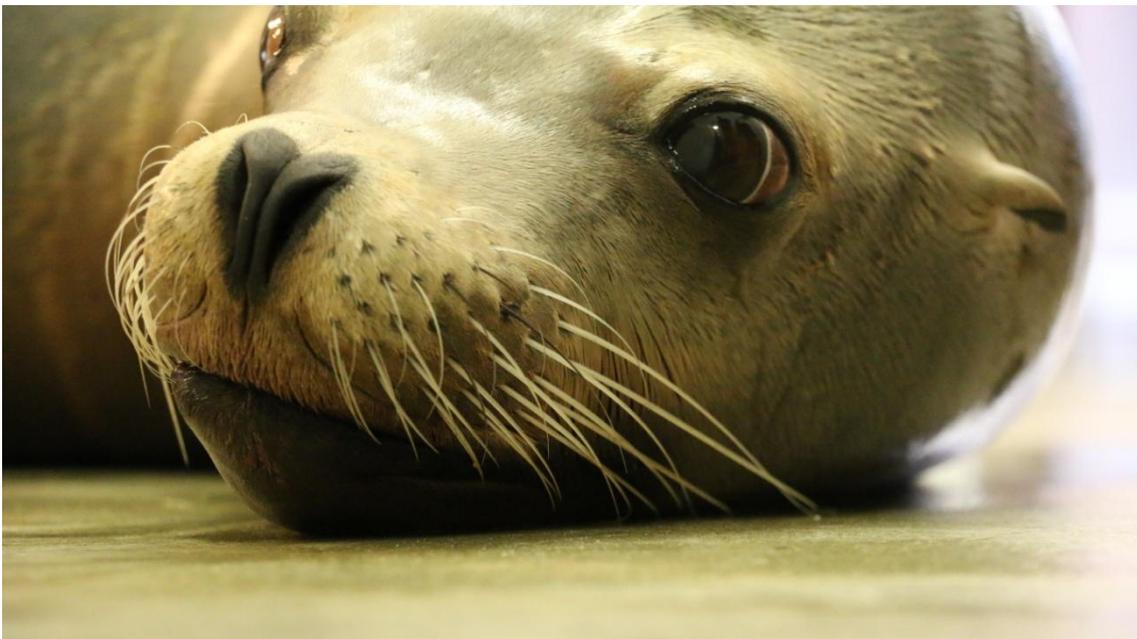


L'OSTÉOPATHIE APPLIQUÉE AUX MAMMIFÈRES
MARINS :

L'OTARIE DE CALIFORNIE – *Zalophus californianus*



MÉMOIRE pour le
DIPLOME INTER ECOLES D'OSTÉOPATHIE VÉTÉRINAIRE– ANNÉE 2015

Elodie Stoléar - Vétérinaire

Née le 30 décembre 1985 à Tournai (Belgique)

Sincères remerciements,

À Christian Gaudron, pour sa présence, son appui et son aide en toutes circonstances. Merci du fond du cœur.

À Caroline Lievens, grâce à qui j'ai pu rencontrer toute l'équipe de Nausicaa.

A toute l'équipe de Nausicaa, pour leur écoute, le temps qu'ils ont consacré à ce projet.

A Alexandre Dewez, pour ses conseils avisés, le temps passé à transmettre et partager son savoir et surtout sa passion.

À toute l'équipe de l'IMAOV,

Patrice et Cathy pour leur présence et leur aide pendant les formations et à tous les confrères vétérinaires (Jean-Claude, Bruno, Raphaël,...) nous enseignant cet art de vivre que devient l'ostéopathie, pour leur ouverture de cœur, leurs partages, leur humilité, leur patience et leur humour pour mieux nous faire passer les passages difficiles. MERCI !!!!

À ma famille, toujours présente, quoi qu'il arrive, merci.

À Philippe,

À tous mes amis...

À tous les ostéopathes que j'ai rencontrés ou pas encore mais qui par leurs partages ou leurs écrits m'ont permis d'avancer, de m'enrichir et de m'inspirer...

Aux animaux qui nous montrent parfois tellement bien le chemin vers l'Amour.

Aux mammifères marins qui guident mon parcours depuis mon plus jeune âge.

TABLE DES MATIERES

Table des Figures	4
Introduction	5
1. Contexte de la recherche	5
1.1. Réseau d'échouage français et centres de réhabilitation	6
1.2. Parcs zoologiques dont Nausicaa	7
2. Biologie comparative et adaptations structure – fonction selon le milieu pour l’Otarie de Californie (Zalophus californianus) en comparaison aux mammifères terrestres.....	7
2.1. Classification.....	7
2.2. Biologie et Écologie des otaries de Californie	8
2.3. Particularités et adaptations physiologiques et anatomiques	9
2.3.1. Spécificités du milieu aquatique	9
2.3.2. Description morphologique	10
2.3.3. Le squelette.....	11
2.3.4. L'appareil respiratoire.....	13
2.3.5. L'appareil cardio-vasculaire	15
2.3.6. Le cerveau	16
2.3.7. Le système digestif.....	16
2.3.8. Perception de l'environnement	17
3. Définition et principes de l'ostéopathie.....	18
4. Etude de cas : l'otarie de californie.....	19
4.1. Déroulement d'une séance	19
4.2. Objectifs	24
4.3. Différences au niveau du ressenti et lors des manipulations	25
4.4. Contraintes	26
4.5. Limites	26
4.6. Enjeux et perspectives.....	27
5. Conclusion	28
6. Annexes.....	29
Annexe I : Figures.....	29
Annexe II. Liste des abréviations.....	40
Bibliographie	41

TABLE DES FIGURES

Figure 1. Manipulation ostéopathe en centre de réhabilitation et de sauvegarde de la faune sauvage (Hegaldia-Ustaritz et Parc'Ours- Borce)	29
Figure 2. Echouages sur la côte Basque: Stenella (06/2015) et Rorqual commun (08/2015) – (personnel, Gefma)	29
Figure 3. Jeune phoque gris échoué avec un mauvais embonpoint (prise en charge nécessaire) (Pelagis)	29
Figure 4. Evolution d'un jeune phoque veau marin dans un centre de soin. De l'échouage jusqu'au relâcher (67j)	29
Figure 5. Otaries de Californie (<i>Zalophus californianus</i>) à Nausicaa	30
Figure 6. Couche de graisse (lard) chez un Rorqual commun (<i>Balaenopterocephalus</i>) (personnel – Gefma)	30
Figure 7. Structure externe des reins. En partant de la gauche, chez le chien, le bovin, les pinnipèdes (phoque ici) et les cétacés (ici le dauphin) (Williams, Worthy, 2002).....	30
Figure 8. Rein rorqual commun (photo personnelle – Gefma 2015).....	30
Figure 9. Otarie de Californie et chien. (photos personnelles – Nausicaa, 2015)	31
Figure 10. Crâne d'un otariidé (Fontaine, 2005) On remarque la présence d'une apophyse supra-orbitale. Les frontaux en pointe entre les nasaux. Bulles tympaniques peu ou pas dilatées.	31
Figure 11. Crâne chien (Done et al, 1996)	31
Figure 12. Otarie debout, les membres postérieurs sont repliés sous elle	31
Figure 15. Vue latérale d'un squelette A: Otariidé B: Phocidé (Berta et al, 2006) C: Canidé (Done et al, 1996)	32
Figure 13. Vue Oblique de la locomotion dans l'eau (<i>Zalophus californianus</i>) (Berta et al, 2006)	32
Figure 14. A: Membre antérieur Otarie de Californie (Berta et al., 2006).....	32
Figure 16. Structure des alvéoles, associées au cartilage et aux muscles chez les pinnipèdes (Berta, 2011).....	32
Figure 17. Muscles cervicaux dauphin (<i>Stenella C.</i>) (06/2015) (photo personnelle – Gefma)	33
Figure 18. Muscles cervicaux d'un chien (Done et al, 1996).....	33
Figure 19. Position anatomique des retables par rapport aux côtes (Berta, 2006).....	33
Figure 20. Les retables d'un dauphin (<i>Stenella C.</i>) au niveau du thorax (06/2015) (Gefma).....	33
Figure 21. Système échangeur de chaleur (Fontaine, 2005)	34
Figure 22. Circulation veineuse chez un phocidé. On note la présence du sphincter sur la veine cave. (King, 1983 in Berta, 2006).....	34
Figure 23. Vue ventrale d'un coeur de pinnipède (Berta et al, 2006)	34
Figure 24. L'encéphale chez l'Otarie de Californie (Glezer, 2002)	34
Figure 26. Régression des pavillons externe chez l'Otarie de Californie (Bourgain JL - Nausicaa).....	35
Figure 25. Vibrisses chez une Otarie de Californie (Bourgain JL- Nausicaa)	35
Figure 27. Désinfection locale de la bouche qui a pu être mise en place grâce au medical training	35
Figure 28. "Target" sur la main ou grâce au bâton. (Nausicaa, 2015)	36
Figure 29. Contact libre lors d'une séance d'ostéopathie. Mouvements très progressifs et calmes. (Nausicaa, 2015)	36
Figure 30. Contact semi-protégé. (Nausicaa, 2015).....	36
Figure 31. Les voies parasympathiques (D'après Drack, 2006 dans Papailhau S., 2012)	37
Figure 33. Scanner en vue ventrale vertèbres cervicales. Otarie de Californie (Fridolin) avec une fracture consolidée en C2. Chien physiologique. Chien avec fracture C2 récente. (Nausicaa)	38
Figure 32. Réactions du système nerveux autonome pendant une séance d'ostéopathie: salivation abondante, larmoiement. (Photo personnelle - Nausicaa, 2015).....	38
Figure 34. Mouvements oscillatoires du cou et de la tête pendant une écoute et un traitement crânio-sacré. (Nausicaa, 2015).....	38
Figure 35. Complément de scanner Fridolin (Nausicaa)	39
Figure 36. Radiographie abdominale de Xino. Présence des corps étrangers dans l'estomac. (Nausicaa).....	40
Figure 37. Vis et boulons (corps étrangers) retrouvés dans le bassin (Nausicaa)	40

INTRODUCTION

Ce mémoire d'ostéopathie sur les otaries de Californie est le fruit d'une recherche scientifique basée sur des expériences pratiques.

Il se compose de trois parties ; tout d'abord, nous effectuerons un état des lieux sur la situation de ces animaux marins souvent peu connue du grand public et qui sont pourtant présents sur nos côtes et dans différents centres. Ensuite, nous présenterons un récapitulatif des différences anatomiques et physiologiques chez les Otaries de Californie par comparaison avec d'autres carnivores ainsi que les relations et adaptations structure-fonction à leur milieu. Nous poursuivrons par les bases ainsi que les principes de l'ostéopathie. Enfin, par une étude de cas dans laquelle seront détaillées, les démarches effectuées, le déroulement d'un soin ainsi que tous les paramètres dont il faut tenir compte comme les risques de zoonoses ou l'utilisation du « *medical training* ».

Nous tenterons également de faire apprécier l'apport complémentaire de la pratique ostéopathique dans le cadre des soins vétérinaires prodigués aux mammifères marins. L'ostéopathie est une discipline actuellement en pleine expansion, reconnue par l'Ordre des Vétérinaires. La demande des propriétaires d'animaux de compagnie, des éleveurs ainsi que des centres de réhabilitation de la faune sauvage concernant les oiseaux est croissante. Elle fait donc de plus en plus fréquemment partie de la prise en charge vétérinaire. Cependant, elle est actuellement assez méconnue dans le domaine des mammifères marins et il n'existe, à notre connaissance, pas de littérature à ce sujet.

1. CONTEXTE DE LA RECHERCHE

L'ostéopathie permet, dans de nombreux cas, d'aider à la **revalidation** et à une **meilleure récupération post-traumatique**. Notre pratique nous a amené à réaliser à plusieurs reprises, des séances dans des **centres de sauvegarde de la faune sauvage** (Hegaldia (Ustaritz), centre CREAVES (Templeuve-Belgique), Parc'Ours (Borce)), notamment sur différents rapaces (vautours fauves, buses,...) ainsi que sur des petits mammifères comme des hérissons ou encore dans un parc associatif sur des chevreuils, un alpage,... Cf. *Figure 1*.

Dans cette optique, de réhabilitation, nous avons voulu voir comment nous pouvions, de la même façon, utiliser l'ostéopathie comme une aide pour la revalidation de mammifères marins.

En effet, la présence de **mammifères marins**, que ce soit des cétacés ou des pinnipèdes, ainsi que le **nombre d'échouages importants** est souvent méconnue. Pourtant ces animaux protégés par la législation française par la CBI (Commission Baleinière Internationale) et la CITES (*Convention on International Trade of Endangered Species* signifiant en Français : Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction) depuis 1961, font l'objet d'une attention particulière de plus en plus assidue par les équipes scientifiques. (Chartrin 2005 – Rougelin 2012). Environ la moitié des espèces (présentes dans tous les océans du globe) de mammifères marins se retrouvent dans les eaux sous juridiction française. Soit un peu plus de 70 espèces (55 espèces de cétacés, 15 de pinnipèdes et 2 de Siréniens) (Van Canneyt O. in Ruys& Soulier, 2013). La France a donc un rôle considérable à jouer dans la conservation de ces animaux et cela passe, entre autres paramètres, par une meilleure connaissance de leur distribution, de leur milieu et des causes d'échouages.

1.1. RÉSEAU D'ÉCHOUAGE FRANÇAIS ET CENTRES DE REHABILITATION

Les échouages représentent l'une des principales sources d'information sur la présence de ces espèces au large de nos côtes. Depuis une dizaine d'années, on a pu améliorer les connaissances sur la distribution et l'abondance des principales espèces de Cétacés, par le biais de campagnes scientifiques en mer partiellement ou totalement dédiées à leur observation, par des programmes d'observation des pêches, la mise en place de programmes écologiques et enfin grâce aux analyses des prélèvements effectués lors des nombreux échouages. (Van Canneyt O. in Ruys & Soulier 2013). Cf. Figure 2.

Les principales espèces s'échouant sur les côtes françaises depuis 1900 sont pour les **Cétacés** (par ordre croissant d'abondance dans les échouages et les observations) : le Dauphin commun (*Delphinus Delphis*) (74% en Atlantique), le Marsouin commun (*Phocoena phocena*), le Dauphin bleu et blanc (*Stenella coeruleoalba*) (71% en Méditerranée), le Grand dauphin (*Tursiops truncatus*), le Globicéphale noir (*Globicephala melas*), la Baleine à bec de Cuvier (*Ziphius cavirostris*), le Dauphin de Risso (*Grampus griseus*), le Rorqual commun (*Balaenoptera physalus*), le petit Rorqual (*Balaenoptera acutorostrata*) et le Grand cachalot (*Physeter catodon*). La majorité des échouages ayant lieu au niveau de la façade atlantique (largement supérieur par rapport à la méditerranée et aux DOM-TOM) (Van Canneyt O. in Ruys & Soulier, 2013)

On recense également un **grand nombre de phoques gris et de phoques veaux marins**. Ces animaux, jeunes et adultes sont pris en charge par différents centres qui ont vocation à les soigner et à les réintroduire dans leur milieu naturel. (Chartrin 2005 – Rougelin 2012)

Les **échouages de phoques gris** concernent **majoritairement** (99%), des **jeunes**, malades ou fatigués, âgés de **quelques semaines**. En effet, les causes d'échouages sont principalement dues au comportement maternel. Les naissances ont lieu en fin d'automne et pendant l'hiver dans les Îles Britanniques et en Bretagne. La mère allaite le jeune, recouvert du lanugo un duvet non étanche qui l'empêche d'aller à l'eau, pendant trois semaines. Puis, elle le sèvre et l'abandonne pour enfin s'alimenter et retrouver un mâle. Les petits seront livrés à eux-mêmes, sans avoir appris les techniques de pêche et de nage avec la mère. Souvent affaiblis, déshydratés, affamés, parfois blessés ou parasités, subissant les conditions climatiques souvent rudes à cette période, ils reviennent vers les côtes où les conditions thermiques sont souvent plus favorables et ils finissent par s'échouer avec un poids de 10-15kg. Ils présentent souvent des problèmes oculaires et respiratoires. (Dewez, 2015). Cf. Figure 3.

En ce qui concerne les **phoques veaux marins**, ce sont rarement réellement des échouages, le jeune se retrouvant **abandonné** dans les tous premiers jours de sa vie. En effet, les mères mettent bas sur les plages du littoral, au niveau des embouchures des fleuves, voire à l'intérieur des terres, non loin des activités humaines. Le dérangement est l'une des causes principales d'abandon. Il y a également un phénomène lié à la marée, qui peut déplacer le petit ou l'isoler de sa mère qui ne revient qu'à marée haute. Ce sont donc ces premières heures et jours qui seront décisifs pour les jeunes. (Chartrin, 2005)

La **majorité des animaux** (phoques) arrivant dans les centres de soins sont donc des **juvéniles**, âgés de **quelques jours** (cordon ombilical encore présent) ou pour la plupart de **quelques semaines**. Ils sont souvent amaigris (environ 15-20kg au lieu de 45kg en post-sevrage), car ils ont perdu en peu de temps, toutes leurs réserves graisseuses, qui sont principalement situées au niveau du lard sous-cutané. Ils sont relâchés quand ils ont atteint un poids d'environ 30kg pour les phoques veaux-marins et 40kg pour les phoques gris. Les animaux sont donc **gardés** plusieurs semaines, cela provoque une **imprégnation par l'homme** mais des

tentatives de relâcher de phoques plus légers et donc plus précoces ne sont pas concluantes. (Chartrin, 2005). Cf. Figure 4.

1.2. PARCS ZOOLOGIQUES DONT NAUSICAA

Il existe différents **parcs zoologiques français** comprenant ou non un espace pour la réhabilitation de certaines espèces. Les **pinnipèdes** sont les mammifères marins **les plus représentés** dans les parcs. Comme ils sont moins dépendants du milieu aquatique, ils s'adaptent plus facilement. Cela permet donc de les garder en captivité à moindre coût et de faciliter les transports. Le lion de mer de Californie est l'espèce d'Otariidae la plus commune dans les parcs zoologiques, sa durée de vie moyenne est de 13 à 25 ans. Le phoque veau marin est l'espèce de phoque la plus fréquente dans les zoos, qui vit en captivité environ 10 à 15 ans. Le phoque gris s'adapte également bien à la vie en captivité. (Rougelin, 2012)

Grâce à la précieuse collaboration du centre **Nausicaa**, se trouvant à Boulogne-sur-Mer, nous avons pu examiner leurs 5 **Otaries de Californie** (*Zalophus californianus*) en ostéopathie. C'est donc sur cette espèce que nous avons choisi d'orienter notre travail, même si elle se retrouve peu à l'état sauvage sur nos côtes. L'habitat des Otaries de Californie se répartit en pleine mer et sur les côtes rocheuses du versant Pacifique des États-Unis d'Amérique ainsi qu'aux îles Galapagos. (Rougelin, 2012). Cette étude permettra de constater les différences de ressenti par rapport aux mammifères terrestres et les limites que nous rencontrons.

En résumé :

Ostéopathie sur les mammifères marins :

- 1) Nombre important d'échouages de mammifères marins. Possibilité de prise en charge thérapeutique dans des centres de réhabilitation.
- 2) Présence de mammifères marins dans les parcs zoologiques

2. BIOLOGIE COMPARATIVE ET ADAPTATIONS STRUCTURE – FONCTION SELON LE MILIEU POUR L'OTARIE DE CALIFORNIE (*ZALOPHUS CALIFORNIANUS*) EN COMPARAISON AUX MAMMIFÈRES TERRESTRES

2.1. CLASSIFICATION

Les mammifères marins sont divisés en trois groupes : Premièrement, les **pinnipèdes** qui dépendent du **milieu terrestre** pour la reproduction ; le mot pinnipède provient de l'association des mots latins *pinna* et *pedis* qui donnent en français « pieds en forme de nageoire ». Ensuite, les cétacés et les siréniens complètement inféodés au milieu aquatique. (Rougelin, 2012 – Palmas, 2008)

Les pinnipèdes sont issus d'un groupe de carnivores **Arctoïdes**, qui inclut les Ursidés (ours), les Procyonidés (ratons laveurs) et les Mustélidés (visons, belettes, loutres) au sein du sous-ordre des **Caniformia**. (Ruys T., Soulier L., 2013)

Les premiers spécimens connus de Pinnipédimorphes que l'on peut associer aux otaries, se partagent entre cinq espèces appartenant au genre *Enarliarctos*. Les otaries sont les dernières à apparaître et être connues depuis seulement 11 millions d'années.

L'ordre des pinnipèdes comprend 3 familles avec 33 espèces différentes (Ruys T., Soulier L., 2013 - Rougelin, 2012):

- Les **Otariidae** (qui comporte 14 espèces et est divisé en deux sous-familles):
 - o Les **Otariinés** (lions de mer) réparties en 5 espèces (comprenant les **Otaries de Californie** cf. *figure 5*)
 - o Les Arctocéphalinés (Otaries à fourrure : 9 espèces)
- Les Phocidae (parfois divisé en Monachinés et Phocinés): vrais Phoques, Éléphants de mer, Léopards de mer
- Les Odobenidae : Morses

Les cétacés forment un groupe non homogène regroupant 80 espèces différentes :

- Les baleines à fanons (Mysticètes) : Rorqual, Baleine franche, Baleine grise,...
- Les baleines à dents (Odontocètes) : cachalots, marsouins, dauphins, globicéphales, orques, dauphins d'eau douce, baleine à bec, béluga et narval.

Les cétacés sont des vertébrés mammifères placentaires. Ils forment un ordre d'animaux « tétrapodes » dont les ancêtres terriens, communs aux Artiodactyles, sont retournés à la vie aquatique et ont colonisé tous les types d'eaux. Ce retour a imposé de profondes modifications, tant sur le plan anatomique que physiologique, nécessaires pour la pérennité dans un milieu particulier. (Macé)

Les Siréniens comprennent les Lamantins et les Dugongs.

2.2. BIOLOGIE ET ÉCOLOGIE DES OTARIES DE CALIFORNIE

- Vie sociale : polygynes, elles vivent en grandes colonies sur les plages dégagées. En mer, ce sont des groupes de taille variable avec de grosses concentrations près des colonies. Elles s'adaptent bien aux modifications de leur environnement. Grégaire toute l'année. (Shirihai H., 2007)
- Taille : longueur allant de **2 à 2.4m** pour les **mâles** et de **1.5 à 1.8m** pour les **femelles** (Shirihai H., 2007)
- Poids : Pour les **mâles** : **maximum 200kg** et pour les **femelles** entre **80 et 100kg** (Shirihai H., 2007)
- **Dimorphisme sexuel** en faveur des mâles, ce qui permet de les distinguer: cou plus massif, crête nucale prononcée à la base du crâne qui est d'une teinte plus claire que le reste de la fourrure, hurlement rauque (Rougelin, 2012 – Palmas, 2008)
- Durée de vie moyenne : **maximum 30 ans** (Shirihai H., 2007)
- Régime alimentaire : l'otarie se nourrit de **poissons** (capelans, lançons, harengs, merlus, et poissons de roche) et de **mollusques** (poules et calmars). Il semble que les vibrisses (organes tactiles sensoriels) jouent un rôle important dans la recherche de nourriture et la capture de proies. (Nausicaa, 2015)
- Reproduction : Dans le Golf de Californie les mâles acquièrent leur maturité sexuelle à 9 ans et les femelles à 6-8 ans. La plupart du temps, les femelles ne donnent vie qu'à **un seul jeune** avec lequel elles s'isolent pendant le temps de l'allaitement et de l'éducation du jeune, elles peuvent allaiter parfois pendant une période allant jusqu'à 2 ans. Les petits pèsent environ 6-7kg à la naissance et mesurent environ 65cm. Le mâle possède un harem qui peut comporter une vingtaine de femelles. La durée de gestation est d'environ 11 mois chez les pinnipèdes. (Nausicaa, 2015- Ruys et al, 2013- Palmas, 2008).

2.3. PARTICULARITÉS ET ADAPTATIONS PHYSIOLOGIQUES ET ANATOMIQUES

L'ostéopathie est un art du toucher classique, du toucher fin et de la perception. Une compréhension parfaite de l'anatomie, de la physiologie est essentielle pour une bonne prise en charge globale de l'animal que l'on examine.

Il y a 60 millions d'années, les mammifères marins ont fait la transition de la terre vers des formes intermédiaires capables de se mouvoir dans l'air et dans l'eau. De nombreuses modifications anatomiques et physiologiques ont été nécessaires pour pouvoir s'adapter aux contraintes physiques d'une vie dans l'eau. Sur terre, la gravité est la **force physique** principale à **surmonter** par les corps et les membres en mouvement ; **dans l'eau**, c'est la **flottabilité et le frottement**. Ces contraintes auront une incidence sur la morphologie et l'hydrodynamisme indispensable pour être en mesure de chasser efficacement. De surcroît, les **changements de pression hydrostatique** lors des plongées **influencent** les **déplacements**. **L'eau a une densité** 800 fois **plus importante** et 60 fois **plus visqueuse** que l'air rendant ainsi les mouvements comparativement plus compliqués dans l'eau. Les différences des **caractéristiques thermiques** auront aussi un profond impact. (Williams & Worthy, 2002)

La **salinité** élevée de l'environnement marin a nécessité des **modifications** au niveau **rénal** pour permettre aux mammifères marins de maintenir un équilibre osmotique homéostatique en l'absence d'eau pure. (Williams & Worthy, 2002)

2.3.1. Spécificités du milieu aquatique

2.3.1.1. Conductivité thermique

La conductivité thermique de l'eau est 24 fois plus importante que celle de l'air. Il en découle que les animaux vivants dans l'eau sont exposés à des taux très élevés de transfert de chaleur. (Williams & Worthy, 2002)

Cependant, même aux extrêmes géographiques ou lorsqu'ils passent des eaux de surface chaudes aux eaux profondes très froides les mammifères marins subissent des écarts thermiques moins importants que les mammifères terrestres. La vie dans un milieu aussi conducteur de chaleur que l'eau augmente la perte de chaleur corporelle par la peau. **Pour s'isoler du milieu** ambiant, les mammifères marins disposent d'une **couche de graisse** plus ou moins épaisse (hypoderme) selon les espèces. (Fontaine, 2005 – Ruys et al, 2013). Cf. figure 6.

Les **pinnipèdes**, qui reviennent à terre ou sur la banquise régulièrement, ont **conservé une couverture pileuse**, malgré l'augmentation de la traînée que cela implique. Leurs poils jouent un **rôle de protection thermique**, surtout dans le cas des **otaries** dont le **pannicule graisseux** est de **faible épaisseur**. Leur fourrure est constituée de deux sortes de poils : les jarres (ou poils de garde) qui sont longs, rigides et résistants et les poils de bourre, généralement plus serrés, souvent ondulés. Ils muent et le remplacement du poil peut se faire tout au long de l'année ou à des périodes déterminées, en général une fois par an. Les otaries **plongent peu profondément** (maximum 536m observé pour l'Otarie de Californie, mais généralement elles excèdent rarement 100m) et font des **plongées** assez **courtes** (maximum observé 15-16 minutes) **car** la **couverture pileuse** offre une **résistance à l'avancement**. Par ailleurs, l'air étant compressible, la couche emprisonnée sous la fourrure diminuerait constamment à mesure que l'animal plongerait plus profondément à cause de la pression hydrostatique croissante. Les otaries ont une forme légèrement plus hydrodynamique que les phoques et misent peut-être plus sur la vitesse de déplacement que

sur de longues apnées pour capturer leurs proies, même si les coûts énergétiques sont plus grands. (Fontaine, 2005 – Ruys et al, 2013 - Shirihai H., 2007)

2.3.1.2. Densité

La densité du corps des mammifères marins est à peine supérieure, parfois même inférieure à celle de l'eau. La masse osseuse du squelette est légère et remplie de graisse. Lors de l'immersion dans l'eau, ils sont **supportés presque totalement par le milieu** en vertu du principe d'Archimède. Quelle que soit leur masse, ils ne pèsent donc pratiquement rien. Les contraintes exercées par la **gravité** sur la charpente des animaux terrestres ont une **incidence sur les pinnipèdes** qui reviennent sur le sol ou la banquise, mais n'affectent pas les cétacés, car ils ne reviennent jamais sur terre. (Fontaine, 2005)

2.3.1.3. Les reins et l'adaptation à la salinité du milieu

Les mammifères marins vivent en **milieu hyperosmotique** ; ils ont donc besoin de conserver leur eau corporelle. C'est la raison pour laquelle ils doivent produire une urine beaucoup plus concentrée que l'eau de mer, cela leur permet de ne pas se déshydrater en buvant l'eau de mer. Les **reins** sont proportionnellement plus gros que ceux des mammifères terrestres ; de plus, ils n'ont pas la forme d'un haricot mais plutôt un **aspect très lobulé** avec de **nombreux rénicules**. La surface d'excrétion est ainsi multipliée. Ces rénicules sont des unités morphologiques indépendantes (comme de petits reins) dont la fonction est la filtration de l'eau de mer afin de ne garder que l'eau et excréter le sel en excès ; ce qui leur permet de **s'affranchir des problèmes de régulation osmotiques** liés à la différence de concentration de sels dans les liquides. Les reins des Otaries de Californie sont identiques dans leur structure à ceux des cétacés avec cependant moins de rénicules (Palmas, 2008 – Fontaine, 2005 – Ruys et al, 2013). Cf. Figures 7 et 8.

2.3.1.4. Viscosité

La **viscosité** de l'eau est environ cinquante fois **plus grande** que celle de l'air ce qui induit une **résistance au déplacement plus importante**. Par contre, elle fournit un excellent point d'appui aux organes qui servent à la propulsion des animaux aquatiques, comme les membres des pinnipèdes. La viscosité de l'eau a **influencé l'aspect, la forme générale** ainsi que la surface **du corps** et l'anatomie des mammifères marins. (Fontaine, 2005)

2.3.2. Description morphologique

Cf. Figure 9. Une des différences les plus remarquables entre les mammifères marins et terrestres est la forme de leur corps et de leurs appendices. Leur corps est de **forme fuselée**, les contours du corps sont plus **lisses**, cela permet un **meilleur hydrodynamisme** (malgré la présence des membres postérieurs) car les forces de frottement sont ainsi moindres. (Williams & Worthy, 2002). Elles partagent leur existence entre le milieu marin dans lequel elles chassent pour se nourrir et la terre ferme, sur laquelle elles se reposent, se reproduisent et mettent bas.

En résumé :

- **Adaptations au milieu marin** -

- Viscosité de l'eau plus importante que l'air : ↑ frottement → forme fuselée du corps → meilleur hydrodynamisme

- Conductivité thermique de l'eau plus importante : couche de graisse plus ou moins épaisse et pour les pinnipèdes : couverture pileuse
- Densité de l'eau : masse osseuse plus légère, peu importe leur masse, ils ne pèsent pratiquement rien.
- Salinité : milieu hyperosmotique : reins avec aspect très lobulé, nombreux réticules pour augmenter surface d'excrétion

2.3.3. Le squelette

Tous les pinnipèdes, qu'ils soient contemporains ou fossiles, possèdent les caractères suivants : des orbites de grand diamètre, un large foramen infra orbital permettant le passage des nerfs et des vaisseaux sanguins, l'os maxillaire compose une partie de l'orbite, l'os lacrymal est absent ou très peu développé. On note au niveau de la tête également une réduction du nombre d'incisives, trois sur l'hémi-mâchoire supérieure et deux sur l'hémi-mâchoire inférieure. Au niveau des membres, il y a des tubérosités proéminentes sur la partie proximale de l'humérus, court et robuste. Enfin, le doigt I de la main et les doigts I et V du pied sont plus allongés que les autres. (Chartrin, 2005)

2.3.3.1. La tête – le crâne

Chez les pinnipèdes, la **tête ressemble à celle d'un mammifère terrestre**. Leur museau est court et les narines sont disposées à l'extrémité. Le cou de ces animaux n'est pas réduit et la tête est très mobile. Leur **boîte crânienne est volumineuse** et les **orbites** sont généralement **très grandes** : abritant des globes oculaires volumineux qui permettent une adaptation à la vision dans les milieux faiblement éclairés. La partie frontale inter-orbitaire est donc assez étroite. Les cornets du nez (replis des ethmoturbinés) sont volumineux augmentant ainsi la surface de la muqueuse nasale qui joue un rôle important dans la conservation de la chaleur corporelle. Cela limite également les pertes de liquides corporels. Au niveau de la denture, elle compte moins de dents que les carnivores terrestres et la **denture jugale** est presque **homodonte** : chez un adulte, les molaires et les prémolaires sont semblables, assez pointues et ne servent plus à la mastication (ce n'est pas possible à cause de leur disposition en quinconce). Elles servent essentiellement à la **préhension**. Les canines sont généralement bien développées, par contre le nombre et la taille des incisives est réduit par rapport aux carnivores terrestres. (Fontaine, 2005 – Ruys et al, 2013 – Palmas, 2008). Cf. *Figure 10 et 11*.

Particularités du crâne des otaries par rapport aux autres pinnipèdes (Fontaine, 2005) :

- Présence d'une apophyse supra-orbitale formant une sorte de plateau au dessus de l'orbite.
- Frontaux qui s'insèrent en pointe entre les os nasaux, formant une suture en W.
- Bulles tympaniques peu ou pas dilatées.
- Apophyse angulaire massive et placée à la base du rameau ascendant de la mandibule.

2.3.3.2. Les membres et les ceintures

On constate l'importance relative des membres du mammifère terrestre par rapport à ceux des cétacés. Le squelette des pinnipèdes est beaucoup plus proche de celui d'un mammifère terrestre, ce qui n'est pas particulièrement surprenant si on considère que la plupart des espèces passe une bonne partie de sa vie sur terre ou sur la banquise. (Fontaine, 2005)

a) Déplacement sur la terre ferme ou sur la glace

Les quatre membres sont transformés en nageoires ; les pectorales sont relativement longues et les nageoires arrières sont très puissantes. Les Otariidés se déplacent sur terre en **utilisant leurs quatre membres**. Leurs pieds sont presque attachés par les talons et ne sont que peu mobiles l'un par rapport à l'autre ; ils peuvent se replier sous leur corps et donc en supporter une partie du poids. Les otaries peuvent donc s'en servir à terre en les mettant sous leur corps pour marcher ou même pour effectuer un « galop ». Lorsqu'une otarie se déplace, elle prend **appui sur les mains** et **projette sa tête** et son **cou** en avant. Le **déplacement du centre de gravité** lui permet alors de **soulever ses deux pieds et**, par une flexion du tronc, de **les projeter vers l'avant**. Elle n'a plus ensuite qu'à relever la tête et à recommencer. Ces mouvements peuvent se faire rapidement et permettent une allure assez rapide (Berta et al, 2006 – Rougelin, 2012). Cf. Figure 12.

b) Déplacement dans l'eau

Les otaries nagent avec leurs **nageoires antérieures** complètement glabres, qu'elles utilisent un peu comme un oiseau utilise ses ailes. Elles les utilisent pour la **propulsion** (Williams & Worthy, 2002). Les **nageoires postérieures** sont indispensables pour les changements de direction mais ne sont pas ou pratiquement pas utilisées pour la propulsion, mais plutôt comme **gouvernail**. (Palmas, 2008 – Berta et al, 2006). Cf. Figure 13.

c) Membre antérieur et ceinture scapulaire

Les nageoires antérieures sont courtes et larges. Les pinnipèdes n'ont pas de clavicule. L'**omoplate** est **bien développée** et porte **deux épines**, la deuxième se trouvant dans la fosse sus-épineuse. Cette particularité anatomique est en rapport avec le mode de **déplacement sur le sol**, car elles prennent solidement **appui** sur celui-ci à l'aide du **membre antérieur**. Il n'y a pas de rotation du radius autour du cubitus et les doigts ne portent plus que des griffes vestigiales, les ongles sont minuscules. La dernière phalange se prolonge par une pièce de cartilage plus ou moins longue. (Shirihai, 2007 – Fontaine, 2005)

d) Ceinture pelvienne et membre postérieur

Le bassin des pinnipèdes est constitué d'un ilium raccourci et d'un ischion et d'un pubis allongé. Chez les otaries, la locomotion terrestre a entraîné **l'allongement de la portion post-acétabulaire** où s'insèrent des **muscles puissants**. Cette locomotion en milieu terrestre est possible car l'astragale permet la rotation du pied vers l'avant et il peut ainsi supporter le poids du corps. (Fontaine, 2005 – Palmas, 2008 – Berta, 2006). Cf. Figure 14.

2.3.3.3. La colonne vertébrale

Cf. Figure 15.

La formule vertébrale est généralement celle-ci : C 7, T 15, L 5, S 3, Cd 10-12.

Les vertèbres **cervicales** (7) sont relativement grosses et leurs **apophyses très développées** pour permettre **l'ancrage de muscles cervicaux puissants** et ainsi permettre la grande mobilité de la tête et du cou qui servent de balancier. Car comme nous venons de le mentionner, les postérieurs sont très rapprochés et très courts chez les Otaries. La propulsion sur terre est surtout attribuable aux mouvements des membres antérieurs, aidés par une oscillation du cou. (Fontaine, 2005 – Palmas, 2008)

Les **apophyses neurales** des vertèbres **thoraciques**, au nombre de 15, sont **très développées**, surtout les premières, pour permettre aux muscles releveurs du cou d'avoir un bon point d'ancrage. (Fontaine, 2005 – Palmas, 2008). Chez le phoque, cette association entre de grandes apophyses et une forte musculature est plutôt située en région lombaire pour permettre des mouvements natatoires transversaux de la partie postérieure du corps (Palmas, 2008).

Les vertèbres lombaires sont plus petites que celles des phocidés, surtout au niveau des apophyses transverses (pas plus larges que longues), et les zygapophyses sont articulées de façon beaucoup plus rigide, car comme ce sont les membres antérieurs qui sont utilisés dans la nage, la colonne n'a pas besoin d'être très flexible dans le plan horizontal. Les vertèbres caudales sont de petite taille. (Fontaine, 2005 – Palmas, 2008)

En résumé :

La formule vertébrale est la suivante : C7-T15-L5-S3-Cd 10-12

Le membre antérieur des otaries sert à la propulsion lors de la nage et de la marche.

Le membre postérieur des otaries est utilisé comme gouvernail lors de la nage, la rotation du pied vers l'avant pour la marche est possible grâce à l'astragale

2.3.4. L'appareil respiratoire

2.3.4.1. Anatomie

Chez les pinnipèdes, **l'entrée d'eau est stoppée au niveau des narines**. Des **muscles** maintiennent volontairement les narines ouvertes ou fermées, à la moindre variation de pression, pour permettre les échanges gazeux. D'autre part, des muscles laryngés puissants évitent les entrées d'eau quand la bouche est ouverte sous l'eau. La trachée des pinnipèdes est plutôt longue en comparaison de celle des cétacés.

Une des caractéristiques frappantes des mammifères marins, en particulier des cétacés est le **faible nombre de côtes vraies**, c'est-à-dire, directement reliées au sternum par le cartilage costal, contrairement aux autres qui s'unissent à la côte qui précède. Chez les pinnipèdes, certainement comme résultante de leur mode de vie encore amphibie, l'articulation des côtes au sternum est plus marquée. Ils ont en principe 15 côtes parmi lesquelles 10 d'entre elles sont articulées au sternum ; ainsi la **flexibilité thoracique est importante** (Lopes de Lima, 1990). Malgré la pression hydrostatique, les poumons des otaries ne s'écrasent pas complètement pendant l'apnée ; leur capacité à emmagasiner de l'oxygène est intermédiaire entre celles des phoques et celle des mammifères non plongeurs (Fontaine, 2005). D'autres éléments thoraciques sont adaptés à l'importante compression pendant les apnées profondes. C'est une orientation très oblique du diaphragme ainsi qu'une localisation très dorsale des poumons dans la cage thoracique (Lopes de Lima, 1990). Cependant le diaphragme des otaries est placé plus perpendiculairement, un peu comme celui des mammifères terrestres (Fontaine, 2005).

Les poumons sont composés de plusieurs lobes et ceux des otaries sont asymétriques, le poumon droit est plus volumineux que le gauche (comme chez les cétacés, alors que ceux des phoques sont symétriques et possèdent 3 lobes de chaque côté) (Palmas, 2008). Le poumon est formé d'un **réseau bronchique renforcé par du cartilage** qui s'étend aux plus petites bronches et amènent l'air directement dans les alvéoles (Williams & Worthy, 2002).

En comparaison avec les mammifères terrestres, il y a une **augmentation nette de l'importance des structures de support** : cartilage, collagène, fibres musculaires lisses et tissus élastiques. D'autre part, la plèvre viscérale est dense, épaisse (>1mm) et très élastique. (Lopes de Lima, 1990). Cf. Figure 16.

Harrison et Tomlinson en 1956, montrent l'existence chez la majorité des pinnipèdes et chez certains cétacés, d'un **réseau admirable « circumpéricardique »**, capable d'une grande expansion par le sang lors de la plongée, ce qui permettrait un équilibre rapide de la pression intra-thoracique par l'engorgement sanguin lors de la descente. Les pinnipèdes sont dépourvus de sinus aériens. (Lopes de Lima, 1990).

2.3.4.2. Physiologie de la plongée

Une **conséquence** importante de l'adaptation au milieu marin est la **façon dont l'oxygène est délivré, stocké et utilisé par l'organisme**. Pendant leurs activités au sol ou en surface de l'eau, le circuit respiratoire est « ouvert », l'oxygène afflue de l'air ambiant vers les poumons, diffuse à travers les alvéoles jusque dans les capillaires ; il est ensuite transporté par le système cardiovasculaire jusqu'aux muscles squelettiques (Williams & Worthy, 2002).

La plupart des mammifères marins doivent plonger plus ou moins profondément pour se procurer leur nourriture. L'oxygène du milieu ambiant ne peut donc être utilisé pour maintenir leur métabolisme.

Le rythme respiratoire consiste en une série de respirations rapprochées suivie d'une période d'apnée plus ou moins longue. **L'oxygène est réparti différemment** selon les mammifères terrestres ou les mammifères marins : chez l'homme par exemple, il y a 24% d'O₂ au niveau des poumons, 57% au niveau du sang et 15% dans les muscles. Chez les Otariidés, 13% dans les poumons, 54% dans le sang et 33% dans les muscles. Les contraintes liées à la pression hydrostatique influencent la capacité pulmonaire, proportionnellement moins grande. Le **fort taux de myoglobine** permet aux mammifères marins de stocker plus d'oxygène ; néanmoins cette tolérance accrue à l'acide lactique leur **permet** de fonctionner plus longtemps en **régime anaérobie**. Cette métabolisation de l'acide lactique s'effectue pendant les respirations qui suivent l'apnée. Le nombre de respirations suivant une apnée sera donc plus grand selon la durée de la plongée. Il faut en effet oxyder cet acide lactique et le transformer en CO₂ pour l'éliminer. (Fontaine, 2005)

Comme chez les Cétacés, **en plongée**, une **bradycardie** est mise en place. Elle est plus brusque et plus importante chez les phoques que chez les otaries. Il semblerait également, selon Hurley & Costa, 2001, que les Otaries de Californie soient capables d'adapter leur métabolisme, et notamment leur consommation d'oxygène et leur performance apnéique, en fonction du temps de plongée : si celui-ci augmente, alors le métabolisme basal va augmenter et inversement.

Un **collapsus respiratoire** des voies aériennes se met en place lorsque l'animal plonge à certaines profondeurs (50-100m) et le processus s'inverse à la remontée. C'est grâce au surfactant qui se trouve à la surface des poumons que ce collapsus est possible, sa composition plus riche en phospholipides autorise les repliements et les gonflements successifs pendant les phases de plongée et de remontée. (Spragg et al, 2004)

En résumé :

- | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p style="text-align: center;">- Adaptations au niveau de l'appareil respiratoire -</p> <ul style="list-style-type: none">- Muscles au niveau des narines et larynx pour empêcher l'entrée d'eau- Grande flexibilité thoracique < faible nombre de côtes vraies |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

- Augmentation des structures de support (cartilage, collagène, fibres musculaires lisses et tissu élastique)
- Répartition de l'oxygène différente, proportion plus importante au niveau musculaire, fort taux de myoglobine
- Collapsus respiratoire lors des plongées à certaines profondeurs

2.3.5. L'appareil cardio-vasculaire

2.3.5.1. Le Sang

Le **taux d'hématocrite est important** chez les mammifères marins. Les globules rouges sont aussi plus gros, contenant plus d'hémoglobine. Les mammifères marins ont un rapport volume sanguin/masse corporelle 2 ou 3 plus élevé que les mammifères qui ne plongent pas.

2.3.5.2. Les réseaux admirables (*retemirabile*)

Il existe aussi un mécanisme, qui consiste à **répartir la masse sanguine** d'une façon particulière pendant l'apnée. Le cerveau, la moelle épinière et le myocarde ne peuvent accumuler de dette d'oxygène. Il existe donc des moyens de concentrer la circulation du sang dans le système nerveux central et le cœur. Les muscles et les viscères, pouvant subvenir à leurs besoins avec la myoglobine oxygénée. On remarque d'ailleurs lors de l'autopsie d'un mammifère marin, la couleur des muscles qui est beaucoup plus foncée (dû à la présence de la myoglobine) que celle des mammifères domestiques (Berta et al., 2006). Cf. *Figures 17 et 18*.

Chez les mammifères marins, et notamment chez les pinnipèdes, on retrouve également autour de la moelle épinière et dans la cage thoracique des masses d'artères anastomosées en réseaux extrêmement complexes, ce sont les réseaux admirables, les *rete mirabile* qui servent de réservoir. Ils ont un rôle important dans la répartition de la masse sanguine et pourraient aussi absorber le sang qui provient de la cage thoracique quand celle-ci se fait écraser par la pression hydrostatique lors d'une plongée profonde. Après s'être réparti dans les *rete*, le sang quittant la cage thoracique sous forte pression arriverait avec une pression convenable dans les carotides qui le conduisent au cerveau, lui évitant ainsi tout dommage (Berta et al, 2006 -Fontaine, 2005). Cf. *Figures 19 et 20*.

Il y a également, chez les Cétacés, qui sont comme tous les mammifères homéothermes, un système efficace pour **maintenir leur température constante**, quelles que soient leurs activités ou la température de l'eau dans laquelle ils évoluent. Cette fonction est nécessaire, sinon l'efficacité du pouvoir isolant du lard entraînerait une élévation de température du corps lors d'une activité musculaire intense. Le sang, en se déplaçant dans les artères, veines et capillaires présents dans tous les tissus a un rôle de liquide de refroidissement. Il circule dans le derme et l'hypoderme pour s'y refroidir au contact de l'eau et revient pour abaisser la température des différents organes en y circulant à nouveau. Un système analogue empêche le sang de se refroidir quand il n'y a pas de chaleur à perdre (période de faible activité dans de l'eau froide par exemple). Le sang traverse la graisse par des artères qui se ramifient en de très nombreux capillaires cutanés. Ces derniers se regroupent en veines qui ramènent le sang refroidi dans le corps. Si l'animal doit conserver sa chaleur, son système nerveux autonome provoque la contraction des artères traversant la graisse. Dans ce cas, seule une toute petite partie du sang circule dans la peau, la plus grande partie étant déviée vers des veines situées sous le pannicule adipeux. Ainsi, le sang qui retourne au corps n'a

pratiquement pas changé de température et l'animal n'aura donc pas à le réchauffer (Berta et al, 2006-Fontaine, 2005). Cf. *Figure 21*.

Dans les organes comme les membres antérieurs ou postérieurs, où il n'y a que peu ou pas de gras, il existe un système encore plus perfectionné. Les artères apportant le sang aux capillaires sont entourées d'une gaine de veines ramifiées en réseaux admirables (retemirabile). Le sang chaud des artères sert à réchauffer le sang qui s'est refroidi dans la peau et qui revient par les veines. (Fontaine, 2005) Pendant l'apnée, l'animal est en bradycardie afin de diminuer la pression sanguine dans les zones où le sang circule encore.

2.3.5.3. Le cœur, le système artériel et veineux

Si nous comparons aux mammifères terrestres, le cœur des pinnipèdes est quasiment identique. Il est plus large et plus aplati mais sa position n'est pas très différente dans la cage thoracique. Le foramen ovale du septum inter-atrial se referme plus tard (5 à 6 semaines après la naissance) par rapport aux mammifères terrestres. La crosse aortique est plus dilatée, elle est en forme de bulbe. Pour le reste, le système artériel reste proche de celui des mammifères terrestres. (Berta et al, 2006). Cf. *Figures 22 et 23*.

On retrouve au niveau veineux des adaptations à la plongée analogues à celles des cétacés. Il existe de nombreux **plexus veineux anastomosiques** qui relient toutes les parties du système veineux. On les retrouve dans les régions cervicale, abdominale ventrale, pelvienne ainsi que dans la musculature des membres et de la peau. Ils possèdent également un sphincter sur la veine cave inférieure, qui limite la circulation du sang au cœur et au système nerveux central pendant les apnées. Leur rate n'est pas plus grosse par rapport à leur volume que celle des mammifères terrestres (Blix, 2011 – Berta et al., 2006)

En résumé :

- Adaptations du système circulatoire -

- Répartition de la masse sanguine grâce aux rete mirabile
- Système pour maintenir température constante
- Cœur quasiment identique. Adaptations au niveau veineux importantes

2.3.6. Le cerveau

Le cerveau des pinnipèdes est **comparable** en **taille relative** et sur le plan des **structures**, à celui des **carnivores évolués**. Il présente cependant **plus de circonvolutions**. La **taille relative** du **cervelet**, qui sert à la coordination des mouvements, est par contre **plus importante**. C'est sûrement dû à leur vie aquatique et donc à la nécessité de coordonner des mouvements dans un milieu où la gravité joue un rôle moins important et où les déplacements peuvent se faire facilement dans les trois dimensions. Les lobes olfactifs sont présents mais moins importants que dans le cas de certains carnivores terrestres, l'aire auditive est quant à elle plus développée. (Glezer, 2002). Cf. *Figure 24*.

2.3.7. Le système digestif

Il **ressemble à celui des carnivores terrestres**. Les glandes salivaires ne sont pas très développées et la salive ne contient pas d'enzymes. L'œsophage peut se dilater grâce à ses plis longitudinaux et à l'abondant mucus sécrété par les glandes muqueuses pour laisser passer les proies volumineuses. L'estomac est une simple dilatation en forme de V du tube digestif et ne contient pas d'appendice. Il est impossible de distinguer le duodénum du reste de l'intestin grêle. Un caecum est présent à la jonction avec le gros intestin.

La longueur des intestins est d'environ 8 fois la longueur du corps chez l'Otarie de Californie (Fontaine, 2005- Palmas, 2008)

2.3.8. Perception de l'environnement

Les pinnipèdes utilisent **principalement la vision et le toucher** plutôt que les sons pour obtenir des informations sur leur environnement. En effet, ils ont des yeux relativement grands et pas d'habileté démontrée au niveau de l'écholocation (Martin & Reeves, 2002). L'odorat est bien développé, même si les lobes olfactifs sont petits et il intervient notamment pour la reconnaissance mère-petit.

2.3.8.1. Le toucher

La **peau** des mammifères marins est **très sensible**, provoquant une **réaction immédiate** quand on les touche. Il est important que leur peau puisse réagir instantanément aux variations de pression ponctuelles pour maintenir un écoulement laminaire autour d'eux pendant leur déplacement dans l'eau. (Fontaine, 2005). Cf. *Figure 25*.

Les pinnipèdes possèdent des **vibrisses très développées** qui sont situées à différents endroits sur la tête, à l'extrémité du museau et au dessus des yeux. Ovale et lisses, elles sont très richement innervées et très sensibles. Elles sont entourées de 10 fois plus de fibres nerveuses reliées à 10 fois plus de cellules sensorielles (cellules de Merkel) que chez le chat ou le rat par exemple. Elles permettent d'identifier la taille, la forme et la texture d'un objet et donc de récupérer diverses proies, mais elles sont aussi des récepteurs hydrodynamiques capable de suivre des poissons et de les capturer. En effet, les remous créés par le poisson avec sa queue sont en fait des ondes de pression qui vont subsister un certain temps dans le milieu. L'otarie peut ainsi repérer la trace laissée par un poisson, la remonter pour le capturer. Le même phénomène se produit avec les sons à basse fréquence qui sont perçus comme des ondes de pression et donc comme une sensation mécanique au niveau de la tête. La peau contient également de nombreuses terminaisons nerveuses associées à la mécano et baroréception (corpuscules de Krause et Vater Pacini) (Dehnhardt, 2002 - Fontaine, 2005)

2.3.8.2. Vision

L'**œil** des pinnipèdes doit s'adapter à la vision aérienne et à la vision aquatique. Il est relativement **très gros, globuleux**, muni d'un tapetum lucidum, d'une pupille qui peut s'ouvrir largement et se refermer presque complètement dans le sens vertical, un peu comme chez les chats. La cornée de l'œil ne peut pas servir de lentille pour la vision subaquatique, car elle a avec de l'humeur aqueuse, le même indice de réfraction que l'eau. C'est le cristallin sphérique qui va se charger de l'accommodation pour la vision subaquatique. Pour la vision aérienne, la cornée reprend son rôle et peut le faire, car elle n'a pas la même courbure interne et externe. Cette caractéristique, avec la fermeture presque complète de la pupille, lui permet de corriger la myopie de l'œil en milieu aérien. (Dehnhardt, 2002 -Fontaine, 2005)

2.3.8.3. Audition

On ne comprend pas bien comment les pinnipèdes parviennent à discriminer l'origine des sons lorsqu'ils sont sous l'eau. En effet, les os que contient l'oreille moyenne et l'oreille interne sont soudés au temporal, comme chez les mammifères terrestres. Chez les otaries, la bulle tympanique est aplatie et le mastoïde est composé d'os spongieux (Dehnhardt, 2002 - Fontaine, 2005). On remarque aussi la **régression des pavillons externes des oreilles**. (Williams & Worthy, 2002). Cf. *Figure 26*.

3. DEFINITION ET PRINCIPES DE L'OSTEOPATHIE

L'ostéopathie considère le corps dans son ensemble, la continuité des structures entre elles. On utilise les mains pour l'écoute, le diagnostic et le traitement tout en mobilisant l'énergie du patient, les articulations ainsi que les tissus mous et les liquides organiques. (Colombo JC, 2011)

Les principes sont :

- L'unité du corps : le corps ne se limitant pas à la « carcasse », c'est une unité biologique mais aussi écologique (lié à l'environnement qui entoure l'animal, aux autres animaux, aux humains,...). Au niveau biologique, il y a les os certes, mais également les muscles, les tendons, les nerfs, vaisseaux ainsi que les émotions et la fraction incommensurable de l'activité cérébrale. Toute partie peut influencer sur une autre, c'est une globalité. Et donc une pathologie, quelle qu'elle soit, aura des répercussions sur l'ensemble (Issartel, 1983 et Colombo, 2011)
- Interrelation structure – fonction : Cela concerne les relations réciproques de la charpente du corps et du fonctionnement de l'individu. Il est bien admis qu'un organe altéré localement aura du mal à réaliser sa fonction correctement et vice-versa. On comprend facilement qu'un rein atrophié remplira mal sa fonction ou que la fracture d'un membre entraînant une suppression d'appui tordra le rachis et donnera lieu à des compensations. Mais l'altération d'une structure peut occasionner des troubles de fonctionnement à distance car tous les systèmes communiquent et agissent les uns sur les autres, de proche en proche, par les fascias ainsi que par les systèmes de communication, par le biais du sang, des nerfs, de la lymphe,... On pourrait formuler que l'ostéopathie va favoriser la nutrition de tous les organes du corps, y compris des centres de contrôle et des voies nerveuses (Issartel, 1983 et Colombo, 2011)
- Principe d'auto-régulation : l'ostéopathie supprime les barrages structurels aux voies de communication et laisse le corps puiser ses remèdes en lui-même, nous en libérons l'accès (Colombo JC, 2011)

Mobilité vertébrale et dysfonction :

Selon Cayre S. en 2007 : « *la colonne au repos est dans une situation dite de neutralité. Cela correspond à un appui discal, les articulations intervertébrales elles-mêmes n'étant pas ou peu sollicitées. C'est lors du mouvement que ces articulations diarthrosiques rentrent en jeu et doivent repositionner chaque vertèbre par rapport à ses voisines. Les vertèbres ont la possibilité de se mouvoir sur les axes des trois directions de l'espace. Leurs mouvements possibles sont donc simples : extension ou flexion, rotation et latéroflexion (sidebending). Le déplacement dans un seul de ces sens induit une restriction importante dans les deux directions restantes. Par ailleurs, la structure anatomique elle-même des vertèbres joue un rôle extrêmement limitatif à ces mouvements.* »

4. ETUDE DE CAS : L'OTARIE DE CALIFORNIE

4.1. DEROULEMENT D'UNE SEANCE

Avant de détailler, la séance d'ostéopathie en tant que telle, il est important de souligner que les consultations sont réalisées sans gants (comme on peut le constater sur les photos). Les **risques zoonotiques** liés au contact des mammifères marins, que ce soit en captivité ou en milieu naturel, ont cependant été pris en compte. (Stoléar, 2010 – Rougelin, 2012). Toutefois, le personnel du centre a précisé que les animaux étaient tous suivis médicalement et que des prises de sang étaient faites régulièrement ; de ce fait, il n'y avait pas d'inquiétude à avoir. Les manipulations ont été effectuées à mains nues comme on le fait habituellement car le contact avec le latex ou n'importe quelle autre matière modifie le ressenti, cela a permis d'avoir un ressenti sans artefacts. C'est un point très important à prendre en compte si, par la suite, l'ostéopathie est pratiquée par différents intervenants et d'autant plus, dans le cadre de la réhabilitation.

Cinq otaries ont été manipulées dans le cadre de ce travail à deux reprises et à un mois d'intervalle. Cependant, uniquement deux des cinq cas abordés seront détaillés dans ce travail, ils sont suffisamment représentatifs et sont les plus intéressants au niveau de l'historique et du suivi.

Tout d'abord, il est important de noter que ces otaries sont régulièrement entraînées par renforcement positif pour faire du « **medical training** ». Le « *medical training* » est l'ensemble des méthodes mises en place, basées sur la **coopération volontaire d'un animal, qui permettent et facilitent les soins et actes vétérinaires**. Ce sont les méthodes auxquelles sont habitués les animaux ; elles participent à la prévention des atteintes cliniques et sont une aide lors de mesures curatives. (Guillot, 2012). Un examen clinique complet est réalisable sur presque tous les animaux médicalement entraînés, ils sont également habitués à subir différents examens complémentaires : prise de sang, échographie, radiographie,... ainsi qu'à recevoir des traitements par voie locale sans avoir recours à une immobilisation chimique. Cf. *Figure 27*. Le *training* peut également participer à la disparition de comportements anormaux comme une régurgitation chronique. Pour cela, l'animal est amené à satiété en augmentant la quantité de nourriture utilisée pour le training à chaque séance (Wardzynski, 2004).

La mise en place, du **training** chez les mammifères marins date de 1938, il concerne principalement les cétacés et les pinnipèdes. La technique diffère un peu par rapport aux autres mammifères. Chez eux, un « **target training** » est mis en place, il implique une relation très forte entre les soigneurs et les animaux. Tout d'abord l'animal est désensibilisé aux soigneurs en venant chercher la nourriture dans leurs mains. Quand il se sent en confiance, la plupart du temps, un clic ou un sifflet est utilisé comme agent renforçateur secondaire. On peut alors commencer à l'habituer aux manipulations (caresses sur la tête, l'encolure et progressivement sur tout le corps). Ensuite on pourra remplacer la nourriture par des paroles (*good job*) ou des caresses. Ils sont autant réceptifs à ces trois types de récompenses. Si l'animal n'est pas coopératif, on le punit avec un « non ! » énergique. Quand l'animal entraîné à être manipulé et désensibilisé à d'autres stimuli comme des bruits forts ou la présence d'autres personnes, une cible (« *target* ») en anglais est introduite, d'où le nom. Cette **cible** est, soit la **main**, soit un **bâton** à bout en mousse ; l'animal doit apprendre à mettre son nez contre la cible, le mot « *target* » étant prononcé par les soigneurs dans un premier temps (Wardzynski, 2004). Cf. *Figure 28*.

Le **but** de cette cible est de **focaliser l'attention** de l'animal pour ensuite lui apprendre d'autres comportements. Pendant que l'animal apprend un comportement donné, un stimulus discriminant est introduit, c'est-à-dire un signal qui précède la cible indiquant à l'animal qu'il doit effectuer ce

comportement. Une fois le comportement assimilé, la cible est progressivement retirée pour que finalement l'animal puisse effectuer ce qu'on lui demande uniquement à la vue ou en entendant le stimulus. (Wardzynski, 2004)

Il existe plusieurs manières d'entrer en contact avec l'animal :

- Le **contact direct**, dans ce cas rien ne sépare le soigneur de l'animal et ils ont tous deux libre accès à tout l'espace de travail.
- Le contact protégé, toute agression est prévenue par un mur ou des barreaux entre l'animal et le soigneur. Il n'y a donc qu'un contact partiel à travers des ouvertures dans le mur. C'est surtout utilisé pour des pachydermes (éléphants, rhinocéros,...)
- **Travail en contact semi-protégé** : c'est intermédiaire entre les deux précédents. (Guillot, 2012 – Morcel, 2010)

Pour les cinq otaries consultées, trois pouvaient être manipulées par contact direct. Les soigneurs ont l'habitude de procéder de la sorte lors de l'entraînement. Cf. *Figure 29*.

Mais pour deux d'entre elles, le travail s'est effectué en contact semi-protégé avec une petite barrière en bois entre l'avant et l'arrière du corps de l'animal. Les otaries sont des animaux extrêmement vifs et très sensibles au toucher. Le comportement de ces deux otaries face aux humains étant assez variable et parfois inattendu, toutes les précautions doivent être prises lors des manipulations. Cf. *Figure 30*.

Comme pour toutes les séances d'ostéopathie, une observation attentive de l'animal est essentielle, elle est même indispensable pour ce genre d'animaux. Les temps de contact pour la séance sont parfois très courts selon la réceptivité de l'otarie au moment où elle est examinée. Le contact peut parfois être de quelques secondes au moment de l'approche pour ensuite se prolonger jusqu'à 5 minutes et au fur et à mesure à des temps plus longs 15 à 60 minutes, selon l'animal, sa réceptivité et sa pathologie.

Un premier regard peut déjà être très éclairant, une perte de poils, un eczéma, une verrue ou un kyste à certains endroits particuliers renseignent le trouble de l'organe profond auquel ces lésions sont associées (Lizon, 1988). Au-delà de la peau, il y a d'autres organes-clés révélateurs qui peuvent apporter de bien précieux renseignements sur les organes profonds perturbés : ce sont les yeux et la langue. Différentes parties de l'œil correspondent par exemple à différents organes : les bords des paupières à la rate, l'iris au foie, la pupille aux reins, la sclérotique (partie blanche de l'iris) aux poumons, la sclérotique (partie blanche dans les angles des yeux), au cœur. Tout changement est donc à prendre en considération. (Lippert, 2009)

Il est également intéressant d'observer l'animal, le domestique comme le sauvage, ceux que l'on côtoie tous les jours et ceux que l'on ne connaît pas. Tous utilisent des techniques pour se « rééquilibrer » ; des techniques qu'ils mettent en place pour redonner du mouvement à une zone de méridiens ou de points d'acupuncture qu'ils stimulent pour relancer ou disperser l'énergie. Ils stimulent certains points de leur corps, les mordent, les lèchent...

Les personnes assistant pour la première fois à une séance d'ostéopathie chez un animal, sont généralement surprises par leurs réactions, plutôt inhabituelles. Lors d'une séance, les systèmes ortho et parasympathique sont stimulés et harmonisés par les techniques ostéopathiques. La preuve qu'une relation de cause à effet existe entre le traitement ostéopathique et la régulation du système nerveux autonome (SNA) a été établie par l'équipe de Henley et al. (2008). Les résultats ont objectivé qu'un traitement myofascial (cervical dans l'étude) déplaçait l'équilibre sympathico-vagal de la portion sympathique à la portion parasympathique du

système nerveux autonome. Le système para-sympatique et les différentes fonctions qu'il gouverne sont donc stimulées (cf. Figure 31) : les activités du processus général de la digestion (sécrétions salivaires, stomacales, intestinales, hépatiques, pancréatiques ; motricité et péristaltisme), la miction, les sécrétions lacrymales, la bronchoconstriction avec sécrétion des glandes ; le rythme cardiaque est ralenti ; la pression sanguine diminue ; les pupilles sont rétrécies (myose) et la respiration est plus calme (Papailhau, 2012). Chez les Otaries, comme chez les autres espèces, on peut observer cette activité importante du système parasympathique, associée à un relâchement et à une détente globale de l'animal. On constate donc, une salivation plus abondante, une déglutition parfois plus fréquente ou plus bruyante et des animaux qui se mettent à baver pendant la séance. D'autres auront les yeux larmoyants, bailleront, éructeront, déféqueront, voire urineront, parfois à plusieurs reprises dans la même séance. Cf. Figure 32.

4.1.1.1. Premier cas : Fridolin

Le premier cas d'analyse est celui de Fridolin. C'est une otarie mâle, née le 01/06/1995 pesant 147 kg. Il a une masse palpable en région crâniale du cou qui ne semble pas évoluer. Un scanner a été réalisé, il n'y avait pas de masse tissulaire visible dans la région cervicale mais il a montré une déformation de la deuxième vertèbre cervicale, à la suite d'une ancienne fracture par compression, avec formation d'un cal osseux et une déviation du rachis (cf Figure 33 et 35) Cette déformation provoque une déviation latérale gauche du rachis cervical à hauteur de C1-C2 et c'est le cal osseux qui constitue la masse palpable en région crâniale gauche.

Il est fort intéressant d'avoir des examens antérieurs d'une telle qualité, car cela permet de les utiliser pour affiner notre approche en sachant exactement ce qui se trouve sous nos mains.

L'ostéopathie apportera pour ce cas un soutien à l'organisme qui est en compensation à la suite de ce traumatisme, pas seulement au niveau cervical, mais également au niveau de l'organisme dans sa globalité.

Durant l'examen de Fridolin, différentes **dysfonctions**, lors du diagnostic à l'aide du **MRP** (Mécanisme Respiratoire Primaire) ont été notées.

Une dysfonction est le synonyme de restriction de mouvement ou de restriction de possibilité de déformation. Elle se traduit par des tensions autour de l'organe considéré qui l'empêche de se mouvoir et d'échanger normalement avec son entourage. Des spasmes musculaires et une adaptation antalgique de l'animal à ces tensions se mettent en place. Les ostéopathes sont capables de ressentir ces dysfonctions par la main (Boisseleau, 2012). La restriction de mobilité ou de la déformabilité des tissus s'apprécie dans les macro-mouvements et dans les micromouvements. La notion de dysfonction ne correspond pas à une lésion comme on en parle au niveau médical, car cela impliquerait une notion de dégât tissulaire que n'implique pas forcément la dysfonction ostéopathique (Denis B., Chêne P., 2007). La lésion ostéopathique articulaire est caractérisée par une restriction de mobilité partielle ou totale à même de conditionner la vascularisation et de perturber l'action des neurones (Lizon, 1988).

Quatre termes définissent la dysfonction (Augros et al, 2005): (ERS ou FRS gauche ou droite)

- E pour Extension et F pour Flexion : le processus épineux se rapprochant ou s'éloignant du suivant.
- R pour Rotation : le corps vertébral est déplacé en raison du pivotement sur l'articulation inter-apophysaire. L'animal étant en position ventrale, le processus transverse est relevé dans le sens de la rotation, abaissé de l'autre côté, le processus épineux est alors déporté dans le sens contraire.
- S pour « *Sidebending* » ou latéroflexion : la colonne est incurvée, la concavité définit le sens de la latéroflexion.

Le Mécanisme Respiratoire Primaire (MRP) est défini selon Chêne en 2005 de la manière suivante : « *le MRP est un mouvement ressenti dans les mains du praticien, de flexion/extension ou gonflement/dégonflement alternatif dans le crâne et le sacrum, la dure-mère servant de courroie de transmission à un mouvement qui serait initié au niveau du crâne par les cellules gliales et transmis aux os de la boîte crânienne par le liquide céphalo-rachidien. La résultante est perceptible par l'ostéopathe dans toutes les parties du corps, l'ensemble de l'organisme étant soumis à ce flux et reflux, va-et-vient, inspir et expir partant du cerveau.* »

Une technique d'ostéopathie sera dite « directe » si elle va contre la restriction de mobilité et indirecte si elle va dans le sens de la plus grande mobilité pour gagner dans le sens de la restriction (Boisseleau, 2012).

Lors de la première consultation, à l'examen MRP, on note de nombreuses dysfonctions crâniennes, l'occiput est dorsal à gauche, les vertèbres C1 et C2 sont également en restriction de mouvement. On remarque des spasmes musculaires présents au niveau cervical. Lors de la deuxième consultation, il reste des tensions crâniennes importantes. Des dysfonctions au niveau de l'estomac, de la rate, ainsi qu'au niveau de l'os hyoïde et de la trachée sont mises en évidence (Lizon, 1988). On peut dès lors s'interroger sur la répercussion clinique de ces dysfonctions. La présence de toux et de troubles digestifs sont confirmés : présence de toux, généralement une fois par jour, le matin, ainsi que de diarrhée assez fréquemment. Fridolin semble toujours avoir été sensible au niveau digestif.

Cet exemple nous montre que l'ostéopathie peut, en l'absence d'analyses, permettre d'orienter les examens à effectuer. En effet, selon les dysfonctions qui sont constatées dans l'organisme et leur importance, il peut y avoir des signes cliniques déjà présents qui ne seront parfois révélés qu'à la fin de la consultation; ils sont tellement « habituels » qu'ils ne sont pas mentionnés lors de l'anamnèse.

Cependant, parfois des dysfonctions importantes sont présentes mais il n'y a pas encore de signes cliniques apparents. Dans ce cas, l'ostéopathie permet d'effectuer de la prévention et une orientation vers d'éventuels examens complémentaires ciblés. Une dysfonction au niveau rénal pourra nous orienter, selon l'âge de l'animal et l'importance de la dysfonction, vers un début d'insuffisance rénale. On effectuera ainsi une prise de sang de contrôle pour vérifier les paramètres rénaux.

Physiquement, lors de la consultation, Fridolin était très à l'écoute (cf. soigneurs présents) et effectuait des oscillations de gauche à droite avec le cou et la tête pendant que la zone du sacrum et indirectement du crâne était harmonisée par une technique crânio-sacrée. (*Le crâne et le sacrum sont reliés : la dure-mère étant ancrée au périoste du canal sacré, il y a un mouvement de bascule, dû à la traction puis au relâchement du tube méningé. En harmonisant, le sacrum on peut donc harmoniser le crâne et vice-versa (Lizon, 1988).*) Ces mouvements ne sont pas habituels pour les otaries lors des manipulations par les soigneurs par exemple (cf. soigneurs présents lors de la consultation – Roy V.) Cf. Figure 34.

Néanmoins, ils peuvent s'expliquer de différentes façons ostéopathiquement parlant :

- D'une part par ce qui est décrit par Issartel en 1983, elle explique qu'alors qu'on effectue un petit mouvement à la main, les mouvements du bras, jusqu'à l'épaule s'amplifient, parfois se compliquent et font des mouvements que le thérapeute ne pourrait matériellement faire faire au corps sans lui provoquer des douleurs. C'est la technique de **déroulement fascial**, le thérapeute suit les mouvements proposés par le corps grâce au point d'appui qui lui est fourni par la main du thérapeute. La main suit les mouvements en les freinant très légèrement, elle « écoute » la lutte et le débat des

forces, cela permet d'évaluer la pression à opérer pour aider le fascia à avancer vers un état d'équilibre, un moment d'auto-résolution des conflits. Le « fulcrum », cet état d'équilibre relatif doit être observé par l'ostéopathe pour permettre aux forces de santé de s'organiser.

- D'autre part, par Duval en 2004, qui se base sur les travaux de Becker pour ses écrits. Il nous dit : « *le patient ne « sait » pas, il sent, et il tâche d'exprimer ses sensations. Le praticien s'efforce de cataloguer ses inférences. Les tissus, eux, savent.* »

4.1.1.2. Deuxième cas : Xino

Xino est le deuxième cas: c'est une Otarie mâle née le 19/06/1996 pesant 160 kg. Ses antécédents sont les suivants : il a régulièrement et tout au long des années des mues difficiles. Ensuite, il a présenté une *luxation de l'épaule droite* en 2003. En 2004, il avait des difficultés à se déplacer et présentait un *gonflement articulaire au niveau du flipper avant droit*. En 2005, il a développé une irritation des yeux. En janvier 2012, présence de *polyurie/polydipsie* (PU/PD), ainsi qu'une *augmentation des gamma-GT* dans le sang, un ulcère au cardia et des difficultés à se tenir debout et à sauter. En mai 2012, il vomissait divers corps étrangers (cailloux, pièces métalliques,..). Il a été vu une première fois en ostéopathie par le Dr. Lievens en juillet et août 2012, qui concluait à un déséquilibre important au niveau de tout le côté droit ainsi qu'une dysfonction hépatique. En octobre 2012, gros choc crânien à cause d'un jouet, avec perte de connaissance pendant une minute. Il est vu en ostéopathie par un ostéopathe M. Demoury 3 semaines après. En février 2013, nouvel épisode d'anorexie, de vomissements; il est amorphe. Divers examens mettent en évidence un processus infectieux (prise de sang), des *corps étrangers au niveau de l'estomac* ainsi que diverses lésions très ulcérées au niveau du *cardia*. Cf. Figure 36.

En juillet 2014, épisode de boiterie du flipper avant gauche. En avril 2015, mise en évidence d'un *début de cataracte* (échographie des yeux) bilatérale, *luxation au niveau du doigt 3 du postérieur D*.

Xino a été examiné une première fois en mai 2015 et une deuxième fois en juillet 2015. L'examen visuel met en évidence une verrue ulcérée au niveau du poignet droit à la hauteur du 2^{ème} doigt.

Dans ce cas ci, l'anamnèse a été réalisée après la consultation d'ostéopathie. En effet, comparer les ressentis vécus en ostéopathie à des résultats d'analyses déjà existant peut s'avérer intéressant et peut permettre de « confirmer » les ressentis quand on les consulte en fin de séance.

L'examen ostéopathique a mis en évidence les dysfonctions suivantes (qualification des dysfonctions : Lizon, 1988) :

- Au niveau du doigt III sur le postérieur droit, 2ème-3ème phalange en rotation externe
- Os iliaque droit ventral
- Rein droit en position caudale, latérale et dorsale et rein gauche avec MRP plus faible (on note en même temps, une plaie au niveau du rein G)
- Foie en position crâniale, latérale et dorsale
- 14^{ème} vertèbre thoracique (T14) en extension, rotation et sidebending droit (ERSD)
- 11^{ème} vertèbre thoracique en extension, rotation et sidebending droit (ERSd)
- Estomac caudal, médial et ventral
- Rate : MRP ralenti
- Epaule droite crâniale et coude droit en rotation interne
- C0/C1 : dorsal D

- Articulation temporo-mandibulaire (ATM) gauche en diduction droite

Le traitement de la chaîne dysfonctionnelle (qui décrit comment sont reliées entre elles les dysfonctions) est effectué principalement à l'aide d'un déroulement fascial. (Lizon, 1988).

L'hypothèse est émise que l'organisation fasciale est la même que chez les carnivores terrestres. L'ilium droit est corrigé à l'aide d'une technique MRP directe (Lizon, 1989). On a une chaîne dysfonctionnelle partant des doigts du postérieur droit relié par les fascias du membre postérieur à l'ilium droit, passant par les muscles sous-lombaires recouverts par le fascia iliaca qui est en rapport avec les capsules rénales. La restriction de mouvement au niveau du rein D est levée par le déroulement fascial (Lizon, 1988). La chaîne dysfonctionnelle se poursuit par le ligament hépato-rénal qui permet d'accéder au foie. Le déroulement fascial n'est pas suffisant pour lever la dysfonction du foie. Une technique tissulaire est dès lors utilisée (Tricot, 2002). Le foie et l'estomac sont reliés par le ligament hépato-gastrique, la rate et l'estomac par l'épiploon gastrosplénique. La correction du foie, permet de lever les dysfonctions spléniques et gastriques. Le fascia iliaca va se confondre vers l'avant au fascia thoracique superficiel en contact avec le fascia thoracique superficiel, allant des muscles unissant l'épaule au thorax. L'épaule ainsi que le coude sont traités à l'aide d'une technique fasciale et de MRP direct. L'articulation C0/C1 est remise en mouvement par un traitement MRP indirect associé à une technique tissulaire (Lizon, 1989 – Tricot, 2002). Une écoute crânio-sacrée est faite en début (asynchronisme crâne-sacrum) et en fin de consultation (le crâne et le sacrum sont synchrones).

La 2^{ème} séance montrait moins de dysfonctions, néanmoins, il y avait encore des restrictions de mobilité aux endroits suivants:

- Os iliaque droit dorsal
- Rein droit en restriction caudale, latérale et dorsale.
- Foie crânial, latéral et dorsal
- Epaule droite crâniale
- C0/C1 dorsal D

Le foie a été normalisé par une technique viscérale indirecte, il s'en est suivi une normalisation au niveau de l'épaule et après une écoute en MRP pour harmoniser le mouvement, au niveau rénal également. L'articulation C0/C1 a été remise en mouvement par une mise en tension en amenant le bout du nez vers la gauche en associant une légère extension. Une technique de déroulement fascial en MRP direct à partir du postérieur droit a été utilisée pour la correction de l'ilium droit dorsal (Lizon, 1988).

Il est intéressant de constater les nombreuses similitudes entre notre examen ostéopathique et les antécédents de l'animal.

Entre la première et la deuxième séance, Xino a régurgité les corps étrangers qu'il avait dans l'estomac, ils ont été retrouvés dans le bassin. Les soigneurs les ont examinés attentivement pour être sûr que ce soit bien les objets correspondant à ceux qu'il avait avalé (cf. *Figure 37*). La verrue ulcérée a été recouverte de peau et n'était donc plus apparente. Il était difficile pour l'équipe de Nausicaa de constater d'autres évolutions.

4.2. OBJECTIFS

Parmi les différents objectifs de ces observations, le premier était **d'appréhender l'approche** de travail avec des mammifères marins. Cela s'est fait en apprenant à mieux connaître leur anatomie et leur

comportement, en discutant avec le personnel, en les observant et en apprenant par leurs réactions comment interagir avec elles pour qu'elles soient les plus réceptives possibles à une séance d'ostéopathie.

Ces séances ont également permis d'établir un « **référentiel** » de **ressenti**. Selon l'espèce examinée en ostéopathie, le ressenti dans les mains est très différent. Cela dépend de nombreux facteurs comme l'anatomie, le « tempérament » de l'espèce et le « terrain » de l'animal. En effet, plusieurs éléments se combinent pour créer un trouble ou une maladie. Il est parfois difficile, de faire la part des choses entre une alimentation déséquilibrée, une cohabitation complexe, un rythme perturbé, une sensibilité particulière ou une pression ponctuelle de tel ou tel agent pathogène. Chaque animal ayant en outre sa propre réactivité, sa propre sensibilité, il y a donc une autre manière d'aborder le soin, en tenant compte de cette réactivité et sensibilité individuelles. Cela suppose une écoute et une observation de l'animal dans son contexte. (Lippert G., 2009)

Il y a bien sûr également un **objectif de soin**. Selon les besoins, l'âge et la réceptivité de chaque animal, cela va permettre, à un court/moyen terme un meilleur confort physique et psychique dans son environnement. Sur le long terme, l'ostéopathie est utilisée en prévention. Le fait de voir régulièrement un animal, permettra de garder un meilleur équilibre corporel et évitera ainsi des compensations physiques et métaboliques pour compenser des déséquilibres qui s'installent progressivement.

4.3. DIFFERENCES AU NIVEAU DU RESSENTI ET LORS DES MANIPULATIONS

Les différences constatées au niveau du ressenti entre les Otaries et les autres mammifères vus habituellement en consultation seront détaillées.

Les termes utilisés sont propres à l'ostéopathie et sont succinctement décrits dans un document annexe.

Au niveau du **ressenti** fascia, le mouvement est « dense » et assez « lent » mais en même temps une grande fluidité au niveau tissulaire est ressentie. C'est un peu comme lors de l'examen d'un bovin où l'on sent une relation à la terre très forte avec des mouvements lents et profonds (la terre est, en médecine traditionnelle chinoise, associée au couple organe-viscère : Rate/Estomac, l'estomac étant très développé chez ces animaux, on les décrit parfois comme des animaux « terre » (Lippert, 2009 – Lizon, 1988)), mais ici on a en plus la grande fluidité qui est liée à l'eau.

Les consultations étaient différentes, notamment au niveau de l'**attention de l'animal**. En effet, les Otaries mettent du temps à être vraiment attentives à ce qui se passe dans leur corps, leur attention est **focalisée** ailleurs ; elles sont à l'affût des instructions que les soigneurs pourraient leur donner, des poissons qu'elles pourraient recevoir et ont tendance à rechercher le contact visuel ou à mettre leur nez sur le poing pour faire le « **target** ». De ce fait, on obtient plus difficilement un « abandon » et un relâchement total.

Il n'y avait **aucun moyen de contention**, contrairement à la majorité des animaux qui sont consultés, les chiens et chats sont la plupart du temps « maintenus » au départ sur la table avant d'être vraiment à l'écoute ; les chevaux et les bovins le sont avec une longe ou au cornadis. Même lors de l'examen des rapaces, ils sont au départ maintenus légèrement avant de pouvoir les relâcher doucement. Certaines fois, les animaux sont sauvages et n'ont pas pu être attrapés ou attachés et il faut donc utiliser des techniques différentes, basées sur les couches énergétiques (Varlet, 2009). Les otaries étaient « maintenues » uniquement par le *medical training* et donc par la voix. Elles avaient tendance au début, dès qu'une dysfonction était détectée et allait être corrigée, à s'en aller avant de revenir. Les séances étaient, dès lors,

parfois très entrecoupées et selon leur niveau d'attention, parfois très courtes pour être certain de terminer la séance (comme pour le *medical training*) sur une note positive, où l'animal est à l'écoute puis récompensé.

Elles sont également **très rapides** dans leurs mouvements et le temps d'anticiper leurs réactions était plus court que pour les autres animaux.

4.4. CONTRAINTES

Les contraintes rencontrées concernent le **port de gants** afin d'éviter tout risque de zoonose en cas de contact avec des animaux échoués, ou pour éviter tous risques de morsures.

Néanmoins, malgré les différences que cela pourrait apporter au niveau du ressenti, différentes techniques comme celles utilisant les déroulements fasciaux, ou des techniques énergétiques, peuvent être utilisées avec la même efficacité pour le soin des animaux.

Lors des prises de contact avec les centres, le problème d'imprégnation avec les animaux réhabilités a été soulevé par les partenaires. Ce problème, n'en est pas vraiment un, car le contact avec les animaux pour un soin en ostéopathie n'est pas très long (maximum 1h) et n'aurait lieu qu'à plusieurs jours voire semaines d'intervalle, comme c'est habituellement le cas dans les autres espèces. Plusieurs jours sont nécessaires pour l'intégration des modifications dans l'organisme suite à une séance d'ostéopathie.

Si les consultations se font comme dans ce cas-ci avec des animaux entraînés médicalement, on observe cette **différence d'attention**. Cela permet de manipuler un animal qui est en confiance avec les soigneurs mais la relation est tellement forte entre eux, qu'il est difficile de « capter » l'attention de l'otarie pendant le soin. Il est cependant tout à fait possible de réaliser des consultations sur des animaux moins entraînés et donc plus sauvages, en commençant les séances par des techniques énergétiques (Sabatier B., 2013) Les animaux y sont très sensibles ; on les voit d'ailleurs réagir comme décrit précédemment au cours du soin. Cela permet un « abord » en commençant « à distance ». L'animal, au-delà du soin, ressent notre calme et l'intention qui se dégage. Ensuite, tout en observant les signaux de défense ou de stress, un abord tissulaire pourrait être réalisé avec éventuellement une contention légère pour éviter les risques de morsure.

Un des inconvénients, mais aussi ce qui en fait la « beauté » de ces approches, est qu'**il faut prendre le temps** d'accepter d'attendre que l'animal soit prêt à ce qu'on aille au contact, d'approcher progressivement, de s'arrêter, d'observer les réactions puis de reprendre le soin,... Cela mobilise également quelqu'un de l'équipe, mais ce sont des échanges qui sont, la plupart du temps, très enrichissants humainement parlant.

4.5. LIMITES

Les limites de ce travail sont nombreuses.

Tout d'abord le sujet est nouveau et il est parfois **accueilli difficilement** par les personnes travaillant dans le milieu des mammifères marins. Ceci a eu pour conséquence qu'il a été difficile de trouver des centres avec lesquels travailler même s'il était proposé d'effectuer ces soins bénévolement. En effet, sur les différents centres contactés; le premier en Baie de Somme (Picardie Nature), le second en Hollande (SOS dolfijn), un au Pays-Basque (Aquarium de Biarritz) et le dernier à Nausicaa à Boulogne-Sur-Mer. Seul ce dernier a accepté que la recherche se fasse au sein de sa structure.

Deux autres limites se sont présentées, il s'agit du **temps** et des **moyens financiers**. En effet, suite aux différents refus et attente de réponses positives cette recherche a été réalisée en quelques mois alors que plus de temps aurait été nécessaire pour pouvoir effectuer un suivi sur le long terme. Cette limite rejoint la limite financière du projet, seul et bénévolement, il est difficile d'effectuer une telle recherche. C'est pourquoi ces résultats correspondent à une première approche et enquête.

4.6. ENJEUX ET PERSPECTIVES

L'objectif sur le long terme, serait de **permettre une ouverture vers d'autres manières de soigner** ces animaux **en complémentarité** avec une **prise en charge « classique »** par les vétérinaires traitants habituels, en axant les soins sur la prévention et en examinant les animaux dans leur globalité. Il serait souhaitable que cela puisse faire son chemin jusque dans les centres de réhabilitation et pouvoir ainsi aider des animaux qui ont des difficultés à récupérer, suite à un échouage ou à cause des « crampes » comme cela a été si bien décrit. Dans les centres de réhabilitation de la faune sauvage (rapaces et petits mammifères notamment) dans lesquels des ostéopathes interviennent, une **meilleure récupération** et un **temps de réhabilitation plus court** sont constatés et le relâcher d'animaux pour qui les chances de récupération étaient estimées faibles. (Hegalaldia, 2015). Une étude complète devrait être réalisée pour permettre de quantifier exactement toutes ces observations.

Ce travail concernait l'ostéopathie, mais de **nombreuses approches complémentaires** peuvent être utilisées conjointement, comme par exemple, l'acupuncture, l'homéopathie, la phytothérapie, l'aromathérapie, les fleurs de Bach... qui sont toutes des méthodes de soin, qualifiées d'holistique, où l'on tient compte de l'individu dans sa globalité.

De plus en plus de centres de réhabilitation de la faune sauvage se tournent vers ces approches. Dernièrement, en août 2015, l'antenne de la LPO d'Audenge, relâchait 8 rapaces dont certains avaient subi de graves blessures suite à un choc ou des tirs. Grâce à l'acupuncture, testée depuis plusieurs semaines au centre de soin LPO d'Audenge, les oiseaux ont pu reprendre leur envol. Selon Tissidre M., responsable de la LPO d'Audenge : *« les résultats grâce à l'acupuncture sont assez spectaculaires, notamment pour une bondrée qui avait 9 fractures aux ailes, dont certaines étaient articulaires. Ils ne pensaient pas dans le centre qu'elle revolerait un jour et elle a pu voler très rapidement grâce à ces techniques de soin ».*

Pour l'instant, aucune « recherche » et aucun suivi n'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 « classique » est en train de le faire.

5. CONCLUSION

L'ostéopathie est utilisée depuis de nombreuses années dans des centres de réhabilitation de la faune sauvage, notamment le centre Hegalaldia (Ustaritz), où il y a notamment des rapaces, diverses espèces d'oiseaux, des petits mammifères. Elle s'avère être une bonne aide pour une meilleure récupération, pour diminuer le temps de réhabilitation et permettre de relâcher certains animaux pour qui les chances de « relâcher » étaient estimées faibles. Depuis peu, d'autres centres (LPO Audenge) commencent à faire appel à des professionnels pratiquant l'acupuncture et sont enchantés des résultats obtenus.

Le centre Nausicaa, peut actuellement difficilement témoigner des différences constatées suite aux manipulations effectuées. La cohérence entre les dysfonctions trouvées lors d'un examen ostéopathique quand on le compare aux examens cliniques (prise de sang, scanner, radiographie,...) a été constatée. Actuellement, le recul n'est pas suffisant pour témoigner de l'aide que l'ostéopathie peut réellement apporter dans la réhabilitation des mammifères marins.

Néanmoins, les observations montrent que les animaux y sont tout aussi réceptifs, qu'une écoute différente de leur part est possible et modifie leurs comportements pendant la séance vers un relâchement et un accompagnement corporel et macroscopique de ce qui se passe au niveau tissulaire et fascial. C'est la raison pour laquelle l'hypothèse est posée que cet outil supplémentaire apporte une aide aux animaux, tant dans le cadre de leur réhabilitation que dans le cadre des aquariums dans lesquels ils vivent, afin de leur permettre un meilleur confort et de prévenir diverses compensations physiques.

Il est souhaitable que l'avancée des découvertes fasse se rencontrer les disciplines afin que les animaux puissent bénéficier graduellement de l'apport de techniques complémentaires (tel que l'ostéopathie, l'acupuncture, l'homéopathie, la phytothérapie) dans le cadre des soins vétérinaires qui leur sont prodigués.

6. ANNEXES

ANNEXE I : FIGURES

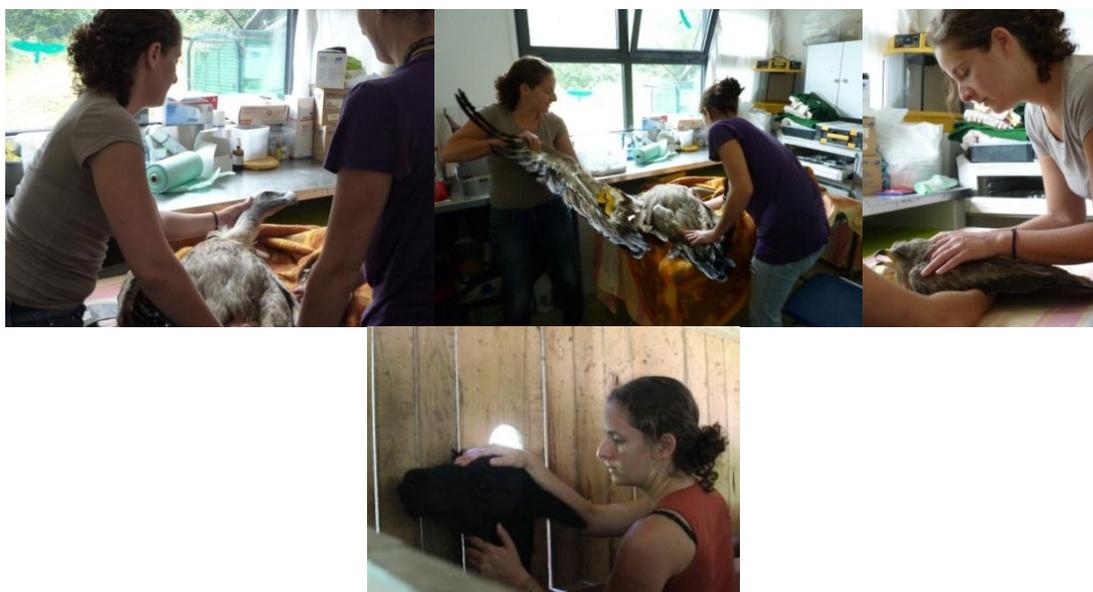


Figure 1. Manipulation ostéopathique en centre de réhabilitation et de sauvegarde de la faune sauvage (Hegalaldia-Ustaritz et Parc'Ours- Borce)



Figure 2. Echouages sur la côte Basque: Stenella (06/2015) et Rorqual commun (08/2015) – (personnel, Gefma)



Figure 3. Jeune phoque gris échoué avec un mauvais embonpoint (prise en charge nécessaire) (Observatoire Pelagis)

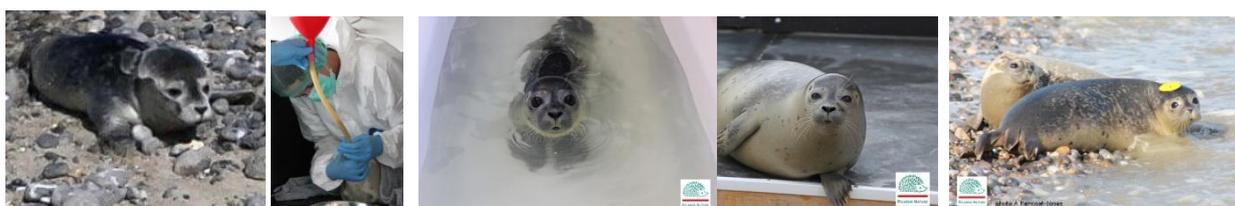


Figure 4. Evolution d'un jeune phoque veau marin dans un centre de soin. De l'échouage (<48h) jusqu'au relâcher (67j).



Figure 5. Otaries de Californie (*Zalophus californianus*) à Nausicaa



Figure 6. Couche de graisse (lard) chez un Rorqual commun (*Balaenoptera physalus*) (personnel – Gefma)

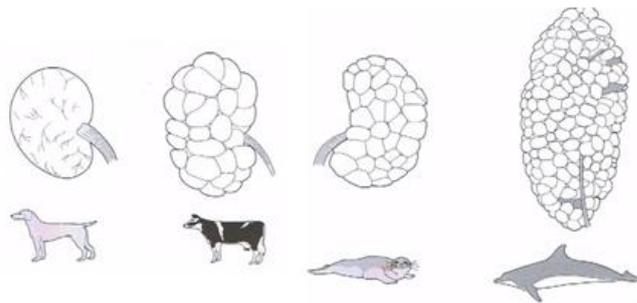


Figure 7. Structure externe des reins. En partant de la gauche, chez le chien, le bovin, les pinnipèdes (phoque ici) et les cétacés (ici le dauphin) (Williams, Worthy, 2002)



Figure 8. Rein rorqual commun (photo personnelle – Gefma 2015)



Figure 9. Otarie de Californie et chien. On constate clairement les contours du corps plus lisses. (photos personnelles – Nausicaa, 2015)

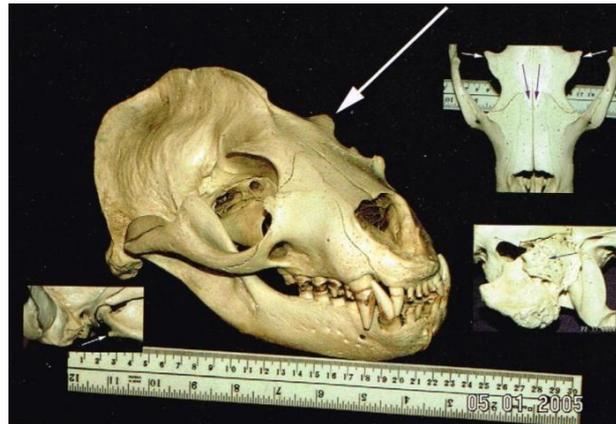


Figure 10. Crâne d'un otariidé (Fontaine, 2005) On remarque la présence d'une apophyse supra-orbitale. Les frontaux en pointe entre les nasaux. Bulles tympaniques peu ou pas dilatées.



Figure 11. Crâne chien (Done et al, 1996)



Figure 12. Otarie debout, les membres postérieurs sont repliés sous elle

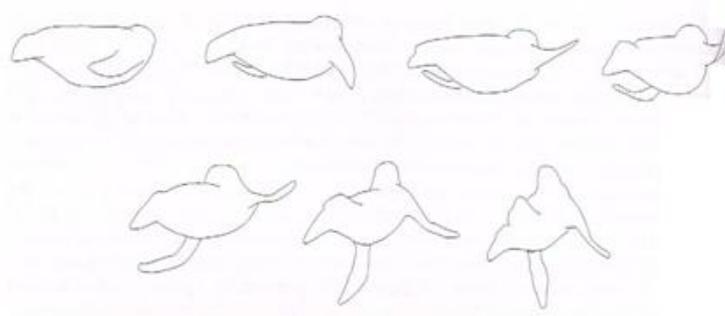


Figure 13. Vue Oblique de la locomotion dans l'eau (*Zalophus californianus*) (Berta et al, 2006)

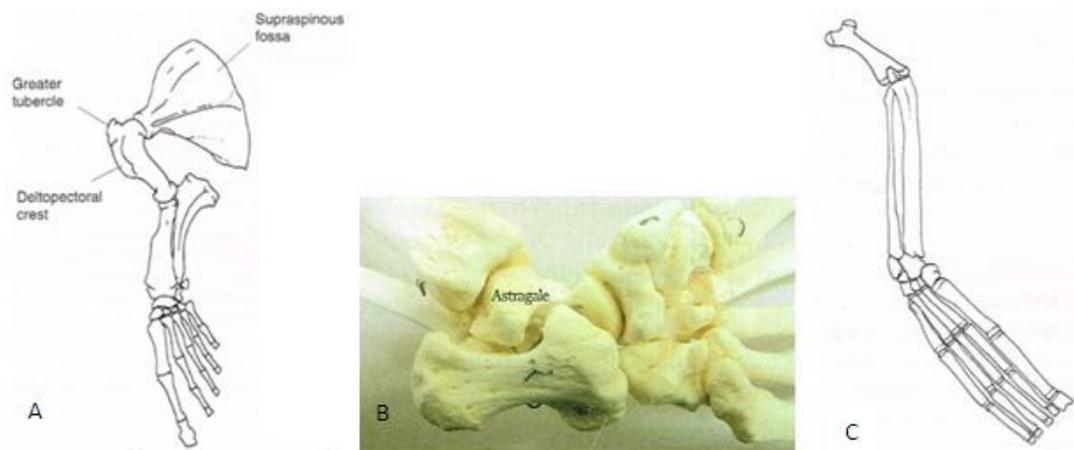


Figure 14. A: Membre antérieur Otarie de Californie (Berta et al., 2006)

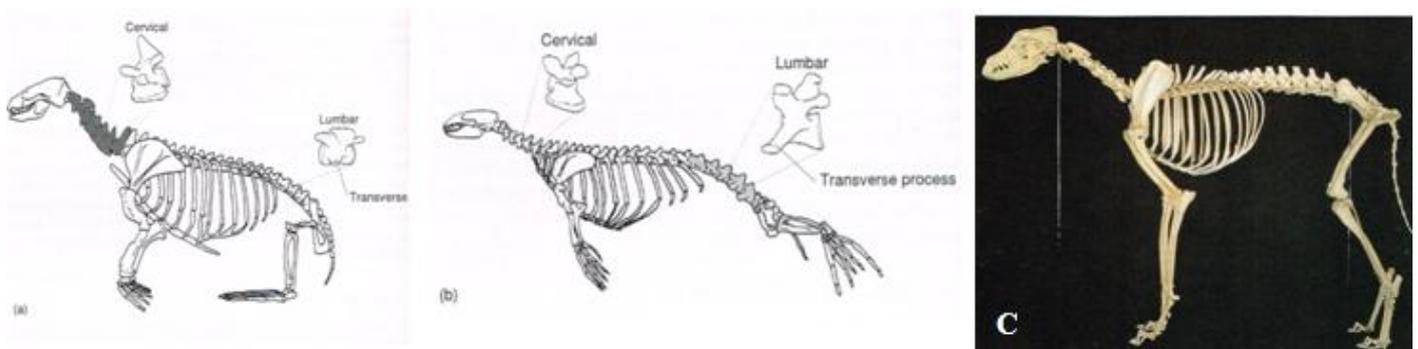


Figure 15. Vue latérale d'un squelette A: Otariidé B: Phocidé (Berta et al, 2006) C: Canidé (Done et al, 1996)

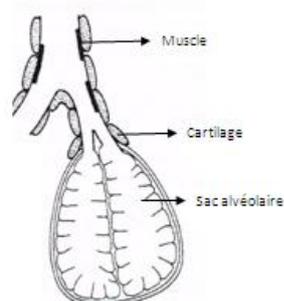


Figure 16. Structure des alvéoles, associées au cartilage et aux muscles chez les pinnipèdes (Berta, 2011)



Figure 17. Muscles cervicaux dauphin (*Stenella C.*) (06/2015) (photo personnelle – Gefma)



Figure 18. Muscles cervicaux d'un chien (Done et al, 1996)

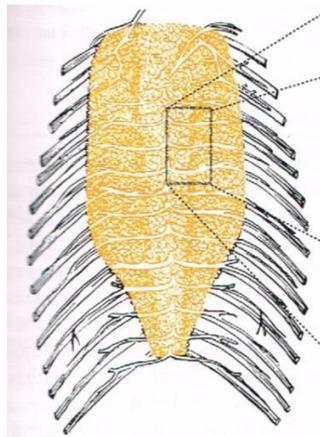


Figure 19. Position anatomique des retemirabile par rapport aux côtes (Berta, 2006)



Figure 20. Les retemirabile d'un dauphin (*Stenella C.*) au niveau du thorax (06/2015) (Gefma)



Figure 25. Vibrisses chez une Otarie de Californie (Bourgain JL-Nausicaa)



Figure 26. Régression des pavillons externe chez l'Otarie de Californie (Bourgain JL - Nausicaa)



Figure 27. Désinfection locale de la bouche qui a pu être mise en place grâce au medical training



Figure 28. "Target" sur la main ou grâce au bâton. (Nausicaa, 2015)



Figure 29. Contact libre lors d'une séance d'ostéopathie. Mouvements très progressifs et calmes. (Nausicaa, 2015)



Figure 30. Contact semi-protégé. On dit à l'animal "recule" pour qu'il se mette sous le dispositif de protection. (Nausicaa, 2015)

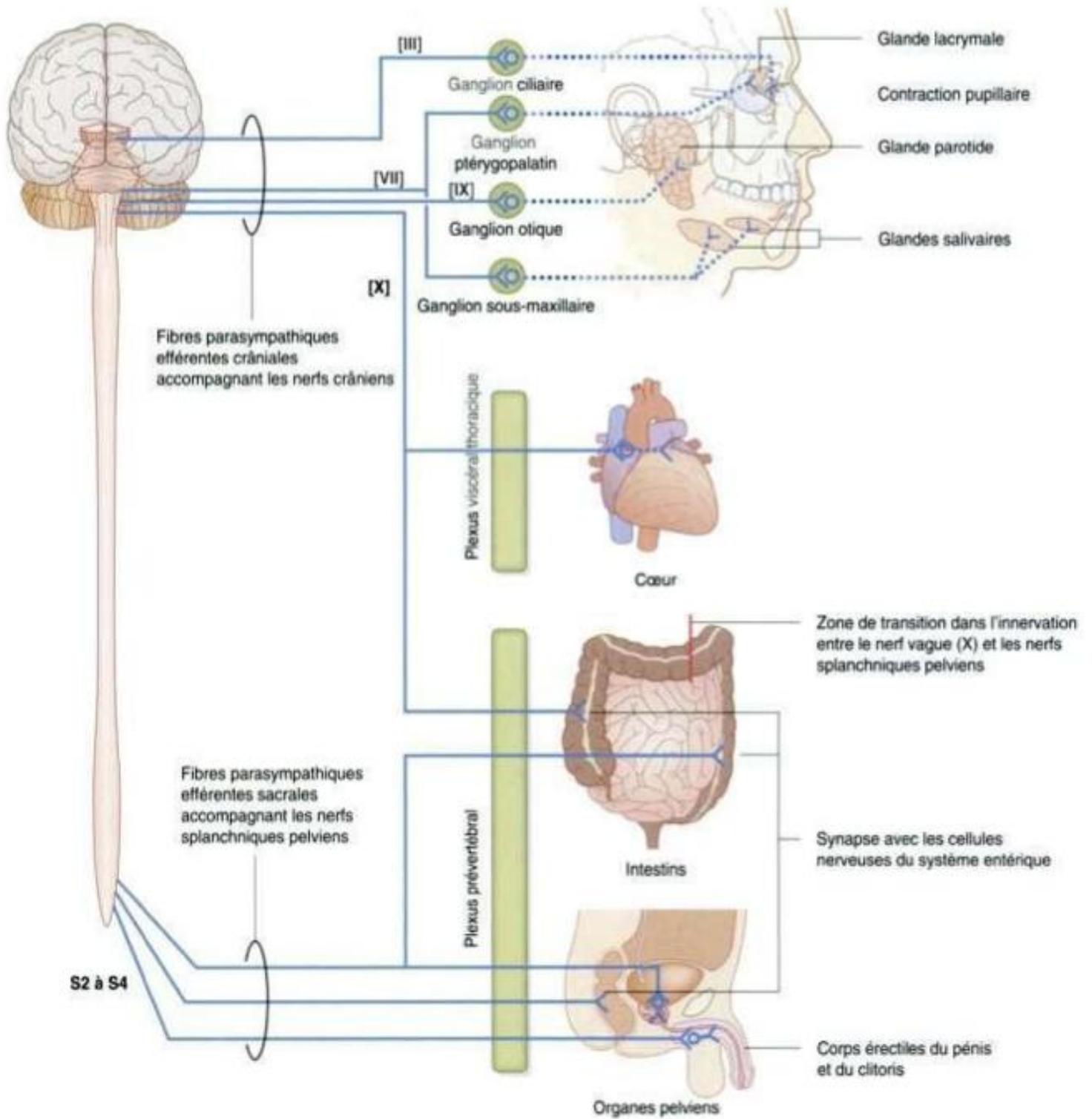


Figure 31. Les voies parasympathiques (D'après Drack, 2006 dans Papailhau S.,2012)

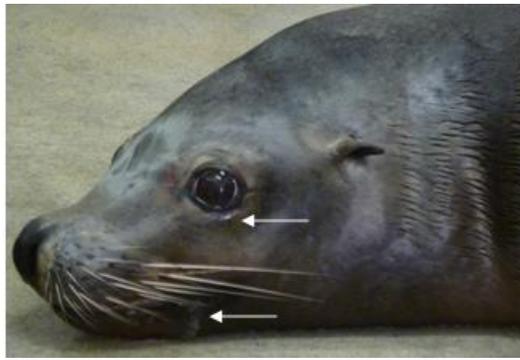


Figure 32. Réactions du système nerveux autonome pendant une séance d'ostéopathie: salivation abondante, larmoiement. (Photo personnelle - Nausicaa, 2015)

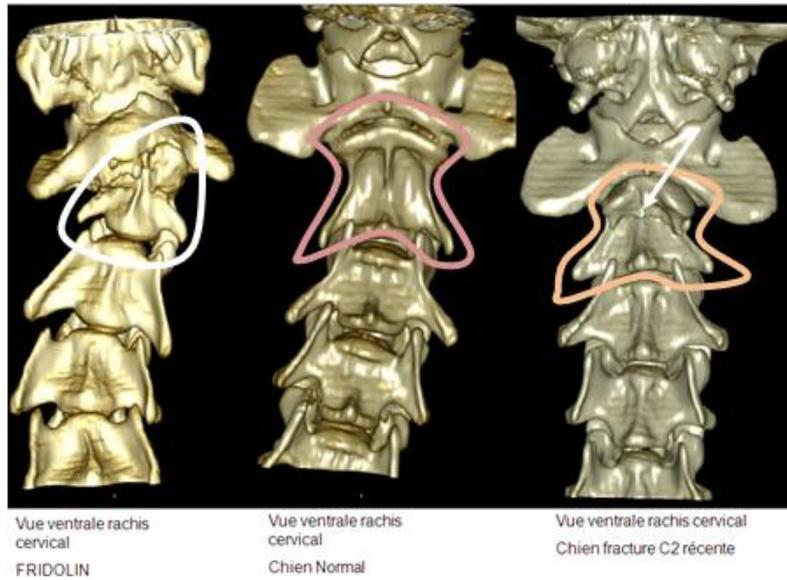


Figure 33. Scanner en vue ventrale vertèbres cervicales. Otarie de Californie (Fridolin) avec une fracture consolidée en C2. Chien physiologique. Chien avec fracture C2 récente. (Nausicaa)



Figure 34. Mouvements oscillatoires du cou et de la tête pendant une écoute et un traitement crânio-sacré. (Nausicaa, 2015)

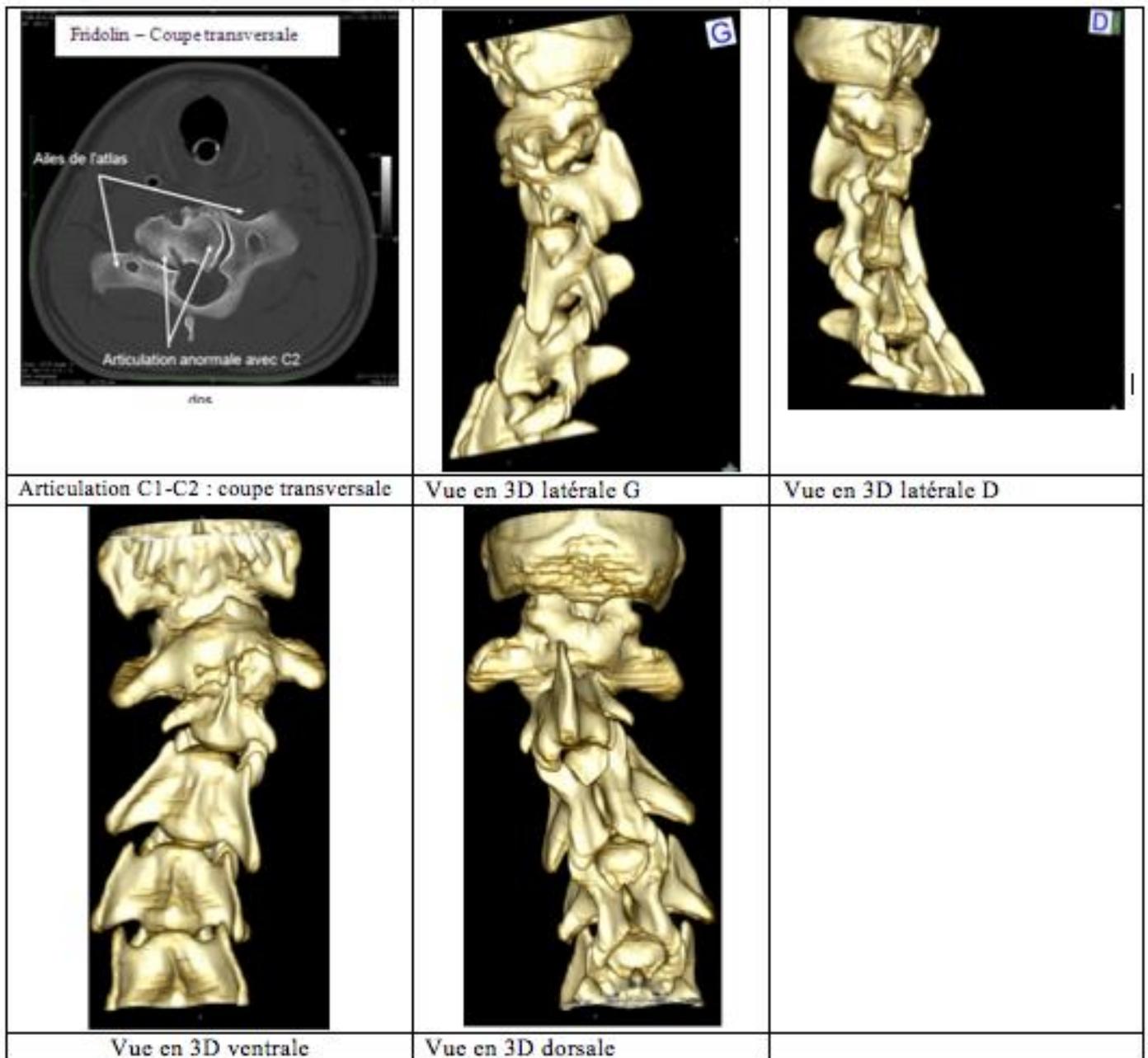


Figure 35. Complément de scanner Fridolin (Nausicaa)



Figure 36. Radiographie abdominale de Xino. On constate la présence des corps étrangers dans l'estomac. (Nausicaa)



Figure 37. Vis et boulons (corps étrangers) retrouvés dans le bassin (Nausicaa)

ANNEXE II. LISTE DES ABREVIATIONS

- Pour les vertèbres, les cervicales seront notées C1, C2...jusqu'à C7, les thoraciques T1, T2...jusqu'à T13 et les lombaires L1, L2...jusqu'à L7.
- MRP : Mécanisme respiratoire primaire.
- FRSg ou FRSd : Flexion- Rotation – *Sidebending* (soit latéroflexion) gauche ou droit.
- ERSg ou ERSd : Extension – Rotation – *Sidebending* (soit latéroflexion) gauche ou droit.

Les dysfonctions vertébrales en FRS et ERS sont des dysfonctions avec engagement des facettes articulaires ; la dysfonction est décrite pour la vertèbre N par rapport à la vertèbre N+1.

BIBLIOGRAPHIE

- AUGROS A., OUNIS A., BELOT P. (2005) La mécanique vertébrale (partie 1). Explication et traitement de la « maladie vertébrale ». *Ostéo4pattes* N°1. A01.
- BERTA A., SUMICH J., KOVACS K. (2006), *Marine Mammals Evolutionary Biology*. Second Edition. Academic Press, 547p
- BLIX A.S. (2011) *The venous system of seals, with new ideas on the significance of the extradural intravertebral vein. In The Journal of Experimental Biology, 214, 3507-3510*
- BOISSELEAU A. La Force de la Traction Médullaire : Etude bibliographique. Thèse de doctorat vétérinaire. Fac. Méd. Nantes. ONIRIS, 2012.
- BUSQUET M. - VANDERHEYDEN, Les chaînes musculaires. Tome VI. La chaîne viscérale. Description et traitement. Ed. Frison Roche, 2004.
- CAYRE S. (2007) Techniques de base. Dépeche Vétérinaire
- Centre National de la Mer à Boulogne-sur-Mer (2015), Lion de mer de Californie [en ligne] [<http://www.nausicaa.fr/lion-de-mer-de-californie.html>] (consulté en juillet 2015)
- CHARTRIN G. (2005). Pathologie du phoque gris (*Halichoerus grypus*) et du phoque veau marin (*Phocavitulina*) : approches clinique, diagnostique et thérapeutique à partir de la base de données de la clinique pour phoques d'Océanopolis (Brest, Finistère). Thèse Méd. Vét., Alfort, n°115, 219p
- CHENE P. (2005) Le syndrome de l'œuf : le whiplash. *Ostéo4pattes* n°1.
- COLOMBO J-C. (2011) Présentation générale et principes fondamentaux. Enseignement fondamental en ostéopathie. IMAOV
- DEHNHARDT G. (2002) Sensory Systems In: *Marine Mammal Biology: an evolutionary approach*, p116-141
- DENIS B., CHENE P., La dysfonction – Le diagnostic ostéopathique. *Ostéo4pattes* n°4. C09, 2007
- DEWEZ A. (2015) Communications personnelles
- DONE S., GOODY P., EVANS S., STICKLAND N. (1996) Color atlas of veterinary anatomy – Volume 3 – The Dog & Cat. Mosby.
- DUVAL J.A. (2004) L'ostéopathie fondamentale. Techniques Ostéopathiques d'Equilibre et d'Echanges Réciproques. Introduction à l'approche ostéopathique du Dr Rollin Becker, DO. Ed. Sully, 133p
- FONTAINE P.-H. (2005) Baleines et phoques. Biologie et Ecologie. Multimondes, 432p
- GLEZER I. (2002) Neural Morphology In: *Marine Mammal Biology: an evolutionary approach*. Ed. A.RusHoelzel. p 98-115.

- GUILLOT M. (2012) Etude de l'importance de l'amélioration du bien-être animal en zoos par l'enrichissement du milieu et le « medical training ». Exemples de l'otarie, de l'éléphant et du tigre. Thèse Méd. Vét. Lyon I, 93p
- HEGALALDIA - Association départementale pour la sauvegarde de la faune sauvage (2015) Communications personnelles
- HENLEY CE., IVINS D., MILLS M., WEN FK, BENJAMIN BA. (2008) Osteopathic manipulative treatment and it's relationship to autonomic nervous system activity as demonstrated by heart rate variability: a repeated measures study. In *Osteopath Med Prim Care*. 2: 7
- ISSARTEL L., ISSARTEL M. (1983) L'ostéopathie exactement. Au bout des doigts qui sentent, pensent et voient : la santé. Ed. Robert Laffont. 391p
- LIPPERT G. (2009) Médecine douce des animaux...et ce que l'homme peut en apprendre. Coll. Résurgence. 238p
- LIZON F. (1988) La consultation ostéopathique et homéopathique du chien et du chat. Ed. Similia 284p
- LIZON F. (1989) La clef de la Guérison : l'Ostéopathie. Ed de Beaumes, 1989
- LOPES DE LIMA J. (1990) Adaptation des mammifères marins à la plongée. Thèse Med. Vét. Toulouse 3. n°90. 143p
- LPO (Ligue de Protection des Oiseaux) à Auberge [en ligne][<http://www.tvba.fr/videos-2/societe/audenge-lpo-acupuncture-2015.html>] (consulté le 08 septembre 2015)
- MACE M. Eléments d'Anatomie et de physiologie des Cétacés. Adaptations à la vie aquatique. [en ligne] [matthias.mace.pagesperso-orange.fr/matthias/PDF/anatomie_et_physiologie_cetaces.pdf] (consulté le 03 mars 2015)
- MARTIN A. & REEVES R. (2002) Diversity and zoogeography. In: *Marine Mammal Biology: an evolutionary approach*. Ed. A. Rus Hoelzel. p 1-38
- MORCEL F. (2010) L'entraînement médical chez les animaux de parcs zoologiques : application chez l'éléphant d'Afrique (*Loxodonta Africana*). Thèse d'exercice. Médecine Vétérinaire. Toulouse 3, 93p
- Observatoire Pelagis [en ligne] [<http://www.observatoire-pelagis.cnrs.fr/actualites-240/actualites/article/les-echouages-de-jeunes-phoques>]
- PALMAS O. (2008) Protocoles d'anesthésie et de réanimation des mammifères marins : application au Grand Dauphin (*Tursiops truncatus*) et à l'Otarie de Californie (*Zalophus californianus*). Thèse d'exercice Médecine Vétérinaire. Toulouse 3 – 4094. 107p.
- PAPAILHAU S. (2012) A la lumière du monde végétatif. Comprendre le système autonome d'un point de vue ostéopathique.
- Picardie Nature – Protection de la faune sauvage – Protection des phoques [en ligne] [<http://www.picardie-nature.org/protection-de-la-faune-sauvage/centre-de-sauvegarde/phoques/2015-les-phoques-au-centre-de-salicorne/>] (consulté en août 2015)

- ROUGELIN S. (2012). Risque zoonotique lié au contact des mammifères marins en captivité ou en milieu naturel. Thèse Méd. Vét., Alfort, 265p
- RUYS T., SOULIER L., (coords) 2013. Atlas des Mammifères sauvages d'Aquitaine – Tome 3 – Les Mammifères marins. Cistude Nature & LPO Aquitaine. Edition C. Nature, 144p
- SABATIER B. (2012-2013-2014) Communications personnelles
- SHIRIHAI H., JARRETT B., (2007) Guide des mammifères marins du monde. Ed. Delachaux et Niestlé
- SPRAGG R., PONGANIS P., MARSH J., RAU G., BERNHARD W. (2004) Surfactant from diving aquatic mammals. *In J. ApplPhysiol*96. p1626-1632
- STOLEAR E. (2010). Les zoonoses chez les mammifères marins : la brucellose chez les cétacés. Travail de fin d'études Méd. Vét. Liège. 37p
- TRICOT P. (2002) Approche tissulaire de l'ostéopathie. Livre 1 : Un modèle du corps conscient. Ed. Sully, 319p.
- VARLET P. (2009) Ostéopathie somato-émotionnelle. Bases scientifiques et applications thérapeutiques. Sully.246p.
- WARDZYNSKI C. (2004) Etude de la contention des mammifères en parc zoologique des années 50 à nos jours. Thèse Méd Vét Alfort, 257p.
- WILLIAMS T., WORTHY G. (2002) Anatomy and Physiology: the challenge of aquatic living. In: *Marine Mammal Biology: an evolutionary approach*. Ed. A. Rus Hoelzel. p73-97