



ECOLE FRANÇAISE D'OSTÉOPATHIE ANIMALE

Mémoire de fin d'études en ostéopathie animale

Année universitaire : 2019 - 2020

PRISE EN CHARGE OSTÉOPATHIQUE DES TORTUES MARINES

Présenté par **Marine NOSJEAN**

Sous la direction de :

Sandra COLLET - Ostéopathe pour animaux

David BAX - Ostéopathe humain (*DO*)

Mémoire présenté le 10/09/2020, devant un jury composé de :

Christine CHARETON, Présidente de l'EFOA

Claire NEVEUX, Éthologue

Sandra COLLET, Ostéopathe pour animaux DOA

Maude RIALIN, Ostéopathe pour animaux DOA

Dr. Marie LAUNAY VENDELON, Docteur en médecine vétérinaire diplômée

REMERCIEMENTS

À Madame Christine CHARETON, *Directrice de l'EFOA*

Pour votre professionnalisme et votre implication, pour avoir rendu tout cela possible.

Veillez trouver ici l'expression de mes sentiments respectueux.

À Madame Sandra COLLET, *Ostéopathe pour animaux*

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter d'être mon maître de mémoire, pour m'avoir guidée dans mon travail.

Veillez trouver ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

À Monsieur David BAX, *Ostéopathe Diplômé*

Pour sa disponibilité et ses conseils judicieux qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

Veillez trouver ici l'expression de mes sentiments sincères.

À l'ensemble du corps professoral,

Pour nous avoir fourni les outils nécessaires à la réussite de ces études.

Veillez trouver ici le témoignage de ma gratitude et de ma considération.

Au centre de recherche et de soins Kélonia,

Pour m'avoir si gentiment accueillie et fait confiance. Pour leur disponibilité quant à mes interrogations.

Merci d'avoir permis la réalisation de ce mémoire.

À tous mes proches,

Pour leur aide, leur soutien et leur présence tout au long de ces cinq années et durant la réalisation de ce mémoire.

Merci.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	11
PARTIE 1 - BIOLOGIE	14
I. Classification	14
II. Description	15
III. Spécificités morphologiques liées à la vie marine	15
1. Conductivité thermique	16
2. Pesanteur	16
3. Adaptation physiologique	17
IV. Anatomie et physiologie	18
1. La carapace	18
2. Structures osseuses	19
3. Musculatures	25
4. Appareil respiratoire	30
5. Système digestif	31
6. Système cardio-vasculaire	32
7. Système nerveux central	34
8. Système nerveux périphérique	35
PARTIE 2 - APPROCHE OSTÉOPATHIQUE	37
I. Nomenclature	37
II. Approche du squelette interne	38
III. Approche viscérale	41
1. Respiration	41
2. Sphère digestive	43
IV. Approche de la carapace	43
1. Objectivation de la mobilité de la carapace	44
2. Adaptation des techniques	55
PARTIE 3 - ÉTUDE EXPÉRIMENTALE	57
I. Contexte	57
II. Objectif de l'étude	58
III. Méthodologie de recherche	59
1. Choix des échantillons et biais	59
2. Déroulement d'une séance	60

IV. Présentation des résultats au cas par cas	65
1. Lot témoin	65
2. Lot expérimental	67
V. Traitement	77
1. Techniques utilisées	77
2. Mise en place du traitement	78
VI. Analyse du lien entre le plastron et la carapace	79
VII. Synthèse et analyse des résultats	81
1. Lot témoin	81
2. Lot expérimental	83
3. Comparaison des résultats	85
PARTIE 4 - DISCUSSION	87
I. Limites d'étude	87
II. Enjeux et perspectives	88
CONCLUSION	89
LEXIQUE	91
ANNEXE 1	96
ANNEXE 2	97
BIBLIOGRAPHIE	98
TABLES DES MATIÈRES	100

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Écailles de la carapace et du plastron	18
Figure 2 : Crâne et mandibule de tortue marine	20
Figure 3 : Os de la carapace en vue dorsale et ventrale	21
Figure 4 : Niveau d'ossification d'une tortue à l'éclosion	22
Figure 5 : Vue ventrale du plastron	22
Figure 6 : La ceinture pectorale respectivement en vue ventrale, postérieure et antérieure	23
Figure 7 : Vue dorsale des os de la nageoire antérieure	23
Figure 8 : Vue dorsale des os de la nageoire postérieure	24
Figure 9 : Bassin en vue dorsale	24
Figure 10 : Muscles superficiels ventraux de la ceinture pectorale et pelvienne	25
Figure 11 : Muscles de l'épaule (droite), muscles superficiels ventraux (à gauche) et muscles latéraux (à droite)	27
Figure 12 : Coupe transversale des muscles du cou	27
Figure 13 : Muscles superficiels ventraux du bassin	29
Figure 14 : Tractus digestif	32
Figure 15 : Région ventrale de la gorge	32
Figure 16 : Principales voies de circulation artérielle (à droite) et veineuse (à gauche)	33
Figure 17 : Coupe médiane de la tête d'une tortue	35
Figure 18 : Schéma du plexus brachial (droit)	36
Figure 19 : Schéma du plexus sacré (droit) vue latérale	36
Figure 20 : Schémas des différents plans utilisés en ostéopathie	38
Figure 21 : Schéma du placement de mains adopté pour contacter les ceintures pectorale et pelvienne	40
Figure 22 : Schémas du placement de mains à visée d'écoute et d'accompagnement respiratoire	42

Figure 23 : Schémas des mouvements permis des structures osseuses de la carapace dans différents plans	44
Figure 24 : Coupe médiane d'un crâne humain	47
Figure 25 : Schéma de la SSB en phase d'expansion et de récession	47
Figure 26 : Reproduction 3D des os impairs du crâne. « Biomécanique Crânienne Générale » https://www.youtube.com/watch?v=pU6EQc-xLBo&t=1507s	48
Figure 27 : Reproduction 3D des os pairs du crâne. « Biomécanique Crânienne Générale » https://www.youtube.com/watch?v=pU6EQc-xLBo&t=1507s	48
Figure 28 : Sphère d'influence du crâne	49
Figure 29 : Schéma comparatif os de la base du crâne et plastron	52
Figure 30 : Illustration 3D du plastron en extension	52
Figure 31 : Illustration 3D du plastron en flexion	53
Figure 32 : Illustration 3D du plastron en torsion droite, et sphère d'influence	53
Figure 33 : Illustration 3D du plastron en FLR droite, et sphère d'influence	54
Figure 34 : Illustration 3D du plastron en Strain Horizontal droit, et sphère d'influence	54
Figure 35 : Illustration 3D du plastron en Strain vertical haut, et sphère d'influence	55
Figure 36 : Schéma de la chaine dysfonctionnelle de Minus	68
Figure 37 : Schéma de la chaine dysfonctionnelle de Baloo	71
Figure 38 : Schéma de la chaine dysfonctionnelle de Toussaint	72
Figure 39 : Schéma évolutif de la chaine dysfonctionnelle de Toussaint	74
Figure 40 : Schéma de la chaine dysfonctionnelle d'Octavia	75
Figure 41 : Schéma corporel de P13	79

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Présentation des individus du lot témoin	60
Tableau 2 : Présentation des individus du lot expérimental	60
Tableau 3 : Référentiel de ressenti en fonction du stade de croissance des tortues	64
Tableau 4 : Présentation des résultats première séance d'Union	65
Tableau 5 : Présentation des résultats première séance de P8	66
Tableau 6 : Présentation des résultats première séance de P12	66
Tableau 7 : Présentation des résultats première séance de P13	67
Tableau 8 : Présentation des résultats première séance de Minus	67
Tableau 9 : Présentation des résultats de la deuxième séance de Minus	69
Tableau 10 : Présentation des résultats de la première séance de Baloo	70
Tableau 11 : Présentation des résultats de la première séance de Toussaint	72
Tableau 12 : Présentation des résultats de la deuxième séance de Toussaint	73
Tableau 13 : Présentation des résultats de la première séance d'Octavia	74
Tableau 14 : Présentation des résultats de la deuxième séance d'Octavia	75
Tableau 15 : Présentation des résultats première séance de P9	76
Tableau 16 : Présentation des résultats première séance de P10	76

LISTES DES GRAPHIQUES

Graphique 1 : Evolution du nombre de dysfonctions retrouvées entre deux séances sur le lot témoin	82
Graphique 2 : Evolution du taux de réceptivité des sujets du lot témoin au court d'une séance d'ostéopathie	82
Graphique 3 : Evolution du nombre de dysfonctions retrouvées entre deux séances sur le lot expérimental	83
Graphique 4 : Evolution du taux de réceptivité des sujets du lot expérimental au cours d'une séance d'ostéopathie	84
Graphique 5 : Comparatif du lot témoin et expérimental	85

INTRODUCTION

L'ostéopathie est une discipline en pleine expansion, reconnue par l'Ordre des vétérinaires. Bien que le métier fut d'abord développé auprès de la filière équine durant une vingtaine d'années, elle tend aujourd'hui à une pratique multispèces. La demande des propriétaires d'animaux de compagnie ou de rente, des éleveurs ainsi que des centres de réhabilitation de la faune sauvage est croissante. Cependant, l'approche ostéopathique de certaines espèces reste assez méconnue notamment dans le domaine des mammifères marins ou encore des reptiles, de plus il existe peu de littérature sur le sujet.

L'ostéopathie est un art du toucher classique, du toucher fin et de la perception. Une compréhension parfaite de l'anatomie ainsi que de la physiologie est essentielle pour une bonne prise en charge globale de l'animal que l'on examine. Là où la brebis et le lapin peuvent facilement faire l'objet d'une adaptation de la part de l'ostéopathe, qu'en est-il de la tortue ?

Cette médecine s'appuie sur des principes de base :

- l'unité de l'être,
- l'homéostasie ou la capacité du corps à s'auto réguler et se guérir,
- l'interrelation entre la structure et la fonction,
- l'importance de la circulation des fluides corporels et de l'appareil locomoteur,
- la loi de cause à effet

En effet le docteur Andrew Taylor Still considérait l'individu dans sa totalité, comme une unité de fonctionnement indissociable caractérisé par un corps, une âme et un esprit unifié en un tout qui œuvre sans cesse à l'auto entretien voire à l'auto traitement lorsque le besoin s'en fait sentir.

Pour lui, une partie du corps atteinte signifie un déséquilibre de l'harmonie du corps entier. Le traitement doit donc s'appliquer à retrouver non seulement la fonction de la partie atteinte, mais aussi la balance de corps entier. La thérapeutique rationnelle est basée sur une bonne compréhension de la régulation du mécanisme unitaire du corps et de la relation mutuelle de la structure et des fonctions. Il faut une intégrité de notre charpente afin de conserver la liberté de mouvement de nos tissus. Dès qu'une structure qui compose le corps humain commence à perdre de la mobilité, la fonction qu'elle est censée remplir pleinement est perturbée, diminuée, entraînant un trouble fonctionnel.

C'est en suivant ces principes qu'en sont sorties plusieurs interrogations, si le corps est une unité dont une partie atteinte entraîne un déséquilibre du corps dans sa globalité, il en va de même pour chaque être vivant. Ainsi les tortues se doivent d'exprimer ce déséquilibre bien que possédant une

carapace de prime abord rigide, englobant une partie de l'appareil locomoteur, un système d'auto-régulation et de compensation doit s'exprimer.

Une question se pose alors et fera l'objet d'une problématique : la pratique de l'ostéopathie est-elle possible sur des reptiles dotés d'une carapace ?

L'approche étant novatrice, il a été décidé que l'étude serait menée sur les tortues marines, plus précisément les races dotées d'une carapace dure ce qui exclut les tortues Luth. Ce choix s'explique par la finesse de la carapace des tortues de mer, carapace conçue pour évoluer en milieu aquatique et donc beaucoup moins massive que celles des tortues terrestres ce qui faciliterait donc l'approche. Qui plus est, cette dernière en milieu aquatique semble intéressante car elle enlève nombre de contraintes liées à l'apesanteur terrestre qui seront développées par la suite.

Il est alors émise une première hypothèse, celle que les tortues marines se montrent réceptives à l'approche ostéopathique. Bien que ces animaux restent « sauvages » et ne sont pas familiers avec les manipulations humaines, cette réceptivité se traduit autant en terme comportemental qu'en terme de résultat de séance.

La seconde hypothèse consiste en une potentielle analogie entre le fonctionnement dit « mécanique » du crâne humain et la carapace des tortues. S'il est difficile d'aborder une tortue comme un mammifère dépourvu de carapace, une alternative se doit d'être trouvée. Ainsi le crâne humain semble être la structure se rapprochant le plus de cette dernière.

La première partie du développement sera composée de bases biologiques nécessaires à la bonne compréhension du mécanisme des tortues marines. Différents points seront abordés : l'espèce étudiée, les spécificités du milieu marin ainsi que l'anatomie et la physiologie de la tortue.

La seconde partie sera axée sur l'approche ostéopathique : les méthodes d'adaptation du praticien face à cette nouvelle espèce ainsi que l'analogie du crâne et de la carapace.

Enfin, une troisième partie présentera l'étude expérimentale comprenant la mise en place du protocole d'approche de l'animal ; deux lots seront alors présentés : un lot témoin (non traité) et un lot expérimental (traité). Cette étude aura plusieurs objectifs, le premier étant d'affirmer ou non la réceptivité des tortues à l'ostéopathie, validant ainsi la première hypothèse. La deuxième étant d'analyser les résultats obtenus et d'affirmer ou non l'analogie de la carapace et du crâne décrite dans la deuxième partie.

Pour finir, la quatrième partie abordera les limites de cette étude ainsi que ses enjeux et perspectives.

Toutefois, il est important de rappeler qu'un mémoire ostéopathique présente des limites scientifiques. L'impossibilité d'appliquer un protocole strictement identique à chaque individu induit une marge d'erreur importante en comparaison d'une étude vétérinaire. L'étude sera cependant menée de façon à maximiser la reproductibilité du protocole expérimental tout en respectant le principe holistique de l'ostéopathie.

PARTIE 1 - BIOLOGIE

Une bonne pratique de l'ostéopathie passe par une connaissance accrue de l'anatomie et de la physiologie du patient, ainsi il est primordial avant d'aborder l'approche ostéopathique d'établir des bases anatomiques. Cette espèce étant nouvelle, les structures et fonctions majeures seront expliquées ici. Avant tout chose, une description de l'espèce sera effectuée ainsi que le milieu dans lequel elle évolue ; ce dernier étant différent en bien des points à la vie terrestre.

I. Classification

Les Tortues forment un ordre de reptiles également connu sous le nom de *Chelonioidea*. Bien qu'il existe une grande variété d'espèces, les tortues se distinguent de leurs homologues reptiles par la présence d'une carapace constituée d'un plastron ventral et d'une dossière. On compte 3 groupes majeurs : les terrestres, les aquatiques et les marines. Il existe environ 425 espèces différentes divisées en 14 familles distinctes.

Les tortues marines appartiennent plus précisément à la classe paraphylétique des reptiles. Comme tous les reptiles, les tortues sont des vertébrés tétrapodes ectothermes dont le corps est recouvert d'écailles. On compte aujourd'hui 7 espèces de tortues marines formant la superfamille des *Chelonioidea*. Celle-ci comprend deux familles distinctes, les *Cheloniidae* et les *Dermochelyidae*. La famille autrefois diversifiée des *Dermochelyidae* ne compte en réalité qu'une seule espèce ; la tortue luth - *Dermochelys coriacea*. Elle se différencie par l'absence de carapace osseuse et rigide, remplacée par une peau épaisse, un cuir tendu, ce qui lui vaut son nom anglais Leatherback turtle ou en français « tortue à dos de cuir ». Les six autres espèces de tortues marines *Cheloniidae* possèdent une carapace formée de plaques osseuses fusionnées, on compte la tortue caouanne - *Caretta caretta*, la tortue de kemp - *Lepidochelys kempii*, la tortue olivâtre - *Lepidochelys olivacea*, la tortue verte - *Chelonia mydas*, la tortue imbriquée - *Eretmochelys imbricata* et la tortue à dos plat - *Natator depressus*.

Cette étude se concentrera uniquement sur ces espèces.

II. Description

Comme tous les reptiles, les tortues sont des animaux ectothermes, ce qui signifie que leur activité métabolique est dépendante de la température extérieure et donc de l'environnement. Les tortues muent au cours de leur croissance, cependant, à la différence des lézards et des serpents, le processus de mue est fait très lentement. En outre, les écailles de la carapace remplacées sont perdues individuellement et apparemment sans ordre particulier.

La caractéristique principale des tortues est d'être munie d'une carapace, celle-ci composée d'un fond plat, le plastron et d'une dossière convexe, la coquille. Ces deux parties sont ensuite réunies latéralement par deux ponts osseux laissant deux ouvertures, une à l'avant pour laisser passer la tête et les pattes antérieures et une à l'arrière d'où sortent les pattes postérieures et la queue.

La carapace est constituée de plaques osseuses soudées au squelette de l'animal et est entièrement recouverte d'écailles faites de kératine sur sa surface externe. Cette dernière sert de bouclier, mais permet aussi le maintien d'une partie de la chaleur interne de l'animal ainsi qu'à stocker du calcium.

À bien des égards, les mâles et les femelles des différentes espèces de tortues présentent peu de différences physiques externes. Une différence évidente est la taille de leurs queues; la queue de la femelle est courte et ne dépasse pas les nageoires postérieures alors que celle des mâles est considérablement plus grande et s'étend généralement bien au-delà des membres postérieurs.

Chez les petites tortues, les femelles sont généralement plus grandes que les mâles, à contrario chez les grandes tortues ce sont les mâles qui sont plus grands. On observe également une différence de plastron, avec un plastron plus concave chez le mâle. Les caractéristiques peuvent ainsi varier selon l'espace de par la couleur des yeux, de la tête ou bien encore la taille des griffes.

III. Spécificités morphologiques liées à la vie marine

La présence d'eau dans le milieu de vie des tortues marines est le point de différence majeure avec les mammifères terrestres, c'est pourquoi il est important d'aborder ce qui en découle en terme d'adaptation pour l'animal.

Outre le milieu aquatique la présence de sel dans l'eau en modifie les propriétés de l'eau dite pure. Certaines propriétés comme la densité, la compressibilité, le point de congélation et la température maximum de densité sont altérées ; d'autres comme l'absorption de la lumière ou encore la viscosité ne sont pas impactées. Finalement certaines sont directement déterminées par la concentration de sel dans l'eau ; c'est le cas de la pression osmotique et de la conductivité.

1. Conductivité thermique

Les mécanismes modifiant la température de l'eau sont le rayonnement solaire, l'évaporation, les précipitations ainsi que les mouvements de l'eau. Le rayonnement solaire et l'évaporation n'ont d'impact qu'à la surface des océans, les mouvements d'eau cependant influent sur les caractéristiques de l'eau en profondeur.

La conductivité thermique de l'eau est vingt-quatre fois plus importante que celle de l'air. De ce fait la faune marine se retrouve exposée à des taux très élevés de transfert de chaleur, ce qui implique une augmentation de la perte de chaleur.

Généralement, les mammifères marins disposent d'une couche de graisse plus ou moins épaisse pour s'isoler du milieu ambiant. Selon certains scientifiques la carapace des tortues quant à elle les aide à conserver une température corporelle suffisante lorsque ces dernières s'aventurent dans les eaux plus froides ou qu'elles plongent. Mais cette hypothèse est discutée, du fait que les reptiles, animaux à sang froid, sont censés être poïkilothermes ; ce qui signifie qu'elles n'ont pas de régulation physiologique interne de leur température corporelle. En effet leur température varie avec celle du milieu.

De plus leur masse importante induit un phénomène qui les rend hétérothermes, c'est à dire que les organes peuvent présenter des températures différentes.

2. Pesanteur

Les plaques osseuses présentes dans la carapace sont réduites chez les tortues marines, allégeant ainsi le poids de la carapace, caractère évolutif et fonctionnel pour des animaux aquatiques qui permettra des déplacements rapides pour une dépense d'énergie minimisée. Lors de l'immersion dans l'eau, les tortues sont supportées presque totalement par le milieu en vertu du principe d'Archimède.

La poussée d'Archimède est la force que subit un corps plongé dans un fluide. Cette force provient de l'augmentation de la pression du fluide avec la profondeur. Il en résulte une poussée globalement verticale ascendante, la pression étant plus importante sur la partie inférieure.

La flottabilité d'un corps sera donc définie à partir de cette poussée.

« Tout corps plongé dans un fluide au repos, entièrement mouillé par celui-ci ou traversant sa surface libre, subit une force verticale, dirigée de bas en haut et opposée au poids du volume de fluide déplacé. Cette force est appelée *poussée d'Archimède*. Elle s'applique au centre de masse du fluide déplacé, appelé *centre de poussée*. »

- *Théorème d'Archimède* -

Qu'importe leurs masses, une fois en immersion elles ne pèsent donc pratiquement plus rien.

Les contraintes exercées par la gravité sur la charpente des animaux terrestres ont une incidence sur les pinnipèdes ; mammifères marins semi-aquatique qui reviennent sur le sol ou la banquise, mais n'affectent pas les cétacés, car ils ne reviennent jamais sur terre.

Bien que ne quittant la mer que pour pondre, les tortues marines sont donc soumises à cette gravité tout autant que les pinnipèdes, cette contrainte sera à prendre en considération lors de l'étude des cas.

3. Adaptation physiologique

Durant le Mésozoïque, ère des reptiles (-252,2 - -66,0 millions d'années), les tortues terrestres se sont aventurées en mer. Pour la vie marine, ces tortues ont développé de nombreuses adaptations jusqu'à arriver au stade de tortues marines comme on l'entend aujourd'hui.

Parmi ces adaptations, on retrouve en supplément des reins, l'existence de glandes proches des yeux capables d'expulser les excédents de sel de leur circulation sanguine.

La glande saline ou lacrymale est la plus grande glande de la tête se trouvant dorsale et médiale à l'œil. Ces glandes sont de taille importante chez toutes les tortues marines. La glande saline est responsable de l'élimination de l'excès de sel du corps. Antérieurement à l'œil, il y a une petite glande hardérienne, associée à la lubrification de l'œil.

Lors de plongées de longue durée, la circulation sanguine est modifiée. Les tissus qui tolèrent une faible oxygénation sont shuntés, dérivés, au profit du cœur et du système nerveux central. Les muscles contiennent également de hautes concentrations de myoglobine 0,3 grammes par 100 grammes de muscle, une protéine capable de capter l'oxygène et de le stocker dans le tissu musculaire. Les études menées chez la tortue verte montrent que la capacité d'échange du poumon au cours d'un cycle respiratoire est supérieure à 50 %.

Sur le plan de la morphologie, elles se sont également adaptées à leur milieu. Leurs membres sont des palettes natatoires et elles ont perdu la capacité de rétracter leur tête et leurs membres dans la carapace. En contrepartie, la rigidité du cou ainsi que l'aplatissement de leurs carapaces leur procurent un meilleur hydrodynamisme.

Bien que ces évolutions aient requis des milliers voire des milliards d'années, elles ne sont qu'un échantillon de leurs différences anatomiques et physiologiques avec les mammifères terrestres que nous connaissons.

IV. Anatomie et physiologie

Lorsque qu'il est question de particularité physique des tortues, le premier mot qui apparaît est « carapace ». En effet la carapace représente une différence majeure pour ce qui est de l'anatomie des tortues marines. Cependant la présence d'une carapace induit un nombre de changements corporels colossaux, notamment dans l'organisation du squelette et donc des muscles, de la physiologie de la respiration et bien d'autres choses encore. Sauf indications contraires, toutes les informations ont été tirées du livre *The Anatomy of Sea Turtles* par Jeanette Wyneken.

1. La carapace

L'anatomie de la tortue de mer est unique, elle est l'une des rares créatures à posséder à la fois un squelette interne et externe.

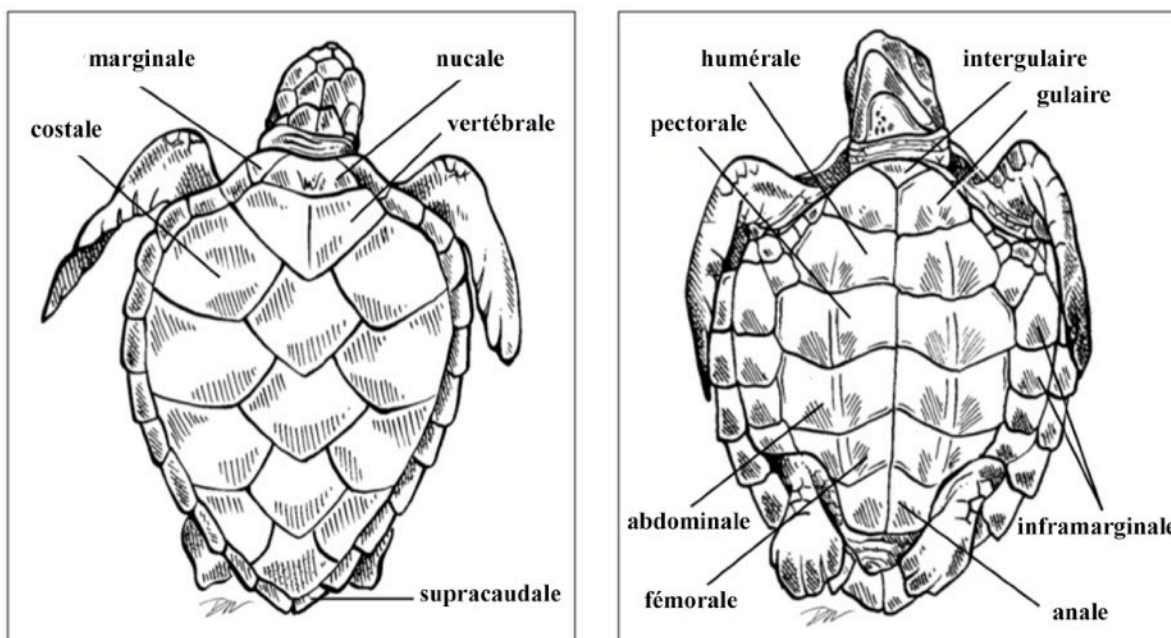


Figure 1: Écailles de la carapace et du plastron, tiré du livre *The Anatomy of Sea Turtles* Fig.4 et 5

Chez toutes les espèces, à l'exception de la tortue luth, le squelette externe, dont le but principal est de protéger et de soutenir les organes internes, est constitué d'une coquille osseuse qui est elle-même divisée en deux moitiés : le plastron inférieur et la carapace supérieure. La forme, le soutien et la protection de la coque sont assurés par la coupe osseuse située sous la couche externe ; en effet la carapace est en réalité formée de côtes élargies et soudées, et recouverte par une série de structures fermes, mais souples appelées écailles. Lorsque les tortues éclosent, leurs plaques osseuses ne sont connectées d'aucune façon. Mais au fil du temps, les plaques grandiront lentement et fusionneront. La kératine composant les écailles apporte à la carapace d'étonnantes capacités de régénération, ce qui permettra une guérison progressive lorsque cette dernière est endommagée.

Il existe une cartographie de la carapace de la tortue avec plusieurs types d'écailles en fonction de leur position réciproque. De plus les écailles sont souvent utilisées pour distinguer une espèce de tortue d'une autre, en comptant le nombre de chacune d'entre elles.

Au niveau de la dossière, se trouvent sur le bord antérieur de la carapace les écailles nucales et sur le bord postérieur les écailles supracaudales. Les écailles vertébrales sont placées entre ces dernières sur la ligne médiane, les écailles costales de part et d'autre de ces dernières et les écailles marginales sur le bord externe.

Le plastron quant à lui est constitué antéropostérieurement de paires d'écailles : gulaires, humérales, pectorales, abdominales, fémorales et anales.

Les carapaces des tortues marines sont légères et parfaitement adaptées pour la plongée. Celles des tortues d'eau contiennent également de grands espaces entre les os de la coquille appelés fontanelles. Ces fontanelles réduisent en outre le poids de la carapace.

2. Structures osseuses

Le squelette est composé d'os et de cartilages. On le divise en trois parties principales : le crâne, le squelette axial et le squelette appendiculaire. Chez les tortues marines, chacun de ces groupes osseux est composé de plusieurs structures. Le crâne comprend la tête, les mâchoires ainsi que l'appareil hyoïde. Le squelette axial lui est composé de la carapace, de dix vertèbres et de neuf paires de côtes. Le squelette appendiculaire comprend quant à lui les nageoires, les membres postérieurs et leurs structures de soutien qui sont les gaines pectorales et pelviennes. À noter que le plastron est un composite comprenant des dérivés du squelette axial et appendiculaire, côtes ventrales et éléments de l'épaule.

2.1. Crâne

Le crâne est formé par le splanchnocrâne ou crâne facial et le neurocrâne ou boîte crânienne. Le splanchnocrâne fournit des sites d'attaches musculaires pour les muscles de la mâchoire, de la gorge et du cou en passant par le squelette de la face, il abrite également les organes des sens.

Le neurocrâne entoure et protège l'encéphale.

Les os externes du splanchnocrâne sont les mêmes dans toutes les espèces, cependant leur forme spécifique et certaines articulations diffèrent. La forme du crâne et les motifs des os du palais et servent de diagnostic pour l'identification des espèces. Les os latéraux sont des repères importants pour localiser les structures internes.

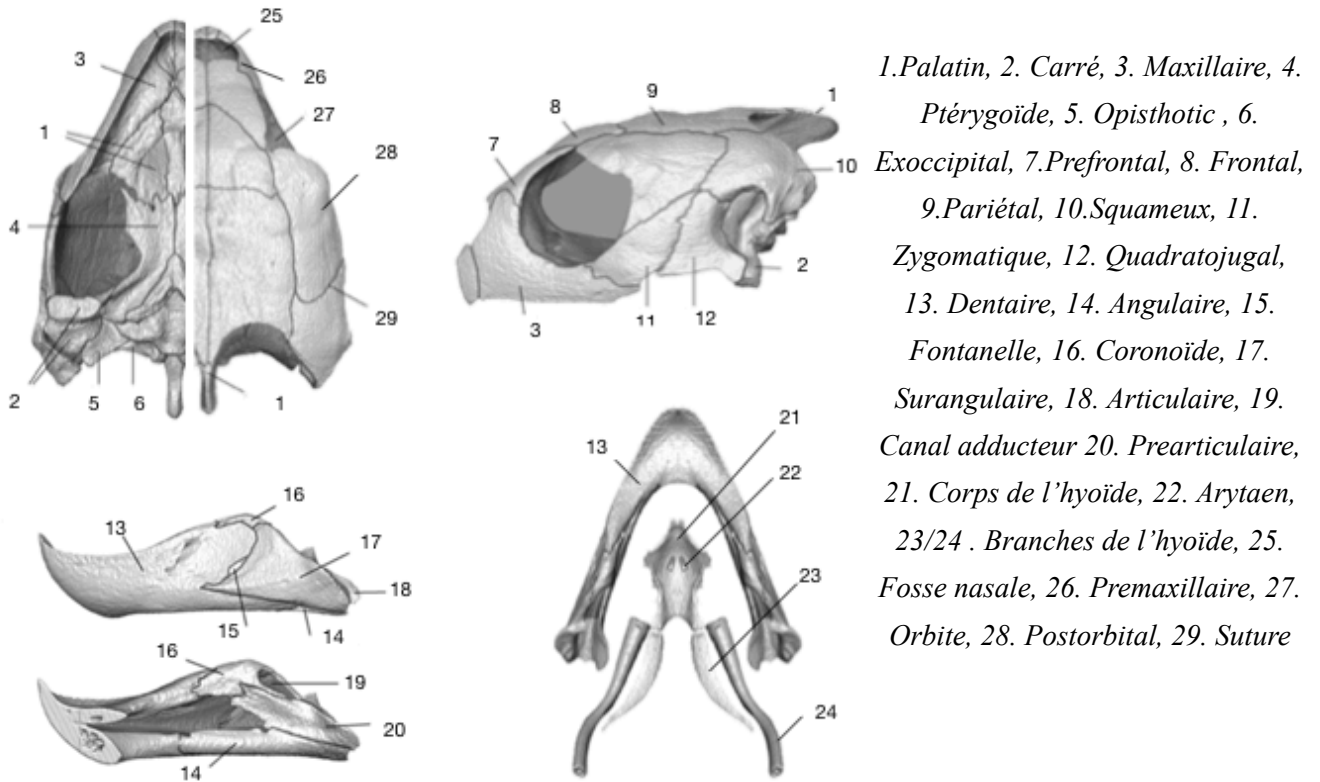


Figure 2 : Crâne et mandibule de tortue marine

2.2. Squelette axial

Les aspects dorsaux et ventraux de la carapace d'une tortue sont des entités de développement totalement différentes. La carapace contient des éléments squelettiques endochondraux axiaux que sont l'arc vertébral, les côtes et les os dermaux d'exosquelette.

Le plastron quant à lui appartient à ce qu'on appelle le squelette externe ou exosquelette. Des articulations cartilagineuses peuvent occuper la place des sutures entre ces plaques et permettre des mouvements, notamment une certaine élasticité qui entre en jeu dans la respiration.

Bien que les éléments dermiques de l'exosquelette soient générés uniquement par une ossification membraneuse, ce processus doit être considéré principalement comme un mode histogénétique d'ossification et ne correspond pas de manière décisive à l'exosquelette en tant que système squelettique. Ceci est dû au fait que l'ossification membraneuse est également associée aux éléments endosquelettiques préformés par voie endochondrale ; on parle ici des côtes et vertèbres, comme on le voit généralement à la dernière phase du développement des os longs.

Comme toutes les tortues, les tortues de mer possèdent sept vertèbres cervicales mobiles ainsi qu'une huitième soudée à la carapace et dix vertèbres thoraciques. Il y a deux ou trois vertèbres sacrées et douze vertèbres caudales ou plus. Les vertèbres caudales des femelles sont courtes et leur taille diminue de manière distale ; celles des mâles matures sont grandes et présentent des processus latéraux et dorsaux robustes. Chaque vertèbre thoracique s'articule avec une paire de côtes, disposées bilatéralement. Chaque tête de côte est alignée sur la jonction de deux corps vertébraux. La fusion des vertèbres et des côtes avec les os dermiques donne des os carapaciaux uniques. On compte parmi eux les os : neuraux, pleuraux ou costaux et périphériques.

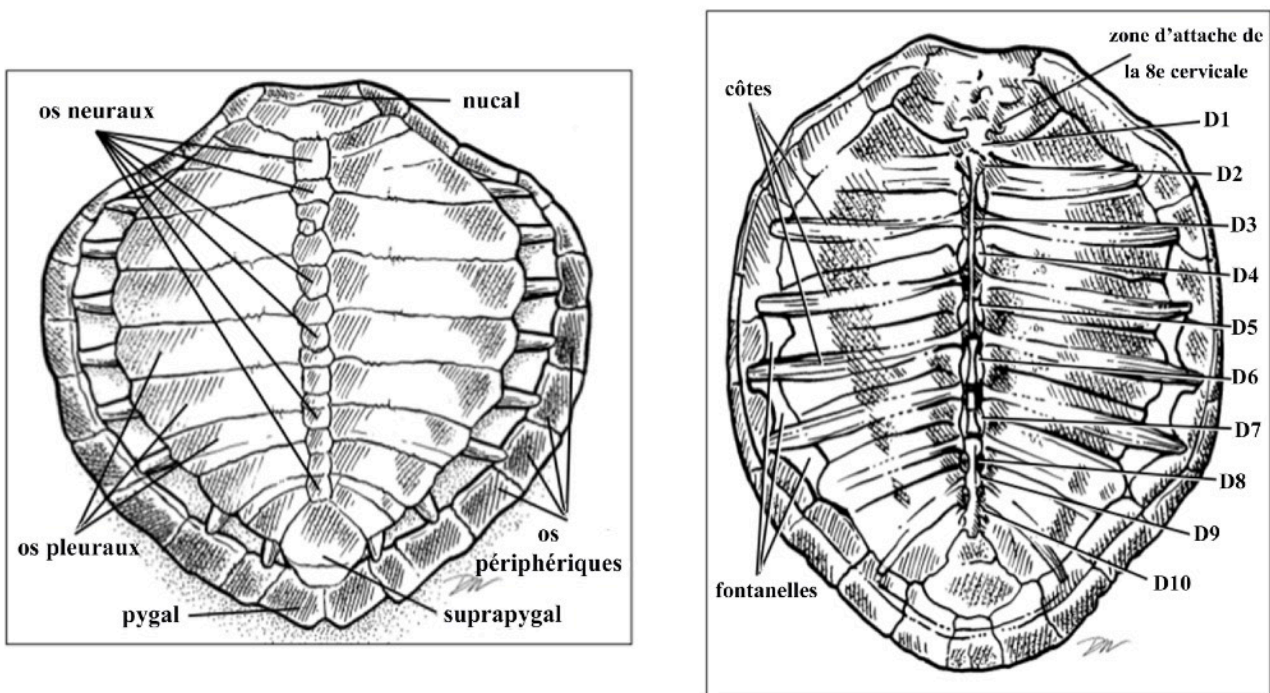


Figure 3 : Os de la carapace en vue dorsale et ventrale, tiré du livre *The Anatomy of Sea Turtles* Fig.92b et 93b

Les os neuraux sont associés à la colonne vertébrale, les pleuraux sont formés par les côtes et leurs expansions dermiques, et les os périphériques forment le pourtour de la carapace. Sur la ligne médiane, l'os le plus antérieur est l'os nucal et le plus postérieur est l'os pygal. Entre le dernier os neural et le pygal se trouve le suprapygal qui est dépourvu de toute fusion vertébrale.

Concernant la fusion des sacrés, leurs apophyses latérales ne sont pas soudées à la carapace.

Chez les nouveau-nés, la carapace est composée de côtes et de vertèbres. La carapace va s'ossifier de manière progressive avec le temps.

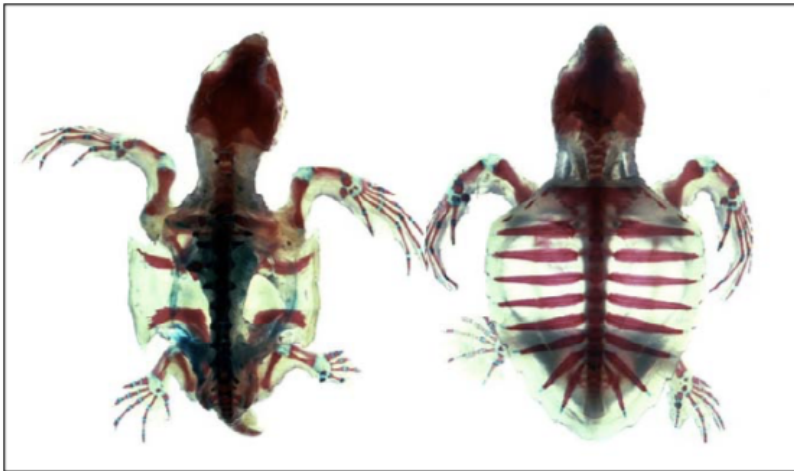


Figure 4 : Tortue à l'éclosion, la carapace et le plastron ont été enlevés afin d'observer (à gauche) une vue dorsale montrant les régions vertébrales et le niveau d'ossification et (à droite) les côtes, vertèbres et hypertrophie osseuse dermique initiale.

Tiré du livre *The Anatomy of Sea Turtles* Fig.90

La carapace se formera par hypertrophie osseuse du derme entre les côtes et son expansion vers l'extérieur. Les côtes se développent latéralement jusqu'à rencontrer les os périphériques qui sont situés sous les écailles marginales, chez les tortues vertes et caouannes. Les espaces entre les côtes et la carapace appelés fontanelles, sont fermés par une membrane sous-jacente aux écailles.

Les fontanelles sont complètement fermées par des os chez certaines, mais sont conservées postérolatéralement chez les tortues vertes et les tortues imbriquées.

C'est dans l'espace laissé lors de la fusion de l'arc vertébral à l'os neural de la carapace que se logera la moelle épinière le long de la colonne.

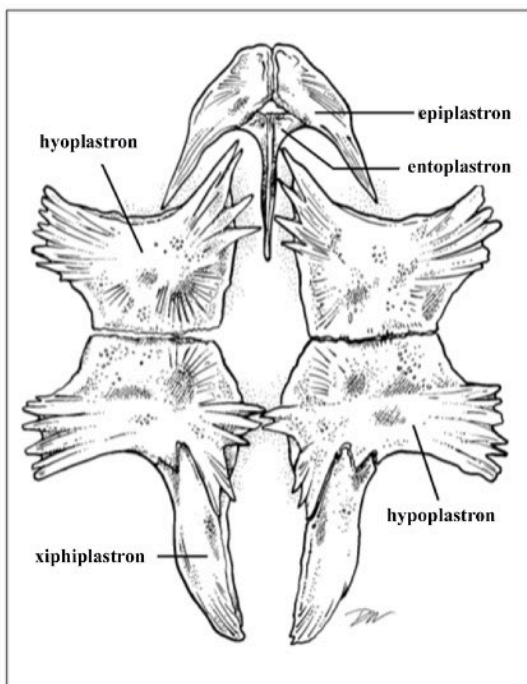


Figure 5 : Vue ventrale du plastron

La partie haute du schéma correspond à l'avant du corps

Tiré du livre *The Anatomy of Sea Turtles* Fig. 97b

Le plastron est composé de quatre paires d'os chez les tortues de mer, d'avant en arrière : épiplastron, hypoplastron, hyoplastron et xiphiplastron, et d'un os non apparié, l'entoplastron.

La forme de l'entoplastron est parfois utilisée comme caractéristique clé pour l'identification des espèces.

La carapace et le plastron s'articulent entre eux par l'intermédiaire de l'hyoplaston, l'hypoplaston et les os périphériques. Cette articulation se fait généralement entre le troisième et le septième os périphérique de chaque côté par deux piliers verticaux ou diagonaux appelés contreforts plastraux axillaires et inguinaux.

Ces contreforts forment le pont, un isthme d'os entre la carapace et le plastron.

2.3. Squelette appendiculaire

Le squelette appendiculaire antérieur comprend les nageoires et les gaines pectorales. Les ceintures pectorales sont composées de deux os, l'omoplate avec son processus d'acromion et le coracoïde ou procoracoïde, ceux-ci formant une structure triradiée, comportant 3 expansions. L'omoplate/scapula est alignée dorso-ventrale et se fixe à la carapace près de la première vertèbre thoracique. La fosse glénoïde quant à elle se place ventrolatéralement. Les acromions s'étendent médialement de chaque omoplate pour s'articuler avec l'entoplastron par l'intermédiaire de ligaments.

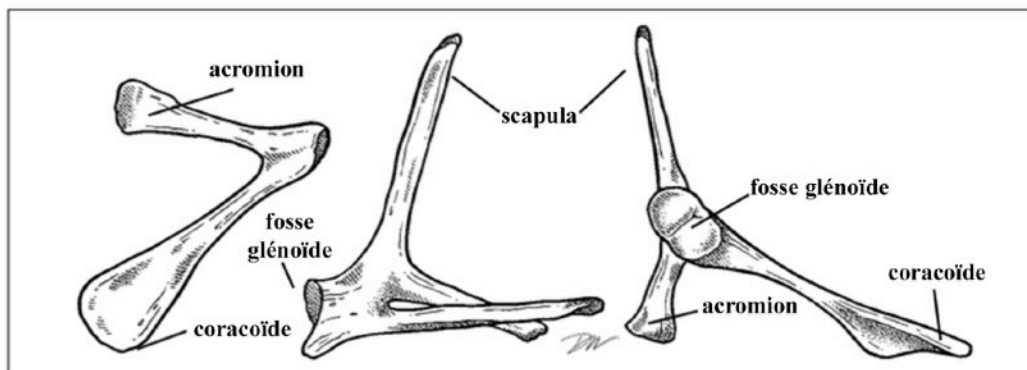
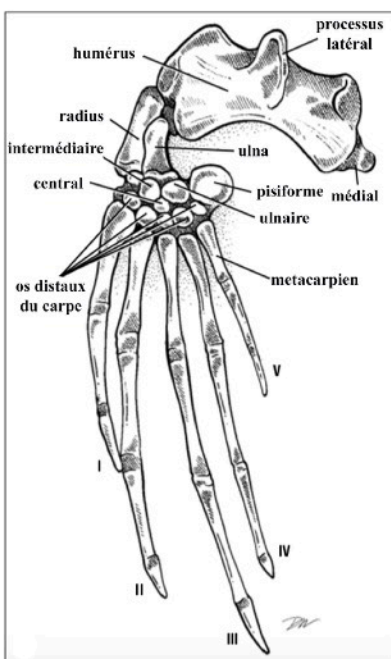


Figure 6 : La ceinture pectorale respectivement en vue ventrale, postérieure et antérieure, tiré du livre *The Anatomy of Sea Turtles Fig.99*

Les processus coracoïdes forment le reste de la fosse glénoïde puis s'étendent postérieurement et médialement. Chacun se termine par un cartilage coracoïde en forme de croissant. Le ligament acromio-coracoïdien s'étend de l'acromion au coracoïde. La majorité des rétracteurs de la nageoire et des muscles abducteurs s'attache aux processus coracoïdiens et aux ligaments acromio-coracoïdiens.



La nageoire antérieure se compose de l'humérus, du radius et de l'ulna, du carpe, des métacarpiens et de cinq phalanges. L'humérus, qui s'articule avec l'épaule au niveau de la fosse glénoïde, est aplati, la tête étant décalée d'environ vingt degrés par rapport au corps de l'os. Il existe un vaste processus médial osseux qui s'étend au-delà de la tête de l'humérus à laquelle s'attachent les muscles abducteurs et extenseurs de la nageoire. Le processus latéral ou la crête deltoïde auquel sont attachés les muscles rapporteurs du pavillon sont situés à l'extérieur de la tête et presque en diagonale.

Figure 7 : Vue dorsale des os de la nageoire antérieure, tiré du livre *The Anatomy of Sea Turtles Fig.102b*

La nageoire est composée d'éléments du poignet ; radiale, ulnaire, centrale, pisiforme, carpals distaux, de métacarpes allongés et de phalanges. Le radius et l'ulna sont courts chez les tortues marines et, chez les adultes, ils sont fonctionnellement fusionnés par un tissu conjonctif fibreux.

Le squelette appendiculaire postérieur comprend les nageoires et les gaines pelviennes. Le bassin est composé de trois paires d'os : pubis, ischium et ilium. Les os pubiens et les ischions forment la partie ventrale du pelvis. Les deux iliums sont orientés dorsoventralement, s'articulent avec les vertèbres sacrées et attachent le pelvis à la carapace via des ligaments. Les trois os forment l'acetabulum, cavité articulaire de l'os coxal de chaque côté où viendra se loger le fémur. Ces os séparés, reliés par du cartilage chez les nouveau-nés, s'ossifient et fusionnent rapidement pour former une structure unique chez les tortues plus âgées.

Le membre postérieur s'articule avec le bassin par la tête du fémur qui s'insère dans l'acetabulum. Le fémur a une tige relativement droite avec une tête fortement décalée. La tête se compose de trochanters majeurs et mineurs servant d'attache pour la plupart des rétracteurs de la cuisse et des adducteurs. Le fémur distal s'articule avec le tibia et le péroné. La cheville courte comprend le calcanéum, l'astragale et les tarsaux distaux. Il y a cinq doigts.

Les premiers et cinquièmes métatarsiens sont larges et plats et les phalanges sont étendues, ce qui ajoute de la largeur à la région distale des pattes postérieures.

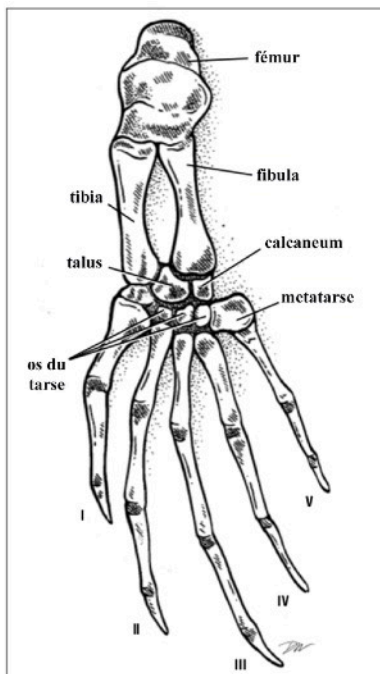


Figure 8: Vue dorsale des os de la nageoire postérieure, tiré du livre *The Anatomy of Sea Turtles Fig*

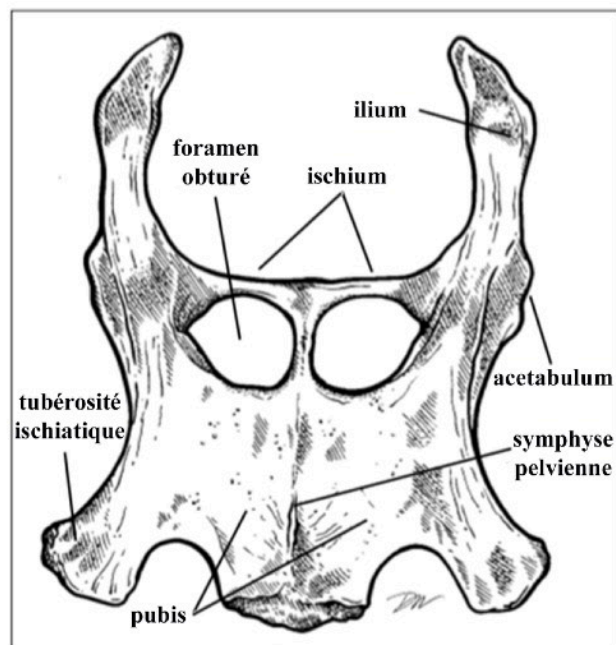


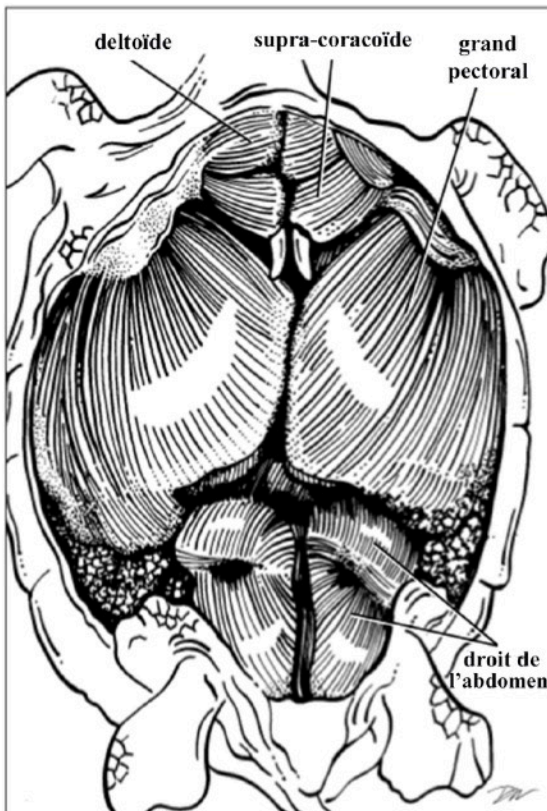
Figure 9 : Bassin en vue dorsale, tiré du livre *The Anatomy of Sea Turtles Fig 106.b*

3. Musculatures

Les muscles décrits seront les muscles principaux, ces derniers sont regroupés par région ; les muscles axiaux comprennent les muscles de la tête ; les muscles ventraux comprennent les muscles pectoraux et pelviens proximaux associés au plastron ; les membres antérieurs et les muscles respiratoires sont ceux qui se trouvent sur les nageoires, la carapace et la scapula elles sont impliquées dans les mouvements des nageoires et la respiration. Les muscles postérieurs sont les muscles de la hanche, de la cuisse et du bas de la jambe. Les muscles de la lame de la nageoire et du pied arrière ne sont pas discutés ou illustrés en détail ici, car ils sont masqués par un tissu conjonctif étendu et sont difficiles à identifier pour la plupart, même avec un équipement et des techniques de dissection spéciaux.

3.1. Muscles ventraux

La musculature ventrale, massive, se trouve après avoir retiré le plastron. Elle est dominée par un muscle superficiel, le grand pectoral, qui prend naissance sur le plastron et s'insère sur le processus latéral et le corps de l'humérus.



Antérieurs au pectoral et ventraux aux processus acromiaux se trouvent deux muscles : le deltoïde (partie ventrale) qui prend naissance sur l'omoplate ventrale, l'acromion, les plastrons antérieurs et le supracoracoïdeus, a plusieurs subdivisions. Sa partie antérieure prend sa source sur l'acromion. Le deltoïde et la partie antérieure du supracoracoïdeus s'insèrent sur le processus latéral de l'humérus. Ces trois muscles ventraux sont actifs lors de la nage et la respiration via le mouvement des épaules et du plastron. Leurs innervations se font via le nerf supracoracoïde de la partie ventrale du plexus brachial.

Après avoir retiré le grand pectoral, les muscles locomoteurs profonds sont associés à la ceinture pectorale. Le biceps brachial a plusieurs subdivisions, ou têtes, chez les tortues marines.

Figure 10 : Muscles superficiels ventraux de la ceinture pectorale et pelvienne, tiré du livre *The Anatomy of Sea Turtles Fig. 111b*

La tête superficielle prend sa source sur le coracoïde et se prolonge par un long tendon pour s'insérer sur le radius et l'ulna ; la tête profonde elle s'insère sur l'humérus et le radius. L'innervation se fait par le fléchisseur brachial inférieur et les nerfs médians. Le coraco-brachial prend sa source sur le côté dorsal du processus coracoïde et s'insère sur le processus médial de l'humérus. La partie postérieure du supracoracoïde prend sa source sur la coracoïde et son cartilage et s'insère dans le processus latéral de l'humérus. Ces muscles sont innervés par le nerf supracoracoïde. Il existe une vaste série d'artères et de veines qui courent à l'intérieur et entre ces muscles très actifs.

Une paire de muscles postérieurs superficiels, le droit de l'abdomen gauche et droit se trouvent ventralement. Chacun prend sa source sur le pubis latéral et s'insère sur le plastron. Ils stabilisent le bassin et peuvent fonctionner en comprimant le plastron pendant la respiration.

3.2. Membres des nageoires antérieures et muscles respiratoires

Le complexe majeur grand dorsal ou rond, la tête scapulaire du deltoïde et le sous-scapulaire sont originaires de la carapace et/ou de la ceinture scapulaire et s'insèrent sur l'humérus proximal. Le grand dorsal et le grand rond ensemble proviennent de l'omoplate et de la carapace depuis le point d'attache de l'omoplate, le long du premier os pleural jusqu'aux os périphériques antérieurs. Ils s'insèrent via un tendon commun juste distal par rapport à la tête de l'humérus. La tête scapulaire du deltoïde provient de l'omoplate antérieure et s'insère sur le processus latéral et la tige de l'humérus. Le muscle sous-scapulaire est très gros, prend sa source sur la scapula s'insère sur la tige de l'humérus. Ces muscles sont innervés par le nerf deltoïde; une branche du plexus brachial. Il y a deux muscles respiratoires en forme de feuille situés sur le dos, qui sont souvent détruits lors du retrait des ceintures pectorales. Ce sont les testocoracoïdeus et testoscapularis. Les testocoracoïdeus prennent origines sur la carapace près des inframarginaux antérieurs et s'insèrent sur le coracoïde dorsal; le testoscapularis lui prend origine sur la carapace postérieure au grand dorsal, s'insérant sur la scapula et prodigue une attachement scapulaire à la carapace. Ils sont innervés par les nerfs rachidiens cervicaux.

Le reste du muscle de l'épaule dorsale, le triceps brachial ou triceps superficialis a deux têtes chez les tortues marines chéloniides. La tête humérale provient de l'humérus et la tête scapulaire provient de l'omoplate. Les deux convergent pour former un tendon commun s'insérant sur l'ulna proximal. Le triceps est innervé par le nerf radial superficiel; une branche du nerf brachial supérieur du plexus brachial.

Le muscle biceps peut avoir une ou deux parties. Lorsque deux têtes sont présentes, le biceps superficiel provient du coracoïde et s'insère sur le pisiforme du poignet. La deuxième tête, la plus importante, qui est le biceps profond trouve également son origine sur la coracoïde postérieure, mais est ventrale au biceps superficiel et s'insère via un tendon avec le brachial sur l'ulna.

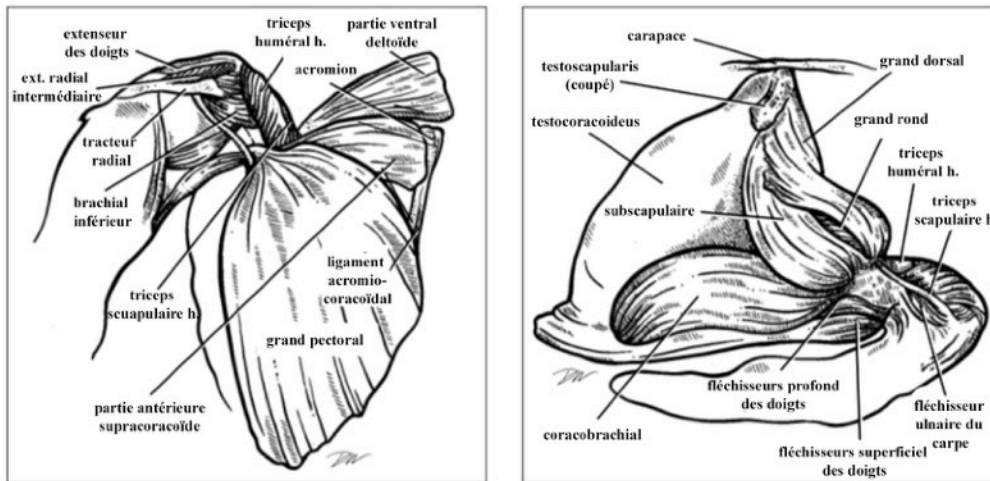


Figure 11 : Muscles de l'épaule (droite), muscles superficiels ventraux (à gauche) et muscles latéraux (à droite), tiré du livre *The Anatomy of Sea Turtles* Fig. 113

3.3. Muscles axiaux

La plupart des muscles axiaux sont associés au cou et à la queue des tortues marines. Ceux-ci incluent les muscles cervicaux transversaux et le muscle semi épineux. Ici, les muscles superficiels de la gorge et les muscles de la mâchoire sont décrits. La musculature de la queue n'est pas discutée, car elle n'a pas été étudiée en détail.

Les principaux muscles profonds sont le muscle long du cou et le rétracteur du cou. Les muscles du long du cou sont courts, disposés de façon segmentaire et se déplacent obliquement entre les vertèbres cervicales successives ; ils servent à étendre le cou. Les rétracteurs du cou prennent leur origine sur les vertèbres cervicales et s'étendent vers l'arrière pour s'insérer sur les éléments vertébraux dorsaux de la carapace. Ce sont des fléchisseurs et des rétracteurs du cou, dans la mesure où les tortues marines étendent et rétractent le cou.

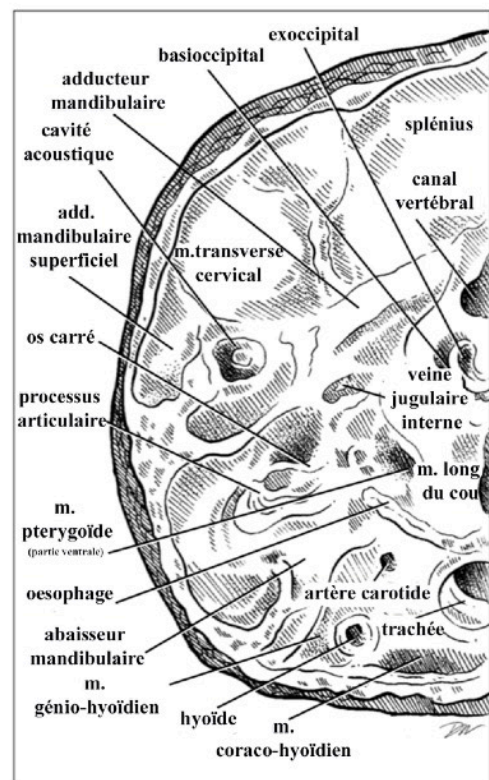


Figure 12 : Coupe transversale des muscles du cou, tiré du livre *The Anatomy of Sea Turtles* Fig. 123b

3.4. Muscles de la tête

Juste sous la peau de la gorge se trouve une fine couche de muscles, l'intermandibulaire, qui a des fibres passant entre les deux os dentaires. Il s'insère sur un tendon plat médian ou raphé qui s'étend sur toute la longueur de la gorge. L'intermandibulaire devient le collecteur constricteur postérieur à l'articulation de la mâchoire, provenant d'un tendon cervical dorsolatéral. Juste au fond de ce dernier se trouve des muscles obliques entre les mâchoires et s'insérant sur l'hyoïde, le génio-hyoïdien. Postérieurement au génio-hyoïdien on retrouve une paire de muscles en forme de sangle, le coraco-hyoïdien qui s'étend à l'appareil hyoïde depuis le coracoïde. Ces muscles aident à déprimer la mâchoire, à avaler et à pomper la gorge ce qu'on appelle battement gulaire. Ils sont innervés par le nerf facial.

3.5. Muscles de la mâchoire

Les muscles de la mâchoire des tortues sont principalement situés à l'intérieur du crâne. En raison de ces positions profondes, la plupart sont décrits, mais non illustrés. Contrairement aux mammifères, les tortues n'ont pas de muscle mandibulaire ; au lieu de cela, elles ont un muscle adducteur mandibulaire avec plusieurs têtes. Les têtes proviennent des os pariétal, supraoccipital, quadratale, prootique et opisthotique et convergent sur un tendon qui s'insère principalement sur la mâchoire inférieure et dentaire, avec de petites insertions sur l'os squamosal postérieur à l'articulation de la mâchoire. Médiale au complexe adducteur des mandibules se trouve une paire de muscles connectés. Le muscle intermandibulaire s'étend de la mâchoire inférieure au tendon du muscle pseudotemporal qui lui-même continue jusqu'à l'os pariétal. Ces muscles fermant la mâchoire sont tous innervés par le nerf trijumeau, nerf cranien V.

Les mâchoires sont ouvertes par le muscle mandibulaire déprimeur, qui a plusieurs parties. Les mandibules dépressives proviennent des os : squamosal, quadratale, quadrotrochéal et squamosal sur l'articulaire de la mâchoire inférieure. Ces parties sont innervées par le nerf facial; nerf cranien VII.

3.6. Muscles postérieurs

Les principaux muscles postérieurs peuvent être identifiés après avoir retiré le droit de l'abdomen et la peau recouvrant les pattes arrières et la queue. Ventralement, ce sont les puboischiofemorales externe et interne, le pubotibialis, le complexe fléchisseur tibial et les ambiens.

Ces muscles de la hanche ventrale sont innervés par les nerfs obturateur et tibial du plexus sacré ou lombo-sacré. Le puboischiofemorale externe, un adducteur de la cuisse, couvre une grande partie du bassin ventral et provient du pubis ventral, de l'ischion et de la membrane recouvrant les foramen obturés ; il s'insère sur le petit trochanter du fémur. Différentes parties de ce muscle

peuvent soit prolonger soit rétracter la jambe. Le puboishiofemorale interne est grand chez les *cheloniidea* et a des composants superficiels et profonds. Il prend sa source dans le pubis dorsolatéral, l'ilium et les vertèbres sacrées. Il s'insère sur le grand trochanter du fémur.

Le pubotibial, qui fait partie du complexe fléchisseur tibial provient de la symphyse pubienne et du pubis latéral ; il s'insère sur le tibia avec le fléchisseur tibial interne.

Le fléchisseur tibial interne, un muscle en forme d'Y, prend naissance sur les vertèbres sacrées dorsalement et ventralement sur la symphyse pelvienne et le pubis latéral. Il passe distalement et s'enroule autour du muscle gastrocnémien pour s'insérer sur le tibia.

Le fléchisseur tibial externe a deux têtes et est quelque peu médial par rapport à l'interne. La tête dorsale provient de l'ilium et la tête ventrale de l'ischion postérieur. Les deux convergent pour s'insérer, via un seul tendon, sur le tibia et le muscle gastrocnémien de la tige ; certaines fibres s'insèrent sur la peau et les tissus conjonctifs de la tige.

L'adducteur fémoral prend naissance sur l'ischium latéral et s'insère sur la diaphyse fémorale postérieure. L'ischiotrochantericus, un abducteur de jambe, prend naissance sur le pubis antérieur et la symphyse pubienne. Il insère sur le trochanter majeur du fémur.

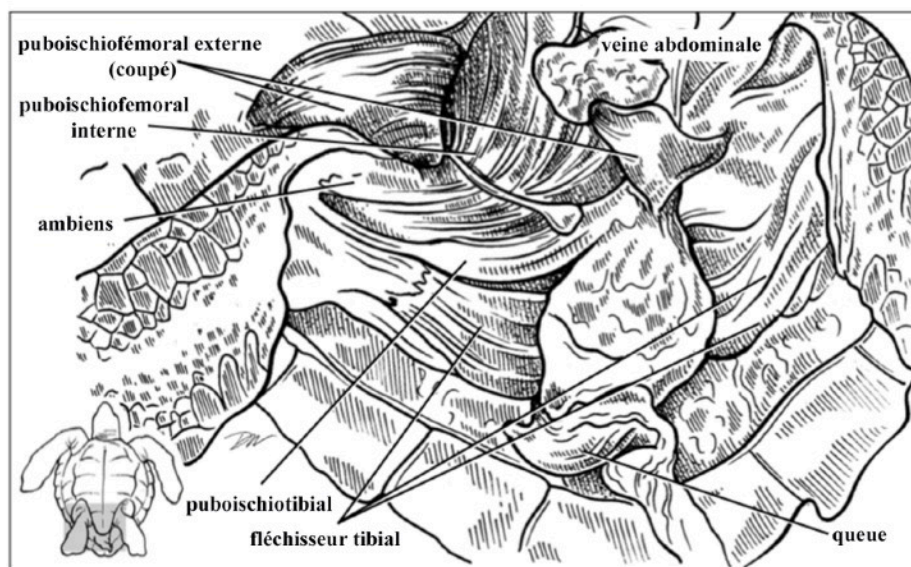


Figure 13: Muscles superficiels ventraux du bassin, tiré du livre *The Anatomy of Sea Turtles Fig. 125b*

Les muscles de la hanche et de la cuisse dorsale comprennent les abducteurs de la hanche : iliotibialis, femorotibialis et ambiens. Les ambiens, positionnés ventralement proviennent du ligament puboischiadique et s'insèrent sur le tendon « rotulien » à travers le genou jusqu'au tibia antérieur. L'iliotibialis prend sa source sur l'ilium dorsal et s'insère avec les ambiens sur le tendon rotulien. Profondément à ces deux muscles, le femorotibial, provient des surfaces dorsale et antéro-ventrale du fémur et s'insère avec l'iliotibialis et les ambiens. Les nerfs péronier et fémoral du plexus sacré innervent la plupart de ces muscles de la hanche dorsale.

Les extenseurs de la nageoire postérieures sont de gros muscles en forme de feuille provenant du fémur dorsal et latéral et s'insérant sur le péroné dorsal et antérieur et les chiffres. Ils fléchissent le bas de la nageoire.

4. Appareil respiratoire

Le système pulmonaire est composé de la glotte, de la trachée, des poumons gauche et droit et d'une bronche pour chacun des deux.

Les voies respiratoires commencent au niveau de la glotte, qui est située dans la partie médiane à postérieure de la langue. La glotte et ses muscles sont soutenus ventralement par l'appareil hyoïde, s'ouvre lors du passage de l'air et se ferme lors de l'apnée. Elle mène directement à la trachée, qui est soutenue par des anneaux cartilagineux complets.

La trachée est longue et bifurque en deux bronches dorsales et antérieures au cœur. Celles-ci pénètrent alors dans la partie antérieure des poumons à côté des artères pulmonaires. La bifurcation commence à l'intérieur, en avant de la division externe pour former les bronches.

Les bronches s'étendent sur pratiquement toute la longueur des poumons et ont de nombreuses ouvertures dans les lobes internes complexes des poumons. Contrairement à celles des mammifères, ces ouvertures conduisent à des chambres qui ne sont pas soutenues par le cartilage. Il n'y a pas de bronches secondaires chez les tortues marines.

Les poumons sont situés dorsalement et sont attachés dorsalement à la carapace et à la colonne vertébrale. Chez certaines espèces, les poumons sont plus étroitement attachés à la colonne vertébrale que chez d'autres espèces. Ventralement, le poumon gauche est attaché à l'estomac, via le ligament gastro-pulmonaire ; le droit lui, est attaché au lobe droit du foie par le ligament hépatopulmonaire. En arrière, les poumons se fixent sur le péritoine qui recouvre les reins et les glandes surrénales et sont adjacents aux gonades. Le bord médial de chaque poumon est fermement attaché via des connexions fibreuses aux surfaces dorsolatérales de la colonne vertébrale. Toutes les tortues marines ont des poumons à chambres multiples, il y a plusieurs lobes contenus dans le corps de ceux-ci. Le tissu pulmonaire est spongieux et très élastique chez les tortues marines.

La ventilation des poumons n'est pas induite par le diaphragme mais par les mouvements des muscles ventraux des ceintures pelviennes et pectorales qui se fixent au plastron, la compression de la région inguinale et le balancement des masses musculaires des épaules pour modifier la pression dans la cavité pleuropéritonéale. Plus précisément, la contraction du testocoracoideus et testoscapularis se feront en synergie avec les mouvements des nageoires antérieures afin d'entraîner une diminution de la pression intrapulmonaire en tractant la ceinture pectorale cranio-latéralement et extérieurement. Les droits de l'abdomen quant à eux auront une action antagoniste en tractant le

plastron vers la carapace afin de plaquer les viscères contre les poumons et ainsi provoquer une expiration.

Lorsqu'elles sont à la surface les tortues marines utilisent leurs poumons pour respirer, mais une fois sous l'eau, elles utilisent la respiration cloacale.

Afin que la respiration cloacale s'accomplisse, les tortues pompent l'eau dans et hors de sacs, qui sont appelées bourses cloacales. Les parois de ces sacs sont bordées de vaisseaux sanguins, l'oxygène diffuse à travers les vaisseaux sanguins et leur sacs sont évincés.

5. Système digestif

Le tractus gastro-intestinal s'étend de la bouche au cloaque. Il est marqué par des divisions structurelles et fonctionnelles. La bouche capture et transforme les aliments.

L'œsophage est tapissé de papilles acérées et kératinisées sur toute sa longueur ayant pour rôle de piéger la nourriture tandis que l'excès d'eau est expulsé avant la déglutition. Il fonctionne également avec la langue en avalant.

L'estomac déclenche le processus chimique et physique de la digestion. Il est placé sur le côté gauche de l'animal et se courbe autour du foie et du péricarde situés plus médialement. Il est attaché au lobe gauche du foie par un ligament gastro-hépatique et au poumon gauche par un ligament gastro-pulmonaire.

Dans l'intestin grêle, des enzymes digestives sont ajoutées aux aliments pour décomposer les protéines et les glucides complexes. L'intestin grêle est spécialisé au niveau régional pour absorber les acides aminés, les glucides, les sucres, l'eau, les acides gras et les minéraux en particulier le calcium et le phosphore.

Le gros intestin, côlon, récupère généralement l'eau. La longueur de cet intestin est quelque peu liée à l'alimentation. Il est proportionnellement plus long chez les tortues vertes que chez les caouannes et les tortues imbriquées.

Le rectum se vide dans le cloaque, une chambre qui reçoit également l'urine des reins, des ovules ou du sperme, et se connecte ventralement dans la vessie. Le cloaque se vide vers l'extérieur par l'ouverture ou l'évent cloacal.

La bouche comprend plusieurs structures gastro-intestinales, respiratoires et auriculaires : les mandibules et le pharynx comprennent le palais, l'œsophage, la glotte, les trompes d'Eustache et les choanes internes. Pour plus de commodités, ces structures seront décrites ensemble ici.

La glotte et les choanes internes font partie du système respiratoire et le tube d'Eustache relie le pharynx à la cavité de l'oreille moyenne. La langue est fixée au plancher de la bouche et n'est pas

saillante. La glotte est située sur la partie médiane de la langue, juste postérieure et ventrale aux choanes internes, les narines internes ; elle agit comme une valve pour ouvrir et fermer les voies respiratoires.

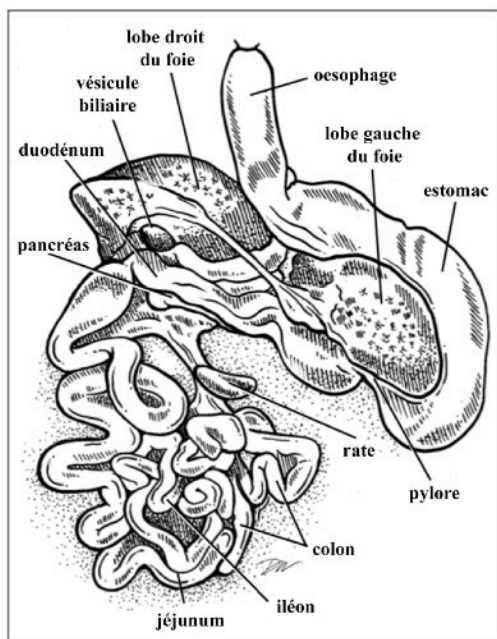


Figure 14 : Tractus digestif, tiré du livre *The Anatomy of Sea Turtles Fig.164b*

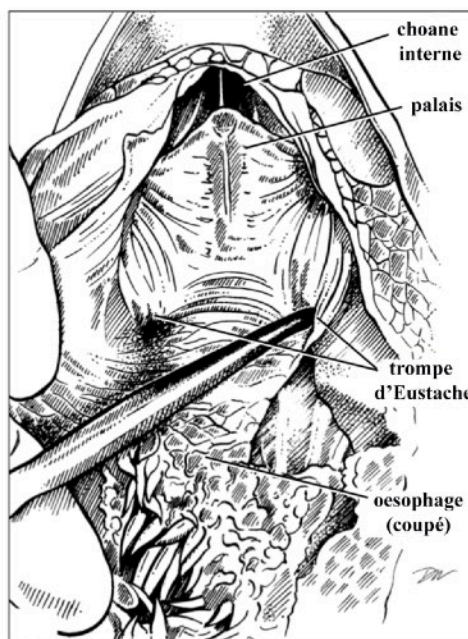


Figure 15 : Région ventrale de la gorge, tiré du livre *The Anatomy of Sea Turtles Fig. 165b*

6. Système cardio-vasculaire

Le système circulatoire comprend le cœur, les artères, les veines et les vaisseaux lymphatiques.

Le cœur est composé de plusieurs chambres et sert de pompe principale.

Les artères ont des parois musculaires épaisses et des fibres élastiques ; elles transportent le sang du cœur vers le reste du corps.

Les veines transportent le sang vers le cœur, la plupart contiennent des valves.

Les vaisseaux lymphatiques transportent la lymphe de l'extérieur du système circulatoire vers le sang. Ils entourent les artères et les veines comme des gaines.

Les principales voies artérielles et veineuses sont résumées schématiquement ici :

Ces schémas montrent les itinéraires les plus courants empruntés par les vaisseaux. Cependant, le système circulatoire est parmi les plus variables de tous les systèmes d'organes et, par conséquent, les vaisseaux se ramifient parfois de manière unique et inattendue.

pulmonaires parcourent la surface ventrale de chaque bronche, puis sortent du poumon en avant et en arc médial. Elles pénètrent dans l'oreillette gauche dorsolatéralement.

Concernant la circulation systémique, le sang veineux du corps s'écoule dans le sinus veineux de 4 veines principales : la veine cave supérieure gauche, la veine cave supérieure droite, la veine hépatique gauche et la veine cave inférieure ou veine hépatique droite.

Les veines caves supérieures gauche et droite drainent chacune le corps antérieur.

La veine azygos alimente les muscles pectoraux profonds et la veine sous clavière draine les muscles pectoraux profonds, la glande thyroïde, la musculature scapulaire, les nageoires antérieures et postérieures.

La veine jugulaire externe est un site de ponction veineuse, collecte de sang couramment utilisée chez les tortues marines. Les jugulaires externes drainent les structures de la tête, les muscles du cervicaux, les vertèbres cervicales et les méninges vertébrales.

La veine cave inférieure draine le foie, les reins, la musculature pelvienne, pectorale, abdominale ainsi que la musculature des membres postérieurs et les côtes de la carapace.

Le système porte rénal se compose de veines s'écoulant dans les veines caves inférieures, abdominales, rénales et iliaques externes, il draine les muscles de la hanche, de la queue des vertèbres, des reins, de la carapace, la vessie, le cloaque, du rectum et du pénis.

Le système porte hépatique comprend les veines mésentériques et duodénales communes, il draine la zone gastrique ; le foie, l'estomac, le pancréas, le duodénum, la rate, l'intestin grêle, le gros intestin et le caecum.

7. Système nerveux central

Le cerveau ou le système nerveux central (SNC) des tortues marines est disposé longitudinalement le long de la ligne médiane du crâne. Le cerveau est logé dans la boîte crânienne, composée antérieurement des os suivants : ethmoïde, épitotique, prootique, opisthototique, basosphénoïde, latérosphénoïde et otique. En arrière, elle est complétée par le basoccipital, l'exoccipital et le supraoccipital. Il est couvert par les os pariétaux et frontaux.

Deux couches de tissus appelés méninges, recouvrent le cerveau.

La dure-mère (externe) et la pie mère plus délicate (interne), se trouvent directement à la surface du cerveau. Il existe à la fois des espaces sous-duraux, c'est à dire sous la dure-mère et épiduraux, au-dessus de la dure-mère. Les veines épiméningées occupent une partie de l'espace épidural. Le cerveau est baigné de liquide céphalo-rachidien (LCR) clair produit par la toile choroïdienne, une région vasculaire du cerveau.

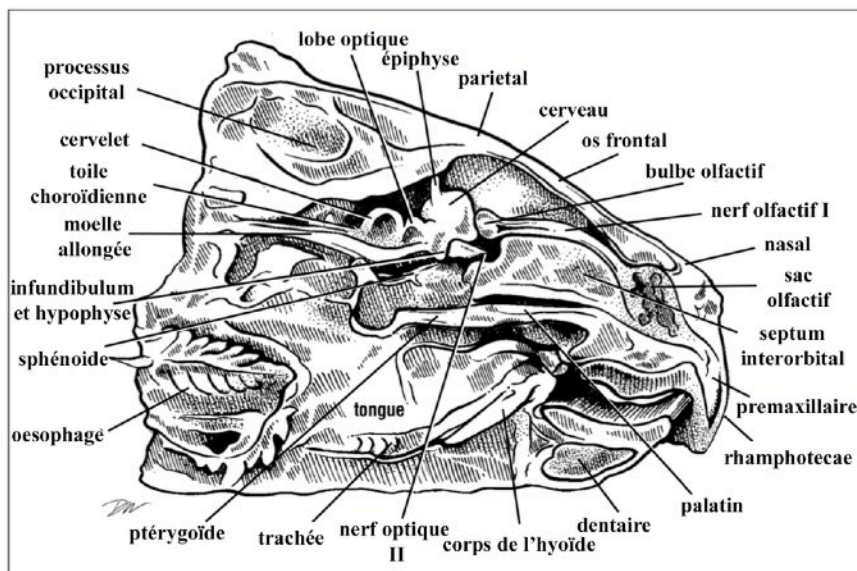


Figure 17 : Coupe médiane de la tête d'une tortue, tiré du livre *The Anatomy of Sea Turtles Fig.193b*

Traditionnellement, le cerveau est décrit en trois régions qui sont initialement marquées au cours du développement : le cerveau antérieur, le mésencéphale et le cerveau postérieur. Les combinaisons suivantes de repères externes et internes identifient approximativement ces divisions ; le cerveau antérieur s'étend du nez au cerveau postérieur, le mésencéphale s'étend de l'œil à la face postérieure du lobe optique et le cerveau postérieur s'étend de l'oreille au cervelet postérieur. Ces régions à leur tour, sont subdivisées topographiquement et/ou histochimiquement en divisions principales : télencéphale et diencephale du cerveau antérieur, mésencéphale, métencéphale et myélencéphale du cerveau postérieur.

8. Système nerveux périphérique

Les nerfs spinaux forment le système nerveux périphérique. Ils quittent la moelle épinière en tant que racines nerveuses dorsales et ventrales appariées et sortent des vertèbres par des forams intervertébraux. Les nerfs dorsaux sont composés de fibres nerveuses sensorielles, somatiques et viscérales pouvant également contenir des fibres motrices ; les racines ventrales sont généralement composées de fibres nerveuses motrices somatiques et viscérales.

Chez les tortues ces nerfs fonctionnent comme le système nerveux autonome, avec composants sympathiques et parasympathiques. Cependant, ceux-ci ne sont pas anatomiquement séparés en tant que régions sympathiques «thoracolombaires» et «parasympathiques craniosacrals» comme chez les mammifères. Par conséquent, les nerfs apparaissant le long de la moelle épinière peuvent avoir des composants sympathiques et parasympathiques.

Deux réseaux de nerfs spinaux interconnectés, le plexus brachial et le plexus sacré (lombo-sacré), sont associés au contrôle des membres. Ils sont mal décrits dans la littérature sur les tortues marines. Chez les Cheloniidae, ils sont formés par les racines nerveuses ventrales et leurs branches.

Le plexus brachial prend naissance au niveau de la sixième et la huitième vertèbre cervicale chez les tortues marines. Ces nerfs cervicaux forment un réseau complexe qui innerve les muscles pectoraux, des bras et des nageoires et envoient des branches aux muscles respiratoires. La plupart reçoivent l'innervation de plus d'une branche du plexus. Une branche ventrale du cinquième nerf crânien contribue largement au nerf médian. Les nerfs cervicaux sept et huit donnent naissance au nerf brachial inférieur, qui se divise immédiatement pour former le nerf radial superficiel et le nerf radial profond à l'épaule antérieure et à la nageoire dorsale. Ensuite, les nerfs supracoracoïdeus, sous-scapulaires et ulnaires se posent, se déplacent vers ces muscles pectoraux ainsi que la face ventrale de la nageoire. Le nerf deltoïde provient principalement des nerfs cervicaux six et sept.

Le plexus sacré prend la forme de quatre parfois cinq ou six ramifications également appelées branches des nerfs spinaux dix-sept et vingt-et-un, situées sur les dernières vertèbres dorsales et sacrées. Ces nerfs s'interconnectent et se subdivisent plusieurs fois lorsqu'ils envoient des nerfs aux muscles inguinaux, pelviens et des nageoires postérieures. De nombreux muscles reçoivent de multiples innervations. Les racines des nerfs plus postérieurs donnent naissance au nerf obturateur, allant aux muscles pelviens ventraux, et au nerf ichiadicus qui s'étend en dedans de l'ilium, puis se divise pour former les nerfs péronier et sciatique. L'interconnexion des deux racines nerveuses antérieures fournit des innervations majeures via les nerfs crural, fémoral et tibial aux muscles inguinaux, aux adducteurs de la cuisse et aux extenseurs des jambes.

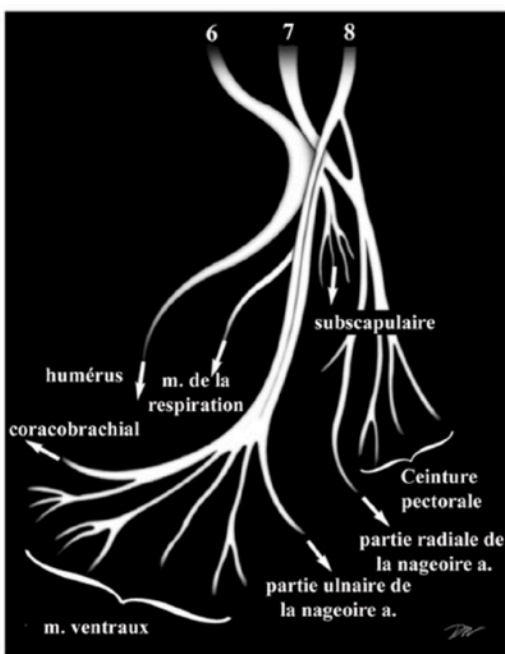


Figure 18 : Schéma du plexus brachial (droit), tiré du livre *The Anatomy of Sea Turtles Fig.*

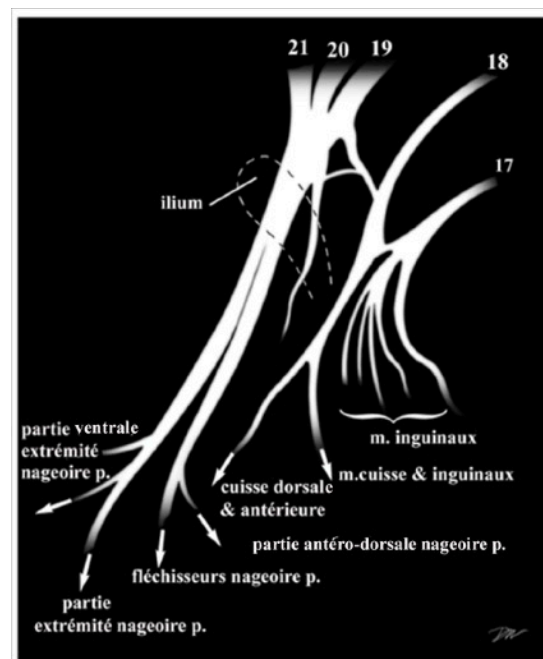


Figure 19 : Schéma du plexus sacré (droit) vue latérale, tiré du livre *The Anatomy of Sea Turtles*

PARTIE 2 - APPROCHE OSTÉOPATHIQUE

L'approche ostéopathique de la tortue se fera en trois temps :

- Dans un premier temps il est nécessaire de revoir en terme de nomenclature et de biomécanique les mouvements permis des os selon leur axes, leurs plans ;
- Dans un second temps des solutions seront proposées dans le but de contacter les structures internes à cette carapace ;
- Pour finir, une approche qualifiée de « crânienne » de la carapace sera effectuée ; pour cela quelques rappels anatomiques et ostéopathiques crâniens se basant sur l'humain seront faits. Une fois les rappels effectués, les principes de l'ostéopathie crânienne seront transposés à la carapace. En découleront alors des hypothèses de mouvements et de schémas corporels adaptatifs de la carapace et du plastron.

Avant d'entamer quelque approche et d'établir un parallèle avec le crâne il fut nécessaire d'échanger sur le sujet auprès d'un ostéopathe humain. Ceci expliquant le choix d'un DO (Diplômé en Ostéopathie) en guise de co-maître de mémoire. De nombreux échanges quant au ressenti et à la mécanique crânienne ont alors permis de donner une ligne directrice quant à l'approche de la carapace.

I. Nomenclature

Chaque mouvement d'une pièce osseuse dépend d'un plan et d'un axe, ces mouvements sont définis comme étant soit des rotations (noté R) soit des translations (noté T). Il existe trois principaux plans de coupe : le plan sagittal (S), le plan frontal (F) et le plan horizontal (H). Ainsi que trois axes : vertical (V), horizontal (H) et transverse (T).

Dans le cas d'une rotation le mouvement s'effectue sur un plan dans un axe donné. La combinaison du mouvement et du plan donneront donc des rotations sagittales (RS), frontales (RF) et horizontales (RH). Une fois cela établi vient s'ajouter la direction, le sens du mouvement : droit (D), gauche (G), antérieur (A), postérieur (P), interne (I) ou externe (E).

Le mouvement de translation (T) quant à lui, s'effectue sur un axe dans un plan donné. La combinaison du mouvement et de l'axe donneront des translations verticales (TV), horizontales (TH) et transversales (TT). La dernière lettre représente le sens du mouvement : antérieur (A), postérieur (P), supérieur (S) et inférieur (I). Les images suivantes présentent les différents plans.

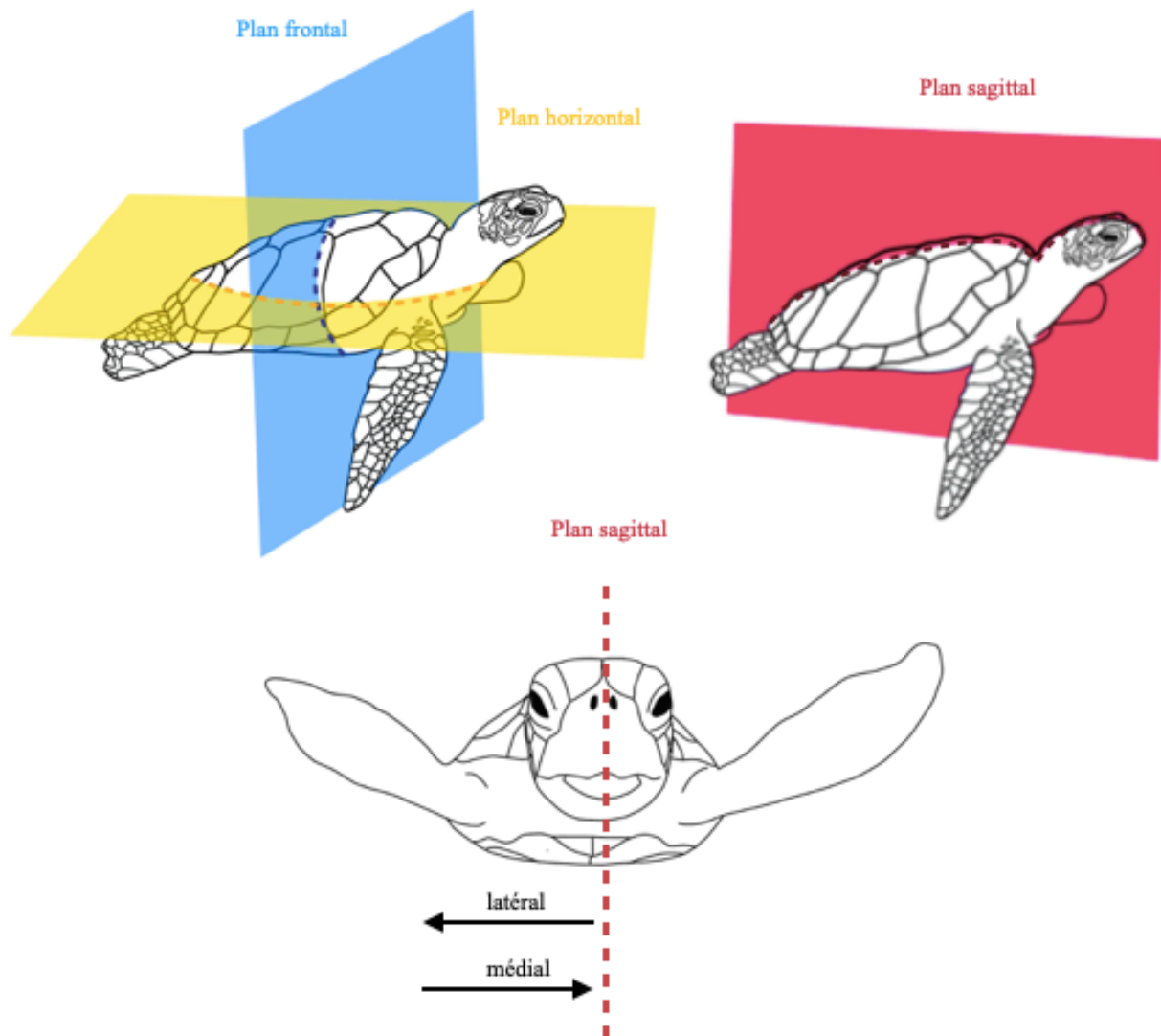


Figure 20 : Schémas des différents plans utilisés en ostéopathie

II. Approche du squelette interne

Les nageoires antérieures et postérieures restent des membres communs malgré leurs différences anatomiques. La réelle différence réside dans la ceinture pelvienne et pectorale, toutes deux se trouvant à l'intérieur de la cage thoracique ou plus précisément de la carapace.

Leur accès est donc limité voire impossible par voie directe, cependant l'étude approfondie de l'anatomie des tortues a permis de mettre en lumière de nouveaux angles d'approche.

En effet la structure triradiée bénéficie de liens osseux et ligamentaires ainsi que musculaires avec les structures environnantes tel que la carapace, le plastron ou encore les cervicales.

De ce fait, il est donc possible d'avoir accès à l'omoplate par l'intermédiaire de la carapace par projection ; c'est à dire en regard de son lieu de fixation, comme dans les techniques ostéopathiques humaines de boules crâniennes.

Les acromions quant à eux, peuvent être accessibles par l'entoplastron avec lequel ils entretiennent un lien ligamentaire.

Une manipulation de la carapace ou encore du plastron auront donc une incidence directe sur ces structures. De manière indirecte, le ligament acromio-coracoïdien aura un impact sur le processus coracoïde, ce dernier étant le lieu d'insertion de nombreux muscles permettant les mouvements de rétraction et d'abduction des nageoires antérieures.

Évidemment, les impacts d'une manipulation de la ceinture pectorale s'étendent directement et indirectement à de nombreuses autres structures et fonctions. On pourrait ici citer le rôle des nageoires dans la respiration de la tortue, là où le diaphragme est absent ou encore la présence du plexus brachial. Peuvent être cités pour exemple les nerfs cervicaux six, sept et huit innervant toute la zone musculaire pectorale, scapulaire et brachiale jouant le rôle locomoteur chez la tortue mais également les muscles de la respiration tels que le testoscapularis et le testocoracoïdeus.

Cette réaction en chaîne n'est qu'un exemple et ne peut illustrer toutes les combinaisons de dysfonctions possibles, cependant elle peut servir d'illustration. Une dysfonction cervicale pourrait entraîner une irritation nerveuse ou encore une tension musculaire qui pourrait alors se répercuter sur la structure triradiée, cette dernière étant le centre d'insertion majeur des muscles locomoteurs et respiratoires. Il pourrait alors en résulter une difficulté à se déplacer, un essoufflement ainsi que des problèmes de peau ou d'écailles dûs à une mauvaise oxygénation des tissus.

Bien que la carapace recouvre une grande partie des structures osseuses et musculaires, cela n'enlève rien au principe d'unité de l'être et de l'interrelation du corps entre structure et fonction.

L'approche de la ceinture pelvienne peut elle aussi se faire en passant par la carapace grâce à l'attache des deux iliums via des ligaments. Qui plus est, cette ceinture comprend également l'articulation des iliums avec les vertèbres sacrées n'étant elles, pas soudées à la carapace. Une manipulation de la zone aura des effets sur la sphère pelvienne donc sur les appareils reproducteurs, digestifs, mais également respiratoires de par les attaches musculaires et l'utilisation des nageoires postérieures.

Les muscles droits de l'abdomen s'insérant sur le pubis seront accessibles via le plastron de par leur origine. Une manipulation de la zone entraînera une mobilisation du bassin et structure qu'il contient. De plus, ce muscle principalement connu pour son rôle dans la respiration, pourrait être manipulé de manière synchrone avec ses homologues les testoscapularis et testocoracoïdeus.

Les muscles locomoteurs des nageoires postérieures se trouvent innervés par le nerf obturateur et tibial provenant du plexus sacré, ce dernier prenant origine dans le canal vertébral des dernières thoraciques, accessible par projection via la carapace.

C'est en reprenant un des principes fondamentaux de l'ostéopathie, l'unité de l'être, qu'il sera possible de constater l'accès à ces structures, mais également les bénéfices et conséquences directes que cela aurait sur les structures avoisinantes.

De ce fait, la manipulation des ceintures pectorale et pelvienne auront une incidence directe sur la locomotion ainsi que sur la respiration grâce aux muscles environnants, deltoïde, pectoraux, maliens, puboischiofemorales, pubotibialis, droit de l'abdomen, testos. Mais également aux nerfs, radial, scapulaire, deltoïde, sciatique, fémoral et tibial. Afin de contacter ces structures, il est nécessaire de placer ses mains sur la carapace en regard de ces dernières comme présenté sur le schéma ci-dessous.

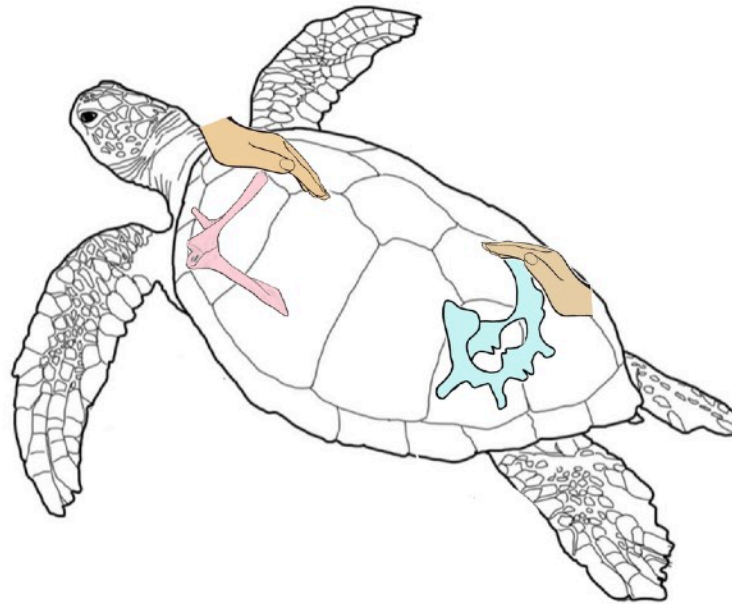


Figure 21 : Schéma du placement de main adopté pour contacter les ceintures pectorale et pelvienne

Dans le cas de la carapace, il est donc intéressant de travailler sur la zone antérieure, sur les os neuraux principalement, au vu de l'attache de la huitième cervicale ainsi que les deux premières thoraciques où on retrouve les attaches de la structure triradiée. Et sur la zone postérieure, sur les os neuraux huit et neuf par rapport à de l'attache de l'os coxal. Une exploration des os pleuraux antérieurs peut également être bénéfique de par l'insertion importante des muscles respiratoires.

Dans le cas du plastron, il est intéressant de se placer en avant en regard de la structure triradiée et postérieurement sur la zone d'insertion des droits de l'abdomen.

III. Approche viscérale

Comme évoqué auparavant, la carapace d'une tortue peut être comparée à un crâne, c'est pourquoi l'approche viscérale est similaire à l'approche des structures internes à la boîte crânienne comme la faux du cerveau, tente du cervelet...etc.

Elle réside donc dans une approche indirecte par l'intermédiaire des structures osseuses et musculaires présentes chez l'animal.

1. Respiration

Le diaphragme occupe une place importante en ostéopathie. Outre le fait d'être le principal muscle de la respiration, ce dernier entraîne une alternance de pression-dépression sur les grands collecteurs que sont les vaisseaux artériels, veineux et lymphatiques.

L'alternance de pression sur les vaisseaux ramène le sang veineux, pauvre en oxygène, au cœur. Le bon drainage du corps va donc dépendre de la bonne vigueur de la « pompe ».

Un dysfonctionnement ou des tensions sur le diaphragme peuvent être responsables de troubles digestifs ou du retour veineux, de cervicalgies, lombalgies...etc. Cependant, les tortues ne possèdent pas de diaphragme, en contrepartie elles ont développé une alternative à celui-ci dans la respiration pulmonaire.

Le processus de respiration est un processus fatiguant, l'inspiration et l'expiration sont actives, par intermédiaire des muscles périphériques de la cavité viscérale, des muscles pulmonaires intrinsèques, des mouvements des membres et du cou.

On recense 4 muscles principaux :

- testocoracoïdeus
- testoscapularis
- droits de l'abdomen (droit et gauche)

La contraction du droit de l'abdomen déclenche l'expiration en pressant les viscères (positionnés ventralement) contre les poumons (positionnés dorsalement) par l'intermédiaire du plastron, ce qui augmente la pression intrapulmonaire.

La contraction du testocoracoïdeus et testoscapularis se fait en synergie avec les mouvements des nageoires antérieures afin d'entraîner une diminution de la pression intrapulmonaire.

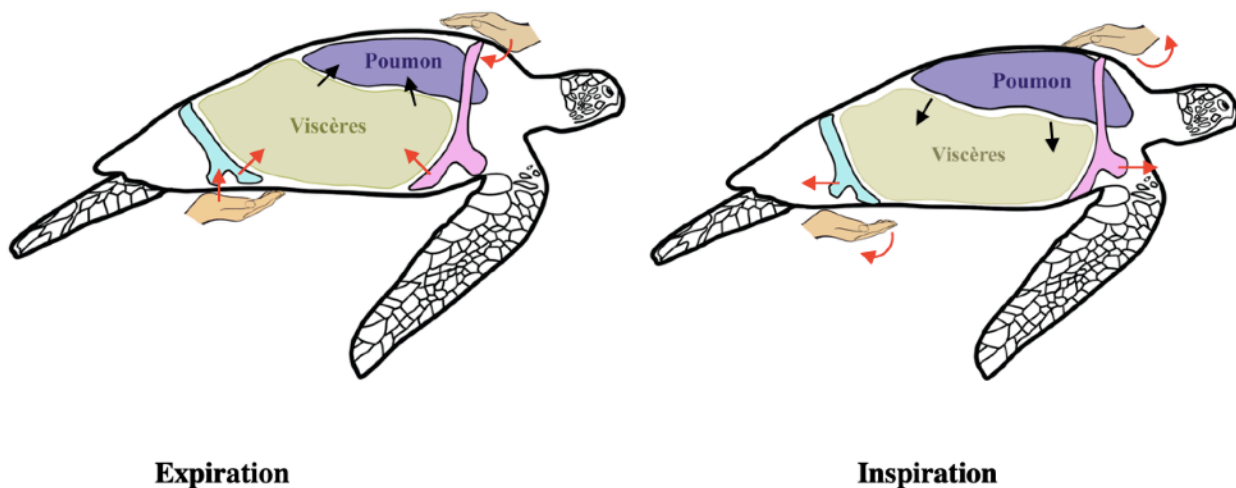


Figure 22 : Schémas du placement de mains à visée d'écoute et d'accompagnement respiratoire

L'approche consisterait ici en une écoute et un accompagnement des mouvements d'expiration et d'inspiration avec une main sur le plastron et l'autre main en projection de la gaine pectorale et de l'insertion des muscles mis en cause.

Le schéma ci-dessus représente les placements de main à adopter lors d'une écoute ou d'une manipulation à visée viscérale, pulmonaire. Les flèches rouges indiquent les mouvements des pièces osseuses lors de l'inspiration et de l'expiration, et qui peuvent également être induits lors de manipulation. Les flèches noires quant à elle représentent les pressions appliquées sur les poumons par les viscères induisant la respiration.

Les manipulations cervicales sont également à inclure lors d'approche de la respiration ; effectivement les muscles antérieurs étant innervés par les nerfs rachidiens cervicaux, la manipulation cervicale via des techniques de mobilisation ou encore des techniques myotensives, serait également bénéfique.

Il sera également intéressant d'inspecter la zone viscérale, approche expliquée par la suite. Comme le montrent les schémas précédents, les viscères jouent un rôle majeur dans la respiration, notamment l'estomac ayant un lien ligamentaire direct avec le poumon gauche. Des tests viscéraux individuels seraient donc appropriés, la zone étant plus accessible en passant par le plastron (plus souple).

2. Sphère digestive

Dans le cas de tortues en centre de soins, il est impératif d'inspecter la sphère digestive, ces dernières étant souvent retrouvées avec du plastique ingéré : bouchon, briquet...etc. L'ingestion de corps étranglés impactent, et ce de manière non négligeable le fonctionnement physiologique des organes et peuvent avoir des effets tels que l'obstruction, le transfert de composés toxiques ou encore la réduction alimentaire. En effet, certaines d'entre elles peuvent prendre plus de trois semaines à se nourrir, bien que des repas frais soient proposés chaque jour.

Le cycle d'alimentation de la tortue étant variable, celle-ci pouvant se nourrir plusieurs fois dans une même journée ou à l'inverse ne rien manger pendant quelques jours.

Le travail fonctionnel sera à privilégier en projection sur la carapace et, un travail tissulaire avec les muscles de la respiration et liens ligamentaires des organes. Comme avec les mammifères terrestres, la prise en compte du système nerveux et circulatoire est importante. En ostéopathie, le travail viscéral se fait également par l'intermédiaire des liens métamériques, liens existants entre une vertèbre et un viscère et ce, grâce aux nerfs sortant de la vertèbre et rejoignant le viscère. Contacter et normaliser une vertèbre peut donc avoir un effet sur le viscère innervé correspondant.

Les tortues pouvant être retrouvées avec des hameçons dans le nez, la bouche, la sphère haute de l'appareil digestif se devra également d'être explorée par l'intermédiaire de mobilisation, tout en prenant garde au bec pouvant s'avérer très tranchant.

IV. Approche de la carapace

La différence d'approche majeure de la tortue marine réside principalement dans l'appréhension de la carapace et des structures qu'elle y enferme. On compte donc les viscères, mais également les ceintures pelvienne et pectorale.

Tout comme pour le crâne, les mouvements du rachis cervical et coccygien sont exempts de toute contrainte liée à la carapace et leurs mouvements/rerelations au corps ne diffèrent pas des autres mammifères. Le développement se fera donc sur les différences majeures.

1. Objectivation de la mobilité de la carapace

1.1. La carapace

Afin de déterminer les mouvements articulaires de la carapace, il est important de se pencher sur l'ossification de celle-ci.

Comme il a été dit dans la partie 4.2.2, l'ossification progressive des vertèbres et des côtes se fait donc par l'intermédiaire de processus membraneux et endochondraux. Les différentes pièces osseuses sont séparées les unes des autres par des structures spéciales : les *sutures*.

Ces sutures, très lâches à la naissance, confèrent à la carapace une grande élasticité, permettant les déformations nécessaires au développement rapide de la tortue. Une fois la croissance terminée, les sutures n'étant plus sollicitées vont se fermer de manière progressive jusqu'à avoir une carapace totalement ossifiée. L'hypothèse émise est qu'elles deviennent alors des synfibroses. Bien qu'infimes, des mouvements articulaires seront tout de même permis dans ces zones.

Etant différent de la structure d'un rachis de mammifères domestiques, une description des mouvements permis des os de la carapace est nécessaire pour la bonne compréhension de la biomécanique de celle-ci. C'est grâce à cela qu'il sera possible par la suite d'étudier la mécanique globale de la carapace et donc, de savoir comment l'aborder. Ensuite cette étude permettra d'établir un parallèle avec la biomécanique crânienne.

L'organisation de la carapace laisse aux os neuraux et donc à la colonne vertébrale des mouvements majeurs de RS et RF, et des mouvements mineurs RH. En prenant les référentiels crâniens, en ce qui concerne les os pleuraux correspondant aux expansions des côtes, les mouvements majeurs sont les mouvements d'abduction et d'adduction pouvant être traduits par des mouvements de RI et RE ; les mouvements mineurs étant des RS. Les os périphériques de par leurs liens osseux avec les côtes suivent leurs mouvements. Les schémas suivants représentent les mouvements décrits ci-dessus.

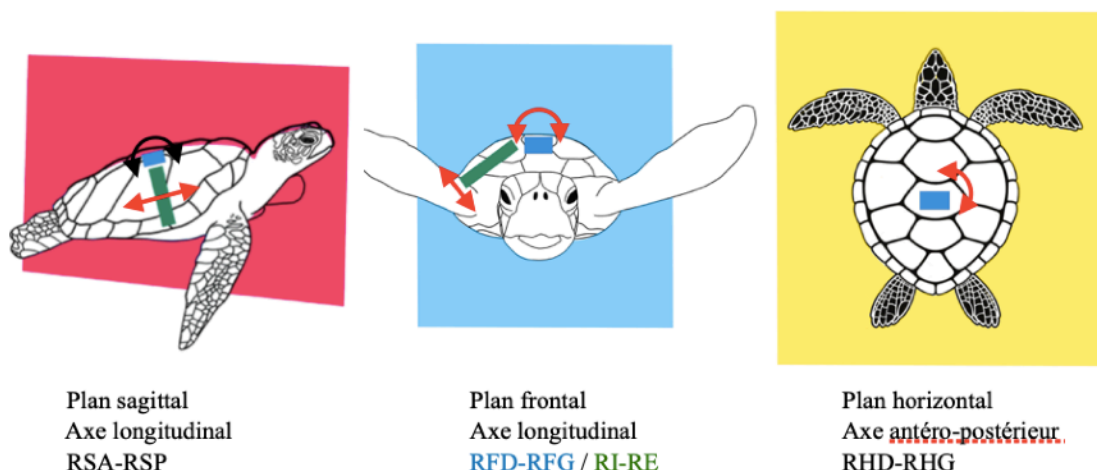


Figure 23 : Schémas des mouvements permis des structures osseuses de la carapace dans différents plans. Os neuraux (bleu), os pleuraux (vert)

1.2. Le plastron

Tout comme pour la carapace, des articulations cartilagineuses peuvent occuper la place des sutures entre les plaques osseuses du plastron et permettre des pliures, autrement dit des mouvements. Ces mouvements permis seraient alors des RS et RI/RE pour les articulations hypo-hyoplastron et hypo-xiphoplastron au même titre que les os neuraux et pleuraux. L'épiplastron et l'entoplastron quant à eux, sont plus libres de mouvement de par leur position anatomique, ce qui leur confère des mouvements de RS, RF, RH.

L'articulation même de l'entoplastron avec l'épiplastron peut être comparée à celle du sacrum au bassin. Leurs mouvements étant rarement dissociés, ces deux os sont considérés comme un seul et même os dans le mouvement.

1.3. Mouvements combinés de la carapace et du plastron

Comme décrite dans la partie 1 (IV - 1) , les éléments de la carapace et du plastron sont reliés par un pont osseux. Les articulations suturales entre le plastron et les contreforts peuvent se desserrer jusqu'à être des charnières mobiles pouvant fermer partiellement ou totalement la coque. Ce relâchement permettrait alors à la carapace et au plastron d'être en continuité l'un de l'autre et ainsi de présenter des mouvements « globaux ».

Un mouvement de l'hyoplastron, en lien avec le pont osseux via des sutures entraînerait un mouvement dit compensatoire de ce pont. Ce dernier influencerait le mouvement des os périphériques et donc des os pleuraux.

Ce lien permettrait entre autre d'expliquer une possible compensation de la carapace due à une dysfonction localisée sur le plastron et inversement. Ceci rejoint fortement l'idée de mouvement crânien, un mouvement à la base entraînant des compensations en périphérie.

2. Parallèles entre crâne humain et carapace

La deuxième hypothèse de ce mémoire est l'existence d'une similitude entre le fonctionnement biomécanique du crâne et celui de la carapace. Il faut comprendre ici que l'hypothèse formulée sous entend que les mouvements de la carapace et ses dysfonctions sont similaires à ceux retrouvés en ostéopathie crânienne, et non pas que les dysfonctions crâniennes d'une tortue influencent les dysfonctions de sa carapace. La correspondance de ses deux structures sera donc abordée suite à des brefs rappels ostéopathiques et anatomiques crâniens.

2.1. Rappels ostéopathiques crâniens chez l'humain

Tout d'abord, il est important de revenir sur le contexte des débuts et les bases de l'ostéopathie crânienne ainsi que du mouvement respiratoire primaire (MRP).

C'est William Garner Sutherland, DO qui a découvert et par la suite enseigné l'ostéopathie crânienne dans les années 1900. Ce fut le premier à percevoir un mouvement subtil et palpable dans les os du crâne. C'est par la suite qu'il a découvert la continuité de ce mouvement dans tous les tissus du corps. Bien qu'encore controversée aujourd'hui, cette approche permet néanmoins de traiter de nombreux problèmes que d'autres techniques ne permettent pas de résoudre notamment chez les jeunes individus.

L'ostéopathie crânienne est partie d'une interrogation de Sutherland : pourquoi les os du crâne comportaient-ils des biseaux ? C'est en demandant à Still si des mouvements étaient possibles que celui-ci lui a répondu « que ferait le cerveau si les os du crâne ne bougeaient pas ? »

C'est alors qu'il mit en évidence après de nombreuses études et expérimentations l'existence du mécanisme respiratoire primaire en continuant sur le chemin de Still :

« Alors que je restais à contempler, tout en pensant, inspiré par la philosophie du Dr. Still, mon attention fut attirée par les biseaux des surfaces articulaires de l'os sphénoïde. J'eus soudain cette pensée, - comme une pensée guide -, 'biseautés, comme les ouïes du poisson, indiquant une mobilité pour un mécanisme respiratoire'. »

2. Sutherland WG: The cranial bowl USA: Free Press Company; 1939.

Sutherland considérait le MRP, comme étant une triade, composée du mouvement inhérent du système nerveux central, de la fluctuation du LCR (Liquide Céphalo Rachidien) et des membranes de tensions réciproques, provoquant alors la mobilité des os du crâne, et la mobilité du sacrum entre les iliaques.

En effet, à l'inspiration le cerveau se dilate et à l'expiration il diminue de volume car les fluides montent dans le crâne lors de l'inspiration et sont drainés vers l'extérieur lors de l'expiration.

Voilà comment il le décrivait :

« Le cerveau bouge involontairement et rythmiquement à l'intérieur du crâne. Ce mouvement involontaire et rythmique implique dilatation et contraction des ventricules pendant les cycles respiratoires. L'alternance de dilatation et contraction ventriculaire influence l'activité circulatoire du liquide céphalo-rachidien ; de même l'activité circulatoire influence le mouvement des membranes arachnoïdiennes et dures, et au travers de la membrane spécifique de tension réciproque (...), engendre de la mobilité dans les articulations de la base ».

W. G. Sutherland, 1939, la coupe crânienne, Textes fondateurs de l'ostéopathie dans le champ crânien, p. 132

Selon Sutherland, les différences d'ossifications existantes au sein du crâne expliqueraient sa flexibilité, car en réponse aux principes de l'unité de l'être, s'il existe une mobilité articulaire à la base du crâne, celle-ci doit forcément être compensée quelque part d'une manière ou d'une autre.

La mécanique crânienne comprend un mouvement à la base d'os d'origine cartilagineuse et, de compensation en périphérie elle-même composée d'os de la voûte et de la face d'origine membraneuse.

Il divisa alors les os du crâne en 3 catégories distinctes : les os de la base composée du sphénoïde, des temporaux et la partie basilaire de l'occiput ; les os de la voûte composée du frontal, des pariétaux et de la zone suturale de l'occiput ; et enfin les os de la face composée des maxillaires, des palatins, des zygomatiques, des lacrymaux, du vomer et de l'ethmoïde.

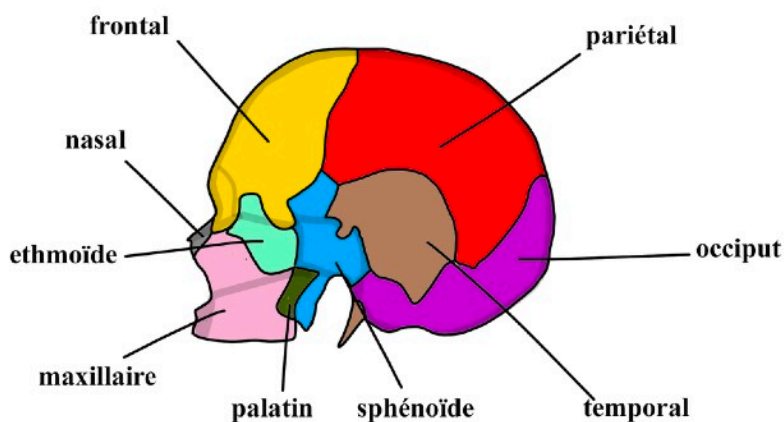


Figure 24 : Coupe médiane d'un crâne humain

Ce MRP a pour origine la symphyse sphéno-basilaire (SSB), articulation centrale du crâne comprenant l'occiput et le sphénoïde et, caractérisée par deux phases :

- Une première phase d'expansion ou flexion, c'est l'inspiration crânienne. Durant laquelle le diamètre transversal augmente alors que le diamètre antéro-postérieur diminue.
- Une deuxième phase de récession ou d'extension c'est l'expiration crânienne. Durant laquelle le diamètre transversal diminue alors que le diamètre antérieur postérieur augmente.



Figure 25 : Schémas de la SSB en phase d'expansion et de récession

Les os impairs, occiput et sphénoïde sont situés sur une ligne centrale du crâne et tournent autour d'un axe transversal et ils auront des mouvements décrits comme flexion et extension. Le frontal quant à lui fait l'exception, étant décrit comme deux héli-frontaux chacun tournant autour d'un axe vertical.



Extension

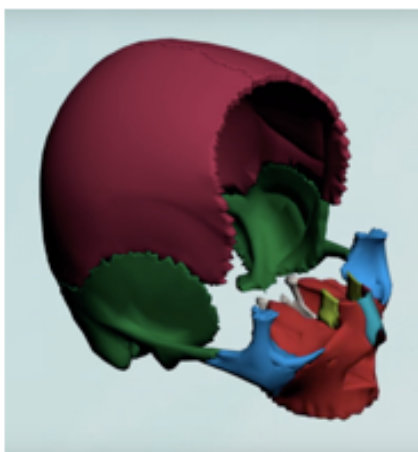


Flexion

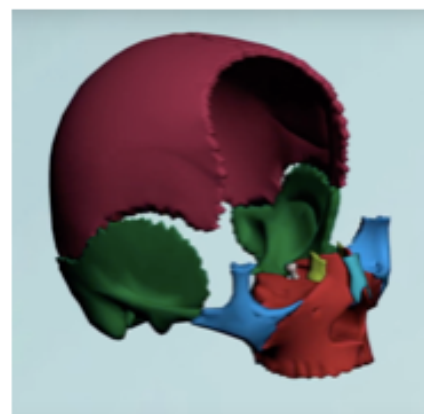
Figure 26 : Reproduction 3D des os impairs du crâne. « *Biomécanique Crânienne Générale* » <https://www.youtube.com/watch?v=pU6EQc-xLBo&t=1507s>

Les os pairs, frontaux, maxillaires, zygomatiques, temporaux...etc. sont situés de part et autre de cette ligne centrale, ils auront des mouvements décrits comme rotation interne et externe.

Pour expliquer les mouvements périphériques induits par les os de la base on parlera alors de sphère d'influence ou encore de cadrants. La sphère antérieure se compose du quadrant antérieur gauche et antérieur droit et la sphère postérieure du quadrant postérieur gauche et postérieur droit.



Extension



Flexion

Figure 27 : Reproduction 3D des os pairs du crâne. « *Biomécanique Crânienne Générale* » <https://www.youtube.com/watch?v=pU6EQc-xLBo&t=1507s>

La sphère antérieure est régie par le sphénoïde qui commande/influence principalement les os de la face tel que, les fontaux, zygomatiques, lacrymaux, incisifs...etc. La sphère postérieure est quant à elle, régie par l'occiput et influence les pariétaux, les temporaux, l'atlas et le sacrum.

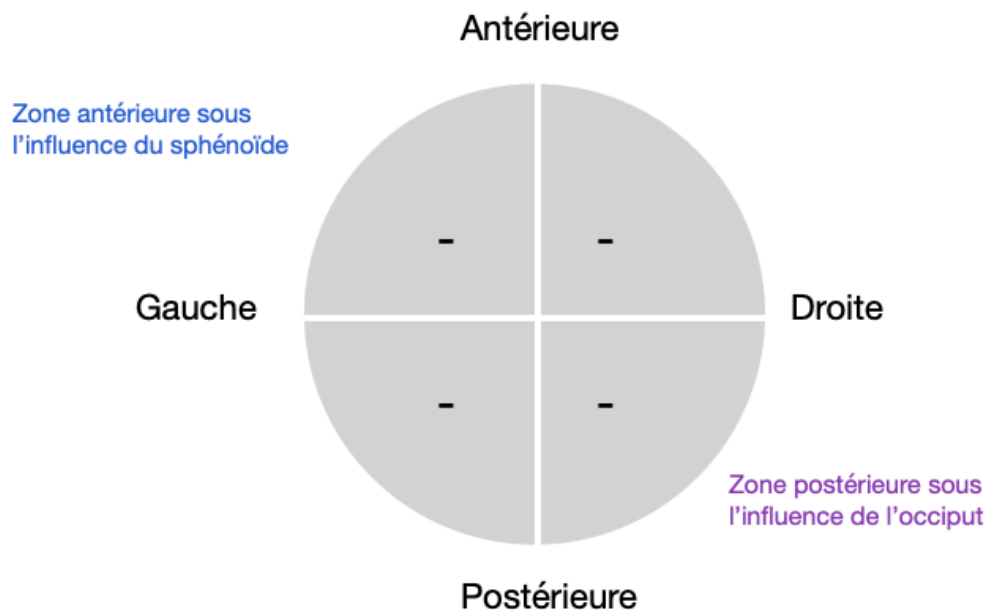


Figure 28 : Sphère d'influence du crâne

Le mouvement articulaire optimale du crâne nécessite une bonne flexibilité de l'os et des os adjacents ainsi qu'une bonne liberté des membranes de tensions réciproques (MTR).

Un os doit donc avoir assez de flexibilité et de mobilité dans ses sutures pour bouger dans une amplitude normale sans contrainte ; les os avec lesquels ils s'articulent doivent eux aussi être souples pour suivre de tels mouvements et les compenser sans tension. Si une suture quelconque d'un os vient à se serrer pour une raison x, cette suture créera un point de ralentissement et induira une perte de mobilité pour ensemble de l'os considéré, mais également pour celui avec lequel il s'articule.

Les mouvements de base de la SSB, la flexion et l'extension sont considérés comme libres s'ils sont accompagnés par une suite de mécanismes compensatoires dans tout le crâne, de telle façon que les os influencés par l'occiput et le sphénoïde puissent s'adapter à des positions variées. Si une influence quelconque restreint et/ou dévie leur amplitude de mouvement, la flexion et l'extension continuent à se produire mais de façon pervertie. On parlera à ce moment de dysfonctions crâniennes ; selon les cas elles se nommeront torsion, flexion latérale rotation (FLR), strain...etc.

2.2. Analogie entre MRP crânien et mobilité de la carapace

C'est en reprenant les principes de l'ostéopathie crânienne et les phénomènes du MRP que l'hypothèse d'une possible similitude entre crâne et carapace est apparue.

Comme vu précédemment les mouvements des os du crâne sont induits par les mouvements des structures internes et permis par les différentes ossifications de ceux-ci.

Chez la tortue, les mouvements internes retrouvés résultent des mouvements propres des organes, mobilité et motilité, mais également des mouvements induits par la respiration.

Ces mouvements se font par l'intermédiaire des muscles de la respiration présentés en partie 4.3.2, s'insérant sur la carapace et induisant des pressions sur les organes afin d'accomplir le rôle de diaphragme, phénomène développé en partie 2 (III - 1.). Sans oublier les muscles des ceintures pectorale et pelvienne prenant origine sur la structure interne et s'insérant sur la carapace ou encore le plastron.

La carapace et le plastron étant des lieux d'insertion musculaire, ligamentaire et osseux, ils sont donc soumis à de forte pression, traction et contrainte interne constante.

La première hypothèse serait donc que les mouvements de compression et d'expansion des organes, ainsi que la contraction des muscles et les mouvements articulaires des nageoires, auraient un impact direct sur la carapace par l'intermédiaire de leur proximité et de leurs insertions directes ou indirectes sur cette dernière.

Le deuxième parallèle pouvant être établi se base sur les différentes origines osseuses de la carapace. Le plastron, les vertèbres, les côtes et os dermiques de la carapace résultent d'ossifications différentes. Le plastron d'origine cartilagineuse pourrait être comparé aux os de la base du crâne, de la même constitution. Les expansions des os pleuraux et neuraux résultant quant à eux d'une ossification membraneuse pourraient être comparées aux os de la face et de la voûte, bien que ceux-ci aient également des composantes d'ossification endochondral pour l'arc vertébral et le corps de la côte.

Le parallèle pouvant être établi sur leur aspect anatomique, il pourrait également l'être sur la physiologie ; en effet, si le mouvement crânien résulte de mouvements compensatoires, d'ossifications différentes et de sutures, pourquoi en serait-il autrement pour la carapace ?

Cette dernière étant une coque rigide composée de plusieurs os articulés protégeant des organes internes vitaux mobiles tout comme la boîte crânienne et le cerveau.

La seconde hypothèse serait alors que des mouvements articulaires à la base se répercuteraient sur les os en périphérie comme décrite en ostéopathie crânienne ; un mouvement à la base et une compensation en périphérie.

La différence chez la tortue résiderait cependant dans le fait qu'il y aurait deux centres de mouvements primaires, deux bases : la première étant le plastron, la deuxième étant les os neuraux comprenant le corps vertébral et donc la dure mère et la moelle épinière. En effet, si les os de la base sont d'origine cartilagineux, le plastron fait alors office de base ainsi que les os neuraux également puisqu'ils sont constitués en partie des arcs vertébraux eux aussi d'origine cartilagineuse. Ces mouvements de bases seraient alors compensés par les os périphériques : les os pleuraux, périphériques et suprapygale. Les mouvements compensatoires pourraient alors avoir deux origines, le plastron ou l'arc vertébral là où le crâne n'a que la SSB en guise « d'origine ».

L'approche ostéopathique de la carapace serait donc globale au premier abord afin d'apprécier les mouvements permis et induits. On pourrait alors retrouver des mouvements globaux semblables à des flexions/extensions, puis, cibler en se fixant sur le long de la colonne afin d'apprécier la fluctuation du LCR et ainsi la connectivité crânio-sacrée.

Les os périphériques pourraient alors être abordés comme des cadrants en approche globale, puis individuels en approche ciblée tout en gardant en tête les liens internes avec les organes et muscles présents.

2.3. Schémas corporels adaptatifs

En adoptant l'idée de l'existence d'un parallèle entre le crânien et la carapace, il est émis l'hypothèse que le plastron jouerait alors le rôle de la SSB avec l'épiplastron et l'entoplastron dans le rôle de l'ethmoïde, l'hyoplastron dans le rôle du sphénoïde et l'hypoplastron ainsi que le xiphoplastron dans le rôle de l'occiput.

Les os neuraux, pleuraux et périphériques eux joueraient le rôle des os périphériques du crâne et seraient donc soumis à l'influence du plastron par l'intermédiaire de cadrans, antérieur et postérieur droit et gauche. L'hyoplastron aurait sous son influence les os neuraux pleuraux et périphériques de la moitié antérieure de la carapace, c'est à dire du premier au cinquième os neural et les os pleuraux et périphériques les entourant. L'hypoplastron et le xiphoplastron quant à eux influenceraient la partie restante de la carapace postérieurement, c'est à dire du sixième au dixième os neural et les os pleuraux et périphériques correspondants.

Le schéma ci-dessous indique la corrélation des structures osseuses entre les os de la base du crâne et la plastron :

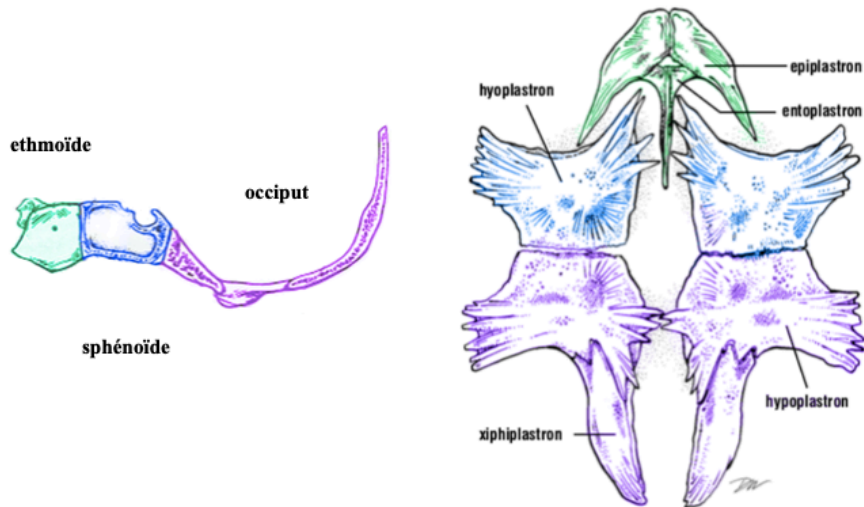


Figure 29 : Schéma comparatif os de la base du crâne et plastron

Comme vu dans la partie IV (2 - 2.1.) les dysfonctions de SSB induisent des schémas crâniens qui diffèrent pour chacune d'entre elles, continuant sur cette réflexion, des dysfonctionnements de plastron induiraient également des schémas « carapaciaux ».

Une transposition des dysfonctionnements crâniens à la carapace donnerait les schémas corporels suivant :

Sur une vue latérale, une extension de la carapace se traduirait donc par un plastron dont l'épiplastron et l'entoplastron sont en RSA , les hyoplastrons en RSP et les hypoplastrons et xiphiplastrons en RSA. Le plastron présentant des articulations interhyoplastron, interhypoplastron et interxiphiplastron, une extension du plastron pourrait également se traduire dans un plan frontal par des RI des os hyoplastrons, hypoplastrons et xiphiplastrons droit et gauche.

Les os carapaciaux quant à eux présenteraient des RI.

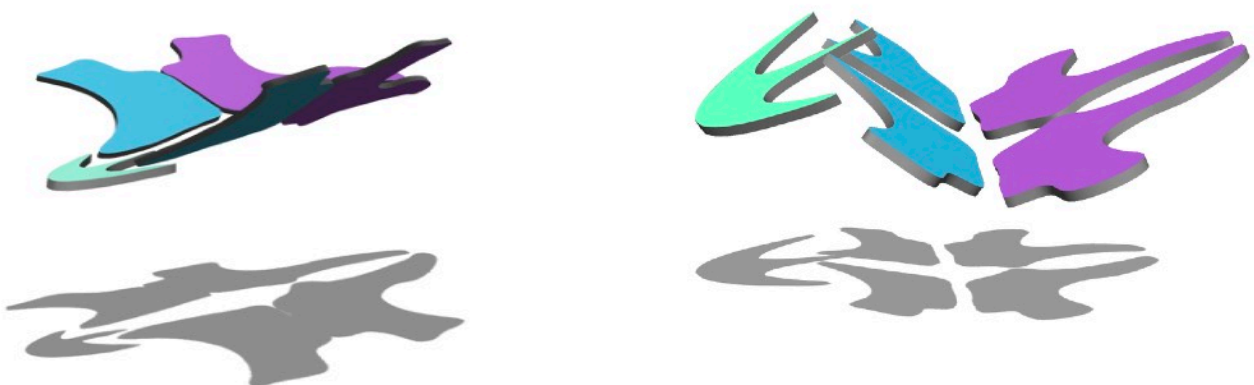


Figure 30 : Illustration 3D du plastron en extension

Sur une vue latérale, une flexion de la carapace se traduirait donc par un plastron dont l'épiplastron et l'entoplastron sont en RSP, les hyoplastrons en RSA et les hypoplastrons et xiphiplastrons en RSP. Le plastron présentant des articulations interhyoplastron, interhypoplastron et interxiphiplastron, une extension du plastron pourrait également se traduire dans un plan frontal par des RE des os hyoplastrons, hypoplastrons et xiphiplastrons droit et gauche.

Les os carapaciaux quant à eux présenteraient des RE.

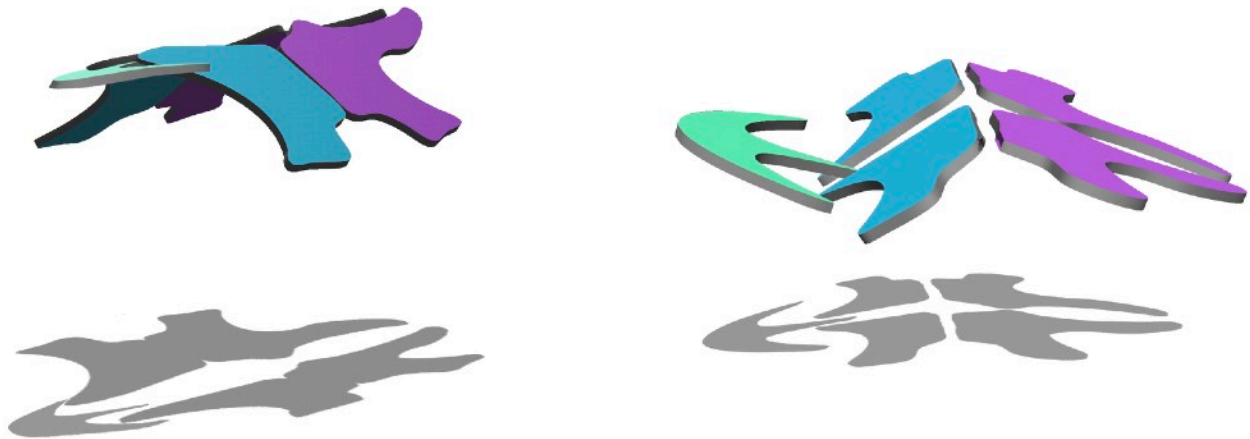


Figure 31 : Illustration 3D du plastron en flexion

En présence d'une torsion droite, les hyoplastrons présenteraient des RFG et les hypoplastron et xiphiplastron des RFD. Les cadrans gauches des os carapaciaux quant à eux seraient en RI et les cadrans droit en RE. Inversement pour une torsion crânienne gauche.

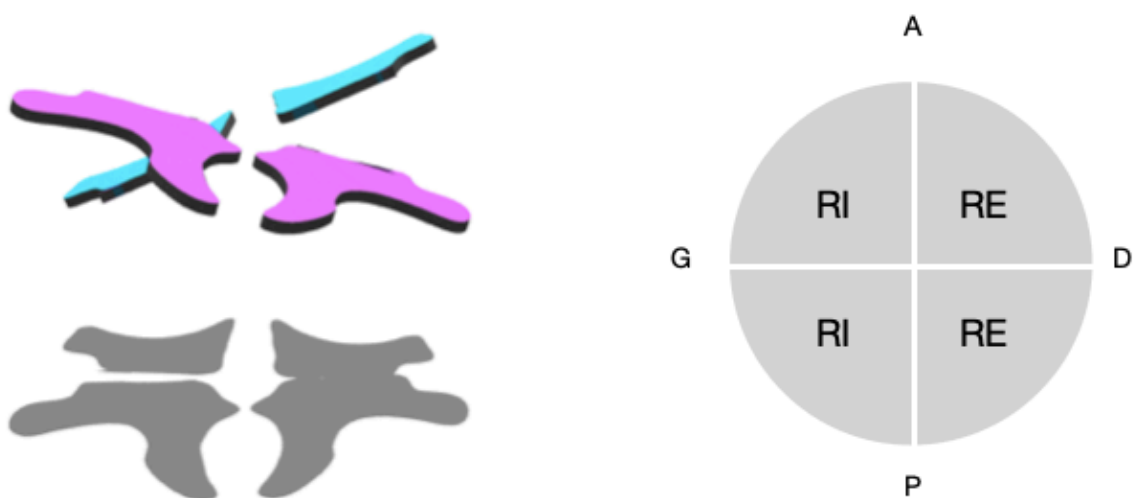


Figure 32: Illustration 3D du plastron en torsion droite et sphère d'influence

En présence d'une FLR (fléxion-latérale-rotation) droite, les hyoplastrons présenteraient des RFG combinés à des RHG et les hypoplastron et xiphiplastron des RFG combinés à des RHD. Le cadran antérieur gauche serait en RE, le cadran antérieur droit en RI, le cadran postérieur gauche en RI et le cadran postérieur droit en RE. Inversement pour une FLR gauche.

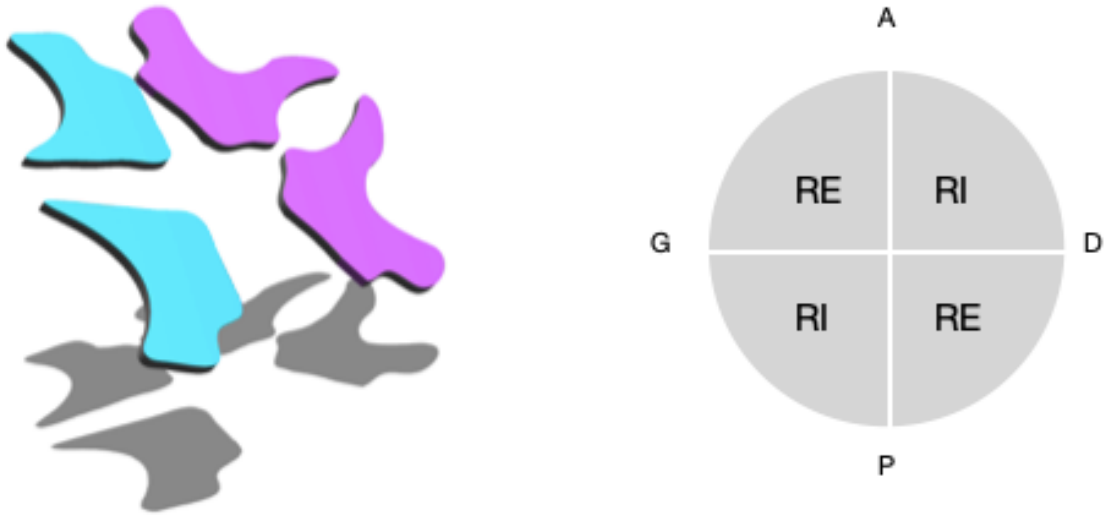


Figure 33: Illustration 3D du plastron en FLR droite, et sphère d'influence

En présence d'un Strain Horizontal droit, les hyoplastrons présenteraient des RHD et les hypoplastrons et xiphiplastrons des RHD. Conformément au crâne, les os carapaciaux ne présenteraient pas de mouvements particuliers. Inversement pour un Strain horizontal gauche.

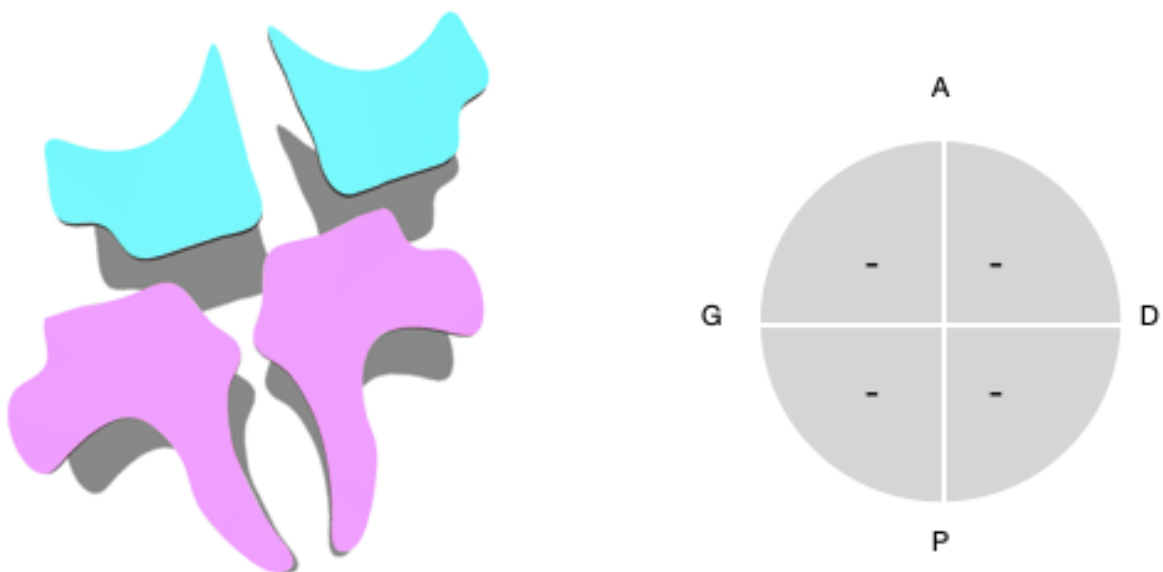


Figure 34 : Illustration 3D du plastron en Strain Horizontal droit, et sphère d'influence

En présence d'un Strain vertical haut, les hyoplastrons, hypoplastrons et xiphiplastrons présenteraient des RSA. Les cadrans antérieurs seraient en RE et les cadrans postérieurs en RI. Inversement pour un Strain vertical bas.

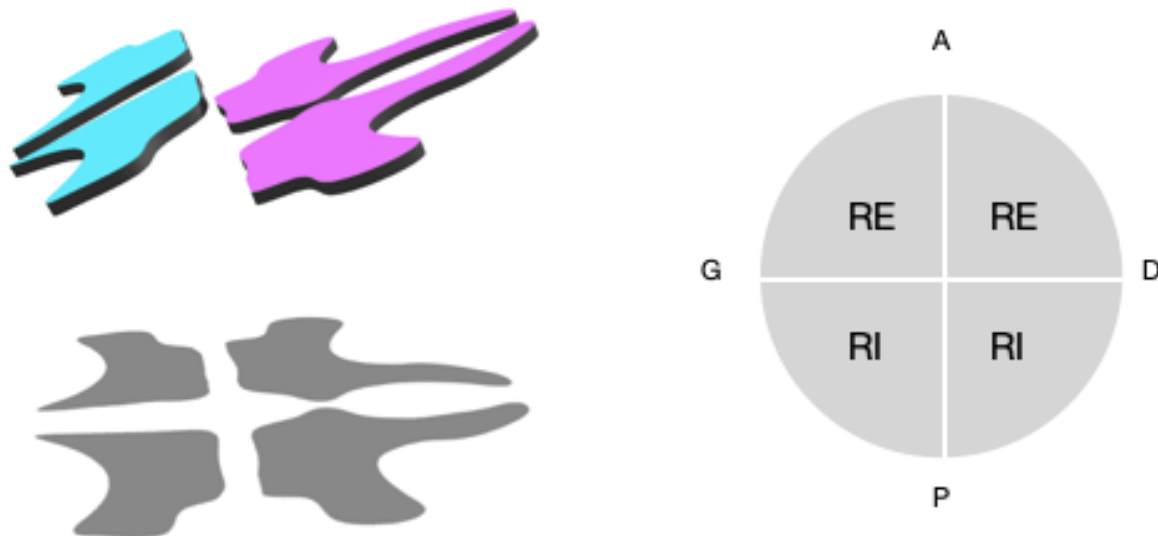


Figure 35 : Illustration 3D du plastron en Strain vertical haut, et sphère d'influence

Ces schémas illustrent des hypothèses, et sont principalement des pistes de réflexions à approfondir.

3. Adaptation des techniques

Si les concepts ostéopathiques peuvent s'appliquer directement aux animaux en général, ce n'est pas toujours le cas pour les techniques, qui nécessitent des adaptations parfois importantes. Il en va de même pour les tortues, bien que certaines techniques puissent être conservées, leur anatomie particulière demande une approche différente.

Les techniques crâniennes et cervicales restent inchangées, si ce n'est que pour les cervicales il est préférable d'opter principalement pour des techniques de mobilisation et des techniques myotensives. Les techniques viscérales quant à elles sont plus difficilement adaptables, c'est pourquoi il est préférable de privilégier une approche viscérale fonctionnelle telle que la triangulation en projection et une approche viscérale mécanique par l'intermédiaire des muscles et ligaments homologues. Un travail vibratoire est envisageable sur des organes en superficie. Les techniques de traitement ostéopathique général (TGO), mobilisation structurelle, faciale, myotensive, s'appliquent facilement aux nageoires antérieures et postérieures lorsqu'il s'agit des articulations basses. Pour ce qui est des ceintures pectorales et pelviennes comme dit précédemment, un travail fonctionnel en projection myotensif et fascial sera plus adapté.

Si l'adaptation des techniques pour le reste du corps de la tortue se fait sans trop de changement, ce n'est cependant pas le cas pour sa carapace. En poursuivant sur l'hypothèse de sa similitude avec un crâne, les techniques adoptées en découleront logiquement.

Un traitement sur zone pour les os neuraux, pleuraux, périphériques et ceux du plastron se fera par action directe ou exagération dysfonctionnelle ou encore par des techniques de modelage, techniques principalement empruntées à l'ostéopathie crânienne ; ce travail peut également se rapprocher d'une manipulation fonctionnelle sur un rachis.

Dans la continuité du traitement, une écoute et harmonisation globale de la carapace en addition avec une harmonisation cranio-sacrée semble appropriée. En effet, si on peut suivre le MRP le long de la colonne, il est également important d'harmoniser tous les cadrants de la carapace pour retrouver un équilibre optimal.

Le travail de la carapace doit se faire en étroite relation avec le travail crânien et sacré, sans quoi les structures internes pourront difficilement être normalisées.

PARTIE 3 - ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

Cette étude a été menée sur des tortues marines présentes en centre de soins, sur un site situé à l'île de la Réunion. L'approche de cette nouvelle espèce a nécessité la mise en place d'un protocole spécifique ainsi que de nouvelles précautions. L'ostéopathie étant une médecine holistique, tous les éléments gravitant autour des sujets devaient être pris en compte (alimentation, environnement...etc.), c'est pourquoi un point sur le contexte de l'étude et donc de l'environnement sera fait.

Dans le cadre de cette étude deux lots seront présentés, ces derniers permettront d'exposer les différences constatées entre les tortues traitées en ostéopathie et les tortues non traitées. Pour ce faire, l'analyse des résultats portera sur les résultats ostéopathiques obtenus mais également sur le comportement des tortues. Cette mise en place permettra alors de valider ou non les hypothèses de départ.

I. Contexte

Kélonia, inauguré le 18 août 2006, est l'observatoire des tortues marines de la Réunion ; il est à la fois un aquarium, un musée, un centre de recherche, d'intervention et de soins consacrés aux tortues marines.

L'île est située dans l'océan indien et l'observatoire est installé en bord de mer plus précisément au bord du lagon de la Pointe des Châteaux au nord de Saint Leu, sur la côte ouest de l'île.

Aujourd'hui, Kélonia accueille quatre espèces de tortues marines parmi les cinq espèces retrouvées dans l'ouest de l'océan Indien. On y retrouve la tortue verte, la tortue caouanne, la tortue imbriquée et la tortue olivâtre. La tortue Luth quant à elle n'est pas rapportée au centre en raison de sa grande taille. De plus, vivant en eaux profondes ces dernières sont rarement pêchées.

Il ne reste aujourd'hui plus que deux femelles venant pondre sur l'île, c'est pourquoi les soignants récupèrent également les fonds de nid composés de jeunes trop faibles pour en sortir. Kélonia possède un centre de soins doté de bassins individuels spécialement affectés aux tortues blessées ou malades. À leur arrivée au centre, les tortues marines sont pesées, mesurées (prise de la longueur droite [LD] et de la longueur courbe [LC] de leur carapace), baguées et éventuellement opérées afin de leur retirer l'hameçon avant d'être mises en quarantaine. Plusieurs traitements à base d'antibiotiques, antiparasitaire, bains d'eau douce sont ensuite mis en place si nécessaire.

Les blessures proviennent généralement de pêche accidentelle, de choc avec des bateaux, hélices ou jet skis, d'ingestion de déchets en plastique, de maladie, d'échouages à cause de pollution. Les filets fantômes font également partie des déchets humains impactant les tortues ; ces filets de pêche volontairement laissés ou perdus dans l'océan par les pêcheurs, souvent presque invisibles, représentent 10% des déchets marins et continuent à piéger des animaux au fil des courants.

Le centre de soins au sens strict est équipé de dix-huit bassins individuels, dont seize de 2m² et deux de 10 m². De plus, Kélonia dispose de cinq grands bassins : le bassin « reproduction », le bassin « mâle », le bassin « femelle », le bassin « tactile » et le « grand bassin » qui leur permettent d'héberger plusieurs tortues. Malgré leur nom, les animaux ne sont pas répartis dans les bassins selon leur sexe et aucune reproduction n'est réalisée sur le site. Certains bassins constituent des bassins de convalescence où transitent les tortues sortant du centre de soins, pour les autres ils sont principalement dédiés à l'exposition des tortues pour le public.

Le site ayant, un accès direct avec l'océan, ce qui lui permet de pomper directement de l'eau de mer afin d'assurer une convalescence optimale des tortues présentes sur le site. Il est important d'assurer un approvisionnement constant en eau de bonne qualité dans tous les bassins, pour cela le taux de renouvellement d'eau par heure est variable selon les bassins. En effet, il va de 24 à 88 % pour les bassins collectifs alors qu'il est de 100 % pour les bassins individuels (centre de soins et bassin «tactile»). Ce renouvellement d'eau de 100 % pour les bassins de faible volume permet notamment d'éviter une augmentation excessive de la température de l'eau.

II. Objectif de l'étude

Parmi les différents objectifs de cette étude, le premier était d'appréhender l'approche et le travail avec les tortues marines afin d'étendre le champs d'action connu des ostéopathes. Bien que cette étude ne soit qu'une ébauche du travail qu'il reste à accomplir, elle permet tout de même de faire apprécier l'apport complémentaire de la pratique ostéopathique dans le cadre de soins vétérinaires prodigués à ces reptiles.

Le but étant qu'elles soient le plus réceptives possible aux séances d'ostéopathie, il fallait donc apprendre à interagir avec elles ; cela passait par l'apprentissage de leur anatomie ainsi que de leur comportement.

Ces séances ont eu pour but d'établir un « référentiel » de ressenti. Le ressenti varie selon les espèces mais également le praticien, souvent assez subjectif, de nombreux facteurs rentrant en compte comme l'anatomie, le tempérament de l'espèce et son milieu de vie.

Les soins apportés à cette espèce étant peu communs, il n'est pas toujours facile de faire la part des choses entre comportement et dysfonction. Chaque animal possédant sa propre sensibilité et réactivité, il est donc indispensable de prendre en compte lors des séances que le travail se fait sur du vivant. Comme pour l'ensemble des animaux domestiques, c'est à dire chevaux, chiens, chats et autres animaux, les séances sont uniques et s'adaptent à chacun, il en va de même pour les tortues.

Enfin, il y a un objectif de soins qui passe tout d'abord par l'appréhension de la carapace, celle-ci étant totalement nouvelle en terme de ressenti et d'anatomie, il était nécessaire d'apprendre à l'aborder, à comprendre ses mouvements et à la traiter. Le but étant d'établir des possibles parallèles entre carapace et crâne.

Selon les besoins des tortues, leur âge et la raison de la présence dans le centre, les soins ostéopathiques pourraient apporter un confort physique et psychique dans son environnement et à court/moyen terme pourrait permettre une réhabilitation plus rapide.

Si l'ostéopathie s'avère efficace, elle pourrait être utilisée plus fréquemment en guise de soin, mais également en prévention pour ces tortues et leur permettre de passer un temps plus réduit au sein du centre. Pour les tortues contraintes à rester sur le long terme, cela permettra d'éviter les compensations physiques et métaboliques liées au déséquilibre qui s'installent avec le temps.

III. Méthodologie de recherche

1. Choix des échantillons et biais

Le centre Kélonia comptait dix cas de tortues dans le centre de soins, cinq d'entre elles étant de jeunes tortues d'environ 11 semaines. Les cinq autres ayant environ dix ans, l'âge et le sexe n'étant pas encore déterminés pour toutes. Les dix tortues étaient de trois espèces différentes, sept tortues vertes, une tortue caouanne et deux tortues olivâtres. Les cinq jeunes étaient les survivantes d'un fond de nid, originellement une vingtaine.

Le but premier de l'étude étant d'appréhender l'approche et le travail ostéopathique sur les tortues, la première décision fut de choisir un premier lot de tortues sur qui serait menée cette étude et donc qui bénéficierait de séances ostéopathiques.

Au vu des circonstances environnementales et de l'objectif de l'étude, le choix des lots s'est fait au maximum dans un but d'homogénéité. Il fut donc décidé que chaque lot se composerait d'adultes et de bébés. Pour les adultes, quatre seront traités : deux tortues vertes, une tortue caouanne, une olivâtre. Les non traités, une juvénile olivâtre et trois bébés feront donc partie d'un lot témoin.

1.1. Lot témoin

Le lot témoin se compose donc de 3 des bébés présents sur le site ainsi que d'une jeune tortue olivâtre. Ces quatre sujets sont arrivés sur le site au cours de cette année (2019) . Dans un souci de clarté les lots seront présentés sous forme de tableau. L'anamnèse et les résultats obtenus sur chacun des cas seront quant à eux présenter plus tard en partie IV.

NOM	AGE	SEXE	ESPÈCES	TAILLE ~ long - largeur	POIDS ~ kg	DATE D'ARRIVÉE
Union	5 ans		tortue olivâtre	62 - 58	20	20/06/2019
P8	1 an		tortue verte	15 - 13	-	11 /01/2019
P12	1 an		tortue verte	13 - 9	-	11 /01/2019
P13	1 an		tortue verte	13 - 10	-	11 /01/2019

Tableau 1 : Présentation des individus du lot témoin

1.2. Lot expérimental

Celui-ci se compose de 2 bébés et 4 adultes de trois races différentes présents sur le site depuis plusieurs années pour la plupart. Les raisons de leur arrivée sur le site diffèrent et seront exposées dans la partie IV.

NOM	AGE	SEXE	ESPÈCES	TAILLE ~ long - largeur	POIDS ~ kg	DATE D'ARRIVÉE
Minus	10 ans		tortue verte	107 - 89	164	02/03/2010
Baloo	9 ans		tortue verte	97 - 77	130	21 /11/2011
Toussaint	10 ans		tortue caouanne	73 - 68	59,7	02/11/2019
Octavia	10 ans		tortue olivâtre	67 - 65	30	04/10/2016
P9	1 an		tortue verte	15 - 12	-	11/01/2019
P10	1 an		tortue verte	15 - 13	-	11/01/2019

Tableau 2 : présentation des individus du lot expérimental

2. Déroulement d'une séance

Il a été décidé que les séances d'ostéopathie se feraient au nombre de deux, avec deux semaines d'intervalle. Les tortues ayant un métabolisme lent, il est préférable de laisser une période post manipulation de quelques semaines (voire mois) afin d'en relever les conséquences et ainsi d'un tirer des conclusions. La deuxième séance est donc surtout présente pour constater ou non une possible évolution dans les dysfonctions de l'animal , et si nécessaire d'effectuer une deuxième séance.

Les tortues du lot témoin n'ont bénéficié d'aucun traitement, mais ont tout de même fait l'objet d'une étude ostéopathique afin de constater la présence ou non de dysfonction d'une séance à l'autre.

2.1 Précautions

Avant de détailler la séance d'ostéopathie et son protocole en tant que tel, il est important d'aborder quelques points fondamentaux.

Tout d'abord, il a été décidé d'un commun accord avec le personnel que les séances d'ostéopathie se dérouleraient dans le bassin des tortues sans aucune contention.

Il était totalement exclu de les sortir, car cela aurait impliqué de les porter, certaines pesant plus de cents kilos ; le déplacement aurait pu provoquer des dysfonctions importantes à la structure osseuse antérieure, ce qui était à proscrire car les tortues sont parfois soulevées par les nageoires antérieures. De plus, certaines d'entre elles ayant une peau extrêmement fragile, notamment les tortues olivâtres, les soulever et les poser sur un sol bétonné aurait provoqué des plaies.

Pour ce qui est de la contention, il a été décidé que les séances se feraient avec le moins de stress possible, au plus proche de l'animal et de ses habitudes environnementales. C'est pourquoi dans la mesure du possible les manipulations se sont faites en immersion, dans l'eau.

Cette mesure n'a malheureusement pas pu être respectée pour les plus grosses qui, de par leur taille, leur poids et donc leur force, représentaient un danger et donc un problème de sécurité.

Concernant les mesures d'hygiène, des bacs de désinfection étaient posés au pied de chaque bassin ainsi qu'un lavabo afin d'éviter la transmission des germes entre les tortues ; c'est ainsi qu'entre chaque manipulation un nettoyage minutieux était réalisé.

La tortue comme tout autre animal face à une situation qui la dérange et la stresse, a le choix entre deux options, la fuite ou l'attaque. C'est pourquoi quelques mesures de sécurité sont à respecter ; bien que peu agressive, il est tout d'abord important de porter une attention particulière à la tête de l'animal, en effet certaines d'entre elles possèdent un « bec » tranchant qui pourrait facilement sectionner un doigt. La force de ces animaux souvent insoupçonnée est également une des raisons pour lesquelles il faut être prudent ; lors de leur déplacement, la force engendrée par les mouvements de nageoire est considérable.

Pour finir, la sécurité et le bien être de l'animal sont primordiaux. C'est pourquoi, il est recommandé de pratiquer le plus à l'ombre possible, dans l'eau ou un fond d'eau et de renoncer à toute manipulation si l'animal est trop stressé et se débat, ceci pouvant causer des plaies physiques et traumatismes psychiques.

2.2. Protocole

Afin de définir les dysfonctions ostéopathiques de chaque sujet, un protocole ostéopathique standardisé a été déroulé. Bien qu'issu de celui mis en place lors de séances classiques, ce dernier a demandé quelques adaptations en fonction de l'environnement de l'espèce. La fiche utilisée lors de la séance de chaque sujet est présentée en annexe 1. Pour rester dans une certaine équité, le protocole a été déroulé de manière identique pour chaque sujet dans la mesure du possible.

Tout d'abord, un système de notation est mis en place par l'intermédiaire d'une fiche comportementale à remplir au cours de la séance. Les notes obtenues permettront par la suite de comparer les résultats en début et fin de séance, afin de mettre en avant une possible évolution en terme de réceptivité. Cette fiche est disponible en annexe 2.

La séance d'ostéopathie commence tout d'abord par une anamnèse, un maximum d'informations est alors récolté ; cela passe par la raison de leur présence sur le site à l'origine, les traitements employés, le comportement adopté, les habitudes et la sociabilité.

Une fois l'anamnèse prise, vient l'observation de l'animal qui se fait en deux temps ; habituellement elle débute en statique afin d'étudier les aplombs de l'animal. Puis vient la dynamique en ligne droite à différentes allures : pas, trot et si besoin en cercle. Pour les tortues, l'étude des aplombs n'ayant pas pu se faire, l'étude statique s'est donc focalisée sur l'état de l'animal. Pour ce qui est de la dynamique, les tortues étant dans des bassins circulaires relativement exigües, les informations récoltées n'ont pas pu être aussi précises qu'à l'accoutumée.

Cependant, afin de palier à ces biais, le protocole s'est adapté de la manière suivante :

- L'observation débute par la statique afin de déceler d'éventuelles anomalies : perte d'écailles, plaies, cicatrices, changement de texture. Le comportement de l'animal nous apporte également de précieuses informations sur la façon de l'aborder et quelquefois la direction que doit prendre la séance.
- Puis, est effectuée observation dynamique de la tortue, bien que biaisée par la forme et la taille du bassin, il est tout de même possible d'observer dans certains cas une préférence de nage pour un sens ou l'autre, ainsi que des mouvements de nageoires anormaux.

Par la suite et pour les plus grandes d'entre elles, l'eau du bassin est vidée pour des raisons de sécurité abordée précédemment. Bien que vidés, ces bassins bénéficient d'une arrivée continue d'eau afin d'assurer le confort des tortues. Pour les moins massives d'entre elles, l'observation se poursuit en pleine immersion dans les bassins.

Ensuite, vient l'approche palpatoire lors duquel le premier contact est crucial et où rien n'est imposé juste proposé. C'est une phase qui peut être longue, mais il est important de mettre l'animal en confiance. Aucune contention n'étant mise en place, il en va du bon déroulement de la suite de la séance.

Les zones du corps sont observées dans l'ordre suivant :

- carapace
- plastron
- membre antérieur droit de haut en bas
- membre antérieur gauche de haut en bas
- membre postérieur droit de haut en bas
- membre postérieur gauche de haut en bas
- queue
- cou
- tête

Le choix de l'ordre se fait dans l'intérêt premier de mettre l'animal en confiance ; les zones comme la tête ou encore la queue ne pouvant être approchées en premier au risque de brusquer l'animal.

La première palpation permet alors de récolter toutes les informations utiles comme : les zones de différences thermiques, une zone de chaleur peut indiquer une inflammation lorsqu'au contraire une zone plus froide peut indiquer une mauvaise circulation sanguine ; les changements de texture, on parle ici de la peau mais également des écailles ; l'état musculaire, afin de déceler d'éventuelles tensions, hypertrophies, densités...sans oublier l'exploration de la zone ORL et des sphères génitales.

S'en suivent les testings, l'ordre d'approche est le même que lors de l'examen palpatoire.

Ainsi, la première chose mise en place est une écoute globale du corps sur la carapace puis le plastron afin d'en retirer le maximum d'informations. La carapace est alors abordée en fonction des études précédemment faites. L'exploration est par la suite plus ciblée, via des tests articulaires des os neuraux, pleuraux et périphériques de la carapace puis sur les os du plastron.

Les tests articulaires, musculaires sont ensuite réalisés sur les membres antérieurs droit puis gauche de haut en bas, puis postérieurs droit et gauche de haut en bas. Il est recommandé de favoriser une approche fonctionnelle et fasciale, les tortues étant plus rapidement « agacées » par des mouvements francs de mobilisation articulaire. Viennent alors les tests articulaires du cou et de la queue ; l'approche crânienne est réservée en dernier, cette zone étant souvent sensible. Tout débute par une écoute crânio-sacrée, puis une écoute crânienne ciblée. Il est alors important d'englober la mandibule dans ses mains pour éviter quelque morsure que ce soit.

Une fois les testing accomplis, la mise en place de traitements est effectuée si cela est jugé nécessaire.

Sur certains animaux, il est impossible d'accéder à certaines informations avant d'avoir normalisé certaines dysfonctions du fait des blocages articulaires/musculaires, c'est pourquoi un contrôle post manipulation et une deuxième séance sont de mises.

2.3. Référentiel de ressenti

Les différences de ressenti relevées entre les tortues marines et les autres mammifères vus à l'accoutumée en consultation seront ici approfondies.

De prime abord, la carapace est dense ; il est possible d'avoir une sensation de bloc, notamment chez les individus les plus âgés et les plus grands. Les nageoires sont assez rigides d'un point de vue articulaire tout comme le tronc cervical, les tortues ne sont pas ce qu'on pourrait qualifier d'animaux souples. Le travail fascial et fonctionnel permet cependant de contacter plus facilement les tissus et ainsi d'obtenir davantage d'informations. Le mouvement est alors lent, mais profond et ample, une notion de fluidité reste présente sur toutes les zones du corps une fois la barrière de densité passée. Comme dit précédemment, le contact est plus difficile à obtenir chez les individus plus âgés et massifs, le travail est alors plus long et minutieux, c'est avec ce genre d'animaux que la notion d'attention et d'intention prend tout son sens. Cette densité accrue pourrait notamment s'expliquer par une carapace plus rigide dans ses mouvements, cette dernière étant nettement plus avancée en terme d'ossification que chez les plus jeunes.

Cycle de vie	Adultes			Juvéniles		
	BASSE	MOYENNE	ELEVÉE	BASSE	MOYENNE	ELEVÉE
TISSU OSSEUX						
Densité			X		X	
Malléabilité		X				X
TISSU MOU						
Densité		X		X		
Fluidité			X			X
Elasticité	X					X
Tension		X		X		

Tableau 3 : Référentiel de ressenti en fonction du stade de croissance des tortues

IV. Présentation des résultats au cas par cas

Dans un premier temps, les séances de chaque sujet seront présentées puis une synthèse des résultats sera effectuée.

Les présentations de chaque sujet comprendront une anamnèse détaillée ainsi que les dysfonctions ostéopathiques retrouvées.

Bien que la prise d'informations durant l'anamnèse se soit fait dans les mêmes conditions pour chaque sujet, il n'a cependant pas toujours été possible d'obtenir tous les renseignements désirés. Certaines tortues n'étant présentes sur le site que depuis peu, les informations concernant le début de leur vie est manquante. De plus l'origine des plaies, ou encore des maladies n'était pas toujours diagnostiquée.

Les résultats des tests seront écrits sous forme d'abréviations, ainsi les vertèbres seront notées « C » pour les cervicales, « N » pour les os neuraux, « P » pour les os pleuraux. Ces abréviations seront suivies d'un nombre indiquant leur numéro comme expliqué en partie 2 (1.Nomenclature).

1. Lot témoin

Cas n°1 : « Union »

Dans le cas de cette tortue, l'approche s'est faite en immersion.

Cette tortue n'a pas été traitée.

UNION	
Anamnèse	Arrivé en 2019 suite à une pêche accidentelle avec un hameçon dans le bec.
Observation et palpation	Stress important Chaleurs : première écaille nucale Dynamique : nageoire antérieure gauche en RI
Dysfonctions ostéopathiques	Humérus gauche : RHI N1 + N2 RSP

Tableau 4 : Présentation des résultats de la première séance d'Union

Lors de la deuxième séance, les observations ainsi que les dysfonctions étaient les mêmes.

Cas n°2 : « P8 »

Les manipulations sur jeunes tortues se font en totale immersion, bien que plus agitées que leurs aînées, elles ont le contact facile et une fois posées dans la main elles s'endorment presque immédiatement.

P8	
Anamnèse	Issu d'un fond de nid, P8 est un bébé tortue verte dont les homologues ont en majeure partie perdu la vie. Mise sous traitement pour soigner ce qui l'affectait (possiblement des champignons), mais sans résultats, puis des bains de formol deux fois par jours sans amélioration ni dégradation, aujourd'hui à une fréquence de 2 fois par semaine. S'en est suivi un épisode de plaies d'origine inconnue sur le plastron et le cou qui furent traitées avec de la VETEDINE et des plaies à la bouche traitées avec des bains de PAROEX. Aujourd'hui elle reçoit un traitement pour les yeux une fois par semaine pour éviter les dépôts de calcaire qui entraînerait un arrêt de la nutrition (si elle ne voit plus alors elle ne mange plus).
Observation et palpation	Rien à signaler
Dysfonctions ostéopathiques	Rien à signaler

Tableau 5 : Présentation des résultats de la première séance de P8

Lors de la deuxième séance les observations étaient les mêmes cependant une dysfonction était apparue : une latéro-flexion gauche cervicale . Les bassins étant circulaires, une préférence de nage unilatérale peut entraîner une dysfonction de ce type.

Cette tortue n'a pas été traitée

Cas n°3 : « P12 »

Cette tortue n'a pas été traitée.

P12	
Anamnèse	Identique à P8
Observation et palpation	Etat général alarmant, peu énergique Dynamique : se laisse principalement flotter
Dysfonctions ostéopathiques	Extension du plastron Carapace : restriction de mobilité globale

Tableau 6 : Présentation des résultats de la première séance de P12

Le jour de la deuxième séance, la tortue n'était plus présente sur le site, elle est décédée dans la semaine suivant la première séance.

Cas n°4 : « P13 »

Cette tortue n'a pas été traitée.

P13	
Anamnèse	Identique à P8
Observation et palpation	Rien à signaler
Dysfonctions ostéopathiques	Crâne flexion Plastron : Strain horizontal droit Carapace : RHD globale + mobilité réduite

Tableau 7: Présentation des résultats de la première séance de P13

Elle est décédée le jour de la deuxième séance, avant d'avoir pu être examinée.

2. Lot expérimental

Cas n°5 : « Minus »

Au vu de sa taille et de son poids, les manipulations se sont faites dans son bassin vidé. Ce qui ne m'a pas permis d'avoir un accès direct au plastron.

La première séance fut difficile, l'approche et la prise de contact mirent du temps à s'établir, Minus avaient des difficultés à se poser et accepter le contact.

MINUS	
Anamnèse	Retrouvé affaibli lors de l'étude du nid avec cicatrice ombilicale non refermée. Prisé d'état difficile et accumulation de petits problèmes de santé. Aujourd'hui son état général s'est amélioré mais elle présente baisse de forme depuis quelques semaines.
Observation et palpation	Impacts sur la carapace Chaleurs : première et dernière écaille vertébrale, Affaissement de deux écailles costales (troisième a droite et quatrième à gauche) Dynamique : rien à signaler
Dysfonctions ostéopathiques	Crâne torsion droite Sacrum axe droit supériorité droite (DD) Carapace latéoflexion droite C3 : RHD + C4 : RHG (latéro-flexion gauche) P6 D : RI P 8-9 G : RI N4 + P4 D et G : RSA Tarse G : extension MRP : lent

Tableau 8: Présentation des résultats de la première séance de Minus

Chaîne dysfonctionnelle : Minus présentait un schéma corporel en S, avec deux latéro-flexions opposées : cervicale à gauche et carapace à droite. La dysfonction primaire présumée est la torsion du crâne. La torsion droite du crâne aurait entraîné la latéro-flexion gauche cervicale par l'intermédiaire des liens ligamentaires et musculaires qu'ils partagent dont le rétracteur du cou. Cette même latéro-flexion engendre alors une tension anormale sur les muscles cervicaux et ainsi une traction de la huitième cervicale. Cette dernière étant soudée à la carapace, il est émis l'hypothèse que cette traction se soit répercutée sur la partie antérieure de la carapace. N4 étant proche de la structure triradiée, les tensions musculaires cervicales (rétracteur du cou) et scapulaires (grand dorsal, grand rond) combinées ont engendré une bascule de la plaque osseuse antérieurement, cette dernière entraînant les plaques pleurales associées. La latéro-flexion droite de la carapace est alors rééquilibrante afin de permettre au corps de garder une certaine rectitude dans sa dynamique. Cette latéro-flexion entraînera le sacrum dans le même sens par l'intermédiaire de la dure mère. La position du sacrum aidant à cette latéro-flexion. Enfin la dysfonction du tarse gauche peut s'expliquer par une tension des muscles de la région pectorale ayant induit une extension de l'articulation. Les deux zones de chaleur retrouvées correspondaient aux zones soumises à de fortes pressions : C8 et le sacrum.

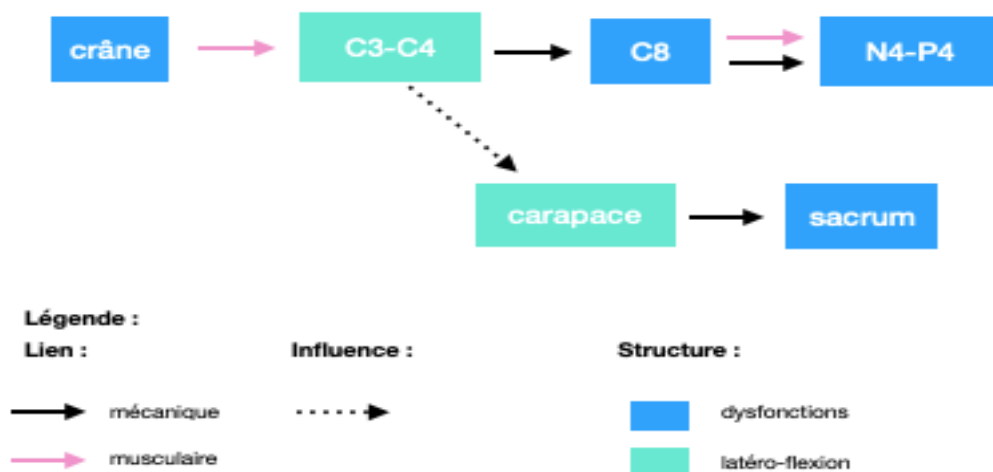


Figure 36 : Schéma de la chaîne dysfonctionnelle de Minus

Le traitement s'est axé sur le crâne ainsi que la normalisation des plaques neurales et pleurales de la carapace par des techniques fonctionnelles d'exagération et des techniques directes.

Des techniques myotensives furent également mises en place pour normaliser les vertèbres cervicales ainsi qu'un travail fascial sur le postérieur gauche.

Lors de la deuxième séance, *Minus* semblait plus réceptive au traitement et l'établissement du contact fut rapide, cette fois elle ne s'est pas déplacée et s'est « abandonnée » assez rapidement au contact.

MINUS	
Observation et palpation	L'asymétrie légère des écailles constatées lors de la première séance est encore présente et les zones de chaleurs se sont rapprochées du centre.
Dysfonctions ostéopathiques	C2 RFD C3 RHD C7-8 RHG Occiput légère RFG Pariétal droit RI Sacrum supériorité droite axe droit Rein droit en position dorsale

Tableau 9 : Présentation des résultats de la deuxième séance de Minus

Cette deuxième séance a permis de révéler une dysfonction rénale qui n'était pas accessible lors de la première séance. Bien que moins ancrées, certaines dysfonctions ; crânienne, cervicales (2 et 3), et sacrum ont été retrouvées synonyme d'une normalisation en cours.

Chaîne dysfonctionnelle : rien ne change, si ce n'est que l'apparition de la lésion rénale ajoute une information relative à la latéro-flexion de la carapace. Cette latéro-flexion droite aurait provoqué une restriction de motilité de l'organe à cause des tensions musculaires engendrées et, une lésion de l'organe.

Cas n° 6 : « Baloo »

Au vu de sa taille et de son poids (130kg), les test et manipulations se sont également faits dans son bassin vidé.

Baloo s'avérant calme, l'inspection du plastron fut possible.

À la surprise de chacun, la première séance s'est faite très calmement *Baloo* s'est immédiatement posé et endormi durant toute la séance, d'une générosité extrême il a accepté tous les test et mobilisations mêmes les plus intrusifs.

BALOO	
Anamnèse	Retrouvé affaibli lors de l'étude du nid avec cicatrice ombilicale non refermée. Déclenche en 2019 un problème d'écaille, dont une totalement absente (cause supposé : champignon) Décrite comme peu patiente - active - qui bouge beaucoup, et essaye de sortir de son bassin (nageoires antérieures passent par dessus le rebord)
Observation et palpation	Perte de la deuxième écaille vertébrale ainsi que des morceaux de plusieurs marginales. Plaies sur les nageoires antérieures (liées au bassin) Zone froide sur l'écaille manquante Dynamique : Rien à signaler
Dysfonctions ostéopathiques	Carapace torsion droite Plastron tendance torsion droite Désynchronisation cranio-sacré MRP stoppé au niveau de l'écaille manquante (N5) Carpe droit : RHI Humérus G : RHE Sacrum supériorité gauche Cervicales latéro-flexion droite C3 et C2 en RFG

Tableau 10 : Présentation des résultats de la première séance de Baloo

Chaîne dysfonctionnelle : Baloo semble être le deuxième cas à présenter une lésion du plastron et de la carapace étudiée en partie IV (2.3. schémas corporels adaptatifs) ; la mécanique d'adaptation de la carapace sera exposée ultérieurement. La lésion primaire présumée est dans ce cas le plastron et la carapace, en effet la torsion engendrée par le plastron est à l'origine de dysfonctions qu'on qualifiera de rééquilibrante. On compte parmi ces lésions la latéro-flexion cervicale et le sacrum. La latéro-flexion cervicale entraînera de manière mécanique la dysfonction de C2 et C3. Pour ce qui est de la dysfonction de N5 au niveau de la perte d'écaille, elle semble liée au MRP, cette perturbation du flux pourrait s'expliquer par les contraintes engendrées sur la carapace à cause de la torsion. Cependant, la perte d'écaille localisée présente elle aussi comme origine dysfonctionnelle la torsion de la carapace. En effet, lors de cette torsion, les mouvements des os du plastron sont perturbés, tout comme ceux de la carapace. Comme étudié précédemment le plastron joue un rôle majeur dans la respiration de la tortue. Un mouvement pervers de ces os induit alors une respiration limitée et par conséquent une mauvaise oxygénation des tissus. La perte d'écaille serait alors liée à une circulation des fluides pervers et donc à une mauvaise oxygénation des tissus. La cause supposé des champignons ne serait donc pas à l'origine de cette perte d'écaille mais y aurait contribué. Ce qui expliquerait pourquoi les traitements semblent inefficaces.

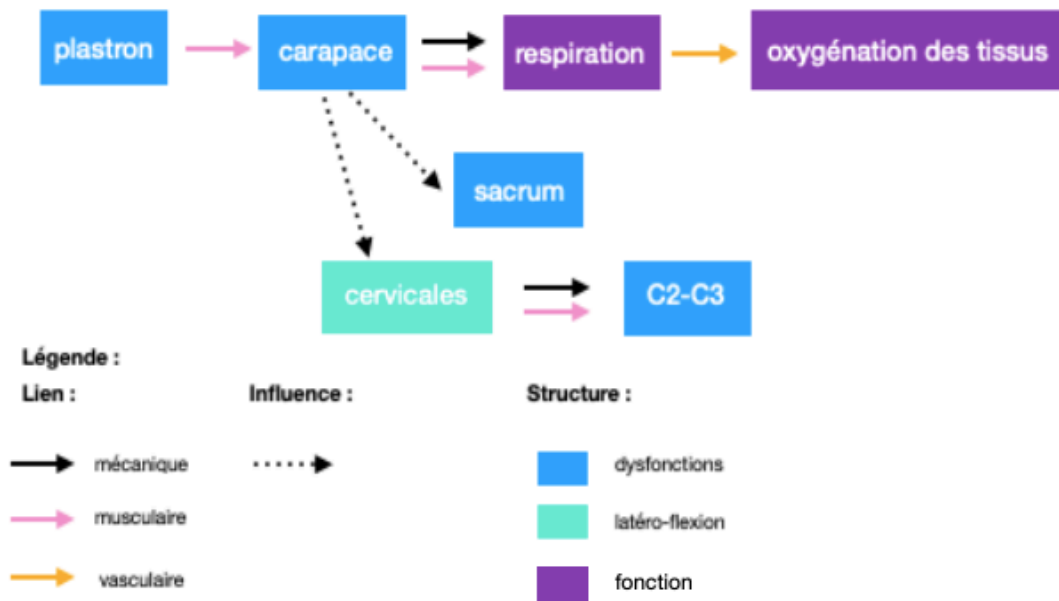


Figure 37 : Schéma de la chaîne dysfonctionnelle de Baloo

Le traitement sur *Baloo* s'est fait principalement en crânien avec un travail sur le MRP et le LCR, et fonctionnel sur la carapace et le plastron.

Les cervicales et les membres ont été normalisés à l'aide de techniques fasciales et myotensives.

Lors de la 2e séance, *Baloo* présentait toujours ses dysfonctions d'écailles cependant l'ensemble du corps était normalisé ou en cours de normalisation et aucun travail ostéopathique ne semblait nécessaire.

L'examen a mis en évidence un MRP lent ainsi que N5 bien qu'en cours de normalisation. De plus son comportement ce jour-ci était plus distant, bien qu'il acceptait quand même le contact il ne semblait pas concentré. Il n'a donc pas bénéficié d'un deuxième traitement.

Cas n° 7 : « Toussaint »

La manipulation et test se sont fait en immersion dans le cas de cette tortue. Elle s'est rapidement posée, mais refusait tout contact avec son épaule gauche.

Toussaint semble être le deuxième cas à présenter une lésion du plastron et de la carapace étudié en partie IV (2.3. schéma corporels adaptatifs).

TOUSSAINT	
Anamnèse	Arrivée en 2019 avec un hameçon dans le bec. Subit une intervention avec anesthésie pour le retirer il y a un mois. Atteinte à l'épaule (ecchymose) enflée et douloureuse d'origine inconnue. Perte d'appétit constaté récemment.
Observation et palpation	Deuxième écaille costale gauche incurvée. Première écaille vertébrale et quatrième costale gauche en RFG Chaleurs : troisième et quatrième écailles vertébrales. Dynamique : difficulté à mouvoir la nageoire antérieure gauche.
Dysfonctions ostéopathiques	Crâne torsion gauche N1 RFG P4 G : RI Carpe G : flexion Carpe D : extension Estomac : cranial dorsal médial Cervicales latéro-flexion gauche Hyoïde TVS G Latéro-flexion gauche globale Plastron FLR gauche

Tableau 11: Présentation des résultats de la première séance de Toussaint

Chaîne dysfonctionnelle : Dans le cas de *Toussaint*, deux chaînes sont présentes.

- La première a pour dysfonction primaire la FLR du plastron qui entraîne la latéro-flexion de la carapace par l'intermédiaire des ponts osseux (phénomène expliqué par la suite en partie V. 1). Mais également N1 et P4 en RFG et RI par l'intermédiaire de la sphère d'influence du plastron.
- La deuxième chaîne a pour dysfonction primaire l'atteinte de l'épaule gauche. La zone étant douloureuse la tortue s'est protégée de la douleur en positionnant ses cervicales en latéro-flexion gauche afin d'éviter toute tension sur la zone. Cette même latéro-flexion pourrait être à l'origine de la dysfonction crânienne, cependant cette dernière étant ancrée, il est plus probable qu'elle résulte d'un problème ultérieur (natal ou prénatal).

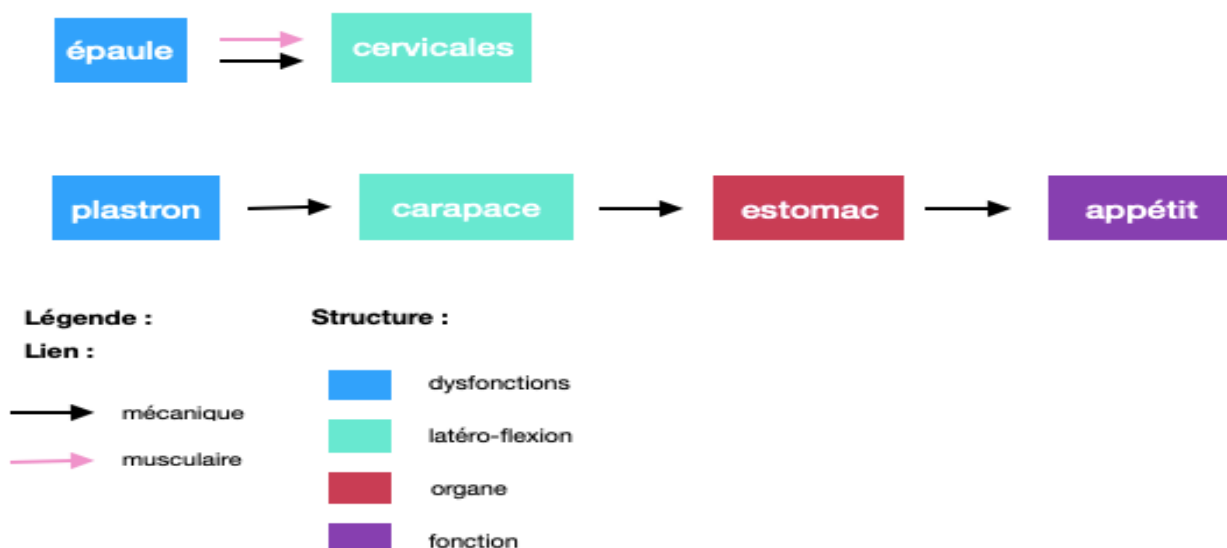


Figure 38 : Schéma de la chaîne dysfonctionnelle de Toussaint

Ces deux chaînes contribuent à la latéro-flexion gauche globale du sujet mais également à la lésion viscérale : l'estomac. En effet celui-ci étant placé à la gauche de l'animal se retrouve sous contrainte du plastron en position dorsale et médiale. Ceci pourrait alors expliquer la perte d'appétit de l'animal.

Son traitement s'est fait tout en douceur, la tortue étant assez anxieuse d'un potentiel contact avec son épaule douloureuse. Un travail crânien et viscéral avec des techniques fonctionnelles ont été privilégiés, ainsi qu'une mobilisation cervicale. L'approche de la carapace s'est d'abord faite par une normalisation du plastron en travail indirect, suivi d'un travail le long des os neurax, via des mobilisations indirecte et directe.

Le schéma corporel étant en partie lié à son épaule, le but n'était pas de lui faire perdre tout son équilibre. La cause primaire étant toujours présente, normaliser l'entière des dysfonctions n'aurait pas été pertinent, c'est pourquoi la visée de la séance était de ramener une meilleure mobilité aux zones en dysfonction.

Lors de la deuxième séance, Toussaint était toujours réticente au contact avec son épaule, mais semblait tout de même plus dynamique qu'à la séance précédente.

TOUSSAINT	
Observation et palpation	Changement de texture de la carapace aux extrémités antérieures et postérieures. Chaleurs : en regard de la ceinture pectorale gauche Dynamique : difficulté à mouvoir la nageoire antérieure gauche, bien que plus mobile.
Dysfonctions ostéopathiques	Estomac : médial Sacrum GD Carapace: RFG + latéro-flexion gauche Latéro-flexion gauche plastron

Tableau 12 : Présentation des résultats de la deuxième séance de Toussaint

Chaîne dysfonctionnelle : Le plastron en cours de normalisation ne présente plus qu'une latéro-flexion, ainsi il influence toujours la carapace en latéro-flexion. Cette même carapace est à l'origine du sacrum qui suit cette latéro-flexion. La RFG de la carapace quant à elle semble davantage liée à la dysfonction de l'épaule. Pour ce qui est de l'estomac, sa position médiale témoigne de de latéro-flexion du plastron toujours présente, le fait qu'il ait cependant récupéré en partie sa position anatomique de base indique que la cause de la dysfonction était bien le plastron.

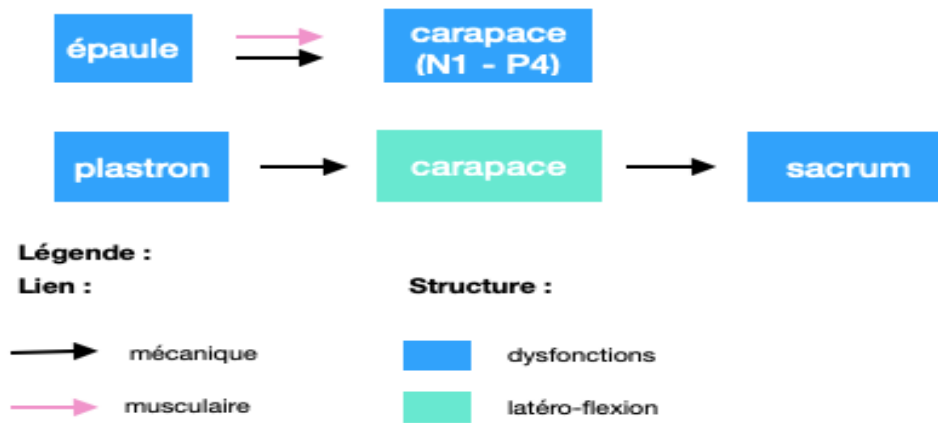


Figure 39 : Schéma évolutif de la chaîne dysfonctionnelle de Toussaint

Nombre de dysfonctions ont été levées par la première séance, et bien qu'elle ait gardé son schéma d'adaptation globale, la mobilité de certaines articulations s'est améliorée. Le traitement de cette deuxième séance s'est donc principalement porté sur le plastron, l'estomac en fonctionnel ainsi que sur le sacrum en addition d'une réharmonisation cranio-sacrée.

Cas n°8: « Octavia »

OCTAVIA	
Anamnèse	Arrivée en 2016 suite à une pêche accidentelle avec hameçon dans le bec. Elle présentait à son arrivée de nombreuses lésions dont une perforante au niveau du cou (totalement cicatrisée aujourd'hui) A développée une ostéolyse des quatre nageoires. Actuellement a un problème de flottaison, d'origine inconnue, les soigneurs déplorent des crises de syncope, elle « se noie ».
Observation et palpation	Changement de texture le long de la colline à droite. Nageoires antérieures et postérieures droites enflées. Forte sensibilité crânienne. Dynamique : peu mobile, tendance à pencher à gauche avec une difficulté respiratoire.
Dysfonctions ostéopathiques	Plastron très élastique avec une tendance à l'extension 4 Membres : restriction globale des mouvements (surtout du côté droit) MRP très lent C1 RSP C2 RFG

Tableau 13 : Présentation des résultats de la première séance d'Octavia

Dans le cas de cette tortue, les séances se sont faites en immersion.

Chaîne lésionnelle : La lésion primaire semble être le plastron. Comme vu plus tôt dans cette étude, la respiration des tortues dépend du mouvement du plastron, des muscles de la respiration et des mouvements des nageoires. Pour *Octavia*, l'élasticité du plastron ne permet pas une respiration optimale.

De plus sa tendance à être en extension induit un gonflement des poumons, c'est à dire une inspiration, mais difficilement une expiration. Le plastron semblerait donc être à l'origine des problèmes de flottaison déplorés par les soigneurs. Vient s'ajouter à ça l'ostéolyse des membres qui entraîne une utilisation des nageoires amoindrie, ce qui explique en partie l'immobilité de la tortue.

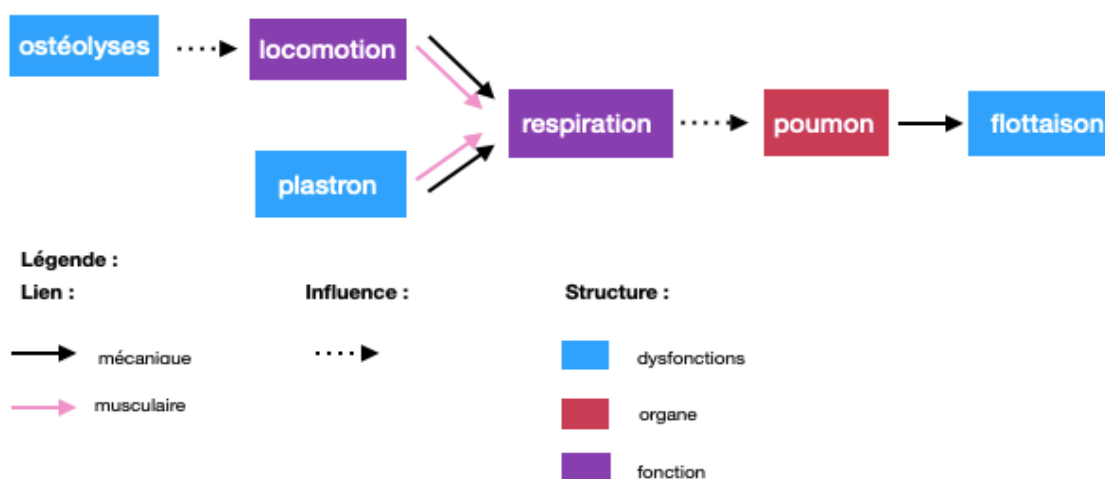


Figure 40 : Schéma de la chaîne dysfonctionnelle d'Octavia

Octavia n'a pas reçu de traitement lors de cette séance, son rythme MRP était très faible et son état laissait sous-entendre qu'elle n'était pas en capacité de recevoir de soins, la tortue la plupart du temps immobile et peinant à respirer.

Lors de la deuxième séance un meilleur état général a été constaté.

OCTAVIA	
Observation et palpation	Changement de texture le long de la colline à droite. Nageoires antérieures et postérieures droites enflées. Forte sensibilité crânienne. Dynamique : tendance à pencher à gauche avec une difficulté respiratoire.
Dysfonctions ostéopathiques	Plastron très élastique avec une tendance à l'extension Membres droits : restriction globale des mouvements MRP très lent C1 RSP C2 RFG Poumon droit inspiration

Tableau 14: Présentation des résultats de la deuxième séance d'Octavia

La chaîne lésionnelle reste la même qu'à la première séance.

Le travail ostéopathique pour cette séance a été principalement fonctionnel, le but étant de ramener le plastron dans sa position originelle et de rapporter un rythme MRP équilibré.

Le travail sur le poumon s'est fait de manière directe en fonctionnel et indirecte en passant par les structures musculaires environnant.

Cas n° 9 : « P9 »

P9	
Anamnèse	Identique à P8.
Observation et palpation	Rien à signaler
Dysfonctions ostéopathiques	Désharmonisation cranio-scaré. MRP saccadé Sacrum : restriction globale de mouvement

Tableau 15: Présentation des résultats de la première séance de P9

Chaîne lésionnelle : Le sacrum semble être la dysfonction primaire à l'origine du MRP saccadé, et donc de la désharmonisation cranio-sacrée de par les liens durement qu'il partage avec le crâne.

Le traitement fut donc principalement crânio-sacrée en addition à une manipulation du sacrum en exagération lésionnelle.

Lors de la deuxième séance, le MRP était harmonieux et la jeune tortue avait gagné en vivacité ; seule en est ressorti une latéro-flexion droite de toutes les cervicales qui fut traitée par de la mobilisation.

Cas n°10 : « P10 »

P10	
Anamnèse	Identique à P8.
Observation et palpation	Rien à signaler
Dysfonctions ostéopathiques	Désharmonisation cranio-scaré. MRP saccadé Torsion crânienne gauche

Tableau 16: Présentation des résultats de la première séance de P10

Chaîne lésionnelle : Le crâne semble être la dysfonction primaire à l'origine du MRP saccadé, et donc de la désharmonisation cranio-sacrée de par les liens duremeriens qu'il partage avec le sacrum.

Le traitement fut principalement crânien, une fois la torsion normalisée le rythme MRP s'est fait plus fluide.

Lors de la deuxième séance, aucune dysfonction n'a été retrouvée et la jeune tortue avait gagné en vivacité.

V. Traitement

Le protocole mis en place en partie 2 (III - 2.) a permis de mettre en lumière les sujets ne pouvant prétendre à un traitement ostéopathique. Les tortues du lot témoin n'ont pas été traitées. Seules celles du lot expérimental l'ont été lorsqu'elles ne présentaient pas de contre-indication. Lorsque l'une d'entre elles en présentait une, le traitement était reporté à la deuxième séance. Aucun traitement type n'a été mis en place, le but de cette étude étant principalement d'évaluer la réceptivité des tortues à l'ostéopathie. Chaque sujet a donc bénéficié d'une séance adaptée. Ainsi toutes les dysfonctions n'ont pas toujours été traitées, afin de préserver l'équilibre établi chez chaque sujet lorsque la cause primaire n'était pas traitée.

1. Techniques utilisées

Les différentes approches de la tortue ont été brièvement évoquées dans la deuxième partie du mémoire (II. - 4.3) seront expliquées plus en détail ici les différentes techniques utilisées afin de normaliser les dysfonctions en présence.

Comme précisé précédemment, une dysfonction commune à deux sujets peut avoir été traitées de deux façons différentes. Le choix de la technique utilisée se fait en fonction des besoins et de la réceptivité de l'animal, certains sujets étant plus sensibles aux manipulations franches. Ce choix n'a en revanche aucun impact sur le résultat final, chaque technique ayant pour but la normalisation de la dysfonction.

Certaines techniques comme la technique de haute vitesse et basse amplitude (HVBA) ont été écartées. Cette technique a été jugée trop directe dans son approche, les tortues marines étant des animaux peu souples et ayant souvent un réflexe de fuite ou de contraction musculaire lors de manipulations trop franches. Le but étant d'éviter au maximum de créer un stress chez les sujets n'ayant pas l'habitude de ce type de manipulation.

La technique de mobilisation directe a été privilégiée ; en effet, bien que cette technique se rapproche de la technique d'HVBA, elle ne nécessite pas d'application d'un geste de thrust.

En complément de celle-ci, la technique d'exagération dysfonctionnelle fut également adoptée, cette dernière consiste à placer le sujet en position de confort, la dysfonction est poussée dans le sens de plus grande mobilité jusqu'au relâchement des tensions.

La technique fasciale fut privilégiée, le praticien suit le déroulement des fascias jusqu'à son point d'équilibre, un fulcrum stable.

La technique d'amplification de mouvement consistant en une amplification des mouvements de l'articulation dysfonctionnelle de façon directe puis indirecte, c'est à dire dans le sens de la dysfonction puis dans le sens de restriction jusqu'à la normalisation du mouvement.

La technique vibratoire fut pratiquée dans le cadre viscéral, le praticien pose ses mains sur la carapace en projection des liens tissulaires de l'organe à traité et effectue des vibrations rapides.

Des techniques dites tissulaires ont également été mises en place notamment pour le cou, la queue et les nageoires. Notamment la technique de point gâchette consistant à placer un point de pression sur une zone musculaire hypertonique, une pastille jusqu'à obtenir un relâchement des tissus.

Le crâne et la carapace furent traités par l'intermédiaire de technique faciale dites crâniennes, le praticien positionne ses mains sur le crâne ou la carapace et suit le déroulement fascial se produisant sous ses mains jusqu'à obtenir un équilibre, un fulcrum stable.

2. Mise en place du traitement

Le traitement commençait par un travail dit fonctionnel sur la carapace, des manipulations directes et indirectes, d'amplification de mouvement et de technique fasciale. Lors de dysfonctions de la carapace engendrées par le plastron, ces dernières étaient traitées comme en ostéopathie crânienne, le plastron était normalisé comme l'aurait été la SSB puis une vérification des cadrans et os périphériques était effectuée et normalisée si nécessaire. Selon les besoins de l'animal, une approche viscérale, structurelle ou crânienne était mise en place. Une fois les dysfonctions libérées la sphère viscérale était alors accessible par l'intermédiaire de technique fasciale, vibratoire et fonctionnelle. Une écoute cranio sacrée et une harmonisation étaient favorisées en fin de séance afin de contrôler et finaliser le travail.

Certains cas ont demandé une approche de la carapace couplée à un travail crânienn pour normaliser des dysfonctions situées sur les os neurax ou encore le sacrum.

Comme dit précédemment, il n'y a pas eu de traitement commun, chaque animal a bénéficié de traitements adaptés à ses besoins, mais également à sa réceptivité. C'est pourquoi certaines dysfonctions n'ont été traitées que lors de la deuxième séance ou pas du tout.

VI. Analyse du lien entre le plastron et la carapace

Seront étudiés dans cette partie les deux cas présentant des dysfonctions du plastron semblables à celles présentées en partie 2 approche ostéopathique (IV - 2. -.21.). Dans un souci de clarté les cas seront abordés individuellement.

La tortue juvénile P13 présentait un strain horizontal droit, en théorie cette dysfonction ne semble pas avoir d'influence particulière sur les cadrans, il est donc difficile d'établir un lien avec les dysfonctions retrouvées de la carapace. Ce sujet présentait une RHD globale de la carapace, ce schéma corporel semble toutefois en lien avec la dysfonctions du plastron. Le strain horizontal droit ayant comme conséquence d'emmener les os du plastron en RHD globale, l'adaptation de la carapace pourrait s'expliquer par l'intermédiaire des liens qu'elle partage avec la plastron.

Le schéma ci-après est une représentation du schéma corporel de P13, les flèches rouges représentent les mouvements de rotation induits par le plastron sur la ceinture pectorale (en haut) et de la ceinture pelvienne (en bas). Les flèches jaunes indiquent la contrainte engendrée sur la carapace par l'intermédiaire des ponts.

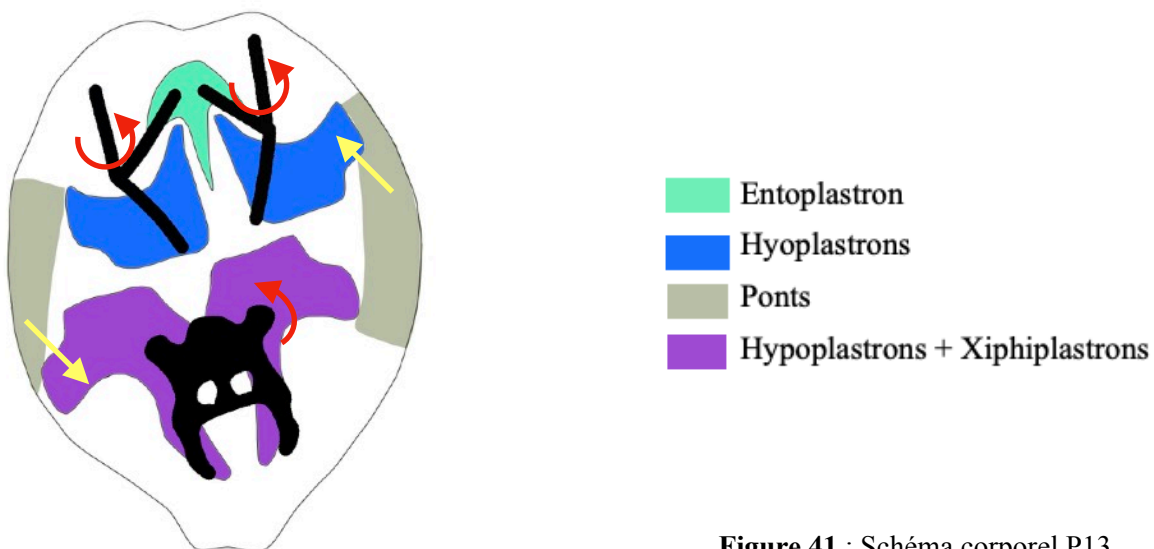


Figure 41 : Schéma corporel P13

Comme expliqué en partie 1 (IV), les ponts ou isthmes osseux présentent de chaque côté une fonction d'articulation reliant le plastron à la carapace. Une rotation des os du plastron articulés avec ce pont induit alors une contrainte sur celui-ci. Pour compenser ce mouvement de rotation, le pont suit le mouvement du plastron et ainsi implique une contrainte aux os périphériques de la carapace avec lesquels il est articulé. Les os périphériques vont alors s'adapter de la même façon et entraîner un mouvement de rotation globale de la carapace.

De plus, les hyoplastrons articulés aux ponts comptent également un lien avec la ceinture pectorale par l'intermédiaire de l'entoplastron dont ils influencent les mouvements. En effet, l'acromion possède un lien ligamentaire avec l'entoplastron. Une rotation de l'entoplastron va alors entraîner une rotation de toute la ceinture pectorale. Cette rotation impactera donc la carapace via le lien osseux existant entre la carapace et la scapula. Il en va de même pour le bassin dont le pubis est relié au plastron par l'intermédiaire des muscles droits de l'abdomen, une tension de ce muscle due à la rotation du plastron entraîne une traction unilatérale du pubis en RHD.

Dans le cas de Baloo, le plastron présentait une torsion droite, cette dysfonction quant à elle influence les os périphériques, les cadrans gauches ont tendance à se positionner en RI et les cadrans droit en RE. Le sujet présentait en effet un schéma corporel correspondant à celui-ci et semblait également présenter des compensations dues à ce dernier.

Une latéro-flexion cervicale droit a été retrouvée ainsi qu'une supériorité gauche du sacrum, deux dysfonctionnements qui pourraient être qualifiés de rééquilibrants.

Le traitement de Baloo s'est donc concentré essentiellement sur le plastron, la carapace quant à elle n'a été traitée que par l'intermédiaire de technique crânio-sacrée. Lors de la deuxième séance le plastron était normalisé et les cadrans revenus à leur position d'origine, ce qui rajoute une probabilité dans le lien du plastron et de la carapace.

Le cas de cette tortue est donc en faveur de la deuxième hypothèse concernant le parallèle crânien.

Une dernière dysfonction de plastron a été retrouvée chez Toussaint, présentant une FLR droite. Comme pour le cas de P13, un cadran sur quatre correspondait aux mouvements supposés. Cependant la carapace présentait une latéro-flexion identique à celle retrouvée au niveau de la FLR, en l'occurrence une latéro-flexion gauche de la carapace. Ce schéma corporel s'explique de la même façon que dans le cas de P13.

En conclusion, il est difficile d'affirmer ou d'infirmer une corrélation entre les dysfonctions du plastron et celle des os du crâne car le nombre de cas de cette étude ne le permet pas. Seul un cas sur trois présente une dysfonction du plastron en corrélation avec celle de la carapace. Ces affirmations peuvent toutefois être faites :

- une dysfonction du plastron induit une adaptation des os de la carapace
- dans leur biomécanique, le mouvement du plastron et de la carapace sont semblables à ceux des os d'un crâne.

Il est à rappeler que la carapace présente deux bases, deux origines potentielles du mouvement, ceci pourrait donc expliquer l'irrégularité des résultats quant aux compensations des os périphériques carapaciaux.

VII. Synthèse et analyse des résultats

Les résultats obtenus lors des séances ont été traités afin de mettre en lumière une évolution des dysfonction ainsi que du comportement de l'animal d'une séance à une autre.

La récurrence des dysfonctions d'une séance à l'autre ainsi que l'évolution comportementale seront exprimées en pourcentage. Seul les dysfonctions communes aux deux séances seront notées.

Les évolutions comportementales de chaque sujet seront abordées grâce au système de fiche comportementale mise en place. Par soucis de simplification dans cette étude, la moyenne des deux notes a été calculée puis mise sous forme de graphique.

Afin de calculer l'évolution de la réceptivité de chacun des sujets au long de la séance, un calcul a été posé à l'aide de la formule mathématique suivante, soit p le pourcentage d'évolution de la variable x (note comportementale) de $t0$ (début de séance) à $t1$ (fin de séance):

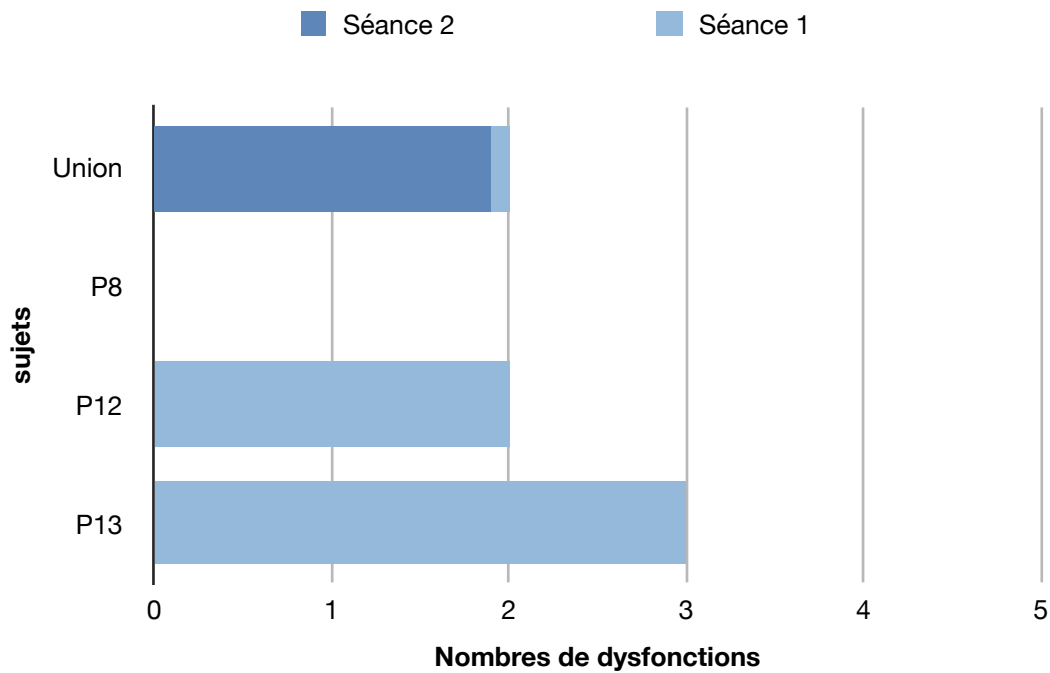
$$p = \frac{x1 - x0}{x0} \times 100$$

Ainsi, dans le cas d'une tortue présentant une note comportementale de 2 en début de séance et de 6 en fin de séance le calcul donne : $6 - 2 / 2 \times 100 = 200 \%$. Soit une évolution de 200%.

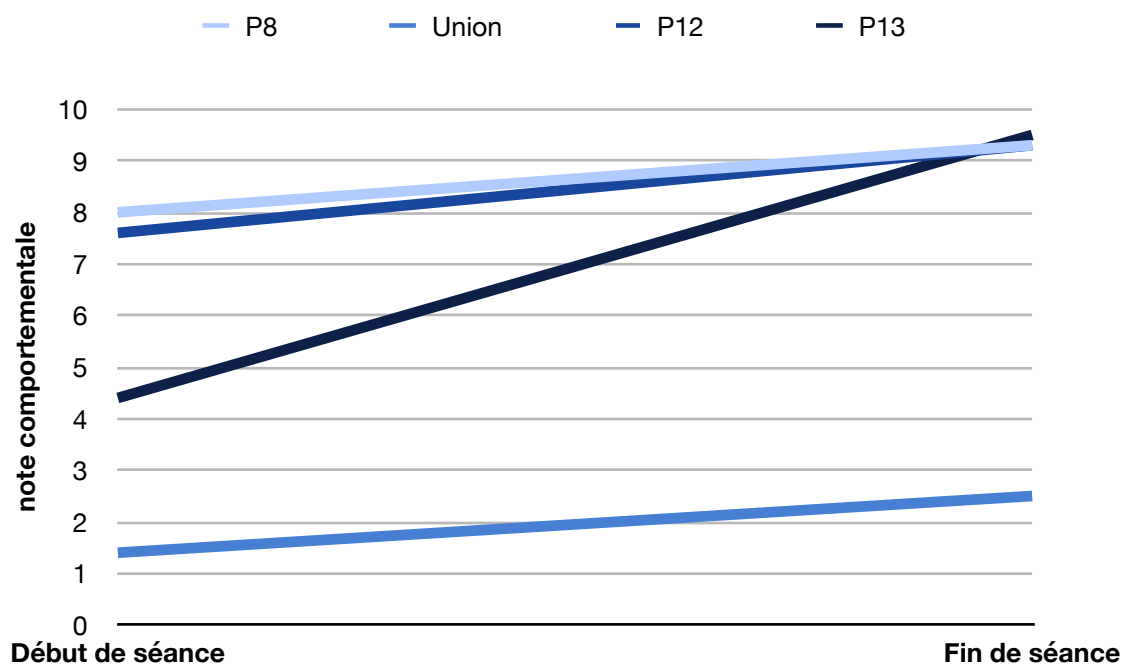
1. Lot témoin

Dans un premier temps est représenté ci-dessous la fréquence de réapparition des dysfonctions d'une séance à l'autre. Il est important de spécifier que seule les dysfonctions communes aux deux séances sont prises en compte dans ce diagramme, les dysfonctions étant apparues uniquement lors de la deuxième séance sont spécifiées par la suite.

Dans le cas d'Union, aucun changement n'a été constaté, le même nombre de dysfonctions fut retrouvé. Dans le cas de P8 une dysfonction supplémentaire fut trouvée lors de la deuxième séance. Pour ce qui est de P12 et P13 aucune corrélation n'a pu être mise en lumière, les deux jeunes tortues étant décédées avant la deuxième séance. Aucune diminution n'est donc constatée, mais au contraire une augmentation dans le cas de P8.



Graphique 1 : Evolution du nombre de dysfonctions retrouvées entre deux séances sur le lot témoin



Graphique 2 : Evolution du taux de réceptivité des sujets du lot témoin au cours d'une séance d'ostéopathie

Pour ce qui est de la réceptivité des tortues, il est important de rappeler que plus le score par tortue est élevé, plus l'animal est qualifié de réceptif à la séance ; à contrario, moins il est élevé plus la tortue se montre réfractaire. Seuls les chiffres de la première séance d'ostéopathie sont pris en compte pour cette étude. Les chiffres de la deuxième séance ne sont pas pris en compte, en effet les tortues pouvant s'habituer à la pratique, il est plus pertinent d'observer leurs premières réactions

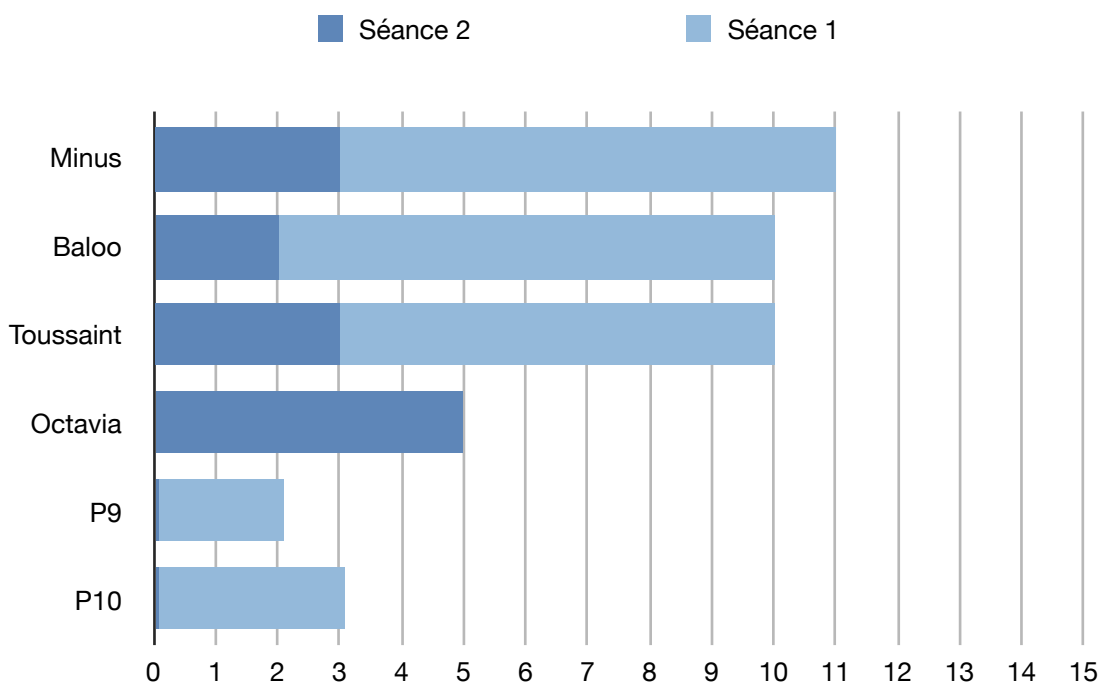
aux séances. Dans un soucis de compréhension, l'analyse des graphiques sera exprimée par les termes d'augmentation de la réceptivité et non pas d'augmentation du score comportemental.

La croissance des courbes du graphique 2 illustre la réceptivité des tortues : 75% d'entre elles atteignent une détente complète et 100% montrent une augmentation de la réceptivité.

Les courbes illustrent donc une augmentation de la réceptivité allant de 16% pour P8 à 115% pour P13. Il est cependant important de prendre en compte quelques facteurs dont l'état général de P8 et P12 ayant pu biaiser la notation de début de séance, cependant cela n'enlève rien à l'évolution observée. Cette étude permet toutefois de montrer que les tortues se montrent réceptives à l'ostéopathie même si il n'y a pas de traitement mis en place. L'approche ostéopathique en elle-même est possible et génère pour la majorité une détente des sujets.

2. Lot expérimental

Tout comme pour le lot témoin, seront présentés ci-dessous la récurrence des dysfonctions d'une séance à l'autre.

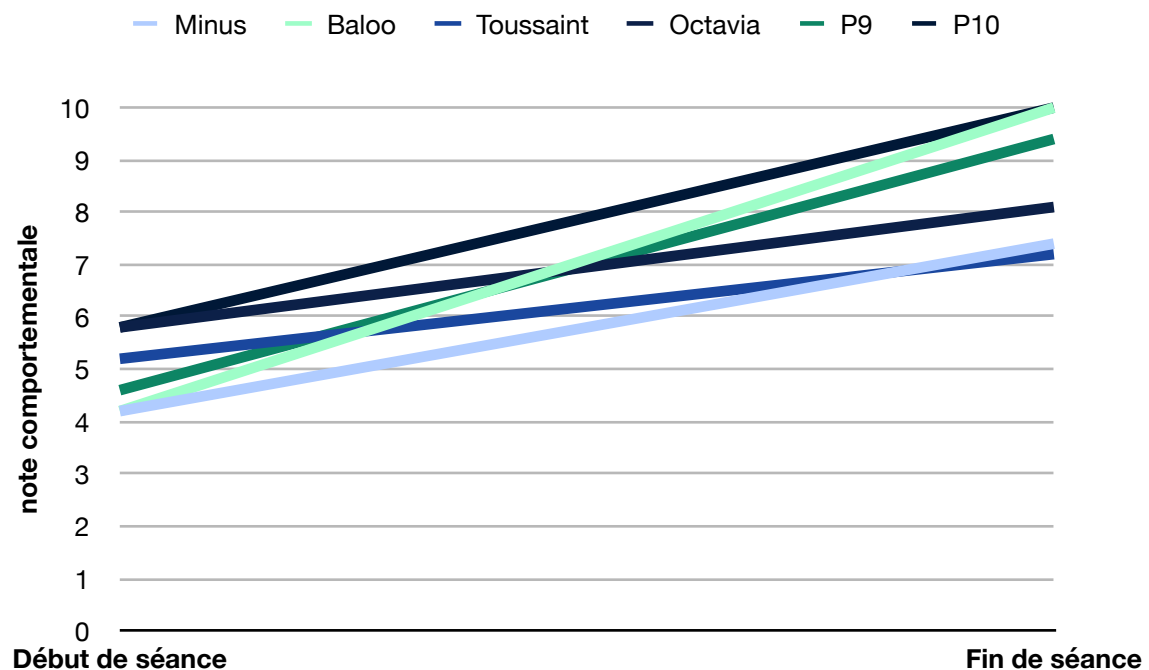


Graphique 3 : Evolution du nombre de dysfonctions retrouvées entre deux séances sur le lot expérimental

Sur ce graphique une diminution de la récurrence des dysfonctions est notable pour 83,3% des cas. Octavia biaisant cette étude n'a pas reçu de traitement lors de la première séance. Ce qui nous permet d'affirmer que 100% des tortues traitées présentent une diminution du nombre de

dysfonctions trouvées. Cependant plusieurs d'entre elles ont également présenté de nouvelles dysfonctions. Dans le cas de Minus, cinq nouvelles furent décelées, Toussaint et P9 ont également montré une nouvelle dysfonction lors de la deuxième séance. Quant à Octavia, quatre dysfonctionnements furent trouvés lors de la première séance cependant elle n'a pas été traitée car jugée non apte à recevoir un soin ostéopathe, lors de la deuxième séance une dysfonction supplémentaire est apparue.

Au même titre que le lot témoin, plus le score par tortue est élevé plus l'animal est qualifié de réfractaire à la séance ; à contrario, moins il est élevé plus la tortue se montre réceptive. La formule de pourcentage d'évolution sera calculée de la même manière que pour le lot témoin. La décroissance des courbes du graphique 4 illustre la réceptivité des tortues, 33,3% d'entre elles atteignent une détente complète et 67,7% montrent une augmentation de la réceptivité. Ainsi l'augmentation du taux de réceptivité varie de 38% dans le cas de Toussaint à 138% dans le cas de Baloo et P10.



Graphique 4 : Evolution du taux de réceptivité des sujets du lot expérimental au court d'une séance d'ostéopathie

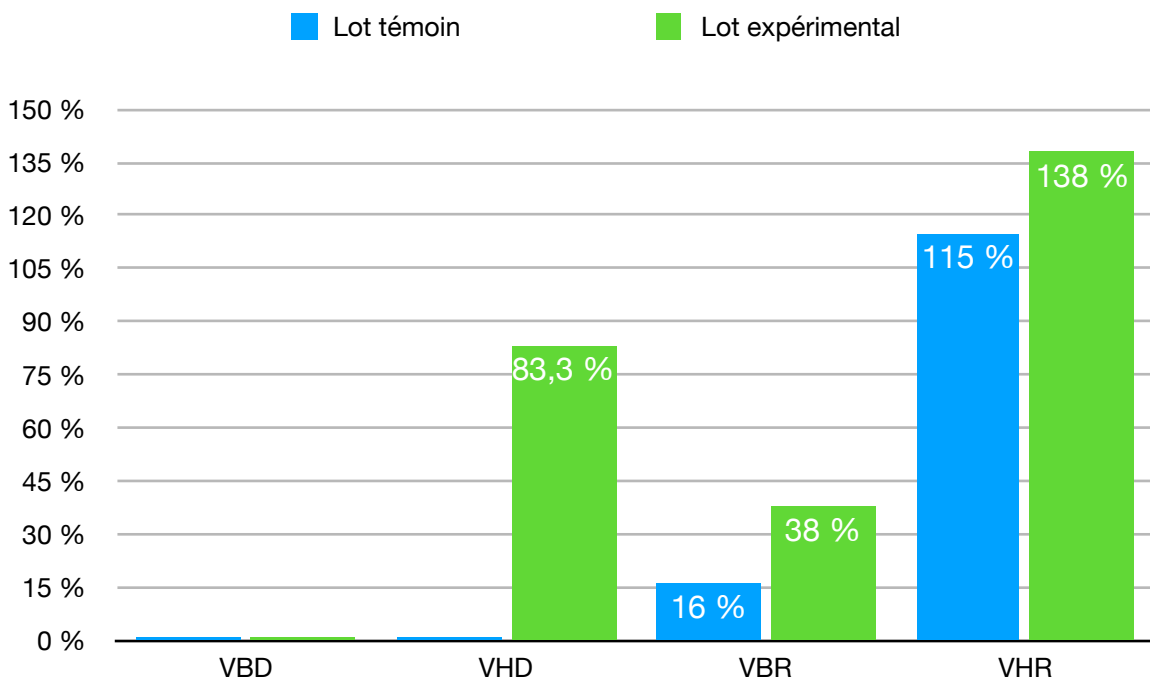
Dans le cas d'Octavia il est cependant important de souligner le facteur santé ; en effet, il a été constaté lors de l'anamnèse que cette tortue présentait un problème de flottaison, ce dernier engendrant un changement d'habitude en terme de respiration car en permanence à la surface. Le point de notation sur la respiration est alors biaisé.

3. Comparaison des résultats

Afin de comparer le lot expérimental au lot témoin, les valeurs obtenues plus haut seront reprises. Ainsi afin de comparer la récurrence des dysfonctions, les pourcentages les plus élevés et les plus faibles de chaque lot seront utilisés ; il en sera de même pour l'étude comportementale.

Ainsi, VB et VH représenteront respectivement les Valeurs Basses et les Valeurs Hautes retrouvées pour chaque catégorie, c'est à dire les pourcentages les plus élevés et les moins élevés. L'abréviation « D » correspondra aux dysfonctions et « R » à la réceptivité.

La construction du graphique est la suivante, l'axe y indique le pourcentage d'augmentation, l'axe x quant à lui représente les VBD (Valeurs Basses de récurrences des dysfonctions), VHD (Valeurs Hautes de récurrence des dysfonctions), VBR (Valeurs Basses de réceptivité) et VHR (Valeurs Hautes de réceptivité).



Graphique 5 : Comparatif du lot témoin et expérimental

Toutes les tortues ont montré une baisse du nombre de dysfonctions communes retrouvées dans les cas de : Minus, Toussaint et P9. Baloo et P10 quant à elles ne présentaient plus de dysfonctions lors de la deuxième séance.

Les tortues vivantes du lot témoin n'ont montré aucune différence en terme de dysfonctions entre les deux séances. Deux d'entre elles sont mortes avant la deuxième séance, c'est pourquoi les résultats de ce lot sont difficilement interprétables.

Les tortues marines sont réputées pour avoir un métabolisme très lent, l'hypothèse d'origine étant que des résultats seraient difficilement observables en l'espace de 2 semaines. Bien que cette étude ait montré le contraire, il est tout de même recommandé d'attendre quelques semaines supplémentaires afin de pouvoir constater d'éventuels changements physiques ou encore comportementaux.

En terme de réceptivité le lot témoin montre une fourchette d'évolution allant de 16 à 115% en comparaison avec le lot expérimental qui lui présente une fourchette allant de 38% à 138%. Deux conclusions peuvent alors être tirées : la première est que toutes les tortues se sont montrées réceptives aux séances ; la deuxième est que le lot expérimental montre une réceptivité plus grande que le lot témoin. La différence de réceptivité peut s'expliquer par la présence d'un traitement ostéopathique dans le cas du lot expérimental, qui mène à une détente du corps en globalité. Cette détente s'explique par la normalisation des restrictions articulaires présentes, des tensions musculaires relâchées...etc.

PARTIE 4 - DISCUSSION

I. Limites d'étude

Plusieurs points peuvent ici être relevé quant aux limites de cette étude.

Le premier point concerne le nombre de cas et le temps imparti. En effet, un plus grand nombre de sujets aurait été souhaitable afin de pouvoir infirmer ou affirmer certaines hypothèses notamment celles concernant le parallèle crânien. Une étude menée sur une plus longue période, avec des séances plus espacées aurait également permis de mettre en lumière les bénéfices d'un soin ostéopathe dans la réhabilitation des tortues de mer dans leur milieu naturel. Bien que pour la majeure partie des sujets traités un regain d'énergie ait pu être constaté, ainsi qu'une grande réceptivité aux séances ostéopathiques, cela reste insuffisant pour pouvoir affirmer de manière certaine et scientifique que le soin ostéopathe réduit le temps de soins des tortues et permet une remise en liberté plus rapide.

Le deuxième point concerne l'espèce étudiée. Il est en effet primordial de rappeler l'aspect novateur de cette étude, menée sur une espèce peu connue ; s'ajoutant à cela une faible quantité de travaux sur ces animaux en terme de médecine alternative. Les séances ostéopathiques durent être adaptées, notamment par le fait qu'aucune contention n'ait été mise en place. La notion de liberté de mouvement totale de l'animal peut parfois se révéler handicapante si ce dernier se déplace ou fuit le contact, mais elle était nécessaire à la détente de l'animal. Les tortues n'étant pas des animaux de nature très patiente, leurs interactions humaines se résument pour la plupart au moment des repas ou aux soins pouvant s'avérer intrusif : prise de sang, administration de traitements, gavage...etc.

Enfin l'expérience du praticien fait partie des limites majeures de cette étude. Il faut souligner qu'un jeune praticien possède une main moins développée que ces aînés, ainsi certaines informations ont donc pu être manquées et certaines explorations réduites. Dans ce cas les résultats de cette étude auraient alors été différents de ceux présentés.

Cependant, malgré ces limites, les résultats obtenus l'ont été en respectant au maximum le protocole standardisé ainsi que les grands principes ostéopathiques.

II. Enjeux et perspectives

L'objectif sur le long terme serait de permettre une ouverture, une alternative au soins de ces animaux. L'ostéopathie apporterait une complémentarité aux prises en charge «classique» des vétérinaires traitants, en axant les soins sur la prévention, le bien être et en examinant les animaux dans leur globalité.

L'étendue du champ ostéopathique croît depuis plusieurs années et tend vers une pratique multiespèces. Il y a de ça quelques années, l'intervention d'ostéopathe sur les bovins ou caprins se faisait rare, aujourd'hui cette demande est exponentielle, tout comme les centres de réhabilitation de faune sauvage s'ouvrant de plus en plus aux médecines alternatives.

La France compte aujourd'hui plus de trois cents parcs zoologiques et aquariums publics, et plus d'un million de reptiles domestiques. Bien que souvent oubliés ou mis à l'écart au profit d'animaux domestiques plus communs, ces animaux peuvent eux aussi bénéficier à ces soins ostéopathiques. C'est pourquoi cette étude s'adresse tout autant aux ostéopathes, aux centres de soins de faune sauvage, qu'aux propriétaires d'animaux désireux du bien-être animal, d'une ostéopathie pour tous.

De plus, cette étude n'est pas réservée uniquement aux tortues marines, bien que différentes anatomiquement sur quelques points, l'approche de la carapace peut s'appliquer aussi bien aux tortues marines que terrestres, ou encore aquatiques.

Cette étude est donc à plusieurs visées :

- Professionnelle afin de faire connaître aux centres de soins de la faune sauvage qu'une alternative existe, et ainsi permettre d'aider des animaux suite à un échouage ou encore une pêche accidentelle ;
- Informatrice pour tous les propriétaires de tortue terrestre désireux d'apporter un bien-être à leurs animaux de compagnie ;
- Susciter la curiosité chez tous les ostéopathes, accomplis ou en devenir, afin qu'ils restent curieux et étendent toujours plus leurs champs de compétences, l'apprentissage de l'ostéopathie se faisant sur toute une vie.

À l'heure actuelle, très peu de «recherches» et de suivis ont été mis en place en ostéopathie sur les mammifères marins. Tout est donc à faire, il faudra le temps que cela fasse son chemin tout comme l'ostéopathie humaine l'a fait et comme l'ostéopathie animale est en train de le faire.

CONCLUSION

Pour rappel, la problématique de ce mémoire était la suivante : la pratique de l'ostéopathie est-elle possible sur des reptiles dotés d'une carapace ? Afin d'y répondre, des recherches bibliographiques ont été effectuées, concernant l'anatomie de la tortue et son milieu. Une étude expérimentale a également été menée sur dix tortues marines.

Au début de ce travail, il a été question de trouver un angle d'approche pour cette espèce nouvelle. Cette recherche passait notamment par des recherches anatomiques et embryologiques. Les recherches effectuées ont permis de montrer que la carapace était en réalité une composante de plusieurs os articulés entre eux présentant une forte similitude au crâne. Notamment en terme de biomécanique et d'influence. En effet, c'est grâce à l'approche dite « crânienne » qu'ont pu être établies des approches du squelette interne ainsi que des viscères. Pour nombre de personnes, la carapace est rigide et inflexible, cette étude a montré le contraire. Une fois l'angle d'approche trouvé, il fallait évaluer la réceptivité des tortues aux séances ostéopathiques, pour cela une étude comportementale a été mise en place afin de recenser les attitudes adoptées par les tortues lors des manipulations.

Certaines difficultés ont été rencontrées, notamment lorsqu'il était question de construire un protocole expérimental à la fois scientifique et ostéopathique. Cependant, des solutions ont été trouvées afin de pallier à ce problème et le protocole mis en place n'a été contourné que dans de rares cas pour lesquels aucune autre solution n'était possible.

Les résultats obtenus lors des séances se sont montrés très positifs, car malgré le fait qu'elles se soient déroulées sans contention, c'est à dire sans aide extérieure, les tortues se sont montrées très réceptives aux contacts. En complément de la détente exprimée lors de ses séances, une évolution a pu être constatée concernant les dysfonctionnements retrouvés. En effet, si certaines présentaient une diminution du nombre de dysfonctions retrouvées, certaines n'en présentaient tout simplement plus. Ces résultats ont donc permis de valider l'hypothèse de départ de cette étude, les tortues se montrent réceptives à l'ostéopathie.

De plus, l'approche pratique des tortues a permis de valider partiellement la seconde hypothèse, bien que tous les aspects de l'ostéopathie crânienne ne soient pas totalement transposables aux carapaces des tortues, de nombreuses similitudes furent trouvées, notamment en terme de mouvement et d'influence entre la carapace et le plastron.

Quoiqu'il en soit, les résultats sont encourageants et démontrent la possibilité de prise en charge des tortues en ostéopathie. Cela permet d'étendre le champ des connaissances en ostéopathie, médecine

en perpétuelle expansion. Les possibilités d'adaptation de cette étude sont grandes et il est souhaitable que l'impact le soit aussi.

Bien que cette étude ne soit qu'une ébauche du travail qui reste à développer, elle demeure une porte ouverte, une piste de réflexion qui ne demande qu'à être exploitée.

LEXIQUE

Acetabulum : cavité articulaire creuse de l'os iliaque.

Anamnèse : ensemble des renseignements fournis au médecin par le malade ou par son entourage sur l'histoire d'une maladie ou les circonstances qui l'ont précédée. En ostéopathie, l'anamnèse comprend tout l'historique du patient (milieu de vie, habitude alimentaire, activité...etc.)

Appareil locomoteur : ensemble des organes permettant de se déplacer.

Arc vertébral : arc postérieur de la vertèbre, formé par les pédicules et les lames vertébrales. Il délimite, avec la face postérieure de la vertèbre, le trou vertébral.

Astragale : légalement appelé talus est un os court du tarse fait partie des os du pied. En forme de poulie il est situé entre l'extrémité inférieure de la jambe et le calcaneum, et joue un rôle essentiel dans les mouvements de flexion-extension du pied.

Atlas : autre nom de la première vertèbre cervicale.

Biomécanique : application des lois de la mécanique aux problèmes de biologie, de physiologie et de médecine.

Caudal : placé postérieurement.

Conductivité thermique : grandeur caractérisant la conductibilité thermique d'une substance et égale au quotient de la densité de flux thermique par le gradient de température.

Cranial : placé antérieurement.

Cuspide : protubérance située sur la face triturante des prémolaires et des molaires.

Dorsal : placé au dessus de

Dysfonction : mauvaise fonction ou une fonction altérée d'éléments reliés au systèmes musculo-squelettique (squelette, articulation, muscle et fascia) et reliés aux systèmes vasculaires, lymphatiques et nerveux.

Ectothermes : se dit d'un animal dont la température centrale est engendrée seulement par les échanges thermiques avec son environnement. (Les animaux ectothermes sont donc également hétérothermes.)

Fascia : membrane fibreuse recouvrant des muscles ou une région du corps.

Foramen : trou anatomique de petite dimension

Glande : organe, tissu ou cellule de nature épithéliale, qui réalise la sécrétion d'une substance, puis son excrétion. On distingue les glandes exocrines et les glandes endocrines, sécrétant des hormones.

Histogénétique : qui relève de l'histogenèse, ensemble des étapes aboutissant à la constitution d'une lésion tissulaire, au remaniement tissulaire.

Holistique : en épistémologie ou en sciences humaines, relatif à la doctrine qui ramène la connaissance du particulier, de l'individuel à celle de l'ensemble, du tout dans lequel il s'inscrit.

Homéostasie : processus de régulation par lequel l'organisme maintient les différentes constantes du milieu intérieur (ensemble des liquides de l'organisme) entre les limites des valeurs normales.

Hétérothermes : synonyme de poïkilotherme, se dit d'un animal à température interne variable en fonction de la température du milieu où il se trouve.

Interrelation : relation réciproque existant entre choses, pays...etc.

Kératine : scléroprotéine imperméable à l'eau, riche en soufre, composant fondamental de la couche superficielle de l'épiderme et des phanères (poils, ongles...etc.).

Lien métamériques : en ostéopathie, ce sont les liens qui existent entre un vertèbre et un viscère. Ce lien existe grâce aux nerfs sortant de la vertèbre et rejoignant le viscère.

Latéro-flexion : flexion/courbe d'un côté.

Lymphatique (vaisseaux) : transporte la lymphe

Lymphe : liquide organique translucide jouant un rôle important dans le système immunitaire.

Médiane : qui se situe dans le milieu d'un corps, d'un objet, d'une surface.

Nomenclature : ensemble des mots en usage dans une science, un art, ou relatif à un sujet donné, présentés selon une classification méthodique ; méthode employée pour l'établissement de cette classification

Méninges : chacune des trois membranes (pie-mère, arachnoïde, dure-mère) entourant l'encéphale et la moelle épinière.

Opisthotique : os se trouvant à la partie inférieure et postérieure de l'oreille interne.

Orbite : cavité osseuse de la face dans laquelle se trouvent le globe oculaire, le nerf optique, les vaisseaux sanguins ophtalmiques, les muscles et les nerfs oculomoteurs.

Ossification endochondrale : mécanisme d'ossification primaire, au même titre que l'ossification endoconjonctive, qui lui transforme le tissu cartilagineux en os.

Palette natatoire : type de membre osseux, aplati et doté généralement d'une palmure reliant les doigts, présent chez certains vertébrés ayant un mode de vie partiellement ou exclusivement aquatique.

Pinnipèdes : nom d'un ordre de mammifères aquatiques tels que les morses, les otaries et les phoques, dont les membres sont modifiés en nageoires.

Plexus : réseau de filets nerveux ou de vaisseaux anastomosés (réunis entre eux) de façon complexe.

Poïkilothermes : se dit d'un animal à température interne variable en fonction de la température du milieu où il se trouve.

Pression osmotique : différence de pression existant entre deux compartiments contenant des solutions de concentrations différentes du même soluté dans le même solvant et séparés par une membrane semi-perméable qui ne laisse passer que les molécules du solvant.

Prootique : en anatomie, os situé entre la base du crâne et l'oreille

Quadrata : également appelé os carré est un os de la mandibule présent chez les vertébrés à l'exception des mammifères.

Région inguinale : région anatomique située entre l'abdomen et la cuisse.

Régulation : fonction assurant la constance des caractères du milieu intérieur en dépit des variations incessantes du milieu extérieur.

Shunt : passage anormal de sang d'une cavité à une autre. (De l'anglais shunt, dérivation.)

Sphincter : dispositif musculaire entourant un orifice ou un canal naturel et permettant son ouverture et sa fermeture.

Sphère d'influence : région sur laquelle une grande puissance s'est vue reconnaître (explicitement ou tacitement) par les autres des droits d'intervention particuliers.

Splanchnocrâne : aussi appelé «viscérocône» ou «cône facial», le splanchnocrâne est une partie du squelette céphalique comprenant les os de la face et les osselets de l'oreille moyenne.

Squamosal : os du crâne des vertébrés supérieurs.

Strain : dysfonction crânienne en ostéopathie

Supra occipital : relatif à l'occiput, partie postérieure de la tête qui se trouve au-dessus de la nuque

Suture : ligne de jonction de deux pièces libres ou soudées (par exemple la suture des os du crâne, des carpelles du fruit, des élytres d'un coléoptère, des segments d'un arthropode...etc.)

Synfibroses : type d'articulation dont les os sont unis par du tissu fibreux.

Système circulatoire : ensemble constitué par un cœur qui met le sang en mouvement, par des vaisseaux (artères, veines) qui conduisent ce sang aux organes ou le reconduisent vers le cœur, enfin par des surfaces d'échanges (capillaires) à travers les parois desquelles se font les échanges chimiques avec les cellules.

Système nerveux : ensemble des nerfs, ganglions et centres nerveux qui assurent la commande et la coordination des fonctions vitales et la réception des messages sensoriels.

Tarsiaux (os) : portion du squelette des membres des vertébrés tétrapodes correspondant à la cheville et souvent formée d'os courts.

Torsion : mouvement tournant imposé au corps humain, à une partie du corps. En ostéopathie une torsion correspond à une dysfonction crânienne.

Trochanters : chacune des deux tubérosités arrondies que présente le fémur à l'union du col avec le corps, le grand trochanter et le petit trochanter, ou trochantin.

Ventral : placé en dessous de.

Voies artérielles : voies qui transportent le sang du coeur vers les organes

Voies respiratoires : conduits qui permettent le passage de l'air entre l'extérieur du corps et les poumons, depuis le nez et la bouche jusqu'aux alvéoles pulmonaires au cours de la ventilation.

Voies veineuses : voies qui transportent le sang des organes vers le coeur

Vomer : os impair symétrique, mince, irrégulièrement quadrilatère, qui forme la partie supérieure de la cloison des fosses nasales.

ANNEXE 1

Critères	niveau 1	niveau 2	niveau 3	niveau 4	TOTAL
Note	0 à 2,5	2,5 à 5	5 à 7,5	7,5 à 10	
Début de séance					
Expressions faciales	détendu	fermeture des yeux	yeux ouverts	rétraction tête/ morsure	/10
Vigilance	endormi	somnolent	éveillé	très réactif	/10
Tonus musculaire	aucun	normal	rigide	rétraction/ flexion importante	/10
Degrés d'agitation	calme	légèrement anxieux	très anxieux	panique	/10
Réponse respiratoire	lente	calme	rapide	essoufflement	/10
Fin de séance					
Expressions faciales	détendu	fermeture des yeux	yeux ouvert	rétraction tête/ morsure	/10
Vigilance	endormi	somnolent	éveillé	très réactif	/10
Tonus musculaire	aucun	normal	rigide	rétraction/ flexion importante	/10
Degrés d'agitation	calme	légèrement anxieux	très anxieux	panique	/10
Réponse respiratoire	lente	calme	rapide	essoufflement	/10

BIBLIOGRAPHIE

Jeanette WYNEKEN, The Anatomy of Sea Turtles, Ph.D, 2001.

Fauna of Australia, Morphology and physiology of the Chelonia, publication scientifique du Department of Agriculture, Water and the Environment.

William E RAINEY, Guide to sea turtle visceral anatomy, 1981.

Elodie STOLÉAR, l'ostéopathie appliquée aux mammifères marins : l'otarie de californie – *zalophus californianus*, 2015.

Christine, Marie-France de MATTEIS, Carnet de clinique des reptiles, thèse de doctorat vétérinaire, 2004.

Fernando CRASTZ, Embryological stages of the marine turtle *Lepidochelys olivacea*, 1982.

Yakup KASKA, Embryological development of sea turtles (*Chelonia mydas*, *Caretta caretta*) in the Mediterranean, **Article in Zoology in the Middle East** · 1999

Masayoshi TOKITA and Shigeru KURATANI, Normal Embryonic Stages of the Chinese Softshelled Turtle *Pelodiscus sinensis* (Trionychidae) Department of Biology, Okayama University Faculty of Science, 3-1-1 Tsushimanaka, Okayama 700-8530, Japan 2001

Tatsuya HIRASAWA , Hiroshi NAGASHIMA & Shigeru KURATANI, The endoskeletal origin of the turtle carapace, 2013.

Tyler R. Lyson, Emma R. Schachner, Jennifer Botha-Brink, Torsten M. Scheyer, Markus Lambertz, G. S. Bever, Bruce S. Rubidge & Kevin de Queiroz, Origin of the unique ventilatory apparatus of turtles, 2014.

Peter L. Lutz, John A. Musick *The Biology of Sea Turtles, Volume 1*

Joséphine POLLET, Osteopathie crânienne: littérature et perspectives. préparation a l'elaboration d'un protocole scientifique de validation du principe de mobilite des os du crâne, mémoire ostéopathique, 2010.

Benoît CRUCIANI, étude d'une épizootie de polyarthrites affectant les tortues marines de la réunion : recherche des causes et mise en place de mesures de lutte, thèse de doctorat vétérinaire, 2017.

William Garner SUTHERLAND, Textes fondateurs de l'ostéopathie dans le champs crânien, éditions SULLY, 2002.

Lionelle ISSARTEL et Marielle ISSARTEL, L'ostéopathie exactement, 1983. Irvin M. KORR, Bases physiologiques de l'ostéopathie, 1982.

Rodolphe BOHEC, Abords du concept ostéopathique, EFOA, 2014.

Rodolphe BOHEC, Les techniques ostéopathiques, EFOA, 2015.

Stéphane SIBOUT, Cours sur l'ostéopathie crânienne, EFOA, 2017.

TABLES DES MATIÈRES

I. Classification	14
II. Description	15
III. Spécificités morphologiques liées à la vie marine	15
1. Conductivité thermique	16
2. Pesanteur	16
3. Adaptation physiologique	17
IV. Anatomie et physiologie	18
1. La carapace	18
2. Structures osseuses	19
2.1. Crâne	19
2.2. Squelette axial	20
2.3. Squelette appendiculaire	23
3. Musculatures	25
3.1. Muscles ventraux	25
3.2. Membres des nageoires antérieures et muscles respiratoires	26
3.3. Muscles axiaux	27
3.4. Muscles de la tête	28
3.5. Muscles de la mâchoire	28
3.6. Muscles postérieurs	28
4. Appareil respiratoire	30
5. Système digestif	31
6. Système cardio-vasculaire	32
6.1. Artères	33
6.2. Veines	33
7. Système nerveux central	34
8. Système nerveux périphérique	35
I. Nomenclature	37
II. Approche du squelette interne	38
III. Approche viscérale	41
1. Respiration	41
2. Sphère digestive	43
IV. Approche de la carapace	43

1. Objectivation de la mobilité de la carapace	44
1.1. La carapace	44
1.2. Le plastron	45
1.3. Mouvements combinés de la carapace et du plastron	45
2. Parallèles entre crâne humain et carapace	45
2.1. Rappels ostéopathiques crâniens chez l'humain	46
2.2. Analogie entre MRP crânien et mobilité de la carapace	50
2.3. Schémas corporels adaptatifs	51
3. Adaptation des techniques	55
I. Contexte	57
II. Objectif de l'étude	58
III. Méthodologie de recherche	59
1. Choix des échantillons et biais	59
1.1. Lot témoin	60
1.2. Lot expérimental	60
2. Déroulement d'une séance	60
2.1. Précautions	61
2.2. Protocole	62
2.3. Référentiel de ressenti	64
IV. Présentation des résultats au cas par cas	65
1. Lot témoin	65
2. Lot expérimental	67
V. Traitement	77
1. Techniques utilisées	77
2. Mise en place du traitement	78
VI. Analyse du lien entre le plastron et la carapace	79
VII. Synthèse et analyse des résultats	81
1. Lot témoin	81
2. Lot expérimental	83
3. Comparaison des résultats	85
I. Limites d'étude	87
II. Enjeux et perspectives	88