovariectomie par endoscopie avec un abord préfémoral, d'après [75] .....	104
Figure 111 : Visualisation d'œufs anormaux, d'après [81].....	106
Figure 112 : Ovariosalpingectomie par plastrotomie.....	106
Figure 113 : Extériorisation de l'ovaire et de l'oviducte à l'aide d'un crochet à ovariectomie, d'après [95] .....	107
Figure 114 : Pose de la transfixante distale sur l'oviducte, d'après [15].....	107
Figure 115 : Visualisation de 5 œufs calcifiés chez une <i>Testudo hermanni</i> anorexique, d'après [61] .....	108
Figure 116 : Extériorisation des deux parties de l'oviducte contenant les œufs après plastrotomie, d'après [61] .....	108
Figure 117 : Cœlomite à jaune d'œuf chez une <i>Testudo hermanni</i> (plastrotomie), d'après [81] .....	109
Figure 118 : Calcul urinaire (à gauche) et pseudocalcul (à droite) chez deux <i>Gopherus agassizii</i> , d'après [82] ..	110
Figure 119 : Différentes étapes d'une cystotomie .....	111
Figure 120 : Suture de la paroi vésicale .....	111
Figure 121 : Retrait de calculs vésicaux via le cloaque, d'après [98].....	112
Figure 122 : Prise en charge endoscopique de calculs cloacaux, d'après [85] .....	112
Figure 123 : Diagnostic différentiel des prolapsus cloacaux chez les Chéloniens, modifié d'après [116] .....	113
Figure 124 : Prolapsus pénien, d'après [6].....	114
Figure 125 : Amputation du pénis suite à un prolapsus.....	114
Figure 126 : Prolapsus d'un oviducte chez une tortue charbonnière à pattes rouges ( <i>Geochelone carbonaria</i> ), d'après [6] .....	115
Figure 127 : Prolapsus vésical, d'après [6] .....	116
Figure 128 : Prolapsus colique chez une tortue du désert ( <i>Gopherus agassizii</i> ), d'après [6] .....	117
Figure 129 : Colopexie par abord préfémoral, d'après [1] .....	118
Figure 130 : Quelques exemples de la grande variabilité du matériel endoscopique, d'après [27] .....	118
Figure 131 : Exemples de matériel utilisable pour la réalisation de plâtres .....	122
Figure 132 : Exemple de coaptation externe chez une tortue et sa radiographie de contrôle, d'après [83] .....	123
Figure 133 : Fixateur externe, modifié d'après [31].....	124
Figure 134 : Pose d'une plaque sur une fracture humérale de Chélonien, d'après [83].....	125
Figure 135 : Fracture Salter-Harris de type 1 de l'épiphyse proximale humérale droite, d'après [90].....	126
Figure 136 : Deux étapes chirurgicales, d'après [90] .....	126
Figure 137 : Radiographies post-opératoires, d'après [90].....	127

Figure 138 : Radiographies dorsoventrales d'une <i>Chrysemys picta</i> d'après [96].....	127
Figure 139 : Arthrodèse du carpe en dorsoflexion chez une <i>Gopherus agassizii</i> , d'après [83] .....	128
Figure 140 : Exemple de lésions avancées nécessitant une amputation, d'après [83] .....	129
Figure 141 : Exemples d'incisions cutanées (en rouge) lors d'amputations digitées chez un chien, d'après [31] .....	130
Figure 142 : Exemple de prothèse utilisable chez une tortue amputée, d'après [83] .....	131
Figure 143 : Quelques étapes de la prise en charge d'une luxation du genou chez une <i>Testudo graeca</i> , d'après [57] .....	132
Figure 144 : Abscès auriculaire et retrait chirurgical .....	135
Figure 145 : Mise en place d'une pince à la base du nerf optique lors d'une énucléation, d'après [31] .....	136
Figure 146 : Aspect de l'œil, avant (à gauche) et après (à droite) la chirurgie, d'après [73] .....	137
Figure 147 : Prises en charge de fractures de mandibules, par cerclage d'après [83] et par fixateur externe d'après [129] .....	138
Figure 148 : Planche « type » de l'atlas.....	144
Figure 149 : Vue dorsale des quatre tortues utilisées.....	145
Figure 150 : Scie oscillante utilisée pour les dissections .....	146
Figure 151 : Réalisation des photographies illustrant ce travail .....	147
Figure 152 : Echelle photographique couleur en aluminium .....	147

# ***LISTE DES TABLEAUX***

---

Tableau 1 : Formules vertébrales des Chéloniens, d'après [54] .....	25
Tableau 2 : Formule phalangienne des doigts des Chéloniens, d'après [54] .....	32
Tableau 3 : Formule phalangienne des orteils des Chéloniens, d'après [54].....	35
Tableau 4 : Musculature de la tête et du cou, modifié d'après [125] [110] [42] .....	39
Tableau 5 : Musculature de la ceinture scapulaire et des membres antérieurs, modifié d'après [125] [110] .....	42
Tableau 6 : Musculature des membres postérieurs, de la ceinture pelvienne et de la queue, modifié d'après [125] [110] .....	44
Tableau 7 : Proposition d'un kit chirurgical de base, d'après [58] et [1].....	77
Tableau 8 : Cadavres de tortues disponibles à Oniris au 1 <sup>e</sup> mars 2014 .....	141
Tableau 9 : Récapitulatif des voies d'abord sélectionnées .....	143
Tableau 10 : Caractéristiques des tortues utilisées pour l'obtention des images .....	145
Tableau 11 : Récapitulatif des différentes dissections réalisées chez chaque tortue utilisée .....	146



## ANNEXE 1 : Agents de contention chimique et anesthésiques

Agent	Dosage	Espèces/Commentaires
Acépromazine	0,05-0,25 mg/kg IM	La plupart des espèces de reptiles. Peut être utilisé en prémédication avec de la kétamine.
	0,1-0,5 mg/kg IM	Dose réduite de 50 % si utilisé avec des barbituriques
Alphaxalone	6-9 mg/kg IV 9-15 mg/kg IM	La plupart des espèces de reptiles. Bonne myorelaxation. Résultats variables. Réveil pouvant être violent.
	15 mg/kg IM	Chéloniens. Bonne myorelaxation. Induction : 35-40 min. Durée d'action : 15-35 min.
	24 mg/kg ICe	Chéloniens ( <i>Trichemys sp.</i> ). Bonne relaxation.
Atipamézole	Donner le même volume SC, IV, IP que médétomidine ou dexmédétomidine	Réverse les effets de la médétomidine et de la dexmédétomidine. Cause de sévères hypertensions chez le <i>Gopherus polyphemus</i> en injection IV.
	0,2-0,75 mg/kg IM	Chéloniens
Atropine	0,01-0,04 mg/kg SC, IM, IV, ICe	La plupart des espèces de reptiles. Utilisé en cas de bradycardie profonde ou prolongée. Rarement indiqué.
	0,5 mg/kg IM, IV, IT, IO	La plupart des espèces de reptiles. Prévention de la bradycardie, réduction des sécrétions.
Butorphanol	0,4-1 mg/kg SC, IM	La plupart des espèces de reptiles. Analgésique, sédatif, préanesthésique
	0,5-2 mg/kg IM ou 0,2-0,5 mg/kg IV, IO	La plupart des espèces de reptiles. Préanesthésique
	0,2 mg/kg IM	Chéloniens. Tranquillisant
Chlorpromazine	0,1-0,5 mg/kg IM	La plupart des espèces de reptiles. Préanesthésique. Utilisation non courante.
	10 mg/kg IM	Chéloniens. Préanesthésique.
Dexmédétomidine	Mêmes doses que la médétomidine	$\alpha 2$ agoniste qui a remplacé la médétomidine
Diazépam	----	Utilisation en combinaison avec la kétamine. Bonne myorelaxation. Administrer 20 minutes avant l'anesthésie. Potentiellement réversible avec du flumazénil. Interaction avec l'ivermectine
	0,5-2,5 mg/kg IM, IV	Toutes les espèces de reptiles. Crises convulsives.
	0,2-1 mg/kg IM	Chéloniens. Utilisation en combinaison avec la kétamine pour l'anesthésie. Bonne myorelaxation.
Disoprofol	5-15 mg/kg IV (dose à effet)	Toutes les espèces de reptiles. Anesthésique aux caractéristiques similaires au propofol.
Doxapram	5 mg/kg IM, IV q10 minutes	La plupart des espèces de reptiles. Stimulant respiratoire. Réduit le temps du réveil et « réverse » partiellement les dissociatifs
	4-20 mg/kg IM, IV, IO	La plupart des espèces de reptiles. Stimulant respiratoire
Epinéphrine	0,5-1 mg/kg IV, IO, IT	La plupart des espèces de reptiles. Arrêt cardiaque.
Etorphine	0,3-0,5 mg/kg IM 0,3-2,75 mg/kg IM	Chéloniens. Narcotique très puissant. Induction : 10-20 min. Durée : 40-120 min. Mauvaise myorelaxation. Utilisable pour la contention et des procédures mineures. Nécessité d'un antagoniste.
Flumazénil	----	Toutes les espèces de reptiles. Réverse les benzodiazépines dont diazépam et midazolam. Rarement indiqué
	1 mg pour 20 mg de zolazépam IM, IV	Chéloniens. Réverse le zolazépam
Glycopyrrolate	0,01 mg/kg SC, IM, IV	La plupart des espèces de reptiles. Préanesthésique en cas d'hypersalivation (rarement indiqué). Généralement utilisé pour les bradycardies profondes ou prolongées. Peut être préféré à l'atropine.

Isoflurane	3-5 % induction 1-3 % maintenance	La plupart des espèces de reptiles. Induction : 6-20 min. Réveil : 30-60 min. Intubation et ventilation intermittente à pression positive recommandée. Peut préanesthésier avec petites doses de propofol, kétamine etc.
Kétamine	----	Utilisé en combinaison. Myorelaxation et analgésie marginales. Réveil prolongé avec des doses élevées. Doses plus faibles pour les grands reptiles. Dououreux à injecter. Sécurité d'utilisation discutable pour les patients débilisés. A éviter en cas de problème rénal. Utilisé en préanesthésique (avant isoflurane).
	10 mg/kg SC, IM q 30 minutes	La plupart des espèces de reptiles. Maintien de l'anesthésie. Réveil en 3-4 heures
	20-60 mg/kg IM ou 5-15 mg/kg IV 22-44 mg/kg SC, IM	La plupart des espèces de reptiles. Myorelaxation améliorée avec midazolam ou diazépam.
	55-88 mg/kg SC, IM	La plupart des espèces de reptiles. Sédation.
	10-20 mg/kg IM	La plupart des espèces de reptiles. Anesthésie chirurgicale. Induction : 10-30 minutes. Rétablissement : 24-96 heures.
	20-60 mg/kg IM	Chéloniens. Sédation. Chéloniens. Sédation. Induction en 30 minutes. Réveil ≥24 heures. Potentiellement dangereux chez les tortues déshydratées et faibles.
	25 mg/kg IM, IV	Tortues de mer. Sédation. Utilisé à fortes doses (50-70 mg/kg). Temps de réveil longs et imprévisibles. En combinaison avec l'acépromazine : réduction des temps d'induction et de réveil
	38-71 mg/kg ICe	Tortues de mer. Anesthésie. Induction : 2-10 min. Durée : 2-10 min. Réveil <30 min.
	60-90 mg/kg IM	Chéloniens. Anesthésie légère. Induction < 30 min. Réveil : quelques heures à quelques jours. Plus grosses doses que la plupart des autres reptiles.
Kétamine (K)/ Acépromazine (A)	----	Regarder (K) et (A) pour les recommandations de dosage.
Kétamine (K)/ Butorphanol (B)	(K) 10-30 mg/kg + (B) 0,5-1,5 mg/kg IM	Chéloniens. Procédures chirurgicales mineures.
Kétamine (K)/ Diazépam (D)	(K) 60-80 mg/kg + (D) 0,2-1 mg/kg	Chéloniens. Anesthésie. Bonne myorelaxation.
Kétamine (K)/ Médétomidine (M)	(K) 10 mg/kg + (M) 0,1-0,3 mg/kg IM	La plupart des espèces de reptiles.
	(K) 3,8 mg/kg + (M) 0,025-0,08mg/kg IV	Tortues géantes
	(K) 4 mg/kg + (M) 0,04 mg/kg IM	Tortues de mer
	(K) 4-10 mg/kg + (M) 0,04-0,14 mg/kg IM	Chéloniens. Sédation et Myorelaxation pour réparation de la carapace.
	(K) 5 mg/kg + (M) 0,05 mg/kg IV	<i>Caretta caretta</i> . Induction pour intubation.
	(K) 5 mg/kg + (M) 0,05 mg/kg IM	<i>Gopherus spp.</i> Anesthésie légère. Intubation trachéale. Résultats inconstants
	(K) 5-10 mg/kg IM + (M) 0,1-0,15 mg/kg IM, IV	Tortues (petites-moyennes)
	(K) 7,5 mg/kg + (M) 0,075 mg/kg IM	<i>Gopherus spp.</i> . Anesthésie. Intubation trachéale.
	(K) 10-20 mg/kg IM + (M) 0,15-0,3 mg/kg IM, IV	Tortues d'eau douce
Kétamine (K)/ Midazolam (M)	(K) 20-40 mg/kg + (M) ≤ 2 mg/kg IM	Chéloniens. Sédation. Myorelaxation.
	(K) 60-80 mg/kg + (M) ≤ 2 mg/kg IM	Chéloniens. Anesthésie. Myorelaxation.

Kétamine (K)/ Propofol (P)	(K) 25-30 mg/kg IM + (P) 7 mg/kg IV	Chéloniens. Administer le propofol environ 70-80 minutes après kétamine
Lidocaïne (0,5-2 %)	Local ou topique	La plupart des espèces de reptiles. Analgésie locale. Souvent utilisé avec une contention chimique.
Médétomidine	----	Réversé avec l'atipamézole. Seul, ne produit que des contentions légères. Voir kétamine et butorphanol pour les combinaisons.
	0,1-0,15 mg/kg IM	La plupart des espèces de reptiles.
Midazolam	0,15 mg/kg IM	Tortues du désert. Sédation. Contention incomplète. Entraîne généralement de la bradycardie et de la bradypnée.
	----	Voir butorphanol et kétamine pour les combinaisons. Peut être réversé avec du flumazénil.
	2 mg/kg IM	La plupart des espèces de reptiles. Préanesthésique. Accroît l'efficacité de la kétamine. Efficace chez <i>Chelydra serpentina</i> ) mais pas chez <i>Chrysemys picta</i>
Pentobarbital	1,5 mg/kg IM	Tortues de Floride ( <i>Trachemys scripta elegans</i> ). Sédation. Début : 5,5 min. Durée : 82 min. Réveil : 40 min. Beaucoup de variabilité individuelle.
	10-18 mg/kg ICe	Chéloniens
Propofol	----	Si administré dans le sinus supravertébral, être conscient d'une potentielle délivrance sous-méningée. Voire kétamine pour combinaison. Anesthésique. Rapide, induction douce. Durée : 15-25 min. Réveil sans excitation. Doit être administré en IV lente (pas d'inflammation si périvasculaire). Peut être administré IO. Dosages réduits de 50 % pour les animaux prémédiqués. Peut causer apnée et bradycardie. Intubation et assistance respiratoire généralement requis. Agent parentéral de choix pour induire anesthésie.
	0,3-0,5 mg/kg/min IV, IO en perfusion ou 0,5-1 mg/kg IV, IO en bolus	La plupart des espèces de reptiles. Maintien de l'anesthésie. Prévoir supports respiratoire et thermique.
	2 mg/kg IV	Tortues géantes
	3-5 mg/kg IV (sinus supra vertébral)	Chéloniens. Sédation (réparation de carapace).
	10 mg/kg IV (sinus supra vertébral)	Tortues de Floride ( <i>Trachemys scripta elegans</i> ). 40-85 minutes d'anesthésie.
	12-15 mg/kg IV	Chéloniens. Plus petits dosages (5-10 mg/kg IV) utilisables. 1 mg/kg/min utilisable en maintien.
	20 mg/kg IV (sinus supra vertébral)	Tortues de Floride ( <i>Trachemys scripta elegans</i> ). 60-120 minutes d'anesthésie.
Rocuronium (Zemuron, organon)	0,25-0,5 mg/kg IM	Tortues boîtes ( <i>Terrapene</i> ). Agent bloquant neuromusculaire. Pas d'analgésie. Pour l'intubation seulement et petites procédures non douloureuses.
Sévoflurane	A effet	La plupart des espèces de reptiles. Anesthésique. Induction rapide et réveil rapide si intubé.
Succinylcholine	----	Pas analgésie. Peu de marge de sécurité. Généralement pas recommandé. Ventilation à pression positive généralement requise. Paralysie au bout de 5-30 minutes. Eviter si exposition à des parasitocides organophosphoré dans les 30 derniers jours. Administrer au minimum la quantité requise pour réussir la procédure.
	0,25-1 mg/kg IM	La plupart des espèces de reptiles
	0,25-1,5 mg/kg IM	Chéloniens. Induction : 15-30 min. Réveil : 45-90 min. Facilite l'intubation.
	0,5-1 mg/kg IM	Tortues boîtes ( <i>Terrapene</i> ). Induction : 20-30 minutes.
Thiopental	19-31 mg/kg IV	Tortue de mer. Anesthésie. Induction : 5-10 min. Réveil <6 heures. Anesthésie irrégulière.

Tilétamine/Zolazépam	----	Sédation, anesthésie. Dépressions respiratoires marquées (besoin de ventiler). Résultats variables. Réveil prolongé. Chez les espèces lourdes, doses plus petites. Bonne myorelaxation avant l'intubation. Préférer d'autres agents anesthésiques.
	4-5 mg/kg SC, IM	La plupart des espèces de reptiles. Sédation. Induction : 9-15 min. Réveil : 1-12 h. Suffisant pour la plupart des procédures non invasives.
	5-10 mg/kg IM	La plupart des espèces de reptiles.
	3,5-14 mg/kg IM (généralement 4-8 mg/kg)	Chéloniens. Sédation. Induction : 8-20 min. Ne produit pas une anesthésie satisfaisante même à 88 mg/kg.
	5-10 mg/kg IM, IV	Grandes tortues. Facilite l'intubation. Si trop léger, masque avec isoflurane plus que nouvelle injection.
Xylazine	----	Utilisé peu fréquemment. Effets variables. Potentiellement réversé par yohimbine. Préanesthésique pour kétamine.
	0,1-1,25 mg/kg IM, IV	La plupart des espèces de reptiles.
Yohimbine	----	Réverse la xylazine. Rarement indiqué.



## 2.2. Chirurgies proprement dites

Nombre de tortues opérées au cours de l'année 2014 : .....

Répartition de ces opérations :

- ✓ Nombre de chirurgies de la carapace : .....
- ✓ Nombre de chirurgie du tégument : .....  
(Abscess, excision of cutaneous masses, etc.)
- ✓ Nombre de chirurgies de l'appareil locomoteur :
  - Amputation totale d'un membre : - antérieur : .....  
- postérieur : .....
  - Amputation partielle d'un membre : - antérieur : .....  
- postérieur : .....
  - Ostéosynthèse sur fractures :
    - Fixateur externe :
      - Membre antérieur : .....
      - Membre postérieur : .....
    - Fixateur interne :
      - Membre antérieur : .....
      - Membre postérieur : .....
- ✓ Nombre de chirurgies des prolapsus : - de l'oviducte : .....  
- du colon : .....  
- du pénis : .....  
- de la vessie : .....
- ✓ Nombre de chirurgies de la cavité coelomique :
  - Par abord transplastral : .....
    - Rétention d'œufs/dystocie : .....
    - Ovariectomie : .....
    - Ovario-salpingectomie : .....
    - Cystotomie (calculs, œufs ectopiques) : .....
    - Corps étrangers stomacaux : .....
    - Corps étrangers intestinaux : .....

- Par abord précrural : .....
- Rétention d'œufs/dystocie : .....
- Ovariectomie : .....
- Ovario-salpingectomie : .....
- Cystotomie (calculs, œufs ectopiques) : .....
- Corps étrangers stomacaux : .....
- Corps étrangers intestinaux : .....

✓ Exérèse de corps étrangers œsophagiens : .....

### III) Description de votre structure

Nom de la clinique : .....

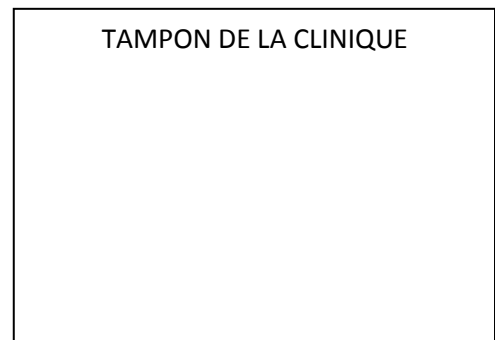
Adresse de la clinique : .....

.....

.....

Numéro de téléphone : .....

Adresse Mail : .....



Vétérinaires de la clinique ayant une activité :

- x .....
- x .....
- x .....
- x .....
- x .....
- x .....

### IV) Remarques

Inscrivez ici toutes remarques que vous jugez importantes pour ce questionnaire :

.....

.....

.....

.....

.....

.....



# **BIBLIOGRAPHIE**

---

1. ALWORTH L.C., HERNANDEZ S.M., DIVERS S.J.: Laboratory reptile surgery: principles and techniques. *J Am Assoc Lab Anim Sci*, 2011, 50 (1), 11-26.
2. AMAT AC, GABRIEL B, CHEE NW : Cystic calculi removal in African spurred Tortoise (*Geochelone sulcata*) using transplstron coeliotomy. *Vet World*, 2012, 5 (8), 489-492.
3. ASHLEY L.M. : Laboratory Anatomy of the Turtle. Wm. C. Brown Compagny Publishers, 1962, 48p.
4. ARVY C. : Ovariectomie de la Tortue de Floride. *Recueil de Médecine Vétérinaire*, 1998, 174b(1-2), 44-47.
5. BARTEN S.L. : Chapter 64 - Penile Prolapse. In : MADER D.R. : Reptile Medicine and Surgery. 2<sup>nd</sup> Ed. Elsevier Saunders, 2006, 862-864.
6. BENNETT R.A. et MADER D.R. : Chapter 47 - Cloacal Prolapses. In : MADER D. R. : Reptile Medicine and Surgery. 2<sup>nd</sup> Ed. Elsevier Saunders, 2006, 751-755.
7. BENNETT, R.A., LOCK B.A. Lock : Nonreproductive surgery in reptiles. *Vet Clin North Am Exot Anim Pract*, 2000, 3 (3), 715-732.
8. BENNETT, R.A. : Soft tissue surgery in reptiles: principles and approaches. In : The North American Veterinary Conference (23 : 2009 : Gainesville), Orlando : *Small animal and exotics*, 2009, 1758-1761.
9. BENNETT R.A. : Stretch your exotics skills with the latest and greatest techniques. In : The North American Veterinary Conference (23 : 2009 : Gainesville), Orlando : *Small animal and exotics*, 2009, 1745-1750.
10. BOJANUS L.H. : Anatomie testudinis europeae (Vilnae, 1819). Reprint edition, *Society for the study of Amphibians and Reptiles*, Ohio, 1970.
11. BONIN F., DEVAUX B., DUPRE A. : Toutes les tortues du monde. 2<sup>nd</sup> Ed, Delachaux et Niestle, 2006, 256p.
12. BOYER T. H., BOYER D. M. : Turtles, tortoises and terrapins. In : MADER D. R. : Reptile Medicine and Surgery. 2<sup>nd</sup> Ed. Elsevier Saunders, 2006, 78-99.
13. BRANNIAN R.E. : A soft tissue laparotomy technique in turtles. *J Am Vet Med Assoc*, 1984, 185 (11), 1416-1417.
14. CARPENTER J. W. : Exotic Animal Formulary. 4th Edition, Saunders, 2012, 744 p.
15. CHAI N., BEAUFRERE H., BULLIOT C., HUYNH M., PIGNON C., ROMAN Y., SCHILLIGER L. : Guide pratique de chirurgie des NAC. Editions Med'com, 2014, 320 p.
16. CHAMBERS J.K., SUZUKI T. SUZUKI, UNE Y. : Tophaceous pseudogout of the femorotibial joint in a painted turtle (*Chrysemys picta*). *J Vet Med Sci*, 2009, 71 (5), 693-695.

17. CHITTY J., RAFTERY A. : Essentials of Tortoise Medicine and Surgery. Wiley-Blackwell, 2013, 344 p.
18. CHITTICK E.J. : Considerations in sea turtle anesthesia and surgery. In : The North American Veterinary Conference (17 : 2003 : Gainesville), Orlando : *Small animal and exotics*, 2003, 1145-1146.
19. CHURCH ML, GRAFINGER MS, HARMS CA, LEWBART GA, CHRISTIAN LS, BEASLEY JF. : Surgical repair of severe flipper lacerations in a loggerhead, *Caretta caretta*, and a Kemp's ridley, *Lepidochelys kempii*, sea turtle. *J Zoo Wildl Med.* 2009, 40(4), 744-751.
20. CLARO F., BOURDEAU P. : Tortues d'eau douce et tortues terrestres : élevage et soins. Editions du point vétérinaire, 1994, 128 p.
21. COSSU F., GAUTHIER O., GUINTARD C. : Voies d'abord en chirurgie ostéo-articulaire chez le chien. *Le Point Vétérinaire*, 2005, 155 p.
22. CRANE S.W. and Al. : Neutralization bone-plating repair of a fractured humerus in an alibaba tortoise. *J Am Vet Med Assoc*, 1980, 177 (9), 945-948.
23. DENARDO D. : Chapter 53 – Dystocias. In : MADER D.R. : Reptile Medicine and Surgery. 2<sup>nd</sup> Ed. Elsevier Saunders, 2006, 787-792.
24. DI BELLO A., VALASTRO C., FREGGI D., LAI O.R., CRESCENZO G., FRANCHINI D. : Surgical treatment of injuries caued by fishing gear in the intracoelomic digestive tract of sea turtles. *J Am Vet Med Assoc Dis Aquat Organ.*, 2013, 106 (2), 93-102.
25. DI BELLO A., VALASTRO C., STAFFIERI F. : Surgical approach to the coelomic cavity through the axillary and inguinal regions in sea turtles. *J Am Vet Med Assoc*, 2006, 228 (6), 922-925.
26. DIVERS S.J. : Reptile diagnostic endoscopy and endosurgery. *Vet Clin North Am Exot Anim Pract*, 2010, 13 (2), 217-242.
27. DIVERS S.J. : Reptile reproductive endoscopy and endosurgery: advanced, sexy techniques. In : The North American Veterinary Conference (25 : 2011 : Gainesville), Orlando : *Small animal and exotics*, 2011, 1622-1626.
28. DODD C.K. : North American Box Turtles. A natural history. *University of Oklahoma Press*, 2001, 231 p.
29. FLEMING G.J. : Esophagostomy tube placment in Chelonians. In : The North American Veterinary Conference (25 : 2011 : Gainesville), Orlando : *Small animal and exotics*, 2011, p. 1632.
30. FLEURY L. : Connaissances actuelles sur les techniques chirurgicales chez les reptiles. Th. Méd. Vét : Nantes, 2003, 158, 114 p.
31. FOSSUM T. W. : Small animal Surgery. 4<sup>th</sup> Edition, Mosby, 2012, 1640 p.
32. FRYE F.L. : Surgical removal of a cystic calculus from a desert tortoise. *J Am Vet Med Assoc*, 1972, 161 (6), 600-602.

33. FRYE F. L., DYBDAL N. O., HARSHBERGER J. C. : Testicular interstitial cell tumor in a desert tortoise (*Gopherus agassizii*). *Journal of Zoo Animal Medicine*, 1988, 19, 55–58.
34. FUNK R. S. : Chapter 70 – Tail damage. In : MADER D.R. : *Reptile Medicine and Surgery*. 2<sup>nd</sup> Ed. Elsevier Saunders, 2006, 913-915.
35. GAHLOT T. K., ARORA N. : Management of rectal prolapse in Star Tortoise. *Intas Polivet*, 2010, 11 (II), 408.
36. GAMBLE T. : Incidence of Aural Abscesses in Painted Turtle (*Chrysemys picta*) Populations in Minnesota. *Chelonian Conservation and Biology*, 2007, 6 (2), 293-295.
37. GANS C.F., HUGHES G.M. : The mechanism of lung ventilation in the tortoise *Testudo graeca* Linné. *J Exp Biol.*, 1967, 47 (1), 1-20.
38. GAUDRON C. : Imagerie médicale appliquée à l'anatomie clinique des Chéloniens en consultation. Th. Méd. Vét : Toulouse. 2001, 75, 293 p.
39. GLASSFORD, J.F., BROWN K. : Treatment of egg-retention in a turtle. *Veterinary Medicine & Small Animal Clinician*, 1977, 72 (10), 1641-1645.
40. GOLDBERG D.W. and al. : Green turtle head trauma with intracerebral hemorrhage: image diagnosis and treatment. *Ciência Rural*, 2010, 40 (11), 2402-2405.
41. GOVETT PD, HARMS CA, LINDER KE, MARSH LC, WYNEKEN J : Effect of four different suture materials on the surgical wound healing of Loggerhead Sea Turtles, *Caretta caretta*. *J Herp Med Surg*, 2004, 14 (4), 6-11.
42. GOMIS D., DEGUEURCE C., BOUR R. : Anatomie de la tortue, ses applications à la pratique vétérinaire (Cédérom). Maisons-Alfort : Ecole Nationale Vétérinaire, 2003.
43. GOULD W.J., YAEGAR A.E. , GLENNON J.C. : Surgical correction of an intestinal obstruction in a turtle. *J Am Vet Med Assoc*, 1992, 200 (5), 705-706.
44. GREEK T. : Dystocia in reptiles. In : The North American Veterinary Conference (24 : 2010 : Gainesville), Orlando : *Small animal and exotics*, 2010, 1674-1675.
45. GREEK T. : Reptile prolapses. In : The North American Veterinary Conference (24 : 2010 : Gainesville), Orlando : *Small animal and exotics*, 2010, 1672-1673.
46. GREENBERG T. : Plastron osteotomy for the removal of a cystic calculus in a California desert tortoise. *Exotic DVM*, 1999, 1 (5), 13-18.
47. GUIBE J. : La musculature. In : GRASSE P. et coll. : *Traité de zoologie, anatomie, systématique, biologie*. Tome XIV – Fascicule II : Reptiles, caractères généraux et anatomie. Masson et Cie, 1970, 144-180.
48. GUIBE J. : L'appareil circulatoire. In : GRASSE P. et coll. : *Traité de zoologie, anatomie, systématique, biologie*. Tome XIV – Fascicule II : Reptiles, caractères généraux et anatomie. Masson et Cie, 1970, 429-473.

49. GUIBE J. : L'appareil digestif. In : GRASSE P. et coll. : Traité de zoologie, anatomie, systématique, biologie. Tome XIV – Fascicule II : Reptiles, caractères généraux et anatomie. Masson et Cie, 1970, 521-548.
50. GUIBE J. : L'appareil respiratoire. In : GRASSE P. et coll. : Traité de zoologie, anatomie, systématique, biologie. Tome XIV – Fascicule II : Reptiles, caractères généraux et anatomie. Masson et Cie, 1970, 499-520.
51. GUIBE J. : Les organes de l'olfaction. In : GRASSE P. et coll. : Traité de zoologie, anatomie, systématique, biologie. Tome XIV – Fascicule II : Reptiles, caractères généraux et anatomie. Masson et Cie, 1970, 346-359.
52. GUIBE J. : Les organes stato-acoustiques. In : GRASSE P. et coll. : Traité de zoologie, anatomie, systématique, biologie. Tome XIV – Fascicule II : Reptiles, caractères généraux et anatomie. Masson et Cie, 1970, 361-375.
53. GUIBE J. : Le squelette céphalique. In : GRASSE P. et coll. : Traité de zoologie, anatomie, systématique, biologie. Tome XIV – Fascicule II : Reptiles, caractères généraux et anatomie. Masson et Cie, 1970, 78-143.
54. GUIBE J. : Le squelette du tronc et des membres. In : GRASSE P. et coll. : Traité de zoologie, anatomie, systématique, biologie. Tome XIV – Fascicule II : Reptiles, caractères généraux et anatomie. Masson et Cie, 1970, 33-77.
55. GUIBE J. : Le système nerveux périphérique. In : GRASSE P. et coll. : Traité de zoologie, anatomie, systématique, biologie. Tome XIV – Fascicule II : Reptiles, caractères généraux et anatomie. Masson et Cie, 1970, 334-346.
56. GUIBE J. : Peau et productions cutanées. In : GRASSE P. et coll. : Traité de zoologie, anatomie, systématique, biologie. Tome XIV – Fascicule II : Reptiles, caractères généraux et anatomie. Masson et Cie, 1970, 6-31.
57. HERNANDEZ-DIVERS S J. : Diagnosis and surgical repair of stifle luxation in a spur-thighed tortoise *Testudo graeca*. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 2002, 33 (2), 125-130.
58. HERNANDEZ-DIVERS S J. : Reptile coeliomy : a vital technique to master. In : The North American Veterinary Conference (20 : 2006 : Gainesville), Orlando : *Small animal and exotics*, 2006, 1614-1618.
59. HOLLADAY S. D., WOLF J. C., SMITH S. A., JONES D. E., ROBERTSON J. L. : Aural abscesses in wild-caught box turtles (*Terrapene carolina*) : possible role of organochlorine-induced hypovitaminosis A. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2001, 48, 99-106.
60. HOLT P.E. : Healing of a surgically induced shell wound in a tortoise. *Vet Rec*, 1981, 108 (5): 102.
61. HOLT P.E. : Obstetrical problems in two tortoises [retained ova]. *Journal of Small Animal Practice*, 1979, 20 (6), 353-359.
62. HUNT C: Minimally invasive technique for mandibular fracture repair in reptiles - four cases. In : British Veterinary Zoological Society Proceedings (2012 : Park Inn), 2012, p. 48.

63. INNIS C.J. : Endoscopy and endosurgery of the chelonian reproductive tract. *Vet Clin North Am Exot Anim Pract*, 2010, 13 (2), 243-54.
64. INNIS C.J., BOYER T.H. : Chelonian reproductive disorders. *Vet Clin North Am Exot Anim Pract*, 2002, 5 (3), 555-578.
65. INNIS C. J., FEINSOD R., HANLON J., STAHL S., OGUNI J., BOONE S., SCHNELLBACHER R., CAVIN J., DIVERS S. J. : Coelioscopic orchiectomy can be effectively and safely accomplished in Chelonians. *Veterinary Record*, 2013, 172 (20), 526-531.
66. INNIS C., HERNANDEZ-DIVERS S.J., MARTINEZ-JIMENEZ D. : Coelioscopic-assisted pre-femoral oophorectomy in chelonians. *J Am Vet Med Assoc.*, 2007, 230, 1049–1052.
67. IRWIN C.R., FERGUSON M.W.: Fracture repair of reptilian dermal bones: can reptiles form secondary cartilage? *J. Anat.*, 1986, 146 (1), 53-64.
68. ISENBUGEL E. , BARANDUN G. : Surgical removal of a foreign body in a bastard turtle. *Vet Med Small Anim Clin*, 1981, 76 (12), 1766-1768.
69. JACOBSON E. R. : Placement and problems with pharyngostomy tubes in Chelonians. In : The North American Veterinary Conference (21 : 2007 : Gainesville), Orlando : *Small animal and exotics*, 2007, p1560.
70. JAEGER G.H. and al. : Use of a supraplastron approach to the coelomic cavity for repair of an esophageal tear in a loggerhead sea turtle. *J Am Vet Med Assoc*, 2003, 223 (3), 353-355.
71. JOHNSON J.D. : Reptilian and amphibian pediatric medicine and surgery. *Vet Clin North Am Exot Anim Pract*, 2012, 15 (2), 251-264.
72. JOHNSON R. : Dystocia in an injured common eastern long-necked turtle (*Chelodina longicollis*). *Vet Clin North Am Exot Anim Pract*, 2006, 9 (3), 575-581.
73. KELLY T.R., WALTON W., NADELSTEIN B., LEWBART A. : Phacoemulsification of bilateral cataracts in a loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*). *Veterinary Record*, 2005, 156, 774-777.
74. KLAPHAKE E. : Managing the top five most common reptile emergencies. In : The North American Veterinary Conference (27 : 2013 : Gainesville), Orlando : *Small animal and exotics*, 2013, 1353-1356.
75. KNAFO E., DIVERS S. J., RIVERA S., CAYOT L. J., TAPIA- AGUILERA W., FLANAGAN J. : Sterilisation of hybrid Galapagos tortoises (*Geochelone nigra*) for island restoration. Part 1 : endoscopic oophorectomy of females under ketamine-medetomidine anaesthesia. *Veterinary Record*, 2011, 168, 47-51.
76. KNOTEK Z. et al. : Eggs in chelonian urinary bladder: is coeliotomy necessary?. In : Proceedings of the Association of Reptilian and Amphibian Veterinarians (16 : 2009 : Milwaukee), Association of Reptilian and Amphibian Veterinarians: Chester Heights, 2009, 118-121.
77. LAI O.R., DI BELLO A., SOLOPERTO S., FREGGI D., MARZANO G., CAVALIERE L., CRESCENZO G. : Pharmacokinetic behavior of Meloxicam in Loggerhead Sea Turtles (*Caretta caretta*) after Intramuscular and Intravenous Administration. *J. Wild. Dis*, 2015, 51 (2), 509-512.

78. LAWSON G. O., GARSTKA, W. R. : Castration of turtles, *Pseudemys scripta*. *Journal of the Alabama Academy of Science*, 1985, 56, 89.
79. LOCK B.A. : Reproductive surgery in reptiles. *Vet Clin North Am Exot Anim Pract*, 2000, 3 (3), 733-752.
80. LUKAC M., HORVATEK D., PRUKNER-RADOVIC E. : Placement of esophageal tube in turtles. *Veterinarska Stanica*, 2011, 42 (6), 573-576.
81. MACCOLINI E. : Systèmes respiratoire et reproducteur des Reptiles : anatomie, physiologie et principales affections rencontrées en captivité. Congrès Vétérinaire Québécois, Saint-Hyacinthe - 8 novembre 2013.
82. MADER D.R.. : Chapter 49 – Calculi : urinary. In : MADER D. R. : *Reptile Medicine and Surgery*. 2<sup>nd</sup> Ed. Elsevier Saunders, 2006, 763-771.
83. MADER D.R., BENNETT R.A. : Chapter 35 – Surgery - Soft tissue, orthopedics, and fracture repair. In : MADER D. R. : *Reptile Medicine and Surgery*. 2<sup>nd</sup> Ed. Elsevier Saunders, 2006, 581–612.
84. MADER D.R., DIVERS S.J. : *Current Therapy in Reptile Medicine and Surgery*. Saunders, 2014, 488 p.
85. MANS C., KURT K. S. : Endoscopically guided removal of cloacal calculi in three African spurred tortoises (*Geochelone sulcata*). *J Am Vet Med Assoc*, 2012, 240 (7), 869–875.
86. MANS C., FOSTR J. D. : Endoscopy-guided ectopic egg removal from the urinary bladder in a leopard tortoise (*Stigmochelys pardalis*). *Can Vet J*, 2014, 55, 569-572.
87. MARAN J. et coll : Atlas de la terrariophilie : Volume 2, les Tortues. 2<sup>nd</sup> Ed, Animalia Editions, 2012, 192p.
88. MCARTHUR S. : A practical approach to chelonian reproductive disease. In : British Veterinary Zoological Society Proceedings (2009 : York), *Sex-aspects affecting exotics and wildlife*, 2009, 42-67.
89. MCARTHUR S. : A review of 10 cases of follicular stasis in Testudo species. *Proc. Br. Vet. Zool. Soc*, 2000, 44–60.
90. MCARTHUR S. : Repair of an iatrogenic, Salter-Harris type 1 growth plate fracture, of the right proximal humeral epiphysis in a juvenile sulcata tortoise *Geochelone sulcata*. In : The North American Veterinary Conference (21 : 2007 : Gainesville), Orlando : *Small animal and exotics*, 2007, 1588-1589.
91. MCARTHUR S., WILKINSON R., MEYER J : *Medicine and Surgery of Tortoises and Turtles*. Blackwell Publishing, 2004, 579p.
92. MCFADDEN M. : Suture Materials and Suture Selection for Use in Exotic Pet Surgical Procedures. *Journal of Exotic Pet Medicine*, 2011, 20 (3), p. 173-181.
93. MEHLER S.J. : Minimally invasive surgery techniques in Exotic Animals. *Journal of Exotic Pet Medicine*, 2011, 20 (3), 188-205.

94. MILLER H.A. : Urinary diseases of reptiles: Pathophysiology and diagnosis. *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*, 1998, **7** (2), 93-103.
95. MINTER LJ, LANDRY MM, LEWBART GA : Prophylactic ovariosalpingectomy using a prefemoral approach in eastern box turtles (*Terrapene carolina*). *Veterinary Record*, 2008, **163**, 487-488.
96. MITCHELL M.A. : Diagnosis and management of reptile orthopedic injuries. *Vet Clin North Am Exot Anim Pract*, 2002, **5** (1), 97-114.
97. MITCHELL M.A. : Chapter 36 – Therapeutics. In : MADER D. R. : *Reptile Medicine and Surgery*. 2<sup>nd</sup> Ed. Elsevier Saunders, 2006, 631-664.
98. MIWA Y. : Removal of Urinary Calculi via the Cloaca in Tortoises. *Exotic DVM*, 2008, **10** (3), 5-7.
99. MOLTER C., COLE G., SCHAEFER S., STEINBERG H., NARANJO C., WALLACE R. : Humeral head ostectomy in a South American yellow footed tortoise (*Geochelone denticulata*). In : *Proceedings of the Association of Reptilian and Amphibian Veterinarians* (16 : 2009 : Milwaukee), Association of Reptilian and Amphibian Veterinarians: Chester Heights, 2009, p. 174.
100. MURRAY M.J. : Cardiopulmonary anatomy and physiology. In : MADER D. R. : *Reptile Medicine and Surgery*. 2<sup>nd</sup> Ed. Elsevier Saunders, 2006, 124-134.
101. NAGANOBU K. and al. : Surgical repair of a depressed fracture in a green sea turtle, *Chelonia mydas*. *J Vet Med Sci*, 2000, **62** (1), 103-104.
102. NEWMAN S.J., BROWN C.J., PATNAIK A.K. : Malignant ovarian teratoma in a red-eared slider (*Trachemys scripta elegans*). *J Vet Diagn Invest*, 2003, **15** (1), 77-81.
103. NISBET H.Ö. and al. : Penile prolapse in a red eared slider (*Trachemys scripta elegans*). *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 2011, **17** (1), 151-153.
104. NORTON T.M. : Chelonian Emergency and Critical Care. *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*, 2005, **14** (2), 106-130.
105. NUTTER F.B. and al. : Hemiovariosalpingectomy in a loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*). *Vet Rec*, 2000, **146** (3), 78-80.
106. O'MALLEY B. : *Clinical anatomy and physiology of exotic species : structure and function of mammals, birds, reptiles, and amphibians*. Elsevier Saunders, 2005, 269p.
107. OJEH C. K., ADETUNJI A. : Penile prolapse in a tortoise (*Testudo gigantea*). *Afr. J. Ecol.*, 1980, **18**, 187-190.
108. PARIES S., FUNCKE S., ZIEGLER L., LIERZ M., WUST E. : Endoscopic assisted orchiectomy in Herman's tortoises (*Testudo hermanni sp.*). *Tierarztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere*, 2014, **42** (6), 383-389.
109. PESSOA C.A. and al. : Coelioscopic-assisted prefemoral oophorectomy in red-eared slider (*Trachemys scripta elegans*). *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 2008, **28** (7), 345-349.
110. PRITCHARD P.C. H. : *Encyclopedia of turtles*. 1st Ed., T.F.H. Publications, 1979, 895p.

111. PROENCA L.M., FOWLER S., KLEINE S., QUANDT J., MULLEN C. O., DIVERS S. J. : Single surgeon coelioscopic orchiectomy of desert tortoise (*Gopherus agassizii*) for population management. *Veterinary Record*, 2014, 175 (16), 404-409.
112. RAFTERY A. : Reptile Orthopedic Medicine and Surgery. *Journal of Exotic Pet Medicine*, 2011, 20 (2), 107-116.
113. RAHAL S.C. and al. : Intestinal obstruction by stones in a turtle. *Can Vet J*, 1998, 39 (6), 375-376.
114. RAUT B. M., RAGHWANSHI D. S., UPADHYE S. V., GAHLOD B. M., KHANTE G. S., BORGHARE A. P. : Hormonal management of rectal prolapse in a turtle. *Veterinary World*, 2008, 1 (8), 248.
115. RIVAL F. : Prolapsus de l'oviducte chez une tortue à tempes rouges dite de Floride (*Pseudemys scripta elegans*). *PMCAC*, 1991, 26 (2), 147-149.
116. RIVAL F. : Chirurgie du prolapsus cloacal chez les reptiles. *Point Vét.* 2000, 31 (211), 585-587.
117. RIVERA S., DIVERS S. J., KNAFO E., MARTINEZ P, CAYOT L. J., TAPIA- AGUILERA W., FLANAGAN J. : Sterilisation of hybrid Galapagos tortoises (*Geochelone nigra*) for island restoration. Part 2 : phallectomy of males under intrathecal anaesthesia with lidocaine. *Veterinary Record*, 2011, 168 (3), 78-81.
118. ROCHON- DUVIGNEAUD A. : L'œil et la vision – Type Chélonie. In : GRASSE P. et coll. : *Traité de zoologie, anatomie, systématique, biologie*. Tome XIV – Fascicule II : Reptiles, caractères généraux et anatomie. Masson et Cie, 1970, 385-390.
119. ROSSKOPF W.J. Jr., WOERPEL R. : Treatment of an egg-bound turtle. *Modern Veterinary Practice*, 1983, 64 (8), 644-645.
120. ROWLAND M. : Plastron osteotomy to remove cystic calculus from Indian star tortoise. *Veterinary Times*, 2013, 43 (6), 12-13.
121. SANTOS A.L.Q. and al. : Cervical esophagectomy of Amazon river turtle *Podocnemis expansa* Schweigger, 1812 (*Testudines-Podocnemididae*). *PUBVET*, 2012, 6 (11), un-un.
122. SCHUMACHER J., PAPENDICK R., HERBST L., JACOBSON E.R. : Volvulus of the proximal colon in a hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 1996, 27, 386-391.
123. SILVETTI S. : Limb amputation and application of a plastic prothesis in a *Testudo Hermanni*. *Veterinaria*, 2007, 21 (2), 57-59.
124. SLADKY K.K., MILETIC V., PAUL-MURPHY J., KINNEY M.E., DALLWIG R.K., JOHNSON S.M. : Analgesic efficacy and respiratory effects of butorphanol and morphine in turtles. *J Am Vet Med Assoc*, 2007, 230 (9), 1356-1362.
125. SUMMA N. : Atlas anatomique par IRM de la tortue de Floride (*Trachemys scripta*, Schoepff, 1792). *Th. Méd. Vét* : Nantes. 2010. 25. 206p.

126. TAYLOR W.M. : Chapter 32 – Endoscopy. In : MADER D. R. : Reptile Medicine and Surgery. 2<sup>nd</sup> Ed. Elsevier Saunders, 2006, 549-563.
127. THORNTON S.M. and al. : Diagnosis and surgical correction of an intestinal obstruction in a green turtle (*Chelonia mydas*). In : British Veterinary Zoological Society Proceedings (2008 : Woburn), *Artichokes to zebra: all you need to know about herbivores*, 2008, p. 28.
128. TIMEN A.M. and al. : Surgical treatment in turtle cloacal prolapse. In : Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. *Veterinary Medicine*, 2007, p. 606.
129. TUXBURY K.A., CLAYTON L. A., SNAKARD E. P., FISHMAN E.K. : Multiple Skull Fractures in a Captive Fly River Turtle (*Carretochelys insculpta*): Diagnosis, Surgical Repair, and Medical Management. *Journal of Herpetological Mediine and Surgery*, 2010, 20 (1), 11-19.
130. VALENTE A. L. S., CUENCA R., ZAMORA M., PARGA M.L., LAVIN S., ALEGRE F., MARCO I. : Computed tomography of the vertebral column and coelomic structures in the normal loggerhead se turtle (*Caretta caretta*). *Veterinary Journal*, 2007, 174 (2), 362-370.
131. VICKARYOUS M.K., SIRE J-Y : The integumentary skeleton of tetrapods: origin, evolution, and development. *Journal of Anatomy*, 2009, 214, 441–464.
132. WHITTINGTON J. K. : Esophagostomy feeding tube use and placement in exotic pets. *Journal of Exotic Pet Medicine*, 2013, 22, 178-191.
133. WIECHERT J.M., ZWART P. : Giant cystic calculus in an african spurred tortoise (*G. sulcata*). *Tierarzt*, 2001, 82 (3), 180-186.
134. WILLEMSSEN R. E., HAILEY A. : Body mass condition in greek tortoises : regional and interspecific variation. *Herpetological Journal*, 2002, 12, 105-114.
135. WILLEMSSEN R. E., HAILEY A., LONGEPIERRE S., GRENOT C. : Body mass condition and management of captive european tortoises. *Herpetological Journal*, 2002, 12, 115-121.
136. WRIGHT K. : Clinical Management of bladder stones in tortoises. In : The North American Veterinary Conference (22 : 2008: Gainesville), Orlando : *Small animal and exotics*, 2008, 1804-1806.
137. YARDIMCI B., YARDIMCI C., URAL K., SECER S. : Auricular Abscessation in Red-Eared Sliders (*Trachemys scripta elegans*). *Kafkas Unis Vet Fak Derg*, 2010, 16 (5), 879-881.



Vu : **Le Professeur Rapporteur**

De l'Ecole Nationale Vétérinaire,  
Agroalimentaire et de l'Alimentation Nantes  
Atlantique ONIRIS

Professeur Claude GUINTARD



Vu : **Le Directeur Général**

De l'Ecole Nationale Vétérinaire,  
Agroalimentaire et de l'Alimentation  
Nantes Atlantique ONIRIS  
P. SAI

Et par délégation  
Professeur L. Martin

Pr Lucile MARTIN  
*Directrice du Service des Formations Vétérinaires*  
Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire  
et de l'Alimentation Nantes-Atlantique  
ONIRIS

Nantes, le 22 MAI 2015

Vu :

**Le Président de la Thèse**

Professeur Patrick  
LUSTENBERGER

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Patrick Lustenberger', written over the printed name.

Vu :

Le Doyen de la Faculté de  
Médecine de Nantes

Professeur Pascale JOLLIET

**Vu et permis d'imprimer**

NOM : LERQUIER

Prénom : Claire





# **ATLAS ANATOMIQUE DES VOIES D'ABORD DES PRINCIPALES CHIRURGIES (SAUF CELLES DE LA CARAPACE) CHEZ LES CHELONIENS**

## RESUME

L'anatomie des Chéloniens est souvent mal connue. Or, ces reptiles sont de plus en plus représentés en consultation et peuvent nécessiter des chirurgies. La carapace limite l'accès aux organes internes voire à la partie proximale des membres. Elle peut donc constituer un obstacle au chirurgien. Toutefois, il existe diverses voies d'abord utilisables. De plus, la majorité des techniques chirurgicales existantes ont été adaptées aux tortues sans nécessairement avoir été décrites précisément ni illustrées.

Le but de ce travail est de fournir un outil aux vétérinaires souhaitant réaliser des chirurgies simples mais vitales sur des Chéloniens. La première partie constitue ainsi des rappels anatomiques, préambules à toute chirurgie, selon un plan classique d'anatomie systémique : ostéologie, myologie, splanchnologie comprenant le système nerveux et les organes sensoriels. Après avoir rappelé des considérations pré-, per- et postopératoires, la deuxième partie décrit les principales chirurgies de la cavité coelomique, des membres et de la queue ainsi que celles de la tête en citant par ailleurs quelques chirurgies moins fréquentes. La troisième partie est la partie expérimentale : le matériel et méthode des dissections réalisées est décrit puis les fiches synthétiques obtenues présentées et enfin une courte discussion sur ce travail réalisée.

## MOTS CLES

ATLAS – ANATOMIE – CHIRURGIE – CHELONIEN – REPTILE – NOUVEAUX ANIMAUX DE COMPAGNIE – TORTUE – VOIE D'ABORD

## JURY

Président : M. Patrick LUSTENBERGER (Professeur à la Faculté de Médecine de Nantes)  
Rapporteur : M. Claude GUINTARD (Maître de conférences à Oniris)  
Assesseur : M. Olivier GAUTHIER (Professeur à Oniris)  
Invité : M. Julien GOIN (Vétérinaire praticien à la Clinique de Charbonnière à Saint Jean de Braye et Ancien Assistant Hospitalier du service d'AEI d'Oniris)

## ADRESSE DE L'AUTEUR

Melle Claire LERQUIER  
235 rue de la Foëdre  
50130 Cherbourg-Octeville

## IMPRIMEUR

Imprimerie Centrale de la Faculté des Sciences  
Boulevard Michelet  
44 000 Nantes