



## Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in : <http://oatao.univ-toulouse.fr/Eprints> ID : 8511

**To cite this version :**

Azzopardi, Marie. *Contribution à l'ostéologie et à l'imagerie médicale de l'alpaga "Vicugna pacos"*. Thèse d'exercice, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2012, 268 p.

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

ANNEE 2012 THESE : 2012 – TOU 3 – 4033

---

# CONTRIBUTION A L'OSTEOLOGIE ET A L'IMAGERIE MEDICALE DE L'ALPAGA « *Vicugna pacos* »

---

THESE  
pour obtenir le grade de  
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

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

*par*

**AZZOPARDI Marie**  
Née, le 8 juillet 1987 à Marseille (13)

---

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

## JURY

PRESIDENT :  
**M. Alexis VALENTIN**

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESSEURS :  
**M. Jacques DUCOS DE LAHITTE**  
**M. Yves LIGNEREUX**

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

**Ministère de l'Agriculture et de la Pêche  
ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE**

**Directeur** : M. A. MILON

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

**Professeurs honoraires** :

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

**PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE**

M. AUTEFAGE André, *Pathologie chirurgicale*  
M. BRAUN Jean-Pierre, *Physique et Chimie biologiques et médicales*  
M. CORPET Denis, *Science de l'Aliment et Technologies dans les Industries agro-alimentaires*  
M. ENJALBERT Francis, *Alimentation*  
M. EUZEBY Jean, *Pathologie générale, Microbiologie, Immunologie*  
M. FRANC Michel, *Parasitologie et Maladies parasitaires*  
M. MARTINEAU Guy, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*  
M. PETIT Claude, *Pharmacie et Toxicologie*  
M. REGNIER Alain, *Physiopathologie oculaire*  
M. SAUTET Jean, *Anatomie*  
M. TOUTAIN Pierre-Louis, *Physiologie et Thérapeutique*

**PROFESSEURS 1° CLASSE**

M. BERTHELOT Xavier, *Pathologie de la Reproduction*  
Mme CLAUW Martine, *Pharmacie-Toxicologie*  
M. CONCORDET Didier, *Mathématiques, Statistiques, Modélisation*  
M. DELVERDIER Maxence, *Anatomie Pathologique*  
M. SCHELCHER François, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*

**PROFESSEURS 2° CLASSE**

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

## PROFESSEURS CERTIFIES DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

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

## MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE

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

## MAITRES DE CONFERENCES (classe normale)

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

## MAITRES DE CONFERENCES et AGENTS CONTRACTUELS

M. **BOURRET Vincent**, *Microbiologie et infectiologie*  
M. **DASTE Thomas**, *Urgences-soins intensifs*

## ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS

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



**A Monsieur le Professeur Alexis VALENTIN**

Professeur des Universités

Praticien hospitalier

Zoologie et Parasitologie

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

*Hommage respectueux.*

**A Monsieur le Professeur Jacques DUCOS DE LAHITTE**

Professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Parasitologie et Maladies Parasitaires

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

*Qu'il trouve ici le témoignage de notre grande reconnaissance et de notre profonde considération ; qu'il soit remercié pour son aide et sa disponibilité.*

**A Monsieur le Professeur Yves LIGNEREUX**

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Anatomie

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

*Qu'il trouve ici l'expression de nos plus sincères remerciements pour son aide, sa disponibilité, sa gentillesse et ses conseils précieux.*

**A Monsieur Bernard CHARPENTIER**

Technicien de radiologie de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

*Qu'il soit remercié pour son aide, sa disponibilité et ses nombreux conseils prodigués lors de la réalisation des clichés radiographiques.*

**Au personnel de la Clinique de la Faune Sauvage de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse**

*Qu'il soit remercié pour son aide et sa participation.*

**Aux docteurs vétérinaires et techniciens du service d'Imagerie Médicale de l'hôpital vétérinaire de l'université de Cornell, Ithaca.**

*Qu'ils soient remerciés de leurs conseils avisés et des documents précieux mis à disposition.*

**Au personnel et docteurs vétérinaires du service d'Anatomie de l'E.N.V.T.**

*Qu'ils soient salués pour leur disponibilité et leur aide.*

**Au préparateur du musée d'histoire naturelle de Toulouse, M. Brian AIELLO.**

*Qu'il soit remercié pour sa rapidité de travail et sa grande compréhension.*

**A mes parents,**

*Vous allez (peut-être) un jour ne plus m'avoir sur le dos...*

*Je pourrais m'étendre en remerciements, mais vous le savez déjà que c'est grâce à notre trio d'enfer que je suis allée si loin. Mama, merci pour tes conseils avisés, sages, parfois insistants, mais toujours justes. Papounet, tu m'as transmis l'ambition d'aller plus haut, j'espère que tu es fier de moi, il faudrait que j'arrive à m'arrêter maintenant...*

*Je suis heureuse quand je vous vois heureux, profitez de la vie, mais préparez-vous, car ce soir, on daaaaaaannnse sur le bar !*

**A Florian, Baby !**

*Merci d'être là, à mes côtés. Je me dis tous les jours que j'ai de la chance qu'on se soit trouvé. Que notre chemin ensemble soit beau et plein de bonnes surprises ! Je t'aime.*

**A mes grands-parents,**

*Anne-Marie, Jean-Marie, Anna et François.*

**A ma grand-mère,**

*Tu me manques, mais si tu étais ici aujourd'hui, je sais qu'avec tendresse, tu me dirais : « si t'es fatiguée, tu t'arrêtes ».*

**A Violaine, Marie-Blanche et Elsa,**

*Mes chéries, je vous vois assises sur un banc, dans quelque chose comme un demi-siècle, racontant les histoires d'avant ; tout sera différent et pourtant rien n'aura changé...*

**A Yannou,**

*Tu es si beau comme tu es, merci d'être là, même loin, je sais que tu es bienveillant, et sache que c'est réciproque.*

**A Vic et Julie,**

*Merci pour ces années de lycée que je n'oublierai pas, et bien d'autres moments encore.*

**A mes amis, mes potes,**

*Gusgus (qui a tenu l'alpaga ! Mais pas que), Lermuz, Caro, Julie, Crobic, Laetituie, Mud, Momo, Robinou, Grand Privat, Blabla, Lulu, Vincent, Babou & co... et tous ceux que j'oublie ☺. Quelles belles années en votre compagnie !!*

**A mes cousins, ma famille,**

*Merci de m'avoir toujours soutenue et encouragée.*

**A mes animaux, Moma, Kiki et Moko : parce que nos petites bêtes nous apportent tant !**



# TABLE DES MATIERES

|                   |    |
|-------------------|----|
| Introduction..... | 27 |
|-------------------|----|

|                                                                         |           |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b><u>PARTIE I : ÉTUDE ZOOLOGIQUE DE <i>VICUGNA PACOS</i></u></b> ..... | <b>29</b> |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|

|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| <b><u>1. SYSTEMATIQUE</u></b> ..... | <b>29</b> |
|-------------------------------------|-----------|

|                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| <b><u>1.1. Taxonomie</u></b> ..... | <b>29</b> |
|------------------------------------|-----------|

|                                              |           |
|----------------------------------------------|-----------|
| <b><u>1.2. Origine de l'alpaga</u></b> ..... | <b>30</b> |
|----------------------------------------------|-----------|

|                                                                                               |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b><u>1.3. Caractéristiques générales de l'espèce Alpaga (<i>Vicugna pacos</i>)</u></b> ..... | <b>31</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|

|                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b><u>1.4. Caractéristiques générales de l'individu alpaga</u></b> ..... | <b>32</b> |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|

|                                              |           |
|----------------------------------------------|-----------|
| <b><u>2. MORPHOLOGIE, ANATOMIE</u></b> ..... | <b>33</b> |
|----------------------------------------------|-----------|

|                                                    |           |
|----------------------------------------------------|-----------|
| <b><u>2.1. Description morphologique</u></b> ..... | <b>33</b> |
|----------------------------------------------------|-----------|

|                                                                       |           |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b><u>2.2. Peau, phanères et glandes annexes de la peau</u></b> ..... | <b>34</b> |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|

|                     |    |
|---------------------|----|
| 2.2.1. La peau..... | 34 |
|---------------------|----|

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 2.2.2. Le pelage, la fibre..... | 35 |
|---------------------------------|----|

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| 2.2.2.1. Organisation de la fibre..... | 35 |
|----------------------------------------|----|

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.2.2. Les critères d'évaluation de la laine chez l'alpaga ..... | 36 |
|--------------------------------------------------------------------|----|

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| 2.2.2.2. Caractéristiques des races..... | 36 |
|------------------------------------------|----|

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 2.2.3. Les coussinets et ongles..... | 37 |
|--------------------------------------|----|

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 2.2.4. Les glandes tégumentaires..... | 38 |
|---------------------------------------|----|

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 2.2.4.1. Les glandes mammaires..... | 38 |
|-------------------------------------|----|

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.4.2. Les glandes annexes (sébacées et sudoripares)..... | 38 |
|-------------------------------------------------------------|----|

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| 2.2.4.3. Les glandes métatarsiennes..... | 38 |
|------------------------------------------|----|

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| 2.2.4.4. Les glandes inter digitées..... | 39 |
|------------------------------------------|----|

|                                                    |           |
|----------------------------------------------------|-----------|
| <b><u>2.3. Organisation du squelette</u></b> ..... | <b>40</b> |
|----------------------------------------------------|-----------|

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.3.1. Particularités de l'anatomie fonctionnelle du squelette de l'alpaga..... | 40 |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| 2.3.3.1. La locomotion, Les allures..... | 40 |
|------------------------------------------|----|

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 2.3.2 Dentition (Cf. partie II) ..... | 42 |
|---------------------------------------|----|

|                                               |           |
|-----------------------------------------------|-----------|
| <b><u>2.4. Les organes des sens</u></b> ..... | <b>43</b> |
|-----------------------------------------------|-----------|

|                   |    |
|-------------------|----|
| 2.4.1. L'œil..... | 43 |
|-------------------|----|

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 2.4.2. L'oreille..... | 45 |
|-----------------------|----|

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 2.4.2.1. L'oreille externe..... | 45 |
|---------------------------------|----|

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 2.4.2.2. L'oreille moyenne..... | 46 |
|---------------------------------|----|

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 2.4.3. Les organes olfactifs..... | 46 |
|-----------------------------------|----|

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 2.4.4. Les organes tactiles ..... | 46 |
|-----------------------------------|----|

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| 2.4.5. Les organes gustatifs : la langue..... | 47 |
|-----------------------------------------------|----|

|                                                                                             |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>2.5. <u>Le système nerveux</u></b>                                                       | <b>48</b> |
| <b>2.6. <u>Les glandes endocrines</u></b>                                                   | <b>49</b> |
| 2.6.1. L'hypophyse ou glande pituitaire                                                     | 49        |
| 2.6.2. Les glandes surrénales                                                               | 49        |
| 2.6.3. Les glandes thyroïdes                                                                | 49        |
| 2.6.4. Les glandes parathyroïdes                                                            | 49        |
| 2.6.5. Le pancréas                                                                          | 49        |
| 2.6.6. Les gonades                                                                          | 50        |
| <b>2.7. <u>Le système circulatoire</u></b>                                                  | <b>51</b> |
| 2.7.1. L'appareil circulatoire sanguin                                                      | 51        |
| 2.7.1.1. Anatomie                                                                           | 51        |
| 2.7.2. Les organes hémato-lymphopoïétiques et l'appareil circulatoire lymphatique           | 55        |
| 2.7.2.1. Le thymus                                                                          | 55        |
| 2.7.2.2. La rate                                                                            | 55        |
| 2.7.2.3. Les vaisseaux et nœuds lymphatiques                                                | 55        |
| <b>2.8. <u>L'appareil respiratoire</u></b>                                                  | <b>56</b> |
| 2.8.1. Anatomie                                                                             | 56        |
| 2.8.1.1. Le haut appareil respiratoire                                                      | 56        |
| 2.8.1.2. Le bas appareil respiratoire                                                       | 58        |
| 2.8.2. Eléments de physiologie respiratoire et cardiovasculaire                             | 58        |
| <b>2.9. <u>L'appareil digestif et les glandes annexes</u></b>                               | <b>59</b> |
| 2.9.1. Anatomie                                                                             | 59        |
| 2.9.1.1. La cavité buccale                                                                  | 59        |
| 2.9.1.2. Les glandes salivaires                                                             | 59        |
| 2.9.1.3. Le pharynx                                                                         | 60        |
| 2.9.1.4. L'œsophage                                                                         | 60        |
| 2.9.1.5. Les compartiments stomacaux                                                        | 60        |
| 2.9.1.6. Les intestins                                                                      | 62        |
| 2.9.1.7. Les organes annexes du tube digestif                                               | 63        |
| 2.9.2. Eléments de physiologie à connaître en abordant la radiologie de l'appareil digestif | 64        |
| <b>2.10. <u>L'appareil uro-génital</u></b>                                                  | <b>65</b> |
| 2.10.1. L'appareil urinaire                                                                 | 65        |
| 2.10.1.1. Les reins                                                                         | 65        |
| 2.10.1.2. Uretères et vessie                                                                | 65        |
| 2.10.1.3. L'urètre                                                                          | 65        |
| 2.10.2. L'appareil génital                                                                  | 66        |
| 2.10.2.1. L'appareil génital femelle                                                        | 66        |
| 2.10.2.2. L'appareil génital mâle                                                           | 68        |

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.11. <u>Les mamelles</u> .....                                             | 69 |
| 2.11.1. Les glandes mammaires.....                                          | 69 |
| 2.12. <u>Données physiologiques générales</u> .....                         | 70 |
| 2.12.1. Longévité.....                                                      | 70 |
| 2.12.2. Métabolisme basal.....                                              | 70 |
| 2.12.3. Température corporelle.....                                         | 70 |
| 2.12.4. Hématologie et biochimie.....                                       | 71 |
| 2.12.4.1. Prise de sang.....                                                | 71 |
| 2.12.4.2. Observations et paramètres hématologiques et<br>biochimiques..... | 71 |
| <b>3. APPROCHE ETHOLOGIQUE</b> .....                                        | 72 |
| 3.1. <u>L'alpaga en liberté</u> .....                                       | 72 |
| 3.1.1. Milieu naturel et répartition.....                                   | 72 |
| 3.1.2. Alimentation et abreuvement de l'alpaga à l'état naturel.....        | 72 |
| 3.2. <u>L'alpaga, un nouvel animal de compagnie</u> .....                   | 73 |
| 3.2.1. Réglementation.....                                                  | 73 |
| 3.2.2. Vie en captivité.....                                                | 73 |
| 3.2.2.1. Logement : la gestion de l'habitat des lamas et des alpagas.....   | 73 |
| 3.2.2.2. Alimentation et abreuvement .....                                  | 74 |
| 3.2.2.3. Reproduction en captivité des lamas et alpagas.....                | 78 |
| 3.2.2.5 Programme technico sanitaire pour les animaux (non obligatoire)     |    |
| / Les soins courants.....                                                   | 78 |
| 3.2.3. <u>Comportement</u> .....                                            | 79 |
| 3.2.3.1. La position des oreilles.....                                      | 79 |
| 3.2.3.2. La position de la queue.....                                       | 80 |
| 3.2.3.3. Les vocalises.....                                                 | 80 |
| 3.2.3.4. Le crachage.....                                                   | 81 |
| 3.2.3.5. Urine et défécation.....                                           | 81 |
| 3.2.3.6. Décubitus.....                                                     | 81 |
| 3.2.3.7. Notion d'imprégnation.....                                         | 82 |
| <b>4. DOMINANTES PATHOLOGIQUES</b> .....                                    | 83 |
| 4.1. <u>Les défauts congénitaux</u> .....                                   | 83 |
| 4.2. <u>Les maladies infectieuses</u> .....                                 | 84 |
| 4.3. <u>Les affections de l'appareil digestif</u> .....                     | 84 |
| 4.4. <u>Les parasitoses internes et externes</u> .....                      | 85 |
| 4.5. <u>Les affections respiratoires</u> .....                              | 86 |
| 4.6. <u>Les affections cardiovasculaires</u> .....                          | 86 |
| 4.7. <u>Les affections musculo-squelettiques</u> .....                      | 86 |
| 4.8. <u>Les affection cutanées</u> .....                                    | 87 |
| 4.9. <u>Le stress de chaleur</u> .....                                      | 87 |

|                                              |           |
|----------------------------------------------|-----------|
| <b>PARTIE II : MATERIEL ET METHODES.....</b> | <b>89</b> |
|----------------------------------------------|-----------|

**1. LES ANIMAUX.....**89

1.1. Provenance.....89

1.2. Contention et anesthésie.....89

1.2.1. Contention physique.....89

1.2.2. Anesthésie, sédation.....90

**2. LA RADIOLOGIE MEDICALE.....**92

2.1. Technique radiographique .....92

2.2. Positionnements et mesures.....95

2.3. Radioprotection.....96

|                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>PARTIE III : ÉTUDE OSTÉOLOGIQUE DE VICUGNA PACOS.....</b> | <b>99</b> |
|--------------------------------------------------------------|-----------|

**1. SQUELETTE CEPHALIQUE.....**99

1.1. Os du crâne et de la face.....99

1.1.1. Os du crâne.....99

1.1.2. Os de la face.....102

1.2. Mandibule.....107

**2. LA COLONNE VERTEBRALE.....**109

2.1. Vertèbres cervicales.....109

2.2. Vertèbres thoraciques.....112

2.3. Vertèbres lombaires.....113

2.4. Sacrum.....114

2.5. Vertèbres coccygiennes ou caudales.....115

2.6. Tronc.....116

2.6.1. Côtes.....116

2.6.2. Sternèbres.....118

2.6.3. Os du diaphragme.....118



|                                                                                     |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>3. SQUELETTE APPENDICULAIRE.....</b>                                             | <b>119</b> |
| <b>3.1. Le membre thoracique.....</b>                                               | <b>120</b> |
| 3.1.1. Ceinture thoracique : la scapula.....                                        | 121        |
| 3.1.2. Stylopode ou bras : l'humérus.....                                           | 123        |
| 3.1.3. Zeugopode ou avant-bras : le radius et l'ulna.....                           | 125        |
| 3.1.4. Basipode ou carpe.....                                                       | 126        |
| 3.1.5. Autopode : la main.....                                                      | 127        |
| <b>3.2. Le membre pelvien.....</b>                                                  | <b>128</b> |
| 3.2.1. Ceinture pelvienne : le bassin.....                                          | 128        |
| 3.2.2. Stylopode ou la cuisse : le fémur.....                                       | 130        |
| 3.2.3. Zeugopode pelvien ou jambe : tibia et fibula.....                            | 131        |
| 3.2.4. Genou ou grasset.....                                                        | 132        |
| 3.2.5. Basipode ou tarse.....                                                       | 133        |
| 3.2.6. Pied.....                                                                    | 133        |
| <b>4. DENTS.....</b>                                                                | <b>134</b> |
| <b>4.1. Formule dentaire.....</b>                                                   | <b>134</b> |
| <b>4.2. Caractéristiques individuelles des dents.....</b>                           | <b>135</b> |
| 4.2.1. Incisives.....                                                               | 135        |
| 4.2.2. Canines.....                                                                 | 135        |
| 4.2.3. Prémolaires et molaires (dents jugales).....                                 | 136        |
| <b>4.3. Denture et détermination de l'âge.....</b>                                  | <b>136</b> |
| <b>PARTIE IV : ATLAS RADIOGRAPHIQUE DE VICUGNA PACOS..... 138</b>                   |            |
| <b>1. RADIOGRAPHIES DU SQUELETTE.....</b>                                           | <b>138</b> |
| <b>1.1. Squelette axial.....</b>                                                    | <b>138</b> |
| <b>1.1.1. Squelette de la tête.....</b>                                             | <b>138</b> |
| 1.1.1.1. Crâne.....                                                                 | 138        |
| ❖ Incidence dorsoventrale du crâne entier.....                                      | 138        |
| ❖ Incidence latérale du crâne entier.....                                           | 140        |
| ❖ Considérations générales sur la radiographie des os alvéolaires et des dents..... | 141        |
| ❖ Incidence latérale de la mandibule.....                                           | 143        |
| ❖ Voies lacrymales.....                                                             | 144        |
| ❖ Conduit auditif osseux et oreille moyenne.....                                    | 145        |
| <b>1.1.2. Colonne vertébrale.....</b>                                               | <b>146</b> |
| 1.1.2.1. Vertèbres cervicales.....                                                  | 146        |
| ❖ Incidence latérale des vertèbres cervicales crânielles.....                       | 146        |
| ❖ Incidence dorsoventrale des vertèbres cervicales caudales.....                    | 147        |
| ❖ Incidence latérale des vertèbres cervicales caudales.....                         | 148        |
| 1.1.2.2. Vertèbres thoraciques et grill costal (Incidence latérale).....            | 149        |

|                                                                                         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 1.1.2.3. Vertèbres lombaires (Incidence latérale).....                                  | 150        |
| 1.1.2.4. Région sacrale.....                                                            | 151        |
| ❖ Sacrum (cf. bassin).....                                                              | 151        |
| ❖ Terminaison de la moelle spinale à mi sacrum.....                                     | 151        |
| 1.1.2.4. Vertèbres caudales (Incidence latérale).....                                   | 152        |
| <b>1.2. Squelette appendiculaire.....</b>                                               | <b>153</b> |
| 1.2.1. Membre thoracique.....                                                           | 153        |
| 1.2.1.1. Epaule.....                                                                    | 153        |
| ❖ Incidence crâniocaudale de l'articulation de l'épaule.....                            | 153        |
| 1.2.1.2. Bras.....                                                                      | 154        |
| ❖ Profil de l'articulation de l'épaule, et humérus.....                                 | 154        |
| 1.2.1.3. Coude.....                                                                     | 156        |
| ❖ Incidence crâniocaudale de l'articulation du coude.....                               | 156        |
| ❖ Incidence latérale de l'articulation du coude.....                                    | 157        |
| 1.2.1.4. Avant-bras.....                                                                | 158        |
| ❖ Incidence latérale du radius.....                                                     | 158        |
| 1.2.1.5. Carpe.....                                                                     | 159        |
| ❖ Incidence dorsopalmaire du carpe.....                                                 | 159        |
| ❖ Incidence latérale du carpe.....                                                      | 160        |
| ❖ Carpe du nouveau-né.....                                                              | 160        |
| 1.2.1.6. Main : Cf. pied, même structure.....                                           | 161        |
| <b>1.2.2. Membre pelvien.....</b>                                                       | <b>161</b> |
| 1.2.2.1. Bassin.....                                                                    | 161        |
| ❖ Incidence dorsoventrale du bassin.....                                                | 161        |
| ❖ Incidence latérale du bassin.....                                                     | 163        |
| 1.2.2.2. Cuisse.....                                                                    | 165        |
| ❖ Incidence crâniocaudale du fémur.....                                                 | 165        |
| ❖ Incidence latérale du fémur.....                                                      | 166        |
| 1.2.2.3. Grasset.....                                                                   | 167        |
| ❖ Incidence crâniocaudale de l'articulation du grasset.....                             | 167        |
| ❖ Incidence latérale de l'articulation du grasset en flexion.....                       | 168        |
| ❖ Incidence dorsoventrale du grasset en flexion totale.....                             | 169        |
| 1.2.2.4. Jambe.....                                                                     | 169        |
| ❖ Incidence crâniocaudale du tibia.....                                                 | 169        |
| ❖ Incidence latérale du tibia.....                                                      | 170        |
| 1.2.2.5. Tarse.....                                                                     | 171        |
| ❖ Incidence dorsoplantaire du tarse.....                                                | 171        |
| ❖ Incidence latérale du tarse.....                                                      | 172        |
| 1.2.2.6. Pied.....                                                                      | 173        |
| ❖ Incidence dorsoplantaire des métatarses III et IV fusionnés, et des<br>phalanges..... | 173        |
| ❖ Incidence latérale des phalanges.....                                                 | 174        |
| ❖ Incidence latérale, doigt médial relevé.....                                          | 174        |
| <b>2. RADIOGRAPHIES DU THORAX.....</b>                                                  | <b>175</b> |
| 2.1. <u>Considérations générales sur la radiologie du thorax et du cœur</u> .....       | 175        |
| 2.2. <u>Incidence ventro dorsale</u> .....                                              | 176        |

|                                                                                         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| ❖ Incidence ventro dorsale du thorax chez le nouveau-né.....                            | 177        |
| <b>2.3. Incidence latérale.....</b>                                                     | <b>178</b> |
| ❖ Incidence latérales du thorax chez un lama adulte.....                                | 178        |
| ❖ Incidence latérale du thorax chez le cria alpaga.....                                 | 179        |
| <b>3. RADIOGRAPHIES DE L'ABDOMEN.....</b>                                               | <b>182</b> |
| <b>3.1. Considérations générales.....</b>                                               | <b>182</b> |
| <b>3.2. Incidence ventrodorsale.....</b>                                                | <b>182</b> |
| <b>3.3. Incidence latérale.....</b>                                                     | <b>182</b> |
| ❖ Incidence latérale de l'abdomen dorsal chez l'adulte.....                             | 182        |
| ❖ Incidence latérale de l'abdomen crânial d'un alpaga adulte.....                       | 183        |
| ❖ Incidence latérale de l'abdomen crânial dorsal d'un alpaga adulte.....                | 183        |
| ❖ Incidence latérale de l'abdomen moyen d'un alpaga adulte.....                         | 184        |
| ❖ Incidence latérale de l'abdomen caudal dorsal d'un alpaga adulte.....                 | 184        |
| ❖ Incidence latérale de l'abdomen complet d'un cria alpaga.....                         | 185        |
| ❖ Etude du tractus gastro-intestinal du cria lama par radiographie de<br>contraste..... | 186        |
| ❖ Incidence latérale du bas appareil urinaire avec contraste.....                       | 188        |
| ❖ Histérosalpingogramme.....                                                            | 188        |
| <b>4. RADIOGRAPHIE DE CONTRASTE CHEZ LES CAMELIDES.....</b>                             | <b>189</b> |

|                                                                                                                                                       |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>PARTIE V : LA RADIOLOGIE, UN OUTIL DIAGNOSTIQUE en médecine et chirurgie des<br/>petits camélidés, lama et alpaga: panel de cas cliniques.....</b> | <b>194</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

|                                                                                                                                    |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>1. PATHOLOGIES ET AFFECTIONS ORTHOPEDIQUES.....</b>                                                                             | <b>194</b> |
| <b>1.1. Affections orthopédiques du squelette appendiculaire.....</b>                                                              | <b>194</b> |
| <b>1.1.1. Déformation angulaire des membres.....</b>                                                                               | <b>194</b> |
| ❖ Rachitisme.....                                                                                                                  | 194        |
| ❖ Valgus du carpe.....                                                                                                             | 195        |
| ❖ Des essais de traitements du valgus carpal.....                                                                                  | 197        |
| <b>1.1.2 Luxations.....</b>                                                                                                        | <b>198</b> |
| ❖ Luxation ou subluxation tibio tarsienne.....                                                                                     | 198        |
| ❖ Luxation patellaire.....                                                                                                         | 199        |
| ❖ Luxation coxofémorale et prothèse totale de hanche.....                                                                          | 201        |
| <b>1.1.3. Affections ligamentaires.....</b>                                                                                        | <b>203</b> |
| ❖ Rupture du ligament croisé crânial droit et tibial plateau levelling osteotomy<br>(TPLO).....                                    | 203        |
| ❖ Hyper extension du boulet.....                                                                                                   | 205        |
| <b>1.1.4. Fractures.....</b>                                                                                                       | <b>206</b> |
| ❖ Fracture traumatique, transverse, du tiers distal de la diaphyse des métatarses<br>3 et 4 fusionnés du membre pelvien droit..... | 206        |
| ❖ Fracture traumatique comminutive, du tiers proximal de la diaphyse fémorale,<br>membre pelvien droit.....                        | 208        |

|                                                                                                     |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| ❖ Fracture / luxation chronique traumatique et arthrose sévère de l'épaule droite.....              | 209               |
| <b>1.1.5. Lésions osseuses agressives.....</b>                                                      | <b>210</b>        |
| ❖ Ostéomyélite de la phalange proximale, doigt IV, membre pelvien gauche.....                       | 210               |
| ❖ Ostéolyse.....                                                                                    | 211               |
| ❖ Hémangiosarcome intra osseux.....                                                                 | 211               |
| ❖ Arthrite.....                                                                                     | 212               |
| ❖ Ostéopathie hypertrophique.....                                                                   | 212               |
| ❖ Séquestre osseux nécrotique.....                                                                  | 213               |
| <b>1.2. Affections ostéologiques du squelette axial.....</b>                                        | <b>215</b>        |
| <b>1.2.1. Affections dentaires ou péri dentaires.....</b>                                           | <b>215</b>        |
| 1.2.1.1. Maladie parodontale.....                                                                   | 215               |
| 1.2.1.2. Malocclusion.....                                                                          | 216               |
| ❖ Abscess dentaire.....                                                                             | 216               |
| ❖ Ostéomyélite alvéolaire de la mandibule.....                                                      | 218               |
| ❖ Les tumeurs de la machoire.....                                                                   | 220               |
| <b>1.2.2. Affection des os du crâne.....</b>                                                        | <b>223</b>        |
| 1.2.2.1. Masse faciale osseuse.....                                                                 | 223               |
| ❖ Granulome fongique du sinus frontal.....                                                          | 223               |
| 1.2.2.2. Radiographie anormale de l'oreille.....                                                    | 224               |
| ❖ Sclérose de la bulle tympanique.....                                                              | 224               |
| <b>1.2.3. Affections vertébrales.....</b>                                                           | <b>227</b>        |
| ❖ Considérations générales sur le diagnostic radiographique des troubles neurologiques.....         | 227               |
| ❖ Luxation atlanto-occipitale.....                                                                  | 227               |
| ❖ Fracture en compression et subluxation en C7-Th1 avec remodelage et changements dégénératifs..... | 228               |
| ❖ Hémivertèbres.....                                                                                | 230               |
| ❖ Autres affections vertébrales.....                                                                | 230               |
| <b>1.2.4. Affections des sternèbres.....</b>                                                        | <b>232</b>        |
| <b><u>2. AFFECTIONS DES TISSUS MOUS.....</u></b>                                                    | <b><u>234</u></b> |
| <b>2.1. Affections respiratoires.....</b>                                                           | <b>234</b>        |
| <b>2.1.1. Voies respiratoires hautes :.....</b>                                                     | <b>234</b>        |
| ❖ Atrésie choanale .....                                                                            | 234               |
| ❖ Myiase des cavités nasales : <i>Cephenemyia Spp</i> .....                                         | 235               |
| ❖ Hyperplasie du palais mou et masse sub-épiglottique.....                                          | 236               |
| ❖ Fibrome en cours d'ossification des voies nasales.....                                            | 236               |
| ❖ Dacryocystorhinographie et atrésie du canal nasolacrimal.....                                     | 237               |
| <b>2.1.2. Voies respiratoires basses.....</b>                                                       | <b>238</b>        |
| ❖ Epanchement pleural.....                                                                          | 238               |
| ❖ Néoplasme thoracique, suspicion de lymphome.....                                                  | 238               |
| ❖ Métastases pulmonaires.....                                                                       | 239               |
| ❖ Sévère pneumothorax droit.....                                                                    | 240               |
| ❖ Coccidioidomycose (ou valley fever).....                                                          | 241               |
| ❖ Tuberculose à <i>Mycobacterium bovis</i> .....                                                    | 242               |
| <b>2.2. Les affections cardiaques.....</b>                                                          | <b>243</b>        |

|                                                                                                                           |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>2.3. Les affections digestives.....</b>                                                                                | <b>245</b> |
| <b>2.2.1. Affection de l'œsophage.....</b>                                                                                | <b>245</b> |
| ❖ Dilatation œsophagienne.....                                                                                            | 245        |
| ❖ Dysfonction œsophagienne due à un anneau vasculaire.....                                                                | 246        |
| <b>2.2.2. Affections du tractus gastro intestinal.....</b>                                                                | <b>247</b> |
| ❖ Concrétions stomacales ou intestinales.....                                                                             | 247        |
| ❖ Impaction mortelle du côlon spiralé par du sable.....                                                                   | 248        |
| ❖ Colique chronique intermittente.....                                                                                    | 249        |
| <b>2.2.3 Affections du système urogénital.....</b>                                                                        | <b>250</b> |
| ❖ Obstruction de l'orifice urétral de la vessie à la suite d'un déplacement de la<br>vessie dans la cavité pelvienne..... | 250        |
| ❖ Histérosalpingographie* et exploration de l'utérus et du salpinx chez<br>l'alpaga.....                                  | 251        |
| <b>CONCLUSION.....</b>                                                                                                    | <b>253</b> |
| <b>ANNEXES.....</b>                                                                                                       | <b>254</b> |
| <b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>                                                                                                 | <b>260</b> |

# TABLE DES FIGURES

## PARTIE I :

- Figure I.1 : Les quatre espèces de camélidés sud-américains.
- Figure I.2 : Nomenclature désignant les zones anatomiques superficielle du corps de l'alpaga. (Modifié d'après ALSA).
- Figure I.3: Schéma de la peau. (Source : ME. Fowler, 2010).
- Figure I.4 : Structure d'une fibre animale non médullaire. (Source modifiée de Giordano S., 2007)
- Figure I.5 : Les 2 races d'alpaga et l'aspect caractéristique associé de la fibre. (Site de l'AFLA).
- Figure I.6 : Structure interne du pied du lama. (D'après ME. Fowler, 2010).
- Figure I.7 : Main d'alpaga en incidence palmaire (A) ; pied de lama en incidence latérale (B). (A : photographie personnelle, B: d'après ME. Fowler, 2010)
- Figure I.8 : Glande interdigitée chez un petit camélidé. (D'après ME. Fowler, 2010).
- Figure I.9 : Schéma légendé du squelette de l'alpaga. D'après Alpaca and lama show association.
- Figure I.10 (A) : Le pas (B) l'amble (C) le trop (D) le galop (E) *Pronking ou slotting*
- Figure I.11 : Domaine de vision des petits camélidés. (D'après ME. Fowler, 2010).
- Figure I.12 : Schéma d'un œil de camélidé en coupe longitudinale. (D'après ME. Fowler, 2010).
- Figure I.13 : Œil de cheval (gauche), et de vigogne (dessin de droite), vus de face, dans lesquels on peut observer la pupille horizontale, les grains de suie, les canthus médiaux et latéraux, et l'iris (Grassé).
- Figure I.14 : Schéma représentant les différentes formes de pavillons auriculaires observées chez l'alpaga. (D'après ME. Fowler, 2010).
- Figure I.15 : Schéma de l'oreille d'un petit camélidé. (D'après ME. Fowler, 2010).
- Figure I.16 : Schémas de la langue d'un petit camélidé. (D'après Spurgeon, 1999 et ME. Fowler, 2010).
- Figure I.17 : Schéma d'une tête de lama en coupe sagittale centré sur l'encéphale et le départ de la moelle spinale. (D'après Spurgeon, 1999).
- Figure I.18 : Photographie en incidences latérales, latérales obliques, ventrale et dorsale de l'encéphale d'un lama. University of Wisconsin-Madison Brain Collection.
- Figure I.19 : principaux vaisseau cervicaux et thoraciques et leur relation au cœur. (D'après Spurgeon, 99).
- Figure I.20 : Vascularisation artérielle superficielle de la tête du dromadaire et départ de la veine jugulaire. (D'après Smuts, 1987).
- Figure I.21 : relation entre la veine jugulaire et la carotide du lama. (D'après Spurgeon, 1999).
- Figure I.22 : Schémas du cœur de dromadaire en incidence latérale gauche et droite. (D'après Smuts, 87).
- Figure I.23 : Cœur de camélidé en incidence caudale. (D'après Smuts, 1987).
- Figure I.24 : Origine des artères carotides et des troncs brachiaux sur l'aorte chez le cheval, le chameau, le lama, et les carnivores domestiques. (Grassé).
- Figure I.25 : rate de camélidé (dromadaire). (D'après Smuts, 1987).
- Figure I.26 : anatomie des voies respiratoires hautes. (Modifié d'après Spurgeon, 1999).
- Figure I.27 : Coupes transversales de la cavité nasale d'un lama (a). Localisation des coupes A à F (b). (Source : ME Fowler, 2010).
- Figure I.28 : Anatomie du pharynx d'un camélidé. (D'après Smuts, 1987).
- Figure I.29 : Anatomie du larynx d'un camélidé. (D'après Smuts, 1987).
- Figure I.30 : Topographie des poumons droit et gauche et de la cavité pleurale. (D'après Smuts, 1987).
- Figure I.31: L'estomac des petits camélidés. (Smith et al. 1994).
- Figure I.32: relation de l'estomac aux autres organes adjacents. (Source : ME. Fowler, 2010).
- Figure I.33 : Saccules glandulaires de C-1. (Source : ME. Fowler, 2010).
- Figure I.34 : Division glandulaire de C-2. (Source : ME. Fowler, 2010).
- Figure I.35 : C-3. (Source : ME. Fowler, 2010).
- Figure I.36 : intestins d'un lama adulte. (Source : ME. Fowler 2010).
- Figure I.37 : photographies d'un foie de lama. (Source ME. Fowler, 2010).
- Figure I.38 : Aspect anatomique du rein de camélidé. (Fowler, 2010 ; Smuts, 1987).
- Figure I.39 : Schéma de l'appareil génital d'un camélidé mâle. (Source : ME. Fowler, 2010).

Figure I.40 : Schéma de l'appareil reproducteur femelle de l'alpaga, en position physiologique. (D'après Spurgeon, 1999).

Figure I.41 : Schéma de l'appareil reproducteur femelle de l'alpaga, aspect ventro dorsal. (Source : Msellati L., 1988).

Figure I.42 : Schéma de l'appareil reproducteur du lama mâle. (D'après Spurgeon, 1999).

Figure I.43 : conformation interne de la mamelle du lama. (Source : ME. Fowler 2010).

Figure I.44 : Hématies ellipsoïdes et cristaux d'hémoglobine sur un étalement sanguin. (Tornquist 2009)

Figure I.45 : Alpagas broutant sur les « bodefales ». (ME. Fowler, 2010).

Figure I.46 : Abri construit pour recevoir les petits camélidés, au sein de leur pâture. (AFLA)

Figure I.47 : Sites anatomiques à observer pour évaluer la note d'état corporel. (D'après ME. Fowler, 2010).

Figure I.48 : Les différentes positions du pavillon auriculaire et leur signification comportementale. (D'après Fowler, 2010)

Figure I.49 : Les différentes positions de la queue d'un lama, et les significations comportementales associées. (D'après Fowler, 2010)

Figure I.50 : principales espèces parasites des petits camélidés et leurs localisations. (Modifié d'après Foreyt WJ, 2001)

Tableau I.1 : Classification de *Vicugna pacos* dans le règne animal. (Modifié d'après Panel D., 1985)

Tableau I.2 : répartition mondiale des individus de l'espèce *Vicugna pacos* en 2004. (Ministère de l'agriculture du Pérou).

Tableau I.3 : Eléments de physiologie digestive. (Fowler, 2010).

Tableau I.4 : Variation de la température corporelle des petits camélidés selon leur âge, et la température extérieure. (Source Fowler 2010).

Tableau I.5 : Valeurs moyennes et intervalles de référence des paramètres biochimiques et hématologiques dans l'espèce *Vicugna pacos*. Présenté en annexe 5. (Soly, 2005 ; Fowler, 2010).

## PARTIE II :

Figure II.1 : méthodes de contention physique d'un alpaga. (Fowler)

Figure II.2 : Appareil de radiographie, clinique équine, E.N.V.T. Données personnelles.

Figure : méthode de positionnement pour prendre un cliché latérale oblique gauche du crâne. (Farrow).

Photographie II.1 : Injection de Xylazine et Butorphanol afin de tranquilliser la femelle alpaga. (Cornell University, photographie personnelle).

Photographie II.2 : alpaga femelle en cours de positionnement pour un cliché d'incidence dorsoventrale du crâne. Cornell, photographie personnelle.

Photographie II.3 : alpaga femelle en cours de positionnement pour un cliché d'incidence latérale oblique gauche du crâne. Cornell, photographie personnelle.

Tableau II.1 : Molécules et posologies utilisées pour la contention chimique des petits ruminants et camélidés.

Tableau II.2 : évaluation technique d'un cliché radiographique, et conduite à tenir. (Stambouli, 2004).

Tableau II.3 : Constantes radiographiques utilisées pour les lamas adultes. D'après Fowler, 2010.

## PARTIE III :

Photographie 1 : Aspect latéral du crâne entier. Photographie personnelle.

Photographie 2 : Aspect dorsal du crâne, partie maxillaire. Photographie personnelle.

Photographie 3 : Aspect caudal du crâne, partie maxillaire. Photographie personnelle.

Photographie 4 : Aspect ventral du crâne ; partie maxillaire. Photographie personnelle.

Photographie 5 : Aspect latéral du crâne, partie maxillaire. Photographie personnelle.

Photographie 6 : Aspect dorsal de la mandibule. Photographie personnelle.

Photographie 7 : Aspect latéral de la mandibule. Photographie personnelle.

Photographie 8 : Vertèbres cervicales 2 à 7. Photographie personnelle.

Photographie 9 : Détail de l'axis. Photographie personnelle.

Photographie 10 : Aspect latéral de la colonne vertébrale thoracique. Photographie personnelle.

Photographie 11 : Détail de la première vertèbre thoracique. (Smuts, 1987)

Photographie 12 et 13 : Aspect dorsal, latéral et ventral respectivement de la colonne vertébrale lombaire et du sacrum. Photographies personnelles.

Photographie 15 : Os sacrum. Photographie personnelle.

Photographie 16 : Vertèbres caudales, aspect dorsal et latéral. Photographie personnelle.

Photographie 17 : Squelette thoracique. Aspect latéral. Photographie personnelle.

Photographie 18 : Articulations vertébro-costales. Aspect latéral gauche. Photographie personnelle.

Photographie 19 : Sternum, aspect dorsal et ventral (B). Photographie personnelle.

Photographie 20 : Aspect latéral du membre thoracique proximal. Photographie personnelle.

Photographie 21 et 22 : Aspect médial et latéral de la scapula gauche. Photographie personnelle.

Photographie 23 : Aspect articulaire de la scapula gauche. Photographie personnelle.

Photographie 24 : Humérus gauche. Photographies personnelles

Photographie 25 : Aspect articulaire proximal de l'humérus gauche. Photographie personnelle.

Photographie 26 : Aspect articulaire distal de l'humérus gauche. Photographie personnelle.

Photographie 27 : Radius ulna. Photographie personnelle.

Photographie 28 : Carpe gauche. Photographies personnelles.

Photographie 29 : Membre thoracique distal gauche ou main gauche. Photographies personnelles.

Photographie 30 et 31 : Aspects ventral et dorsal du bassin. Photographie personnelle.

Photographie 32 : Os coxal gauche. Photographies personnelles.

Photographie 33 : Aspect crânio ventral du bassin. Photographie personnelle.

Photographie 34 : Fémur gauche. Photographies personnelles.

Photographie 35 : Surfaces articulaires du fémur gauche. Photo personnelle.

Photographie 36 : Tibia gauche. Photographies personnelles.

Photographie 37 : Surface articulaire proximale du tibia gauche. Photographie personnelle.

Photographie 38 : Surface articulaire distale du tibia gauche. Photographie personnelle.

Photographie 39 : Aspect latéral du grasset gauche. Photographie personnelle.

Photographie 40 : Tarse gauche. Photographies personnelles.

Photographie 41 : Membre pelvien distal gauche ou pied gauche, aspects dorsal, plantaire. Photographie personnelle.

Figure III.1 : Schéma légendé du crâne d'un lama adulte. (D'après Spurgeon, 1999).

Figure III.2 : bulle tympanique droite de lama en incidence ventrale. (Albornoz, 2012)

Figure III.3 : Bulle tympanique du lama en incidence latérale. (Albornoz, 2012)

Figure III.4 : Schéma légendé d'une coupe sagittale de la tête d'un lama, révélant les os internes du crâne. (D'après Spurgeon, 1999).

Figure III.5 : Photographies de l'aspect dorsal et latéral des vertèbres C1 à C6. (Source : Fowler 2010).

Figure III.6 : Description anatomique de l'atlas du dromadaire. (D'après Smuts, 1987).

Figure III.7 : Le membre chiridien. (MAITRISE ORTHOPEDIQUE)

Figure III.8 : Surface articulaire proximale du métacarpe gauche. (D'après Smuts, 1987).

Figure III.9 : Coupe transversale à mi diaphyse des métacarpe et métatarse gauche. (D'après Smuts, 1987).

Figure III.10 : Os malléolaire latéral gauche. Aspects latéral, médial et distal. (D'après Smuts, 1987).

Figure III.11 : Crâne préparé d'une femelle alpaga adulte. (Modifié d'après P. Zanolari)

Figure III.12 : Dentition d'un petit camélidé. (Modifié d'après Spurgeon, 1999).

Figure III.13 : Incidence buccale latérale et de face d'une femelle alpaga adulte. (Photo: P. Zanolari)

Figure III.14 : Schéma des molaires supérieures et inférieures d'un petit camélidé. (Fowler, 2010).

Tableau III.1 : Les os du crâne. (Morlat, 2010)

Tableau III.2 : Les os de la face. (Morlat, 2010)

Tableau III.3 : Formule dentaire des lamas et alpagas. (Fowler, 2010 ; Zanolari)

Tableau III.4 : âge et éruption des dents. (D'après Fowler, 2010).



#### PARTIE IV :

##### *Radiographies 1 à 14 : Squelette axial.*

Radiographie 1 : Incidence dorsoventrale du crâne d'un alpaga mâle subadulte. E.N.V.T. (42 kV / 6mAs).

Radiographie 2 : Incidence latérale du crâne d'un alpaga mâle subadulte. E.N.V.T. (42 kV / 6mAs).

Radiographie 3 : aspect radiographique normal de l'arcade mandibulaire gauche d'un alpaga. (Source : Niehaus, 2009).

Radiographie 4 : Incidence latérale oblique de la mandibule d'un lama immature avec éruption des molaires. (Source Fowler, 2010).

Radiographie 5 : incidence latérale du crâne d'un petit camélidé illustrant le trajet du canal nasolacrimal (canule). (Source : Fowler, 2010).

Radiographie 6 : cliché en incidence latérale de la partie caudale du crâne d'un lama, suite à l'instillation de produit de contraste dans le conduit auditif gauche. (Source : Watrous B., Koenig J., 2001).

Radiographie 7 : cliché pris après réalisation de coupes transversales fines de la partie droite d'un crâne de lama. (Source : Watrous B., Koenig J., 2001).

Radiographie 8 : Incidence latérale des vertèbres cervicales crânielles d'un alpaga mâle subadulte. E.N.V.T. (45 kV / 10mAs).

Radiographie 9 : Incidence dorsoventrale des vertèbres cervicales caudales d'un alpaga mâle subadulte. E.N.V.T. (45 kV / 10mAs).

Radiographie 10 : Incidence latérale des vertèbres cervicales crânielles d'un alpaga mâle subadulte. E.N.V.T. (45 kV / 10mAs).

Radiographie 11 : incidence latérale du thorax dorsal d'un alpaga mâle de 1 an. (Cornell University, Vet Imaging service, 2011).

Radiographie 12 : Incidence latérale de la colonne vertébrale lombaire d'un alpaga mâle d'un an. (Cornell University, Vet Imaging service, 2011).

Radiographie 13 : Incidence dorsoventrale de la terminaison de la moelle épinière, avec injection de contraste dans l'espace subarachnoïdien. Les méninges se terminent à la région mi sacrale. (Source : Fowler, 2010).

Radiographie 14 : Incidence latérale des vertèbres caudales d'un alpaga mâle subadulte. Cd1= 1ère vertèbre caudale. Sa= Sacrum. E.N.V.T. (42 kV / 2.5 mAs).

##### *Radiographies 15 à 36 : Squelette appendiculaire.*

Radiographie 15 : Incidence crânio caudale de l'articulation de l'épaule d'un alpaga femelle de 15 mois. (Cornell University, Vet Imaging service, 2011).

Radiographie 16 : Incidence latérale de la région du bras chez un alpaga mâle subadulte. E.N.V.T. (45 kV / 8 mAs).

Radiographie 17 : Incidence crânio-caudale de l'articulation du coude chez un alpaga femelle de 15 mois. (Cornell University, Vet Imaging service, 2011).

Radiographie 18 : Incidence latérale du coude d'un alpaga mâle subadulte. E.N.V.T. (40 kV / 3 mAs).

Radiographie 19 : Incidence latérale de la région de l'avant-bras d'un alpaga mâle subadulte. E.N.V.T. (40 kV / 3 mAs).

Radiographie 20 : Incidence crânio caudale du carpe d'un alpaga mâle subadulte. E.N.V.T. (40 kV / 3 mAs).

Radiographie 21 : Incidence médiale du carpe gauche d'un alpaga mâle subadulte. E.N.V.T. (40 kV / 3 mAs).

Radiographie 22 : Incidences latérale et dorso-palmaire du carpe d'un alpaga nouveau-né. (D'après Fowler, 2010).

Radiographie 23 : Incidence dorsoventrale du bassin d'un alpaga mâle adulte. (Cornell University, Vet Imaging service, 2011).

Radiographie 24 : Incidence latérale du bassin d'un alpaga mâle adulte. (Cornell University, Vet Imaging service, 2011).

Radiographie 25 : Incidence crâniocaudale du fémur et des articulations adjacentes (cuisse) d'un alpaga mâle subadulte. E.N.V.T. (42 kV / 4 mAs).

Radiographie 26 : Incidence latérale du fémur et des articulations adjacentes (cuisse) d'un alpaga mâle subadulte. E.N.V.T. (42 kV / 4 mAs).

Radiographie 27 : Incidence crâniocaudale de l'articulation du grasset d'un alpaga mâle d'un an. On note la patelle luxée latéralement (Cf. partie V). (Cornell University, Vet Imaging service, 2011).

Radiographie 28 : Incidence latérale de l'articulation du grasset d'un alpaga mâle subadulte. E.N.V.T. (40 kV / 3 mAs).

Radiographie 29 : Vue dorso ventrale du grasset en flexion d'un alpaga femelle de 14 mois. (Cornell University, Vet Imaging service, 2011).

Radiographie 30 : Incidence crâniocaudale de la région de la jambe d'un alpaga mâle d'un an. Cornell Imaging, 2011.

Radiographie 31 : Incidence latérale de la région de la jambe d'un alpaga mâle d'un an. (Cornell University, Vet Imaging service, 2011).

Radiographie 32 : Incidence dorsoplantaire de l'articulation du tarse d'un alpaga mâle subadulte. E.N.V.T. (40 kV / 3 mAs).

Radiographie 33 : Incidence latérale de l'articulation du tarse d'un alpaga mâle subadulte. E.N.V.T (40 kV / 3 mAs).

Radiographie 34 : Incidence dorsoplantaire du membre pelvien distal d'un alpaga mâle subadulte. E.N.V.T. (40 kV / 2.5 mAs).

Radiographie 35 et schéma 30 : Incidence latérale du métatarse distal et des phalanges d'un alpaga mâle subadulte. ENV.T. (40 kV / 2.5 mAs).

Radiographie 36 : Incidence latérale des phalanges d'un alpaga femelle de 14 mois. Le doigt médial étant relevé. (Cornell University, Vet Imaging service, 2011).

#### Radiographie 37 à 46 : Thorax

Radiographie 37 : Thorax d'un lama nouveau-né en incidence dorsoventrale. (D'après Fowler, 2010).

Radiographies 38 : Incidences dorsoventrale (A) et ventrodorsale (B) du thorax d'un cria alpaga de 15 jours. (Nelson, Mattoon, Anderson, 2011).

Radiographie 39 : Incidence dorsoventrale de la partie caudale du thorax d'un cria alpaga. (Nelson, Mattoon, Anderson, 2011).

Radiographie 40 : Thorax crânial d'un lama adulte en incidence latérale. (Source : Fowler, 2010).

Radiographie 41 : Thorax caudal d'un lama adulte en incidence latérale. (Source : Fowler, 2010).

Radiographie 42 : Thorax d'un lama nouveau-né en incidence latérale droite. (D'après Fowler, 2010).

Radiographies 43 : Incidences latérales gauche (A) et droite (B) du thorax d'un cria alpaga de 3 mois et demi. (Nelson, Mattoon, Anderson, 2011).

Radiographies 44 : incidence latérale du thorax dorsal moyen de 2 crias alpaga. (Nelson, Mattoon, Anderson, 2011).

Radiographies 45 : Incidence latérale gauche du thorax de 3 crias centrées au niveau de la bifurcation trachéo bronchique. (Nelson, Mattoon, Anderson, 2011).

Radiographie 46 : Incidence latérale gauche de la région crânioventrale du thorax d'un cria alpaga. (Nelson, Mattoon, Anderson, 2011).

#### Radiographies 47 à : Abdomen

Radiographie 47 : Abdomen dorsal d'un alpaga adulte de 14 mois en incidence latérale droite. (Cornell University, Vet Imaging service, 2011).

Radiographie 48 : Abdomen crânial d'un alpaga adulte en incidence latérale droite. (Cornell University, Vet Imaging service, 2011).

Radiographie 49 : Abdomen crânial dorsal d'un alpaga adulte en incidence latérale droite. (Cornell University, Vet Imaging service, 2011).

Radiographie 50 : Abdomen moyen d'un alpaga adulte en incidence latérale droite. (Cornell University, Vet Imaging service, 2011).

Radiographie 51 : Abdomen caudal dorsal d'un alpaga adulte en incidence latérale droite. (Cornell University, Vet Imaging service, 2011).

Radiographie 52 : abdomen complet d'un alpaga âgé de 3 mois, en incidence latérale droite. (Cornell University, Vet Imaging service, 2011).

Radiographie 53 : Incidence latérale du tractus urinaire bas contenant un produit de contraste, chez un alpaga mâle adulte. (D'après Fowler, 2010).

Radiographie 54 : histérosalpingogramme normal. (K. Cargen, A. Tibary, S. Sandoval, 2007).

Schéma 1 : Incidence dorsoventrale du crâne et des premières vertèbres cervicales d'un alpaga mâle subadulte

Schéma 2 : Incidence latérale du crâne d'un alpaga mâle subadulte.

Schéma 3 : Incidence latérale oblique de la mandibule d'un lama immature avec éruption des molaires.

Schéma 4 : Incidence latérale des vertèbres cervicales crânielles d'un alpaga mâle subadulte.

Schéma 5 : Incidence dorsoventrale des vertèbres cervicales caudales d'un alpaga mâle subadulte.

Schéma 6 : Incidence latérale des vertèbres cervicales crânielles d'un alpaga mâle subadulte.

Schéma 7 : incidence latérale du thorax dorsal d'un alpaga mâle de 1 an.

Schéma 8 : Incidence latérale de la colonne vertébrale lombaire d'un alpaga mâle d'un an.

Schéma 9 : Incidence dorsoventrale de la terminaison de la moelle épinière, avec injection de contraste dans l'espace subarachnoïdien.

Schéma 2 : Incidence latérale des vertèbres caudales d'un alpaga mâle subadulte.

Schéma 11 : Incidence crânio caudale de l'articulation de l'épaule d'un alpaga femelle de 15 mois.

Schéma 12 : Incidence latérale de la région du bras chez un alpaga mâle subadulte.

Schéma 13 : Incidence crânio-caudale de l'articulation du coude chez un alpaga femelle de 15 mois.

Schéma 14 : Incidence latérale de la région de l'avant-bras d'un alpaga mâle subadulte.

Schéma 15: Incidence crânio caudale du carpe d'un alpaga mâle subadulte.

Schéma 16 : Incidence médiale du carpe gauche d'un alpaga mâle subadulte.

Schéma 17 : Incidences latérale et dorso-palmaire du carpe d'un alpaga nouveau-né. (D'après Fowler, 2010).

Schéma 18 : Incidence dorsoventrale du bassin d'un alpaga mâle adulte.

Schéma 19 : Incidence latérale du bassin d'un alpaga mâle adulte.

Schéma 20 : Incidence crâniocaudale du fémur et des articulations adjacentes (cuisse) d'un alpaga mâle subadulte.

Schéma 213 : Incidence latérale du fémur et des articulations adjacentes (cuisse) d'un alpaga mâle subadulte

Schéma 22 : Incidence crâniocaudale de l'articulation du grasset d'un alpaga mâle d'un an.

Schéma 23 : Incidence latérale de l'articulation du grasset d'un alpaga mâle subadulte.

Schéma 24 : Vue dorso ventrale ?? du grasset en flexion d'un alpaga femelle de 14 mois.

Schéma 25 : Incidence crâniocaudale de la région de la jambe d'un alpaga mâle d'un an. Cornell Imaging, 2011

Schéma 26 : Incidence latérale de la région de la jambe d'un alpaga mâle d'un an.

Schéma 27 : Incidence dorsoplantaire de l'articulation du tarse d'un alpaga mâle subadulte.

Schéma 28 : Incidence latérale de l'articulation du tarse d'un alpaga mâle subadulte.

Schéma 29 : Incidence dorsoplantaire du membre pelvien distal d'un alpaga mâle subadulte.

Schéma 30 : Incidence latérale du métatarse distal et des phalanges d'un alpaga mâle subadulte.

Schéma 31 : Incidence de face du thorax d'un alpaga nouveau-né, et paramètres cardiaques, vasculaires et respiratoires à mesurer en incidence dorsoventrale ou ventrodorsale. (Nelson, Mattoon, Anderson, 2011).

Schéma 32 : Incidence latérale du thorax d'un alpaga nouveau-né, et paramètres cardiaques, vasculaires et respiratoires à mesurer en incidence latérale gauche ou latérale droite. 3, 4, 5= Th3, Th4, et Th5, vertèbres thoraciques 3, 4 et 5. (Nelson, Mattoon, Anderson, 2011).

Figure IV.1 : Photographie illustrant le placement correct de la tête pour obtenir une radiographie en incidence latérale oblique 45° des arcades mandibulaire droite et maxillaire gauche. (Source : A. Niehaus, 2009).

Figure IV.2 : Canules insérées dans les voies lacrymales. (Source : Fowler, 2010).

Figure IV.3 : Radiographies sans préparation de l'abdomen d'un lama nouveau-né mâle de 9 jours.

Figure IV.4 : Radiographie de l'abdomen d'un lama femelle de 4 jours prise immédiatement après administration de baryum par sondage gastrique. (Timm & al., 1999).

Figure IV.5 : Radiographies de l'abdomen d'un lama nouveau-né mâle de 5 jours, 15 minutes après l'administration de baryum. (Timm & al., 1999).

Figure IV.6 : Radiographie de l'abdomen d'un lama mâle nouveau-né de 5 jours, prise 1h15 après l'administration de baryum. (Timm & al., 1999).

Figure IV.7 : Radiographie de l'abdomen d'un lama de 10 jours, 5h après l'administration de baryum. (Timm & al., 1999).

Figure IV.8 : Radiographies de l'abdomen d'un cria lama de 2 mois prise immédiatement après lui avoir fait ingérer un mélange lait/baryum. (Timm & al., 1999).

#### PARTIE V :

Figure V.1 : Radiographie du carpe d'un alpaga rachitique. (Source : ME. Fowler, 2010)

Figure V.2 : Radiographie en vue dorsopalmaire des deux membres thoraciques distaux d'une femelle alpaga de 7 mois (carpes, métacarpes III et IV fusionnées, et articulation métacarpo phalangienne).

Figure V.3 : Radiographie en vue dorsopalmaire des deux membres thoraciques distaux de la même femelle alpaga, un mois après l'administration d'une unique dose de vitamine D<sub>3</sub> (2000 U/kg, SC). (Source : JAVMA, Vol 229, No. 4, August 15, 2006).

Figure V.4 : valgus du carpe bilatéral chez un petit camélidé. (Source : ME. Fowler, 2010)

Figure V.5 : Radiographie montrant un valgus du carpe droit chez une femelle alpaga. Pas de lésion osseuse. (Cornell, 2011)

Figure V.6 : Aspect radiographique d'un valgus du carpe.

Figure V.7 : Radiographie post opératoire en vue dorsopalmaire du carpe d'un alpaga de 14 mois. (Source : Livingston CK., 2001).

Figure V.8 : Radiographies en vues dorso palmaire et latérale du carpe d'un alpaga de 2 ans illustrant la correction du valgus et de l'hyper extension par une plaque en T. (Source : Henry W. Jann, 2010)

Figure V.9 : Radiographie du tarse gauche d'une femelle alpaga souffrant de luxation tibio tarsienne. (Cornell vet school Imaging, 2011).

Figure V.10 : Radiographie en vue latérale (A) et dorsoplantaire (B) du tarse droit d'un alpaga mâle de 5 mois souffrant de luxation tibio tarsienne sévère. (Source : JAVMA, Vol 217, No. 8, October 15, 2000)

Figure V.11 : Radiographies profil et face du grasset droit d'un alpaga mâle d'un an atteint de luxation patellaire bilatérale. (Cornell University, Imaging service, 2011).

Figure V.12 : Radiographies profil et face du grasset gauche du même alpaga mâle atteint de luxation patellaire de grade III bilatérale. (Cornell University, Imaging service, 2011).

Figure V.13 : Radiographies en Incidences latéromédiale et crâniocaudale du grasset droit révélant une luxation patellaire. (Source : Zanolari, 2002).

Figure V.14: Incidence dorsoventrale du bassin d'une femelle alpaga atteinte de luxation coxofémorale. (Source : KARA L. SCHULZ, 2009).

Figure V.15 : Incidences ventrodorsale (A) et latérale (B) du bassin de la même femelle alpaga, juste après la chirurgie de remplacement total de hanche. (Source : KARA L. SCHULZ, 2009).

Figure V.16 : Incidences ventrodorsale et latérale 9 mois après la chirurgie. (Source : KARA L. SCHULZ, 2009)

Figure V.17 : Radiographie en Incidence latérale (A) et caudocrâniale (B) du grasset droit d'un alpaga atteint de Rupture du ligament croisé crânial. (Source : T. J. Smith, 2009).

Figure V.18 : cliché radiographique de la jambe d'un chien illustrant la mesure de la pente du plateau tibial. (Source : Jacques Dupuis ; Le rapporteur, avril 2008).

Figure V.19 : Clichés radiographiques en Incidence médiolatérale (A) et caudocrâniale (B) du grasset droit du même alpaga, en post opératoire. On repère le site d'ostéotomie et les implants (vis et plaque). (Source : TJ. Smith, 2009).

Figure V.20: Suivi radiographique à 6 semaines (post TPLO). (Source : TJ. Smith, 2009).

Figure V.21 : Radiographie en Incidence latérale de l'articulation métacarpo phalangienne d'un lama atteint d'hyper extension du boulet (A), et d'un lama témoin sain (B). (Source : Shannon Kelly Reed, 2008).

Figure V.22 : Fracture traumatique, transverse, du tiers distal de la diaphyse des métatarses 3 et 4 fusionnés du membre pelvien droit. Alpaga mâle, 5 mois. (Cornell University Veterinary Teaching Hospital, Imaging service, 2011).

Figure V.23 : face et profil des métatarses fusionnés III et IV droits du même alpaga (Fig. V.22) ; en post opératoire. (Cornell University Veterinary Teaching Hospital, Imaging service, 2011).

Figure V.24 A et B: radiographies face et profil de contrôle à 35 jours (A) et 70 jours (B) post opération. Même individu que figure V.22. (Cornell University Veterinary Teaching Hospital, Imaging service, 2011).

Figure V.25: Dans les métatarses III et IV fusionnés du membre pelvien droit, après retrait du matériel d'ostéosynthèse. (Cornell University Veterinary Teaching Hospital, Imaging service, 2011).

Figure V.26 : Photographie du membre pelvien droit (aspect crânial) d'un alpaga présentant une fracture de la diaphyse métatarsienne traitée par fixateur externe. (Luis M. Rubio-Martínez, Judith B. Koenig).

Figure V.27 : radiographies profil et face d'une fracture traumatique comminutive, du tiers proximal de la diaphyse fémorale, membre pelvien droit. (Cornell Univ. Vet. Hospital, Imaging service, 2011).

Figure V.28 : Radiographies face et profil du fémur droit, en post opératoire. (Cornell University Veterinary Teaching Hospital, Imaging service, 2011).

Figure V.29 : Radiographies profil et face de la région de l'épaule droite chez un alpaga mâle souffrant de fracture / luxation chronique avec arthrose sévère de l'articulation. (Cornell University Veterinary Teaching Hospital, Imaging service, 2011).

Figure V.30 : Radiographies face et profils du pied gauche d'un alpaga souffrant d'ostéomyélite de la phalange proximale du doigt IV. (Cornell University Veterinary Teaching Hospital, Imaging service, 2011).

Figure V.31 : Radiographie d'un pied d'alpaga révélant l'ostéolyse des paires de phalanges moyennes et distales. (Source : Dr. Balai.)

Figure V.32 : Radiographie en Incidence dorsopalmaire du membre thoracique distal gauche d'un lama atteint d'hémangiosarcome intraosseux. (Source : A. N. Hamir, V. Pierce, D. Richardson, 1997).

Figure V.33 : radiographie du membre thoracique d'un petit camélidé souffrant d'arthrite chronique du carpe, et d'une fracture métacarpienne récente. (Source : ME. Fowler, 2010).

Figure V.34 : Radiographie en Incidence latérale (A) et dorsopalmaire (B) du métacarpe droit d'un alpaga âgé souffrant d'ostéopathie hypertrophique. On note la néoformation osseuse/réaction périostée sur les bords crânial, latéral et médial de la diaphyse métacarpienne. (Source : Curtis C., Dart AJ., 1997).

Figure V.35: Radiographie d'un carpe de lama montrant un séquestre osseux nécrotique. (Source : ME. Fowler, 2010)

Figure V.36 : Radiographie en Incidence latéromédiale de la métaphyse distale de l'humérus gauche chez un cria alpaga de 8 semaines. (Source : S Debney, M Wereska, CM Dart & AJ Dart, 2011).

Figure V.37 : Radiographie en Incidence latéromédiale de la métaphyse distale de l'humérus gauche chez un cria alpaga à sa sortie de la clinique 68 jours après la première chirurgie de retrait du séquestre. (Source : S Debney, M Wereska, CM Dart & AJ Dart, 2011).

Figure V.38 : Radiographie en Incidence latérale oblique d'un crâne de petit camélidé souffrant de périostite alvéolaire maxillaire. (Source : ME. Fowler, 2010).

Figure V.39 : Radiographie en Incidence latérale oblique du crâne montrant une périostite alvéolaire mandibulaire. (Source : ME. Fowler, 2010).

Figure V.40 : Radiographie en Incidence latérale de la mandibule d'un lama de 6 ans souffrant de maladie parodontale. (Source : David E. Anderson, 2005).

Figure V.41 : Radiographie en Incidence latérale oblique droite du crâne d'un alpaga adulte souffrant d'un abcès de M2 mandibulaire (flèche). (Andrew Niehaus, 2009).

Figure V.42 : radiographie en Incidence latérale oblique gauche de crâne d'un alpaga souffrant d'abcès des racines dentaires impliquant les trois molaires de la mandibule droite.

Figure V.43 : Radiographie en Incidence latérale oblique droite d'un crâne d'alpaga souffrant d'abcès des racines dentaires de la seconde molaire de la mandibule droite. (Source : A J. Niehaus, DE. Anderson, 2007).

Figure V.44 : Radiographie en Incidence latérale de la mâchoire d'un lama de un an souffrant d'abcès de PM4. (David E. Anderson, 2005)

Figure V.45 : Mandibules d'alpagas souffrant d'ostéomyélite alvéolaire. Germe en cause présumé, *Fusobacterium*. (Source : Fowler, 2010).

Figure V.46 : Ostéomyélite de la mandibule chez un lama. (Fowler).

Figure V.47 : Aspect radiographique d'une mandibule de lama avec ostéomyélite (Incidence latérale oblique). (Source : ME. Fowler, 2010).

Figure V.48 : Radiographie en Incidence latérale oblique droite du crâne d'un alpaga adulte souffrant d'ostéomyélite de la mandibule. (Andrew Niehaus, 2009).

Figure V.49 : Radiographie en Incidence latérale oblique gauche du crâne d'un alpaga adulte atteint d'ostéomyélite diffuse de la mandibule. (Andrew Niehaus, 2009).

Figure V.50 : Radiographies en Incidences latérale (A) et occlusale intraorale (B) de la partie rostrale d'un crâne de lama présentant une masse sur la partie rostrale de la mandibule (flèche large). (Source : JAVMA, Vol 228, No. 9, May 1, 2006).

Figure V.51: Masse rostroventrale mandibulaire révélée par une radiographie en Incidence latérale oblique de la partie rostrale de la mandibule d'un lama de 4 ans. (Source : DL. Step & al., 2003).

Figure V.52 : Radiographie en Incidence dorsoventrale du crâne, montrant une sévère expansion, distorsion, et destruction de la partie caudale droite de la face. (Source: KE. Bird & al., 2004).

Figure V.53 : Radiographie en Incidence ventrodorsale du crâne d'un alpaga adulte. On observe le déplacement rostral et latéral de l'os maxillaire. (Source : Britt & al., 2005).

Figure V.54 : Photographie en Incidence crâniale de la tête d'un lama présentant une masse temporale. (Source : Stacey R. Byers & al., 2007).

Figure V.55 : Radiographie en Incidence latérale gauche du crâne et de la masse du même lama (Fig. V.54). (Source : Stacey R. Byers & al., 2007).

Figure V.56 : Radiographie en Incidence dorso ventrale d'un crâne de petit camélidé présentant une sclérose de la bulle tympanique droite. (Source : ME. Fowler, 2010).

Figure V.57 : Radiographie en Incidence latérale du crâne d'un lama femelle de 7 mois, atteint d'otite moyenne et externe chronique, prise après instillation de produit de contraste dans les deux oreilles. (Source : Koenig, Watrous & al., 2001).

Figure V.58 : Radiographies de coupes transversales de crâne de lama : (A)=partie droite du crâne chez un individu témoin (oreille saine), (B) et (C)=respectivement parties droite et gauche du crâne du lama atteint d'otite externe et moyenne de la figure V.57. (Source : Koenig, Watrous & al., 2001).

Figure V.59 et V.60 : Radiographies en Incidence ventrodorsale et latérale (respectivement) de la région cervicale crâniale d'un alpaga présentant une déviation cervicale. (Source : Batchman & al., 2006).

Figure V.61 ; V.62 et V.63 : Radiographies de la colonne cervicale d'un alpaga mâle de 4 mois souffrant d'ataxie, d'incoordination, et de faiblesse des membres thoraciques. (Source : 2010 Radiology Exam - Musculoskeletal Case 2).

Figure V.64 : Radiographie en Incidence dorso ventrale de la queue d'un petit camélidé dont les vertèbres coccygiennes sont déviées à cause de la présence d'hémivertèbres. (Source : Fowler, 2010).

Figure V.65: Radiographies face et profil de la région thoraco lombaire chez un lama nouveau-né révélant la présence d'une hémivertèbre au niveau de la première vertèbre lombaire. (Photo of Dr. Richard Cambre, Denver, in Fowler, 2010).

Figure V.66 : Radiographie en Incidence latérale de la colonne cervicale distale d'un petit camélidé montrant une fracture du processus articulaire caudal de C6. (Source : Fowler, 2010).

Figure V.67 : Radiographie en Incidence latérale de la région atlanto axiale d'un petit camélidé montrant une fracture de la dent de l'axis. (Source : ME. Fowler, 2010).

Figure V.68 : radiographie en Incidence latérale de la colonne lombaire d'un petit camélidé souffrant de luxation de disque intervertébral chronique. (Source : ME. Fowler, 2010).

Figure V.69 : radiographie en Incidence latérale de la colonne lombaire d'un petit camélidé souffrant de luxation de disque intervertébral chronique, après injection de produit de contraste dans l'espace subarachnoïdien. (Source : ME. Fowler, 2010).

Figure V.70 : Radiographies d'incidence dorsoventrale, et latérale de la région lombosacrée d'un petit camélidé, atteint de spondylose. (Source : ME. Fowler, 2010).

Figure V.71 : Radiographie en Incidence latérale de la région sternale caudale d'un lama mâle de 5 ans présentant un écoulement purulent et des plaies à mi-sternum. (Source : JAVMA, Vol 216, No. 2, January 15, 2000).

Figure V.73 : (A)= narines évasées, respiration bouche ouverte caractéristique de l'atrésie choanale. (B)=atrésie choanale et déformation faciale. (Source : ME. Fowler, 2010).

Figure V.74 : Radiographies face et profil d'un crâne de petit camélidé souffrant d'atrésie choanale ; après instillation de produit de contraste en intra nasal. (Source : ME. Fowler, 2010).

Figure V.75 : Radiographie en Incidence latérale d'un crâne de lama, on note le granulome (masse) radio opaque dans le nasopharynx. (Source : ME. Fowler, 2010).

Figure V.76 : radiographies en Incidence latérale d'un crâne d'alpaga, centrées sur le nasopharynx. (Source : Mattoon & al., 1997).

Figure V.77 : Radiographies en Incidence latérale du crâne du même alpaga présenté dans la figure V.76. (A)= 6 jours après retrait des œstres par endoscopie. On note une diminution marquée de la taille de la

masse. (B)= 6 semaines après la sortie de l'animal. On note seulement une opacité résiduelle dans l'oropharynx. (Source : Mattoon & al., 1997).

Figure V.78 : Radiographie en Incidence latérale d'un crâne de petit camélidé avec hyperplasie du palais mou. (Source : ME. Fowler, 2010).

Figure V.79 : Radiographie en Incidence latérale d'un crâne de petit camélidé avec masse sub-épiglottique (flèche). (Source : Fowler, 2010).

Figure V.80 : Radiographies en Incidences latérale et dorsoventrale d'un crâne de lama présentant un jetage nasal unilatéral, et une absence de passage d'air (*airflow*) à gauche. On note l'absence de la deuxième molaire et la masse de densité tissulaire minéralisée envahissant les voies nasales gauches. (Source : McCauley & al., 2000).

Figure V.81 : Dacryocystorhinogramme chez un cria alpaga de 2 mois révélant une terminaison anormale des canaux nasolacrux droit (A) et gauche (B). (Source: Mangan & al., 2008).

Figure V.82 et V.83: Radiographies en Incidence latérale et dorsoventrale respectivement d'un thorax d'alpaga révélant 2 masses intra thoraciques d'opacité tissulaire. (Source : Cornell Vet. Hospital, Imaging, 2011).

Figure V.84 : Radiographie en Incidence latérale du thorax d'un alpaga femelle de 12 ans souffrant de carcinome mammaire révélant un *pattern* interstitiel pulmonaire diffus. (Source : da. Gall & al., 2006).

Figure V.85 : Radiographie en Incidence latérale du thorax d'un lama femelle de 8 ans révélant un *pattern* miliaire diffus (Source : da. Gall & al., 2006).

Figure V.86 et V.87 : Radiographies en Incidence latérale droite et ventro dorsale respectivement du thorax d'un alpaga femelle souffrant de pneumothorax droit. (Source : Cornell Vet. Hospital, Imaging, 2011).

Figure V.88 : Radiographie en Incidence latérale droite du thorax du même alpaga que précédemment (fig. V.86); 4 jours plus tard, après thoracocentèse. (Source : Cornell Vet. Hospital, Imaging, 2011).

Figure V.89 : Radiographies en Incidences latérales et ventrodorsale d'un alpaga souffrant de tuberculose. (Source : Ryan, E.G & al., 2008).

Figure V.90 : Radiographies en Incidence latérale du thorax de 2 crias lama présentant des signes respiratoires. ((Source : Marco L.Margiocco & al., 2009).

Figure V.91 : Radiographies en Incidence latérale du thorax de 2 alpagas femelles souffrant d'insuffisance cardiaque congestive (ICC) gauche comparées à des clichés normaux du thorax. (Source : Marco L.Margiocco & al., 2009).

Figure V.92 : Radiographie en Incidence latérale d'une dilatation œsophagienne thoracique (les flèches montrent la paroi œsophagienne). (Source : ME. Fowler, 2010).

Figure V.93 : Oesophagogramme baryté (œsophage en Incidence latérale) d'un jeune alpaga Huacaya mâle entier de 7 mois souffrant d'une anomalie vasculaire entraînant une dysfonction œsophagienne. (Source : EC. McKenzie & al., 2010).

Figure V.94 : Oesophagogramme baryté d'un jeune alpaga Huacaya femelle de 4 mois présentée pour étouffement, obstruction œsophagienne (« choking »). (Source : EC. McKenzie & al., 2010).

Figure V.95 : photographie du bord droit de l'œsophage intrathoracique, prise lors de l'autopsie d'un cria alpaga Suri femelle de 6 mois. (Source : EC. McKenzie & al., 2010).

Figure V.96 : Lithiases localisées au sein des saccules glandulaires de C1. (Source : ME. Fowler, 2010).

Figure V.97 : Radiographie en Incidence latérale du thorax d'un petit camélidé souffrant d'une obstruction duodénale par un trichophytobézoar. (Source : EK. Sullivan & al., 2005).

Figure V.98: Radiographie en Incidence dorsoventrale de l'abdomen d'un alpaga souffrant d'obstruction proximale. (Source : EK. Sullivan & al., 2005).

Figure V.99 : Radiographie en Incidence latérale de l'abdomen d'un alpaga âgé d'un mois atteint d'impaction par du sable dans le 3<sup>ème</sup> compartiment stomacal et le colon spiral. (Source : Abutarbush & al., 2006).

Figure V.100 : Radiographie en Incidence latérale et dorsoventrale de l'abdomen d'un alpaga mâle de 18 mois, présenté pour colique intermittente depuis un mois. (Source : Stading & al., sept. 2011).

Figure V.101 : Radiographie en Incidence latérale de la région pelvienne d'un alpaga femelle de 6 mois révélant une vessie pelvienne. (Source : SL. McClanahan & al., 2005).

Figure V.102 : Radiographie en Incidence latérale de la région pelvienne du même alpaga (fig. V.101) en phase mictionnelle. (Source : SL. McClanahan & al., 2005).

Figure V.103 (à gauche): histérosalpingogramme révélant une sténose du col utérin. (Source : K. Cargen & al., 2007).

Figure V.104 (à droite) : histérosalpingogramme révélant un col utérin spiral. (Source : K. Cargen & al., 2007).

## INTRODUCTION

Au cours de la dernière décennie, l'alpaga est devenu un animal très populaire, dont la population ne cesse de grandir en France, aussi bien en tant qu'animal d'élevage que de compagnie chez des particuliers.

Aussi, de plus en plus de vétérinaires sont et seront amenés à soigner ce « camélidé du nouveau monde », qu'ils exercent au sein d'une structure spécialisés comme la clinique des nouveaux animaux de compagnie de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, ou d'une clinique privée à dominante canine, équine ou rurale.

Souvent, l'examen clinique initial, bien qu'évocateur, est insuffisant, et demanderait à être complété par un bilan radiographique de l'animal. Cependant, l'interprétation des clichés demande la connaissance préalable des images radiographiques de l'espèce.

Notre travail s'inclut donc dans le projet de réaliser, pour diverses espèces un atlas radiographique et ostéologique constitué d'images normales qui serviront de référence. En outre, ce mémoire présente également un recueil des radiographies pathologiques rapportées à ce jour dans la littérature.

L'objectif de ce travail est de permettre au vétérinaire de mieux connaître l'anatomie ostéologique et radiographique de l'espèce *Vicugna pacos*, et au sens large, des petits camélidés sud-américains ; et de lui fournir quelques exemples de pathologies déjà rapportées et étudiées afin qu'il puisse les reconnaître sur un cliché radiographique.

Pour cela, notre propos s'articulera autour de cinq axes. D'abord, nous donnerons quelques éléments de morphologie, d'anatomie et de physiologie de cette espèce, puis nous présenterons les matériels et méthodes utilisés lors de la réalisation de ce travail. Ensuite, les atlas ostéologique et radiographique de référence seront présentés. Enfin, le mémoire se termine par le recueil de cas cliniques radiologiques chez les petits camélidés, lama et alpaga.





## **1. SYSTÉMATIQUE**

### **1.1. Taxonomie**

Les animaux communément appelés alpagas sont des **mammifères euthériens artiodactyles tylopodes camélidés** dits du « nouveau monde » ou **sud-américains**, du **genre *Vicugna***, de l'**espèce *pacos***. (Tableau 1).

Ce sont donc en premier lieu des mammifères. Ils présentent en effet des glandes mammaires, une reproduction vivipare, une denture hétérodonte chez l'adulte, une peau couverte de poils, et leur température corporelle est régie par homéothermie.

Ils appartiennent à la sous classe des mammifères euthériens ou placentaires, formant la sous-classe la plus importante des mammifères vertébrés. Chez les animaux appartenant à cette sous classe, les embryons se développent entièrement dans le corps de leur mère, et sont alimentés pendant la gestation grâce au placenta.

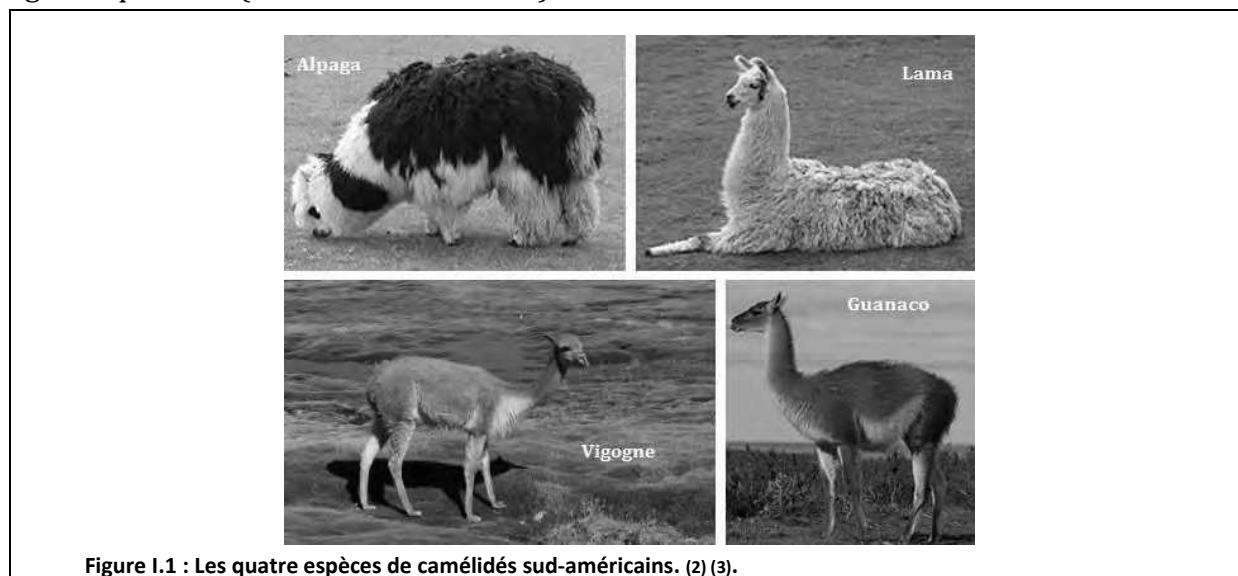
Ce sont aussi des artiodactyles (du grec artios « pair », et -dactyle « doigt »), dont la principale caractéristique est de posséder un nombre pair de doigts, contrairement aux périssodactyles. Ceci a une conséquence anatomique : l'axe des membres postérieurs passe entre les doigts III et IV (cette disposition est appelée *paraxonie*). De plus, ils possèdent un astragale (talus) particulier leur permettant de se redresser rapidement, les membres pelviens se relevant en premier.

Au sein du sous-ordre des tylopodes ou ruminants digitigrades (du grec telos « callosité » et podos « pied ») dont l'espèce *Vicugna pacos* fait partie, les animaux présentent des callosités sur les membres et la poitrine, et marchent sur les surfaces plantaires de leur deux doigts ; ils n'ont pas de sabot vrai, mais un coussinet élastique épais. Les tylopodes ne possèdent qu'une seule paire de mamelles ; et ils n'ont pas de corne. Leurs canines supérieures sont développées, les molaires sont solénodontes (cuspidées en croissant de lune). Ils ruminent, mais leur estomac comprend 3 parties dont le rumen et le réseau qui possèdent des sacs glandulaires dits " cellules aquifères ". Les Tylopodes actuels sont tous de la famille des **Camélidés** : Ils sont didactyles (ils ne possèdent que 2 doigts) ; les os de l'avant-bras sont soudés ; ils vont l'amble ; leur taille est moyenne à grande, leur encolure est allongée, et leurs pattes sont longues.

Les camélidés ne possèdent pas de mufle, leurs narines peuvent être fermées ; leur lèvre supérieure est fendue en deux. Souvent, les prémolaires ont la forme de canines et sont séparées des autres molaires. Ils n'ont pas de vésicule biliaire ; et on note la présence d'un os dans le diaphragme. Leurs globules rouges sont elliptiques et plans (CIRAD, 2002).

La famille des camélidés se divise en deux catégories d'animaux : les « grands camélidés » (genre *Camelus*), et les **camélidés sud-américains** ou « petits camélidés » (genres *Lama* et ***Vicugna***). Les espèces des genres *Lama* et *Vicugna* se distinguent des grands camélidés par leur plus petite taille, des oreilles plus longues, une queue plus courte, et l'absence de bosse sur leur dos. De plus, leurs pieds sont plus fendus et les coussinets de leurs doigts sont très individualisés. Il existe quatre espèces de **camélidés**

**sud-américains**, deux espèces domestiquées, le lama et l'**alpaga** et deux espèces sauvages protégées le guanaco et la vigogne. Ces quatre espèces, très proches génétiquement ( $2n=74$  chromosomes) sont inter fertiles.



**Tableau I.1 : Classification de *Vicugna pacos* dans le règne animal.** (Modifié d'après Panel D., 1985)

| Règne              | Animal           |          |               |         |
|--------------------|------------------|----------|---------------|---------|
| Embranchement      | Chordés          |          |               |         |
| Sous embranchement | Vertébrés        |          |               |         |
| Classe             | Mammifères       |          |               |         |
| Sous classe        | Euthériens       |          |               |         |
| Super ordre        | Cétartiodactyles |          |               |         |
| Ordre              | Artiodactyles    |          |               |         |
| Sous ordre         | Tylopodes        |          |               |         |
| Famille            | Camelidés        |          |               |         |
| Genres             | Lama             |          | Vicugna       |         |
| Espèces            | glama            | guanacoe | <b>pacos</b>  | vicugna |
| Noms communs       | lama             | guanaco  | <b>alpaga</b> | vigogne |

## 1.2. Origine de l'alpaga.

C'est Linnaeus qui, en 1758, a le premier décrit les deux formes domestiques de camélidés du nouveau monde : *Camelus glama* (« *Camelus peruvianus Glama dictus* » ou lama), et *Camelus pacos* (« *Camelus peruvianus laniger Pacos dictus* » ou alpaga). Il place ces nouvelles espèces à côté des chameaux et dromadaires dans le genre *Camelus* (MARIN & al., 2007). De nombreuses études ont été menées pour déterminer l'origine phylogénique de l'alpaga, conduisant à des éléments de preuves contradictoires, rendant le débat insoluble jusqu'au développement des recherches sur l'ADN ; et c'est Michael W. Bruford et Jane C. Wheeler qui ont conclu à une relation ancestrale entre guanaco et lama, puis

entre alpaga et vigogne (WHEELER J., 1995 ; WHEELER J. & al., 2001). Ainsi, en 2001 le nom binominal de l'alpaga a été changé de *Lama pacos* à *Vicugna pacos*.

### **1.3. Caractéristiques générales de l'espèce Alpaga (*Vicugna pacos*).**

Les alpagas ont été domestiqués dans les Andes il y a environ 4000 ans et sont sur le plan culturel, un symbole de l'empire inca.

L'animal est utilisé en Amérique du Sud pour deux types de productions : ses fibres (pelage) et sa viande. La fibre d'alpaga très fine est un produit de haute valeur commerciale qui compte avec le mohair et l'angora parmi les fibres naturelles les plus nobles. La production de fibre d'alpaga représente 10% de la production mondiale de fibres fines d'origine animale. Elle est essentiellement concentrée au Pérou avec 80% de la fibre mondiale d'alpaga et 88% des exportations internationales (BRENES E. et al., 2001 ; MAYHUA P. et al., 2012). La production de viande est un secteur important de l'élevage des petits camélidés chez les peuples andins (FAIRFIELD T., 2006), mais elle reste marginale au niveau mondial, la viande étant considérée comme un sous-produit.

Le mode de conduite andin des troupeaux reste le pastoralisme sur les hauts plateaux de la cordillère des Andes : Bolivie, Pérou, Chili et Argentine.

La répartition mondiale des individus de l'espèce *Vicugna pacos* est la suivante :

**Tableau I.2 : répartition mondiale des individus de l'espèce *Vicugna pacos* en 2004.** Ministère de l'agriculture du Pérou. 2004.

| <b>Pays</b>      | <b>Nombre d'alpagas</b> | <b>Pourcentage (%)</b> |
|------------------|-------------------------|------------------------|
| Pérou            | 3 156 100               | 87.39                  |
| Bolivie          | 325 300                 | 9.1                    |
| Chili            | 30 000                  | 0.83                   |
| USA              | 28 000                  | 0.78                   |
| Nouvelle Zélande | 20 000                  | 0.55                   |
| Australie        | 18 000                  | 0.50                   |
| Asie             | 15 000                  | 0.42                   |
| Canada           | 6 000                   | 0.17                   |
| Equateur         | 3 800                   | 0.11                   |
| Chine            | 3 500                   | 0.10                   |
| Israël           | 3 000                   | 0.08                   |
| Europe           | 2 000                   | 0.06                   |
| France           | 1 000                   | 0.02                   |
| Total            | 3 611 700               | 100                    |

En 2004, le Pérou possédait plus de 87% de la population mondiale d'alpagas, alors que cette espèce était très peu représentée en Europe (0.06%). Néanmoins, la France possédait la moitié de la population européenne d'alpagas avec ses 1000 individus. On note que ce nombre est en progression, car en 2009, le site LAREU d'enregistrement des lamas et alpagas en Europe compte plus de 4000 camélidés inscrits.

### L'alpaga en France :

L'élevage d'alpaga a débuté en France il y a une trentaine d'années, dans le cadre d'une politique d'entretien de l'espace vert et de la diversification des productions, et progresse d'environ 15% par an. Au fil du temps, le nombre d'animaux a augmenté et les éleveurs se sont structurés, d'abord autour de l'Association Lamas et Alpagas de France (A.L.F.) créée en 1986, et de l'Association Française des petits camélidés (A.F.P.C.), qui ont ensuite fusionné pour devenir l'Association Française Lamas et Alpagas (A.F.L.A.) maintenant qui compte plus de 200 membres actifs. Puis, de l'intérêt croissant suscité par cet animal sont nées d'autres associations comme par exemple Alpaga développement ou Alpalaine dont le but est de développer la filière fibre de camélidés en France (SANTOS J-F., 1997).

Les animaux qui ne possèdent pas une laine de qualité suffisante pour être utilisés comme reproducteurs sont souvent destinés à vivre une vie d'animal de loisir. Ces animaux peuvent aussi participer aux épreuves d'agilité lors de concours. Cela afin de permettre à certains éleveurs de valoriser un travail de sélection basé sur l'originalité de la robe et le mental.

### **1.4. Caractéristiques générales de l'individu alpaga.** (D'après GIUDICELLI C., 2004)

Avec ses 90 à 105 cm au garrot l'alpaga est un animal de plus petite taille que les espèces du genre Lama. Les individus pèsent 60kg en moyenne. Leur toison est uniforme et abondante, de couleur blanche, grise, marron, noire, rouan, ou mouchetée (22 couleurs naturelles au total). Il existe deux races d'alpagas, Suri au pelage plutôt bouclé et Huacaya au pelage crépu, frisé (**Fig. I.5**).

S'acclimatant facilement, adaptable, rustique et sobre, il a l'instinct grégaire développé et a besoin de la compagnie de congénères.

Il se nourrit principalement d'herbe et de foin.

La saison de reproduction s'étale de novembre à mars, la durée de gestation est de 345 jours, avec un poids à la naissance du « cria » de 6 à 8 kg en moyenne.

L'espérance de vie d'un alpaga est de 17 à 23 ans.

## **2. MORPHOLOGIE, ANATOMIE.**

La présentation anatomique et parfois physiologique de l'alpaga est un prérequis indispensable à l'étude radiographique, pour une meilleure interprétation des clichés. On s'intéressera à l'anatomie générale de cette espèce et plus particulièrement aux organes radiologiquement visibles. Des illustrations de l'anatomie des petits camélidés selon SPURGEON sont présentées en annexe (annexes 1 à 4).

### **2.1. Description morphologique.**

Il est plus petit que le lama et le guanaco : poids moyen 55 ou 70 kg, hauteur au garrot 0,90m. Il n'a pas de bosse. Ses oreilles sont plus longues, ses pieds plus fendus que le chameau (GIUDICELLI C., 2004 ; C.I.R.A.D., 2001). La tête de l'alpaga est de longueur moyenne, triangulaire, avec un museau carré et formé avec des incisives rejoignant le bourrelet gingival. Les oreilles sont relevées et en pointe. Le cou est droit ou presque droit, le dos est droit et peut être légèrement arrondi. La croupe est large et légèrement en pente, en ligne droite jusqu'à la queue. Les jambes sont solides et droites à partir des épaules jusqu'aux genoux et jusqu'aux deux orteils. Les orteils sont pointés vers l'avant. Idéalement, la toison est douce, uniforme et dense.

La **figure I.2** présente les régions anatomiques superficielles du corps de l'alpaga.

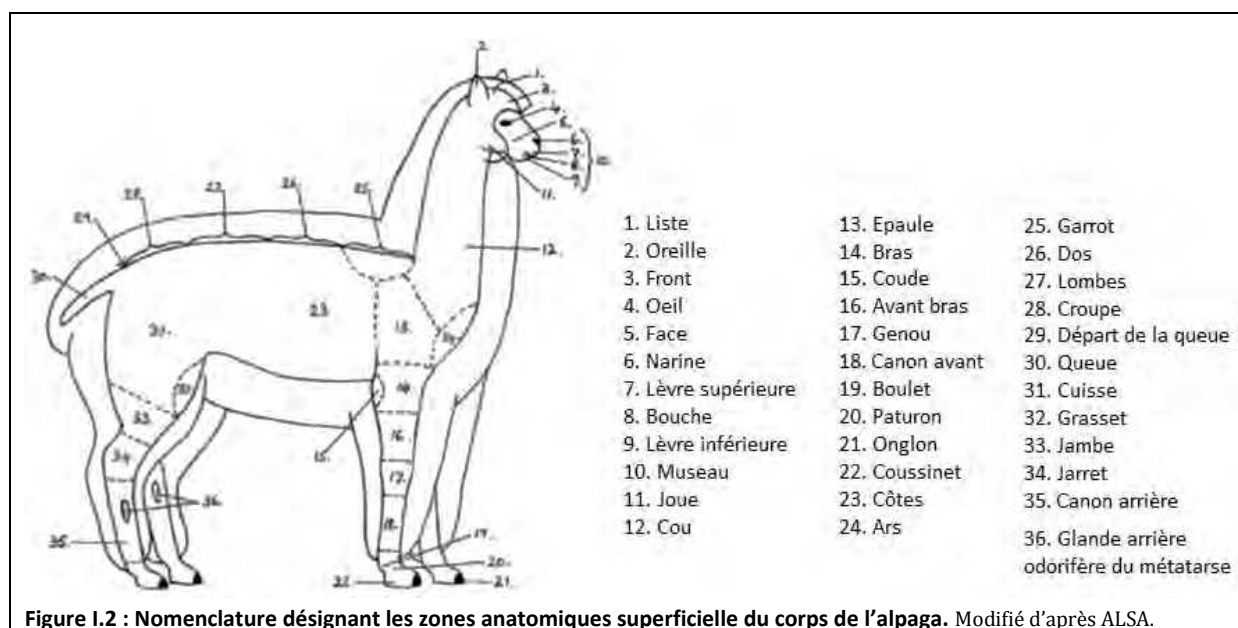


Figure I.2 : Nomenclature désignant les zones anatomiques superficielles du corps de l'alpaga. Modifié d'après ALSA.

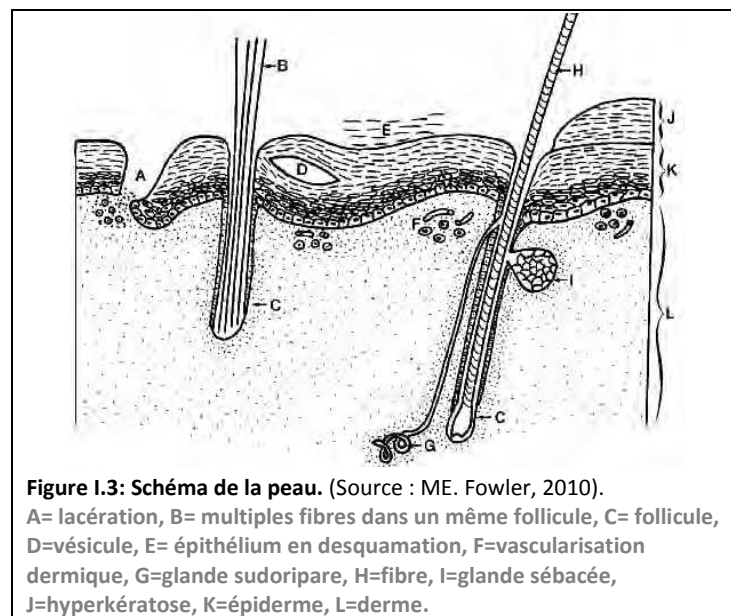
## **2.2. Peau, phanères et glandes annexes de la peau.**

### **2.2.1. La peau.**

Les fonctions de la peau sont multiples. Elle protège des agressions mécaniques (les chocs et pressions), des agressions chimiques, des agents pathogènes grâce aux cellules immunitaires du derme et de l'épiderme. Elle régule la température interne du corps et assure l'homéostasie de l'eau et des sels minéraux. Elle capte les stimuli extérieurs : toucher, pression, température et douleur grâce aux différents récepteurs. Des précurseurs de synthèse de la vitamine D présents dans la peau sont activés par les rayons UV solaires pour produire la vitamine qui est ensuite convertie (métabolisme dans le foie et le rein) en 1, 25 dihydroxycholecalciferol, l'hormone active. La flexibilité et l'élasticité de la peau conditionnent son mouvement et sa forme. La peau des camélidés est épaisse et peu flexible. Les animaux présentent parfois des formes calleuses recouvrant le sternum, le carpe et le grasset ; elles sont dues au décubitus sternal que ces races adoptent fréquemment. (ch.10, FOWLER ME. 2010).

Il y a une grande similarité anatomique entre la peau des lamas et celle des alpagas, et celle-ci sera considérée comme une entité. Il y a très peu d'études qui traitent de l'anatomie de la peau des camélidés, mais l'étude d'Atlee (ATLEE B.A. & al., 1992 et 1997) sur la peau et ses annexes est très détaillée. Ces informations sont nécessaires car la peau des camélidés est unique parmi les animaux domestiques.

La **figure I.3** est une représentation schématique d'une coupe transversale de la peau.



L'épiderme est le plus souvent constitué de quatre couches, alors que chez les autres animaux il y en a cinq, la couche claire (*stratum lucidum*) étant seulement occasionnellement observée.

On distingue :

Le *stratum corneum* représentant un demi à trois quarts de l'épaisseur totale de l'épiderme. Cette couche se compose de vestiges anucléés de cellules aplaties totalement

kératinisées, provenant des couches inférieures. Un *stratum lucidum* est occasionnellement observé aux endroits où la pilosité est moins dense. Il s'agit d'une couche dense éosinophile située sous la couche cornée. Le *stratum granulosum* est une couche monocellulaire dont le noyau est pycnotique et la majeure partie du cytoplasme a été remplacé par de la kératine. Le *stratum spinosum* est réduit chez les camélidés, mais est composé de cellules filles des cellules de la couche basale.

L'épaisseur de cette couche varie entre une et trois cellules.

Ces cellules sont vivantes et nucléées, et synthétisent de la kératine activement. (MULLER, G.H. & al., 1983). Le *stratum basale* est la couche la plus profonde de l'épiderme et une couche monocellulaire de cellules cubiques ou pavées, dont la plupart sont des kératinocytes, et quelques mélanocytes. Ceux-ci contiennent le pigment mélanine dans des pseudopodes qui s'étendent entre les cellules épidermiques de la peau et des poils. La couleur de la peau est déterminée par le nombre, la taille, l'arrangement et la distribution des grains de mélanine. (GOSWAMI S.K. & al., 1994 ; SPONENBERG D.P. & al., 1988).

Le derme des camélidés est épais (> 1 cm dans la région cervicale des mâles adultes). Il se divise en une couche superficielle composée de tissu conjonctif lâche, et d'une couche profonde constituée de tissu fibreux dense. Le derme contient les follicules pileux, des vaisseaux sanguins et lymphatiques, des nerfs, et les glandes sébacées et sudoripares. Le derme intermédiaire des camélidés est caractérisé par une prolifération des vaisseaux sanguins contrairement aux autres espèces.

L'hypoderme est constitué de tissu conjonctif lâche, qui attache la peau aux muscles ou os sous-jacents. Certaines glandes sudoripares s'étendent jusqu'au derme (ch.10, FOWLER ME. 2010).

## 2.2.2. Le pelage ou la fibre.

### 2.2.2.1. Organisation de la fibre (ch.10, FOWLER ME. 2010 ; RUSSELL K.P. 1977).

Les fibres animales sont constituées de couches concentriques fondamentales qui sont de l'extérieur vers l'intérieur : la cuticule, le cortex et la moelle.

La cuticule est constituée d'écailles kératinisées, polygonales dont les bords libres sont orientés vers l'extrémité de la fibre. La cuticule joue un rôle protecteur déterminant.

Le cortex est composé de cellules corticales en forme de fuseaux allongés parallèles à l'axe de la fibre et solidement soudés les unes aux autres. On distingue deux parties, l'orthocortex et le paracortex qui diffèrent par leur composition et dont la différenciation est à l'origine de la formation de boucles.

Les cellules corticales sont à leur tour composées de macrofibrilles elles-mêmes comportant des microfibrilles composées de protéines à disposition hélicoïdale.

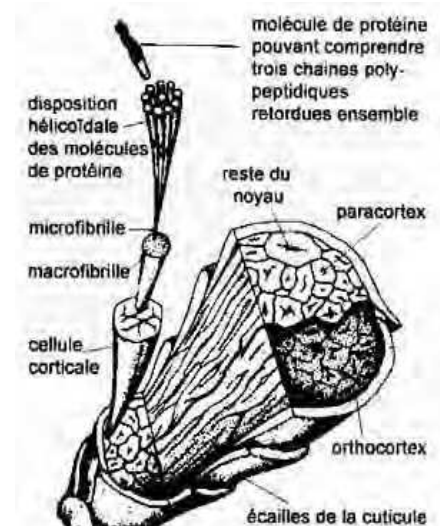


Figure 1.4 : Structure d'une fibre animale non médullaire.

[Source modifiée de Giordano S., 2007]



La moelle, ou canal médullaire, parfois absente est formée d'un réseau assez lâche de filaments qui limitent des cavités remplies d'air.

La toison de l'alpaga est composée de 3 types de fibres :

- Des poils fins : non médullaires, de diamètre compris entre 18µm et 25µm et de section circulaire, issus de follicules composés (poils secondaires).
- Des poils intermédiaires : de diamètre compris entre 26µm et 33µm, ayant un canal médullaire interrompu, de section circulaire à ovoïde, issus des follicules composés (poils primaires).
- Des poils grossiers : de diamètre compris entre 40µm et 60µm, ayant un canal médullaire constant et important, de section ovoïde et irrégulière et issus de follicules simples.

La toison de l'alpaga est composée essentiellement de poils intermédiaires, et en plus faible proportion de poils fins et grossiers (seulement 12% en moyenne (C.O.N.A.C.S. : National Council of South American Camelids, 1996)), elle est donc relativement homogène. La proportion de poils grossiers dans la toison est un facteur déterminant puisque ces derniers, de mauvaise qualité, sont éliminés lors de la transformation industrielle et représentent donc une perte directe. Les poils grossiers repoussent plus vite que les poils fins et intermédiaires, ils sont donc très visibles 6 mois après la tonte.

#### *2.2.2.2. Les critères d'évaluation de la laine chez l'alpaga. (A.F.L.A.).*

*La finesse* : C'est le point le plus important d'une toison, la finesse est liée à la douceur et c'est là ce que l'on recherche le plus dans la transformation de la laine.

*La brillance* : Elle est également très importante, c'est elle qui rendra un vêtement lumineux, il est donc important de savoir apprécier la brillance afin de la sélectionner au sein de son troupeau.

*La densité* : C'est le meilleur moyen d'augmenter sa production.

*Le crimp* : Il s'agit de l'ondulation naturelle de la fibre. Le crimp doit être régulier dans son ondulation, sa fréquence et son amplitude et ce, sur toute la longueur de la mèche, (**Figure I.5**).

*La longueur* : On constate en général une pousse de 1cm par mois, une fibre trop courte au moment de la tonte n'est pas souhaitable pour la qualité du vêtement.

*L'uniformité* : L'animal idéal possède une toison fine, douce et brillante sur l'ensemble du corps (dos, cou, pattes) ces animaux sont extrêmement rares. Cependant, il est important qu'un animal présente les mêmes traits de caractère de fibre sur les 3 points de contrôle : l'épaule, au centre du dos et à la croupe.

#### *2.2.2.3. Caractéristiques des races.*

La toison du **Huacaya** ressemble à celle d'un mouton. La fibre huacaya est d'apparence spongieuse et pelucheuse. Elle grossit perpendiculairement à la peau. La toison est très dense. Les brins sont dits crispés ou frisés le long des fibres (« crimp »). (**Figure I.5**).

L'alpaga **Suri** possède une toison qui forme des boucles ou mèches qui tombent le long du corps (« curl »), (**Figure I.5**). Nous recherchons dans sa toison les mêmes points que chez le huacaya (finesse, longueur, densité), et le lustre (brillance) qui est très important

chez le suri. Les mèches peuvent avoir différentes formes, certains animaux vont posséder des mèches très fines et droites, d'autres des mèches plus grosses qui tournent sur elles-mêmes. Le plus important est que ces mèches soient les mêmes sur l'ensemble du corps de l'animal, y compris les jambes. (F. HENRY, A.F.L.A.).

Figure I.5 : Les 2 races d'alpaga et l'aspect caractéristique associé de la fibre. (A.F.L.A.).



### 2.2.3. Les coussinets et ongles

Le lama et l'alpaga n'ont pas de sabots mais des coussinets élastiques épais. Celui-ci se compose d'un maillage pauvrement vascularisé, de collagène, fibres élastiques, de tissu adipeux, et occasionnellement de tissu cartilagineux, le tout logé dans une gaine fibreuse. (ROSYCHUCK R.A.W. 1989 et 1994) L'ongle est rattaché à P3 par une lamina.

A: coussinet digital  
B: corium  
C: sole  
D: ongle  
P1: 1ère phalange  
P2: 2ème phalange  
P3: 3ème phalange

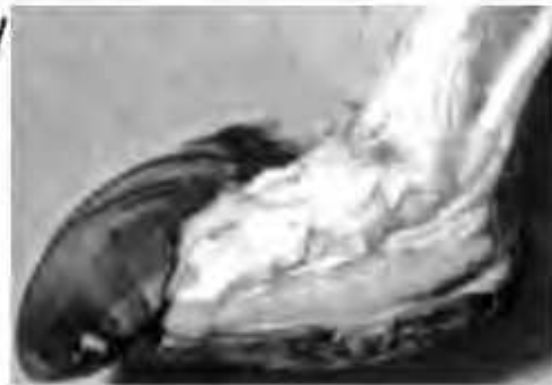
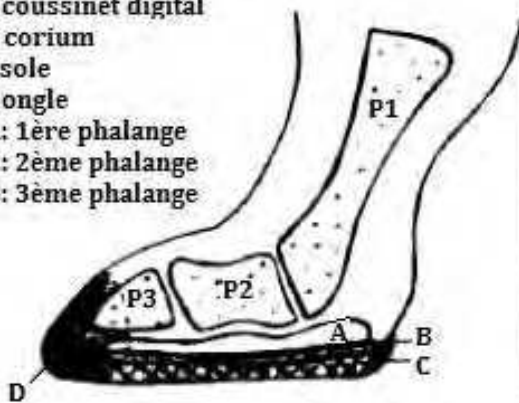
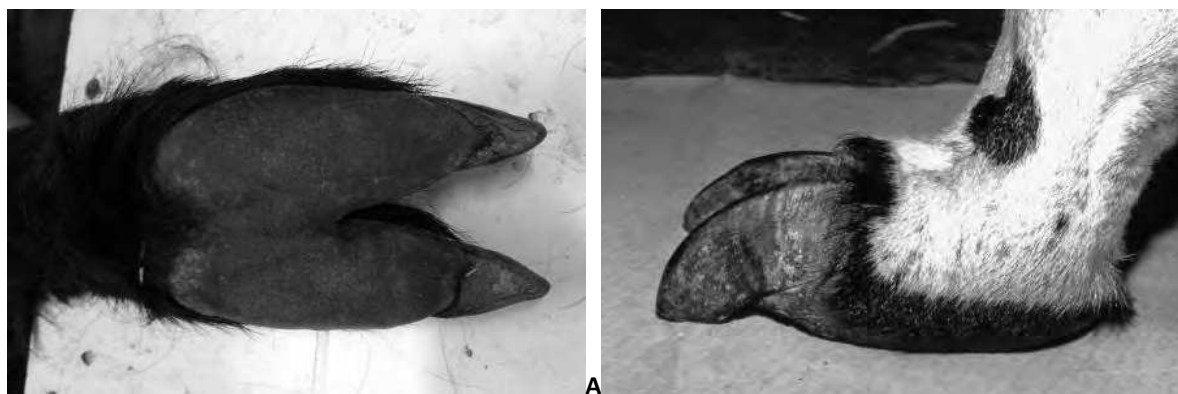


Figure I.6 : Structure interne du pied du lama. (D'après ME. Fowler, 2010).

Leurs pattes se terminent par deux doigts, protégés par un ongle. Ces ongles poussent plus ou moins rapidement selon la dureté du sol, la présence de cailloux, etc.... Les ongles clairs pousseraient plus vite que les ongles noirs. Tailler les ongles fait partie des actes réguliers d'entretien des lamas et alpagas. En effet, des ongles trop longs entraînent une torsion du doigt vers l'intérieur ou vers l'extérieur.



**Figure 1.7 : Main d'alpaga en vue palmaire (A) ; pied de lama en vue latérale (B).** (A : photographie personnelle, B: d'après ME.Fowler, 2010)

## 2.2.4. Les glandes tégumentaires.

### 2.2.4.1. Les glandes mammaires (Cf. partie reproduction)

### 2.2.4.2. Glandes annexes (sébacées et sudoripares).

Chez les camélidés, les glandes sébacées (holocrines) sont associées à chaque follicule pileux, mais la production de sébum est faible en comparaison avec celle du mouton. Le sébum est un mélange de cires, cholestérol, et esters de cholestérol, qui, associés à la sueur, recouvrent la peau et la fibre, accroissent la répulsion hydrique, inhibent la pénétration des microorganismes, et empêchent la déshydratation par la peau. Les glandes sudoripares (apocrines) se trouvent généralement largement distribuées à la surface de la peau mais on les retrouve en plus grand nombre ventralement, où la laine est moins dense. Ces glandes sont peu développées chez les lamas et alpagas et sont constituées de glandes simples, tubulaires ou unilobulaires. (ch.10, FOWLER ME. 2010).

### 2.2.4.3. Les glandes métatarsiennes.

Les camélidés présentent une zone dépilée ovale médialement et latéralement sur les régions métatarsiennes de leurs deux membres pelviens (ATLEE B.A. & al. 1992 et 1997). A ces zones sont associées des glandes holocrines multilobulées dont les canaux aboutissent à la surface.

Le derme est papillaire, cela correspondant à une invagination de l'épiderme.

On suppose que ces glandes excrètent des « phéromones d'alarme », dont l'odeur fait penser à du pop-corn grillé.

Les sécrétions glandulaires se solidifient à la surface de la peau dès leur excrétion, et forment des fines plaques caoutchouteuses que l'on peut peler.

Certaines références décrivent ces structures comme des « châtaignes », mais histologiquement elles ne sont pas comparables aux châtaignes du cheval. (ch.10, FOWLER ME. 2010 ; ATLEE B.A. & al. 1992 et 1997).

#### 2.2.4.4. *Les glandes interdigitées.*

Les glandes interdigitées sont situées sur les quatre pieds des camélidés Sud-américains. La structure et la fonction spécifique de ces glandes est inconnue, mais elles sont probablement impliquées dans l'identification individuelle, et du groupe.



**Figure I.8 : Glande interdigitée chez un petit camélidé. (D'après ME. Fowler, 2010).**

## 2.3. Organisation du squelette

Il n'y a pas de texte dédié à la description du système musculosquelettique des petits camélidés sud-américains dans la littérature, seulement quelques références dans des périodiques (CURACA PENA, A.A. 1970, DEL POZO, C.A. 1944, GALOTTA, D.R & al., 1985 et 1988). On se base donc souvent sur les ouvrages concernant les grands camélidés (SMUTS, M.M.S. & al., 1897), car malgré les différences anatomiques, l'essentiel des données est aussi applicable au cas des camélidés sud-américains.

La **figure I.9** est une représentation schématique du squelette d'un alpaga.

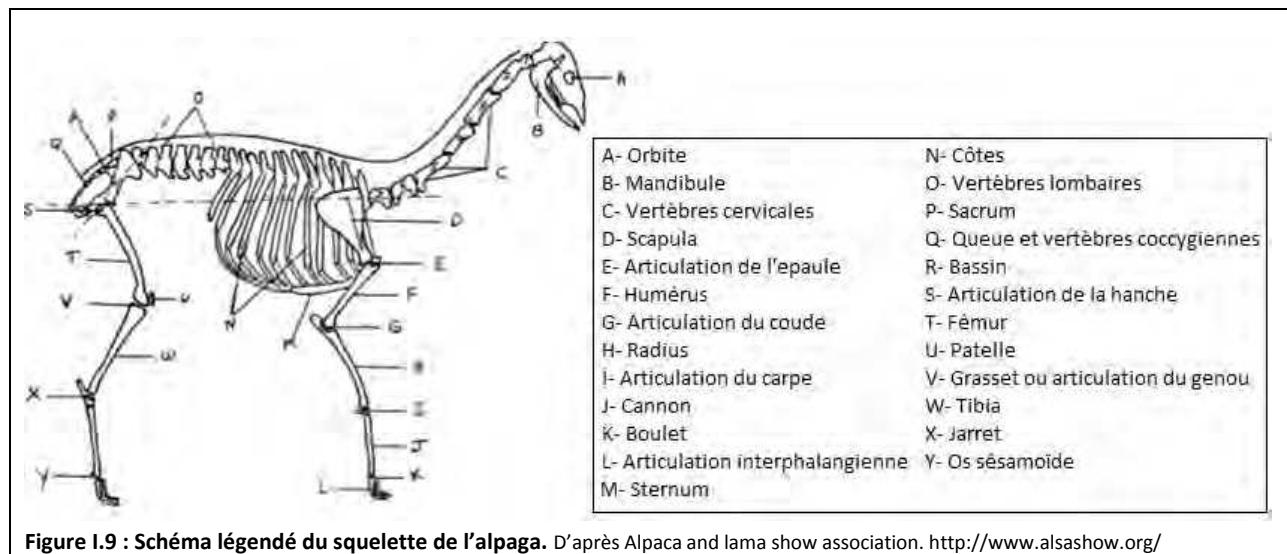


Figure I.9 : Schéma légendé du squelette de l'alpaga. D'après Alpaca and lama show association. <http://www.alsashow.org/>

La description complète du squelette et des dents est présentée en partie III (Ostéologie de l'alpaga, *Vicugna pacos*).

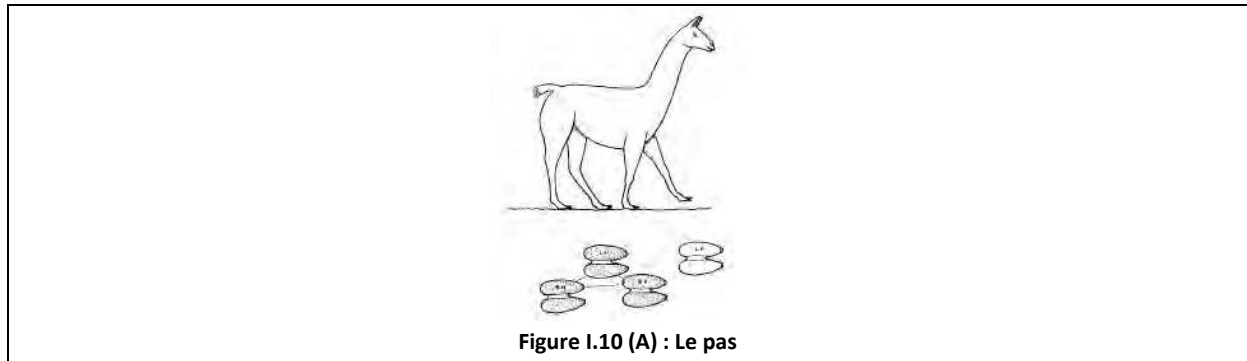
### 2.3.1. Particularités de l'anatomie fonctionnelle du squelette d'alpaga

#### 2.3.1.1. La locomotion, les allures. (ch. 24 FOWLER ME., 2010).

Tous les camélidés utilisent les mêmes allures de base : le pas, l'amble, et le galop. Il arrive également que les camélidés sud-américains trottent, surtout les alpagas. La conformation anatomique des camélidés avec un corps de petite taille, de longs membres, et l'absence de flanc pour freiner le mouvement des membres pelviens, leur permet une efficacité de mouvement sans grande dépense énergétique. Une cinquième allure utilisée par les petits camélidés pour le jeu est appelée en anglais « pronk » ou « stott ».

#### ❖ Le pas :

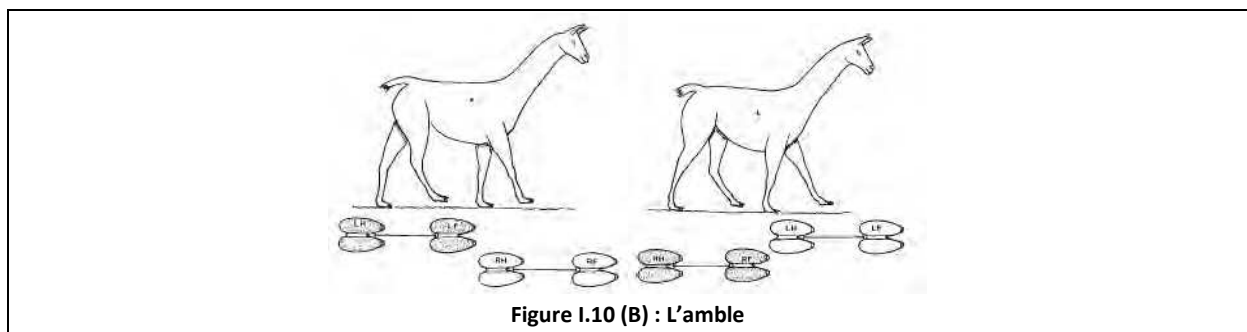
Le pas est une allure régulière à quatre temps, dans laquelle chaque pied touche le sol successivement et séparément. Trois pieds sont toujours au sol. C'est l'allure la plus lente soutenue pendant de longues périodes. C'est aussi l'allure la plus stable, qui confère un très bon soutien.



#### ❖ L'amble :

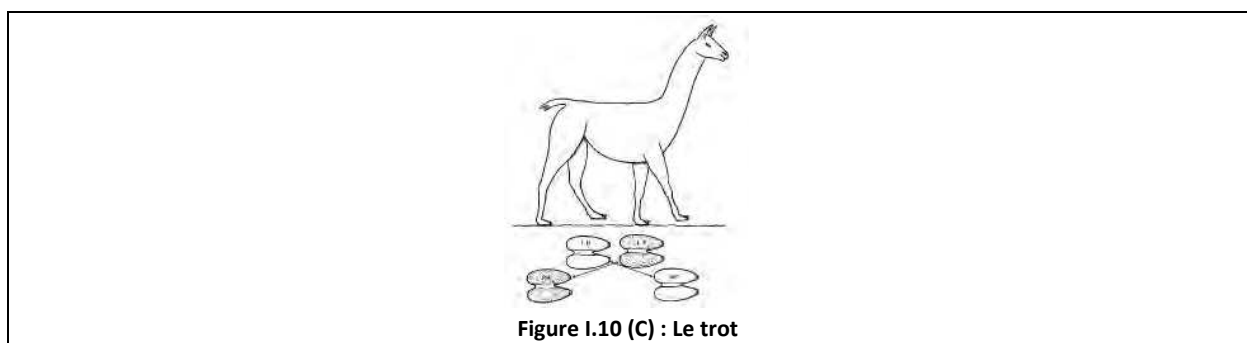
L'amble est une allure à moyenne vitesse, régulière, à deux temps, donnant une allure typique à ceux qui la pratiquent, caractérisée par un fort déroulé latéral puisque les deux jambes du même côté se lèvent ou se baissent en même temps.

C'est l'allure la moins stable de toutes les allures animales. Les ambleurs naturels ont de longues jambes, chaque membre étant plus long que le tronc, permettant aux animaux de développer une longue foulée.



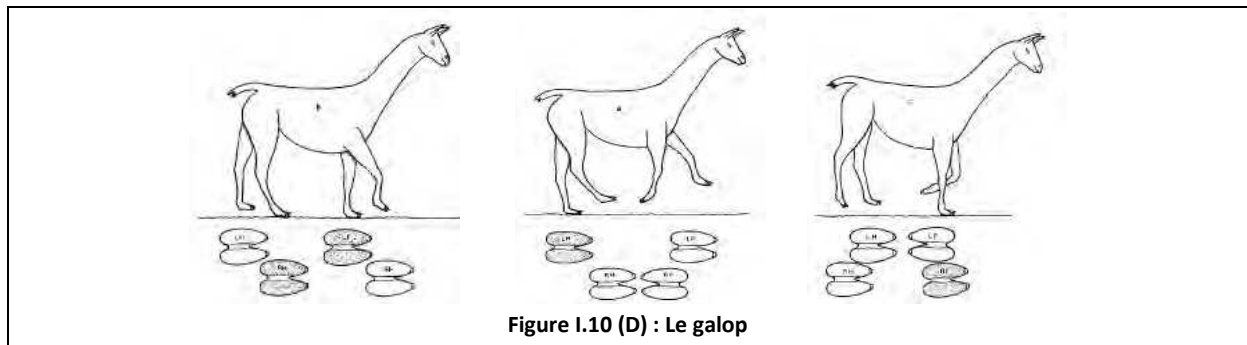
#### ❖ Le trot :

Le trot peut parfois être utilisé à la place de l'amble par le lama et l'alpaga. C'est également une allure régulière, à deux temps égaux, sautée, dans laquelle les animaux se déplacent en avançant successivement leurs bipèdes diagonaux.



#### ❖ Le galop :

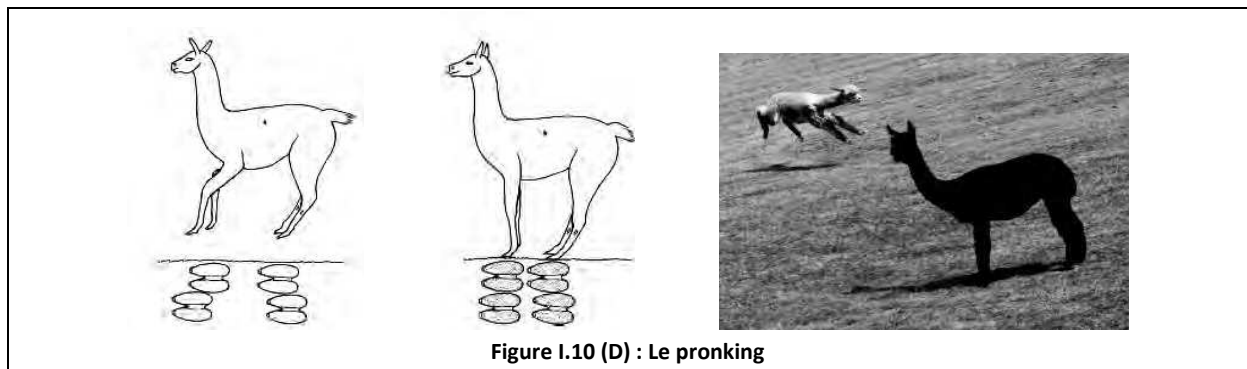
C'est l'allure la plus rapide. Elle est dissymétrique, à trois temps, sautée. C'est l'allure la plus fatigante, elle ne peut pas être soutenue pendant de longues distances, car contrairement aux chevaux, les PCSA n'ont pas de lourds muscles propulseurs dans les membres pelviens.



#### ❖ Le *pronking* ou danse:

Le *pronking* (ou danse, ou encore *stotting*) est une forme de locomotion dans laquelle les PCSA sautent vers le haut et en avant, atterrissant sur leur quatre membres en même temps, donnant une impression de raideur des membres.

Cette allure est utilisée pour le jeu, par les jeunes le plus souvent, le soir ou quand de nouveaux animaux sont introduits dans un groupe.



### 2.3.2. Dentition. (Cf. partie III : Ostéologie)

## 2.4. Les organes des sens

### 2.4.1. L'œil

Les camélidés ont une vision fine. (FOWLER, M.E., 1994; GELATT, K.N. & al., 1995; PAULSEN, M.E. & al., 1989). Leurs yeux, larges, expressifs, avec de longs cils, sont positionnés de chaque côté du crâne, leur confèrent une excellente vision périphérique, avec un champ de vue large. (Fig. I.11). Leur vision binoculaire est cependant limitée.

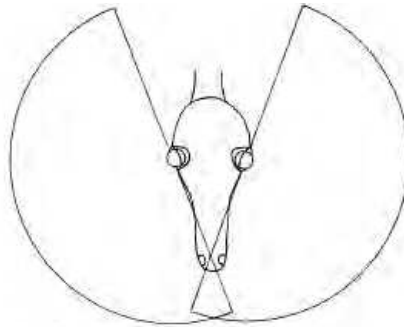


Figure I.11 : Domaine de vision des petits camélidés. (D'après ME. Fowler, 2010).

L'anatomie de base de l'œil est semblable à celle des autres mammifères. (Fig. I.12).

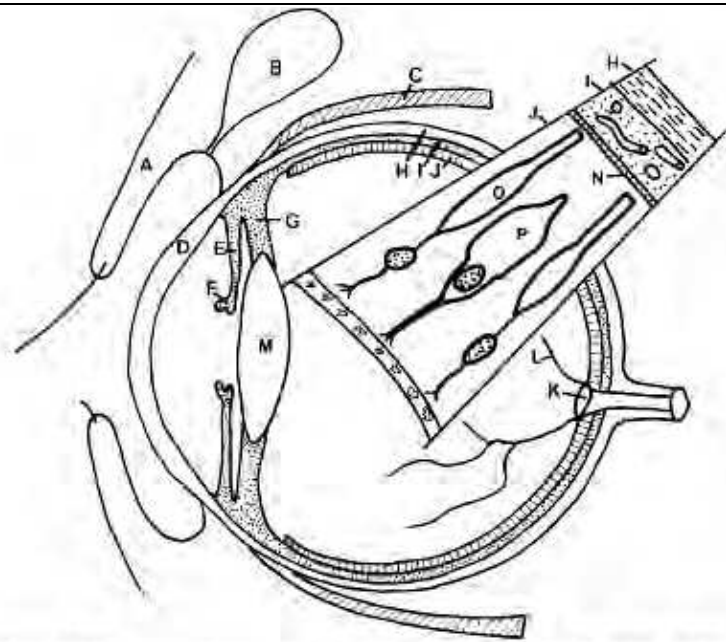
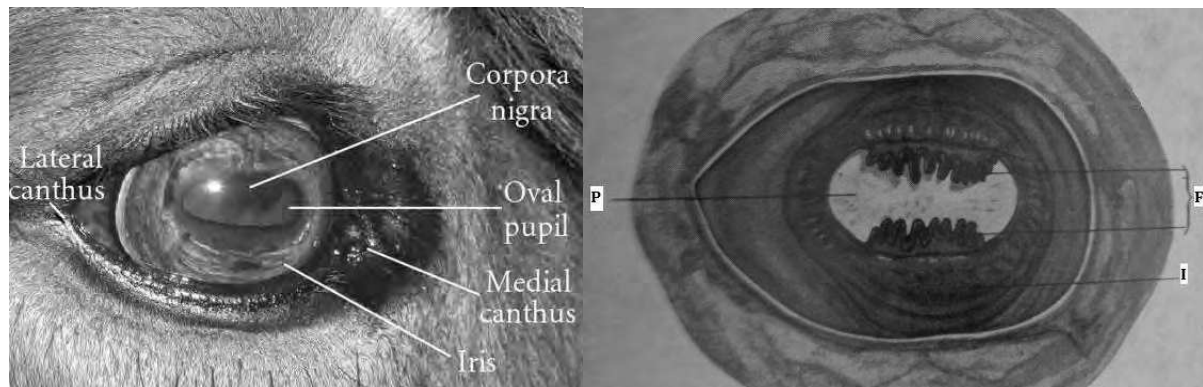


Figure I.12 : Schéma d'un œil de camélidé en coupe longitudinale. A=paupière supérieure ; B=glande lacrymale ; C=muscle oculaire ; D=cornée ; E=iris ; F=flocculus ou grain de suie ; G=corps ciliaire ; H=sclère ; I=choroïde ; J=rétine ; K=disque optique ; L=vaisseau rétinien ; M=cristallin ; O=cône ; P=bâtonnet. (D'après ME. Fowler, 2010).

La pupille est allongée horizontalement, et sa forme est accentuée par le corpora nigra ou granula irida présent dans l'iris des petits camélidés (Fig. I.13). Ce sont des masses de tissu iridien modifié attachées au bord de la pupille, composées de cellules mélanocytaires, de vaisseaux sanguins, et de poches de liquide. Elles ont généralement une apparence lobulée, et sont présentes chez les herbivores seulement. Les masses dorsales sont souvent plus larges, les masses ventrales peuvent être de petite taille, voire absentes.





**Figure I.13 : Œil de cheval (gauche), et de vigogne (dessin de droite), vus de face, dans lesquels on peut observer la pupille horizontale, les grains de suie, les canthus médiaux et latéraux, et l'iris. P : pupille, I : iris, F : flocculi ou grains de soie ou corpora nigra. (Murphy J., 2009 et Grassé, 1973).**

L'iris est dépigmenté uni ou bilatéralement. La rétine est caractérisée par une vascularisation prononcée et l'absence de fovéa. Il n'y a pas de tapis choroïdien, les camélidés étant des animaux diurnes, ils n'ont pas besoin d'intensifier la lumière. Si on observe un reflet (lumière intense de nuit, ou flash d'appareil photo), c'est la réflexion du fond d'œil. Le point supérieur lacrymal se trouve à 5-7 mm du canthus médial des paupières inférieures et supérieures. Le canal lacrymal débouche dans les narines, du côté cutané de la barrière cutanéomuqueuse, à 1-2 cm dorsalement au planchet du méat ventral, sur la paroi latérale, au-dessus de l'arrête formée par l'os prémaxillaire. Le point lacrymal inférieur mesure 2 à 3 mm de diamètre. Un léger ectropion de la paupière inférieure peut être observé chez certains individus effrayés, excités, ou agités. Cela ne doit pas être confondu avec un ectropion anatomique, congénital ou acquis. La vision à distance est probablement aussi fine que celle des autres artiodactyles, basée sur la perception des mouvements à une certaine distance, pour détecter les prédateurs à l'approche. L'humeur aqueuse est similaire à celle des autres ongulés.

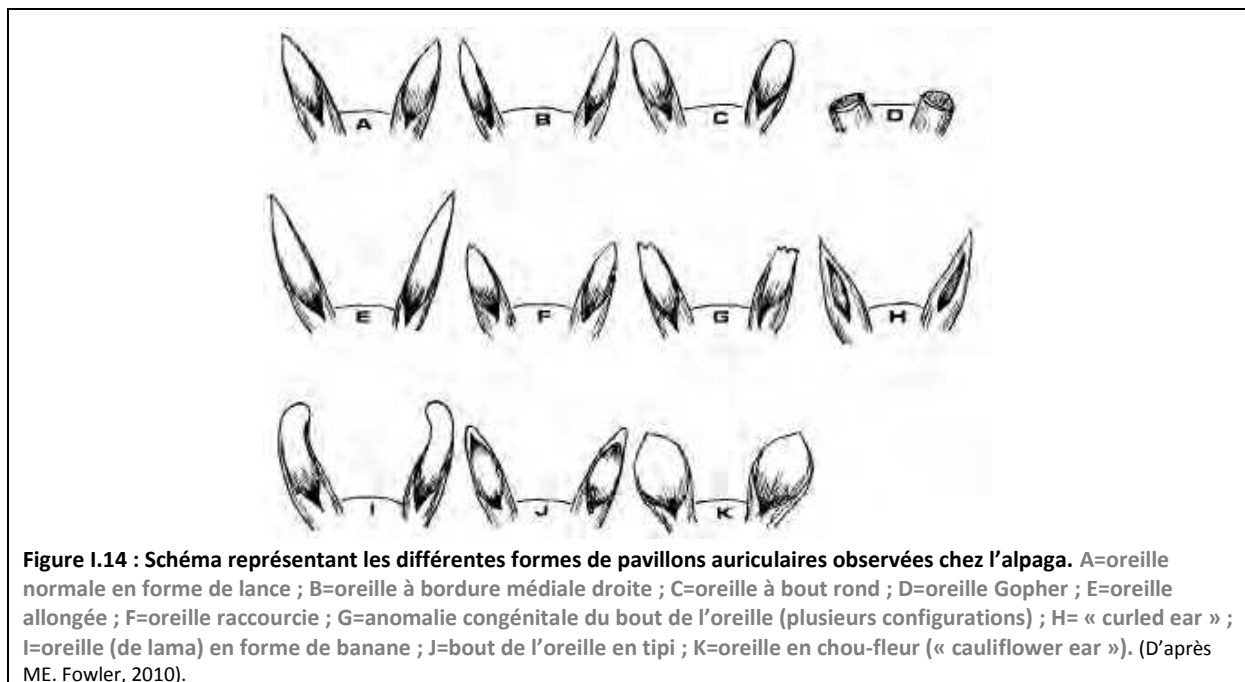
## 2.4.2. L'oreille

### 2.4.2.1. L'oreille externe.

L'oreille externe est formée du pavillon (cartilage auriculaire), et du conduit auditif externe (ou méat acoustique externe). (CONCHA-ALBORNOZ I., 2010).

#### ❖ Les pavillons (ou auricules):

Les oreilles des lamas sont longues et de de forme variable, alors que les alpacas ont de plus petites oreilles, en forme de lance. Les pavillons traduisent les différentes humeurs de l'animal par leur positionnement, et sont très mobiles. La **figure I.14** présente les différentes formes du pavillon auriculaire observées chez l'alpaga.



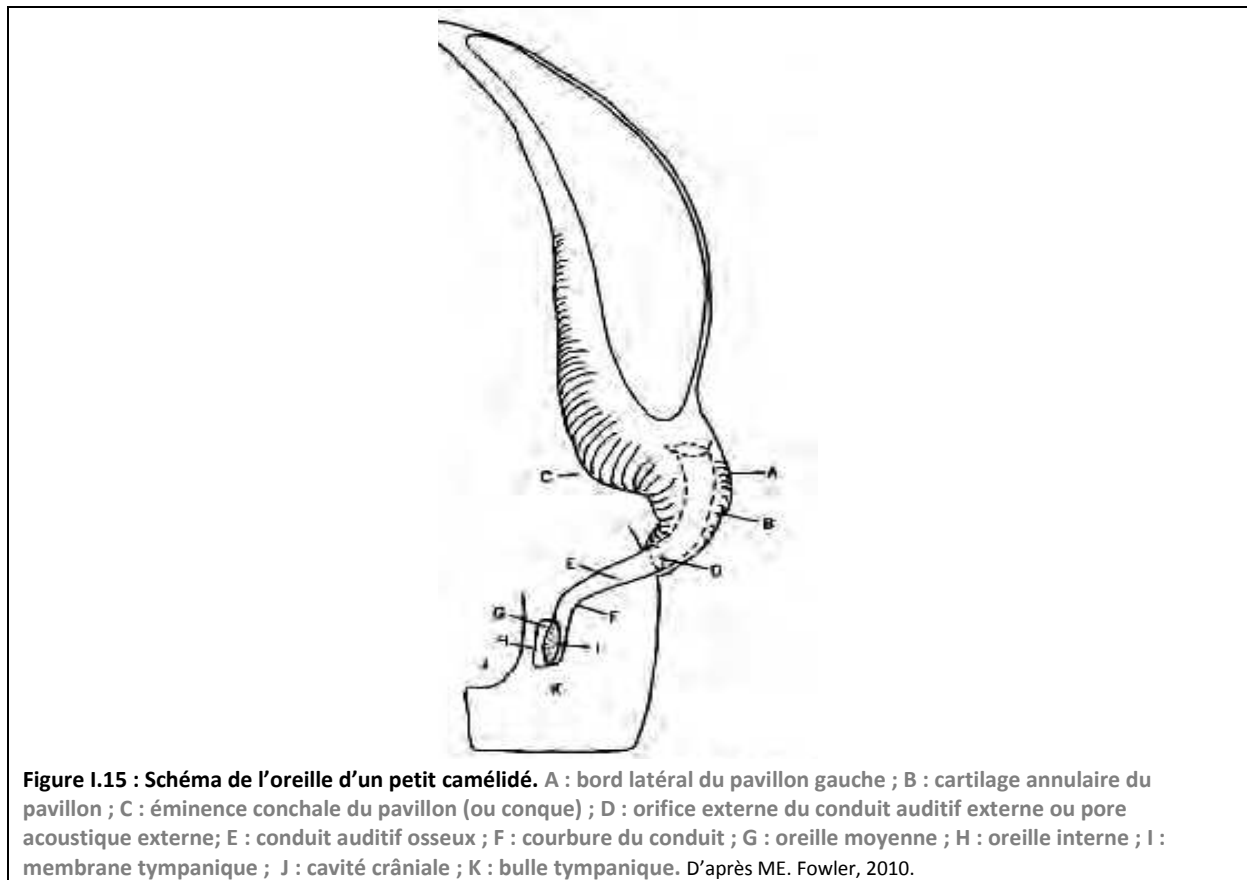
**Figure I.14 :** Schéma représentant les différentes formes de pavillons auriculaires observées chez l'alpaga. A=oreille normale en forme de lance ; B=oreille à bordure médiale droite ; C=oreille à bout rond ; D=oreille Gopher ; E=oreille allongée ; F=oreille raccourcie ; G=anomalie congénitale du bout de l'oreille (plusieurs configurations) ; H= « curled ear » ; I=oreille (de lama) en forme de banane ; J=bout de l'oreille en tipi ; K=oreille en chou-fleur (« cauliflower ear »). (D'après ME. Fowler, 2010).

L'inspection des pavillons et de l'oreille externe est difficile car les lamas et alpagas sont assez réticents à cet examen.

#### ❖ Le conduit auditif :

Le conduit auditif externe est un canal fibro-cartilagineux et osseux faisant suite au pavillon et constituant avec ce dernier l'oreille externe. Il prolonge la conque de l'auricule et pénètre l'os temporal pétreux juste ventralement au processus zygomatique de l'os temporal (FOWLER M.E. & al., 1985). La zone de jonction entre les portions extra et intra osseuses du méat acoustique externe est appelée pore acoustique externe. (CONCHA-ALBORNOZ I., 2010). Le conduit auditif est droit chez les nouveaux nés. Sa partie externe serait partiellement cartilagineuse chez ces derniers, puis s'ossifierait plus tard. Chez l'adulte, le conduit est très étroit (3 à 6 mm de diamètre) ; il est dirigé légèrement rostralement et ventralement et présente une courbure, ce qui empêche de visualiser la membrane tympanique chez de nombreux adultes (approximativement 50%). Celle-ci, de forme irrégulière, se situe du côté médial du canal distal, et mesure environ 0.8cm de diamètre.

La **figure I.15** illustre l'anatomie de l'oreille externe d'un petit camélidé.



**Figure I.15 : Schéma de l'oreille d'un petit camélidé.** A : bord latéral du pavillon gauche ; B : cartilage annulaire du pavillon ; C : éminence conchale du pavillon (ou conque) ; D : orifice externe du conduit auditif externe ou pore acoustique externe ; E : conduit auditif osseux ; F : courbure du conduit ; G : oreille moyenne ; H : oreille interne ; I : membrane tympanique ; J : cavité crâniale ; K : bulle tympanique. D'après ME. Fowler, 2010.

#### 2.4.2.2. L'oreille moyenne.

L'oreille moyenne est composée de la cavité tympanique, des osselets (étrier, marteau et enclume), et de la trompe d'Eustache. (CONCHA-ALBORNOZ I., 2012).

❖ **La cavité tympanique:** (cf. partie III : Ostéologie).

#### 2.4.3. Les organes olfactifs (Cf. narines et cavités nasales).

#### 2.4.4. Les organes tactiles.

❖ **La peau.**

La sensibilité tactile de la peau est similaire à ce qui a été décrit chez les autres mammifères.

❖ **Lèvres.**

Les lèvres supérieures sont fendues, chaque moitié étant mobile et indépendante, ce qui permet une palpation sélective des aliments.

Cette mobilité est permise par le muscle élévateur nasolabial sous le contrôle du nerf facial. La lèvre supérieure possède une grande sensibilité tactile, permettant un tri efficace, et les camélidés l'utilisent comme organe des sens afin de trouver leur

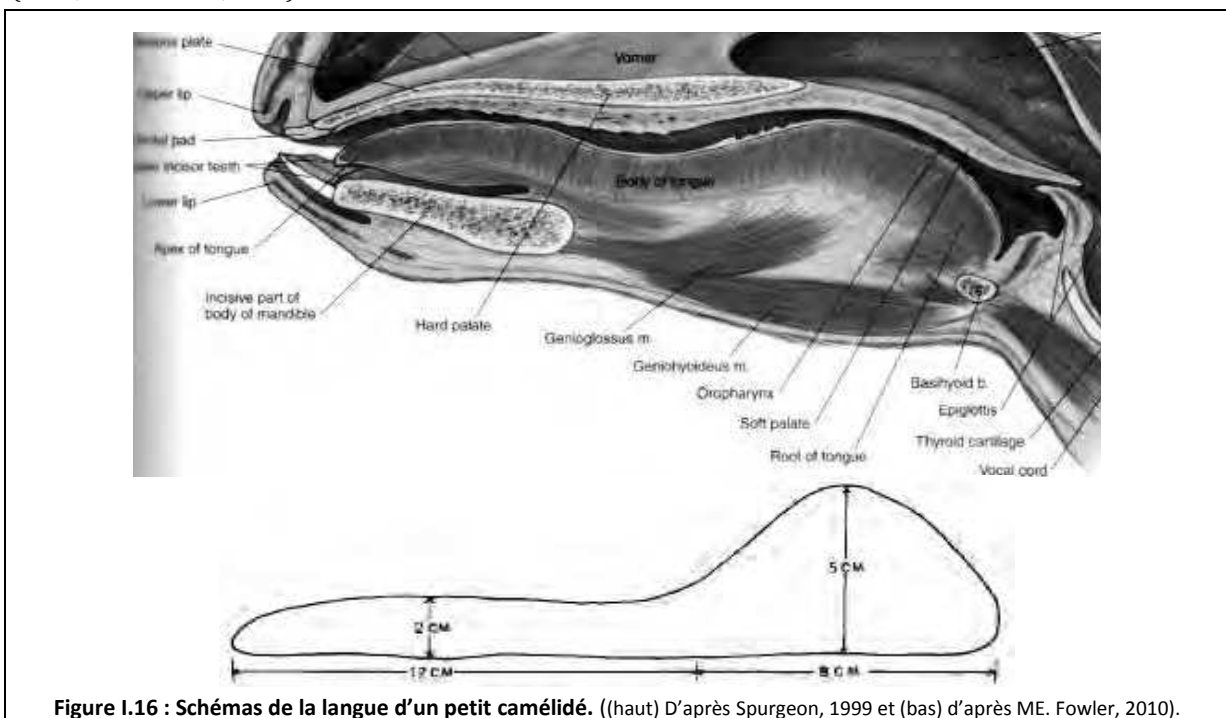
nourriture. En conséquence de ce comportement alimentaire, les corps étrangers gastriques sont très rarement rencontrés. (ch. 2 FOWLER ME., 2010).

#### 2.4.5. Les organes gustatifs : la langue.

La langue des camélidés est relativement immobile. Elle ne s'avance que rarement au-delà des lèvres, et n'est pas impliquée dans la préhension des aliments.

Les camélidés ne lèchent pas le nouveau-né, ils n'enlèvent pas non plus les membranes fœtales attachées à leur petit. Chez un lama male de 150 kg, la langue mesurait 20 cm de long, 3 cm de largeur, et 2 cm d'épaisseur dans les deux tiers antérieurs. Le tiers caudal présente un dôme (5cm d'épaisseur) (**Figure I.16**). La langue du chameau est proportionnellement plus grande, celle de l'alpaga, proportionnellement plus petite.

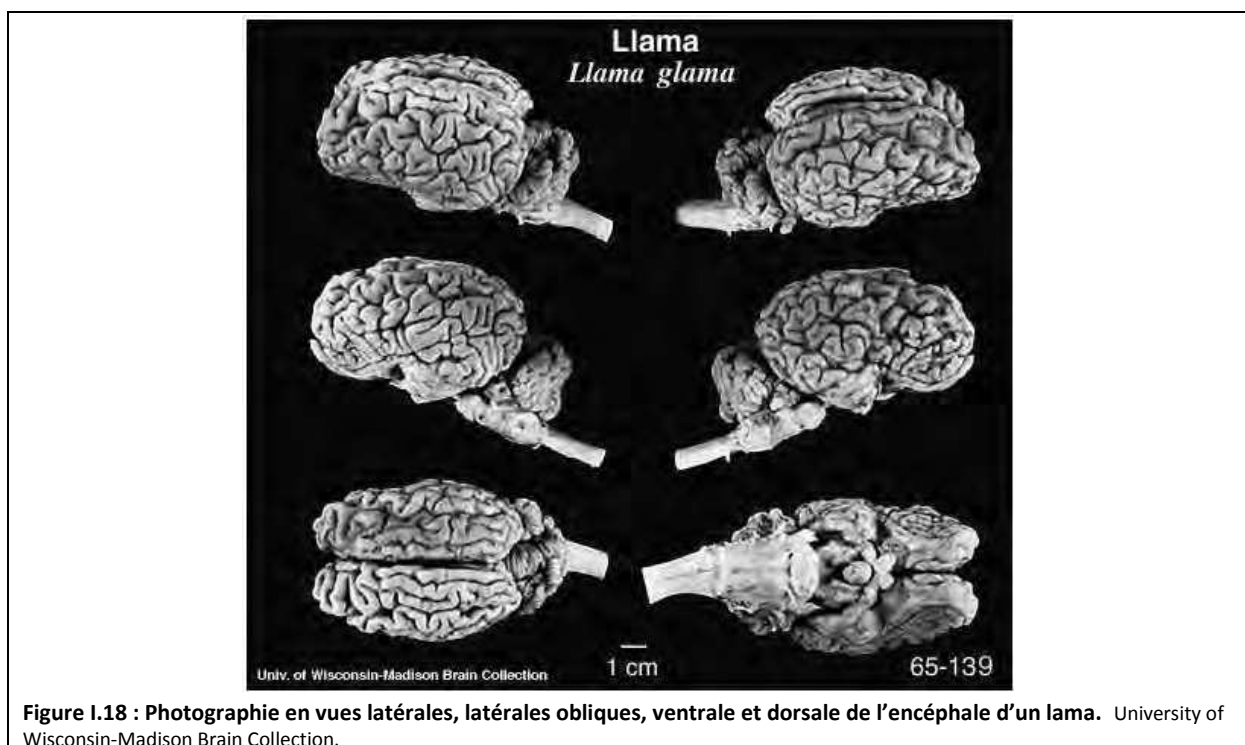
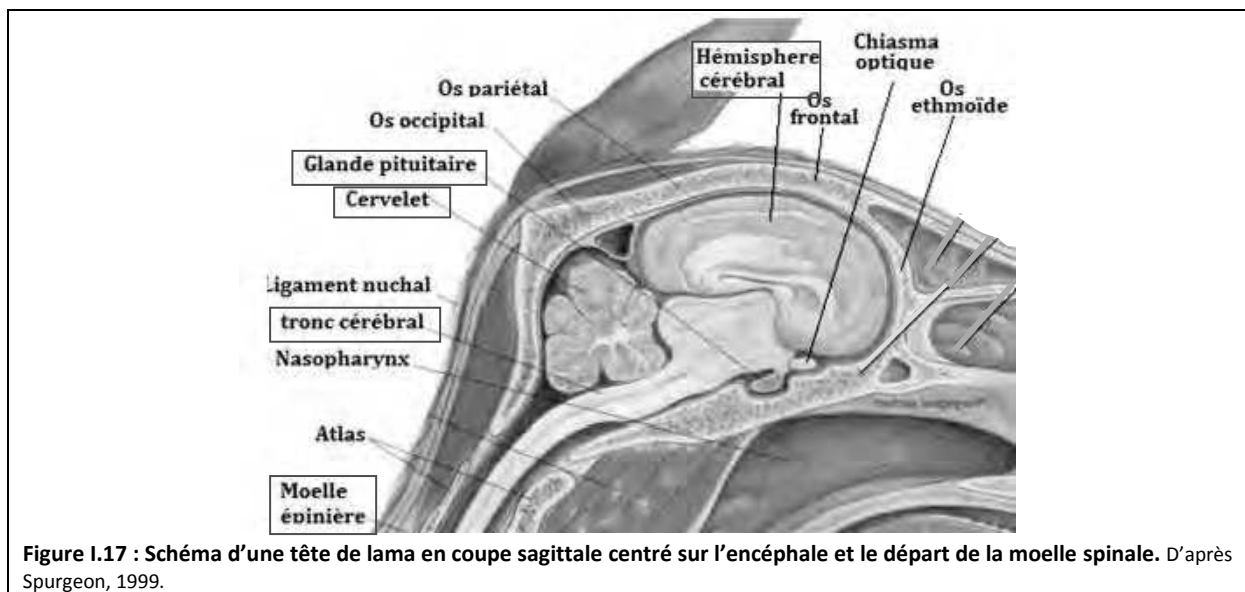
(ch.13, FOWLER ME., 2010).



## 2.5. Le système nerveux (ch. 20 FOWLER ME., 2010).

Il n'existe pas de publication complète traitant de l'anatomie du système nerveux des camélidés. Quelques références peuvent être trouvées dans la littérature périodique et dans un nombre limité de thèses. Malheureusement, les travaux sud-américains, qui sont les plus nombreux sur le sujet, ne sont pas facilement accessibles. La plupart traitent de l'innervation spécifique d'une région limitée du corps ou du cerveau. La morphologie générale du cerveau, ainsi que la distribution périphérique de base des nerfs sont très similaires à celles des autres ongulés domestiques. (KITSUTANI O. G. 1978 ; SCHUMACHER, S. von. 1906).

L'anatomie du système nerveux central est illustrée par les **figures I.17** et **1.18**.



## **2.6. Les glandes endocrines** (ch. 14 FOWLER ME. 2010).

### **2.6.1. L'hypophyse ou glande pituitaire.**

La glande pituitaire des camélidés est située à la base du cerveau, dans la fosse pituitaire au sein de l'os sphénoïde, similairement aux bovins.

L'anatomie grossière, l'histologie, et l'histochimie de la glande ont été étudiées.

(MONTALVO A.C. & al., 1968 ; MATUSITA, A. & al., 1970).

L'hormone de croissance de l'alpaga a été isolée et caractérisée, et apparait chimiquement semblable à celles des autres mammifères. (BISCOGLIO, M.J. & al., 1981) ; en revanche, elle n'a pas été étudiée dans un cadre clinique.

### **2.6.2. Les glandes surrénales.**

La glande surrénale droite est allongée (1 x 4.5 cm) et la gauche est plutôt carrée (2.5 x 3 cm, 1 cm d'épaisseur) ; elles se situent médialement et cranialement au pôle crânial respectivement du rein droit, et du rein gauche.

Les glandes surrénales des camélidés ont été très peu étudiées, mais il apparait que la structure de la glande est similaire à celle des autres mammifères : un cortex, divisé en trois zones, et une médulla contenant deux types cellulaires.

De plus, l'étude rapporte que le développement embryonnaire de la glande surrénale diffère très peu de celui des autres artiodactyles.

### **2.6.3. Les glandes thyroïdes.**

La paire de glandes thyroïdes est située sur la surface dorsolatérale de la trachée. Les glandes mesurent environ 4cm de long et 2cm de large, et occupent l'espace du cartilage cricoïde du larynx jusqu'au troisième ou quatrième anneau trachéal.

Les valeurs de référence de la Triiodothyronine (T 3) et thyroxine (T 4) du sérum chez les lamas ont été établies grâce à des techniques radio-immunologiques. (FOWLER, M.E. & al., 1989; SMITH & al., 1989 et 1991).

Ces concentrations sont six à dix fois plus élevées que celles répertoriées dans les autres espèces testées.

### **2.6.4. Les glandes parathyroïdes**

Les glandes parathyroïdes sont logées dans le pôle caudal de chaque glande thyroïde, comme chez les autres ongulés. Aucune dysfonction des parathyroïdes n'a été rapportée.

### **2.6.5. Le pancréas**

Le pancréas est à la fois une glande endocrine (insuline) et exocrine (enzymes digestives). Chez les petits camélidés, on le trouve caudalement au foie. Il est aplati, et mal encapsulé dans le mésentère duodénal. Il mesure 15 à 20 cm de long, et 3 à 6 cm de large. Le canal pancréatique sort du pancréas sur son bord crânial, et s'unit au canal biliaire principal environ 3 cm avant son abouchement à l'intestin.

Il n'y a pas d'étude définissant les concentrations de référence en insuline, selon l'âge ou le statut physiologique de l'animal.

#### **2.6.6. Les gonades** (Cf. partie reproduction).

## 2.7. Le système circulatoire

### 2.7.1. L'appareil circulatoire sanguin (ch. 16, FOWLER ME., 2010).

#### 2.7.1.1. Anatomie

L'anatomie cardiovasculaire des camélidés Sud-américains est similaire à celle des dromadaires, décrite en détail dans l'ouvrage de Smuts en 1987. La structure du cœur et le système artériel ne sont pas propres aux camélidés. (HEATH, D. & al., 1969 et 1974). La **figure I.19** illustre l'anatomie du cœur et du système vasculaire péri cardiaque.

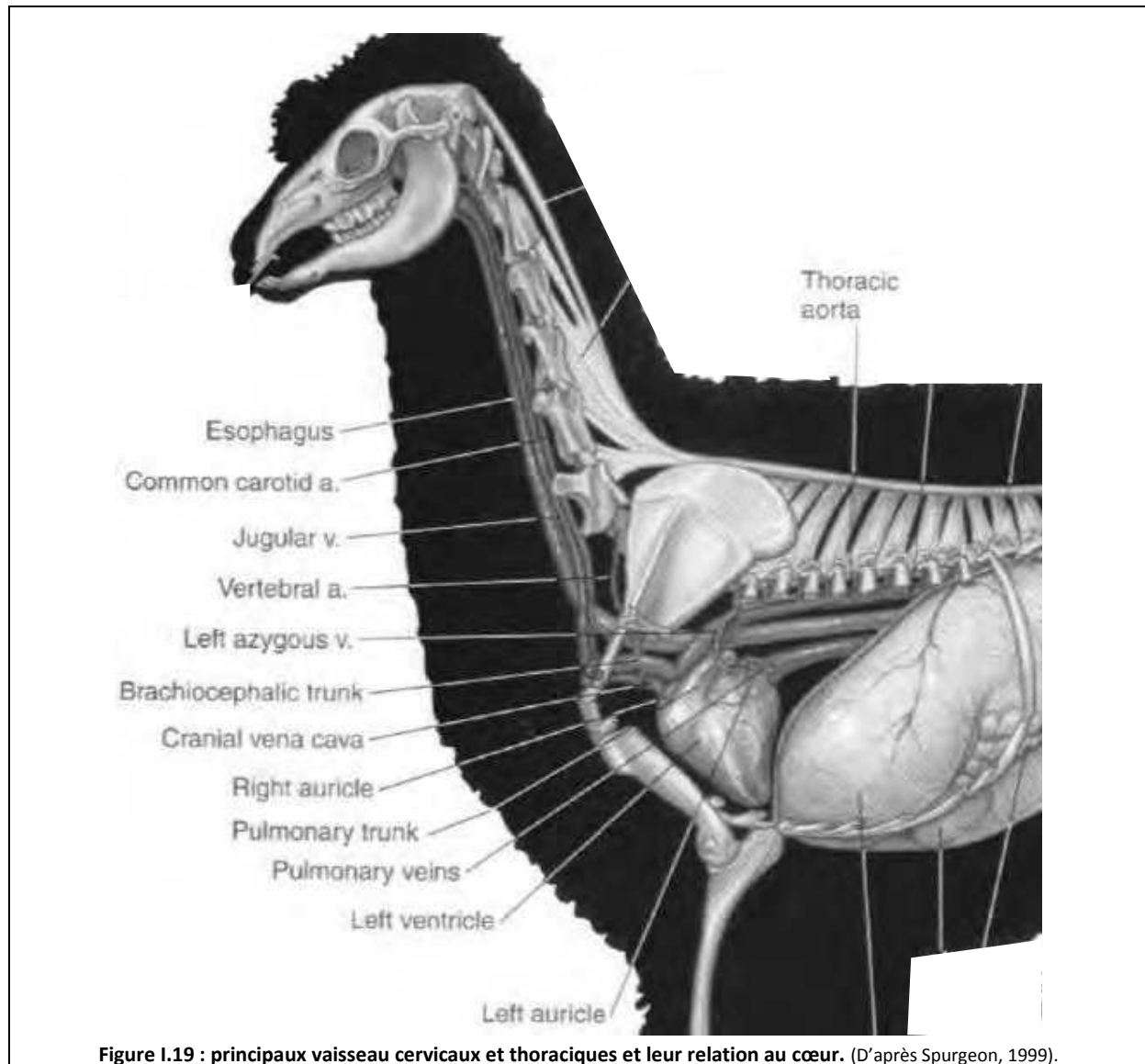
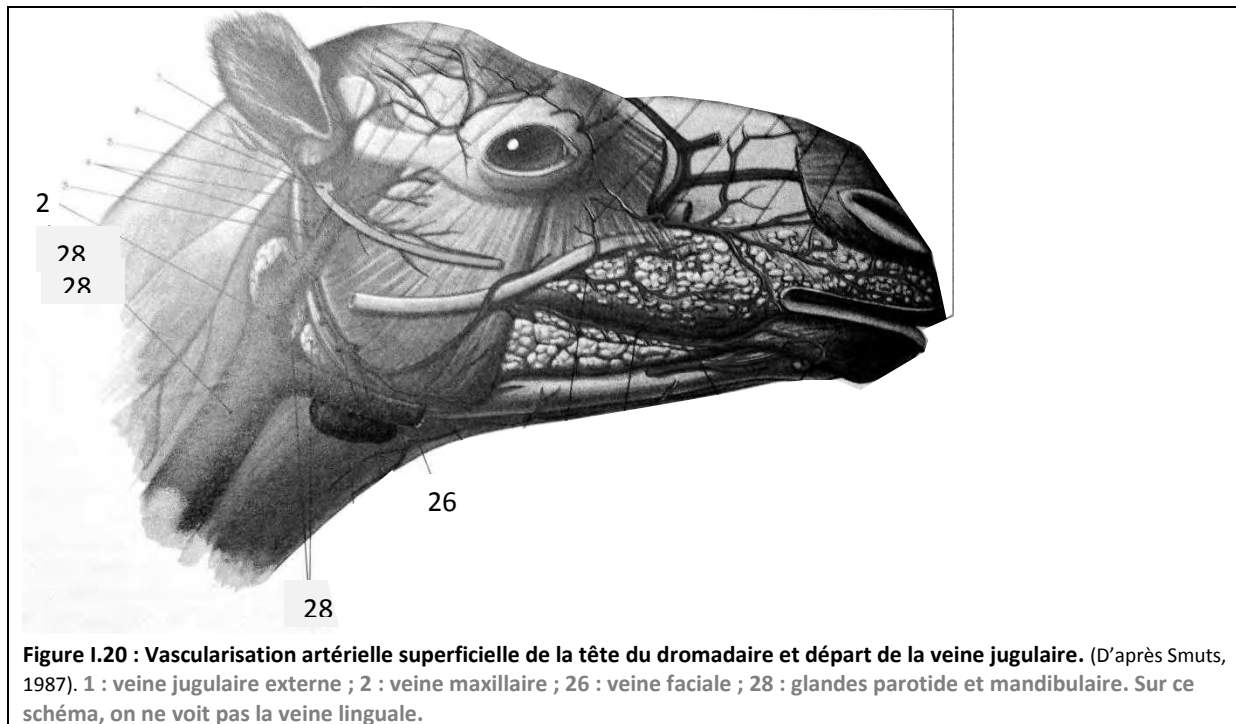


Figure I.19 : principaux vaisseau cervicaux et thoraciques et leur relation au cœur. (D'après Spurgeon, 1999).

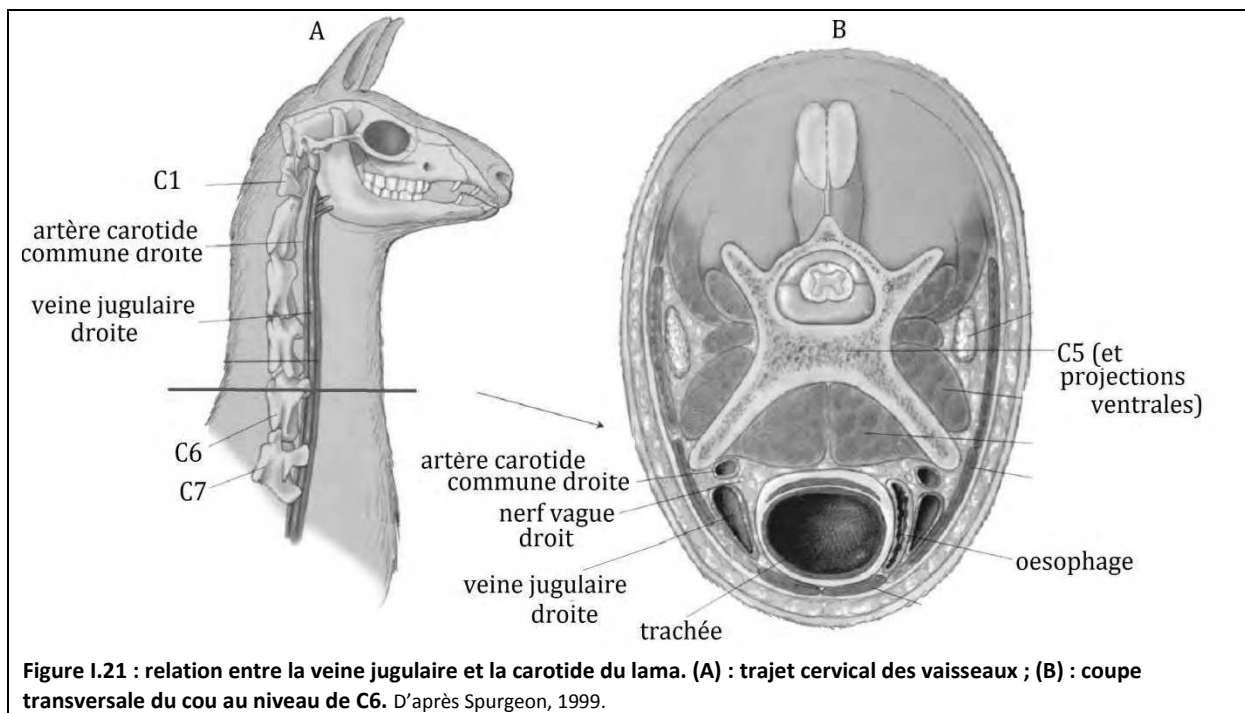
#### ❖ Tête et cou :

L'anatomie vasculaire de la région de la tête et du cou est propre aux camélidés (SMUTS M.M.S. & al., 1987). La veine jugulaire est spécifique aux camélidés : elle est formée par la confluence des veines linguale, faciale et maxillaire, environ 1cm caudalement à la branche de la mandibule. Cette jonction et les premiers centimètres de la veine jugulaire sont logés au sein du bord ventral de la glande parotide. (**Fig. I.20**)





La **figure I.21** illustre le trajet de la veine jugulaire au niveau du cou et de l'encolure.



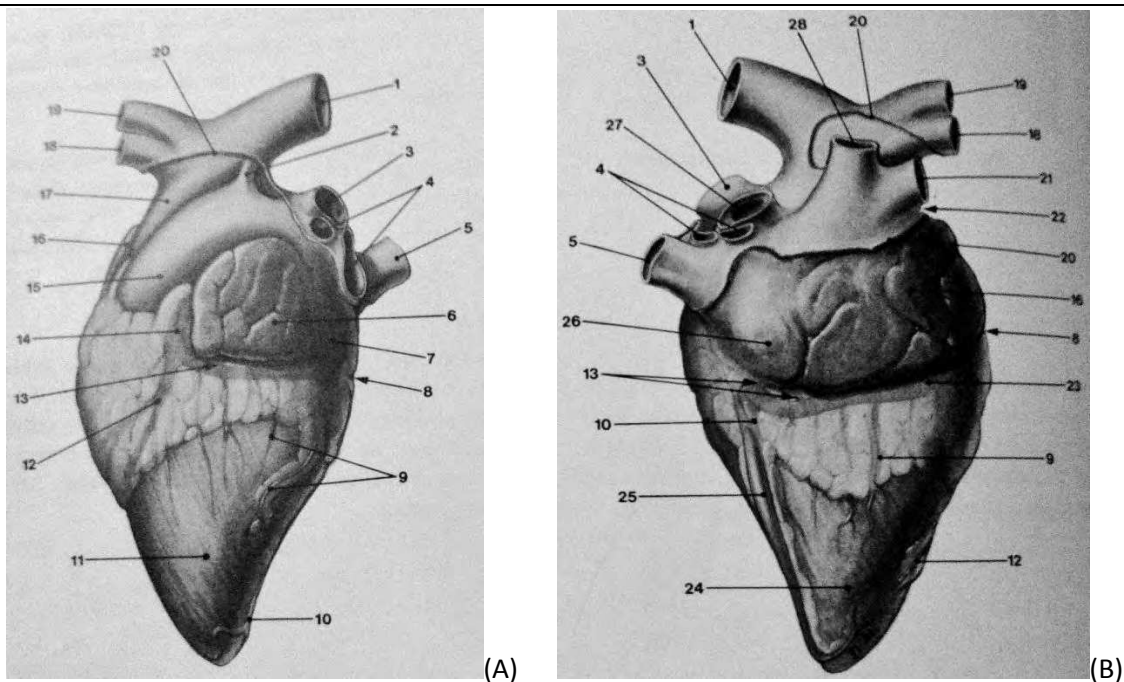
Les vaisseaux sont protégés d'une lacération accidentelle par les projections ventrales des processus transverses des vertèbres cervicales, qui forment un canal en u inversé. La veine jugulaire se situe juste médialement à cette projection.

Chez les animaux à long cou, comme les chevaux, girafes ou camélidés, la présence de valves dans les veines jugulaires empêche le reflux sanguin jusqu'à la tête lorsque celle-ci est en bas (alimentation, abreuvement).

Chez le lama, quatre ou cinq de ces valves sont distribuées de la confluence des veines formant la jugulaire jusqu'à l'entrée du thorax. Ces valves peuvent être bi ou tricuspides. Une série de valves est située caudalement aux veines formant la veine jugulaire, à environ 1cm de l'angle de la mandibule. Une autre valve se trouve à 5cm caudalement à la première, au niveau de la veine thyroïde. Cette valve peut interférer avec la prise de sang lors de ponction haute. Les valves restantes sont espacées de 15-20 cm les unes des autres le long de la jugulaire. Il peut y avoir une valve à proximité du processus ventral de C6 (site de ponction basse).

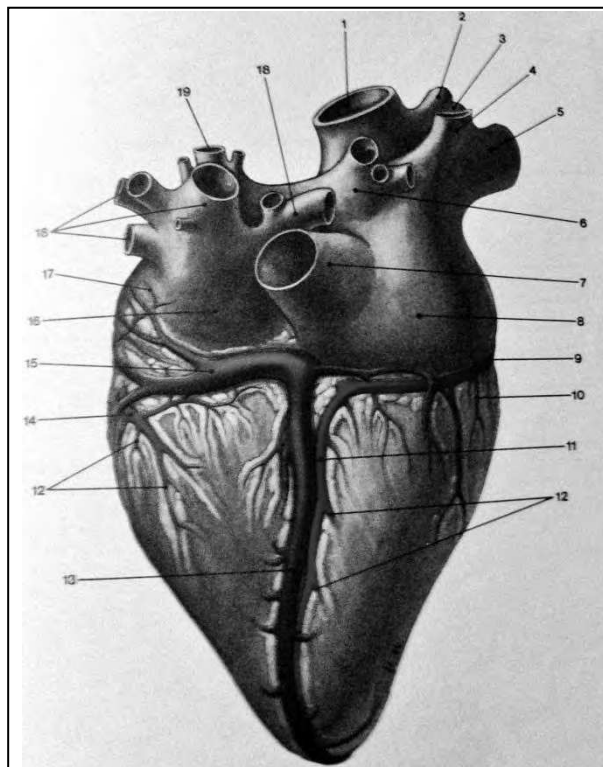
#### ❖ Le cœur :

Les **figures I.22 à I.24** présentent l'anatomie externe du cœur et les principaux vaisseaux cardiaques.



**Figure I.22 : Schémas du cœur de dromadaire (Smuts) en vue latérale gauche (A) et droite (B).** D'après Smuts, 1987.

1 : aorte ; 3 : artère pulmonaire gauche ; 4 : veines pulmonaires ; 5 : veine cave caudale ; 6 : auricule gauche ; 7 : atrium gauche ; 8 : sillon coronaire ; 9 : rameaux ventriculaires ; 10 : rameau interventriculaire subsinusal ; 11 : ventricule gauche ; 12 : rameau interventriculaire paraconal ; 13 : sillons atriaux ; 14 : artère coronaire gauche ; 15 : tronc pulmonaire ; 16 : auricule droit ; 17 : arc aortique ; 18 : tronc brachiocéphalique ; 19 : artère sous-clavière gauche ; 20 : point d'attachement du péricarde aux larges vaisseaux de la base du cœur ; 21 : veine cave crâniale ; 22 : sillon terminal ; 23 : artère coronaire droite ; 24 : ventricule droit ; 25 : veine cardiaque moyenne ; 26 : atrium droit ; 27 : artère pulmonaire droite ; 28 : veine azygos droite.

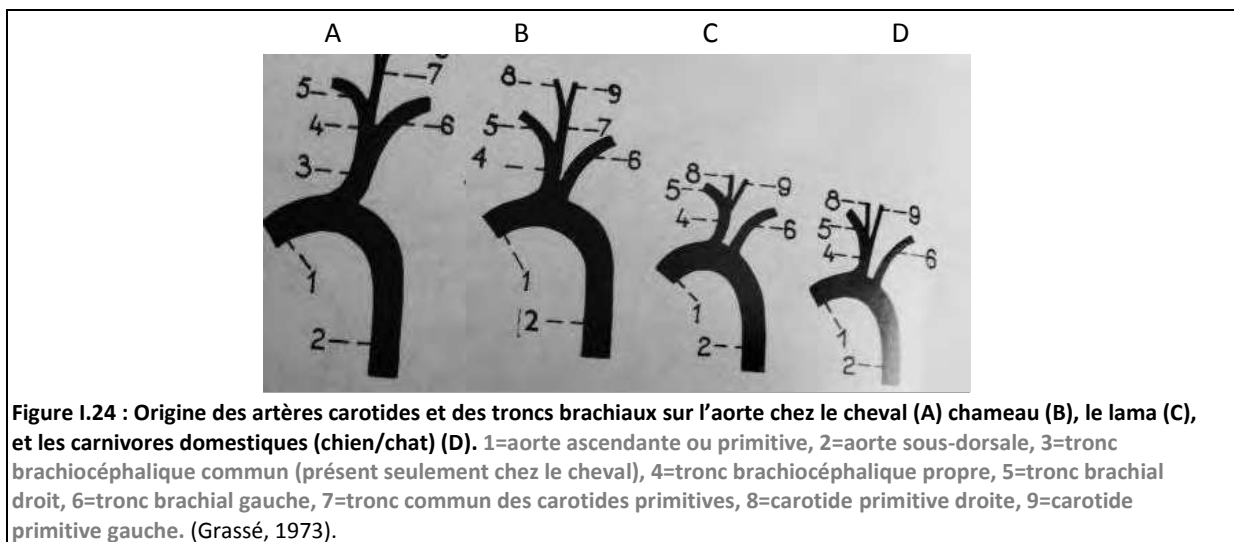


**Figure I.23 : Cœur de camélidé en vue caudale.** Smuts, 1987.

- 1 : aorte ; 2 : artère sous-clavière gauche ;
- 3 : tronc brachiocéphalique ;
- 4 : veine azygos droite ; 5 : veine cave crâniale ;
- 6 : artère pulmonaire droite ;
- 7 : veine cave caudale ; 8 : atrium droit ;
- 9 : artère coronaire droite ;
- 10 : veine cardiaque droite ;
- 11 : rameau interventriculaire subsinusal ;
- 12 : branche interventriculaire postérieure de l'artère coronaire gauche ;
- 13 : veine cardiaque moyenne (interventriculaire postérieure) ;
- 14 : artère coronaire gauche ;
- 15 : grande veine cardiaque ;
- 16 : atrium gauche ;
- 17 : rameau atrial ;
- 18 : veinules pulmonaires ; artère pulmonaire gauche.

#### ❖ **Détail sur le tronc brachiocéphalique :**

On remarque que chez les camélidés, il n'y a pas de tronc brachiocéphalique commun, et que chez le lama, à la différence du chameau, le tronc brachial gauche est individualisé. (Fig. I.24)



**Figure I.24 : Origine des artères carotides et des troncs brachiaux sur l'aorte chez le cheval (A) chameau (B), le lama (C), et les carnivores domestiques (chien/chat) (D).** 1=aorte ascendante ou primitive, 2=aorte sous-dorsale, 3=tronc brachiocéphalique commun (présent seulement chez le cheval), 4=tronc brachiocéphalique propre, 5=tronc brachial droit, 6=tronc brachial gauche, 7=tronc commun des carotides primitives, 8=carotide primitive droite, 9=carotide primitive gauche. (Grassé, 1973).

#### ❖ **Vascularisation du membre distal :**

Cependant, la perfusion artérielle, et le drainage veineux du membre distal sont différentes de chez les chevaux et animaux de rente.

Les vaisseaux principaux se situent médialement au métacarpe et métatarse, et se dirigent ensuite vers les surfaces palmaires et plantaires des tendons, et sont enfin distribuées aux doigts depuis l'espace interdigité. (FOWLER, M.E. 1983 et 1984).

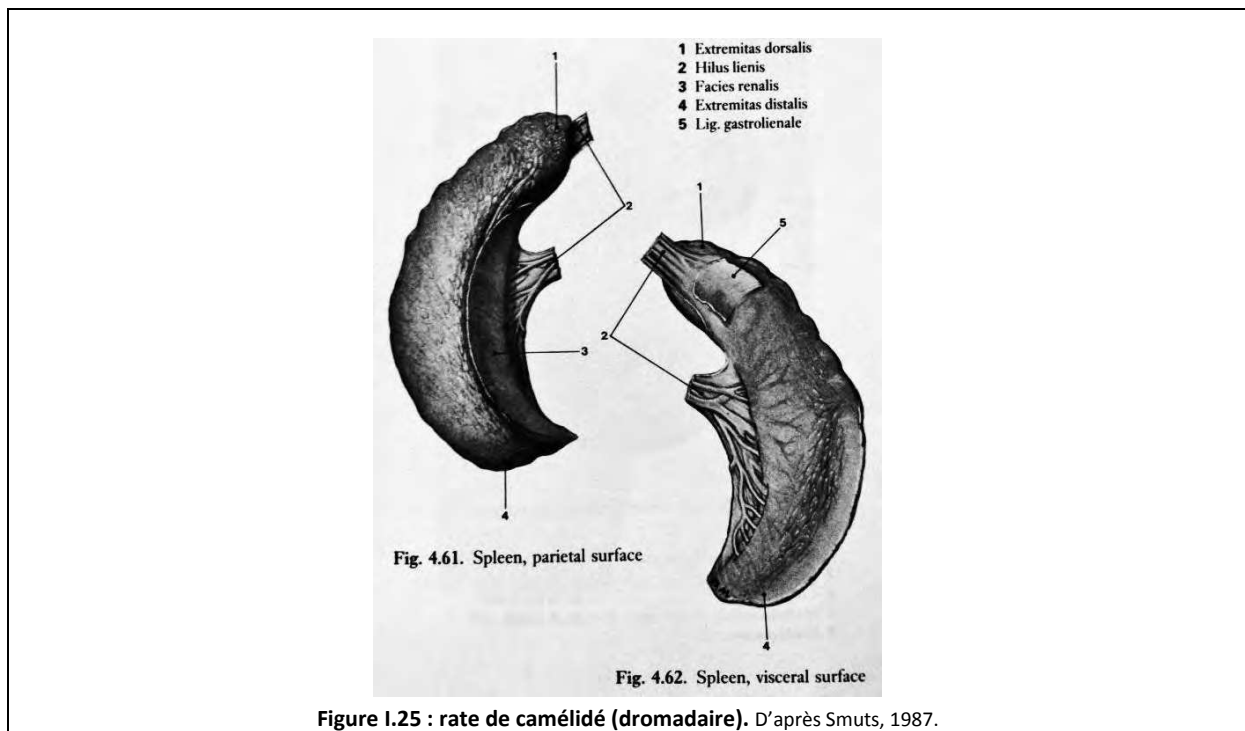
## 2.7.2. Les organes hémato-lymphopoïétiques et l'appareil circulatoire lymphatique

### 2.7.2.1. Le thymus

Cette structure anatomique a été très peu décrite chez les camélidés.

### 2.7.2.2. La rate

On retrouve la tête de la rate à droite, venant d'enrouler sur le colon descendant, sous les vertèbres lombaires 3 à 5.



Les lamas ont une rate falciforme (F. X. LESBRE & al., 1903).

### 2.7.2.3. Les vaisseaux et nœuds lymphatiques. (ch. 15, FOWLER ME., 2010).

Il existe très peu de données sur le système lymphatique des petits camélidés, (CARRASCO V. A.A. 1968). Dans sa thèse, l'auteur rapporte que la distribution des nœuds lymphatiques est similaire à celle des bovins et ovins.

Les nœuds lymphatiques des CSA sont petits et peuvent être difficiles à localiser, toujours selon le même auteur, et plusieurs petits nœuds peuvent remplacer un unique nœud plus gros en certains sites anatomiques, tels que l'inguinal superficiel ou le pré fémoral. La palpation de ces nœuds est plus aisée sur des animaux émaciés.

Les nœuds médiastinaux et mésentériques sont présents mais de petite taille, et on peut facilement ne pas les voir. Des agrégats de tissu lymphoïde (les plaques de Peyer) sont situés le long du bord mésentérique du colon.

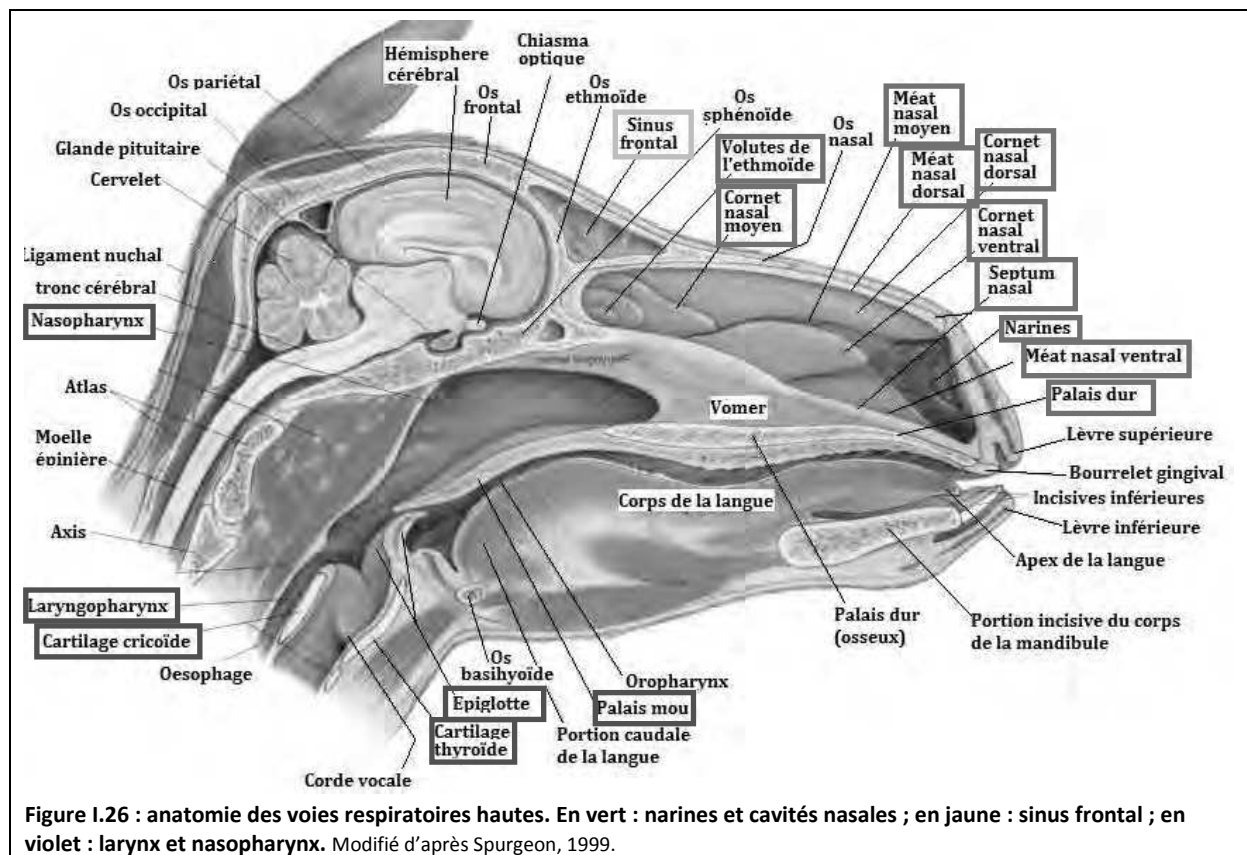
## 2.8. L'appareil respiratoire

L'anatomie du système respiratoire des camélidés est très peu décrite dans la littérature, notamment par Banchemo & al., Bartel & al., Braunizer & al., et Chiodi & al. L'ouvrage de référence, où l'on trouve la meilleure description anatomique des poumons de camélidés est le Smuts and Bezuidenhout : Anatomy of the Dromedary.

### 2.8.1. Anatomie.

#### 2.8.1.1. Le haut appareil respiratoire.

La **figure I.26**, illustre l'anatomie de l'appareil respiratoire haut chez les petits camélidés.



#### ❖ Narines et cavités nasales. (ZAPATA QUIROGA, E. 1971).

Contrairement aux grands camélidés, les lamas et alpagas sont incapables de fermer complètement leurs narines.

La cavité nasale présente un méat ventral, moyen, et dorsal.

Les volutes de l'ethmoïde, sont organisées de la même manière que chez les ovins et bovins (**Fig. I.27**). Le bord ventral du méat ventral est large de 2 à 3 millimètres. Une bosse dans la muqueuse septale obstrue partiellement la lumière.

La portion dorsale du méat ventral mesure seulement 0.7 à 0.8 mm de large.

Les volutes sont fragiles, ce qui implique une attention particulière lors du passage d'une sonde nasogastrique.

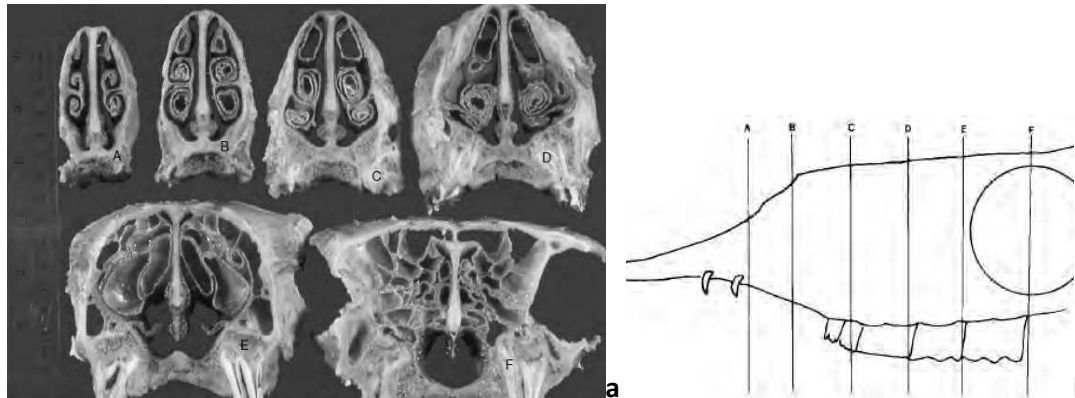


Figure I.27 : Coupes transversales de la cavité nasale d'un lama (a). Localisation des coupes A à F (b). Source ME Fowler, 2010.

L'orifice nasal du canal lacrymal est situé à la jonction cutanéomuqueuse, à 1-2 cm dorsalement du planchet du méat ventral.

Le palais d'ur se termine à environ 6 cm caudalement à la première prémolaire.

#### ❖ Nasopharynx et larynx.

Selon le stade « respirer » ou « avaler », le palais mou peut être allongé chez les camélidés, et peut reposer dorsalement ou ventralement à l'épiglotte (ch. 12, FOWLER ME., 2010). Les camélidés respirent obligatoirement par les narines.

La figure I.28 est un schéma illustrant l'anatomie du pharynx d'un camélidé.

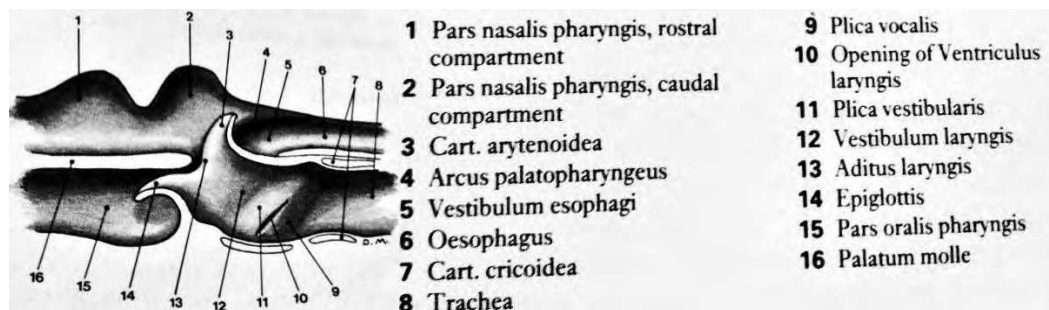


Figure I.28 : Anatomie du pharynx d'un camélidé. D'après Smuts, 1987.

L'anatomie du larynx (Fig I.29) est similaire à celle des autres mammifères (SMUTS, 1987).

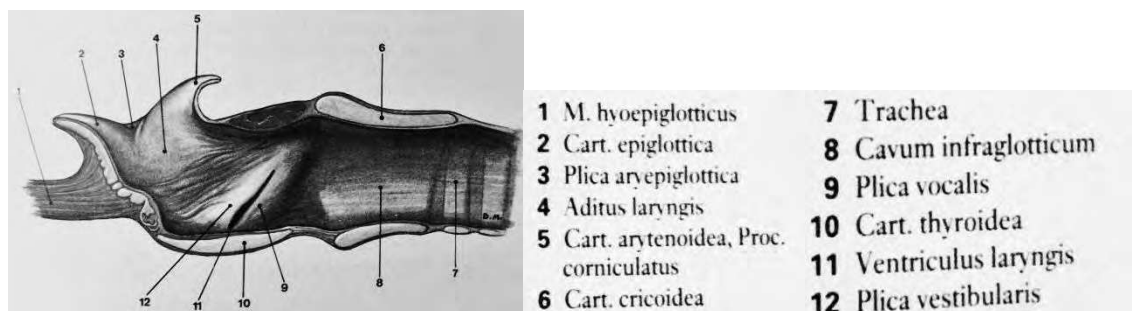


Figure I.29 : anatomie du larynx d'un camélidé. D'après Smuts, 1987.

#### 2.8.1.4. Le bas appareil respiratoire.

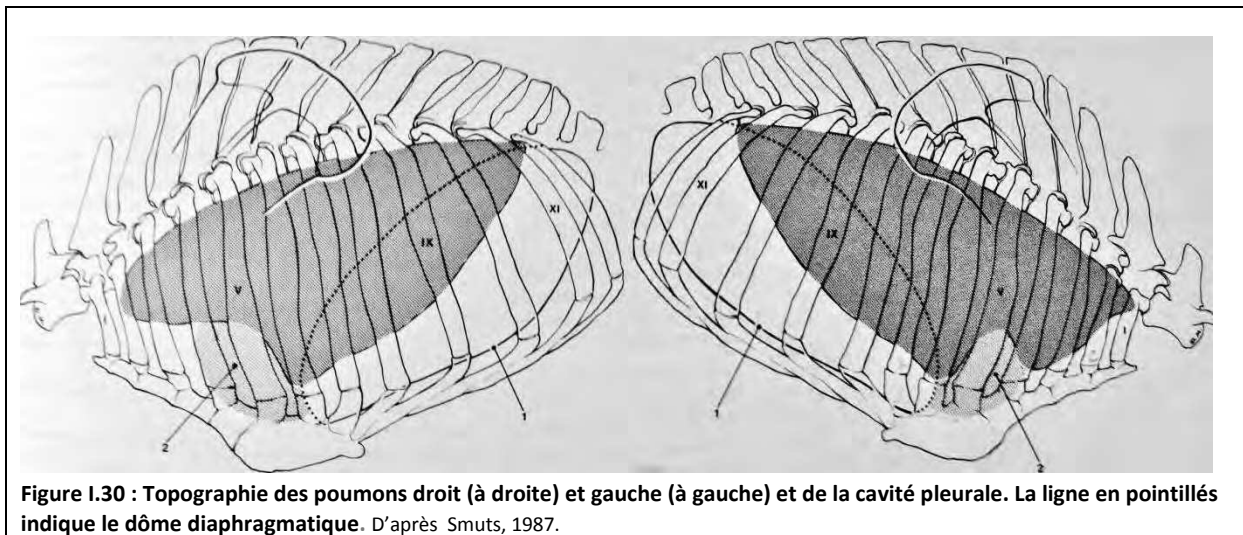
##### ❖ Trachée and Bronches

L'anatomie de la trachée et des bronches n'est pas spécifique aux petits camélidés. Chaque bronche principale se divise en une bronche apicale, une bronche cardiaque, et une bronche diaphragmatique, plus large.

Les cellules de Clara ou pneumocytes sont des cellules épithéliales non ciliées rencontrées dans les bronchioles des animaux. Ces cellules sont sécrétoires, mais leur véritable fonction est inconnue. Le nombre de pneumocyte par millimètre d'épithélium bronchiolaire est significativement différent entre les lamas vivant en haute altitude (55 to 106/mm) et ceux vivants au niveau de la mer (8/mm). (HEATH, D., SMITH, P., & al., 1976 et 1980).

##### ❖ Poumons

Les poumons des camélidés sont similaires à ceux du cheval. Une fissure (*notch*) cardiaque sépare les parties apicales, mais il n'y a pas de lobe vrai, mis à part le petit lobe accessoire du poumon droit qui entoure la veine cave caudale.



#### 2.8.2. Eléments de physiologie cardiovasculaire et respiratoire (Ch. 12,

FOWLER, 2010).

Une étude en anesthésie de 5 lamas a fourni des données de base pour les paramètres cardiovasculaires (GAVIER, M.D. 1987):

|                                                   |                                                                         |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Débit cardiaque: $8.2 \pm 0.8$ L/minute           | Volume d'éjection systolique: $146 \pm 20$ ml/bat.                      |
| Pression art. syst. moy. : $137 \pm 8$ mm Hg      | Pression art. Pulm. moy.: $14 \pm 0.8$ mm Hg                            |
| Pression dans l'atrium droit: $2.6 \pm 0.7$ mm Hg | Résistance périphérique tot. : $1,470 \pm 183$ secondes/cm <sup>3</sup> |
| Débit cardiaque par kg: $73 \pm 9$ ml/minute/kg;  | Travail du ventricule gauche: $15.7 \pm 0.9$ kg m/ min                  |
| PaO <sub>2</sub> : $127 \pm 8.9$ mm Hg            | PaCO <sub>2</sub> : $34 \pm 1.1$ mm Hg                                  |
| Excès de base: Base excess $2.3 \pm 1.1$ mEq/L    | Bicarbonate: $21.3 \pm 1.1$ mEq/L                                       |

Le volume de sang contenu dans l'appareil circulatoire des lamas et alpagas, est d'environ 63,5 ml/kg de poids vif, ou 6,35% à 8.65% du poids vif, ce qui est plus faible que chez les autres animaux.

La description de l'électrocardiogramme est semblable autres espèces.

## **2.9. L'appareil digestif et les glandes annexes.**

Les alpagas sont des pseudos ruminants, c'est-à-dire qu'ils ruminent, mais ne possèdent que trois compartiments stomacaux au lieu de quatre, comme chez les vrais ruminants.

### **2.9.1. Anatomie.** (ch. 13, FOWLER ME., 2010).

#### *2.9.1.1. La cavité buccale.*

##### **❖ Les lèvres.**

On rappelle que les lèvres supérieures sont fendues, chaque moitié étant mobile et indépendante, ce qui permet une palpation sélective des aliments.

La lèvre inférieure n'a pas de caractéristique spécifique, mais est moins mobile que celle des caprins ou ovins.

##### **❖ La bouche.**

La cavité orale des individus du genre lama est petite, on ne peut pas leur ouvrir grand la bouche comme chez les bovins, petits ruminants ou équins. Seule une examination brève de la cavité buccale est possible. Cependant, les canines et incisives doivent être vues et vérifiées lors de chaque examen clinique. (cf. dents)

On observe de nombreux cas de malocclusion chez les PC (Cf. partie V : pathologie).

La langue sort à peine de la bouche (cf. organes des sens).

Les gencives non pigmentées peuvent être utilisées pour évaluer le temps de remplissage capillaire.

#### *2.9.1.2. Les glandes salivaires.*

Il y a trois paires de glandes salivaires majeures (parotides, mandibulaires, and sublinguales). Il existe également quatre autres régions glandulaires moins bien définies, mais contribuant aussi à la sécrétion salivaire (buccale, palatine, linguale, and labiale).

(CAVERO ROBBIANO, J.O. 1970 ; GUERRERO, R.J. & al., 1971). Les glandes salivaires sont identiques à celles des bovins, ovins et caprins (en localisation, nombre, et histologie).

La glande parotide est de plus grande taille, et produit seulement une sécrétion séreuse, (ORTIZ, C. & al., 1974) alors que les sécrétions des autres glandes salivaires sont à la fois séreuses et muqueuses. (LUCIANO & al., 1979 et 1980).

Le conduit parotidien commence sur le bord ventral rostral de la glande parotide, et s'ouvre sur une papille plate en regard de la jonction entre les molaires supérieures 2 et 3. Le canal peut être cathétérisé avec un cathéter de diamètre 3.5, mais il est difficile d'y accéder depuis la cavité buccale, car la bouche ne peut être ouverte assez largement. Le canal mandibulaire débouche sur la caroncule sublinguale, et les multiples canaux de la glande sublinguale s'ouvrent le long de la langue.



### 2.9.1.3. *Le pharynx.*

Dans cette zone anatomique, on note l'oropharynx étroit, le palais mou allongé, et le dôme à la base de la langue.

Comme nous l'avons spécifié précédemment, les camélidés respirent obligatoirement par leurs narines car ils sont incapables de respirer par la bouche.

En cas d'obstruction nasale persistante, la respiration étant prioritaire, l'animal aura tendance à ne pas manger et à s'affaiblir.

### 2.9.1.4. *L'œsophage*

La gouttière œsophagienne est peu marquée.

L'œsophage des camélidés est semblable à celui des ruminants. On ne sait pas où le stimulus est donné, mais il semble que les camélidés soient plus sujet à la régurgitation que les bovins au passage de la sonde gastrique.

Une étude de SUKON & al. en 2009 décrit l'anatomie macro et microscopique de l'œsophage du lama. Nous retiendrons que la longueur de l'œsophage est évaluée à  $122 \pm 7$  cm, avec les 3/2 de la longueur dans le cou, et le tiers restant au sein du thorax. Le diamètre œsophagien augmente légèrement de  $2,5 \pm 0,3$  cm en région cervicale crâniale à  $3,9 \pm 0,8$  cm en région thoracique caudale.

### 2.9.1.5. *Les compartiments stomacaux. (I.N.R.A. Prod. Anim.,2000).*

Pour éviter des confusions avec les quatre estomacs des ruminants desquels ils diffèrent sur beaucoup de points, il est tacitement admis d'appeler les trois réservoirs gastriques des camélidés C1, C2, C3.

Les **figures I.31 à I.35** illustrent l'anatomie des estomacs décrite ci-dessous.

Le compartiment C1 est un vaste réservoir (83% du volume gastrique total) réniforme, incurvé sur lui-même, dont la face supérieure porte la grande courbure et forme le sac caudal (*Inra*) ; la face inférieure porte la petite courbure et forme le sac crânial qui reçoit les aliments ingérés par l'animal. Les deux courbures se rejoignent sur une base commune appelée « hile ».

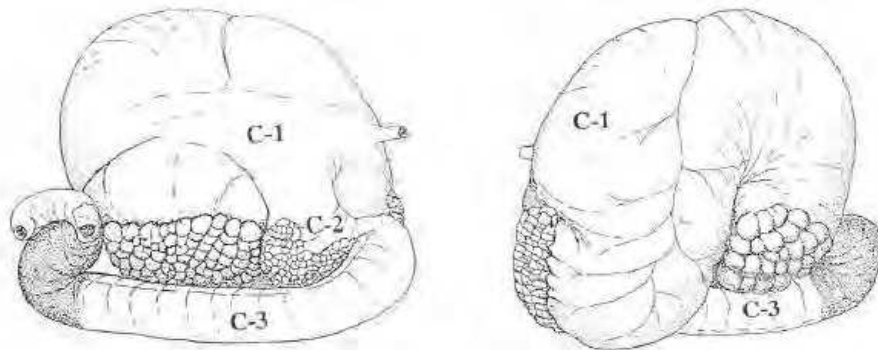
On note sur la partie ventrale de C1 et de C2 l'existence de deux imposants culs-de-sac arrondis qui bordent le hile. Ces lobes appelés sacs glandulaires (ou sacs aquifères), se distinguent en un lobe antérieur ou gauche et un lobe postérieur ou droit. Le lobe postérieur porte sur sa face inférieure deux groupes importants de sacs glandulaires distincts qui communiquent avec C2 par un étranglement prononcé.

Comme pour le réseau du ruminant, C2 a un petit volume (6% du volume gastrique total) et il est étroitement associé à C1. C3 a une forme tubulaire et représente environ 11% du volume gastrique total. Il communique avec C2 par un étroit sphincter tubulaire aux parois épaisses (30) et s'ouvre largement sur une dilatation terminale de faible volume (1/5<sup>ème</sup> de C3), marquée par sa courbure, parfois nommée C4.

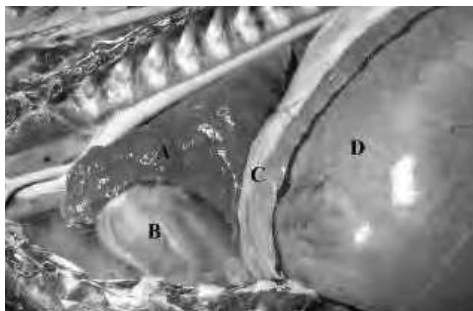
Contrairement au réticulo-rumen, l'épithélium interne de C1 et C2 ne comporte pas de papilles. L'épithélium de la partie dorsale de C1 et de C2 est constitué de cellules

squameuses kératinisées, tandis que celui de la partie ventrale et de C3 est plutôt lisse et comporte des glandes tubulaires. L'observation au microscope optique de cette région montre qu'elle ressemble à la zone du cardia de la caillette des ruminants (Luciano et al 1979). La partie proximale et la partie tubulaire médiane de C3 sont tapissées d'une muqueuse glandulaire et présentent de nombreux plis longitudinaux.

La dilatation terminale qui correspond à C4 est tapissée d'une muqueuse plus épaisse que celle des deux premières parties et forme de gros plis comme la muqueuse de la caillette des ruminants. Elle renferme des glandes à mucus qui sont différentes de celle des parties antérieures, ainsi que de véritables glandes à pepsine (CAUVET, 1925). C'est dans cette zone qu'est produit HCl.



**Figure I.31: L'estomac des petits camélidés.** Smith et al. 1994.



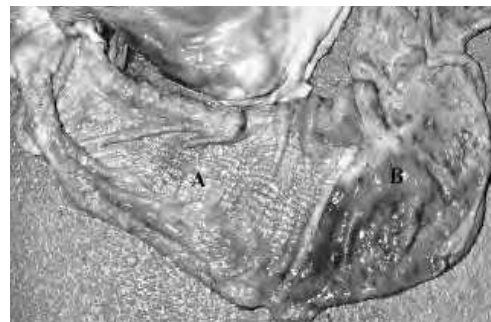
**Figure I.32: relation de l'estomac aux autres organes adjacents.** A=poumon, B=cœur, C=diaphragme, D=C-1. Fowler, 2010.



**Figure I.33 : Saccules glandulaires de C-1.** Fowler, 2010.



**Figure I.34 : Division glandulaire de C-2.** Fowler, 2010.



**Figure I.35 : C-3 ; A=muq. glandulaire, B=estomac vrai** Fowler, 2010.

#### 2.9.1.6 Les intestins.

L'intestin des camélidés est physiologiquement et anatomiquement comparable à celui des « vrais ruminants » (JOANY J-P., 2000).

##### ❖ L'omentum.

Le grand omentum est relativement plus petit chez les camélidés que chez les bovins et ovins. Chez les ruminants adultes, le grand omentum recouvre généralement tous les intestins en une bourse, sauf le duodénum descendant, et ne supporte pas le poids des intestins, mais repose sur le planchet abdominal.

Chez les camélidés, il n'y a pas de bourse omentale. Le grand omentum est attaché le long des grandes et petites courbures de C2 et C3, et le long de la surface de C1.

##### ❖ L'intestin grêle.

Il y a une ampoule dilatée à l'entrée du duodénum. Ce dernier passe dorsalement sur le côté droit de C1 pour aboutir au dos de la cavité abdominale, juste caudalement au foie. Le jéjunum est replié autour de la racine mésentérique, dans l'abdomen caudal droit. L'iléon commence ventralement et passe médialement et dorsalement à l'orifice caecocolique.

##### ❖ Caecum et gros intestin. (VALLENAS P.A. & al., 1974 ; CLEMENS, E.T. & al., 1980).

Le caecum se trouve sur la ligne médiane et passe caudalement vers l'entrée du bassin, ou se courbe ventralement et latéralement sur la gauche. Le colon des camélidés est similaire à celui des bovins. Le colon ascendant fait une boucle proximale en direction crâniale et ventrale avant de former une spirale. (**Figure I.36**).



Figure I.36 : intestins d'un lama adulte. A=iléon ; B=caecum ; C=boucle proximale du colon spiral ; D=colon spiral ; E=colon transverse. Source : ME. Fowler 2010.

La boucle proximale du colon ascendant est lâchement attachée par un mésentère au reste du colon spiral, plus compact. On note 5,5 boucles centripètes, dont la boucle proximale, et 4,5 boucles centrifuges. En comparaison, il n'y a que deux boucles chez les bovins, et trois chez les ovins. Les boucles centrifuges sont enfouies au sein de la spirale,

sous les boucles centripètes. Le colon spiral se situe contre la paroi abdominale moyenne ventrale et est le premier organe rencontré au cours d'une laparotomie médiane moyenne. Le colon se rétrécit de cinq centimètres de diamètre proximale, à deux centimètres de diamètre dans la première boucle centripète de la spirale. Le colon spiral est le premier site d'impaction fécale (cololithiase) chez les camélidés. La boucle distale du colon ascendant est juxtaposée à la boucle proximale. Le colon transverse passe de droite à gauche, cranialement à l'artère mésentérique et suivent le colon descendant, le rectum et l'anus.

#### ❖ **Longueur des segments intestinaux.**

Les intestins d'un lama de 140 kg ont été mesurés, ces valeurs ne correspondent pas à celles mesurées sur un alpagas, mais elles y sont proportionnelles :

Intestin grêle : 11,5 à 12m de long

- duodénum < 1m de long
- jéjunum 9,5 à 10m de long
- iléum 1m de long

Gros intestin : 7,5m de long

- caecum 10cm de long, 5cm de diamètre
- large colon : 1,5m de long, diminuant de 5 à 2,5 cm de diamètre
- petit colon : 6m de long, environ 2,5cm de diamètre

#### *2.9.1.7. Les organes annexes du tube digestif.*

#### ❖ **Foie et canaux biliaires** (ANDERSON, D. 1994 ; VILLAVICENCIO, M. & al., 1971).

##### ○ Le foie

Le foie se situe en totalité à droite (**Fig. I.37 (A)**). (CIPRIAN RODRIGUEZ, C. 1972).

Il recouvre les compartiments C2 et C3 de l'estomac, mais une fissure sur le bord caudo ventral laisse apparaitre une petite portion de C3.

Le bord dorso caudal du foie s'étend caudalement jusqu'au cartilage de la dernière côte. Le bord caudal du foie présente une « frange » (**Fig. I.37 (B)**).



Figure I.37 : photographies d'un foie de lama. (A)=foie entier ; (B)=bord caudal « frangé ». Source ME. Fowler, 2010.

○ Les canaux biliaires

Le système de collection de la bile se termine en un canal biliaire principal, mesurant 4mm de diamètre, sortant du foie sur son bord caudal.

Le canal biliaire mesure 3 à 4 cm de long et il s'abouche au duodénum sur son bord non mésentérique. L'ouverture du canal dans le duodénum est située 16 à 20 cm après le pylore.

Il n'y a pas de vésicule biliaire, sauf dans de rares exceptions.

❖ **Le pancréas** (cf. glandes endocrines)

**2.9.2. Eléments de physiologie digestive** (ch. 13, FOWLER, 2010).

**Tableau I.3 : Eléments de physiologie digestive.** (Fowler, 2010).

| Compartiment | pH                         | Temps de rétention (h) |                             | Volume de l'ingesta (%) | Fonction                                                                                         |
|--------------|----------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
|              |                            | Liquides               | Particules<br>0.2 cm >0.2cm |                         |                                                                                                  |
| C-1          | 6.4-7.0                    |                        | 20.3 >40                    | 83                      | Fermentation, absorption de l'eau, des acides gras volatiles, et autres solutés.                 |
| C-2          | 6.4-7.0                    | 9.6                    | 20.3                        | 6                       | Fermentation, absorption de l'eau, des acides gras volatiles, et autres solutés.                 |
| C-3          | 6.5 crânial<br><2-3 caudal | 5.7                    | 9                           | 11                      | Absorption de l'eau et solutés.<br>Proximal (4/5) : digestion<br>Distal (1/5) : enzymes, acides. |

## 2.10. L'appareil uro-génital

### 2.10.1. L'appareil urinaire. (ch. 18, FOWLER ME., 2010).

#### 2.10.1.1. Les reins.

Les reins des camélidés ne sont pas lobulés, et leur forme est proche de celle des reins de moutons. (**Figure I.38**). Les deux reins ont la même taille (environ 5x9 cm) et se situent dans la région abdominale dorsale.

Le rein gauche se situe ventralement aux processus transverses de L5 à L7.

Le rein droit est légèrement plus crânial, sous les processus transverses de L4 à L6.



**Figure I.38 :** Aspect anatomique du rein de camélidé. A gauche, en coupe sagittale ; à droite, vue externe. Gauche : Fowler, 2010. Droite : Smuts, 1987.

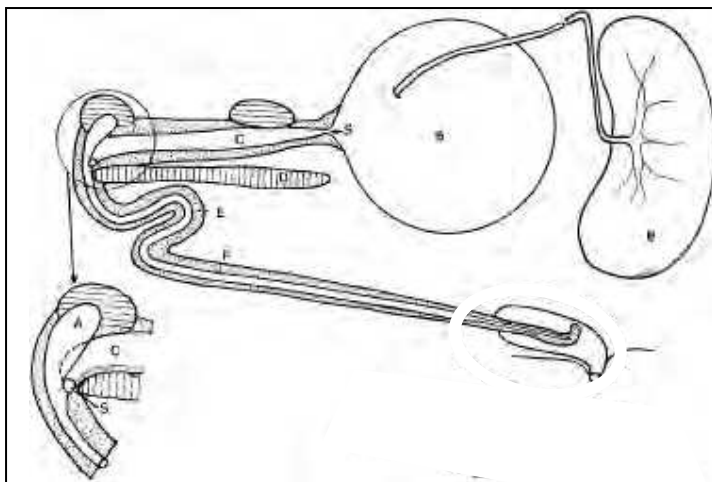
#### 2.10.1.2. Uretères et vessie.

Les uretères et la vessie sont identiques à ceux des ovins et bovins.

#### 2.10.1.3. L'urètre.

Chez le male alpaga ou lama, le sondage urétral est impossible, car l'urètre forme dorsalement un diverticule, et la sonde s'y dirige automatiquement. (**Figure I.39**). Même en plaçant un doigt dans le rectum de l'animal pour détecter la sonde ventralement, le passage de ce diverticule serait strictement fortuit.

L'urètre des camélidés femelles est large, avec un orifice externe situé à la limite ventrale entre le vestibule et le vagin. Un diverticule ventral à l'orifice externe rend le sondage urinaire difficile chez la femelle, mais pas impossible.



**Figure I.39 :** Schéma de l'appareil génital d'un camélidé mâle.

A=récessus urétral, B=vessie, C=urètre pelvien, D=pubis, E=courbure sigmoïde, F=urètre pénien, S=point de rétrécissement de l'urètre (site préférentiel d'urolithiases), U=rein.

Source : ME. Fowler, 2010.

## 2.10.2. L'appareil génital. (Ch.17 FOWLER ME., 2010).

### 2.10.2.1. L'appareil génital femelle

Les figures I.40 et I.41 présentent schématiquement l'appareil génital femelle.

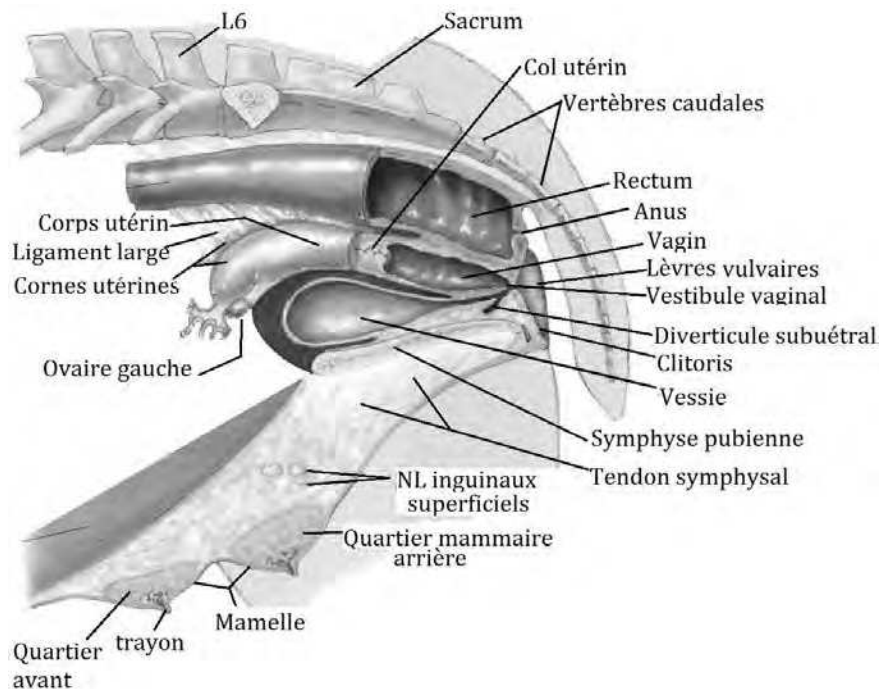


Figure I.40 : Schéma de l'appareil reproducteur femelle de l'alpaga, en position physiologique. D'après Spurgeon, 1999.

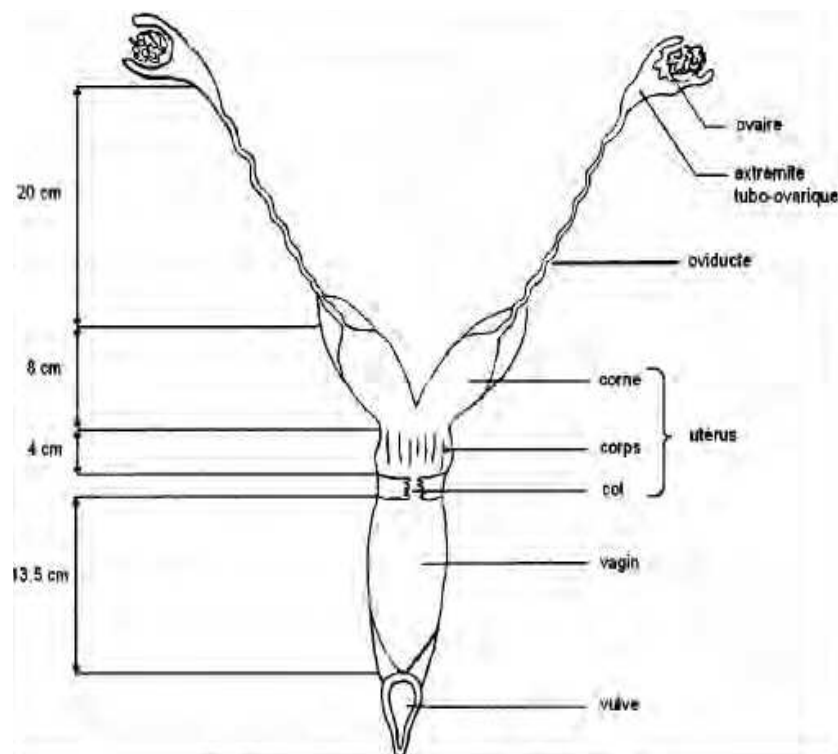


Figure I.41 : Schéma de l'appareil reproducteur de l'alpaga femelle en vue de face indiquant les tailles des différentes structures le constituant. Source : Msellati L., 1988.

#### ❖ **La vulve:**

Elle est de petite taille, et de forme conique, les lèvres sont peu proéminentes, le clitoris est palpable et situé au niveau de l'extrémité ventral de la vulve.

L'aspect de la vulve ne change pas au cours du cycle folliculaire.

#### ❖ **Le vagin :**

Le vagin est long, son diamètre varie de 3,5 à 5 cm et sa longueur moyenne est de 13 à 15 cm (FOWLER M., 2010), mais peut excéder fréquemment 20 cm.

La muqueuse vaginale, de couleur rosée, présente des plis longitudinaux. Le vagin abrite un méat urinaire, et un diverticule sub urétral.

#### ❖ **L'utérus :**

Chez les alpagas, l'utérus est bicorné. Ces deux cornes (droite et gauche) sont identiques (2cm de diamètre et 6 cm de long) chez les nullipares ; mais la corne utérine gauche des femelles alpagas est distendue dès la première gestation, et mesure alors 3cm de diamètre par 10 de long.

Le col est étroit et présente deux ou trois replis cervicaux en forme d'anneau ou de spirale d'où la difficulté de réaliser des inséminations artificielles dans cette espèce.

(SMITH C. et al., 1994) Le corps de l'utérus est court (2 à 3 cm). Pendant la phase folliculaire, l'utérus est turgescent et l'on peut palper des sillons longitudinaux le long de sa surface supérieure. Un ligament large est attaché à la face ventrale de l'utérus et le corps de l'utérus et les cornes utérines sont donc facilement palpables par le rectum.

*In situ*, les cornes utérines forment une boucle caudo ventralement, et le degré de la boucle est maximal durant la phase lutéale (dominance en progestérone) et minimal durant la phase folliculaire (dominance en œstrogènes). La boucle des cornes utérines est néanmoins beaucoup moins prononcée que chez d'autres ruminants.

#### ❖ **Les oviductes :**

Ils mesurent près de 20 cm de long, sont tortueux, et se terminent par une bourse ouverte qui recouvre normalement l'ovaire. L'apex de la corne utérine des PCSA est arrondi, contrairement à d'autres ruminants où il se rétrécit progressivement vers la jonction entre la corne et l'oviducte. Les oviductes des alpagas s'ouvrent donc dans les cornes utérines par une petite papille qui fait saillie et joue le rôle de sphincter, empêchant tout flux rétrograde de fluide depuis l'utérus. (SUMAR J., 1996).

#### ❖ **Les ovaires :**

Ils ont une forme globuleuse irrégulière (BROWN B., 2000). Au repos ils mesurent 15mm x 12mm x 9mm. Leur taille peut doubler lorsqu'ils sont actifs.

Les follicules dominants peuvent mesurer jusqu'à 12 mm de diamètre (SUMAR J., 1985).

À l'instar de la vache, mais contrairement à la jument, les follicules ovariens sont disposés dans un cortex périphérique et l'ovulation peut avoir lieu n'importe où sur la surface de l'ovaire. Le corps jaune (CJ) et les grands follicules forment une protubérance distincte à la surface de l'ovaire chez les lamas et sont facilement palpables.



### 2.10.2.2. L'appareil génital mâle

La **figure I.42** présente l'appareil génital mâle du lama.

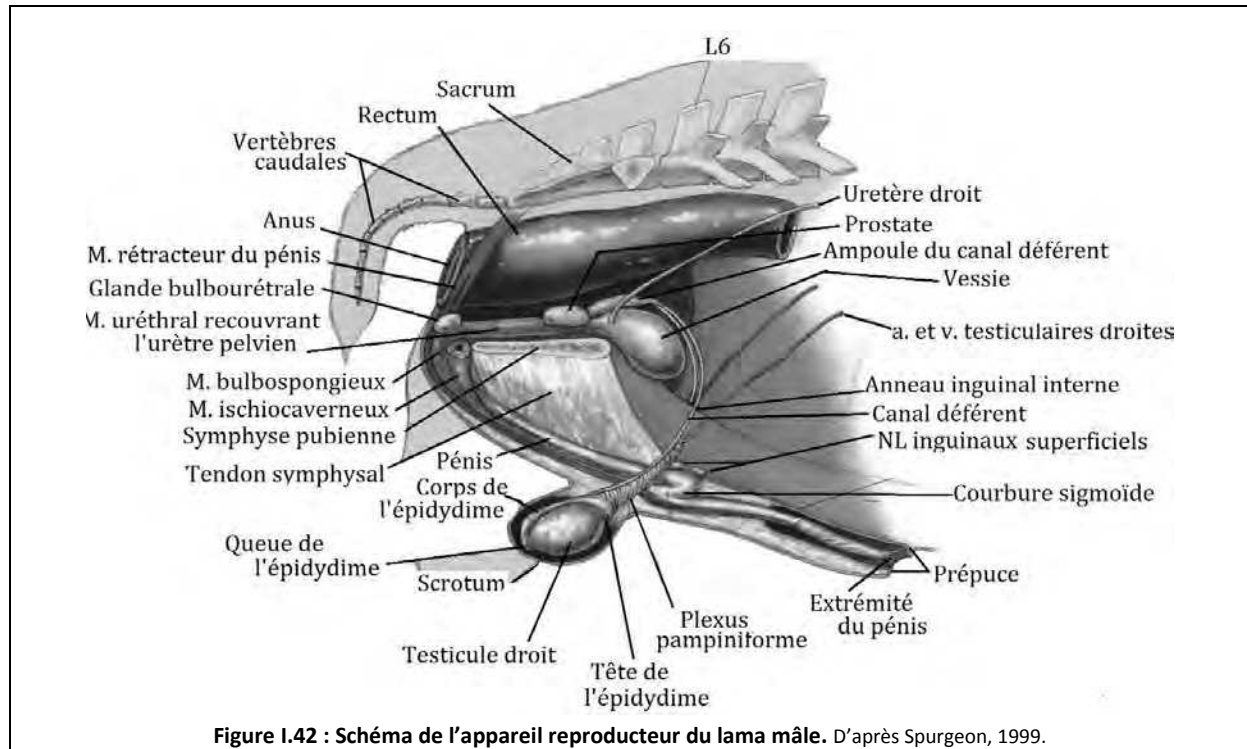


Figure I.42 : Schéma de l'appareil reproducteur du lama mâle. D'après Spurgeon, 1999.

#### ❖ Le pénis :

Le pénis du mâle alpaga est fibro élastique et présente en région pré scrotale une inflexion sigmoïde (S pénien). Il mesure environ 35 cm en érection.

Le pénis des petits camélidés présente une particularité anatomique, son extrémité abrite un petit processus cartilagineux, qui permet lors de la saillie de guider le pénis à travers le col utérin de la femelle et de le dilater afin de pouvoir déposer la semence dans l'utérus (FOWLER M., 2010).

#### ❖ Les testicules :

La croissance testiculaire est lente. Ils ne sont pas visibles à la naissance et la descente testiculaire intervient à l'âge de 6 mois. La taille maximale des testicules est atteinte à l'âge de 30 mois. Chez le lama ou l'alpaga adulte, ils sont de petite taille (5cm x 2,5cm) et sont très léger (18g).

Le scrotum est non pendulaire.

Le canal déférent mesure 2,5mm de diamètre pour 40cm de long

La tête de l'épididyme est développée comme chez le bélier. (SUMAR J., 1985).

#### ❖ Glandes accessoires :

L'appareil reproducteur mâle des PCSA est dépourvu de vésicules séminales (SUMAR J., 1985). Mais ils possèdent cependant deux glandes accessoires : les glandes bulbo urétrales situées latéralement à la base du pénis, et une prostate de petite taille en position dorsale.

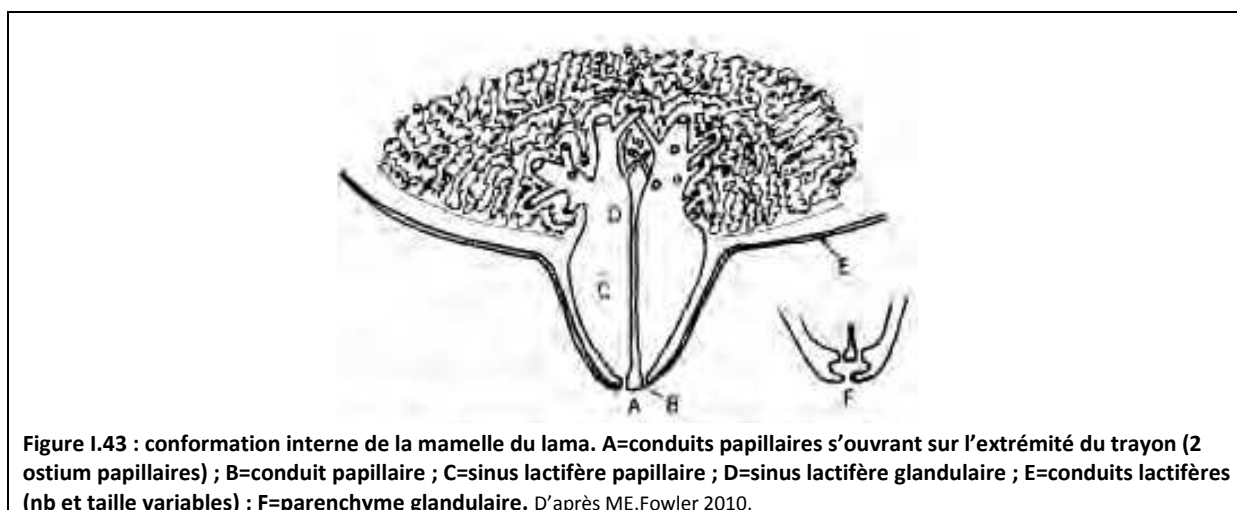
### ❖ Le prépuce :

Le prépuce des petits camélidés est orienté caudalement au repos, la miction s'effectue donc vers l'arrière. Lors de l'érection, la contraction du muscle protracteur du pénis le ramène vers l'avant. (BROWN B., 2000 ; GIUDICELLI E., 2004).

## 2.11. Les mamelles

### 2.11.1. Les glandes mammaires (LEYVA, V. & al., 1991 ; ch.10 FOWLER ME., 2010).

Il y a quatre mamelons pour chaque chaîne mammaire, chez les grands et petits camélidés. On peut également observer des mamelles surnuméraires cranialement ou caudalement aux autres mamelles. Chez les petits camélidés chaque trayon possède deux conduits papillaires qui se divisent en deux sinu lactifères papillaires, deux sinu lactifères glandulaires et deux glandes cisternales. (**Fig. I.43**)



Les canaux du trayon peuvent aboutir chacun à l'extrémité de la mamelle ou former un sinus au bout de la mamelle, donnant la fausse impression qu'il n'y a qu'un canal. Les citernes combinées mesurent environ 2,5 cm de long et 1 cm de diamètre. Les glandes sont composées de glandes tubulo-alvéolaires similaires à celles des bovins et ovins. Chez les PCSA, les moitiés droite et gauche de la glande mammaire sont séparées par un ligament suspenseur de la mamelle/ du pis incomplet. Les quartiers avant et arrière ne peuvent être visuellement ou chirurgicalement séparés, mais il n'y a aucune connexion entre les systèmes de collection du lait de chaque quartier (avant et arrière). Collecter du lait manuellement chez un lama ou alpaga est un challenge car les mamelles sont très petites.

## **2.12. Données physiologiques**

### **2.12.1. Longévité**

Un alpaga vit de 15 à 25 ans en moyenne.

### **2.12.2. Métabolisme basal**

La fréquence cardiaque des petits camélidés peut varier entre 60 et 100 (80+/- 18) battements par minute. L'évaluation du pouls n'est pas utilisée, car il n'y a pas d'artère accessible. Le coeur est accessible à l'auscultation comme chez les autres mammifères. En écartant les fibres, placer le stéthoscope au niveau du coude, caudalement au triceps, ce qui permet à la fois l'auscultation cardiaque et thoracique.

Une arythmie sinusale est une découverte fréquente.

La fréquence respiratoire normale varie entre 10 et 30 mouvements par minute.

### **2.12.3. Température corporelle**

La température corporelle des camélidés adultes au repos varie en fonction de leur environnement. (**Tableau I.3**).

**Tableau I.4 : Variation de la température corporelle des petits camélidés selon leur âge, et la température extérieure.**  
Source Fowler 2010.

| <b>Paramètre</b>                                                      | <b>Valeur chez les camélidés du nouveau monde</b> |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Température corporelle, individu adulte, température ambiante modérée | 37.5-38.5 °C                                      |
| Température corporelle, individu adulte, température ambiante élevée  | Jusqu'à 40°C                                      |
| Température corporelle, crias                                         | 0.5-1°C supérieur à l'adulte                      |

La température corporelle normale d'un camélidé nouveau-né est plus variable car les mécanismes de thermorégulation ne sont pas encore aussi sophistiqués que ceux des adultes. Les camélidés sud-américains ont évolué dans des climats rudes et s'adaptent très bien au froid. Des climats chauds et humides sont moins bien tolérés, et des systèmes spéciaux de rafraîchissement devraient être mis en place dans les élevages concernés par ce type de climat, pour aider les animaux à lutter contre le stress dû à la chaleur. (ch.9 FOWLER ME., 2010). Pendant les étés chauds, certains lamas peuvent tolérer une élévation de température corporelle jusqu'à 40°C. On peut les voir rester tranquillement en plein soleil lors d'été très chaud. Mais, rappelons que la toison protège du froid comme de la chaleur.

Les petits camélidés qui doivent rester couchés (trauma, maladie,...) sont plus sujets au stress de chaleur, même dans des environnements neutres, car le ventre est une zone sans fibre, et le site de dissipation de la chaleur. Si l'animal est en décubitus en permanence, aucune chaleur corporelle, qu'elle soit normale, ou pathologique (fièvre), ne peut être dissipée.

## 2.12.4. Hématologie et biochimie

### 2.12.4.1. Prise de sang

Les analyses de sang sont nécessaires pour investiguer de nombreuses affections. Mais la récolte du sang n'est pas une tâche aisée chez les petits camélidés.

En effet, alors que chez les autres espèces domestiques, les prises de sang à la jugulaire peuvent se faire à n'importe quel niveau du cou, chez les petits camélidés, deux sites sont utilisés pour la ponction veineuse. En effet, leur veine jugulaire présente de multiples mécanismes de protection contre la perte sanguine (qui pourrait être causée lors de combats entre mâles par exemple). De plus, il faut éviter de ponctionner l'artère carotide au cours de la prise de sang.

Par conséquent, les sites préférentiels sont: en bas du cou, au niveau de C5-C6, ou en haut du cou, proche de la branche de la mandibule.

Les projections ventrales de C6 sont proéminentes, et peuvent servir de repères pour la ponction veineuse basse.

On peut également prélever du sang à l'artère auriculaire avec une aiguille 2,5cm x 22G et une seringue héparinée de 3ml. Sur les nouveau née, animaux anesthésiés, ou très coopératifs, l'artère saphène médiale est large et très accessible. (ch.15 FOWLER ME., 2010)

### 2.12.4.1. Observations et paramètres hématologiques et biochimiques.

Les valeurs de référence des paramètres hématologiques des camélidés sont présentées en annexe 5 dans le **tableau I.5**.

Des études, menées en Amérique du Sud ont rapporté des résultats très similaires entre les paramètres des lamas, alpagas, et vigognes, on suppose donc aujourd'hui que les paramètres d'une espèce peuvent s'appliquer aux autres.

Les concentrations en hémoglobine chez les petits camélidés est supérieure à celles des bovins et similaires à celles des chevaux, en revanche, l'hématocrite est plus bas.

Les érythrocytes des camélidés sont elliptiques et de petite taille. Ils circulent en plus grand nombre que chez les autres mammifères.

Sur un étalement sanguin (**Fig. I.44**), on peut aussi observer physiologiquement des cristaux d'hémoglobine, et des anneaux de Cabot, plus rares. (TORNQUIST S., 2009).

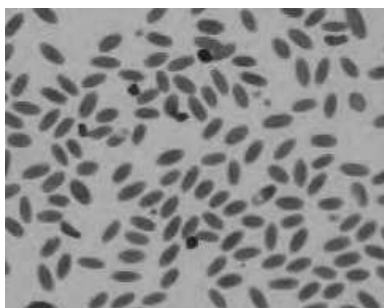


Figure I.44 : Hématies ellipsoïdes et cristaux d'hémoglobine observés sur un étalement sanguin d'alpaga. (Tornquist 2009)

### **3. APPROCHE ETHOLOGIQUE**

#### **3.1. L'alpaga en liberté**

##### **3.1.1. Milieu naturel et répartition**



**Figure I.45 : Alpagas broutant sur les « bodefales ».** (ME. Fowler, 2010).

Autrefois très répandus du niveau de la mer aux hautes altitudes, son territoire s'est réduit aux Andes du Pérou et de Bolivie, au Nord du Chili et de l'Argentine, et au Sud de l'Equateur. L'alpaga vit à des altitudes plus élevées que le lama : 4200 à 4800 mètres, sur des plaines humides ou « bodefales ». On compte environ 6 030 000 en Amérique du Sud.

##### **3.1.2. Alimentation de l'alpaga à l'état naturel.**

L'alpaga broute sur les bodefales (pairies marécageuses) des plantes dont la composition varie beaucoup d'une saison à l'autre, selon l'altitude et le type de sol. (HOWARD, F.A.S.M. 1988).

Pendant la saison sèche, la végétation est éparse et de pauvre qualité nutritionnelle. En revanche, l'étude de Mc Dowell en 1974 a montré que les plantes péruviennes peuvent présenter une qualité nutritionnelle correcte à bonne pendant certaines périodes de l'année. Même si les camélidés se sont adaptés pour survivre dans de tels environnements, il est important de reconnaître que leur croissance et leur fertilité peuvent être améliorées en leur donnant une nutrition optimale et adaptée pendant la majeure partie de l'année.

### **3.2. L'alpaga, un nouvel animal de compagnie.**

#### **3.2.1. Réglementation**

##### **❖ Déclaration des animaux :**

Parmi les petits camélidés, seuls les lamas et alpagas sont des animaux classés comme "domestiques" en France. Pour ces deux espèces, il n'est donc pas nécessaire de faire une demande de "Certificat de au Ministère de l'Environnement pour les élever. Une déclaration à la Mairie ou à la Préfecture n'est pas nécessaire non plus.

En revanche, si le possesseur des alpagas ou lama les utilise pour des activités générant des revenus, il doit choisir son statut fiscal en fonction de cette activité lucrative. Cela peut se discuter en cas de doute avec un Inspecteur des Services Fiscaux (fiscalité agricole, micro-entreprise, SARL, Association Loi 1901 ...).

##### **❖ Les obligations sanitaires :**

Il n'y a actuellement pas de prophylaxie nationale obligatoire en France concernant les petits camélidés domestiques. Un éleveur ou détenteur d'alpaga peut tout de même faire dépister ses animaux pour la tuberculose et la brucellose, mais les tests utilisés sont spécifiques aux bovins/ovins, rendant souvent ininterprétables leurs résultats chez les petits camélidés. Les éleveurs ou détenteurs d'alpaga souhaitant participer à des concours ou se rendre à l'étranger devront en revanche se soumettre aux exigences de l'organisateur ou du pays de destination. (C. GIUDICELLI, A.F.L.A.).

##### **❖ Identification et enregistrement (libre) :**

La Bergerie Nationale de Rambouillet gère le Registre National des lamas et alpagas.

C'est un enregistrement libre, à conseiller aux propriétaires.

Le site LAREU permet également d'enregistrer son animal.

Les animaux sont en général identifiés par puce électronique (en sous cutané, à la base de l'oreille gauche, comme pour les NAC).

#### **3.2.2. Vie en captivité**

##### *3.2.2.1. Logement : la gestion de l'habitat des lamas et des alpagas.*

Les petits camélidés domestiques vivent à l'extérieur, dans un pré ou un enclos. Un abri (3 côtés, râtelier bas) peut être construit, les animaux pourront l'utiliser en cas de forte pluie ou de chute de neige (**Fig. I.46**). Il sera intéressant de prévoir des séparations internes afin d'isoler, si nécessaire, un animal (par exemple une femelle qui vient de mettre bas avec son petit). Un petit corral dans un angle de l'enclos permet d'attraper et de soigner les animaux facilement et tranquillement. Ainsi, les alpagas sont plus calmes qu'en les attrapant dans la cabane, et ils se sentiront alors plus en sécurité et détendus pour se reposer dans ce lieu « sûr », et y séjourneront plus volontiers. (ALPAGA DEVELOPPEMENT).



Figure I.46 : Abri construit pour recevoir les petits camélidés, au sein de leur pâture. (A.F.L.A.)

En outre, même s'il est capable de sauter jusqu'à 1m50 de haut, un animal qui se sent bien dans son parc ne sautera pas les clôtures.

On peut utiliser des clôtures type "néo-zélandaise", du grillage à moutons, ou une clôture électrique. Éviter les fils de fer barbelés (risque de blessure comme chez tous les autres animaux). Il faut prévoir des clôtures de 1,20 m à 1,80 m selon la surveillance que vous envisagez d'exercer.

La superficie à leur consacrer dépendra de la qualité et quantité que produit la parcelle. Là où on compte 7 moutons à l'hectare, on peut envisager de mettre 5 petits camélidés (environ 1000m<sup>2</sup> par alpaga). (Dr B. GIUDICELLI, A.F.L.A.)

#### 3.2.2.2. Alimentation et abreuvement. (GIUDICELLI B. & C, 2004 ; A.F.L.A.).

Il existe peu d'études traitant des besoins nutritifs de l'alpaga, les données suivantes reposent sur des observations des habitudes alimentaires des animaux en zoo, élevage, ou particuliers.

Concernant le type de pâture, le lama est plus rustique que l'alpaga. Il demande : herbe, fourrage, feuilles ou broussailles. L'alpaga préférera des prés ou des endroits plus humides mais consommera peu les buissons.

En outre, il faudra leur apporter de l'eau, et des aliments supplémentaires : du fourrage, et éventuellement des compléments.

#### ❖ L'eau :

Les camélidés sont des animaux sobres (environ 6L d'eau par jour), mais on leur fournira de l'eau propre quotidiennement.

La distribution de l'eau sera à volonté, dans des abreuvoirs automatiques à niveau constant. Dans une zone à hiver froid, un abreuvoir chauffant est une installation de choix.

### ❖ Les besoins alimentaires.

Les besoins énergétiques des lamas et alpagas sont fonction de leur taille et de leur stade physiologique.

#### ○ Détermination des besoins en fonction de la taille :

Les besoins sont proportionnels au poids de l'animal, mais aussi à sa surface corporelle. Par conséquent, un animal de petite taille (dont la surface corporelle par rapport à son poids est importante) aura proportionnellement des besoins plus importants qu'un animal de grande taille.

C'est la raison pour laquelle les calculs sont proposés non pas par rapport au poids brut de l'animal, mais par rapport à son poids métabolique qui est égal au poids en kg auquel on applique un exposant 0,75.

#### ○ Détermination des besoins en fonction du stade physiologique :

##### *La maintenance :*

Les animaux sont considérés en maintenance lorsqu'ils sont adultes (à partir de 3 ans) et qu'ils n'ont pas d'activité spéciale nécessitant une suralimentation.

Exemple : le cas des mâles au pré dont les seuls besoins alimentaires leur servent à rester "en état", sans maigrir ni grossir.

##### *La croissance :*

On considère que la croissance des petits camélidés dure 3 ans : une croissance importante jusqu'à 2 ans, suivi d'une phase de croissance moins marquée au cours de la 3<sup>ème</sup> année. Un jeune lama peut présenter un GMQ de 500 g par jour. Les jeunes en croissance sont également plus actifs donc dépensent plus. En tenant compte de ces paramètres, les besoins de croissance sont estimés à 2 fois les besoins de maintenance.

##### *La gestation :*

Une femelle reproductrice est en gestation pendant pratiquement toute sa vie productive, puisqu'elle va généralement être saillie à nouveau peu après la mise bas. Pendant les six premiers mois de gestation, le fœtus et les annexes fœtales occupent très peu de place dans l'abdomen de la femelle ; donc ses besoins alimentaires pendant cette période sont identiques aux besoins de maintenance. (Attention toutefois si cette femelle allaite : voir besoin de lactation). Il faut donc veiller à ne pas suralimenter une femelle en début de gestation, car le surpoids augmente les risques liés au vêlage. En revanche, en fin de gestation, le fœtus et les enveloppes occupent un large volume dans l'abdomen de la femelle : les besoins de fin de gestation sont estimés à 2 fois les besoins de maintenance.

##### *La lactation :*

Une femelle allaite pendant environ six mois. Le pic de lactation se situant vers un mois. Les besoins de lactation sont variables et dépendent essentiellement des réserves corporelles de la mère. Ils varient entre 1 et 2,5 fois les besoins de maintenance.

##### *Le travail :*

C'est le cas du lama ou alpaga de randonnée. Cet animal a des besoins énergétiques augmentés. Ils varient en fonction de la difficulté de la randonnée. On considère qu'un



animal qui fait une petite promenade le week-end n'a pas de besoins supplémentaires ; en revanche, lorsqu'il doit marcher longtemps, plusieurs jours de suite, et porter une charge de plusieurs dizaines de kilos, on pourra jusqu'à tripler la ration. Les besoins de l'animal au travail varient ainsi entre 1 et 3 fois les besoins de maintenance.

#### ❖ **Les aliments de base.**

##### ○ *Le foin et l'herbe (fourrages)*

Les fibres (fourrage) sont essentielles car elles permettent une bonne digestion. Il est donc bon de donner 50 à 100% de la ration en fourrage.

La microflore et microfaune du C1 (compartiment 1 de l'estomac) du lama ont un grand pouvoir de dégradation de la cellulose, ce qui lui permet une très bonne valorisation des herbages grossiers (broussaille). L'alpaga préférera des prés ou des endroits plus humides mais consommera peu les buissons.

La nourriture des camélidés est essentiellement fournie par les végétaux verts ou secs (foin, grain). Ces végétaux doivent apporter les éléments nécessaires pour couvrir les besoins physiologiques des animaux. On estime qu'une ration de maintenance est égale à 1,8% du poids du corps en matière sèche (à titre de comparaison, les besoins d'une brebis sont d'environ 3% : le lama "rentabilise" beaucoup mieux sa nourriture).

- Un lama de 150 kg consommera  $150 \times 1,8\% = 2,7$  kg de matière sèche.
- Le foin contient à peu près 90% de matière sèche.
- Le lama de 150 kg consommera  $2,7 \times 100/90 = 3$  kg de foin par jour.

Si l'on veut augmenter la ration, sachant que le lama ne pourra pas ingérer plus de foin, on lui donnera une alimentation concentrée sous forme de granulés ou de grains (orge aplatie par exemple).

Les alpagas doivent disposer de foin, d'eau et de minéraux.

Ces derniers seront apportés par des pierres à lécher, ou des poudres, ou la distribution d'un aliment concentré riche en minéraux adapté aux camélidés.

##### ○ *Le grain ou le granulé*

Selon l'état physiologique de l'animal, l'éleveur pourra compléter avec du grain ou du granulé (aliment concentré).

##### *Quel granulé choisir ?*

Il n'est pas indispensable de choisir un granulé riche en protéines (16% par exemple), ce qui compte, c'est qu'il soit appétant pour le lama ou l'alpaga.

##### *Quelle quantité donner ?*

Tout dépendra de la taille et de l'état de maigreur de votre animal. On peut envisager une quantité de 500 g à 1 kg par jour, mais en restant prudent : tout changement alimentaire doit être introduit très progressivement, et il est préférable de ne pas donner trop de granulés à un jeune.

En période de grosses chaleurs, il convient de ne pas trop donner de granulé ou grain (apport énergétique trop important, et risque augmenté de “stress de chaleur”). On donnera la ration de préférence le soir.

A l'inverse, en hiver, ou en période de grand froid, un animal aura peut-être un besoin en granulé augmenté.

#### *Comment donner la supplémentation?*

Lors de la distribution du complément, pour éviter que les animaux dominants mangent la ration de l'animal que l'on souhaite compléter, il est conseillé d'isoler ce dernier (en dehors de l'enclos par exemple) (figure XXX).

Un seau trop profond est inconfortable pour un petit camélidé : il n'aimera pas plonger sa tête dans un seau étroit, où les oreilles seront malmenées : il laissera le granulé faute de ne pouvoir l'atteindre.

- En résumé, l'organisation de la ration :

Eau : A volonté. Dans des abreuvoirs automatiques à niveau constant. Si vous êtes dans une zone à hiver froid, vous choisirez avantageusement un abreuvoir chauffant.

Foin : Il sera distribué dans des râteliers placés au sol. 1m de râtelier par animal est idéal. Bon foin de première coupe de pré.

Sel : Une pierre à sel sera laissée dans le parc, à volonté. Les lamas et les alpagas lècheront le sel selon leurs besoins.

Minéraux : une cuvette de minéraux peut être laissée en permanence à disposition des animaux, mais les animaux les lèchent assez peu. D'ailleurs, si des carences en sélénium, vitamine E, zinc et cuivre sont rapportées, on conseille une supplémentation minérale par granulés.

Concentré (si nécessaire) : Des céréales, ou des granulés pour chevaux (500g une à deux fois/j) ou brebis laitières sont souvent utilisés.

#### ❖ **Note d'état corporelle.**

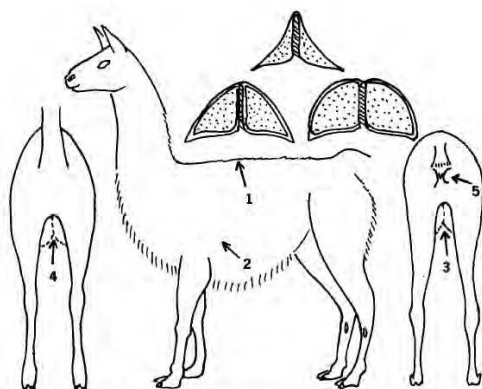


Figure I.47: Sites anatomiques à observer pour évaluer la note d'état corporel. 1=colonne vertébrale, 2=zones sans fibre derrière le coude, 3=entre les pattes arrières, 4=ars, 5=périnée. Score de 1 à 10, 1=maigre, 5=idéal, 10=obèse.

(D'après ME. Fowler, 2010).

La notation de l'état corporel constitue un outil de terrain efficace, fiable, rapide et peu coûteux, permettant à l'éleveur, au technicien ou au vétérinaire d'évaluer les réserves lipidiques de l'animal, reflet de son statut énergétique à un moment donné, mais aussi, par l'obtention de profils d'état corporel, une approche dynamique des variations de la balance énergétique.

(L. BOSIO, 2006).

### 3.2.2.3. Reproduction des lamas et alpagas

#### ❖ **Eléments de physiologie.** (A.F.L.A.).

Chez les camélidés sud-américains, l'ovulation sera induite par la saillie du mâle. Une des premières conséquences de ce phénomène est qu'il n'y a pas de saison particulière d'accouplement. Une jeune femelle peut être mise au mâle vers 14 - 18 mois, selon son développement. Un jeune mâle peut remplir son rôle à partir de 2 ans 1/2 - 3 ans. La durée de gestation sera en moyenne de 350 jours chez le lama, 335 jours chez l'alpaga. La plupart des mise-bas ont lieu le jour, entre 5 h et 14 h, et se passent généralement sans problème. Les naissances gémellaires sont extrêmement rares. On peut sevrer le jeune vers 6 mois. On peut également choisir de laisser le petit avec sa mère : il continuera alors à téter beaucoup plus longtemps. Dans tous les cas, il conviendra de séparer le jeune au moins un mois avant la mise-bas suivante.

#### ❖ **Les soins aux cria.** (Dr. B. GIUDICELLI).

On parle du protocole systématique de soins aux nouveaux nés :

- A la naissance, désinfection du cordon ombilical (teinture d'iode).
- Vérifier la bonne prise de colostrum.
- Le jour de la naissance ou le lendemain, injection de sélénium.
- Pour les alpagas qui naissent en hiver (pas les lamas), injection de vitamine D car ils sont très sensibles au manque de vitamine D.
- A un mois et demi, première injection de vaccin entérotoxémie/tétanos avec rappel un mois plus tard.

### 3.2.2.3. Programme technico sanitaire pour les animaux (non obligatoire)/Les soins courants. (Dr. B. GIUDICELLI).

Les lamas et les alpagas nécessitent un certain nombre de soins courants et une alimentation adaptée pour être en bonne santé.

#### ❖ **Une alimentation adaptée.** (cf. alim ci-dessus)

#### ❖ **La vaccination annuelle.**

Aucune vaccination n'est encore obligatoire ; il est simplement recommandé de vacciner annuellement les animaux contre les entérotoxémies et le tétanos. Les mères seront vaccinées un à deux mois avant la date prévue de la mise-bas, et les autres animaux au printemps avant la poussée de l'herbe.

Les crias seront vaccinés à l'âge de un mois et demi avec un rappel un mois plus tard.

#### ❖ **La vermifugation.**

Un traitement antiparasitaire interne et externe périodique (printemps et automne) est nécessaire, principalement contre les trichures et la petite douve, et les gales.

En plus de l'ivermectine, le fenbendazole et le praziquantel doivent parfois être utilisés, en doublant la dose par rapport aux ruminants.

### ❖ Les soins des pieds

Le pied est formé d'un coussinet mou prolongé par un ongle. Il faut surveiller la pousse des ongles qui doivent parfois être taillés (surtout si les animaux vivent sur un terrain meuble).

### ❖ La tonte des toisons

Si l'on a choisi les lamas et les alpagas pour travailler leur laine, on choisira de les tondre (une fois par an ou une fois tous les deux ans) au printemps. La tonte est aussi nécessaire pour les prémunir du stress de chaleur lors d'été très chaud.

Les tondeuses utilisées pour tondre les lamas et alpagas doivent être plongées dans de l'huile puis dans de l'eau pour les rafraîchir. Les lames oscillent à la vitesse moyenne de 300 mouvements par minute, alors que les tondeuses utilisées pour les moutons oscillent à environ 1000 mouvements par minute.

### ❖ Exemple de programme technico sanitaire :

Fin février : Vaccination contre l'entérotoxémie et tétanos avec le vaccin "Miloxan" pour les jeunes, les mâles et les femelles non gestantes. Les femelles gestantes seront vaccinées un mois avant la date prévue de la mise-bas.

Mai-Juin : Tonte. Tailler les ongles si nécessaire.

Été : Attention aux grosses chaleurs : l'idéal serait une "piscine" (profondeur : 0,20 à 0,30 cm) où les animaux pourront se tremper les pieds.

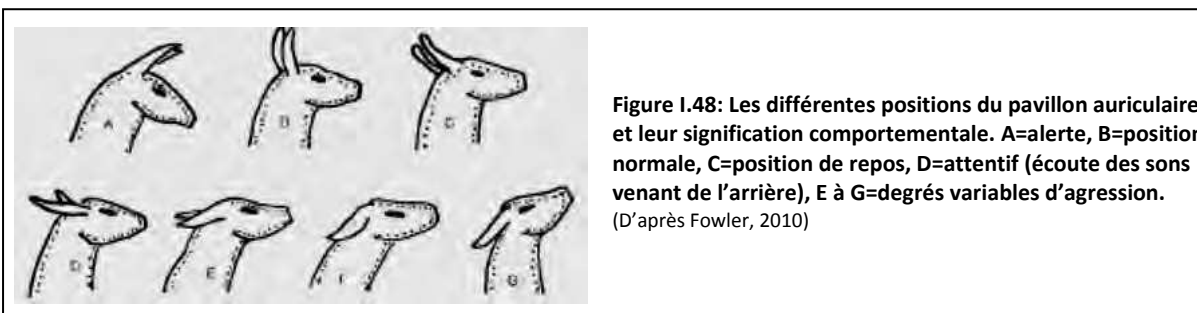
Septembre : Coproscopie pour dépistage du parasitisme et traitement adapté.

### 3.2.3. Comportement (GIUDICELLI B. & C, 2004 ; ch.3 FOWLER ME., 2010 ; FRANKLIN, W.L. 1982).

C'est la position des oreilles et de la queue des camélidés sud-américains qui est l'un des meilleurs indicateurs de leurs réactions comportementales. Il est important de connaître ces signaux pour minimiser le stress des animaux, et des soigneurs ou propriétaires.

#### 3.2.3.1. La position des oreilles.

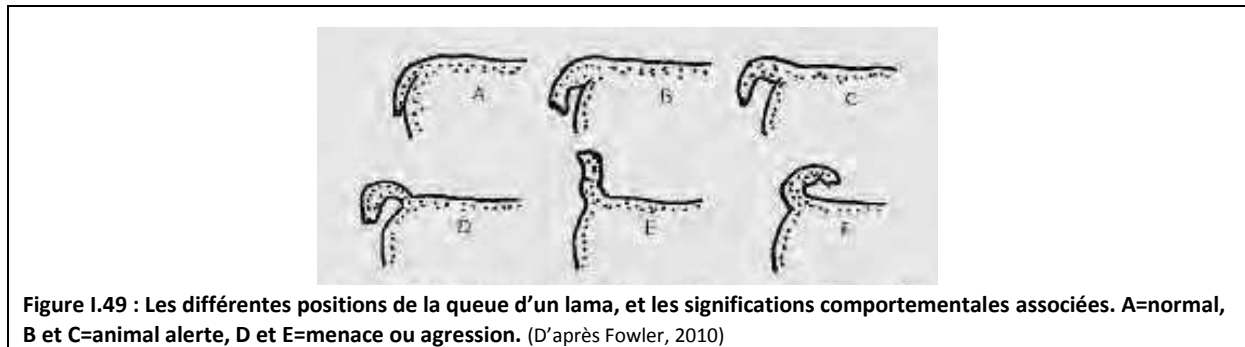
Les différentes positions des oreilles et de la tête, et les signaux qu'elles représentent chez les petits camélidés sont présentées par la **figure I.48**.



Un animal relaxé, non stressé portera ses oreilles dressées vers le haut, ou horizontalement vers l'arrière, à discerner d'un animal agressif qui portera ses oreilles vraiment couchées vers l'arrière. Il existe en outre différents degrés d'agressivité signalés par les oreilles, la tête et la position de la queue. Plus les oreilles sont basses, plaquées contre le cou, et plus le museau est relevé, plus le degré d'agressivité est élevé.

#### 3.2.3.2. La position de la queue.

La position de la queue est également un élément renseignant sur le comportement social de l'animal (**Fig. I.49**). (BARKMAN, P. & B., 1999).



Un animal alerté ou un peu agressif portera sa queue légèrement élevée, mais sous l'horizontale. Plus l'agitation de l'animal augmente, plus la queue sera portée haute, jusqu'à la verticale, et même retroussée sur le bas du dos. Chez les mâles agités on observe souvent des oscillations de la queue d'un côté à l'autre. Les animaux utilisent ces signaux pour dissuader les animaux les plus soumis, et minimiser le nombre de combat. La soumission chez les petits camélidés est indiquée par un port de queue très bas, celle-ci étant repliée vers le ventre ; les oreilles sont normales à basses, les membres thoraciques sont légèrement courbés. Ce comportement s'observe chez des alpagas qui ont été très tôt en contact avec des humains.

#### 3.2.3.3. Les vocalises.

Les camélidés Sud-américains n'utilisent pas très souvent la voix pour communiquer. Ils ont toutefois un « répertoire » de sons.

Les alpagas utilisent plus souvent les vocalises que les lamas.

Un gradient de sons a été décrit comme du « humming » ou fredonnement. La tonalité et la hauteur des sons émis sont significatives chez ces animaux.

FRANKLIN, W.L. décrit en 1982 le « fredonnement de contact » comme un son émis entre les membres d'un troupeau, et spécialement entre une mère et son petit. Le « fredonnement de statut » est un son plus grave qui communique la tension, l'inconfort, la douleur ou le soulagement. Le « fredonnement interrogatif » est un son plus aigu avec une inflexion terminant le son. Ont également été décrits le « fredonnement de séparation » et le « fredonnement de détresse », correspondant à d'autres variations d'intonation et de hauteur. Certains lamas et alpagas crient lorsqu'ils sont manipulés,

cela indique une peur extrême. Le « screeching » est un cri perçant que les mâles utilisent pour se chasser les uns les autres lors de combat ou de dispute territoriale. Un cri d'alarme a également été décrit lorsqu'un animal perçoit un danger proche. C'est un son très aigu émis en série, ressemblant presque à un sifflement.

#### *3.2.3.4. Le crachage.*

C'est la caractéristique comportementale des petits camélidés la plus connue du grand public. Il faut savoir que les lamas et alpagas ne crachent qu'en dernier recours lorsqu'ils se sentent menacés, car ils sont en général placides à l'égard des gens.

Le matériel craché peut être de la salive, ou de la nourriture.

Il y a néanmoins des signes comportementaux à repérer annonçant qu'ils s'apprêtent à cracher : les oreilles sont portées très basses contre le cou, et un « glouglou » peut être entendu dans la région de la gorge, suivi de la régurgitation d'un bolus de nourriture depuis le premier compartiment digestif. C'est alors qu'ils crachent.

Il semblerait que les alpagas crachent plus souvent que les lamas. Il arrive que certains animaux développent une antipathie pour une personne en particulier, et il s'agit très souvent du vétérinaire.

Les mâles peuvent présenter des comportements offensifs tels que la morsure, la charge, la levade (poitrine à poitrine), et ils peuvent également botter et les alpagas sont connus pour leur cow-kicking (vers l'avant et l'extérieur).

#### *3.2.3.5. Urine et défécation.*

Les camélidés sud-américains urinent et défèquent normalement sur un tas d'excréments commun à tous les individus du groupe.

Le rituel commence le matin, au lever du jour, lors du réveil, et c'est souvent le seul moment où l'on peut collecter des urines et des fèces frais. La zone de défécation est un endroit de rassemblement. Les mâles, autant que les femelles s'accroupissent et projettent des jets d'urine vers l'arrière loin de leurs pattes arrière.

La fréquence, la position et la durée de l'urination et défécation sont des indicateurs de maladie débutante.

#### *3.2.3.6. Décubitus.*

Le décubitus sternal est la position communément adoptée par les alpagas et lamas au repos. C'est aussi la position « par défaut » adoptée lorsqu'ils sont confrontés à une situation déplaisante (prise de sang, coupe/limage des ongles...).

Lorsqu'ils sont couchés en position sternale, leurs pattes avant sont généralement pliées sous leur corps, mais ils ont la capacité unique chez les ongulés de pouvoir laisser leurs pattes étendues vers l'avant. La callosité sternale qu'ils présentent leur permet de rester couchés dans cette position pendant des heures sans perturber la circulation sanguine des membres.

Les alpagas et lamas peuvent également adopter un décubitus latéral lorsqu'ils dorment.

L'évaluation des formes de décubitus est importante pour le diagnostic de maladies.

#### *3.2.3.7. Notion d'imprégnation.*

Imprégner un animal, c'est l'habituer de façon très poussée à avoir des contacts avec les humains. Il faut procéder avec discernement dans ce domaine. (GIUDICELLI B. & C., 2004).

#### *3.2.3.8. Autres comportements.*

Un autre comportement caractéristique est la roulade, (dans la poussière), à différencier des manifestations de colique. (FOWLER ME., 2010)

#### **4. DOMINANTES PATHOLOGIQUES DES PETITS CAMÉLIDÉS.**(MERK veterinary manuel).

##### **4.1. Défaits congénitaux.**

###### **❖ Atrésie choanale.**

Il s'agit d'un défaut d'ouverture des choanes (uni ou bilatéral) au cours du développement embryologique. C'est sûrement le défaut congénital le plus répandu chez les camélidés Sud-américains. La présentation clinique classique est un nouveau-né en détresse respiratoire. Les joues peuvent également se soulever pendant la phase d'inspiration. La détresse respiratoire s'accroît généralement lors du « nursing » et le cria tousse et régurgite suite à l'inhalation de lait.

###### **❖ « Wry face » ou déviation maxillaire.**

Cette affection est caractérisée par une déviation maxillaire de légère ( $<5^\circ$ ) à marquée ( $>60^\circ$ ). Une déviation mandibulaire peut, ou non, y être associée. L'occlusion des narines et un défaut d'apposition entre incisives et coussinet gingival conduisent le plus souvent à l'euthanasie du cria.

###### **❖ Défaits oculaires et auriculaires.**

Cataracte juvénile, surdité chez les crias aux yeux bleus, oreilles soudées à la base, ou oreilles courtes.

###### **❖ Défaits cardiaques.**

Ils sont relativement communs, et les défauts de la paroi ventriculaire sont plus fréquents que la persistance du canal artériel.

###### **❖ Défaits de l'appareil locomoteur et du squelette axial.**

Ils sont nombreux à avoir été identifiés : la syndactylie ou la polydactylie, l'arthrogrypose, la luxation tibiotarsienne, les déformations angulaires des membres thoraciques (dont le valgus du carpe), et des laxités tendineuses (exemple de l'hyperextension du boulet). Les anomalies et déviations de la queue (ex : hémivertèbres) sont également fréquemment rapportées.

###### **❖ Défaits de l'appareil urogénital.**

Ils sont plus courants chez les petits camélidés que chez de nombreuses autres espèces. Les défauts de l'appareil génital les plus courants sont : utérus unicorne, ovaires hypoplasiques, col double, aplasie segmentaire du vagin ou de l'utérus, hypertrophie du clitoris et hypoplasie testiculaire.

L'absence d'un rein est parfois observée et souvent associée à une atrésie choanale.



#### **4.2. Maladies infectieuses.**

##### **❖ Infections bactériennes** (cf. annexe S).

Brucellose, tuberculose et paratuberculose (maladie de Johne) ont été identifiées chez les CSA, mais l'incidence de ces affections est faible. *Clostridium perfringens* type A, dont certaines souches produisent des toxines (entérotoxémie), peut s'avérer très pathogène, résultant en un taux de mortalité important chez les crias de moins de 4 ans notamment.

##### **❖ Infections virales.**

La plupart des camélidés sont séropositifs pour un adénovirus présumé non pathogène spécifique aux lamas. Occasionnellement, un animal sera testé positif au virus du BVD, et seuls quelques animaux présenteront une diarrhée peu grave ou des signes respiratoires. Des cas d'infection par l'herpès virus équin 1 ont également été rapportés chez un petit nombre d'alpagas. Les petits camélidés peuvent aussi être porteurs asymptomatiques du virus de la fièvre catarrhale ovine. Enfin, les camélidés Sud-américains peuvent contracter la fièvre aphteuse, assez fruste cliniquement.

#### **4.3. Affections du système digestif.**

##### **❖ Mégaoesophage:**

Il est relativement courant d'observer une dilatation œsophagienne modérée à sévère chez les lamas ou alpagas. La clinique associée inclut une perte de poids chronique et une régurgitation postprandiale.

Si l'œsophage cervical est dilaté, il est parfois possible de voir les bolus de nourriture bouger de haut en bas le long du cou. Il n'y a pas de prédisposition d'âge ou de sexe, et aucune étiologie n'a pu être établie.

Un cas suspect de mégaoesophage devrait être confirmé par radiographie de contraste (baryum). Aucun traitement (chirurgical ou modification de l'alimentation et de sa distribution) n'a été efficace.

A long terme, le pronostic est réservé à pauvre.

##### **❖ Ulcères.**

Des érosions partielles ou complètes de la portion distale de C-3 sécrétrice d'acide et de la portion la plus proximale du duodénum, sont très courantes. L'animal mange moins, est abattu, et présente des signes de colique intermittente à sévère. L'étiologie de ces ulcères n'a pas été clarifiée, mais le stress apparaît comme un facteur favorisant, la clinique apparaissant souvent 3 à 5 jours après des blessures sérieuses, fractures, traumatismes, etc... Le rôle de l'apport exogène de corticoïdes est inconnu.

On ne dispose pas d'outil diagnostique en pré mortem.

##### **❖ Pancréatite exocrine.**

#### ❖ **Lipidose hépatique.**

Affection relativement courante chez les camélidés Sud-américains. Les signes cliniques associés à l'insuffisance hépatique chez les autres espèces sont fréquemment observés, même si des cas de mort brutale ont été rapportés. L'étiologie n'est pas définie, mais le stress et/ou une diminution brutale de la quantité d'aliment consommé semblent y contribuer.

#### ❖ **Affections intestinales.**

La diarrhée est un symptôme peu couramment présenté par les lamas ou alpagas. La première cause de diarrhée du nouveau-né est la coccidiose à *Eimeria* spp. Chez les animaux plus vieux, les principaux agents de diarrhée sont *Salmonella* spp., *Giardia* spp., *Cryptosporidium parvum* et *Mycobacterium paratuberculosis*. Une affection tumorale doit entrer dans le diagnostic différentiel de la paratuberculose : le lymphosarcome, qui entraîne des symptômes similaires tels que l'épaississement de la paroi intestinale, et un élargissement important des nœuds lymphatiques mésentériques.

Ont également été rapportés, de nombreux cas d'obstruction ou d'impaction (bézoars, sable, entéro ou fécalo lithiases, ...) et de torsion intestinales (base du colon spiral).

### **4.4. Parasitoses.**

#### **4.4.1. Parasitoses internes.**

On distingue :

- Les coccidioses (dont *Eimeria* spp.)
- La gastro-entérite vermineuse de l'alaga (cf. annexe U) : nématodose à tropisme gastrointestinal, de première importance au Pérou.
- La sarcosporidiose : présence de kyste au sein des muscles
- La fasciolose hépatique à *Fasciola hépatica*.

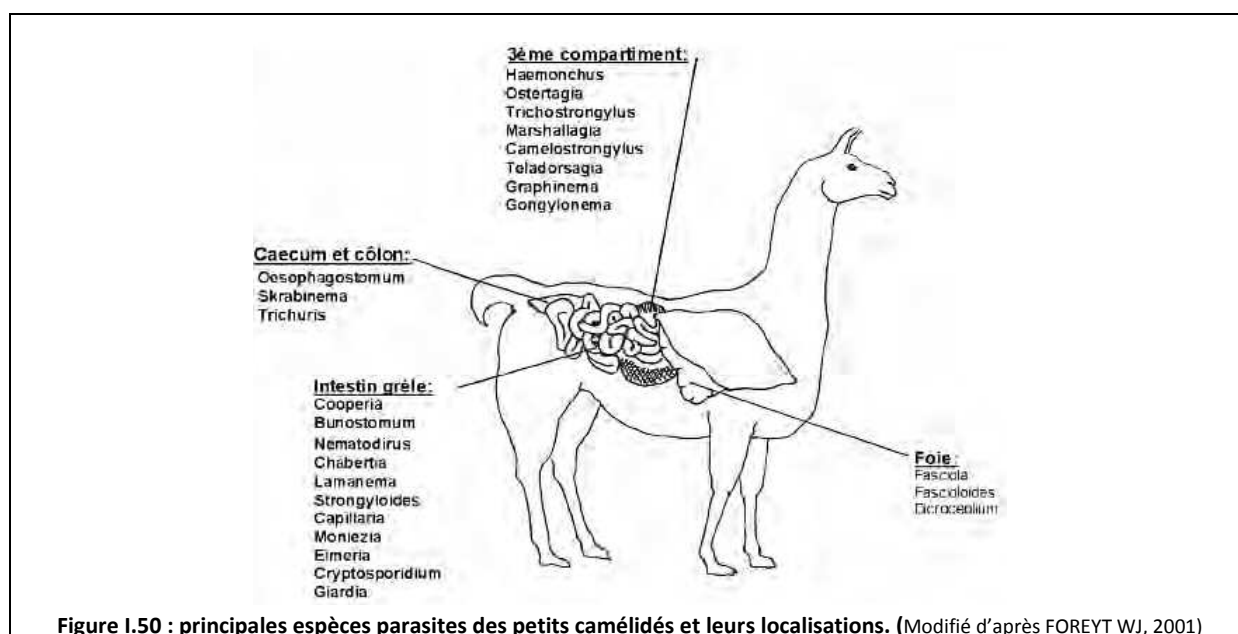


Figure I.50 : principales espèces parasites des petits camélidés et leurs localisations. (Modifié d'après FOREYT WJ, 2001)

#### **4.4.2. Parasitoses externes.**

- Les gales : *Sarcoptes scabiei* var *aucheniae* dans 95% des cas et *Psoroptes aucheniae* dans 5% des cas.
- La phtiriose : à *Damalina aucheniae* ou *Microthoracius mazzai*.

Source : Cicchino C et al., 1998; Legula G., Casas E., 1999.

#### **4.5. Affections respiratoires.**

##### **4.5.1. Affections de l'appareil respiratoire haut.**

Obstruction ou modification des cavités nasales (Myases des cavités nasales à *Cephenemyia* Spp., fibrome des voies nasales). Obstruction du parynx (hyperplasie du palai mou, masse subépiglottique),

##### **4.5.2. Affections du bas appareil respiratoire.**

L'auscultation des lamas et alpagas est difficile et apporte peu d'éléments diagnostiques. On a souvent recours à des clichés radiographiques de profil pour diagnostiquer une pneumonie. Les infections bactériennes des poumons sont relativement rares, et les agents les plus fréquemment isolés sont *Streptococcus* et *Corynebacterium* spp. Des cas de coccidioidomycose et plus rarement de tuberculose à *Mycobacterium bovis* ont également été décrits.

Outre les causes infectieuses, sont rapportés des cas de néoplasmes thoraciques (lymphome médiastinal, métastases pulmonaires), et de pneumothorax.

#### **4.6. Affections cardiovasculaires.**

BOON & al. ont analysé les données fournies par Purdue University entre 1986 et 1999 afin d'évaluer l'incidence des affections cardiovasculaires chez les camélidés nord américains. Un total de 2167 lamas ont été examinés, et une affection cardiovasculaire est rapportée dans 7,06% des cas. Le risque de présenter un défaut congénital n'est pas plus élevé chez les camélidés que chez les autres espèces animales, cependant, les lamas et alpagas semblent être prédisposés aux maladies cardiaques congénitales complexes. Insuffisance cardiaque congestive droite et gauche ont été décrites. L'endocardite est une lésion courante.

#### **4.7. Affections musculosquelettiques.**

##### **4.7.1. Affections articulaires.**

- Luxations : patellaires ou tibiotarsiennes acquises (trauma),
- Rupture des ligaments croisés, hyperextension du boulet,
- Rachitisme et déformation angulaire des membres, arthrose, arthrite,

##### **4.7.2. Affections osseuses.**

- Fractures traumatiques (ou pathologiques ?),

- Lésions osseuses agressives (ostéomyélite, ostéolyse, séquestre osseux, hémangiosarcome intraosseux, ostéopathie hypertrophique),

#### **4.7.3. Affections dentaires.**

- Malocclusion (abcès, tumeur, ostéomyélite)
- Maladie parodontale.
- 

#### **4.8. Affections cutanées.** (A.F.L.A.).

Ce sont des affections courantes chez les petits camélidés.

La cause principale est la blessure (combat, jeu, frottement de la sangle du bât en randonnée, traumatisme...). Les gales et phthirioses décrites précédemment sont également des causes de mauvais état cutané.

#### **4.9. Stress de chaleur.**

Ce syndrome peut prendre une forme insidieuse, affectant les performances ou la croissance des animaux, mais aussi une forme grave pouvant rapidement évoluer vers la mort de l'animal. La forme insidieuse peut entraîner chez les mâles, par une atteinte de la spermatogenèse, une baisse de la fertilité. Chez les femelles, peuvent survenir des résorptions embryonnaires, des avortements ou des crias prématurés, faibles, ou atteints d'anomalies congénitales. La production de colostrum et de lait peut être affectée. La forme grave, au tout début, peut être assez très difficile à détecter. Animal plus nonchalant, en décubitus un peu plus souvent que les autres, et mangeant moins. L'animal est en tachycardie, tachypnée, et hyperthermie. Sa lèvre inférieure est pendante laissant échapper un filet de salive. Chez un mâle, on pourra observer un gonflement net du scrotum.

L'animal est de plus en plus faible, se déplace de plus en plus difficilement, de manière désordonné, avec parfois, des tremblements. Il peut arriver qu'il défèque en restant couché. Si la température atteint ou dépasse 42°C on peut observer des convulsions.



## **1. LES ANIMAUX**

### **1.1. Provenance**

Pour la réalisation de cette étude, les données de plusieurs sources ont été utilisées.

Dans un premier temps, nous avons radiographié un alpaga mâle jeune adulte conservé après décès au service des nouveaux animaux de compagnie de l'ENVT. Ceci a permis d'obtenir la majeure partie des clichés radiographiques du squelette axial et appendiculaire. En revanche, les radiographies du thorax et de l'abdomen n'étaient pas de bonne qualité. Le service d'imagerie de l'université de Cornell (Ithaca) nous a gracieusement accordé l'autorisation d'utiliser certaines radiographies de leur banque de donnée pour enrichir l'atlas. En outre, quelques radiographies présentées dans des ouvrages de référence tels que le Fowler (*Medicine and Surgery of Camelids, Third Edition*) et le Farrow (*Veterinary diagnostic imaging: birds, exotic pets & wildlife*) ou dans des articles traitant de la radiographie des petits camélidés ont été rajoutées en complément.

Concernant l'atlas ostéologique, nous avons photographié et décrit le squelette préparé de l'alpaga mis à notre disposition par le service des nouveaux animaux de compagnie de l'E.N.V.T.

Enfin, la partie radiologie pathologique est essentiellement bibliographique.

### **1.2. Contention et anesthésie.**

#### **1.2.1. Contention physique.**



Figure II.1 : méthodes de contention physique d'un alpaga. A : plaquer la tête de l'animal contre son épaule, et presser son autre main sur la base du cou. B : tenir la queue de l'animal dans une main et plaquer son avant-bras sur la partie haute de son cou, en passant sous la tête.

La contention physique dépend de la taille et de la force de l'animal, et, sur un individu adulte, la contention chimique sera préférée.

### 1.2.2. Anesthésie, sédation.

La plupart du temps, une sédation est nécessaire à la bonne qualité des clichés du crâne. A l'hôpital vétérinaire « Grands Animaux » de l'université de Cornell, la prise de clichés radiographiques du crâne se fait sur des animaux sédatisés à la xylazine et au butorphanol. Andrew Niehaus, dans *Dental Disease in Llamas and Alpacas* propose le protocole suivant : de la xylazine en IV (0,2mg/kg pour les lamas et 0,3mg/kg pour les alpagas) à laquelle on peut associer le Butorphanol (0,05mg/kg IV) si l'animal nécessite d'être plus lourdement sédaté.

En général, les radiographies du squelette appendiculaire, du thorax et de l'abdomen de profil peuvent se prendre sans sédation ; mais si l'animal est anxieux et agité, on pourra utiliser la xylazine seule qui permet de le sédater tout en le gardant debout.



Cornell. Photographie personnelle.

**Photographie II.1 : Le docteur vétérinaire réalise l'injection de Xylazine et Butorphanol afin de tranquilliser la femelle alpaga.**

Le **tableau II.1** résume les différentes molécules couramment utilisées pour la contention chimique des camélidés et petits ruminants et indique leur posologie.

**Tableau II.1 : Molécules et posologies utilisées pour la contention chimique des petits ruminants et camélidés.** (Hui-Chu Lin, 2012).

| Molécules              | Posologie chez les petits camélidés (mg/kg) | Posologie chez les petits ruminants (mg/kg)       | Commentaires                                                                                            |
|------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Acépromazine           |                                             | <50kg : 0.1 à 0.2 IV<br>>50kg : 0.05 à 0.1 IV, IM | tranquillisation                                                                                        |
| Butorphanol            | 0.05 à 0.1 IV ou IM                         | 0.05 à 0.5 IM<br>0.4 IV                           | Sédation<br>Potentialise l'effet de la xylazine (sédation et analgésie)                                 |
| Détomidine             |                                             | 0.0005 à 0.02 IV<br>0.01 à 0.04 IM                | Sédation pour 45 à 60 minutes                                                                           |
| Diazépam               |                                             | 0.25 à 0.5 IV lente                               |                                                                                                         |
| Diazépam + Butorphanol | 0.1 IV<br>0.2 IV                            |                                                   | Animal qui reste en décubitus pendant une courte durée. Moins bonne analgésie que Xylazine/butorphanol. |
| Médétomidine           | 0.04 IM                                     | 0.001 à 0.007 IV<br>0.04 IM                       | IV → sédation<br>IM → décubitus 1h                                                                      |

|                                     |                                                                                                                                                                                                |                                                                        |                                                                                                |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Médétomidine + Butorphanol          | 0.01 à 0.02 IM<br>0.05 à 0.1 IM                                                                                                                                                                |                                                                        |                                                                                                |
| Morphine                            | 0.05 à 0.1 IV, IM                                                                                                                                                                              | 2 IV                                                                   |                                                                                                |
| Xylazine                            | 0.075 à 0.1 IV ou 0.15 à 0.2 IM, SC (lamas)<br>0.1 à 0.15 IV ou 0.2 à 0.3 IM, SC (alpagas)<br><br>0.22-0.33 IV ou 0.44 à 0.66 IM, SC (lamas)<br>0.33 à 0.44 IV ou 0.66 à 0.88 IM, SC (alpagas) | 0.01 à 0.02 IV<br><br><br>0.1 à 0.2 IV ou 0.2 à 0.3 IM                 | Sédation debout<br><br><br>Sédation couché                                                     |
| Xylazine + Butorphanol              | 0.4 IV<br>0.1 IV                                                                                                                                                                               | X : 0.1 à 0.2 IV<br>B : 0.01 à 0.02 IV                                 | Sédation profonde, animal couché 1h                                                            |
| Xylazine + kétamine                 | X : 0.025 à 0.03 IV (1 <sup>er</sup> )<br>K : 1.1 IV après sédation xylazine.                                                                                                                  |                                                                        | Contention chimique 10 à 15 minutes. Meilleure analgésie que xylazine seule.                   |
| Xylazine<br>Kétamine<br>Butorphanol | 0.22 à 0.33/0.55 IV/IM<br>0.22 à 0.33/0.55 IV/IM<br>0.08 à 0.11 IV, IM                                                                                                                         | 0.22 à 0.33/0.55 IV/IM<br>0.22 à 0.33/0.55 IV/IM<br>0.08 à 0.11 IV, IM | Animal couché, sédaté mais alerte, inconscient de ce qui l'entoure et des procédures réalisées |



## **2. LA RADIOLOGIE MEDICALE**

En médecine et chirurgie vétérinaire, la radiographie dite conventionnelle constitue un outil diagnostique de choix, que l'on travaille en clinique canine, équine, avec des animaux de rente et même des nouveaux animaux de compagnie.

Il convient donc de maîtriser la technique de rayonnement ionisant pour effectuer des clichés de bonne qualité et se protéger des effets néfastes de ce rayonnement.

Le but de cette étude n'est ni de reprendre les bases de la technique radiographique, ni d'élaborer un protocole strict à appliquer pour la réalisation de clichés radiographiques sur un alpage. Il s'agit de décrire une approche pratique de sa réalisation.

### **2.1. Technique radiographique.**

La majorité des clichés radiographiques du squelette ont été pris à la clinique équine de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse (radio K Rontgenwerk Bochum). Les cassettes utilisées sont de la marque Lamex Fine Kodak (écran lent) et fuji IP cassette type C 24x30 munies de films Fuji orthochromatiques.

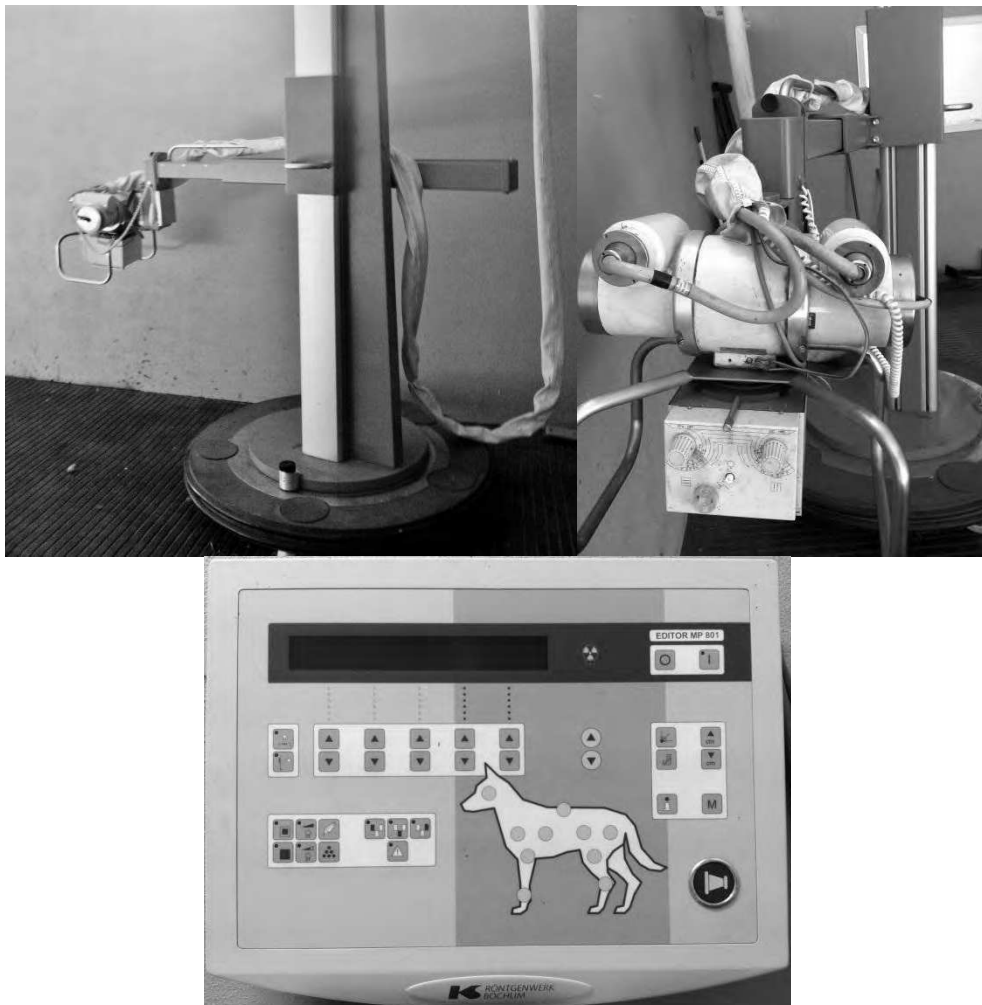


Figure II.2 : Appareil de radiographie, clinique équine, E.N.V.T. Données personnelles.

L'appareil utilisé à Cornell pour radiographier les alpagas est une Siemens Mobilett Plus, et les cassettes (type non connu) sont numérisées sur AGFA DX-G.

Enfin, concernant les clichés radiographiques de l'ouvrage *Medicine and Surgery of Camelids, Third Edition*, Murray E. Fowler : le film est un 3 - M, XDL general – purpose dans des cassettes Kodak Lamex regular screen. La distance entre l'appareil et le film a été maintenue constante à 100 cmm (40 pouces), l'exposition est de 0.10 secondes.

Le matériel radiologique utilisé en médecine vétérinaire équine est assez bien adapté à l'alpaga vu son gabarit.

Les constantes d'exposition (kV, mA, secondes) sont données ici à titre indicatif avec chaque cliché mais elles restent dépendantes de la taille de l'individu et de la machine de radiologie utilisée.

La qualité de chaque cliché est évaluée selon les critères suivants :

- techniques (**Tableau II.2**): les couples écrans-films et les constantes d'exposition seront modifiés en fonction du milieu radiographié et de l'exposition du cliché.
- anatomiques : chaque région a des repères de positionnement précis que l'on doit retrouver sur chaque cliché pour permettre la comparaison avec un cliché de référence et la mise en évidence d'anomalies.

**Tableau II.2 : évaluation technique d'un cliché radiographique, et conduite à tenir.** (D'après CONCHOU F., MOGICATO G., 2008).

|                                                       | Thorax                                                                                                                                                              | Abdomen                                                                                                                  | Os                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Contraste radiographique naturel                      | Elevé                                                                                                                                                               | Faible (liquides, tissus mous)                                                                                           | Moyen à faible                                                                                                                                 |
| Objectif technique                                    | Diminuer le contraste                                                                                                                                               | Augmenter le contraste                                                                                                   | Augmenter le contraste                                                                                                                         |
| Modification technique des constantes radiographiques | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliser des kV élevés</li> <li>- Diminuer le temps d'exposition (mouvement respiratoires)</li> </ul>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliser des kV faibles</li> <li>- Temps d'exposition moyen à faible</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliser des kV moyens à faibles</li> <li>- Temps d'exposition maximum (peu de mouvements)</li> </ul> |
| Cliché surexposé (trop noir)                          | Diminuer les mA                                                                                                                                                     | Diminuer les kV                                                                                                          | Diminuer les mA et/ou diminuer les kV s'ils étaient élevés (>60kV)                                                                             |
| Cliché sous-exposé (trop blanc)                       | Augmenter les kV                                                                                                                                                    | Augmenter les mA (attention aux mouvements si mA*s)                                                                      | Augmenter les mA et/ou augmenter les kV si faibles (<50kV)                                                                                     |
| Modifier l'exposition de 50%                          | Diviser les mA ou mA*s en 2 doit s'accompagner d'une augmentation de kV de 20%<br>Multiplier les mA ou mA*s par 2 doit s'accompagner d'une diminution des kV de 20% |                                                                                                                          |                                                                                                                                                |

**Tableau II.3 : Constantes radiographiques utilisées pour les lamas adultes.** D'après Fowler, 2010.

| Région anatomique                  | mA*s | kVP= pic des kV | Epaisseur<br>approximative chez<br>des lamas de 115-<br>125kg, en cm |
|------------------------------------|------|-----------------|----------------------------------------------------------------------|
| Tête                               |      |                 |                                                                      |
| - Latéral rostral                  | 100  | 62              | 9                                                                    |
| - Latéral caudal                   | 100  | 70              | 15                                                                   |
| - Dorso ventral rostral            | 100  | 70              | 13                                                                   |
| - Dorso ventral caudal             | 100  | 72              | 18                                                                   |
| Vertèbres                          |      |                 |                                                                      |
| - Cervicales latéral               | 200  | 80              | 10                                                                   |
| - Cervicales DV                    | 100  | 66              | 15                                                                   |
| - Thoraciques latéral              | 100  | 80              | 29                                                                   |
| - Lombaires latéral                | 200  | 84              | 23                                                                   |
| - Lombaires DV                     | 200  | 96              |                                                                      |
| - Bassin latéral                   | 200  | 96              | 30                                                                   |
| - Bassin DV                        | 200  | 96              | 30                                                                   |
| Articulations                      |      |                 |                                                                      |
| - Scapulohumérale                  | 100  | 66              | 34/23                                                                |
| - Huméral-radioulnar               |      |                 |                                                                      |
| Lat                                | 100  | 66              | 9                                                                    |
| Dorsopalmaire                      | 100  | 66              | 13                                                                   |
| - Carpe                            |      |                 |                                                                      |
| Lat                                | 100  | 52              | 8                                                                    |
| Dorsopalmaire                      | 100  | 52              | 9                                                                    |
| - Métacarpo/tarso-<br>phalangienne | 100  | 50              |                                                                      |
| - Coxofémoral DV                   | 200  | 96              | 30                                                                   |
| - Fémorotibiale                    |      |                 |                                                                      |
| Lat                                | 100  | 64              | 13                                                                   |
| Dorsoplantaire                     | 100  | 64              | 20                                                                   |
| - Tarse                            |      |                 |                                                                      |
| Latéral                            | 100  | 50              | 7                                                                    |
| Dorsoplantaire                     | 100  | 68              | 9                                                                    |
| - Thorax (tissus mous)             | 100  | 76              | 38                                                                   |

## 2.2. Positionnements et mesures

### Positionnement.

Chez l'alpaga adulte, les clichés des membres sont réalisés comme chez les chevaux, c'est-à-dire sur animal debout, avec un appareil de radiographie portable ou mobile.



**Photographie : alpaga femelle en cours de positionnement pour un cliché d'incidence dorsoventrale du crâne.** Cornell Vet hospital Imaging, 2011, photographie personnelle.



**Photographie : alpaga femelle en cours de positionnement pour un cliché d'incidence latérale oblique gauche du crâne.** Cornell, photographie personnelle.



**Figure : autre méthode de positionnement pour prendre un cliché latérale oblique gauche du crâne.** (Farrow, 2008).

### 2.3. Radioprotection (BARTHEZ P., D'après STAMBOULI, 2006 dans COMBES, 2007)

Les recommandations légales en matière de radioprotection émanent du Conseil communautaire européen à l'énergie atomique (EURATOM) et de l'Institut de radioprotection et sûreté nucléaire (IRSN). Elles sont contrôlées par la Direction générale de la sécurité nucléaire et radioprotection (DGSNR).

La pratique de la radioprotection est soumise dans tous les pays à une réglementation ayant pour but principal de protéger le public et les travailleurs contre le danger des rayonnements ionisants.

Les effets biologiques des rayons X ont été étudiés et quantifiés (unité SI : le Sievert, Sv).

Il a été prouvé que de fortes doses ponctuelles de rayons X avaient des effets cancérogènes (> 200mSv). En revanche, aucun effet n'a pas pu être mis en évidence en dessous de ce seuil. Cependant, l'exposition du vétérinaire est cumulative sur toute la durée de son exercice. Les études se basent alors sur des modèles d'extrapolation et ne fixent pas de seuil selon le principe de précaution.

Il est de la responsabilité du vétérinaire praticien, faisant fonctionner une installation de radiodiagnostic, de faire respecter les mesures de radioprotection dans le cadre des mesures réglementaires en vigueur. Ces règles s'appliquent à tous les travailleurs, libéraux ou salariés, ayant à évoluer dans une zone à risque, mais aussi au public dont l'exposition est également réglementée.

Il convient donc de respecter certains principes simples pour limiter le risque potentiel que représente l'exposition aux rayons X.

D'un point de vue légal :

- Un **membre** de la clinique doit être **formé** et désigné comme « **personne compétente en radioprotection** » pour veiller au respect de ces principes de base.
- Les **installations** de radiologie doivent être **conformes** aux **normes françaises**, bien réglées, contrôlées et certifiées régulièrement.
- Les **locaux** doivent être **spécifiques** à la radiologie médicale, conformes aux normes françaises et bien affichés comme tels.
- Les personnels doivent porter un **dosimètre individuel** et **nominatif** au niveau de la poitrine, qui sera contrôlé régulièrement par l'IRSN.

D'un point de vue pratique :

- **L'examen** radiographique doit être **médicalement justifié**.
- **Eviter** d'avoir à **refaire** des clichés, d'où l'intérêt de travailler avec un tableau de constantes spécifique de la machine et des atlas radiographiques adaptés à chaque espèce animale.
- **Réduire** au minimum le **nombre de personnes exposées** dans la salle de radiographie.
- **S'éloigner si possible** du faisceau de rayons X, préférer par exemple la tranquillisation à la contention manuelle.
- **Réduire la taille du faisceau primaire** de rayons X de manière à n'exposer directement aucune partie du (ou des) manipulateur(s) même protégée par du plomb.
- **Protéger** le personnel exposé du **rayonnement secondaire** en portant des **gants, un tablier, un protège-thyroïde et même des lunettes plombés**.

Ces mesures de radioprotection simples doivent faire partie intégrante de tous les actes radiologiques et être largement divulgués auprès du personnel employé. L'éducation du personnel permet de faire apprécier le risque encouru à sa juste valeur et, pour certains, de démystifier le danger des rayonnements ionisants. L'éducation permet également de responsabiliser le personnel employé et de faire mieux comprendre et appliquer les mesures législatives attachées à l'utilisation des rayonnements ionisants.

Lors des manipulations radiologiques nécessaires à la réalisation de cet atlas, trois opérateurs étaient nécessaires : un à la prise de la radiographie et deux à la contention de l'alpaga. La prise de la radiographie s'effectue dans la cabine. Les deux préposés à la contention portent un protège-thyroïde, des gants et un tablier en plomb.



## PARTIE III : ÉTUDE OSTÉOLOGIQUE DE *VICUGNA PACOS*

### 1. SQUELETTE CÉPHALIQUE

Le squelette céphalique se compose des os du crâne et de la face, suturés entre eux, et des mandibules et de l'os hyoïde, mobiles.



Photographie 1 : Aspect latéral du crâne entier. Photographie personnelle.

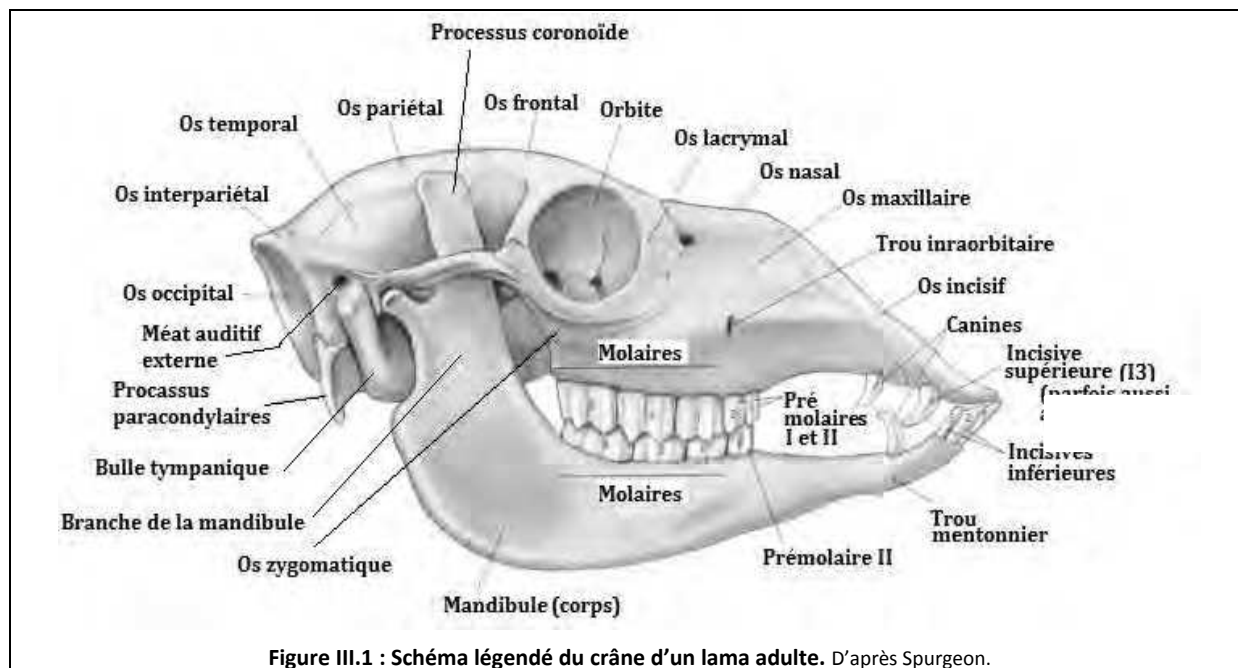


Figure III.1 : Schéma légendé du crâne d'un lama adulte. D'après Spurgeon.

**1.1. Os du crâne et de la face** (GRASSÉ, 1903, SMUTS, 1987, LESBRES, 1922 ; MORLAT, 2010, MOGICATO, 2007) :

#### 1.1.1. Os du crâne

Ils entourent l'encéphale, les méninges et les vaisseaux sanguins adjacents, ainsi que les organes de l'audition.

Dorsalement, et de chaque côté, on trouve les os frontaux et les os pariétaux; latéralement, les os temporaux ; ventralement, les os sphénoïde et occipital, et rostralement, l'os ethmoïde.

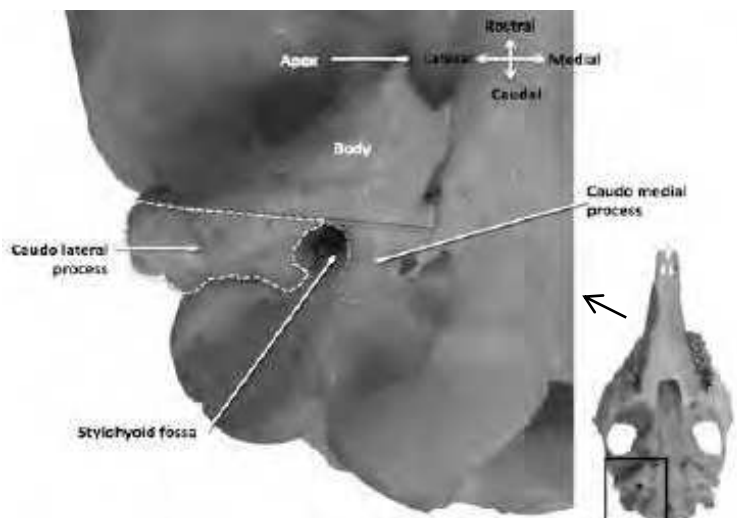


**Tableau III.1 : Les os du crâne.** (Smuts, 1987 ; Morlat, 20101 ; Lesbre, 1922).

| OS                  | Caractéristiques                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Os frontal</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Os pair,</li> <li>- Deux parties : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Partie nasale formant l'extrémité caudale du nez,</li> <li>• Partie orbitaire portant le processus zygomatique qui rejoint l'os zygomatique pour fermer l'orbite.</li> </ul> </li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Os pariétal</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Os pair,</li> <li>- Entre os frontal et os occipital,</li> <li>- Compose la plus grande partie de la voûte crânienne.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Os temporal</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Os pair,</li> <li>- Situé dorsalement à l'os sphénoïde et rostralement à l'os occipital,</li> <li>- Constitue en grande partie la région de la tempe,</li> <li>- S'unit aussi au pariétal, au zygomatique et à l'hyoïde,</li> <li>- s'articule avec la mandibule par l'articulation temporo-mandibulaire,</li> <li>- Deux parties : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Partie écailleuse portant le processus zygomatique qui rejoint l'os zygomatique pour former l'arcade zygomatique,</li> <li>• Partie auriculaire, épaisse, renfermant une grande partie de l'organe vestibulo-cochléaire (ou oreille) : <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Partie tympanique (<i>Pars tympanica</i>) : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ bulle tympanique (étudiée plus loin),</li> <li>▪ méat acoustique externe,</li> <li>▪ processus musculaire (insertion du muscle tenseur du voile du palais).</li> </ul> </li> <li>➤ Partie pétreuse qui loge l'oreille interne.</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> |
| <b>Os sphénoïde</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Forme la base du crâne,</li> <li>- Situé rostralement à l'occipital,</li> <li>- Constitué des <b>os basisphénoïde</b> et <b>présphénoïde</b></li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Os occipital</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Impair,</li> <li>- Le plus caudal du crâne,</li> <li>- Articulation atlanto-occipitale avec l'atlas (C1),</li> <li>- Quatre parties : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ecaille occipitale (protubérance occipitale externe),</li> <li>• Deux parties latérales (condyles occipitaux et processus jugulaires assez longs et étroits),</li> <li>• Partie basilaire (tubercules musculaires d'insertion des muscles droits ventraux et longs de la tête),</li> <li>• Les portions latérales et basilaire délimitent le trou occipital (Foramen magnum) qui permet la communication de la cavité crânienne avec le canal vertébral.</li> </ul> </li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Os ethmoïde</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Impair,</li> <li>- Symétrique,</li> <li>- Situé à l'intérieur de la tête entre os frontal et os sphénoïde,</li> <li>- Comporte : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Une lame perpendiculaire,</li> <li>• Une lame criblée séparant les cavités nasales de la boîte crânienne. Nombreux orifices olfactifs,</li> <li>• Une masse latérale (volutes ethmoïdales et lame papyracée).</li> </ul> </li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

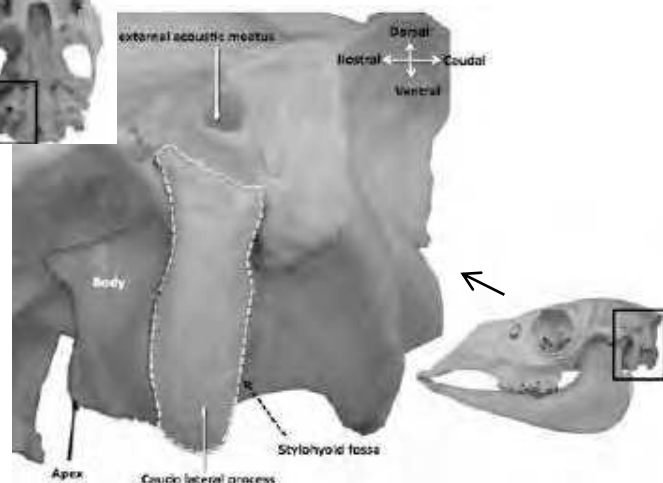
La **cavité tympanique** est logée dans les portions pétreuse et tympanique de l'os temporal à l'instar de ce qui a été décrit chez les autres animaux (SCHALLER O., 1992 ; KÖNIG HE. & al., 2009). Cette cavité possède six parois : la paroi dorsale (*paries tegmentalis*), la paroi caudo dorsale (*paries mastoideus*), la paroi caudo ventrale (*paries jugularis*), la paroi médiale (*paries labyrinthicus*), la paroi rostrale (*paries caroticus*), et la paroi latérale (*paries membranaceus*). (CONCHA-ALBORNOZ I., 2010 ; SCHALLER O., 1992). Chez les animaux domestiques, la cavité tympanique s'étend ventralement dans une expansion bulbeuse de la partie tympanique de l'os temporal, la bulle tympanique. (DYCE KM. & al., 2002). Cette conformation crée, au sein de la cavité tympanique, trois espaces séparés par une membrane muqueuse : le récessus épitympanique ou attique (étage supérieur ou dorsal de la caisse du tympan), logeant les osselets, la bulle tympanique élargie ventralement, et au milieu, l'atrium. (FUBINI S. & al., 2004)

La **bulle tympanique** du lama ou de l'alpaga est la structure osseuse qui présente le plus de différences avec les autres espèces, plus particulièrement celles possédant des bulles tympaniques sphériques avec une cavité fundique unique, (chien, chat, mouton). Les petits camélidés possèdent une bulle tympanique compartimentée avec des cellules aériennes entourées de trabécules osseuses : l'intérieur de la bulle tympanique présente un aspect en nid d'abeilles, à l'instar du processus mastoïde chez l'homme. Pour décrire et mesurer la bulle tympanique complexe des petits camélidés, cette structure osseuse peut être divisée en quatre portions : les processus caudaux (médial et latéral), le corps, et l'apex (**figures III.2 et III.3**). (CONCHA-ALBORNOZ I., 2012).



**Figure III.2 (en haut à gauche): bulle tympanique droite de lama en vue ventrale. Le rectangle noir indique la localisation de l'image agrandie.**  
(Concha-Albornoz, 2012)

**Figure III.3 (bas, droite) : Bulle tympanique du lama en vue latérale.**  
L'image de droite est un agrandissement de la portion de crâne comprise dans le rectangle noir. La mandibule a été retirée dans l'image grandie afin d'exposer le corps et l'apex de la bulle tympanique.  
(Concha-Albornoz, 2012)

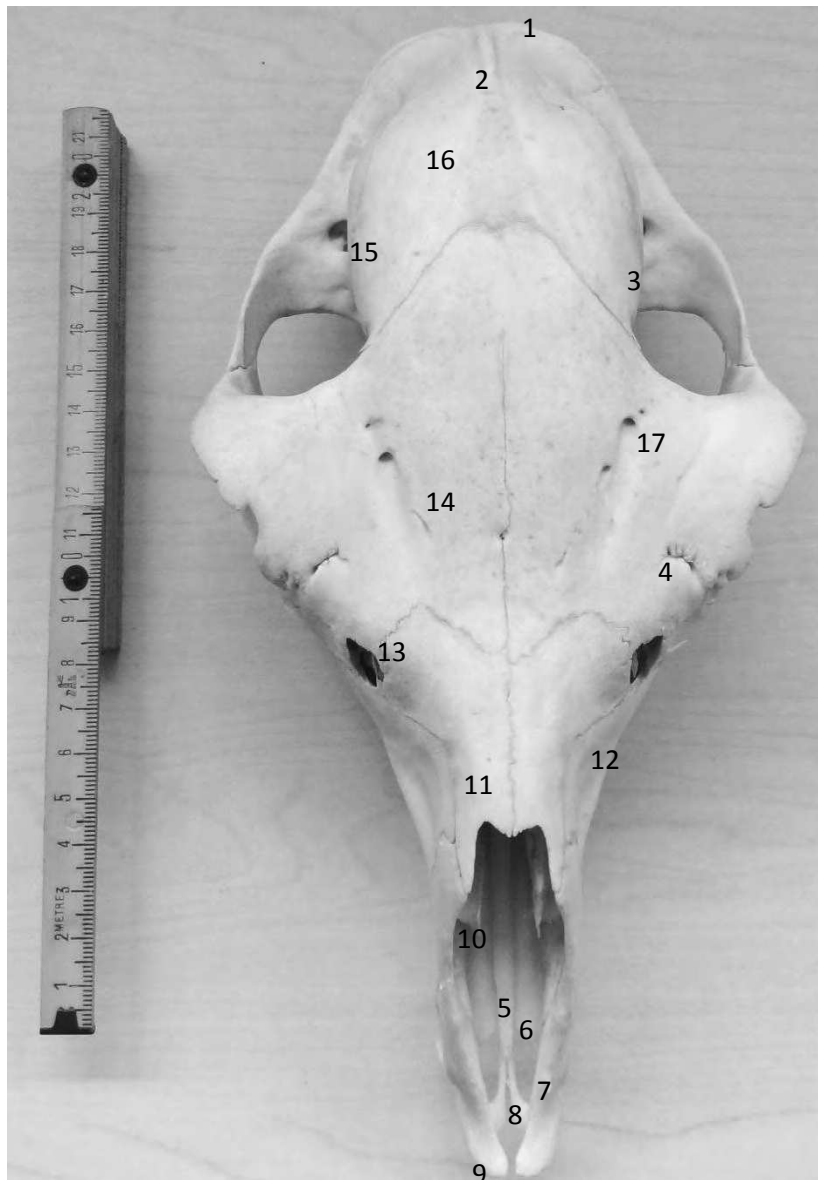


### 1.1.2. Os de la face

Ils forment la charpente des cavités nasales et de la cavité buccale. À leur union avec ceux du crâne, on trouve les orbites et les parties profondes des fosses nasales. Les os superficiels sont : les os incisifs et les os nasaux dorsalement ; les mandibules et l'os hyoïde ventralement, les maxillaires, les os lacrymaux et les os zygomatiques latéralement. Le vomer, les os palatins, les os ptérygoïdes et les cornets nasaux sont situés plus profondément dans la tête osseuse.

**Tableau III.2 : Les os de la face.** (Smuts, 1987 ; Morlat, 20101 ; Lesbre, 1922).

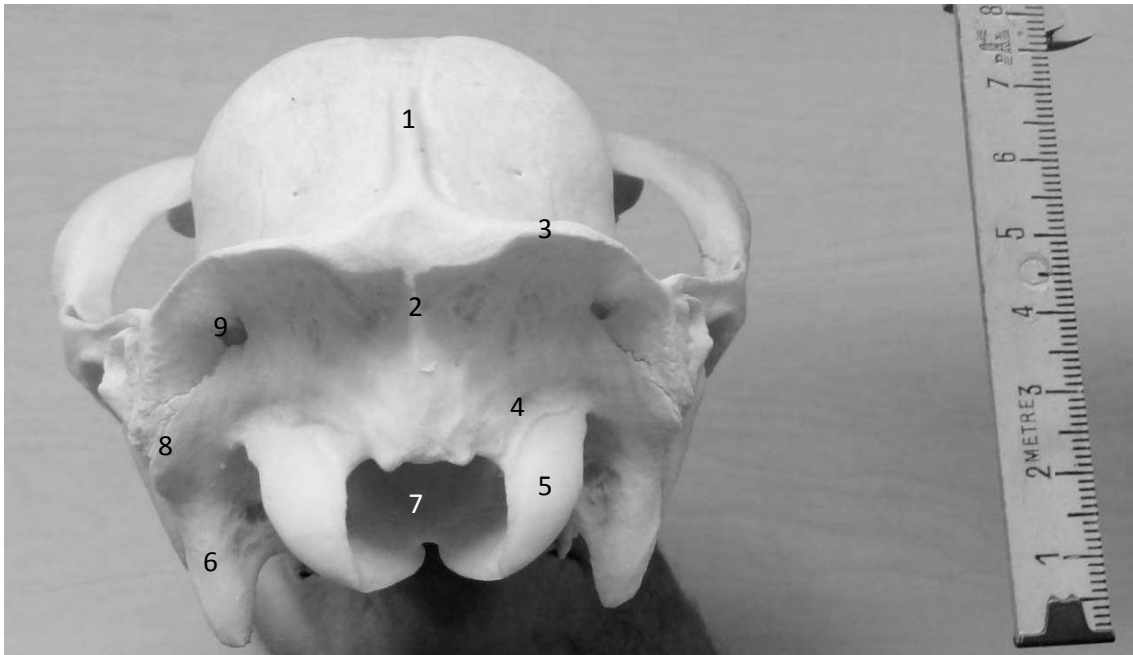
| OS                    | Caractéristiques                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Os incisif</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ne porte pas d'incisive chez les ruminants,</li> <li>- Assez mince avec un corps très réduit,</li> <li>- Deux processus : <ul style="list-style-type: none"> <li>• le processus palatin,</li> <li>• processus nasal large et incurvé.</li> </ul> </li> </ul>                                                                                                                                                                                                |
| <b>Os nasal</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Os pair,</li> <li>- Délimite la région du chanfrein,</li> <li>- Se termine rostralement par une pointe mousse bifide.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Maxillaire</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Le plus volumineux des os de la face,</li> <li>- Pair,</li> <li>- Asymétrique,</li> <li>- Donne implantation aux dents prémolaires et molaires supérieures,</li> <li>- Partie principale, (le corps), de laquelle partent divers prolongements. Le plus caractéristique étant le processus palatin qui se détache perpendiculairement de la face médiale de l'os pour rejoindre le processus palatin de l'os incisif.</li> </ul>                            |
| <b>Os lacrymal</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Enclavé entre le frontal, le nasal, le maxillaire et le zygomatique,</li> <li>- Plat et mince.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Os zygomatique</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plat,</li> <li>- Forme le bord latéro-ventral de l'orbite,</li> <li>- Ferme celui-ci en s'unissant au processus zygomatique de l'os frontal,</li> <li>- Forme l'arcade zygomatique en s'unissant caudalement au processus zygomatique du temporal.</li> </ul>                                                                                                                                                                                               |
| <b>Vomer</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Impair,</li> <li>- S'étend de l'os sphénoïde jusqu'aux os incisifs,</li> <li>- Sépare les deux cavités nasales (partie osseuse du septum nasal).</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Os palatin</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- S'articule avec le frontal, l'ethmoïde, le vomer, le maxillaire, le ptérygoïde et le sphénoïde,</li> <li>- Plat et irrégulier,</li> <li>- complète la voûte du palais caudalement au maxillaire.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Os ptérygoïde</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- fine lame osseuse plane,</li> <li>- placée entre l'os sphénoïde et l'os palatin (photo IV),</li> <li>- Délimite les choanes.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Cornets nasaux</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lames osseuses très minces,</li> <li>- Enroulées sur elles-mêmes,</li> <li>- Revêtues d'une muqueuse de type respiratoire,</li> <li>- Permettent le réchauffement et l'humidification de l'air inspiré,</li> <li>- On distingue chez l'alpaga comme chez les ruminants: <ul style="list-style-type: none"> <li>• une paire de cornets nasaux ventraux,</li> <li>• paire de cornets nasaux dorsaux,</li> <li>• un cornet nasal moyen.</li> </ul> </li> </ul> |



Photographie 2 : Aspect dorsal du crâne, partie maxillaire. Photographie personnelle.

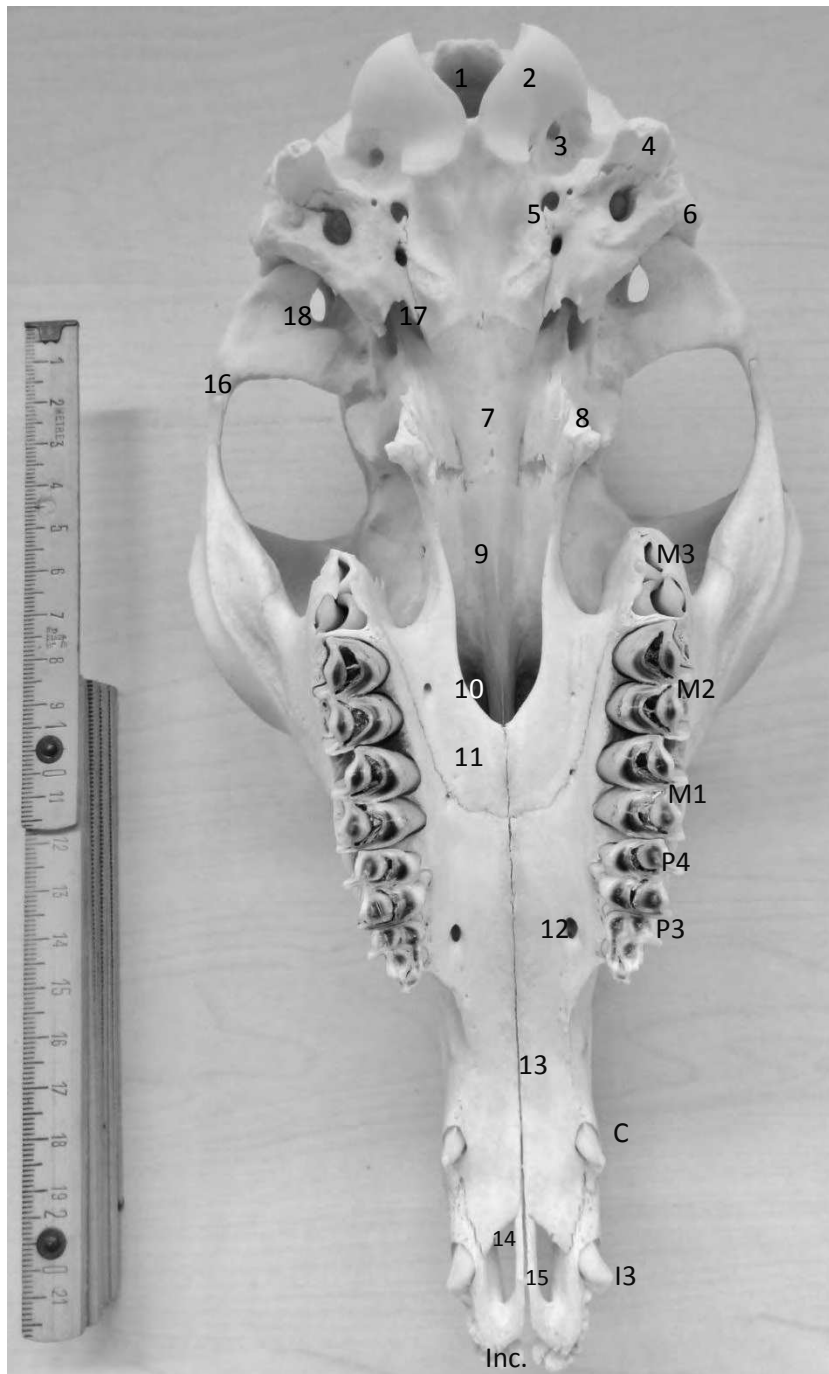
|                                       |                                       |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 : Crête nuchale                     | 10 : Cornet nasal ventral             |
| 2 : Crête sagittale externe           | 11 : Os nasal                         |
| 3 : Fosse temporale                   | 12 : Maxillaire                       |
| 4 : Incisure infratrochléaire         | 13 : Fontanelle                       |
| 5 : Vomer                             | 14 : Os frontal                       |
| 6 : Processus palatin du maxillaire   | 15 : Os pariétal                      |
| 7 : Processus nasal de l'os incisif   | 16 : Os temporal                      |
| 8 : Processus palatin de l'os incisif | 17 : Trou supra orbitaire avec sillon |
| 9 : Corps de l'os incisif             |                                       |

Les fontanelles sont des espaces membraneux séparant différents os du crâne. Chez l'alpaga, on distingue une fontanelle entre les os de la face nasal, frontal, lacrymal et maxillaire, bilatéralement. Le trou supraorbitaire est prolongé bilatéralement par un sillon en direction rostro médiale.



**Photographie 3 : Aspect caudal du crâne, partie maxillaire. Photographie personnelle.**

- 1 : Crête sagittale externe
- 2 : Protubérance occipitale externe
- 3 : Crête nuchale
- 4 : Fosse condylaire dorsale
- 5 : Condyle occipital
- 6 : Processus paracondylaire
- 7 : Foramen magnum
- 8 : Processus mastoïde
- 9 : Foramen mastoïde

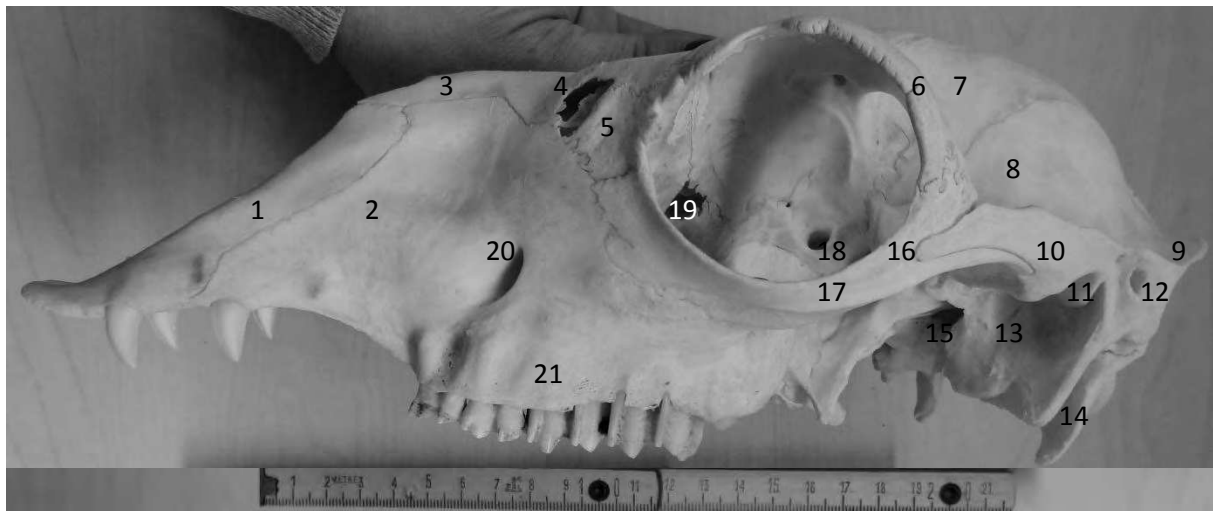


Photographie 4 : Aspect ventral du crâne ; partie maxillaire.  
Photographie personnelle.

- 1 : Foramen magnum
- 2 : Condyle occipital
- 3 : Canal du nerf hypoglosse
- 4 : Processus paracondylaire
- 5 : Trou jugulaire
- 6 : Processus mastoïde
- 7 : Os sphénoïde
- 8 : Fosse ptérygoïdienne
- 9 : Vomer
- 10 : Choane
- 11 : Os palatin (lame horizontale)
- 12 : Trou grand palatin
- 13 : Processus palatin de l'os maxillaire
- 14 : Fissure palatine
- 15 : Processus palatin de l'os incisif
- 16 : Processus zygomatique
- 17 : Trou déchiré
- 18 : Trou rétroarticulaire
- Inc : Incisives I1 et I2

- I3 : Troisième incisive, caniniforme
- C : Canine vraie
- P3 : 3<sup>ème</sup> prémolaire
- M1 à M3 : Molaires 1 à 3 avec M3 en éruption

On observe sur la **photographie 4** la présence chez l'alpaga d'une fosse ptérygoïdienne délimitée par le crochet ptérygoïdien médiocaudalement, et le processus ptérygoïdien de l'os basisphénoïde latérocraïalement. Cette fosse est également présente chez l'homme où elle est plus large. L'os nasal est très court (**photo 5**).



Photographie 5 : Aspect latéral du crâne, partie maxillaire. Photographie personnelle.

- |                                     |                                                    |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1 : Os incisif                      | 12 : Méat acoustique externe                       |
| 2 : Maxillaire                      | 13 : Bulle tympanique                              |
| 3 : Os nasal                        | 14 : Processus paracondyloire                      |
| 4 : Fontanelle                      | 15 : Fosse mandibulaire                            |
| 5 : Os lacrymal                     | 16 : Processus temporal de l'os zygomatique        |
| 6 : Processus zygomatique           | 17 : Os zygomatique                                |
| 7 : Os pariétal                     | 18 : Foramen sphéno palatin                        |
| 8 : Os temporal                     | 19 : Abouchement de la cavité nasale dans l'orbite |
| 9 : Protubérance occipitale externe | 20 : Trou infraorbitaire                           |
| 10 : Arc zygomatique                | 21 : Bord alvéolaire ( <i>Margo alveolaris</i> )   |
| 11 : Processus rétro articulaire    |                                                    |

❖ Vue en coupe :

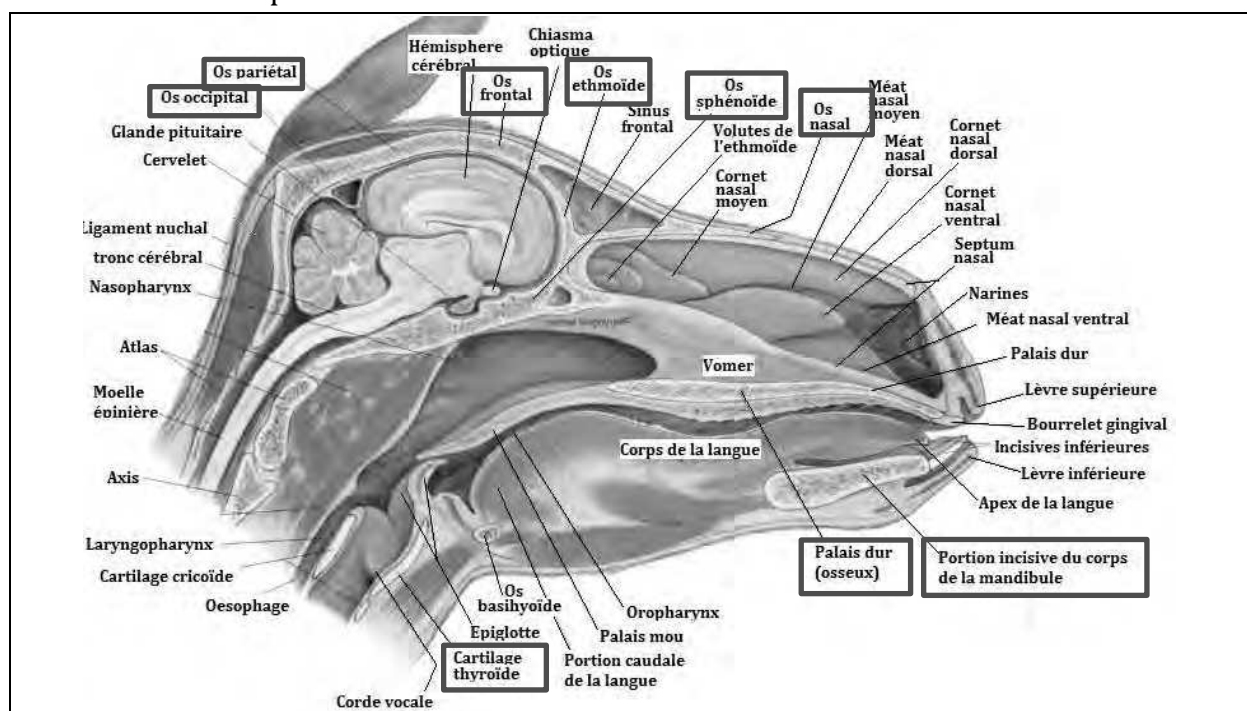
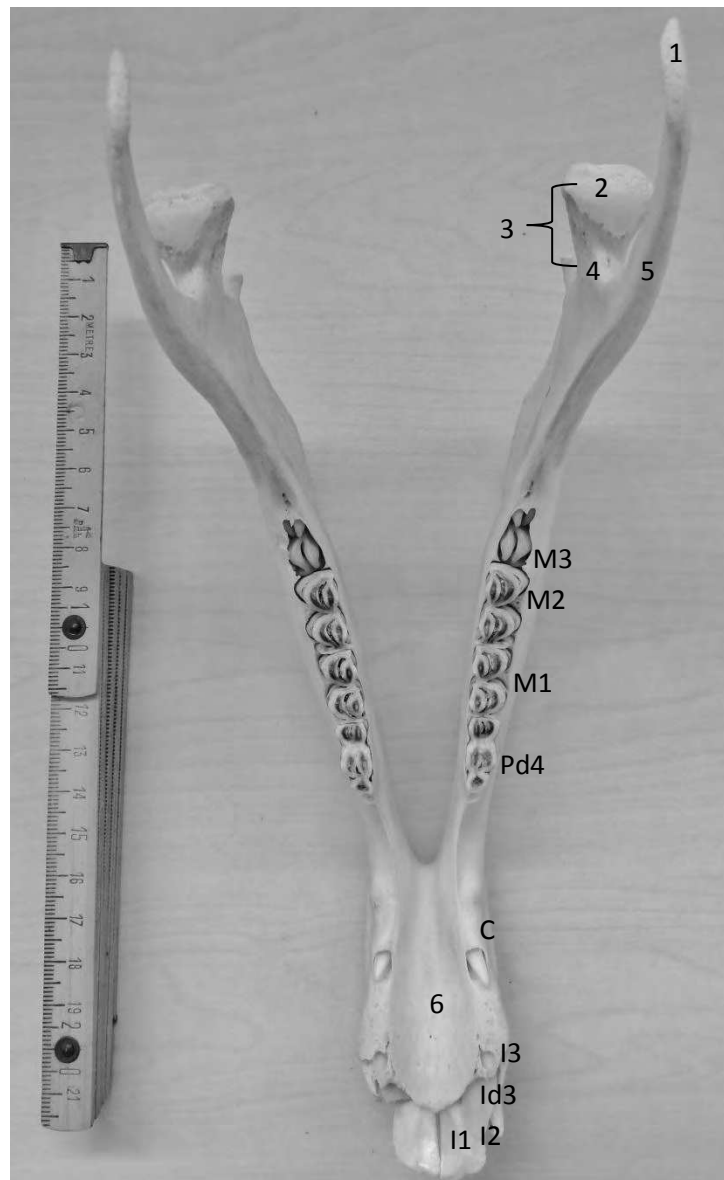


Figure III.4 : Schéma légendé d'une coupe sagittale de la tête d'un lama, révélant les os internes du crâne. La majeure partie du septum nasal a été retirée. D'après Spurgeon, 1999.

## 1.2. Mandibule

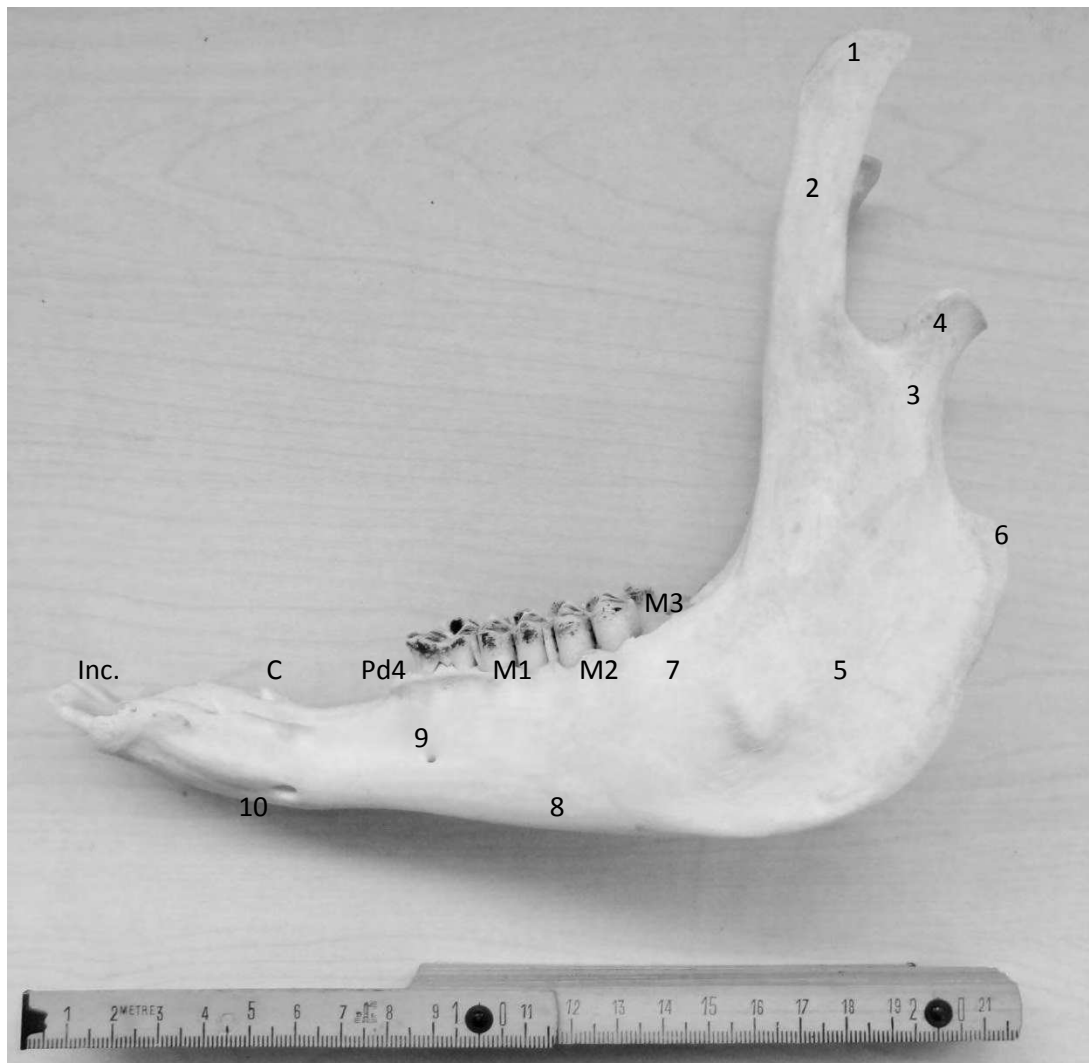


Photographie 6 : Aspect dorsal de la mandibule. Photographie personnelle.

- 1 : Processus coronoïde de la mandibule
- 2 : *Caput mandibulae*
- 3 : Processus condyloïde de la mandibule
- 4 : Col
- 5 : Processus angulaire
- 6 : Partie incisive du corps de la mandibule
- M1-M3 : molaires définitives 1 à 3
- Pd4 : Prémolaire déciduale 4 trilobée
- C : Canine
- Id3 : Incisive déciduale 3
- I1 à I3 : Incisives permanentes 1 à 3



La première dent jugale visible est Pd4 (**photo 6**). Il y a fondamentalement quatre prémolaires, mais les deux dernières seulement chez l'Alpaga ; la 4<sup>ème</sup> prémolaire déciduale ressemble à M3 (avec trois lobes). Notre individu est un adolescent (présence de Pd4 et M3 définitive en éruption).



Photographie 7 : Aspect latéral de la mandibule. Photographie personnelle.

|                                             |                                |
|---------------------------------------------|--------------------------------|
| 1 : Processus coronoïde de la mandibule     | 5 : Fosse massétérique         |
| 2 : Branche de la mandibule                 | 6 : Processus angulaire        |
| 3 : Incisura mandibulae                     | 7 : Os alvéolaire mandibulaire |
| 4 : Col                                     | 8 : Corps de la mandibule      |
| 3+4 : Processus condyalaire de la mandibule | 9 et 10 : Foramens mentonniers |

Le processus coronoïde est haut, ce qui est un caractère d'espèce. Le processus angulaire est également très haut, comme cela semble être le cas chez les autres camélidés (Smuts).

## 2. COLONNE VERTÉBRALE ET TRONC

On compte chez les petits camélidés : sept vertèbres cervicales, douze vertèbres thoraciques, sept vertèbres lombaires, cinq vertèbres sacrées soudées en un sacrum, et en moyenne quinze vertèbres caudales.

### 2.1. Vertèbres cervicales

Les Camélidés sud-américains ont un long cou très mobile, recouvert par de la peau épaisse (jusqu'à 1 cm). Les sept vertèbres cervicales sont allongées, à l'exception de C1 (atlas), et à partir de la portion caudale de C3, une projection ventrale des segments crâniiaux des processus transverses forme un U inversé (créant un canal ventral osseux au niveau du cou) ; les plus développées étant celles de C6 et cette vertèbre se reconnaît d'ailleurs facilement sur une radiographie. Ce canal en U inversé protège les structures vitales du cou d'éventuelles plaies par déchirures, morsures de combats entre mâles. Contrairement à C6, C7 se situe en profondeur dans le cou, et on la visualise plus difficilement radiographiquement. De plus, cette vertèbre n'a pas de projection ventrale et est la plus courte des vertèbres cervicales. La **figure III.5** et la photographie 8 présentent respectivement des vertèbres cervicales de lama et d'alpaga obtenues après dissection. La longueur approximative de chaque vertèbre (**Fig. III.5**) est la suivante: C1 : 5.5 cm; C2 : 11 cm; C3 : 10 cm; C4 : 9 cm; C5 : 9 cm; C6 : 8 cm; and C7 : 5 cm. (ch.11 FOWLER ME., 2010).

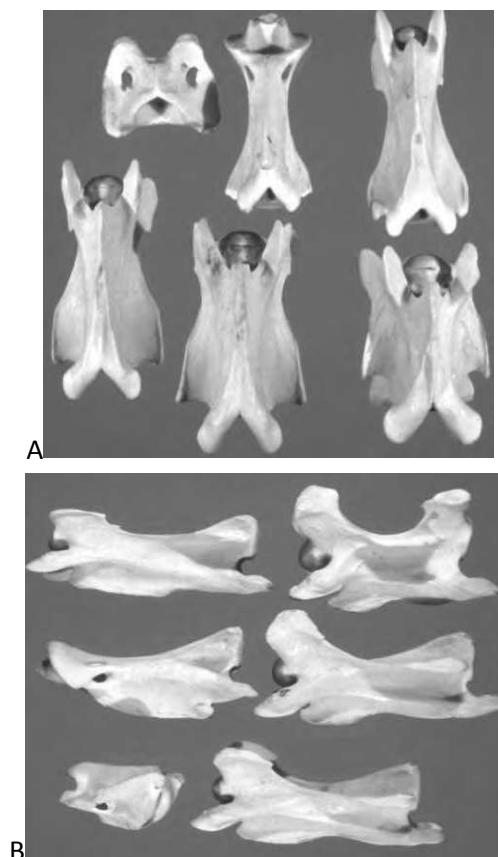
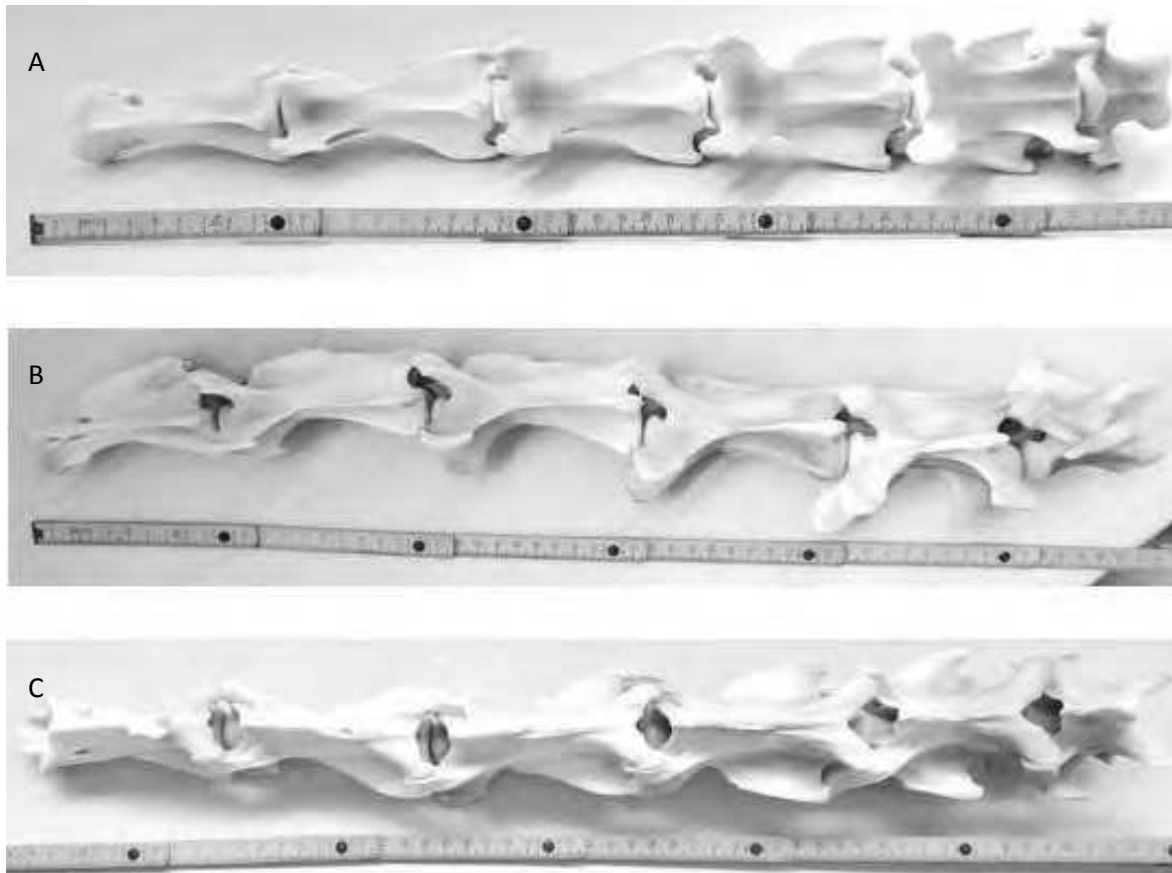


Figure III.5 : Photographies de l'aspect dorsal (A) et latéral (B) des vertèbres cervicales C1 à C6. (Source : Fowler 2010).



Photographie 8 : Aspect dorsal (A), latéral (B), et ventral (C) des vertèbres cervicales 2 à 7. Photographie personnelle.

### • Atlas (C1)

Ne disposant pas de l'os atlas de l'alpaga étudié, on peut s'intéresser à la description que Smuts fait de l'Atlas du dromadaire (Biblio) que l'on sait similaire chez les camélidés. On retrouve sur l'atlas (C1) en vue dorsale, les ailes (processus transverses arrondis), ainsi que les incisures alaires, le tubercule dorsal (au lieu du processus épineux) et les foramen vertébraux latéraux. En vue latérale, on observe sous les ailes les foramens vertébraux latéraux, la fosse atloïdienne et le trou alaire ainsi que les projections ventrales (arc et tubercule ventraux).

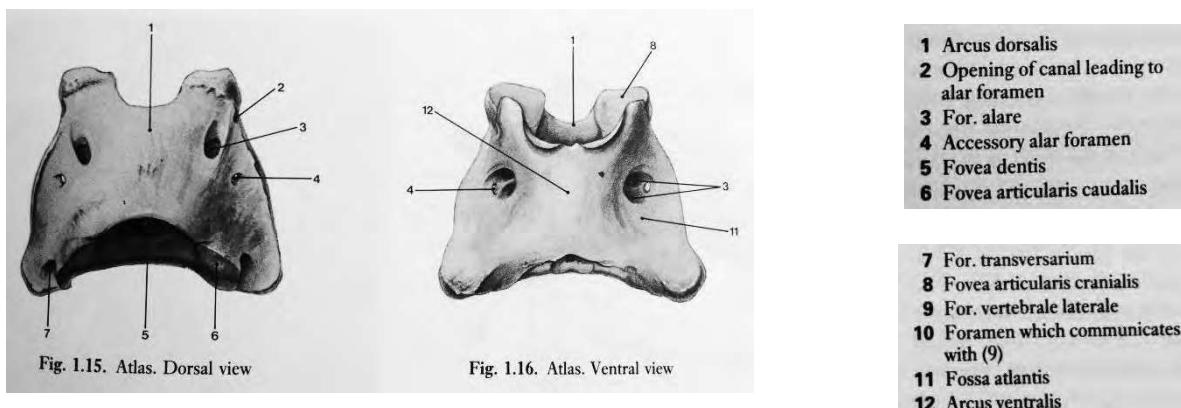
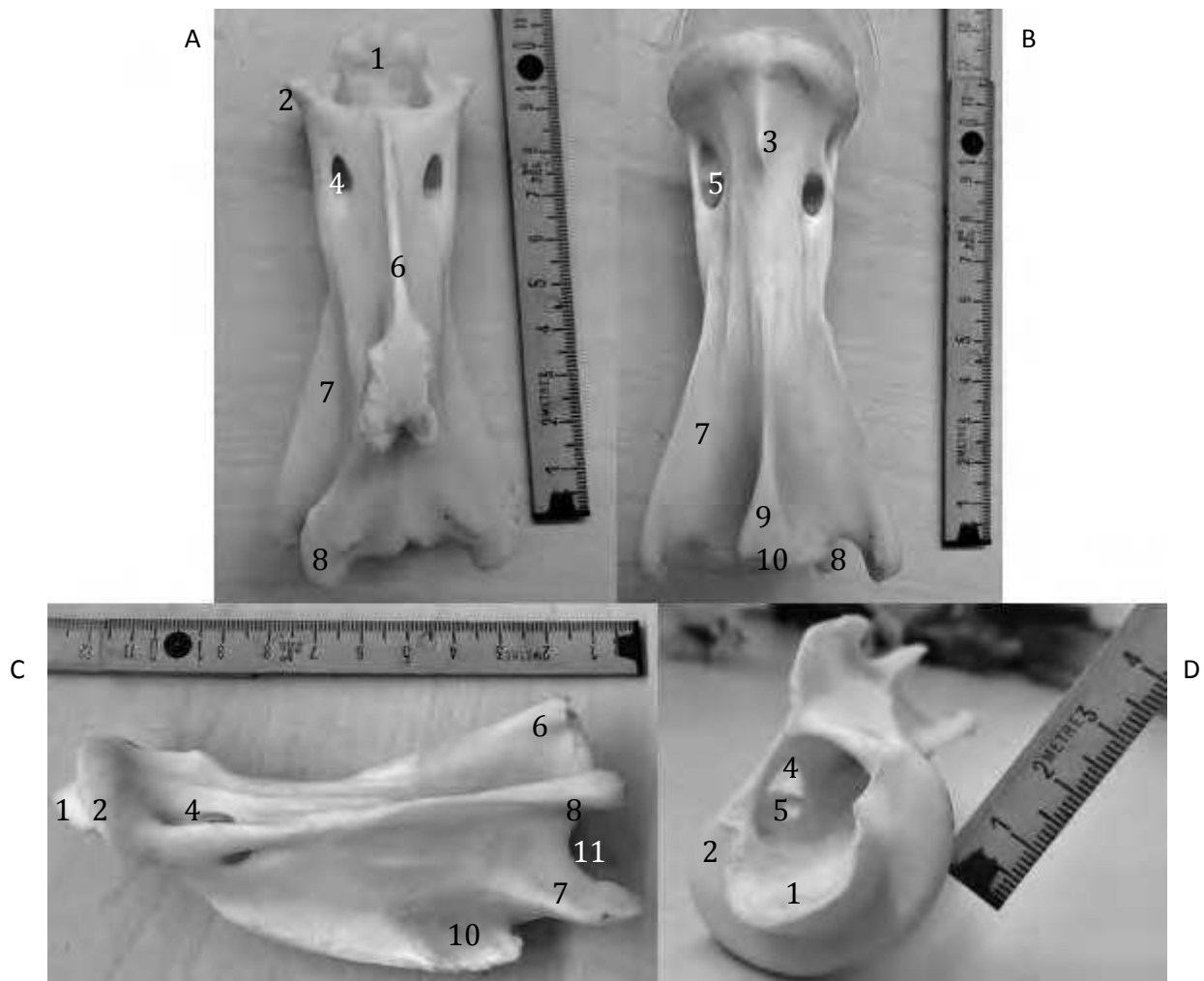


Figure III.6 : Atlas du dromadaire. Aspects dorsal et ventral. (Source : Smuts, 1987).

- **Axis (C2)**



Photographie 9 : Aspects dorsal (A), ventral (B), latéral (C), et cranio-latéral (D) de l'axis. Photographie personnelle.

|                                                        |                                     |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 : Dent d'axis                                        | 7 : Processus transverse            |
| 2 : Processus articulaire crânial                      | 8 : Processus articulaire caudal    |
| 3 : Tubérosité médiane                                 | 9 : Épine ventrale                  |
| 4 : Foramen vertébral latéral                          | 10 : Tubérosité de l'épine ventrale |
| 5 : Ouverture ventrale crâniale du canal transversaire | 11 : Incisure vertébrale caudale    |
| 6 : Processus épineux                                  |                                     |

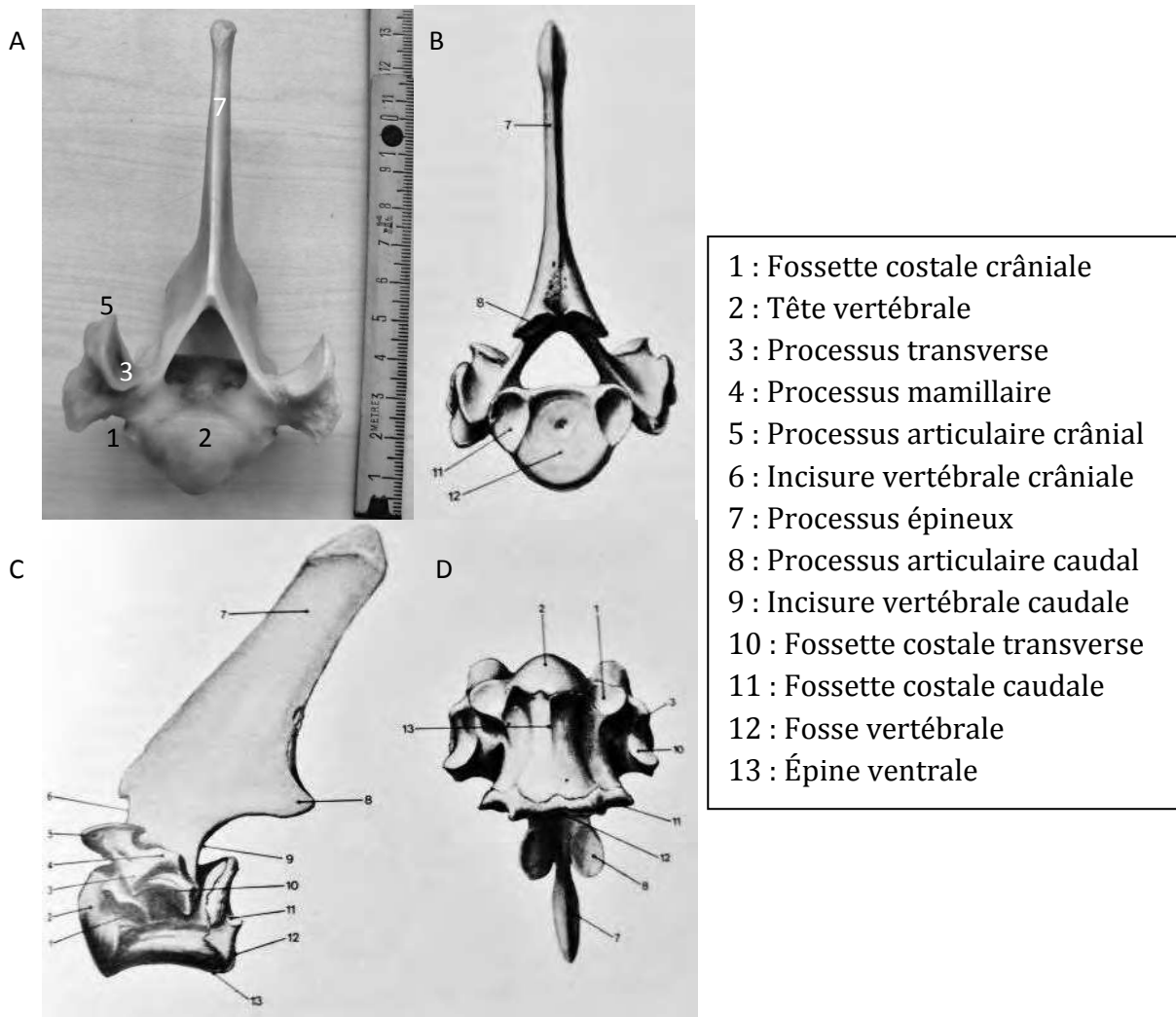
L'axis (C2) présente crânialement, à l'instar des autres mammifères, une dent (tête vertébrale), qui s'articule au niveau de la *fovea dentis* d'atlas.

## 2.2. Vertèbres thoraciques

Il y a douze vertèbres thoraciques. Leurs processus épineux dorsaux sont facilement identifiables, mais les corps vertébraux, les processus articulaires, et le canal vertébral sont souvent moins bien visualisés sur une radiographie, à cause de l'importante masse musculaire vertébrale.



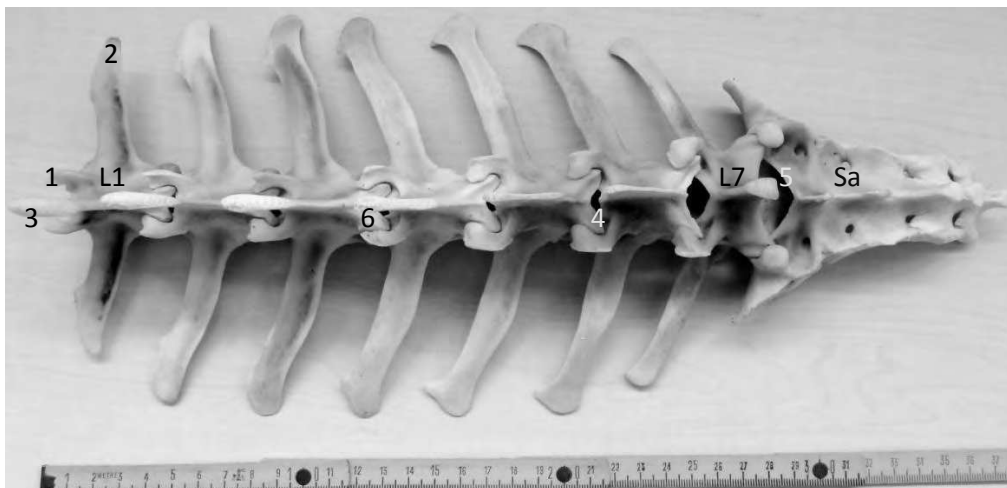
Photographie 10 : Aspect latéral de la colonne vertébrale thoracique. Photographie personnelle.



Photographie 11 : A = Aspect crânial de Th1. Photographie personnelle. B = Aspect caudal de Th1, C= Aspect latéral de Th1, D= Aspect ventral de Th1 (D'après Smuts, 1987).

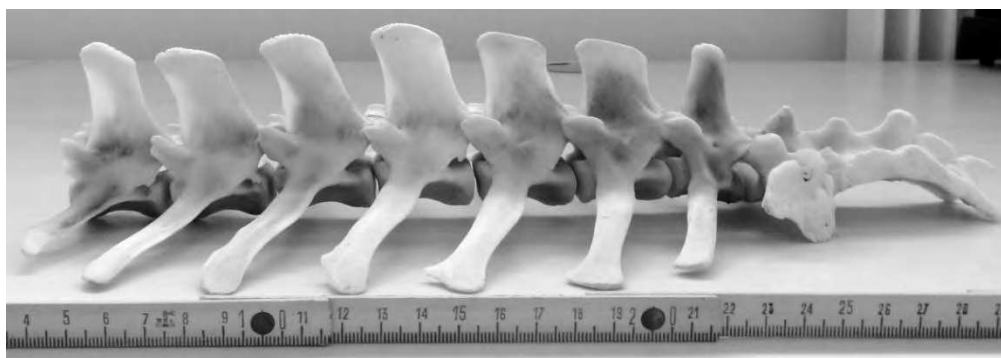
### 2.3. Vertèbres lombaires

Il y a sept vertèbres lombaires. Le processus transverse de L7 est plus court que les autres. Les processus épineux sont verticaux. Ces derniers sont de largeurs environ égales (1,5 à 2 cm) sauf celui de L7 qui ne mesure qu'1 cm de large.

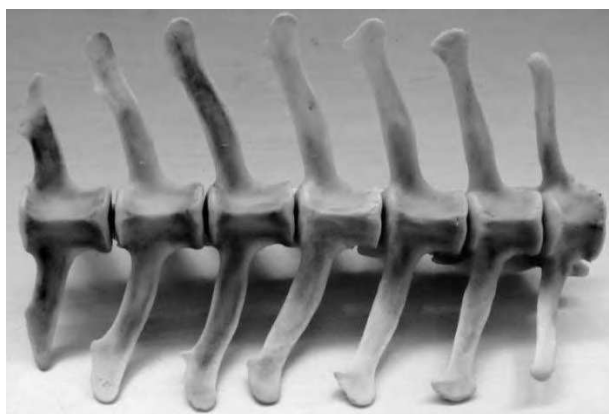


Photographie 12 : Aspect dorsal de la colonne vertébrale lombaire et du sacrum. Photographie personnelle.

- |                                         |                                        |
|-----------------------------------------|----------------------------------------|
| 1 : Processus articulaire crânial de L1 | 4 : Espace intervertébral L5/L6        |
| 2 : Processus transverse de L1          | 5 : Espace lombosacré                  |
| 3 : Processus épineux de L1             | 6 : Processus articulaire caudal de L3 |
| L1, L7 : Vertèbres lombaires 1 et 7     | Sa : Sacrum                            |



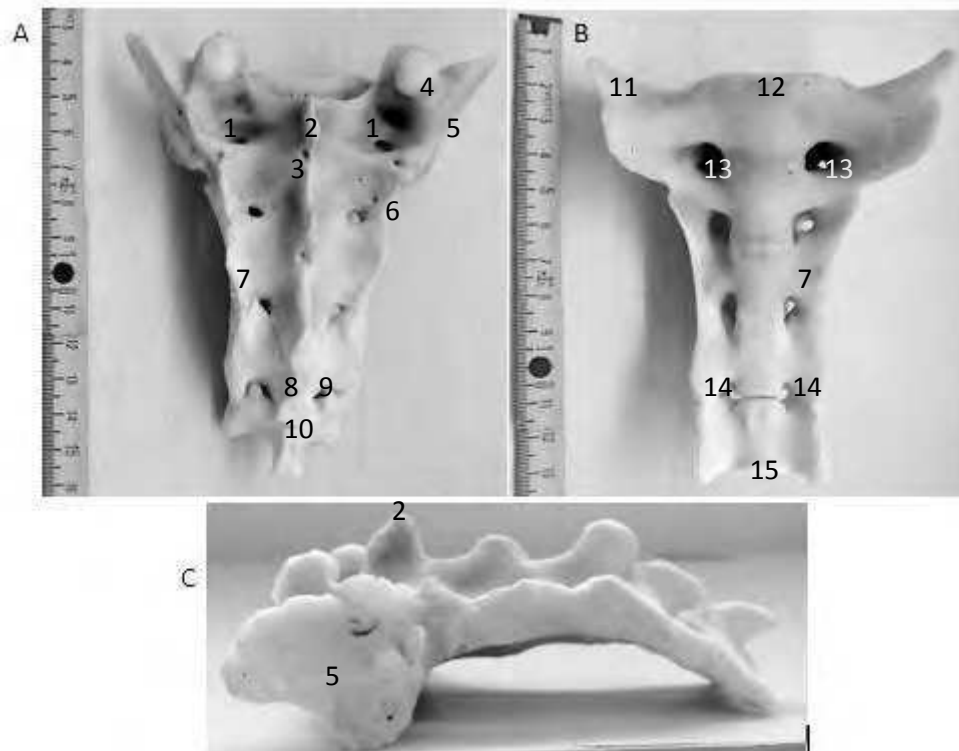
Photographie 13 : Aspect latéral de la colonne vertébrale lombaire et du sacrum. Photographie personnelle.



Photographie 14 : Aspect ventral de la colonne vertébrale lombaire et du sacrum. Photographie personnelle.

## 2.4. Sacrum

Le sacrum est de forme trapézoïdale. Il est constitué de cinq vertèbres sacrées soudées. Le processus épineux de S1 est de taille très réduite par rapport à celui de L7.



Photographie 15 : Os sacrum. A=Aspect dorsal ; B=Aspect ventral ; C=Aspect latéral. Photographie personnelle.

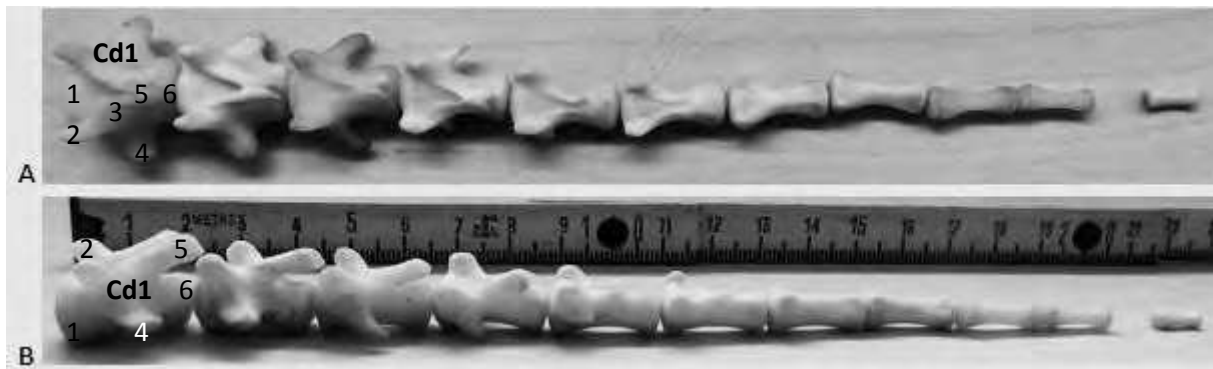
- 1 : Premier trou sacré dorsal
- 2 : Premier processus épineux
- 3 : Premier espace intervertébral
- 4 : Processus articulaire crânial
- 5 : Surface articulaire
- 6 : Crête sacrale latérale
- 7 : gouttière sacrée dorsale (A)/ventrale (B)
- 8 : Dernier espace intervertébral
- 9 : Dernier trou sacré dorsal
- 10 : Dernier processus épineux
- 11 : Aile de l'os sacrum
- 12 : Tête de la première vertèbre sacrée
- 13 : Premier trou sacré pelvien
- 14 : Dernier trou sacré pelvien
- 15 : Apex de l'os sacrum

## **2.5. Vertèbres coccygiennes ou caudales**

Le nombre de vertèbres coccygiennes varie entre dix et quinze chez les Camélidés. Chez notre spécimen, on en distingue 15 à la radiographie (cf. radiographie X, partie III), mais seulement 11 ont été obtenues après préparation.

Les six premières vertèbres caudales possèdent des « voûtes neurales », créant un canal neural ainsi que des processus mamillaires ; et les cinq premières possèdent des processus transverses.

Elles sont de forme biconcave, et diminuent de taille en allant caudalement. Les dernières vertèbres ne sont plus que des os cylindriques. Avec une tête, un corps et une fosse. La première coccygienne fusionne souvent avec le sacrum chez les sujets âgés.

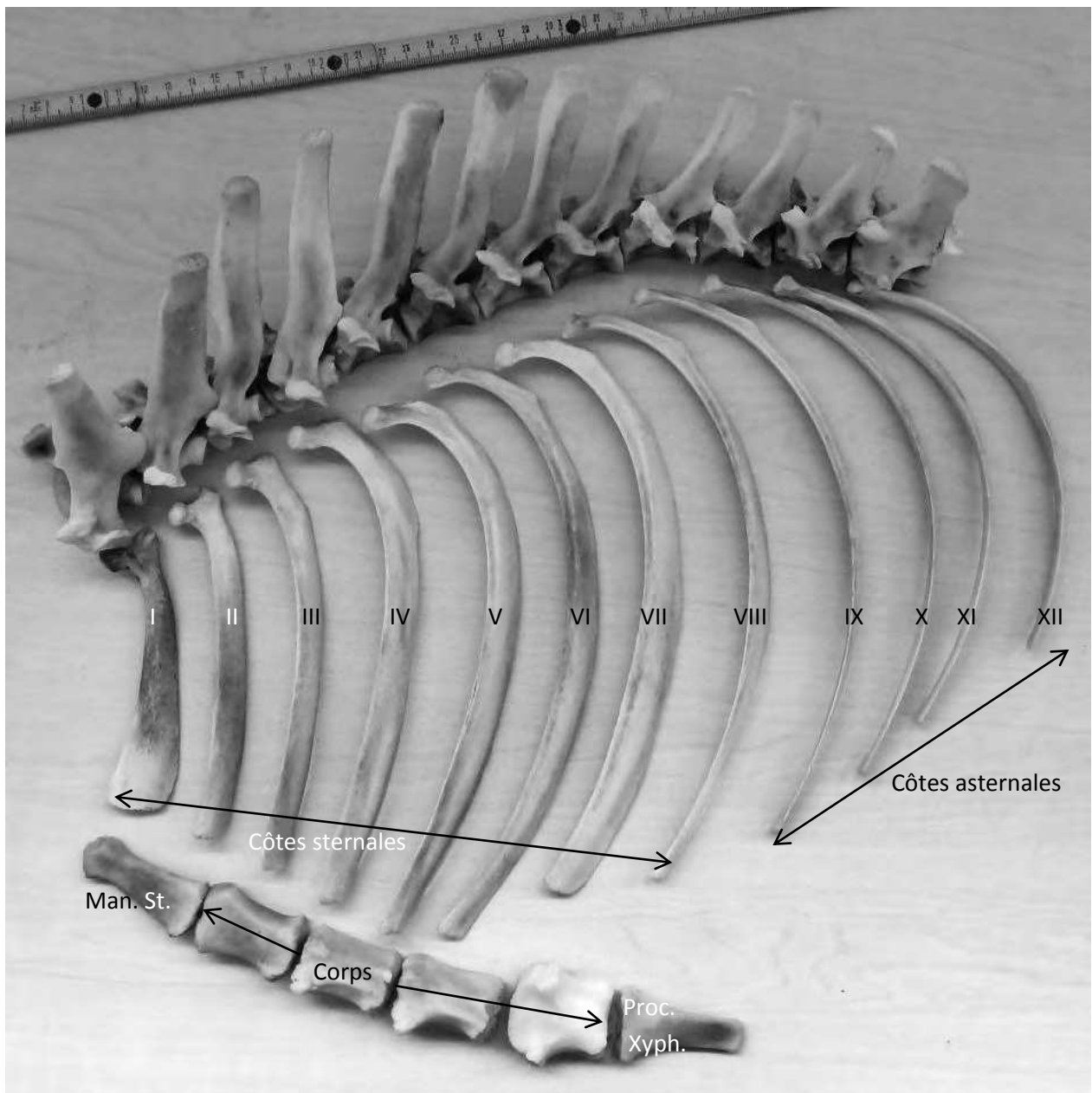


Photographie 16 : Vertèbres caudales, aspect dorsal (A) ; aspect latéral (B). Certaines des vertèbres les plus caudales sont manquantes. Photographie personnelle.

- |                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>1 : Tête de la première vertèbre caudale</li><li>2 : Processus mamillaire</li><li>3 : Arc vertébral</li><li>4 : Processus transverse</li><li>5 : Processus épineux</li><li>Cd1 : Fosse ou extrémité caudale vertébrale</li></ul> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



## 2.6. Tronc



Photographie 17 : Squelette thoracique. Aspect latéral. Photographie personnelle.

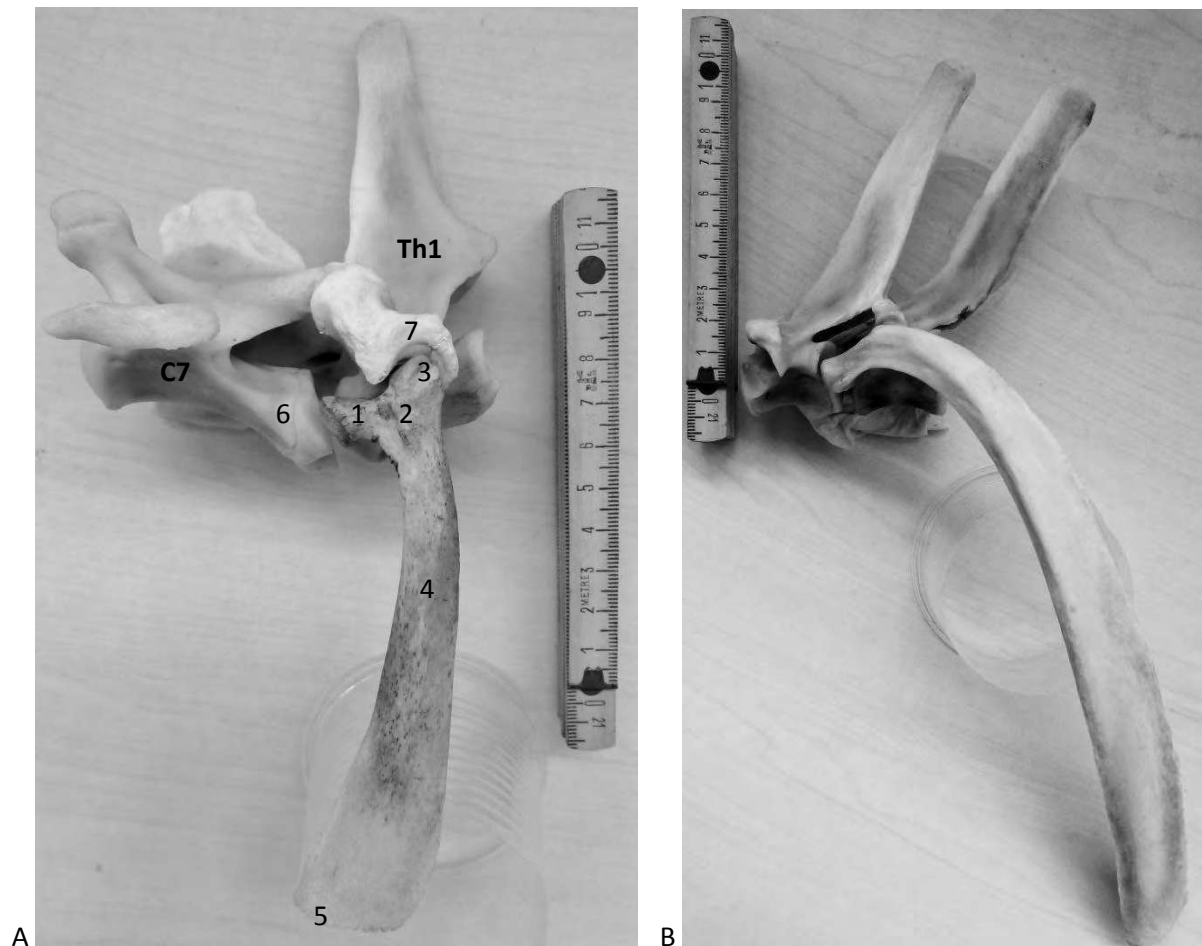
### 2.6.1. Côtes

Il y a douze paires de côtes associées aux douze vertèbres thoraciques.

On compte 8 côtes sternales directement articulées au sternum, et 4 côtes asternales (dont les cartilages n'atteignent pas le sternum mais s'unissent sur ceux des côtes qui les précèdent).

Les côtes des mammifères sont formées de deux parties : une partie dorsale osseuse plus importante et une ventrale cartilagineuse. La première partie est donc la côte osseuse ou os costal (Os costale), elle est oblique en direction ventro-caudale et s'articule dorsalement à la colonne vertébrale. L'autre partie est le cartilage costal, articulé angulairement avec la côte osseuse et oblique en direction crânio-ventrale.

La longueur des côtes augmente de la première à la sixième pour diminuer ensuite jusqu'à la dernière. La largeur des côtes diminue progressivement de la première à la septième côte puis plus fortement à partir de la huitième côte. La courbure supérieure, très brève dans les premières, s'atténue d'avant en arrière.

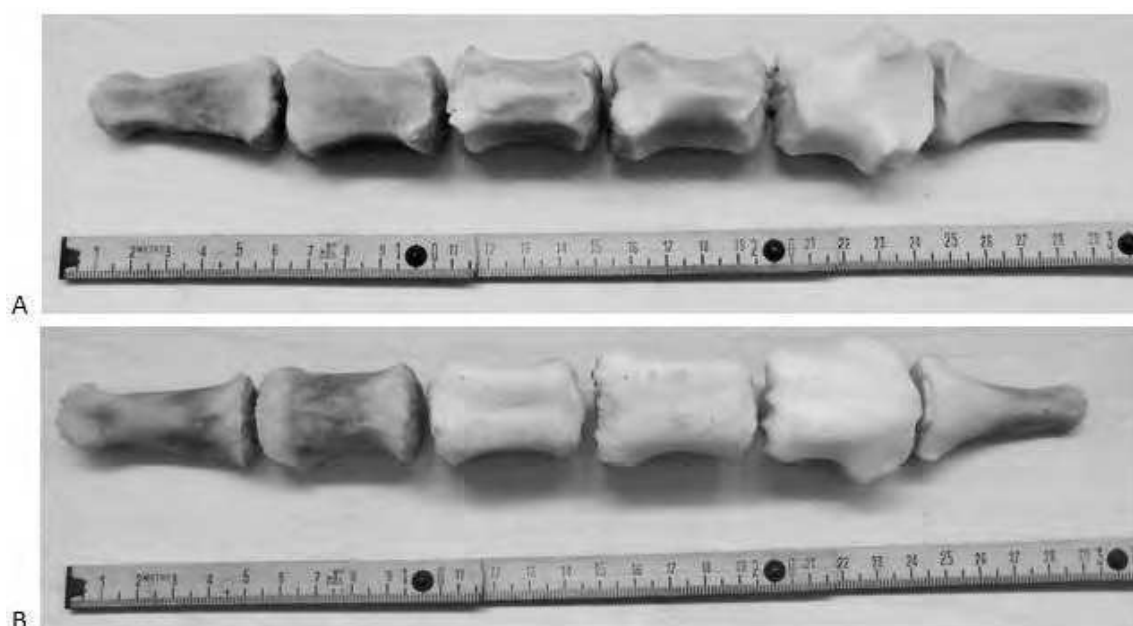


**Photographie 18 : Articulations vertébro-costales. Aspect latéral gauche. (A)=Articulation C7/Th1/Côte 1. (B)=Articulation Th4/Th5/côte5. Photographie personnelle.**

- 1 : Tubérosité de la côte
- 2 : Col
- 3 : Tête costale
- 4 : Corps de la côte
- 5 : Articulation costo-chondrale
- 6 : Fossette costale caudale de L7
- 7 : Fossette costale crâniale de Th1
- C7 : Septième vertèbre cervicale
- Th1 : Première vertèbre thoracique

### 2.6.2. Sternèbres

Le sternum compte six sternèbres chez l'alpaga. La première sternèbre, ou Manubrium sternal est conique et présente une surface articulaire allongée de chaque côté pour le premier cartilage costal. Les sternèbres du corps sternal sont aplaties latéralement. La peau recouvrant le sternum des camélidés peut développer une callosité puisque les animaux passent beaucoup de temps allongés en position sternale. Cette callosité peut faussement faire penser radiographiquement à une affection des tissus mous. Chez les petits camélidés sud-américains, il n'y a pas de modification de l'os sternal sous-jacent, contrairement aux grands camélidés dont la sternèbre crâniale présente une protrusion osseuse (piédestal) adaptation au décubitus sternal.



Photographie 19 : Sternum, aspect dorsal (A), aspect ventral (B). Photographie personnelle.

### 2.6.3. Os du diaphragme

Fait unique parmi les mammifères, le diaphragme des camélidés présente en son intérieur un os court et irrégulier, de tendance circulaire, de 3 à 3 cm de diamètre. Cet osselet, de structure spongieuse, développé dans le centre phrénique, se situe contre l'orifice de la veine cave, entre ce dernier et l'orifice œsophagien. Il semble servir de soutien et assurer la béance de l'orifice cave dont il épouse imparfaitement le contour (LESBRE, 19022 ; ZANNINI, 1927 ; MASKAR, 1957, GRASSÉ, 1973).

L'os du diaphragme, s'il existe, n'a pas été retrouvé sur notre spécimen.

### 3. SQUELETTE APPENDICULAIRE

Les membres de l'alpaga présentent une structure chiridienne. Les membres chiridiens désignent les appendices locomoteurs articulés des Tétrapodes. Ils sont à l'origine au nombre de deux paires, mais peuvent être perdus secondairement, soit en partie, soit complètement.

Le membre chiridien est caractérisé par 3 segments articulés. Le segment proximal ou **stylopode** qui correspond au bras ou à la cuisse et ne comportant qu'un seul os long : l'humérus ou le fémur. Ensuite, on trouve le segment moyen ou **zeugopode** qui correspond à l'avant-bras comportant le radius et l'ulna ou à la jambe *stricto sensu* comportant le tibia et la fibula. Ces os constitutifs du zeugopode peuvent être secondairement soudés comme c'est le cas ici.

Enfin, distalement le dernier segment est l'**autopode** qui correspond à la main ou au pied. Complexe, il se subdivise en trois sous-régions anatomiques : le **basipode** (proximal) qui correspond au carpe ou au tarse, le **métapode** (intermédiaire) qui correspond au métacarpe ou au métatarse et l'**acropode** qui correspond aux doigts et à leurs phalanges. (CAZEAU C., Maîtrise Orthopédique 133, 2004).

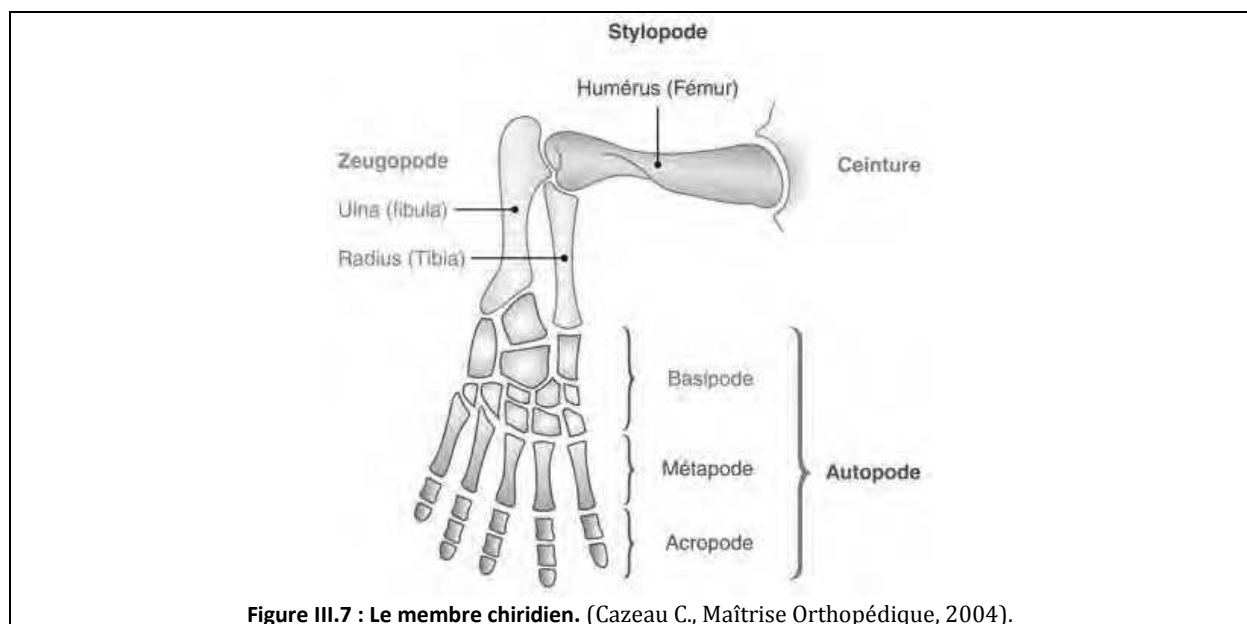


Figure III.7 : Le membre chiridien. (Cazeau C., Maîtrise Orthopédique, 2004).

### **3.1. Le membre thoracique**

Le membre thoracique comprend les os suivants : scapula, humérus, radius et ulna soudés, métacarpe ou canon, phalanges, os sésamoïdes. Ces os s'articulent respectivement au niveau de l'épaule, du coude, du carpe (ou « genou »), du boulet (ou articulation métacarpo-phalangienne), du paturon (ou articulations interphalangiennes). Deux os sésamoïdes sont associés à chaque première phalange P1.



Photographie 20 : Aspect latéral du membre thoracique (segments proximaux, sans l'autopode). Photographie personnelle.

### 3.1.1. Ceinture thoracique : la scapula

La ceinture scapulaire a la même conformation générale que celle des Mammifères Euthériens. Elle est réduite, de chaque côté, à une pièce latérale : la scapula qui n'a aucune articulation directe avec le squelette axial.

La scapula est un os plat, triangulaire, asymétrique et oblique en direction crânio-ventrale. Elle possède deux faces, l'une latérale et l'autre médiale, ainsi que trois bords : dorsal, crânial et caudal.

La face latérale est divisée en deux fosses par l'épine scapulaire. Au-dessus de celle-ci il y a la fosse supra-épineuse, au-dessous la fosse infra-épineuse. La fosse supra-épineuse est beaucoup moins étendue que l'infra-épineuse, et chez l'alpaga cette dernière est quatre à cinq fois plus large. Ces fosses servent de lieu d'insertion des muscles supra-épineux et infra-épineux. La terminaison de l'épine scapulaire forme ici une saillie élevée, simple et pointue : l'acromion.

La face costale est médiale, tournée vers la paroi costale du thorax.

Elle contient la fosse subscapulaire où s'insère le muscle du même nom et les surfaces dentelées (*Facies serrata*) où s'attachent les muscles dentelés ventral du cou et du thorax.

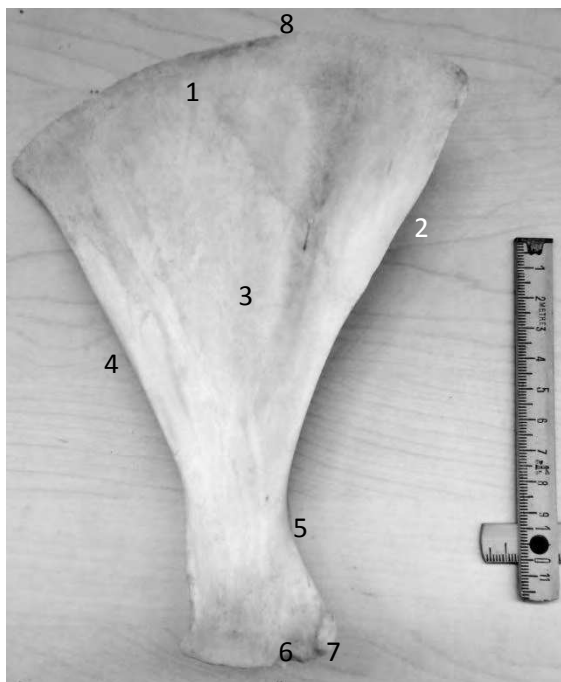
Le bord dorsal de la scapula est prolongé par un large cartilage, le cartilage de la scapula. Ce dernier est épais à sa base alors que son bord libre est mince et fortement convexe ; il déborde nettement de l'angle caudal par un lobe arrondi. Il n'a pas été conservé lors de la préparation et n'est donc pas présenté sur la photographie.

Le bord crânial est assez mince et convexe, il se termine par l'échancrure scapulaire, concave.

L'angle ventral est renflé et relié au reste de l'os par un col. La grande surface articulaire répondant à la tête de l'humérus appelée cavité glénoïde est pratiquement circulaire chez l'alpaga.

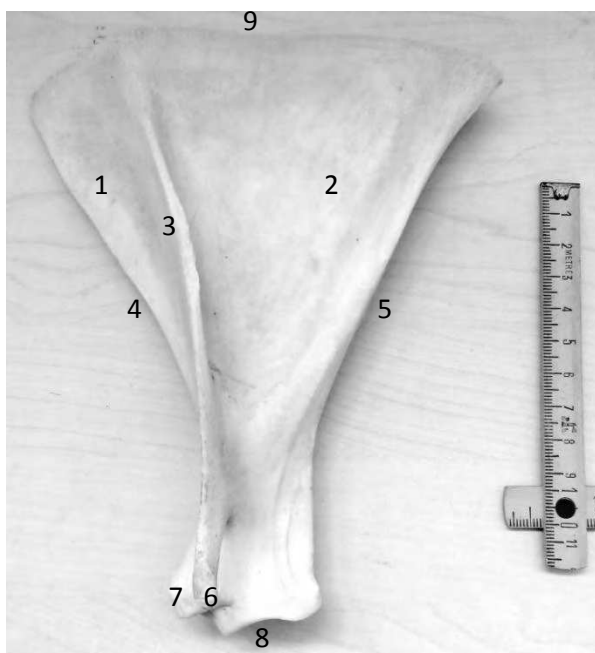
Crânio-dorsalement se trouve le tubercule supraglénoïdal lieu d'insertion du muscle biceps brachial, surmonté du côté médial par le processus coracoïde où s'insère le muscle coraco-brachial. Le processus coracoïde est réduit chez les ruminants.

Le tubercule infraglénoïdal est réduit chez l'alpaga contrairement à d'autres artiodactyles tels que le chevreuil. (Thèse MORLAT, 2010).



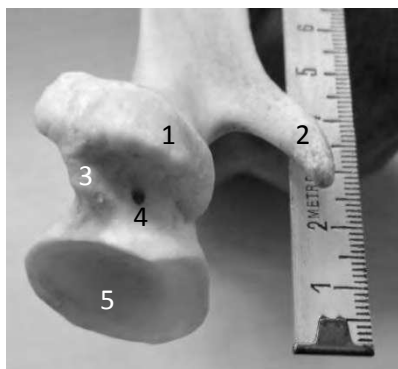
- 1 : Surface dentelée
- 2 : Bord cervical ou crânial
- 3 : Fosse subscapulaire
- 4 : Bord axillaire ou caudal
- 5 : Incisure scapulaire
- 6 : Processus coracoïde
- 7 : Tubercule supraglénôïdal
- 8 : Bord dorsal

Photographie 21 : Aspect médial de la scapula gauche. Photographie personnelle.



- 1 : Fosse supra épineuse
- 2 : Fosse infra épineuse
- 3 : Épine scapulaire
- 4 : Bord cervical ou crânial
- 5 : Bord axillaire ou caudal
- 6 : Acromion
- 7 : Tubercule supra glénôïdal
- 8 : Cavité glénôïdale
- 9 : Bord dorsal

Photographie 22 : Aspect latéral de la scapula gauche. Photographie personnelle.

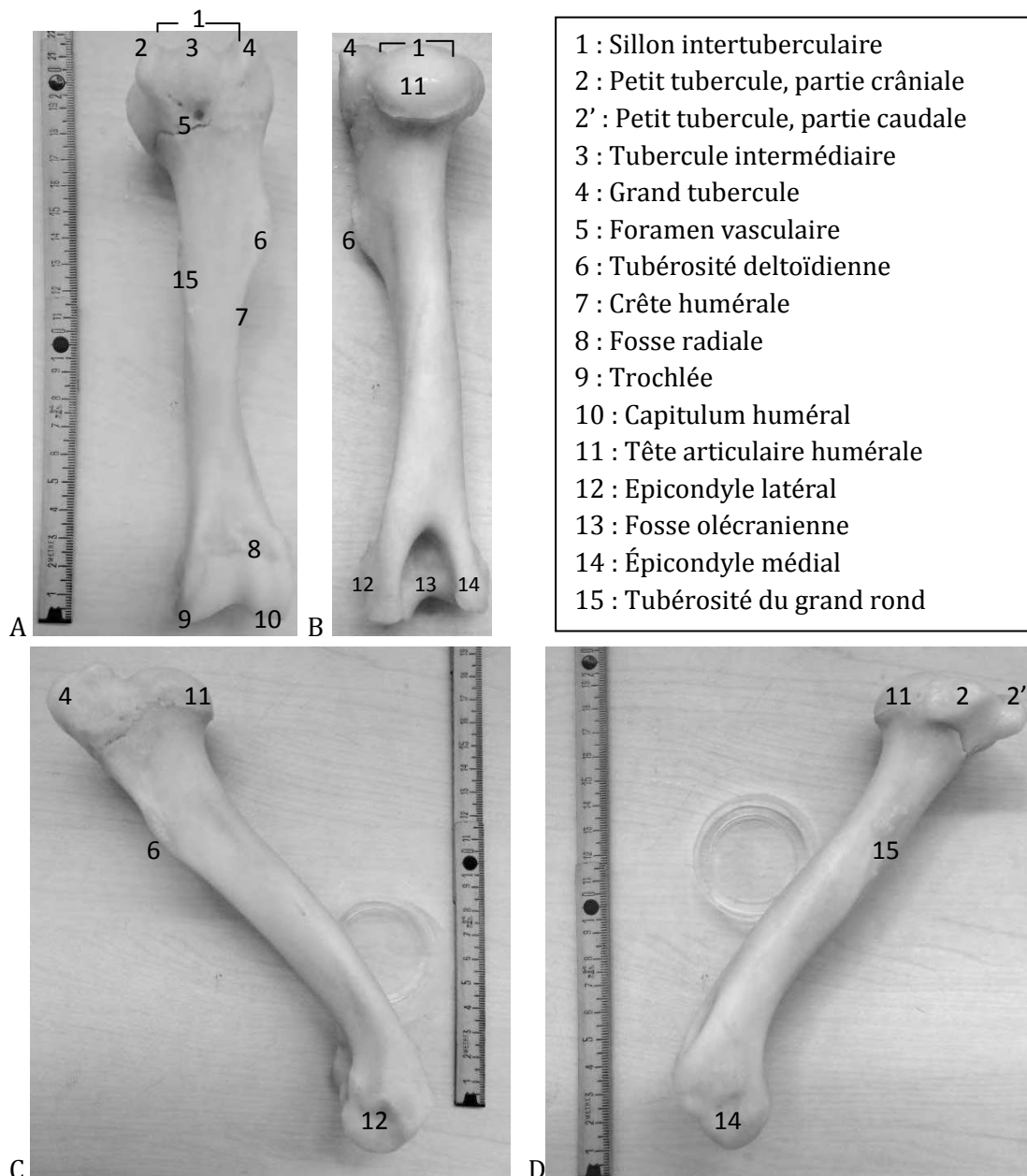


- 1 : Tubercule supra glénôïdal
- 2 : Acromion
- 3 : Processus coracoïde
- 4 : Trou nourricier
- 5 : Cavité glénôïdale

Photographie 23 : Angle articulaire de la scapula gauche. Photographie personnelle.

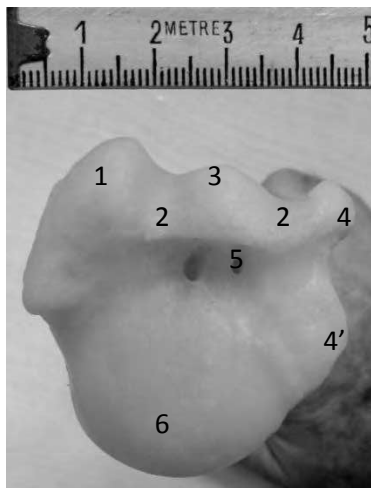
### 3.1.2. Stylopode ou bras : l'humérus

Cet os est massif chez l'adulte, en particulier proximale. La tête humérale est dirigée dorso caudalement. Le col huméral n'est pas nettement défini. Le grand tubercule n'est pas divisé. Le petit tubercule est constitué d'une partie crâniale proéminente et d'une partie caudale moins bien définie et plus petite. Le tubercule intermédiaire est assez proéminent entre les deux autres tubercules. Il divise le sillon intertuberculaire en deux parties comme chez le cheval. La diaphyse humérale diminue de diamètre sous la tubérosité deltoïdienne. La crête humérale est peu développée. L'extrémité distale est constituée du capitulum latéralement, caractérisé par une arête sagittale en son milieu, et la trochlée médialement.



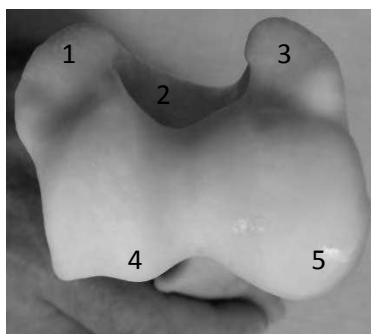
Photographie 24 : Humérus gauche. A=aspect crânial ; B=aspect caudal ; C=aspect latéral ; D=aspect médial.





- 1 : Grand tubercule
- 2 : Sillon intertuberculaire
- 3 : Tubercule intermédiaire
- 4 : Petit tubercule, partie crâniale
- 4' : Petit tubercule, partie caudale
- 5 : Foramens vasculaires
- 6 : Tête articulaire humérale

**Photographie 25 : Aspect articulaire proximal de l'humérus gauche. Photographie personnelle.**



- 1 : Épicondyle latéral
- 2 : Fosse olécraniennne
- 3 : Épicondyle médial
- 4 : Capitulum
- 5 : Trochlée humérale

**Photographie 26 : Aspect articulaire distal de l'humérus gauche. Photographie personnelle.**

### 3.1.3. Zeugopode ou avant-bras : le radius et l'ulna.

Chez les camélidés adultes, le radius et l'ulna sont soudés, en revanche, chez le jeune, ces deux os sont clairement individualisables.

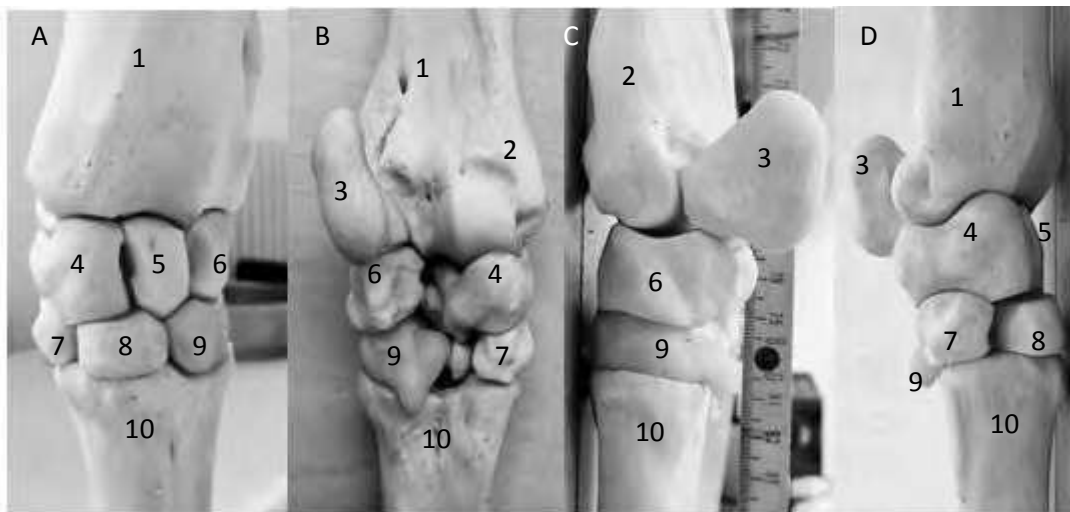
- Le radius : Proximale, la partie médiale est en continuité avec l'incisure trochléaire de l'olécrane. Distalement, se dessinent les processus styloïdes médial aussi appelé radial et latéral ou ulnaire.
- L'ulna : Chez le jeune, l'ulna est constituée de l'olécrane, du corps de l'ulna, et de la tête de l'ulna distalement. Chez l'adulte, l'ulna est fusionnée au radius le long de son aspect caudo latéral. L'ulna est réduite à l'olécrane (dirigé dorso caudalement) et à l'épiphyse distale (cartilage de croissance, processus styloïde). Le cartilage de croissance ulnaire se situe environ entre 3 et 5 cm proximale au cartilage de croissance radial. L'épiphyse ulnaire s'étend distalement le long de l'aspect latéral du radius.



Photographie 27 : Radius ulna. A=aspect crânial ; B=aspect caudal ; C=aspect Médial ; D=aspect latéral. Photographie personnelle.

|                                           |                                            |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1 : Tuber olecrani                        | 6 : Foramen vasculaire                     |
| 2 : Processus anconé                      | 7 : Corps du radius                        |
| 3 : Incisure trochléaire                  | 8 : Épiphyse ulnaire                       |
| 4 : Tête du radius ( <i>Caput radii</i> ) | 9 : Processus styloïde médial ou radial    |
| 5 : Tubérosité radiale                    | 10 : Processus styloïde latéral ou ulnaire |

### 3.1.4. Basipode ou carpe.



Photographie 28 : Carpe gauche. A=aspect crânial ; B=aspect caudal ; C=aspect latéral ; D=aspect médial. Photographies personnelles.

|                                         |                                       |
|-----------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 : Extrémité distale du radius         | 6 : Os ulnaire du carpe               |
| 2 : Extrémité distale de l'ulna         | 7 : Os carpal II                      |
| 3 : Os pisiforme ou accessoire du carpe | 8 : Os carpal III                     |
| 4 : Os radial du carpe                  | 9 : Os carpal IV                      |
| 5 : Os intermédiaire du carpe           | 10 : Extrémité proximale du métacarpe |

L'articulation du carpe des petits camélidés est un ensemble de 7 os unissant l'avant-bras à l'extrémité digitale. La rangée proximale comprend l'os accessoire du carpe, l'os radial du carpe, l'os intermédioradial ou intermédiaire du carpe et l'os ulnaire du carpe; la rangée distale est constituée des os carpaux II à IV.

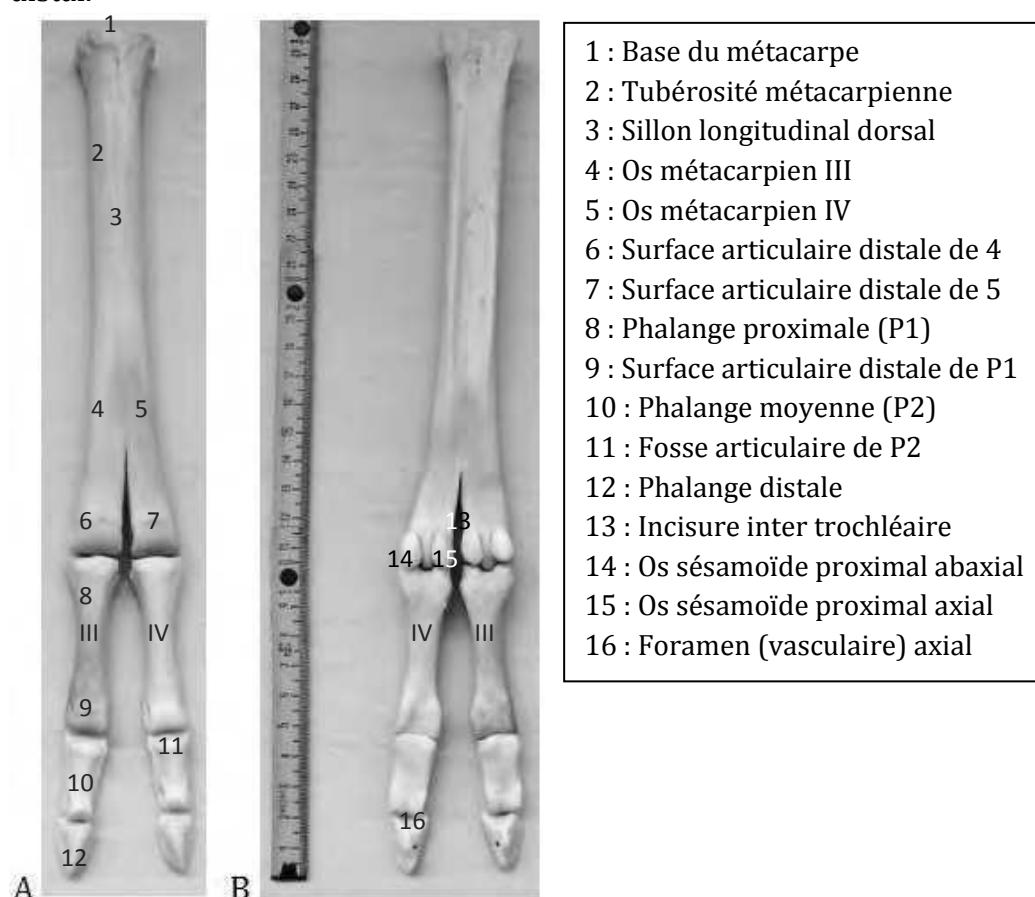
### 3.1.5. Autopode : la main.

Chaque autopode possède 1 carpe, 1 métacarpe (III et IV soudés), 2 doigts, 3 phalanges par doigt, et 2 os sésamoïdes associés à chaque phalange proximale.

Les métacarpiens III et IV sont fusionnés jusqu'au dernier 1/5<sup>ème</sup> de l'os où ils divergent pour former deux articulations distinctes avec les doigts correspondants. On observe une tubérosité proéminente proximale et dorsalement sur MIII.

La surface palmaire (ou plantaire sur le membre pelvien) est concave le long des deux tiers proximaux. Sur la surface dorsale, on observe un sillon longitudinal dorsal sur quasiment toute la longueur de l'os. Bien qu'ils aient quasiment les mêmes dimensions, l'os métacarpien est un peu plus massif que l'os métatarsien.

Les sésamoïdes axiaux sont plus grands que les abaxiaux. Il n'y a pas d'os sésamoïde distal.



Photographie 29 : Membre thoracique distal gauche ou main gauche. A=aspect dorsal ; B=aspect palmaire. Photographies personnelles.

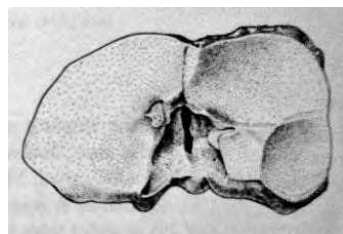


Figure III.8 : Surface articulaire proximale du métacarpe gauche. D'après Smuts, 1987.

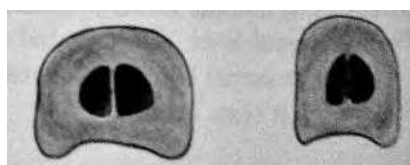
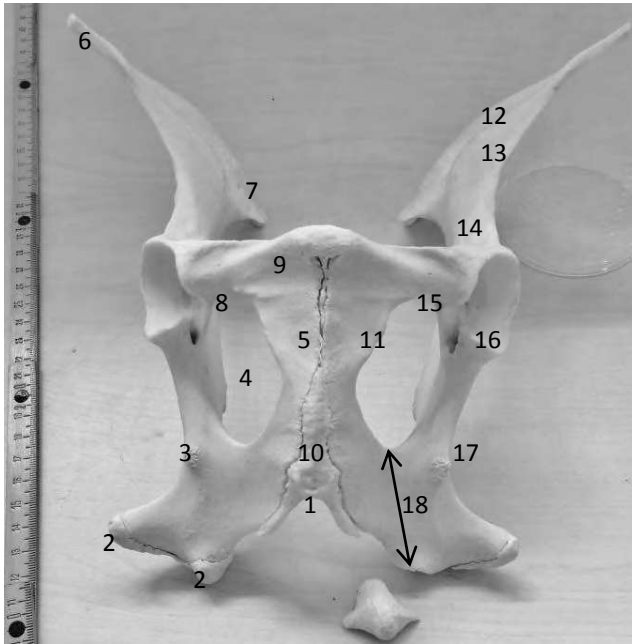


Figure III.9 : Coupe transversale à mi-diaphyse du métacarpe gauche (à gauche) et du métatarse gauche (à droite). D'après Smuts, 1987.

### 3.2. Le membre pelvien.

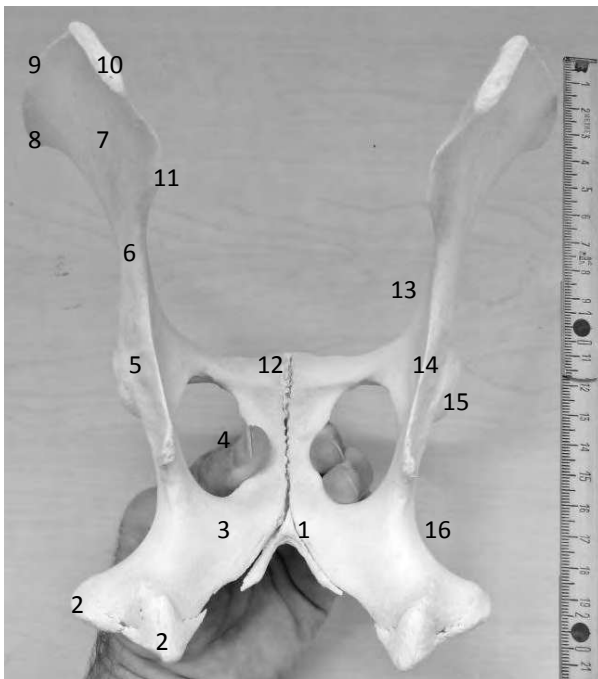
Le membre pelvien se constitue des os et articulations suivantes : bassin, articulation de la hanche ou coxo-fémorale, fémur, grasset ou articulation du genou comprenant l'articulation femoro-tibiale, et femoro-patellaire, tibia-fibula soudés, jarret ou articulation du tarse, métatarses, boulet ou articulation métatarso phalangienne, trois paires de phalanges inter articulées. On retrouve les deux os sésamoïdes associés à P1.

#### 3.2.1. Ceinture pelvienne : l'os coxal.



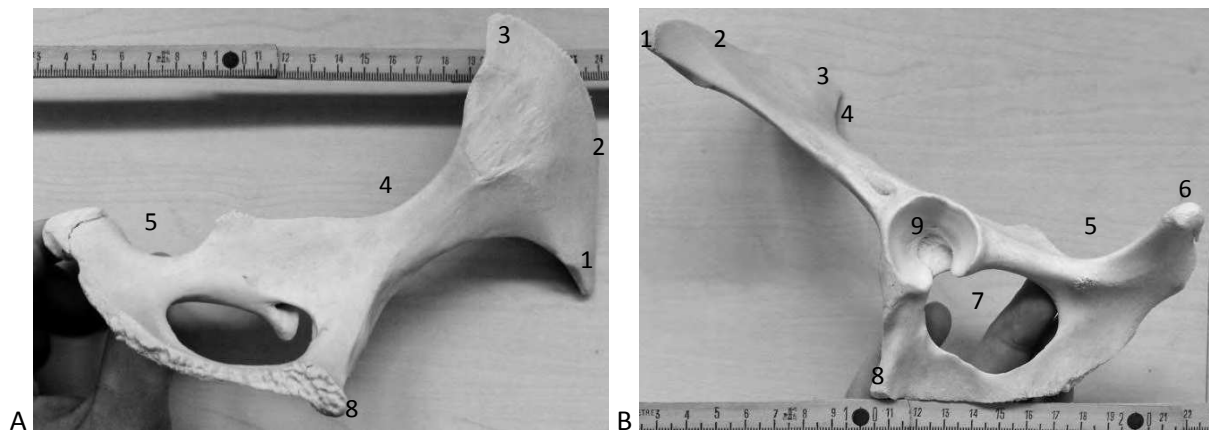
- 1 : Arc ischiatique
- 2 : Tubérosité ischiatique
- 3 : Aire d'insertion musculaire
- 4 : Foramen obturé
- 5 : Rameau caudal de l'os pubis
- 6 : Tubérosité iliaque    7 : Tubérosité sacrée
- 8 : Éminence ilio pubienne
- 9 : Pecten pubien    10 : Symphyse
- 11 : Rameau crânial de l'os pubis
- 12 : Crête iliaque    13 : Aile de l'ilium
- 14 : Corps de l'ilium
- 15 : Corps de l'os pubis
- 16 : Acétabulum
- 17 : Petite incisure sciatique
- 18 : Branche de l'ischium

Photographie 30 : Aspect ventral du bassin. Photographie personnelle.



- 1 : Arc ischiatique
- 2 : Tubérosité ischiatique
- 3 : Table de l'ischium
- 4 : Foramen obturé
- 5 : Corps de l'ischium
- 6 : Corps de l'ilium    7 : Aile de l'ilium
- 8 : Tubérosité iliaque    9 : Crête iliaque
- 10, 11 : Tubérosité sacrée
- 10 : Épine iliaque dorsale crâniale
- 11 : Épine iliaque dorsale caudale
- 12 : Pecten pubien
- 13 : Grande incisure sciatique
- 14 : Épine sciatique
- 15 : Acétabulum
- 16 : Petite incisure sciatique

Photographie 31 : Aspect dorsal du bassin. Photographie personnelle.



**Photographie 32 : Os coxal gauche. A=aspect médial ; B=aspect latéral. Photographies personnelles.**

- |                               |                              |
|-------------------------------|------------------------------|
| 1 : Tubérosité iliaque        | 6 : Tubérosité ischiatique   |
| 2 : Crête iliaque             | 7 : Foramen obturé           |
| 3 : Tubérosité sacrée         | 8 : Tubercule pubien ventral |
| 4 : Grande incisure sciatique | 9 : Acétabulum               |
| 5 : Petite incisure sciatique |                              |



**Photographie 33 : Aspect crânio ventral du bassin. Photographie personnelle.**

Chez les jeunes animaux, la symphyse ischio-pubienne est représentée par une connexion cartilagineuse assez large. La symphyse possède son propre centre d'ossification et fusionne chez l'adulte avec l'os coxal ; les lignes de fusions visibles sur la plupart des spécimens de camélidés en témoignent. Chez notre individu, la symphyse apparaît encore cartilagineuse (sujet subadulte).

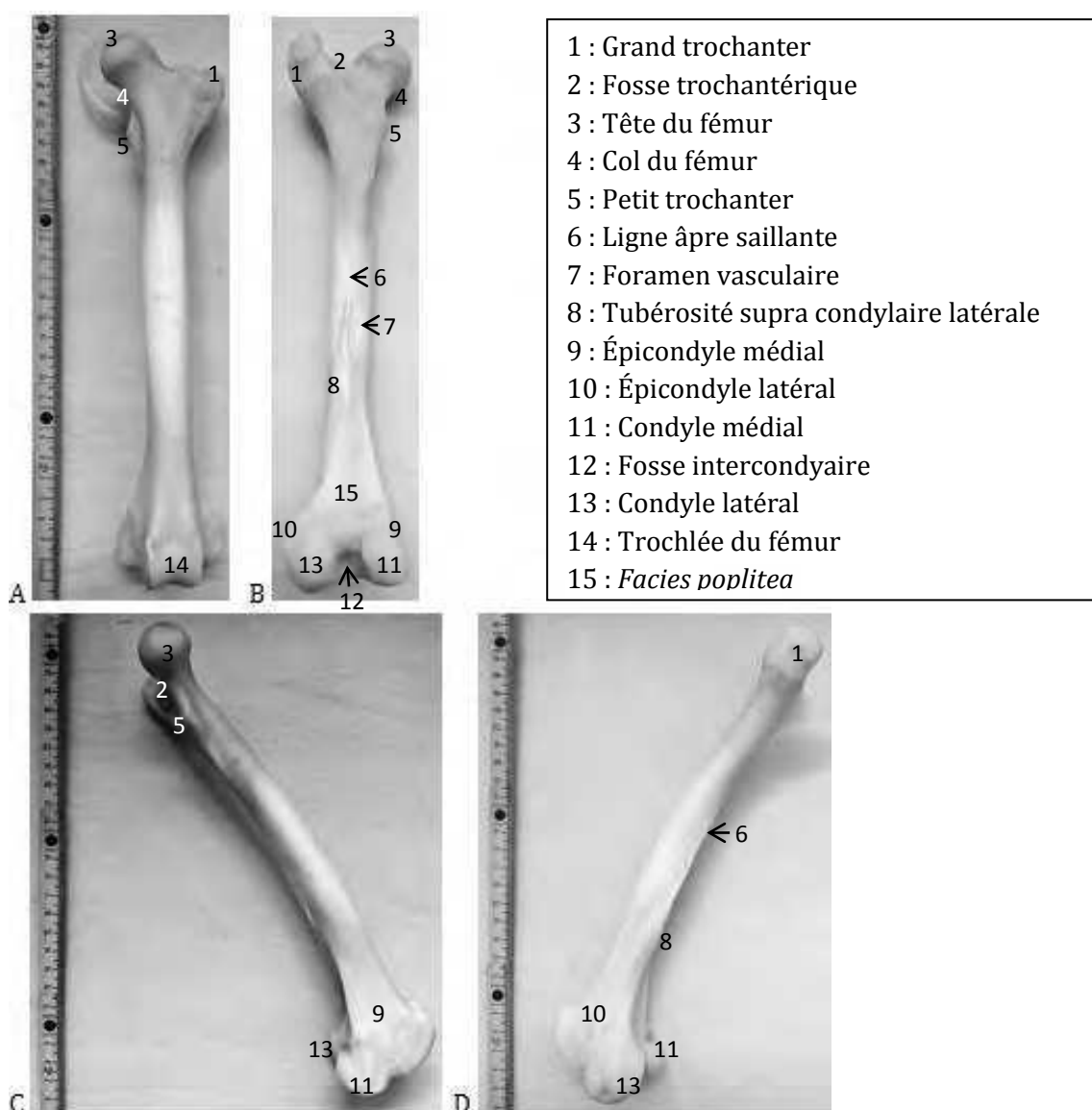
L'ilium est constitué d'une aile plane et en forme d'éventail orientée dorso-latéralement et d'un corps relativement court. La crête iliaque est convexe, rugueuse, et inclinée crânio-latéralement, menant ventralement à la tubérosité iliaque.

Du corps de l'ischium part l'épine sciatique, assez proéminente.

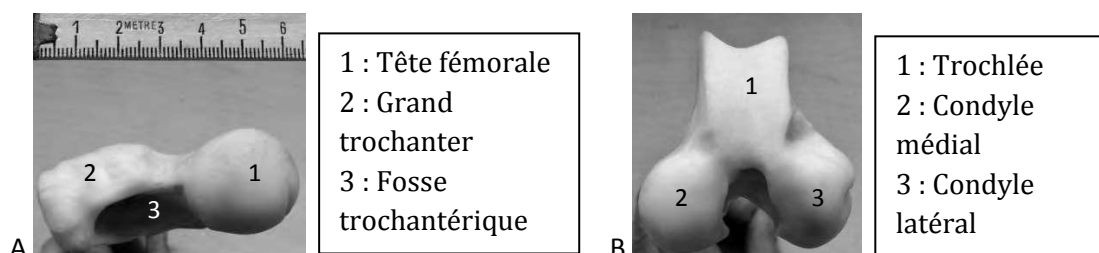
Le pubis s'étend de l'ilium et l'ischium latéralement, jusqu'à la symphyse pubienne médialement. Son bord caudal longe la partie crâniale du foramen obturé. Le pubis se divise en un corps et un rameau. Le corps participe à la formation de l'acétabulum et de l'éminence ilio-pubienne, peu proéminente. Le rameau fusionne médialement avec l'os symphysaire.

L'acétabulum est profond et concave (SMUTS M.M.S. & al., 1987).

### 3.2.2. Stylopode ou cuisse : le fémur



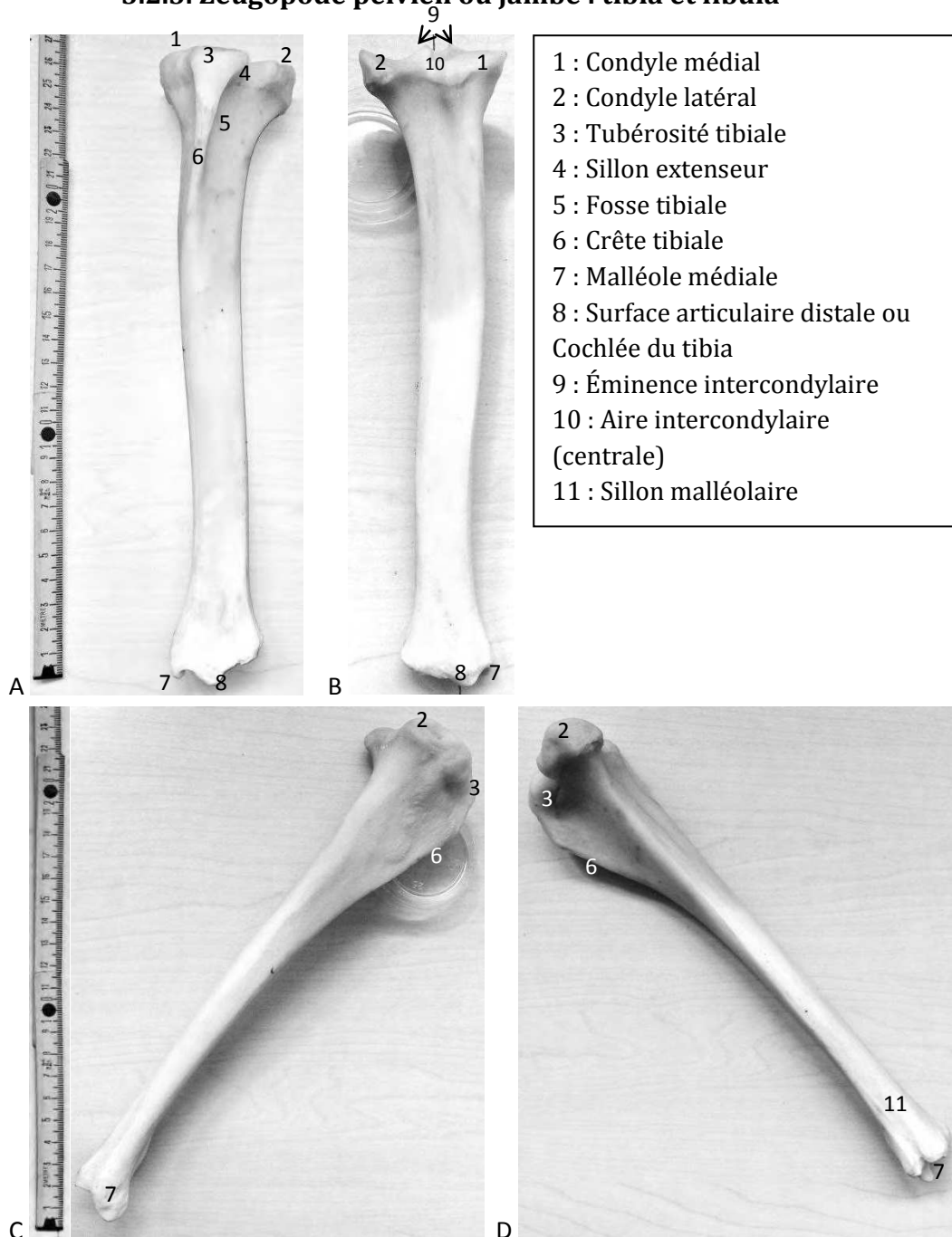
Photographie 34 : Fémur gauche. A=aspect crânial ; B=aspect caudal ; C=aspect médial; D=aspect latéral. Photographies personnelles.



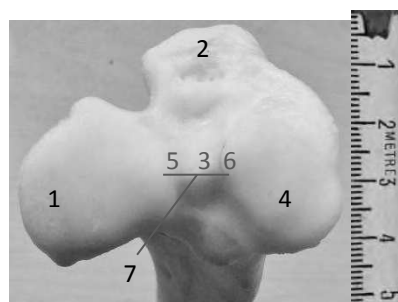
Photographie 35 : Surfaces articulaires du fémur gauche. A=Extrémité proximale ; B=Extrémité distale. Photo personnelle.

Le fémur est légèrement convexe crânialement, et son extrémité distale est massive. La tête fémorale est dirigée médio dorsalement. La fosse trochantérique est profonde et ovoïde (SMUTS, 1987). La ligne âpre dorsolatérale est très saillante. Les deux lèvres de la trochlée sont de taille sensiblement égale, comme chez le chameau, et le revers proximal de chacune des lèvres forme une saillie proximale (en forme de crochet).

### 3.2.3. Zeugopode pelvien ou jambe : tibia et fibula

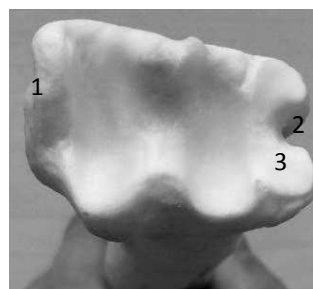


**Photographie 36 : Tibia gauche. A=aspect crânial ; B=aspect caudal ; C=aspect médial ; D=aspect latéral. Photographies personnelles.**



**Photographie 37 : Surface articulaire proximale du tibia gauche. Photographie personnelle.**

- 1 : Condyle latéral
- 2 : Tubérosité tibiale
- 3 : Aire intercondyloire
- 4 : Condyle médial
- 5 : Tubercule intercondyloire lat.
- 6 : Tubercule intercondyloire méd.
- 7 : Éminence intercondyloire



**Photographie 38 : Surface articulaire distale du tibia gauche. Photographie personnelle.**

- 1 : Malléole médiale
- 2 : Sillon malléolaire
- 3 : Surface articulaire pour la fibula



Le tibia est légèrement plus court que le fémur. Son extrémité proximale est large et triangulaire puis le diamètre osseux diminue vers l'extrémité distale, qui est aplatie crânio-caudalement. Le condyle médial est plus large et plus arrondi que le condyle latéral.

La fibula se réduit à un os malléolaire, latéral, émoussé, au processus proximal pointu qui s'emboîte avec le condyle latéral dont le sillon de l'extenseur est développé. On distingue deux surfaces articulaires pour l'articulation avec le tibia.

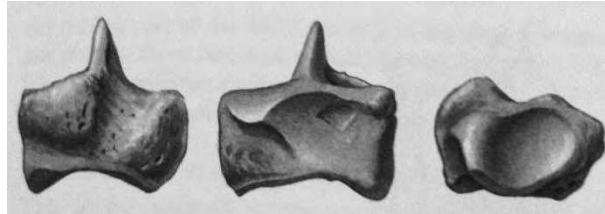
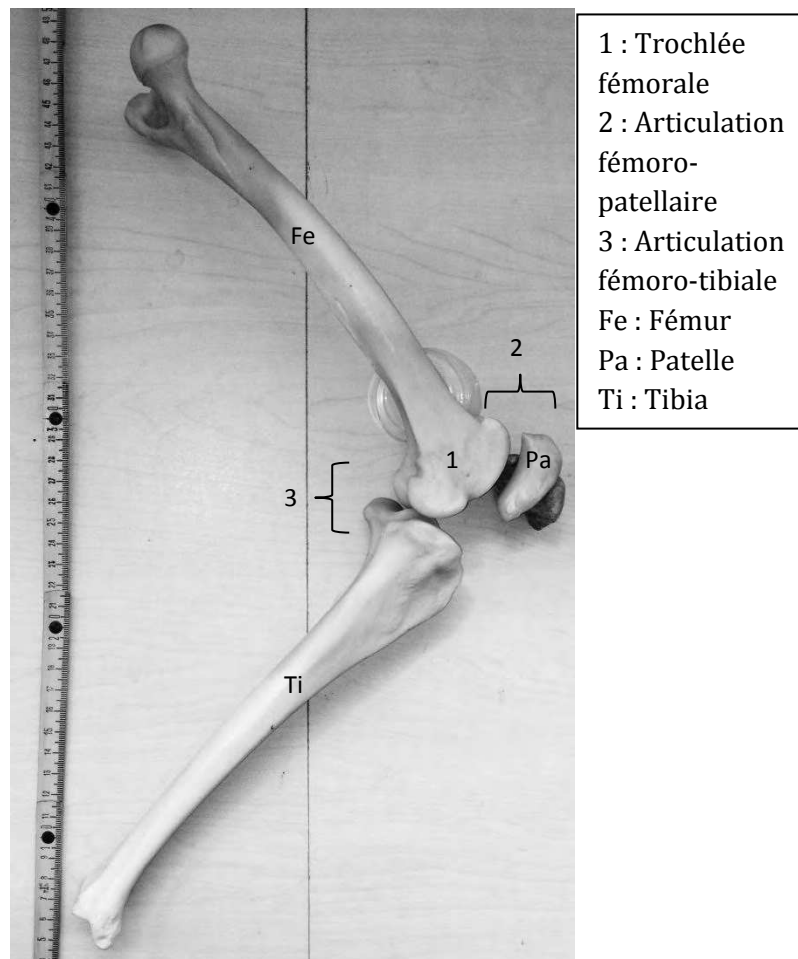


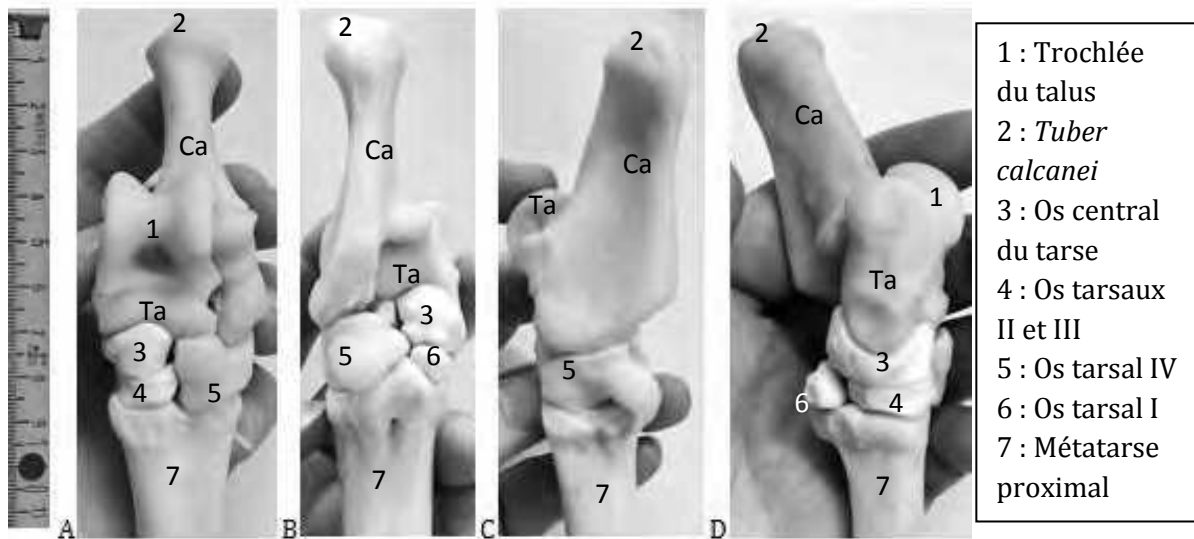
Figure III.10 : Os malléolaire latéral gauche. Aspects latéral, médial et distal. (Smuts, 1987).

### 3.2.4. Genou ou grasset



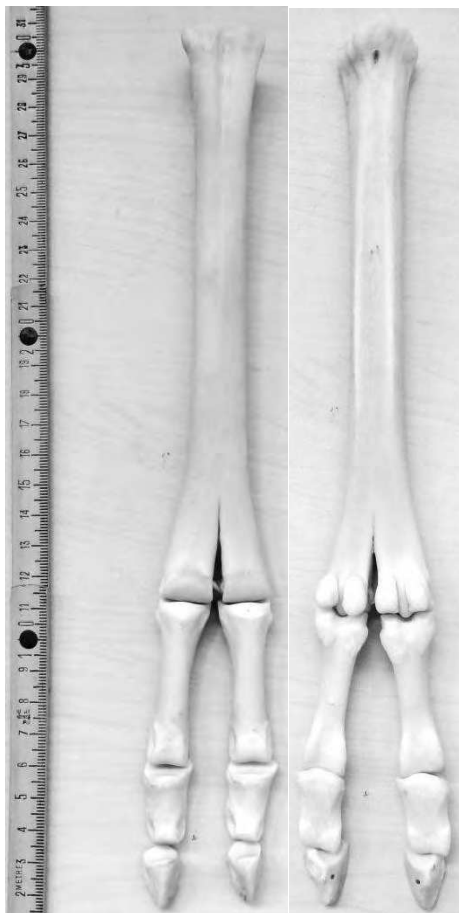
Photographie 39 : Aspect médial du grasset gauche. Photographie personnelle.

### 3.2.5. Basipode ou tarse



Photographie 40 : Tarse gauche. A=aspect dorsal ; B=aspect plantaire ; C=aspect latéral ; D=aspect médial. Ta : Talus ; Ca : Calcaneus. Photographies personnelles.

### 4.2.6. Pied



Photographie 41 : Membre pelvien distal gauche ou pied gauche, aspects dorsal, plantaire. Photographie personnelle.

Cf. « Autopode thoracique » pour la description.

## 4. DENTS

### 4.1. Formule dentaire

Tableau III.3 : Formule dentaire des lamas et alpagas. (Fowler, 2010)

|                   | camélidés sud-américains |      |            |                   |
|-------------------|--------------------------|------|------------|-------------------|
| Dents de lait     | I 1/3                    | C1/1 | PM 2-3/1-2 | x2 = 20 à 22      |
| Dents définitives | I 1/3                    | C1/1 | PM 1-2/1-2 | M3/3 x2 = 30 à 32 |

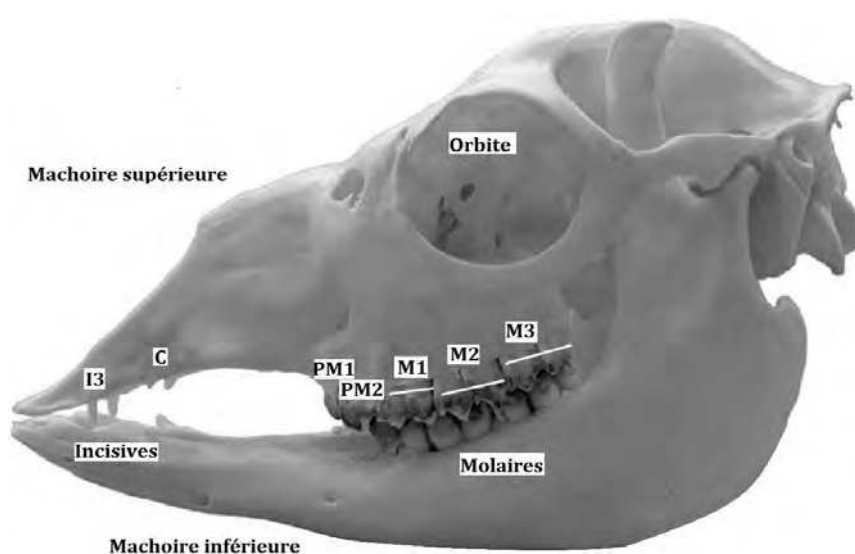


Figure III.11 : Crâne préparé d'une femelle alpaga adulte. I=incisives ; C= canines ; PM=prémolaires ; M = molaires ;  
(Modifié d'après P. Zanolari)

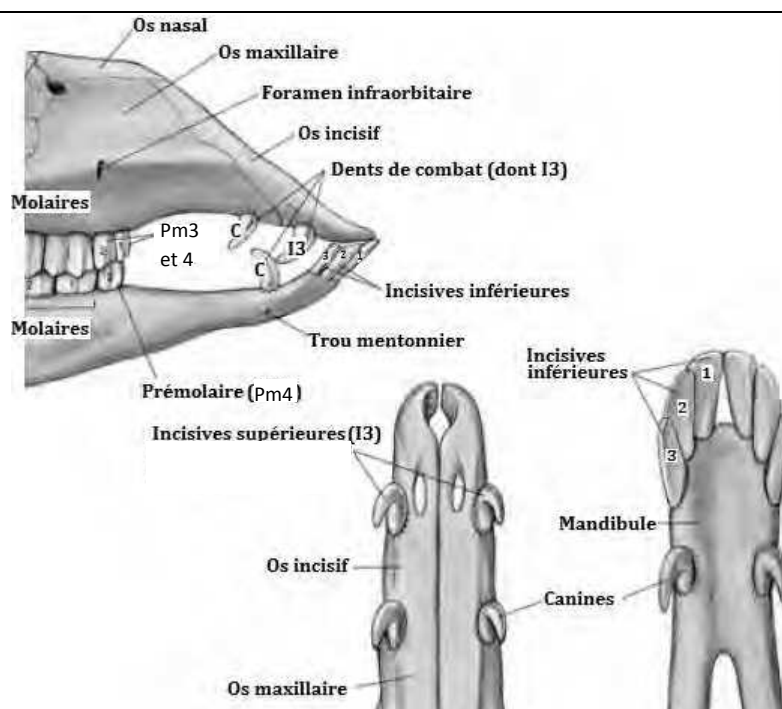


Figure III.12 : Dentition d'un petit camélidé. Modifié d'après Spurgeon, 1999.

## 4.2. Caractéristiques individuelles des dents (ch. 13, FOWLER, 2010)

### 4.2.1. Incisives

Les incisives des camélidés sont fermement ancrées dans l'os alvéolaire, comme chez les ovins, mais contrairement aux bovins, dont les dents sont mobiles dans l'os alvéolaire. Tous les petits camélidés ont la même formule dentaire, mais les dents diffèrent parfois en forme et en structure selon les espèces. Les incisives des alpagas semblent être de taille intermédiaires entre celles du lama et de la vigogne.

L'émail est présent sur les surfaces labiale et linguale de la dent.

Les dents de lait des alpagas sont en forme de spatules, mais dès que l'animal commence à grandir et perd la couronne de la «dent spatulée », la dent change de forme. L'incisive de l'alpaga adulte est étroite, et rectangulaire en coupe transversale. L'apex de l'incisive reste ouvert, et la dent continue de grandir jusqu'à la maturité. Comme chez la vigogne, les incisives de l'alpaga conservent un bord occlusal (bord tranchant, face triturante) en forme de ciseau. Si les surfaces occlusales sont aplaties, ou présentent une forme rectangulaire ou carrée, cela indique qu'elles ont dû être taillées pour éviter qu'elles ne dépassent des lèvres.

### 4.2.2. Canines :

L'éruption des canines permanentes chez les mâles est associée à la puberté et une brusque montée de testostérone : c'est la « dent de combat ». Cela a lieu en moyenne entre 22 et 24 mois d'âge, avec quelques cas précoces (12-15 mois) et tardifs (3 ans). Par conséquent, si les canines permanentes sont sorties, cela indique que le mâle a plus de 2 ans. Elles ne sortent que rarement chez les femelles, et chez environ 5% des mâles. Les canines de lait sont plutôt de petite taille, pointues, et ancrée dans la mandibule par une racine courbe ; elles sont adaptées à l'agression entre membres de la même espèce, particulièrement entre mâles reproducteurs.

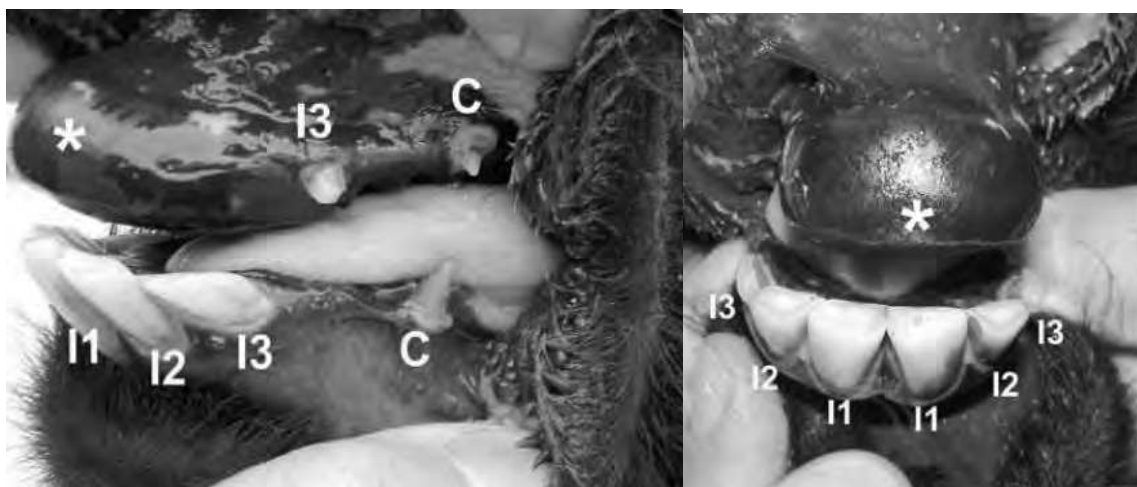


Figure III.13 : Bouche. aspects latéral (A) et de face (B) d'une femelle alpaga adulte. Les incisives sont désignées par I1, I2 et I3 sur la mâchoire inférieure, la canine, par C. Sur la mâchoire supérieure, une étoile (\*) désigne la zone dépourvue de dents, soit le bourrelet gingival. I3 et C sont aussi désignées par le terme de dents de combat. (Photo: P. Zanolari)

### 4.2.3. Prémolaires et molaires (dents jugales)

Les prémolaires et les molaires sont sélénodontes.

La surface occlusale présente les pointes et les crêtes tranchantes caractéristiques des herbivores se nourrissant de broussailles, arbustes, et de plantes herbacées. (**fig. III.14**)

Les prémolaires et molaires de la mâchoire inférieure sont légèrement plus étroites que les dents supérieures.

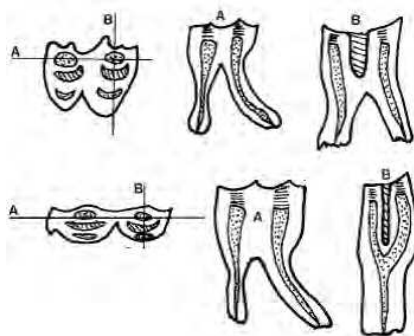


Figure III.14 : Schéma des molaires supérieures et inférieures d'un petit camélidé. (A) coupe longitudinale. (B) coupe transversale. (Fowler, 2010).

### 4.3. Denture et détermination de l'âge (ch. 13 FOWLER ME., 2010 ; WHEELER J.C., 1982)

Tableau III.4 : âge et éruption des dents. (D'après Fowler, 2010).

| Dents déciduales  |                                                                                         |                          |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| -                 | Les 3 incisives sont généralement présentes chez les nouveau-nés à terme                |                          |
| -                 | Chez les prématurés, I2 et I3 peuvent être en retard de 90 et 107 jours respectivement. |                          |
| -                 | Les canines sont visibles chez seulement 5% des mâles                                   |                          |
| -                 | Les prémolaires sont présentes à la naissance                                           |                          |
| Dents permanentes |                                                                                         |                          |
|                   | I1                                                                                      | 2-2,5 ans                |
|                   | I2                                                                                      | 3-3,5 ans                |
|                   | I3                                                                                      | 3,1-6ans                 |
|                   | C                                                                                       | 2-7 ans, moyenne 2,5-3,5 |
|                   | P3                                                                                      | 3,5-5ans                 |
|                   | P4                                                                                      | 3,5-5 ans                |
|                   | M1                                                                                      | 6-9 mois                 |
|                   | M2                                                                                      | 1,5-2 ans                |
|                   | M3                                                                                      | 2,75-3,75 ans            |

Les lamas et les alpagas possèdent trois paires d'incisives à la mâchoire inférieure. À la naissance, les deux paires d'incisives centrales ont percé. Ceci est un signe de maturité du jeune et indique une gestation arrivée à son terme. La mâchoire supérieure est dépourvue d'incisives et on désigne cette zone par le terme de bourrelet gingival. Les petits camélidés perdent les dents de lait en faveur de dents permanentes. La dentition de lait comprend 18 à 22 dents et celle des animaux adultes 30 à 32 dents. Le changement de dents débute entre 2 à 2.5 ans (sauf M1), et se termine généralement vers 4 ans. Pour certaines dents individuelles, le changement peut n'avoir lieu que durant la 6<sup>ème</sup> ou la 7<sup>ème</sup> année. Les canines présentent une particularité, car elles ne percent que vers l'âge de 2 à 3,5 ans. (P. ZANOLARI, 2007).



**1. RADIOGRAPHIES DU SQUELETTE**

**1.1. Squelette axial**

**1.1.1. Squelette de la tête**

*1.1.1.1. Crâne*

❖ **Incidence dorsoventrale du crâne entier:**



**Radiographie 1 : Incidence dorsoventrale du crâne d'un alpaga mâle subadulte. E.N.V.T. (42 kV / 6mAs).**

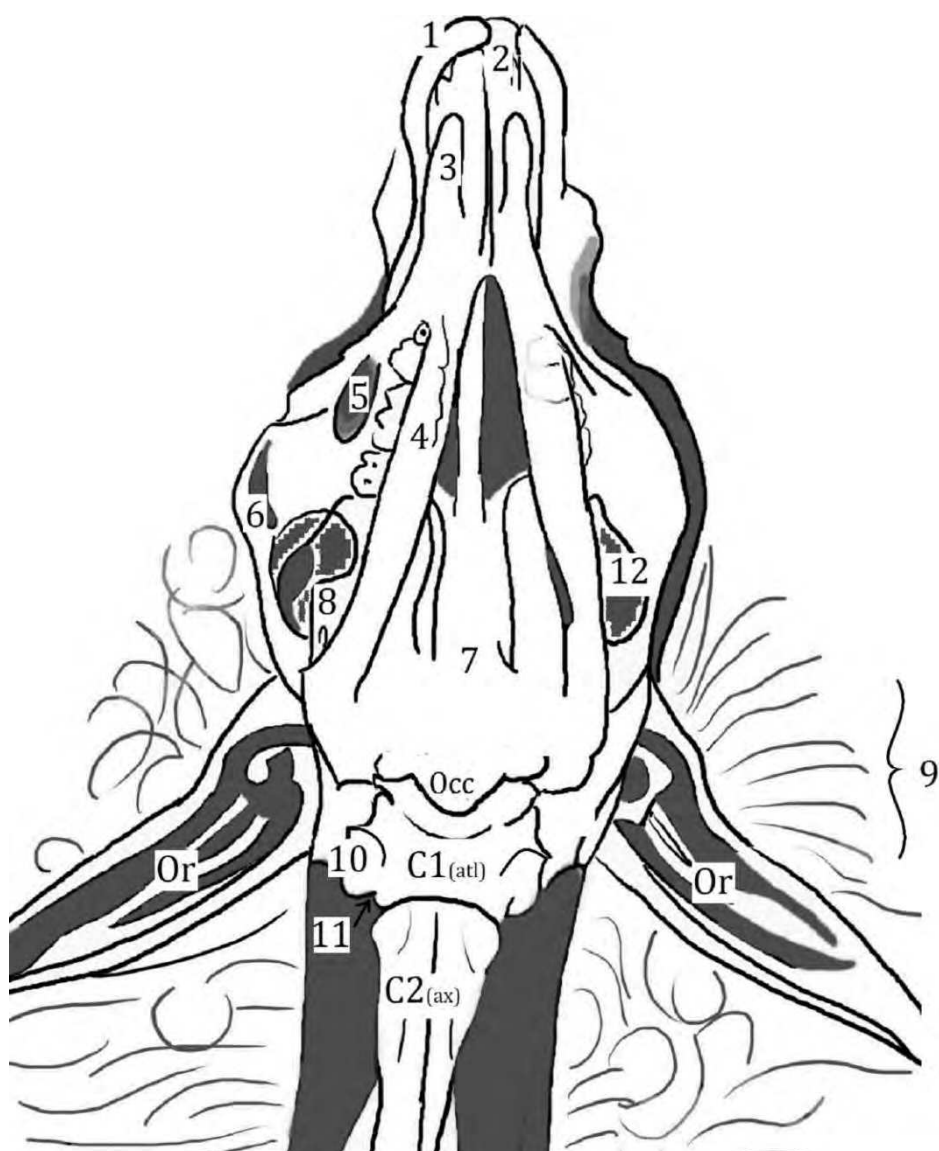


Schéma 1 : Incidence dorsoventrale du crâne et des premières vertèbres cervicales d'un alpaga mâle subadulte.

|                                         |                                     |
|-----------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 : corps de l'os incisif               | 9 : articulation atlanto-occipitale |
| 2 : dents incisives                     | 10 : aile de l'atlas                |
| 3 et 4 : os nasal                       | 11 : incisure alaire                |
| 5 : foramen infraorbitaire              | 12 : orbite                         |
| 6 : os zygomatique                      | Occ : os occipital                  |
| 7 : os frontal                          | C1 <sub>(atl)</sub> : atlas         |
| 8 : processus coronoïde de la mandibule | C2 <sub>(ax)</sub> : axis           |
|                                         | Or : oreille                        |



❖ Incidence latérale du crâne entier :



Radiographie 2 : Incidence latérale du crâne d'un alpaga mâle subadulte. E.N.V.T. (42 kV / 6mAs).

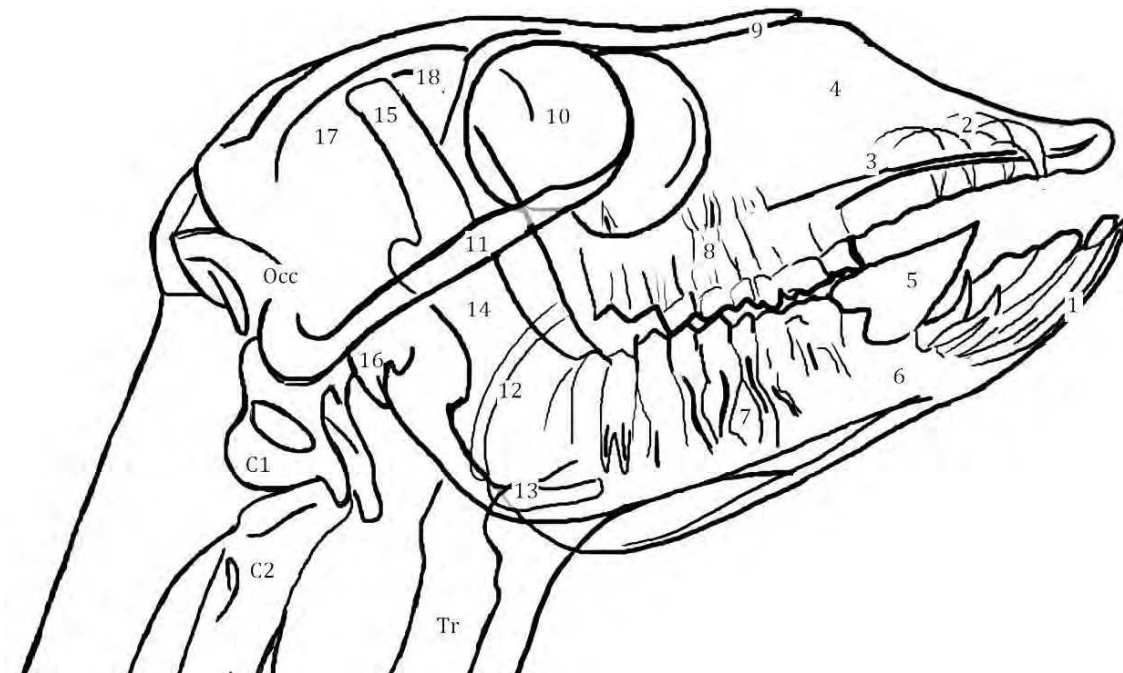


Schéma 2 : Incidence latérale du crâne d'un alpaga mâle subadulte.

|                           |                                              |                                  |
|---------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------|
| 1 : incisives             | 9 : os nasal                                 | 17 : os pariétal/fosse temporale |
| 2 : canines supérieures   | 10 : orbite                                  | 18 : os frontal                  |
| 3 : os incisif            | 11 : arcade zygomatique                      | Occ : os occipital               |
| 4 : os maxillaire         | 12 : palais mou                              | Tr : trachée                     |
| 5 : langue                | 13 : épiglote                                | C1 : atlas / C2 : axis           |
| 6 : corps de la mandibule | 14 : branche de la mandibule                 |                                  |
| 7 : racines dentaires     | 15 : processus coronoïde                     |                                  |
| 8 : molaires supérieures  | 16 : processus paracondyloïde (os occipital) |                                  |

❖ **Considérations générales sur la radiographie des os alvéolaires et des dents** (NIEHAUS, 2009) :

La radiographie est nécessaire au diagnostic définitif et à la localisation des affections dentaires chez les lamas et alpagas. Les dents sont plus radio opaques que l'os, permettant de différencier les dents de l'os alvéolaire adjacent. Les clichés du crâne peuvent être difficiles à interpréter à cause des multiples structures osseuses et articulations qui peuvent s'y observer.

Un bon positionnement de l'animal ainsi qu'une technique radiographique maîtrisée permettent d'améliorer le pouvoir diagnostic des radiographies.

La plupart du temps, une sédation est nécessaire à la bonne qualité des clichés du crâne. Même de tout petits mouvements peuvent masquer certaines anomalies si elles sont subtiles. Pour distinguer les arcades maxillaires et mandibulaires, la bouche est en générale tenue en position ouverte pour les incidences latérale et latérale oblique. Les animaux sont souvent réfractaires à cette procédure sans sédation.

Andrew Niehaus, in *Dental Disease in Llamas and Alpacas* propose le protocole suivant : xylazine en IV (0,2mg/kg pour les lamas et 0,3mg/kg pour les alpagas) à laquelle on peut associer le Butorphanol (0,05mg/kg IV).

Il conseille ensuite de réaliser au minimum 4 clichés radiographiques selon les incidences suivantes : latéral, dorsoventral, 45° oblique droite et 45° oblique gauche. Pour la plupart des animaux, le cou est assez flexible pour pouvoir prendre toutes les incidences sur un animal en décubitus sternal.

Le cliché en incidence dorsoventrale devrait être obtenu sans ouverture de la bouche (à la différence des autres incidences), et en plaçant les mandibules de l'animal en contact avec la cassette.

Pour la incidence latérale, on placera le côté de la lésion contre la cassette pour minimiser l'agrandissement.

La **figure IV.1** indique le placement correct de la tête afin de prendre une radiographie en incidence oblique (45°).



**Figure IV.1** : Photographie illustrant le placement correct de la tête pour obtenir une radiographie en incidence latérale oblique 45° des arcades mandibulaire droite et maxillaire gauche. (Source : A. Niehaus, 2009).

Les incidences latérales superposent les arcades droite et gauche, et l'incidence dorsoventrale superpose les arcades maxillaire et mandibulaire. Ainsi, les incidences obliques sont les incidences de choix pour localiser la ou les dent(s) affectées puisqu'elles mettent en évidence spécifiquement les arcades mandibulaires sans superposition de la demi-mâchoire opposée.

Puisque les affections sont le plus souvent localisées à la mandibule, le terme de « oblique droit » est généralement donné à la projection mettant en évidence l'arcade mandibulaire droite. (Respectivement à gauche). Chaque incidence oblique souligne une arcade mandibulaire et l'arcade maxillaire opposée. L'identification correcte des radiographies au moment de la prise du cliché (marqueurs) est également très importante.

Aspect radiographique normal : au niveau des racines dentaires, le ligament alvéolo dentaire fin et radio transparent entoure chaque dent.

L'os alvéolaire adjacent apparait lisse et uniforme.



**Radiographie 3 : aspect radiographique normal de l'arcade mandibulaire gauche d'un alpaga. (Source : Niehaus, 2009).**

❖ Incidence latérale de la mandibule :



Radiographie 4 : Incidence latérale oblique de la mandibule d'un lama immature avec éruption des molaires. (Source Fowler, 2010).

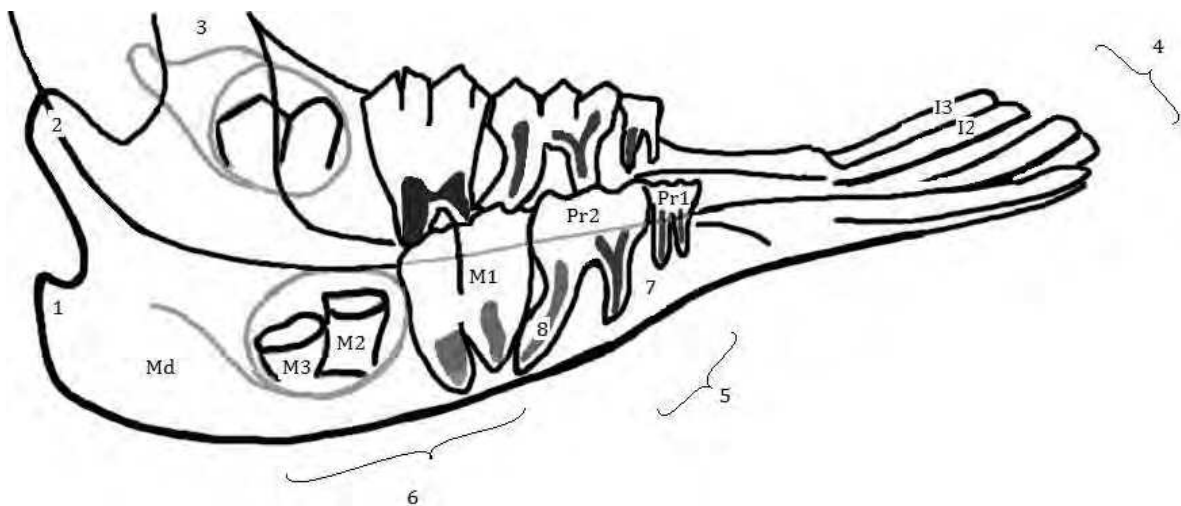
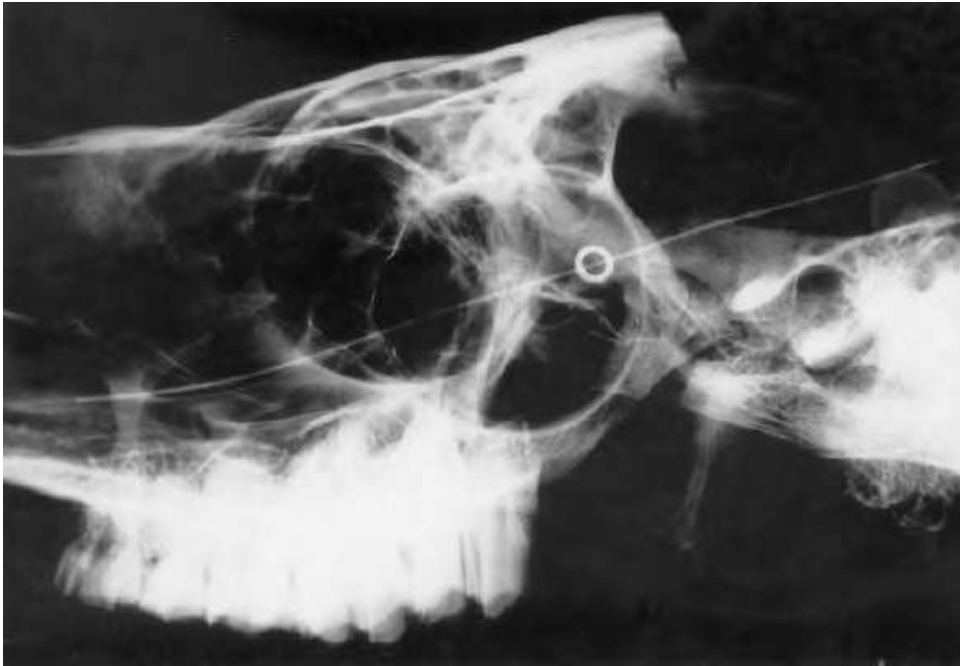


Schéma 3 : Incidence latérale oblique de la mandibule d'un lama immature avec éruption des molaires.

- 1 : Processus angulaire de la mandibule
- Md : mandibule
- 2 : Processus articulaire de la mandibule
- 3 : branche de la mandibule
- 4 : 6 incisives (inférieures seulement)
  - I2 : 2ème incisive gauche (la 1<sup>ère</sup> étant difficilement identifiable)
  - I3 : 3<sup>ème</sup> incisive gauche
- 5 : 2 prémolaires (de chaque côté)
  - Pr1 et Pr2: 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> prémolaires droite
- 6 : 3 molaires (de chaque côté)
  - M1 : 1<sup>ère</sup> molaire droite (déjà sortie)
  - M2 et M3: 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> molaires droites en cours d'éruption
- 7 : os alvéolaire
- 8 : racines dentaires

### ❖ Voies lacrymales :



**Radiographie 5 : incidence latérale du crâne d'un petit camélidé illustrant le trajet du canal nasolacrymal (canule).**  
(Source : Fowler, 2010).



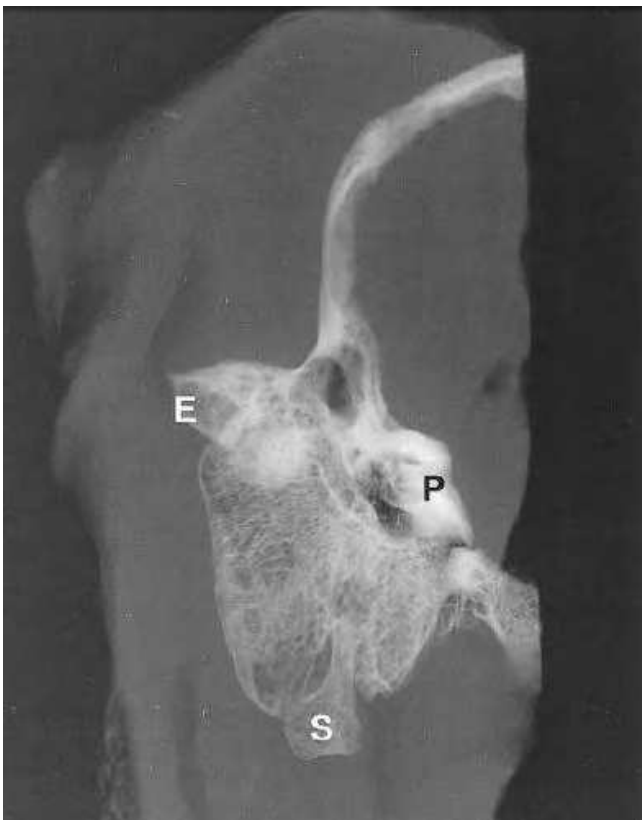
**Figure IV.2 : Canules insérées dans les voies lacrymales.** (Source : Fowler, 2010).

Le conduit traverse le canal lacrymal osseux au sein de l'os lacrymal sur environ 2 cm, et sur cette distance il reste très proche du canal infraorbitaire. (Radiographie 4 et Figure IV.2). Ensuite, il quitte l'os et continue sous la muqueuse dans la cavité nasale, et s'arrête aux narines, à proximité de la jonction cutanéomuqueuse.

❖ **Conduit auditif osseux et oreille moyenne :**



**Radiographie 6 :** cliché en incidence latérale de la partie caudale du crâne d'un lama, suite à l'instillation de produit de contraste (diatrizoate de méglumine/diatrizoate de sodium (GASTROGRAFIN, md-GASTROVIEW)) dans le conduit auditif gauche. On note la forme sigmoïde de la partie osseuse du conduit auditif (flèches). (Source : Watrous B., Koenig J., 2001)



**Radiographie 7 :** cliché pris après réalisation de coupes transversales fines de la partie droite d'un crâne de lama. E=conduit auditif ; S=os stylo hyoïde ; P=partie pétreuse de l'os temporal. (Source : Watrous B., Koenig J., 2001).

## 1.1.2. Colonne vertébrale

### 1.1.2.1. Vertèbres cervicales

#### ❖ Incidence latérale des vertèbres cervicales crâiales :



Radiographie 8 : Incidence latérale des vertèbres cervicales crâiales d'un alpaga mâle subadulte. E.N.V.T. (45 kV / 10mAs).

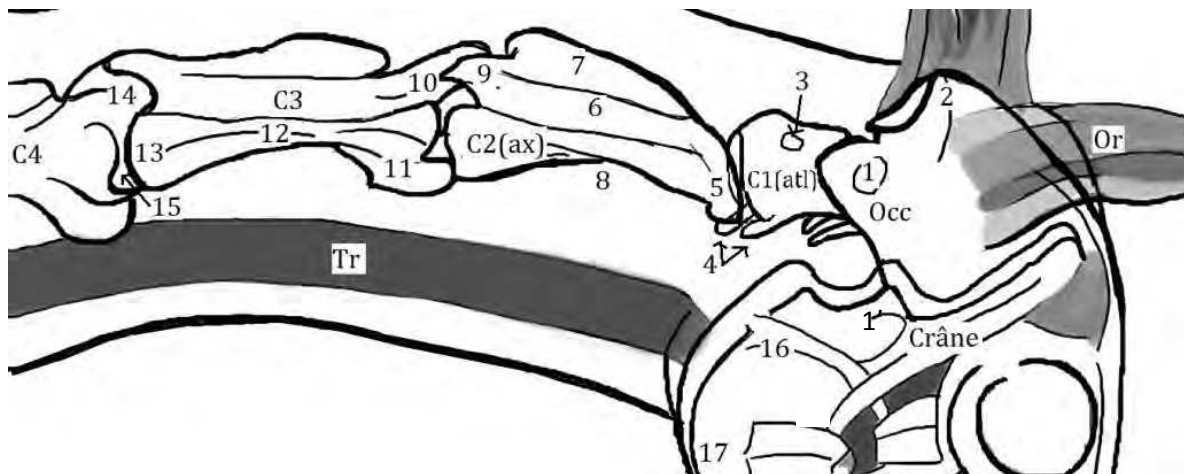
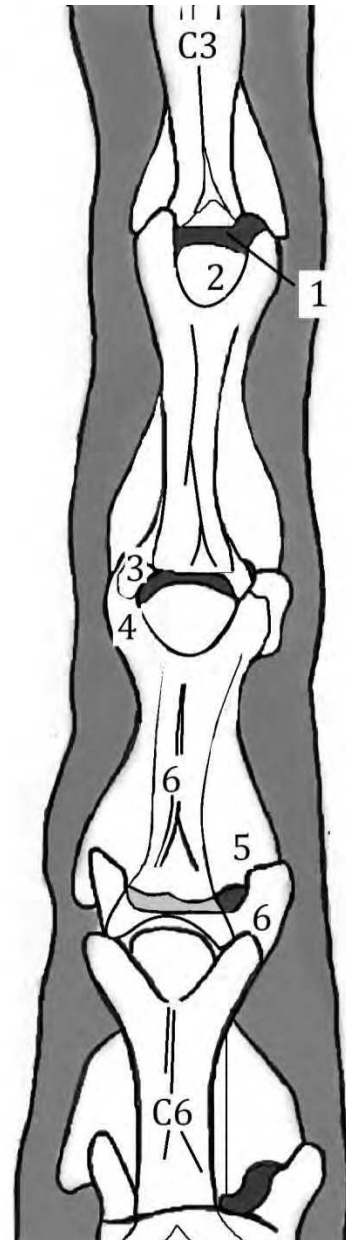


Schéma 4 : Incidence latérale des vertèbres cervicales crâiales d'un alpaga mâle subadulte.

|                                               |                                                |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1 : méat acoustique externe                   | 12 : corps de C3                               |
| 1' : processus articulaire de la mandibule    | 13 : fosse de C3                               |
| 2 : protubérance occipitale externe           | 14 : incisure vertébrale caudale               |
| 3 : foramen vertébral latéral                 | 15 : espace intervertébral                     |
| 4 : projections ventrales de l'atlas          | 16 : Palais mou                                |
| 5 : dent de l'axis                            | 17 : Corps mandibulaire                        |
| 6 : canal vertébral (foramen vertébral de C2) | Occ : os occipital                             |
| 7 : processus épineux de C2                   | C1 : 1 <sup>ère</sup> vertèbre cervicale=atlas |
| 8 : crête ventrale de C2                      | C2 : 2 <sup>ème</sup> vertèbre cervicale=axis  |
| 9 : processus articulaire caudal de C2        | C3 : 3 <sup>ème</sup> vertèbre cervicale       |
| 10 : processus articulaire crânial de C3      | C4 : 4 <sup>ème</sup> vertèbre cervicale       |
| 11 : tête de C3                               | Tr : trachée      Or : oreilles                |

❖ Incidence dorsoventrale des vertèbres cervicales caudales :



Radiographie 9 et schéma 5 : Incidence dorsoventrale des vertèbres cervicales caudales d'un alpaga mâle subadulte. E.N.V.T. (45 kV / 10mAs).

C3 ; C6 : 3<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> vertèbres cervicales  
 1 : espace intervertébral (disque)  
 2 : tête de C4  
 3 : processus articulaire caudal de C4  
 4 : processus articulaire crânial de C5  
 5 : Tubercule dorsal du processus transverse de C5  
 6 : Tubercule ou projection ventrale du processus transverse de C6 (le plus long)



❖ Incidence latérale des vertèbres cervicales caudales :



Radiographie 10 : Incidence latérale des vertèbres cervicales crâiales d'un alpaga mâle subadulte. E.N.V.T. (45 kV / 10mAs).

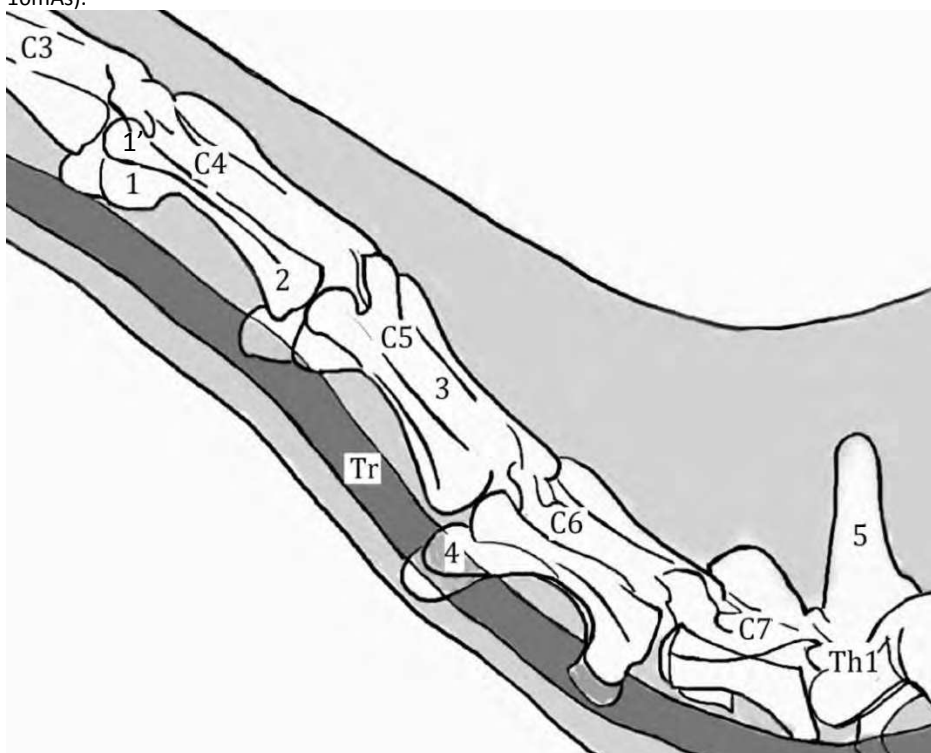
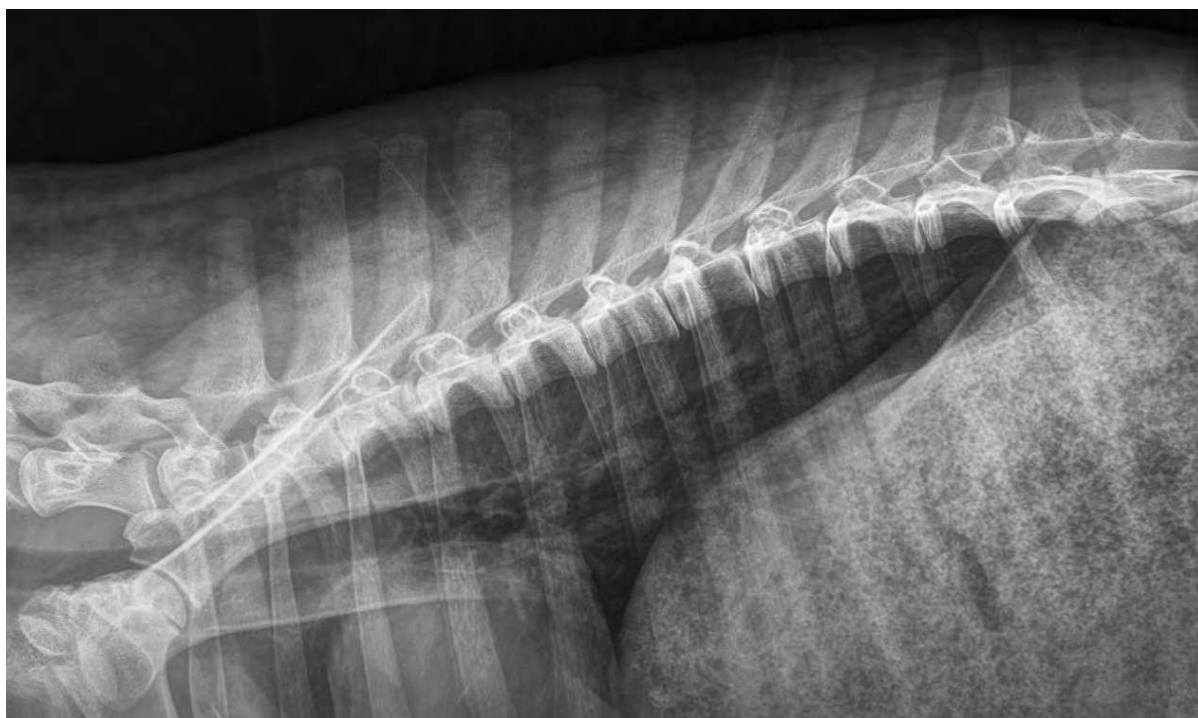


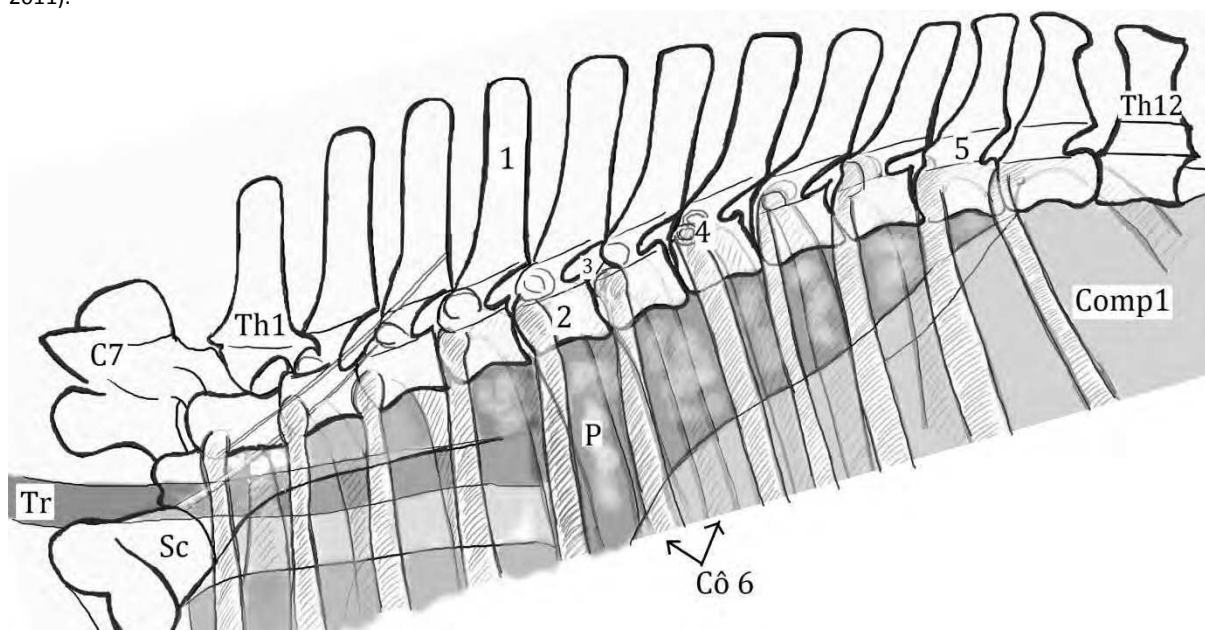
Schéma 6 : Incidence latérale des vertèbres cervicales crâiales d'un alpaga mâle subadulte.

|                                                                                        |                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1 et 4: projections ventrales des segments crâiaux du processus transverse de C4 et C6 | C3 à C7 : vertèbres cervicales 3 à 7       |
| 1' : tête de C4                                                                        | Th1 : 1 <sup>ère</sup> vertèbre thoracique |
| 2 : fosse de C4                                                                        | Tr : trachée                               |
| 3 : canal vertébral (foramen vertébral de C5)                                          |                                            |
| 5 : processus épineux de Th1                                                           |                                            |

### 1.1.2.2. Vertèbres thoraciques et grill costal (incidence latérale).



**Radiographie 11 : incidence latérale du thorax dorsal d'un alpaga mâle de 1 an.** (Cornell University, Vet Imaging service, 2011).



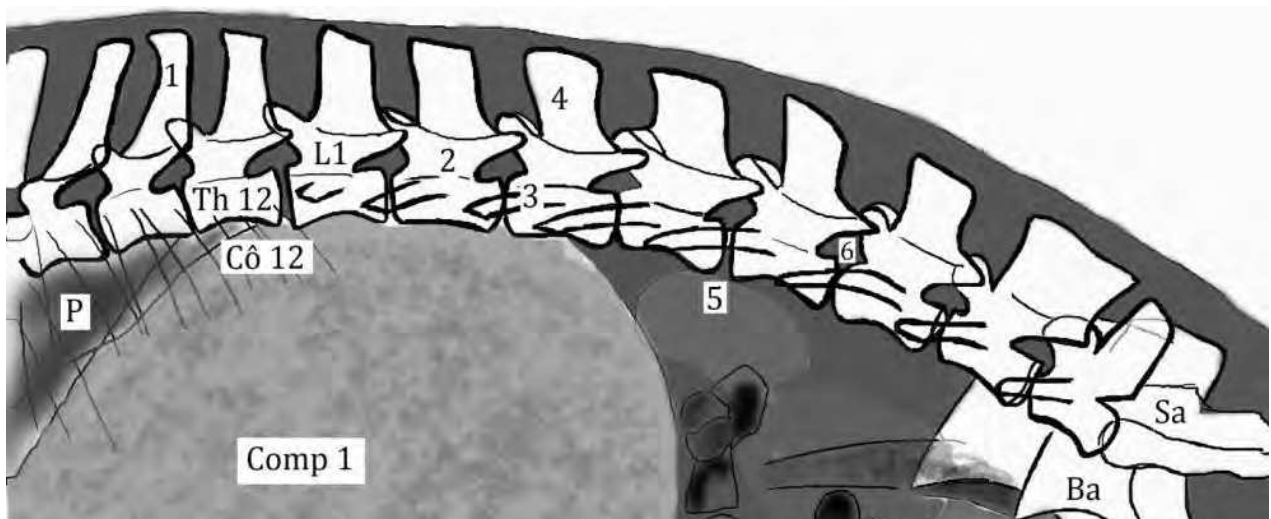
**Schéma 7 : incidence latérale du thorax dorsal d'un alpaga mâle de 1 an.**

|                                                  |                                          |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1 : processus épineux de Th 4                    | C7 : 7 <sup>ème</sup> vertèbre cervicale |
| 2 : corps de Th5                                 | Th1-Th12 : vertèbres thoraciques 1 et 12 |
| 3 : foramen intervertébral                       | Sc : scapula                             |
| 4 : départ de la 6 <sup>ème</sup> paire de côtes | Côte 6 : 6 <sup>ème</sup> paire de côtes |
| 5 : foramen vertébral de Th10                    | Tr : trachée                             |
| Ou canal vertébral                               | P : poumons                              |
| Comp 1 : premier compartiment stomacal           |                                          |

### 1.1.2.3. Vertèbres lombaires (incidence latérale).



**Radiographie 12 :** Incidence latérale de la colonne vertébrale lombaire d'un alpaga mâle d'un an. (Cornell University, Vet Imaging service, 2011).



**Schéma 8 :** Incidence latérale de la colonne vertébrale lombaire d'un alpaga mâle d'un an.

- 1 : processus épineux de Th11
- 2 : foramen vertébral de L2
- 3 : processus transverse de L3
- 4 : Processus épineux de L3
- 5 : Espace intervertébral (disque)
- 6 : Foramen intervertébral
- Th12 : 12<sup>ème</sup> vertèbre thoracique
- Côté 12 : 12<sup>ème</sup> paire de côtes
- L1 : 1<sup>ère</sup> vertèbre lombaire
- Sa : sacrum
- Ba : os du bassin
- P : poumons
- Comp1 : premier compartiment stomacal

#### 1.1.2.4. Région sacrale.

- ❖ Sacrum (Cf. bassin).
- ❖ Terminaison de la moelle épinière à mi sacrum:



Radiographie 13 : Incidence dorsoventrale de la terminaison de la moelle épinière, avec injection de contraste dans l'espace subarachnoïdien. Les méninges se terminent à la région mi sacrale. (Source : Fowler, 2010).

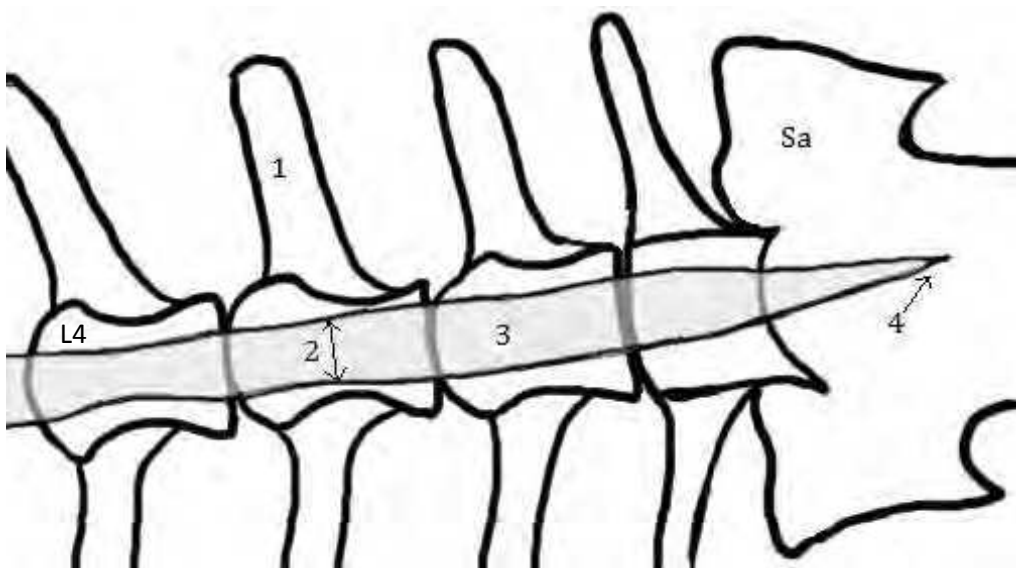


Schéma 9 : Incidence dorsoventrale de la terminaison de la moelle épinière, avec injection de contraste dans l'espace subarachnoïdien.

- 1 : processus transverse de L5
- 2 : largeur du canal vertébral
- 3 : canal vertébral mis en évidence par le produit de contraste dans l'espace subarachnoïdien
- 4 : terminaison de la moelle épinière (arrêt de progression du contraste)
- L4 : 4<sup>ème</sup> vertèbre lombaire
- Sa : Sacrum

#### 1.1.2.4. Vertèbres caudales (incidence latérale)



Radiographie 14 : Incidence latérale des vertèbres caudales d'un alpaga mâle subadulte. Cd1= 1<sup>ère</sup> vertèbre caudale. Sa= Sacrum. E.N.V.T. (42 kV / 2.5 mAs).

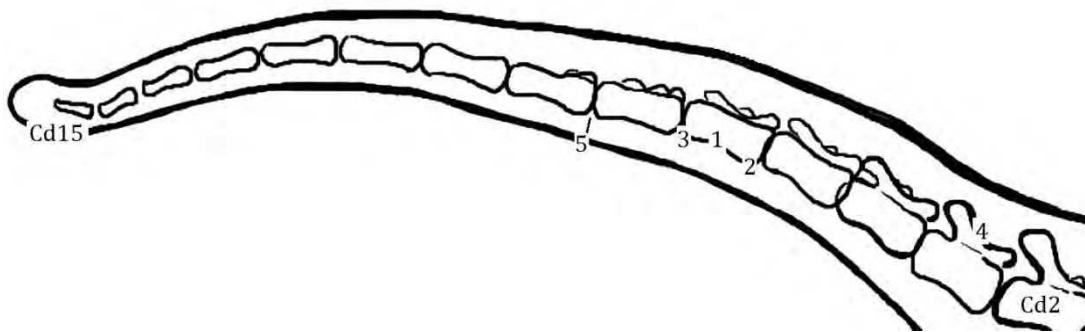


Schéma 10 : Incidence latérale des vertèbres caudales d'un alpaga mâle subadulte.

Cd1, Cd2, Cd15 : 1<sup>ère</sup>, 2<sup>ème</sup>, et 15<sup>ème</sup> vertèbres caudales

Sa : Sacrum (processus épineux ici)

1 : Corps de la 6<sup>ème</sup> vertèbre caudale

2 : tête de Cd6

3 : fosse de Cd6

4 : processus épineux de Cd3

5 : espace intervertébral (disque)

## 1.2. Squelette appendiculaire

### 1.2.1. Membre thoracique

#### 1.2.1.1. Épaule

❖ Incidence crâniocaudale de l'articulation de l'épaule :



Radiographie 15 : Vue crânio caudale de l'articulation de l'épaule d'un alpaga femelle de 15 mois. (Cornell University, Vet Imaging service, 2011).

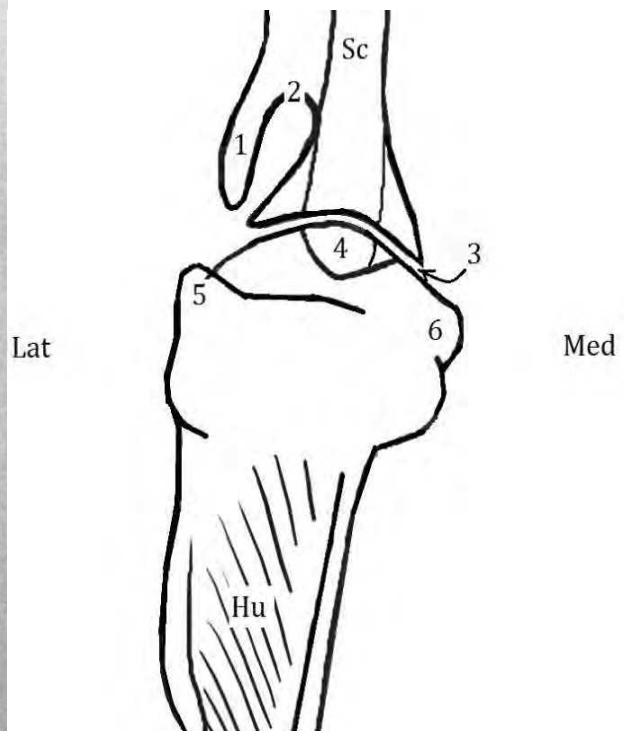


Schéma 11 : Vue crânio caudale de l'articulation de l'épaule d'un alpaga femelle de 15 mois.

- 1 : acromion
- 2 : col
- 3 : cavité glénoïdale
- 4 : tubercule supra glénoïdale
- 5 : tubercule majeur
- 6 : tubercule mineur
- Sc : scapula
- Hu : humérus

#### 1.2.1.2. Bras

##### ❖ Profil de l'articulation de l'épaule, et humérus :



Radiographie 16 : Incidence latérale de la région du bras chez un alpaga mâle subadulte. E.N.V.T. (45 kV / 8 mAs).

La radiographie 12 présente la région du bras de l'alpaga ; on y retrouve les deux humérus dans leur totalité, et les articulations de l'épaule et du coude. Les sternèbres seront décrites ici, puisqu'elles apparaissent dans cette radiographie seulement.

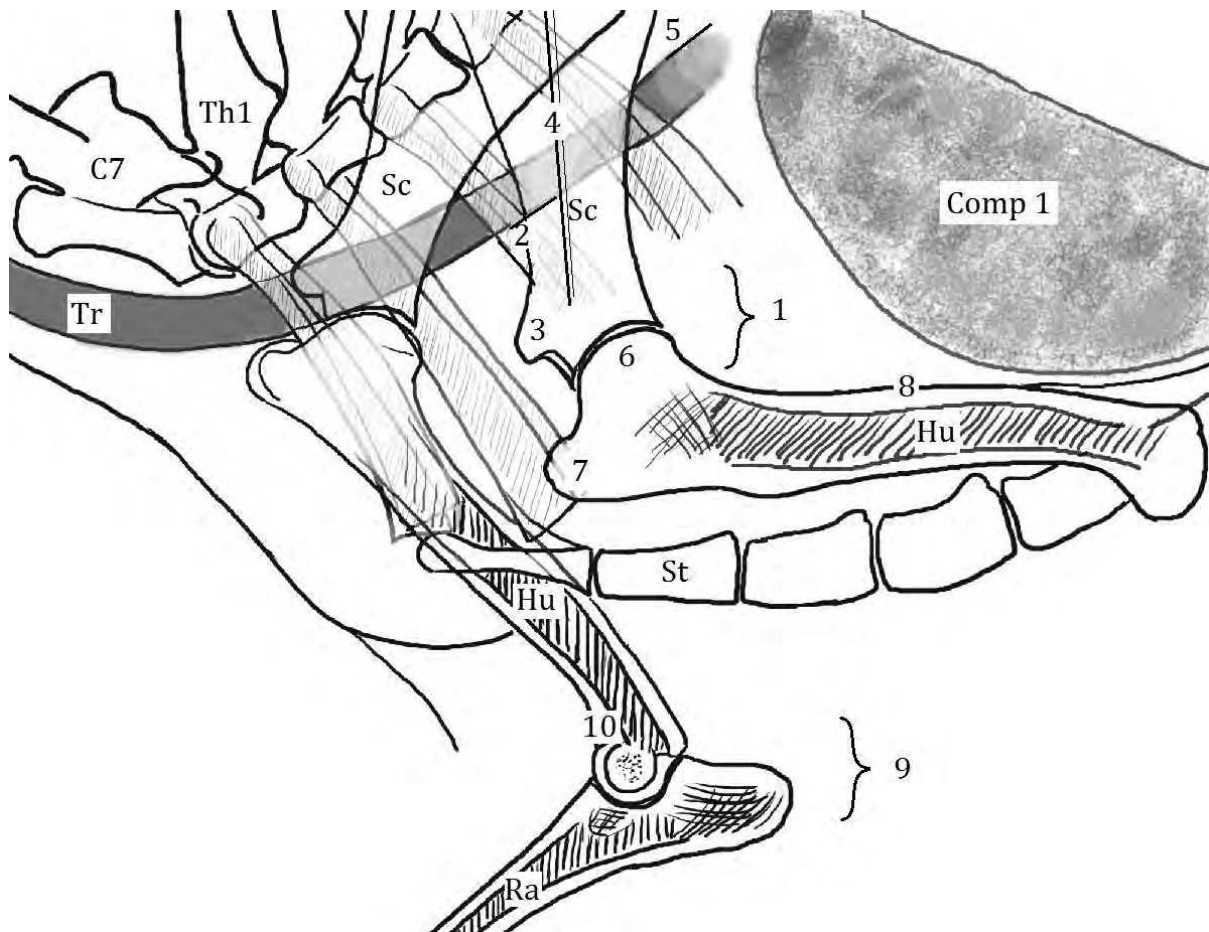


Schéma 127 : Incidence latérale de la région du bras chez un alpaga mâle subadulte.

- 1 : articulation de l'épaule
- 2 : incisure scapulaire
- 3 : tubercule supra glénoïdal
- 4 : épine scapulaire
- 5 : bord caudal de la scapula
- 6 : épiphyse proximale du fémur
- 7 : tubercule majeur
- 8 : crête humérale
- 9 : articulation du coude
- 10 : fosse coronoïdienne
- C7 : 7<sup>ème</sup> vertèbre thoracique
- Th1 : 1<sup>ère</sup> vertèbre thoracique
- Sc : Scapula
- Hu : Humérus
- Ra : Radius
- St : Sternèbres
- Tr : Trachée
- P : Poumons

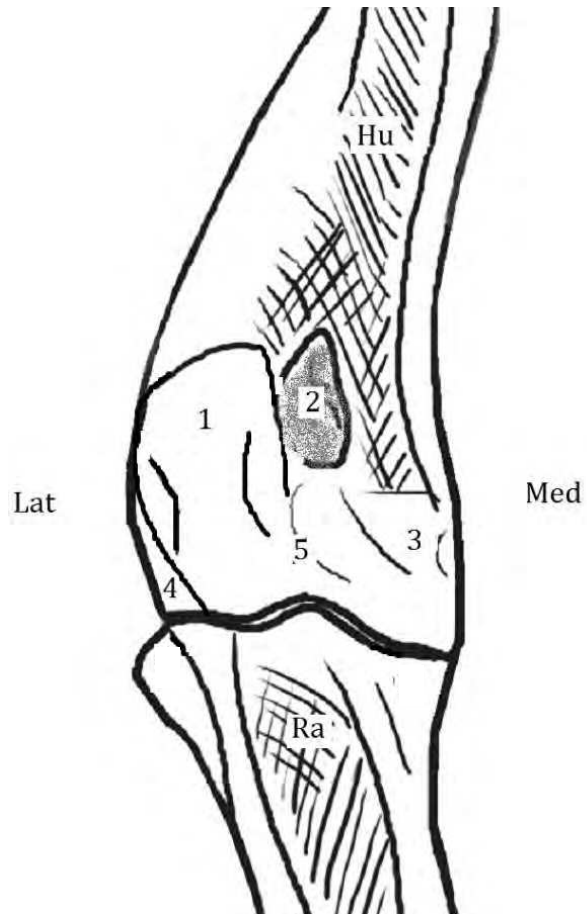


### 1.2.1.3. Coude

#### ❖ Incidence crâniocaudale de l'articulation du coude :



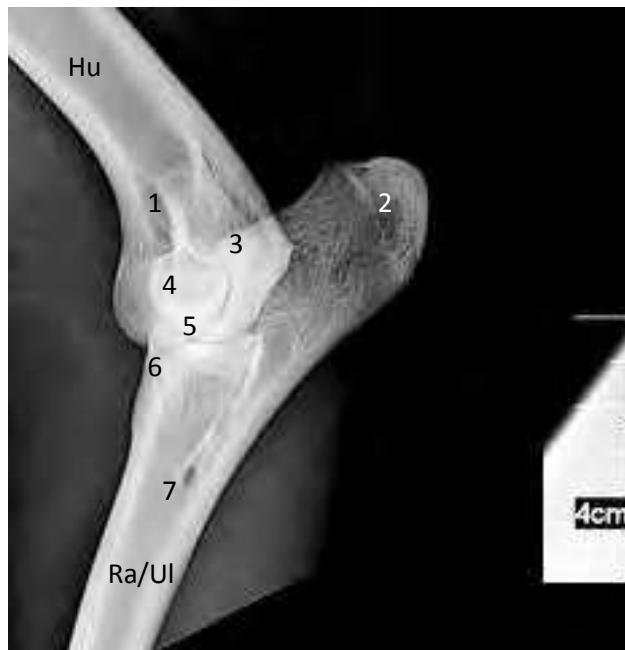
**Radiographie 17 :** Incidence crânio-caudale de l'articulation du coude chez un alpaga femelle de 15 mois. (Cornell University, Vet Imaging service, 2011).



**Schéma 138 :** Incidence crânio-caudale de l'articulation du coude chez un alpaga femelle de 15 mois.

- 1 : Tubérosité de l'olécrâne
- 2 : Fosse olécranienne
- 3 : épicondyle fémoral médial
- 4 : épicondyle fémoral latéral
- 5 : trochlée humérale
- Hu : Humérus
- Ra : Radius

❖ Incidence latérale de l'articulation du coude :



Radiographie 18 : Incidence latérale du coude d'un alpaga mâle subadulte. E.N.V.T. (40 kV / 3 mAs).

1 : Zone de projection de la fosse olécranienne

2 : Tubérosité de l'olécrane

3 : Processus anconé

4 : Trochlée humérale

5 : incisure trochléaire de l'olécrane

6 : Processus coronoïde médial ?

7 : Foramen vasculaire

Hu : Humérus

Ra/Ui : Radius ulna

#### 1.2.1.4. Avant-bras

##### ❖ Incidence latérale du radius :



Radiographie 19 : Incidence latérale de la région de l'avant-bras d'un alpaga mâle subadulte. E.N.V.T. (40 kV / 3 mAs).

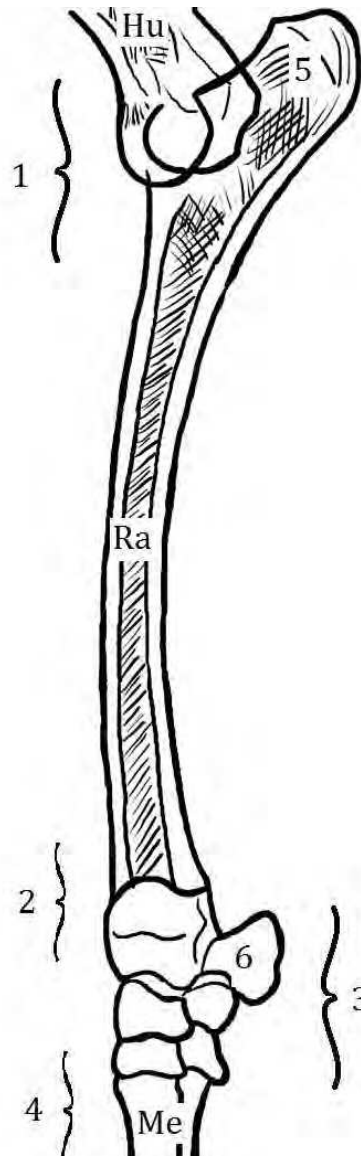


Schéma 149 : Incidence latérale de la région de l'avant-bras d'un alpaga mâle subadulte.

- 1 : articulation du coude
- 2 : articulation radio-carpienne
- 3 : articulation du carpe
- 4 : articulation carpo-métacarpienne
- 5 : tubérosité de l'olécrâne
- 6 : os accessoire du carpe
- Hu : Humérus
- Ra : Radius
- Me : Métacarpes III et IV fusionnés

#### 1.2.1.5. Carpe

##### ❖ Incidence dorsopalmaire du carpe :



Radiographie 20 : Incidence crânio caudale du carpe d'un alpaga mâle subadulte. E.N.V.T. (40 kV / 3 mAs).

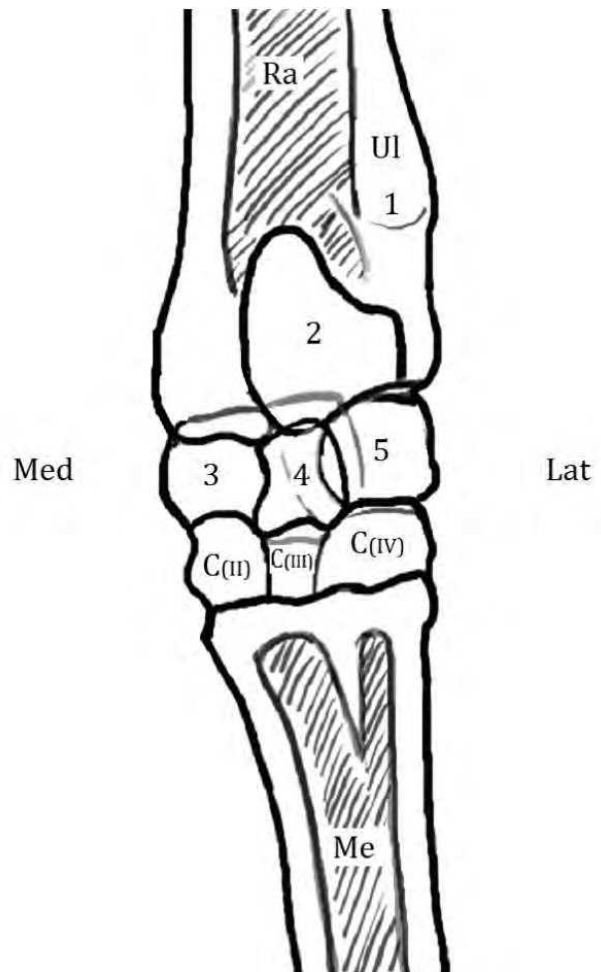
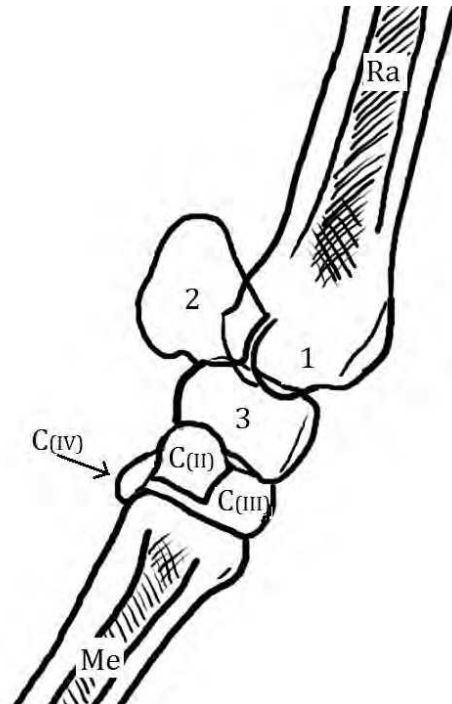


Schéma 15: Incidence crânio caudale du carpe d'un alpaga mâle subadulte.

- 1 : Epiphyse distale ulnaire
- 2 : os accessoire du carpe
- 3 : os radial du carpe
- 4 : os intermédioradial du carpe
- 5 : os ulnaire du carpe
- C(II) : os carpal II
- C(III) : os carpal III
- C(IV) : os carpal IV
- Ra : Radius distal
- Ul : Ulna distale
- Me : Métacarpes III et IV fusionnés

❖ Incidence latérale du carpe :



Radiographie 21 et schéma 16 : Incidence latérale du carpe gauche d'un alpaga mâle subadulte. E.N.V.T. (40 kV / 3 mAs).

1 : épiphyse radiale distale

2 : os accessoire du carpe

3 : superposition des os

Ulnaire, radial et intermédioradial

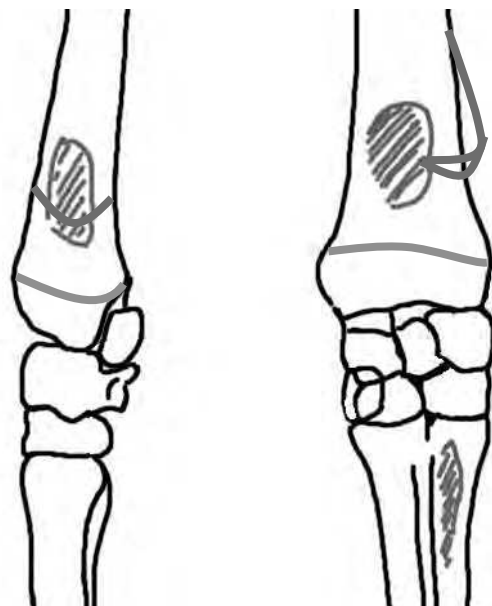
C(II) et C(III) : os carpaux II et III

C(IV) : projection de l'os carpal IV

Ra : Radius

Me : métacarpes III et IV fusionnés

❖ Carpe du nouveau-né :



Radiographie 22 et schéma 17 : Incidences latérale et dorso-palmaire du carpe d'un alpaga nouveau-né. (D'après Fowler, 2010).

En bleu: physe (ou cartilage de croissance) radiale

En rouge : physe ulnaire

1.2.1.6. Main : Cf. pied, même structure.

## 1.2.2. Membre pelvien

1.2.2.1. Bassin

❖ Incidence dorsoventrale du bassin :



**Radiographie 23 :** Incidence dorsoventrale du bassin d'un alpaga mâle adulte. (Cornell University, Vet Imaging service, 2011)

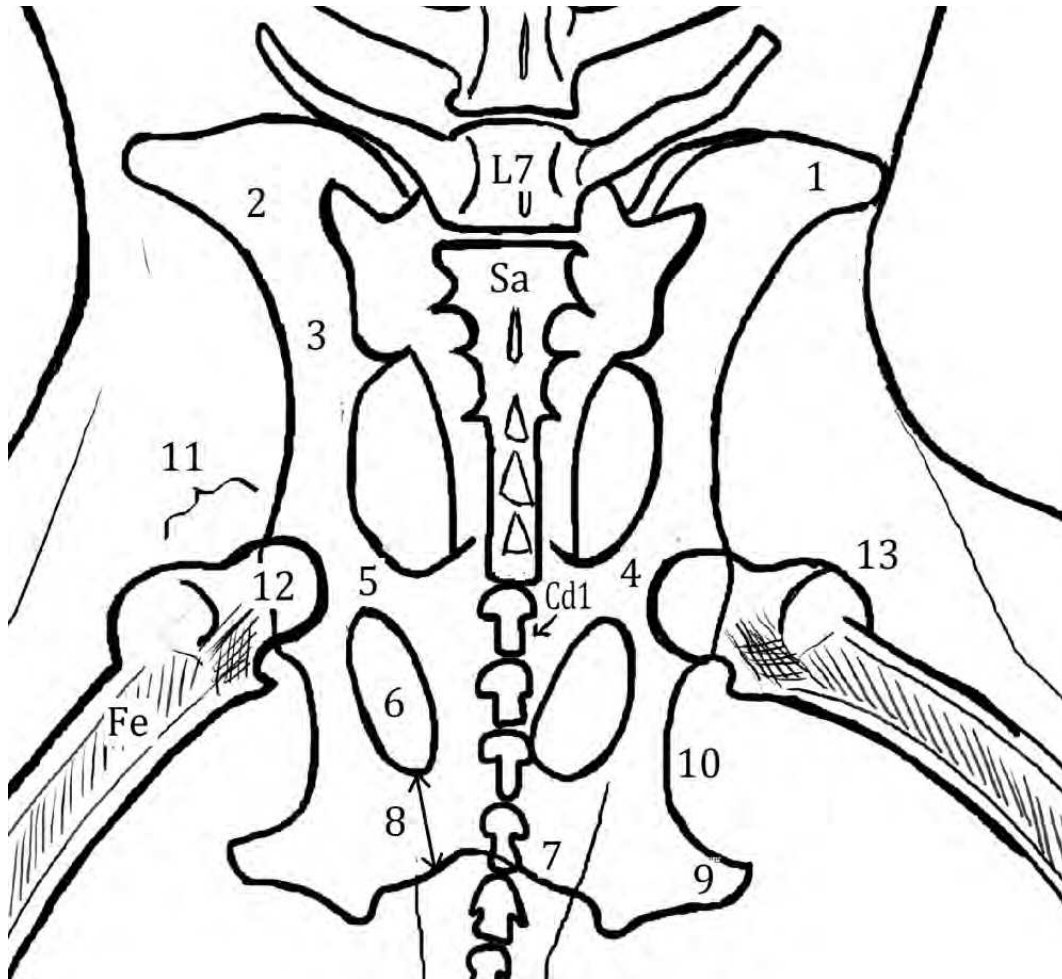


Schéma 18 : Incidence dorsoventrale du bassin d'un alpaga mâle adulte.

- 1 : tubercule iliaque
- 2 : aile de l'ilium
- 3 : corps de l'ilium
- 4 : incisure acétabulaire
- 5 : pubis
- 6 : foramen obstrué
- 7 : arcade ischiatique
- 8 : branche de l'ischium
- 9 : tubérosité ischiatique
- 10 : petite incisure sciatique
- 11 : articulation coxo-fémorale
- 12 : tête fémorale
- 13 : grand trochanter
- L7 : 7<sup>ème</sup> vertèbre lombaire
- Sa : Sacrum
- Cd1 : 1<sup>ère</sup> vertèbre caudale
- Fe : Fémur

❖ Incidence latérale du bassin :



**Radiographie 24 : Incidence latérale du bassin d'un alpaga mâle adulte. (Cornell University, Vet Imaging service, 2011)**



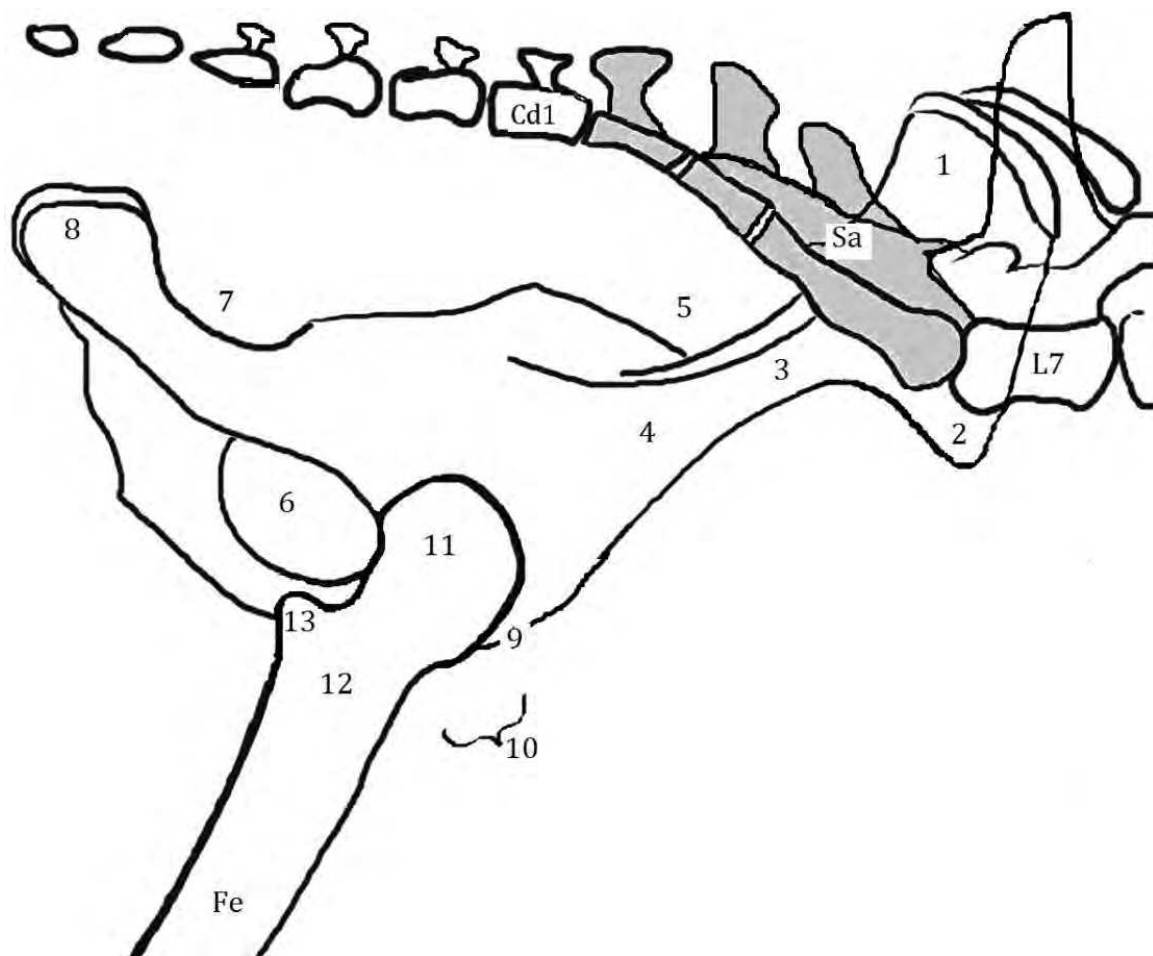
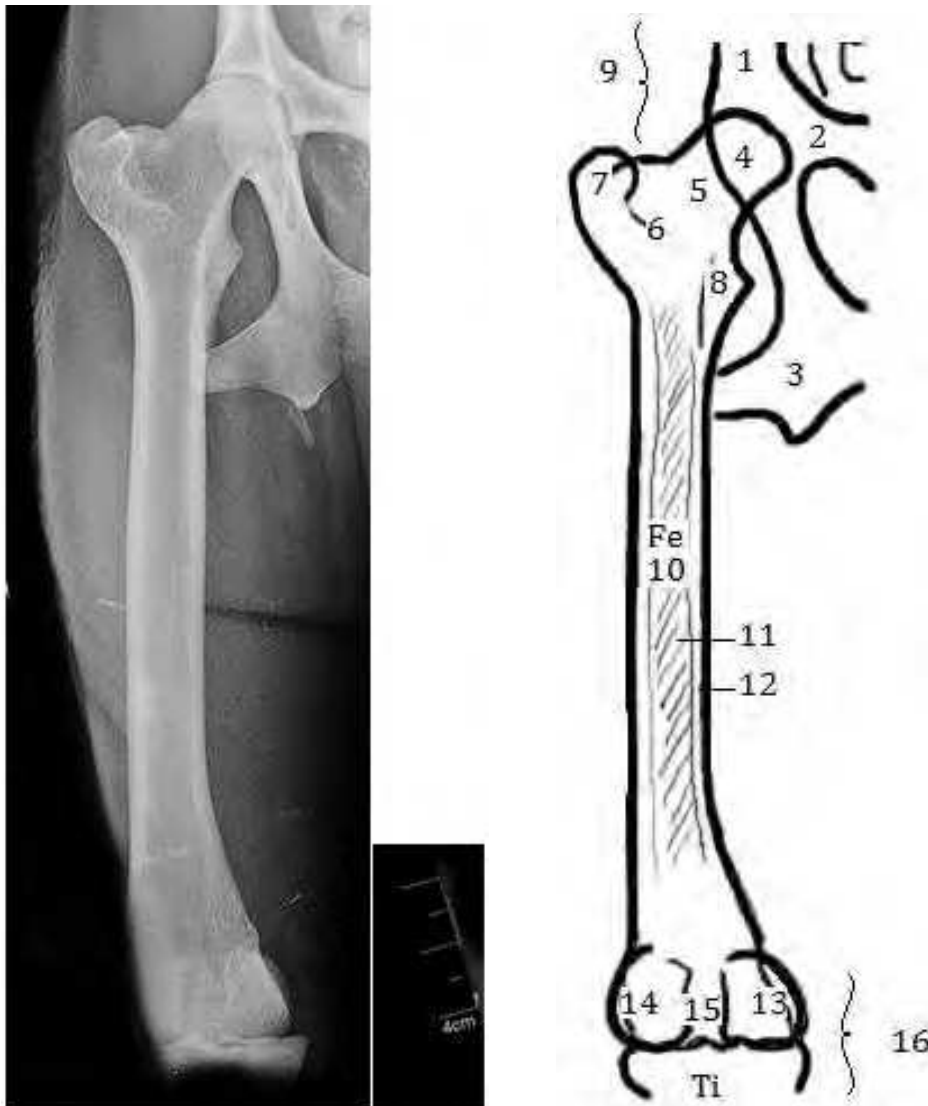


Schéma 1910 : Incidence latérale du bassin d'un alpaga mâle adulte.

- 1 : aile de l'ilium
- 2 : tubérosité iliaque
- 3 : col de l'ilium
- 4 : corps de l'ilium
- 5 : grande échancrure sciatique
- 6 : foramen obstrué
- 7 : petite échancrure sciatique
- 8 : tubérosité ischiatique
- 9 : tubercule pubien ventral
- 10 : articulation coxo-fémorale
- 11 : tête du fémur
- 12 : col du fémur
- 13 : grand trochanter
- L7 : 7<sup>ème</sup> vertèbre lombaire
- Sa : Sacrum
- Cd1 : 1<sup>ère</sup> vertèbre caudale
- Fe : Fémur

### 1.2.2.2. Cuisse

#### ❖ Incidence crâniocaudale du fémur :



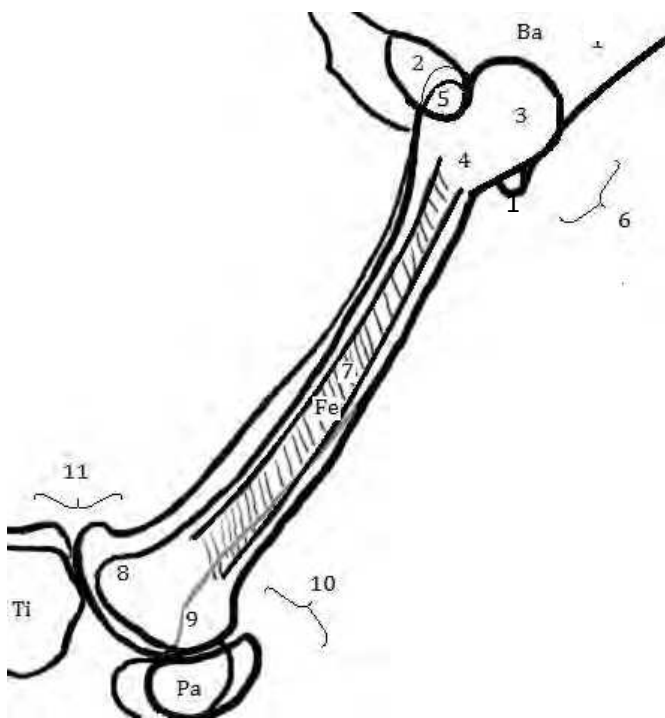
Radiographie 25 et schéma 11 : Incidence crâniocaudale du fémur et des articulations adjacentes (cuisse) d'un alpaga mâle subadulte. E.N.V.T. (42 kV / 4 mAs).

|                               |                                  |
|-------------------------------|----------------------------------|
| 1 : ilium                     | 10 : diaphyse fémorale           |
| 2 : acétabulum                | 11 : cavité médullaire           |
| 3 : ischium                   | 12 : cortex                      |
| 4 : tête du fémur             | 13 : condyle fémoral médial      |
| 5 : col du fémur              | 14 : condyle fémoral latéral     |
| 6 : fosse trochantérique      | 15 : trochlée du fémur           |
| 7 : grand trochanter          | 16 : articulation fémoro tibiale |
| 8 : petit trochanter          | Fe : Fémur                       |
| 9 : articulation coxofémorale | Ti : Tibia                       |

❖ Incidence latérale du fémur :



**Radiographie 26 : Incidence latérale du fémur et des articulations adjacentes (cuisse) d'un alpaga mâle subadulte. E.N.V.T. (42 kV / 4 mAs).**



**Schéma 2112 : Incidence latérale du fémur et des articulations adjacentes (cuisse) d'un alpaga mâle subadulte.**

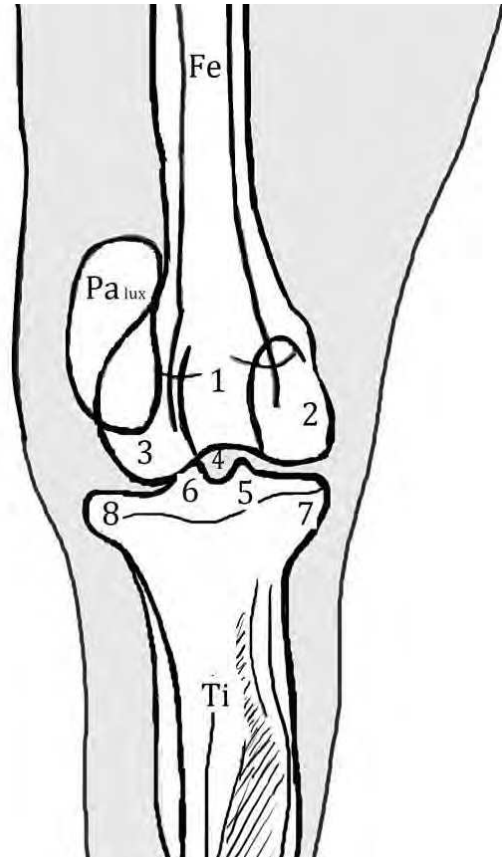
- 1 : éminence ilio pubienne
- 2 : foramen obstrué
- 3 : superposition de la tête fémorale et du grand trochanter
- 4 : col
- 5 : aspect caudal du grand trochanter
- 6 : articulation coxofémorale
- 7 : diaphyse fémorale
- 8 : condyles fémoraux
- 9 : trochlée fémorale
- 10 : articulation fémoro patellaire
- 11 : articulation fémoro tibiale
- Ba : Bassin
- Fe : Fémur
- Ti : Tibia
- Pa : Patelle

### 1.2.2.3. Grasset

#### ❖ Incidence crâniocaudale de l'articulation du grasset :



**Radiographie 27 :** Incidence crâniocaudale de l'articulation du grasset d'un alpaga mâle d'un an. On note la patelle luxée latéralement (Cf. partie V).  
(Cornell University, Vet Imaging service, 2011)



**Schéma 132 :** Incidence crâniocaudale de l'articulation du grasset d'un alpaga mâle d'un an.

- 1 : trochlée fémorale
- 2 : condyle fémoral médial
- 3 : condyle fémoral latéral
- 4 : aire intercondyloire
- 5 : tubercule intercondyloire médial
- 6 : tubercule intercondyloire latéral
- 7 : condyle tibial médial
- 8 : condyle tibial latéral
- Fe : Fémur
- Pa (lux) : patelle (luxée latéralement)
- Ti :Tibia

❖ Incidence latérale de l'articulation du grasset en flexion:



Radiographie 28 : Incidence latérale de l'articulation du grasset d'un alpaga mâle subadulte. E.N.V.T. (40 kV / 3 mAs).

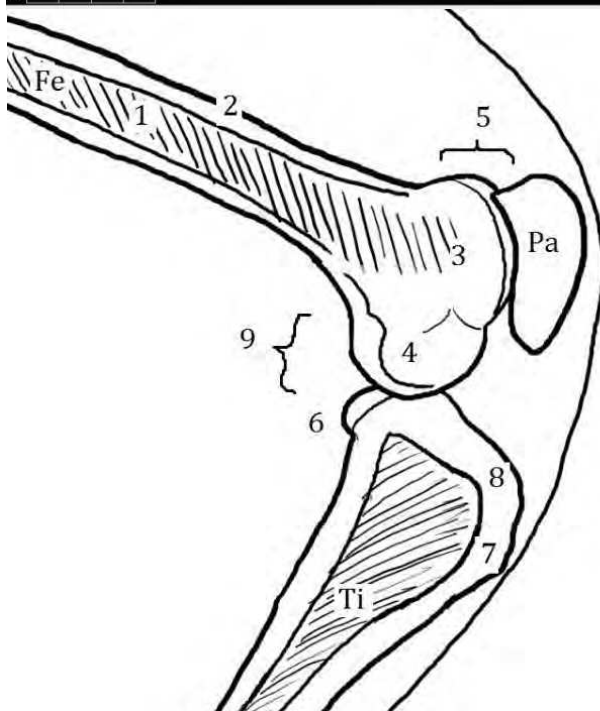


Schéma 23 : Incidence latérale de l'articulation du grasset d'un alpaga mâle subadulte.

- |                                                             |                                 |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 1 : diaphyse fémorale                                       | 7 : crête tibiale               |
| 2 : cortex                                                  | 8 : tubérosité tibiale          |
| 3 : trochlée fémorale                                       | 9 : articulation fémoro-tibiale |
| 4 : condyle fémoral                                         | Fe : Fémur                      |
| 5 : articulation fémoro-patellaire                          | Pa : Patelle                    |
| 6 : tête tibiale et condyle latéral de la fibula fusionnés. | Ti : Tibia                      |

❖ Incidence dorsoventrale du grasset en flexion totale.



Radiographie 29 : Vue dorso ventrale du grasset en flexion d'un alpaga femelle de 14 mois. (Cornell University, Vet Imaging service, 2011)

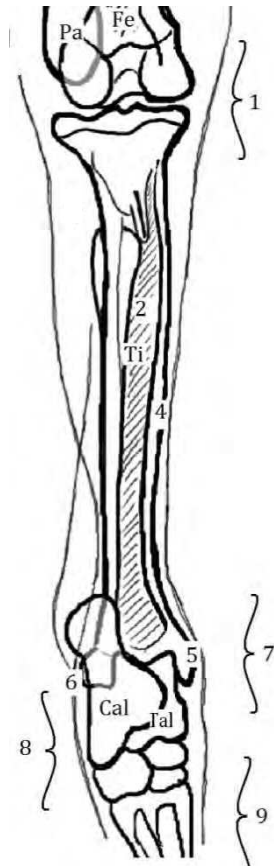


Schéma 24 : Vue dorso ventrale ?? du grasset en flexion d'un alpaga femelle de 14 mois.

1 : trochlée fémorale ; 2 et 3 : condyles fémoraux ; 4 : articulation fémoro-patellaire ; Pa : Patelle ; Fe : Fémur ; Ti : Tibia.

#### 1.2.2.4. Jambe

❖ Incidence crâniocaudale du tibia :



Radiographie 30 et schéma 145 : Incidence crâniocaudale de la région de la jambe d'un alpaga mâle d'un an. Cornell Imaging, 2011.

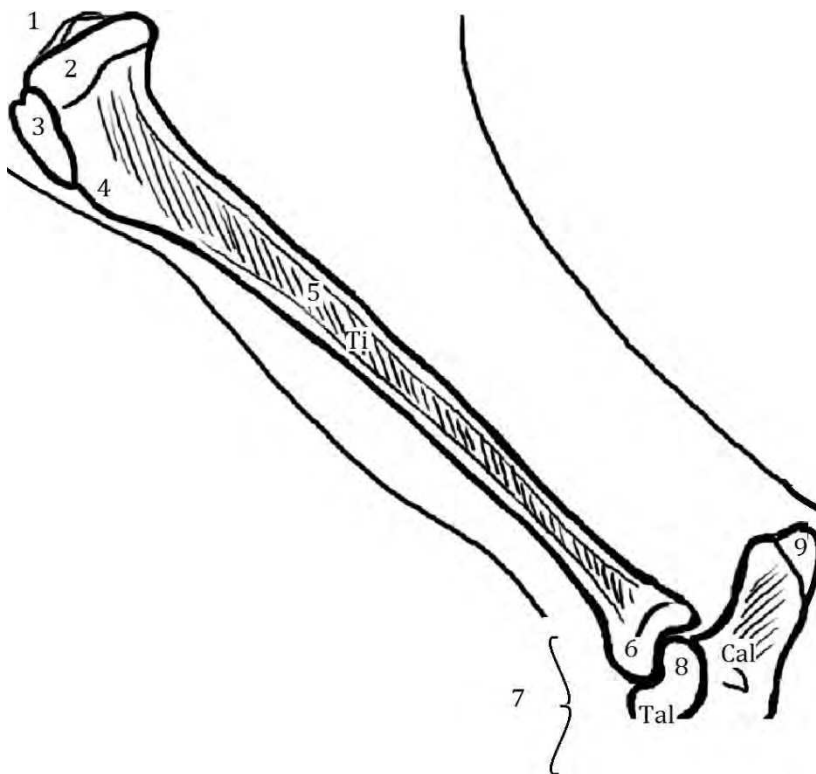
1 : articulation du grasset  
2 : diaphyse tibiale  
4 : cortex  
5 : malléole médiale  
6 : malléole latérale  
7 : articulation tibio tarsienne  
8 : articulation du tarse  
9 : articulation tarso métatarsienne

Fe : Fémur  
Pa : Patelle  
Ti : Tibia  
Cal : Calcaneus  
Tal : Talus

❖ Incidence latérale du tibia :



**Radiographie 31 : Incidence latérale de la région de la jambe d'un alpaga mâle d'un an.** (Cornell University, Vet Imaging service, 2011)



**Schéma 26 : Incidence latérale de la région de la jambe d'un alpaga mâle d'un an.**

- |                                  |
|----------------------------------|
| 1 : éminence intercondyloire     |
| 2 : condyles                     |
| 3 : tubérosité tibiale           |
| 4 : crête tibiale                |
| 5 : diaphyse                     |
| 6 : malléole médiale             |
| 7 : articulation tibio tarsienne |
| 8 : trochlée du talus            |
| 9 : tuber calcanei               |
| Ti : Tibia                       |
| Cal : Calcaneus                  |
| Tal : Talus                      |

#### 1.2.2.5. Tarse

##### ❖ Incidence dorsoplantaire du tarse :



Radiographie 32 : Incidence dorsoplantaire de l'articulation du tarse d'un alpaga mâle subadulte. E.N.V.T. (40 kV / 3 mAs).

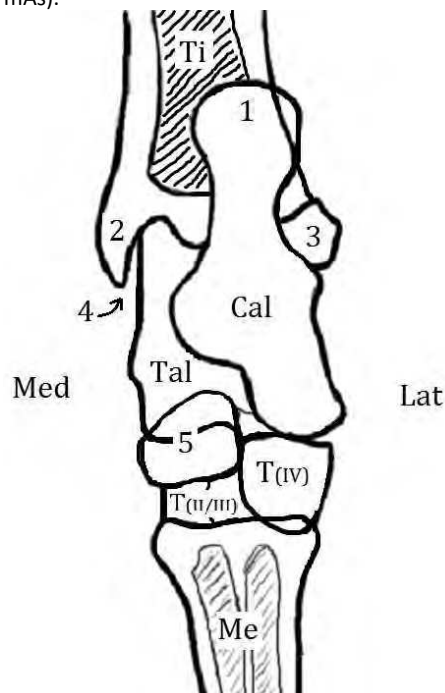


Schéma 27 : Incidence dorsoplantaire de l'articulation du tarse d'un alpaga mâle subadulte.

|                                 |                                         |
|---------------------------------|-----------------------------------------|
| 1 : tuber calcanei              | Ti : Tibia                              |
| 2 : malléole médiale            | Cal : Calcaneus (os fibulaire du tarse) |
| 3 : malléole latérale           | Tal : Talus (os tibial tarsal)          |
| 4 : articulation tibiotarsienne | T(II à IV) : os tarsaux II à IV         |
| 5 : os central du tarse         | Me : Métatarsiens III et IV fusionnés   |



❖ Incidence latérale du tarse :



Radiographie 33 : Incidence latérale de l'articulation du tarse d'un alpaga mâle subadulte. E.N.V.T. (40 kV / 3 mAs).

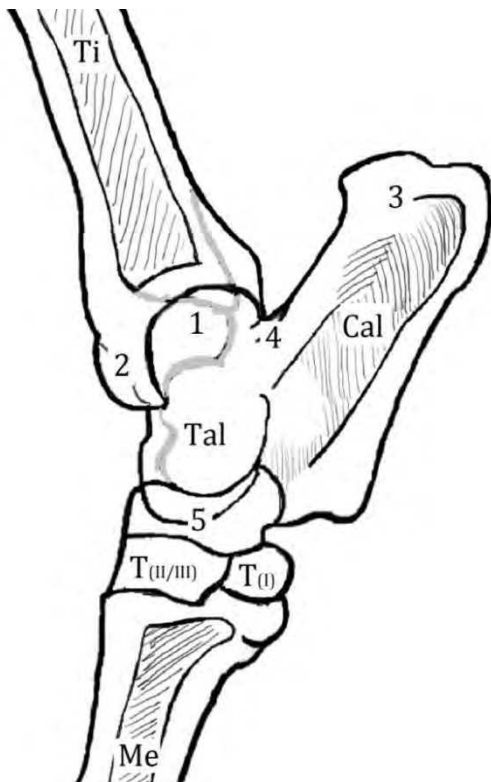
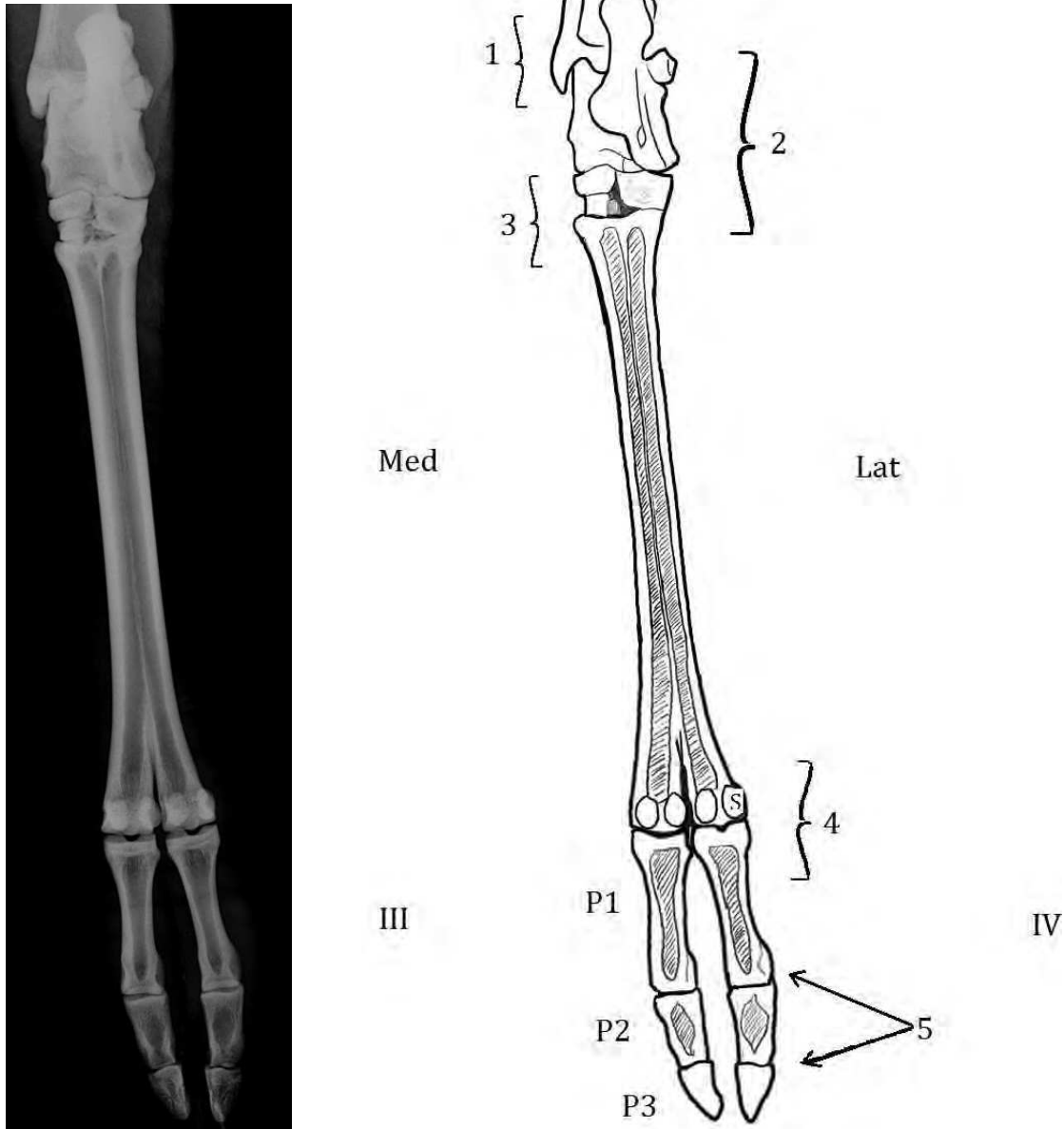


Schéma 28 : Incidence latérale de l'articulation du tarse d'un alpaga mâle subadulte.

- 1 : trochlée du talus
- 2 : malléole médiale
- 3 : tuber calcanei
- 4 : processus coracoïde
- 5 : os central du tarse
- Ti : Tibia
- Cal : Calcaneus
- Tal : Talus
- T(I à III) : os tarsaux I à III
- Me : Métatarses II et IV fusionnés

#### 1.2.2.6. Pied

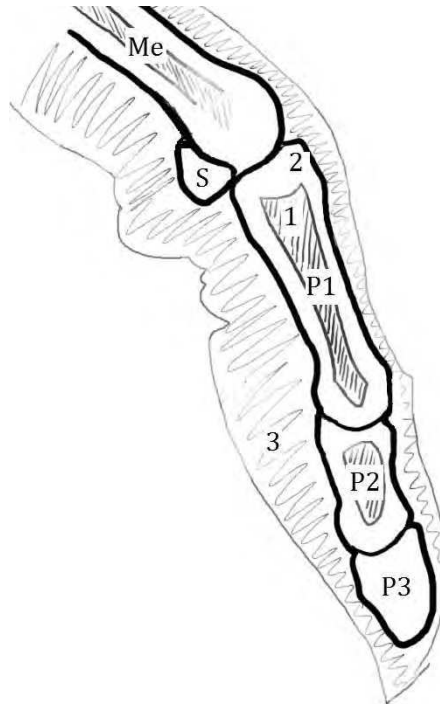
#### ❖ Incidence dorsoplantaire des métatarses III et IV fusionnés, et des phalanges :



**Radiographie 34 et schéma 29 : Incidence dorsoplantaire du membre pelvien distal d'un alpaga mâle subadulte. E.N.V.T. (40 kV / 2.5 mAs).**

- 1 : articulation tibio tarsienne
- 2 : articulation du tarse
- 3 : articulation tarso métatarsienne
- 4 : articulation métatarso phalangienne
- 5 : articulations interphalangiennes
- S : Os sésamoïde latéral du doigt IV
- P1 : 1<sup>ères</sup> phalanges
- P2 : 2<sup>èmes</sup> phalanges
- P3 : 3<sup>èmes</sup> phalanges

❖ Incidence latérale des phalanges :



Radiographie 35 et schéma 150 : Incidence latérale du métatarse distal et des phalanges d'un alpaga mâle subadulte. ENVT. (40 kV / 2.5 mAs).

1 : cavité médullaire

2 : cortex

3 : coussinet plantaire

Me : métatarsiens III et IV fusionnés

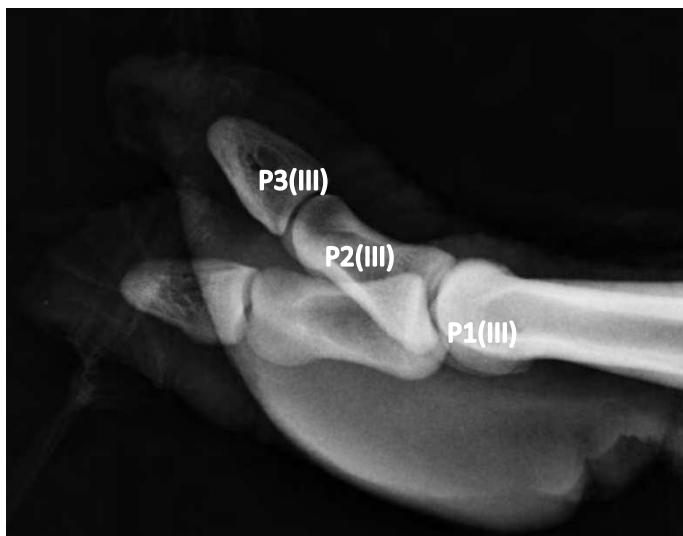
S : os sésamoïde latéral du doigt IV

P1 : 1<sup>ères</sup> phalanges

P2 : 2<sup>èmes</sup> phalanges

P3 : 3<sup>èmes</sup> phalanges

❖ Incidence latérale doigt médial relevé :



Radiographie 36 : Incidence latérale des phalanges d'un alpaga femelle de 14 mois. Le doigt médial étant relevé. (Cornell University, Vet Imaging service, 2011)

## **2. RADIOGRAPHIES DU THORAX**

### **2.1. Considérations générales sur la radiologie du cœur** (NELSON, MATTOON, ANDERSON, 2011).

La radiographie du thorax est très utile pour évaluer un patient pour lequel on suspecte une affection cardiaque ou respiratoire ; et elle représente aussi un outil d'investigation chez les animaux présentant des signes cliniques non spécifiques.

Les clichés thoraciques chez l'adulte (souvent limités à l'incidence latérale seule) peuvent être pris sur l'animal debout non sédaté. Si des incidences DV ou VD doivent être prises, une sédation lourde voire une anesthésie sera nécessaire.

Les crias peuvent être radiographiés sur une table, et des incidences latérales et sagittales pourront être prises sans sédation (les incidences latérales étant plus aisées à obtenir).

Les radiographies sont prises à la fin de la phase d'inspiration pour permettre la visualisation et la mesure des différents ratios publiés dans la littérature (Mattoon, ci-dessous), et pour pouvoir apprécier les différents *patterns* du parenchyme pulmonaire. Dans la même étude de Mattoon, il apparaît que le récessus lombo diaphragmatique est situé entre T10 et T12 et cette référence peut être utilisée pour juger la qualité des radiographies thoracique chez le lama adulte.

Tous les patients ont une largeur cardiaque comprise entre 2 et 3 espaces intercostaux, mais cette méthode facile de mesure semble manquer de sensibilité lorsqu'il s'agit de détecter une légère augmentation de largeur cardiaque.

De tous les paramètres quantitatifs évalués par Mattoon et al., le ratio  $[H + l / Th3 \text{ à } Th5]$  semble être le plus fiable (moyenne 3,12 ; intervalle [2,75-3,55]).

En outre, l'indice de Buchanan ne semble pas être utilisable en pratique en médecine des petits camélidés.

La silhouette cardiaque de tout jeune de toute espèce apparaît large par rapport à la cavité thoracique.

L'évaluation de la taille de la veine cave caudale (VCC) est importante pour l'évaluation des patients qui présentent des signes d'insuffisance cardiaque congestive droite. La VCC est visualisable chez les lamas adultes et présente un angle crânio ventral (trajet depuis le diaphragme jusqu'au cœur). Un déplacement dorsal de la VCC signe une cardiomégalie ou un déplacement dorsal de la silhouette cardiaque.

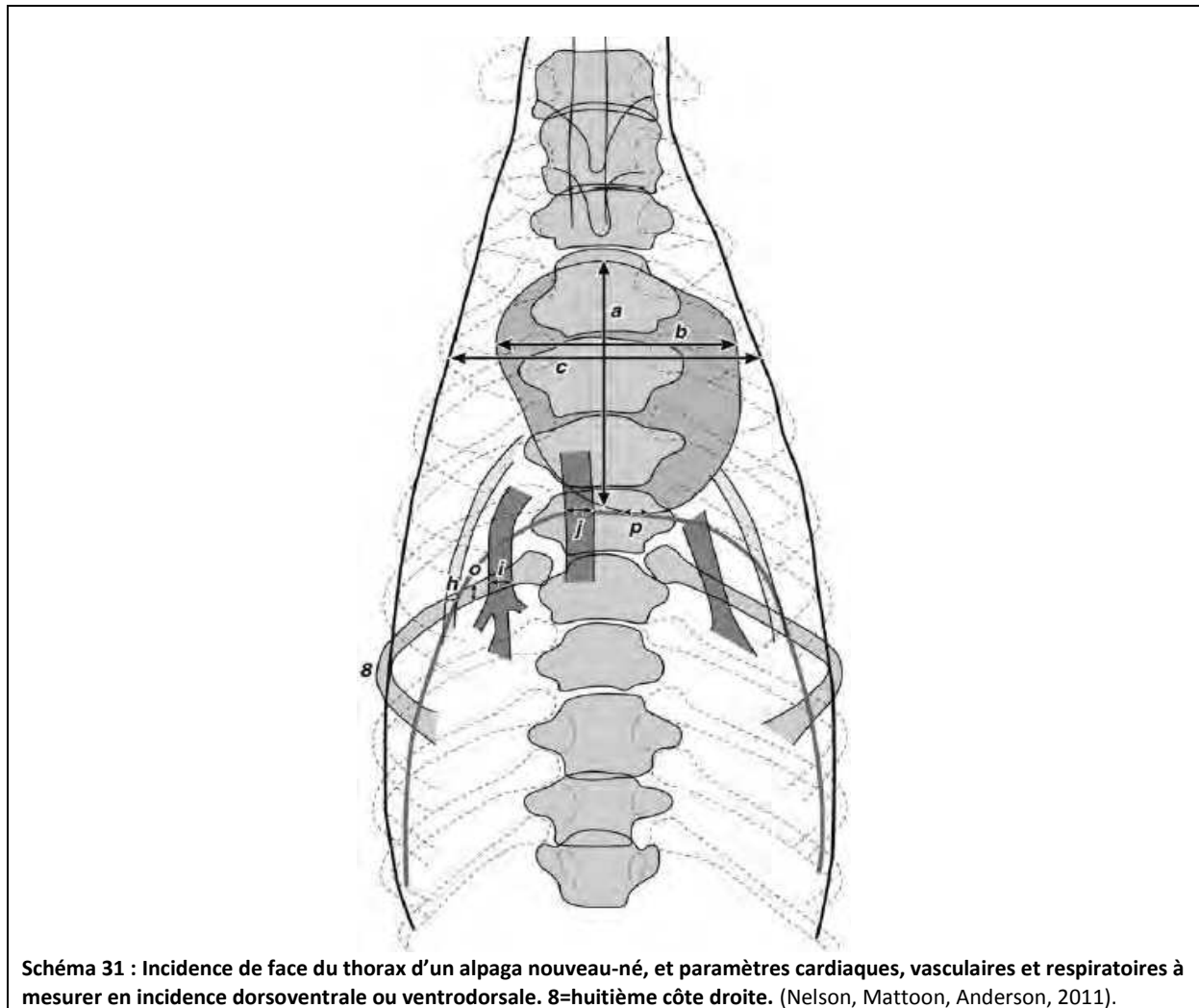
Matton et al. ont proposé de comparer le diamètre de la VCC à la hauteur du corps de Th4 pour évaluer la taille de la VCC (ratio de référence en annexe).

Les artères et veines lobaires crânielles droites chez le lama adulte sain ont un diamètre similaire, bien que la veine soit fréquemment légèrement plus large que l'artère (diff [0.5-1.5 mm] ; cela doit être considéré pour éviter les faux positifs dans le diagnostic de congestion légère de la veine pulmonaire (témoin de ICC droite) cf. partie IV.

### **2.2. Incidence ventro dorsale**

❖ **Incidence ventro dorsale du thorax chez le nouveau-né**

- *Schéma et mesures :*



**Schéma 31 : Incidence de face du thorax d'un alpaga nouveau-né, et paramètres cardiaques, vasculaires et respiratoires à mesurer en incidence dorsoventrale ou ventrodorsale. 8=huitième côte droite. (Nelson, Mattoon, Anderson, 2011).**

a=axe long du cœur, [bord crânial du cœur → apex du cœur, parallèlement à l'axe des vertèbres thoraciques],

b=axe court du cœur, perpendiculaire à l'axe long, au niveau de la partie la plus large du cœur,

c=largeur de la cavité thoracique, [au niveau de l'axe court du cœur],

h=largeur de l'artère pulmonaire caudale droite, au point d'intersection avec la 8<sup>ème</sup> côte,

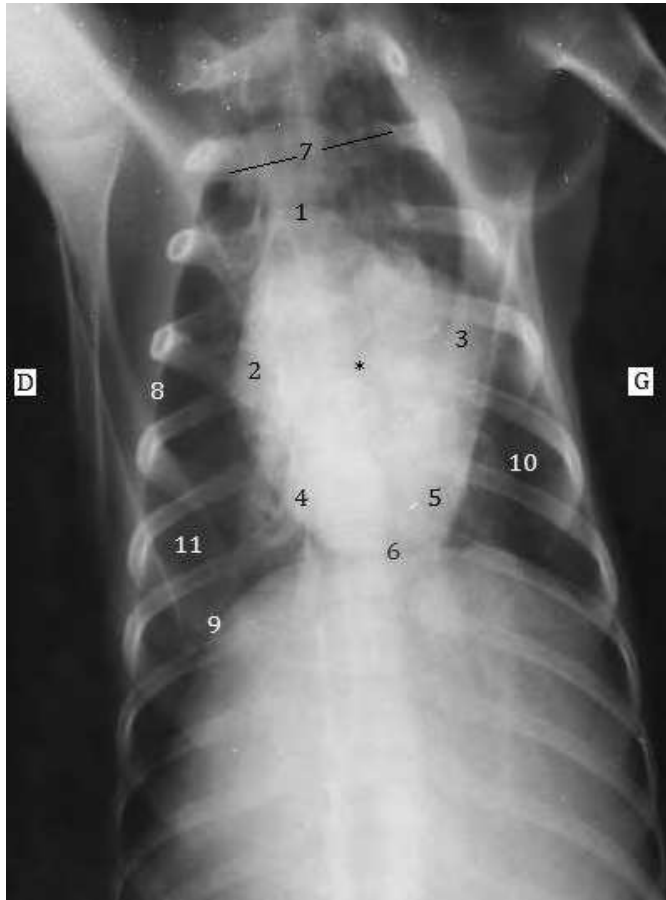
i=largeur de la veine pulmonaire caudale droite, au point d'intersection avec la 8<sup>ème</sup> côte et comparée à la largeur de celle-ci. Même principe pour la veine pulmonaire caudale gauche,

j=diamètre de la veine cave caudale, à son intersection avec le bord du diaphragme.

p=contact cardiophrénique, entre les points de contact [cœur/diaphragme] droit et gauche.

Les valeurs de ces mesures sont présentées en annexe 6.

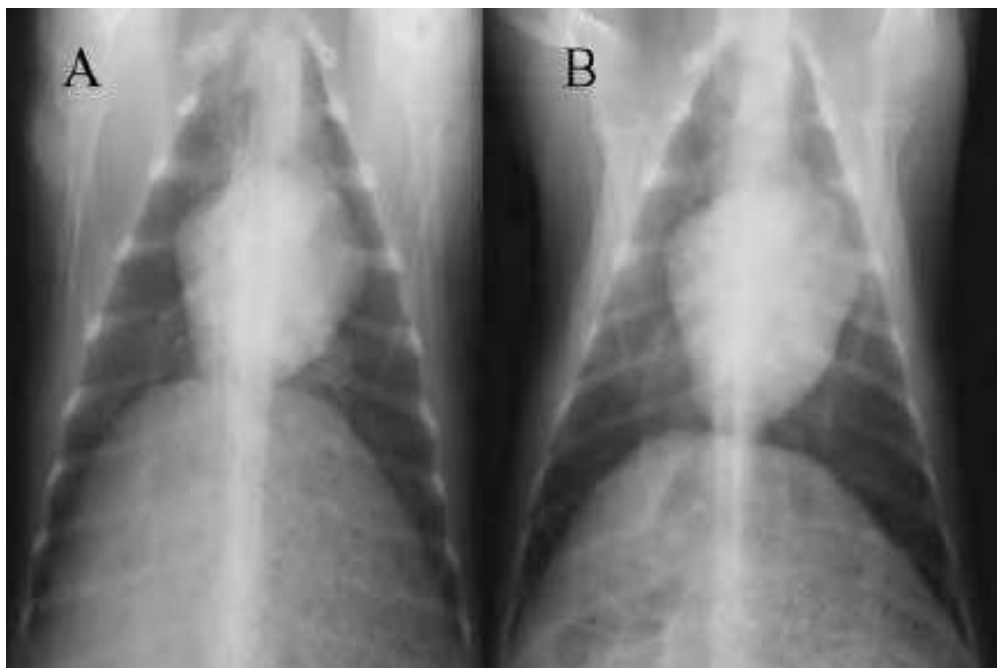
- Radiographie en incidence de face (DV et VD) du thorax entier du cria alpaga.



**Radiographie 37 : Thorax d'un lama nouveau-né en incidence dorsoventrale.** (D'après Fowler, 2010).

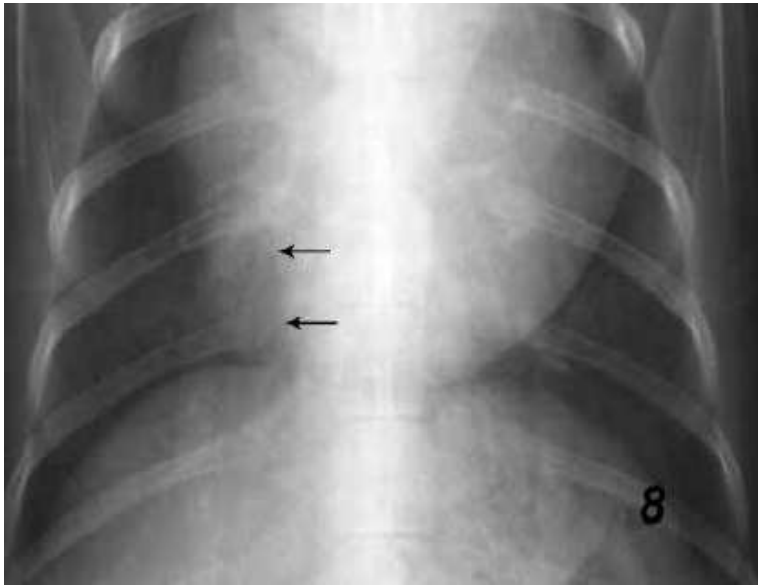
- \* : cœur
- 1 : base du cœur
- 2 : aire de projection de l'atrium droit
- 3 : aire de projection de l'atrium gauche
- 4 : aire de projection du ventricule droit
- 5 : aire de projection du ventricule gauche
- 6 : apex du cœur
- 7 : médiastin crânial
- 8 : plèvre
- 9 : diaphragme
- 10 : poumon gauche
- 11 : poumon droit

- Silhouette cardiaque.



**Radiographies 38 (A) et (B) : Incidences dorsoventrale (A) et ventrodorsale (B) du thorax d'un cria alpaga de 15 jours.** Le cœur est de forme ronde sur la projection DV et de forme anguleuse sur la VD. (Nelson, Mattoon, Anderson, 2011).

- *Visualisation de la veine cave caudale.*

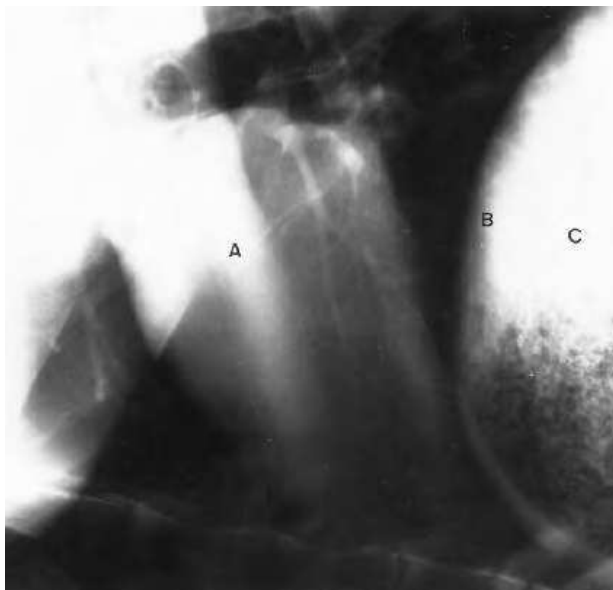


**Radiographie 39 :** Incidence dorsoventrale de la partie caudale du thorax d'un cria alpaga. On observe le bord latéral de la veine cave caudale (flèches). Le bord médial ne peut pas être vu à cause de la superposition des autres structures thoraciques. Les artères pulmonaires caudales droite et gauche, ainsi que la veine pulmonaire caudale gauche sont observables au niveau de la 8<sup>ème</sup> côte. La veine pulmonaire caudale droite n'est pas visible ici.

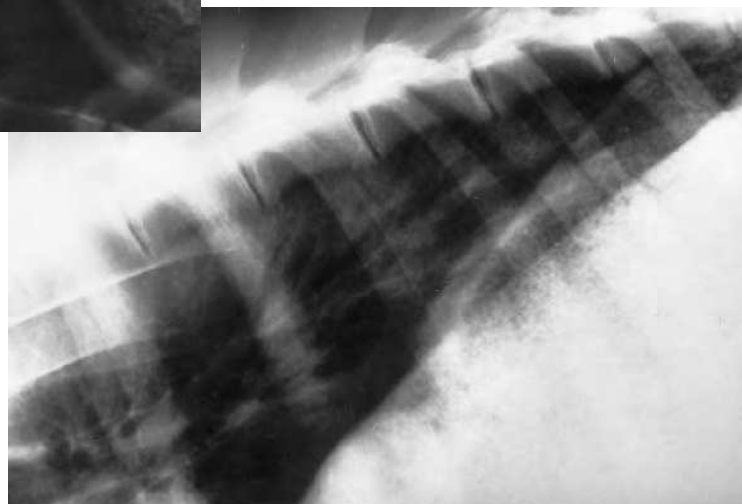
(Nelson, Mattoon, Anderson, 2011).

### 2.3. Incidence latérale

#### ❖ Incidences latérales du thorax chez un lama adulte :



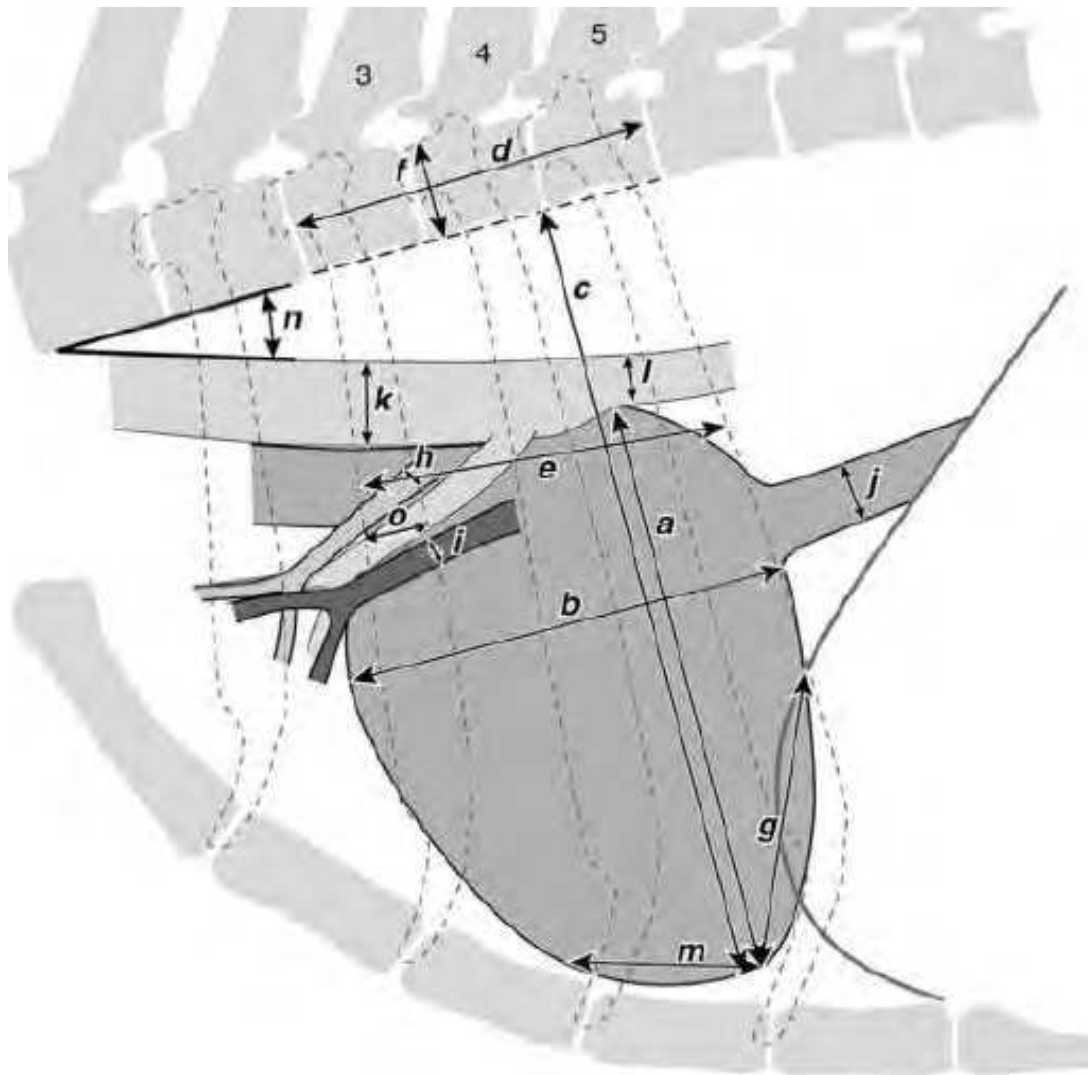
**Radiographie 40 :** Thorax crânial d'un lama adulte en incidence latérale. A=cœur, B=diaphragme, C=premier compartiment stomacal. (Source : Fowler, 2010)



**Radiographie 41 :** Thorax caudal d'un lama adulte en incidence latérale. (Source : Fowler, 2010)

❖ **Incidence latérale du thorax chez le cria alpaga:**

- *Schéma et mesures :*



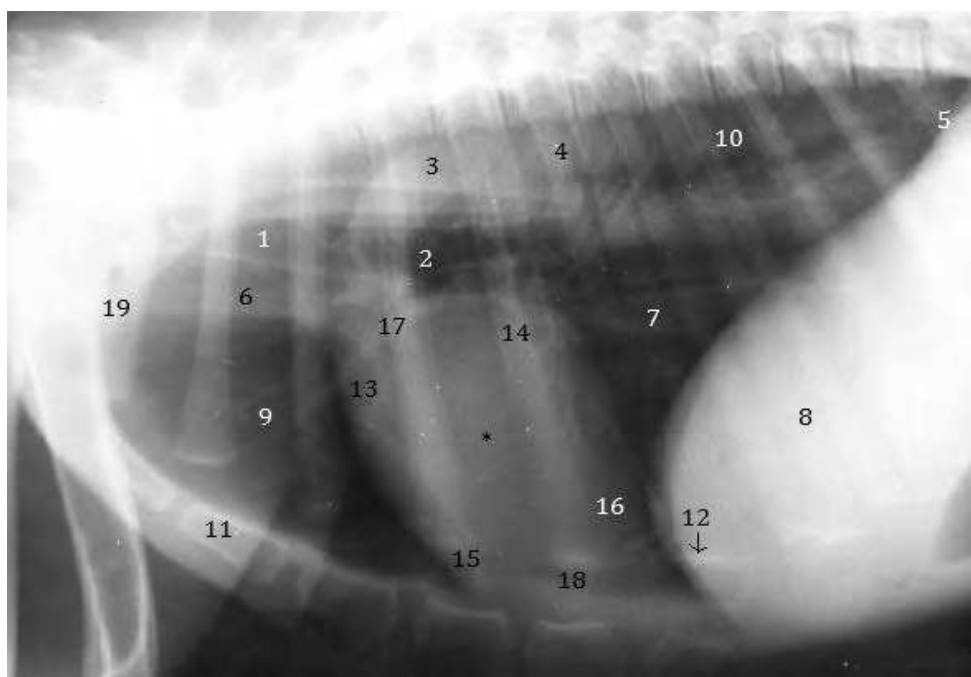
**Schéma 32 : Incidence latérale du thorax d'un alpaga nouveau-né, et paramètres cardiaques, vasculaires et respiratoires à mesurer en incidence latérale gauche ou latérale droite. 3, 4, 5= Th3, Th4, et Th5, vertèbres thoraciques 3, 4 et 5. (Nelson, Mattoon, Anderson, 2011).**

a=axe long du cœur [apex du cœur → point ventral proximal des bronches principales],  
b=axe court du cœur, perpendiculaire à l'axe long, origine : bord ventral de la veine cave caudale,  
c=hauteur de la cavité thoracique [apex du cœur → bord ventral de T4/T5],  
d=longueur T3 à T5 [tête de T3 → fosse de T5],  
e=distance côte 3 à côte 5 [bord crânial côte 3 → bord crânial côte 5],  
f=hauteur du corps vertébral,  
g=contact cardiophrénique [apex du cœur → intersection dorsale entre le cœur et le diaphragme],  
h=diamètre de la veine pulmonaire crâniale, i=diamètre de la veine cave caudale,  
k=hauteur de la trachée, mesurée au niveau de la 3<sup>ème</sup> côte,  
l=hauteur de la bronche principale, mesurée juste caudalement la carina trachéale,  
m=contact cardiosternal [apex du cœur → point où le bord cranioventral du cœur quitte le sternum],  
n=angle trachéal [entre bord ventral de la colonne thoracique crâniale et bord dorsal de la trachée],  
o=largeur de la 3<sup>ème</sup> côte, à son point le plus large, à son intersection avec l'artère pulmonaire crâniale.

Les valeurs de ces mesures sont présentées en annexe 6.



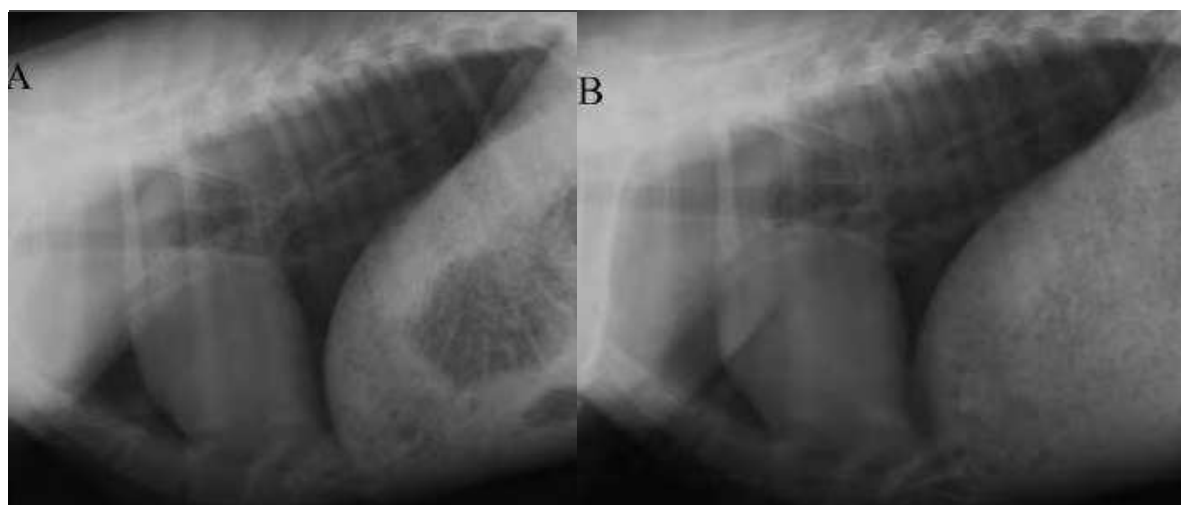
○ *Radiographie en incidence latérale du thorax de cria alpaga.*



**Radiographie 42 : Thorax d'un lama nouveau-né en incidence latérale droite.** (D'après Fowler, 2010).

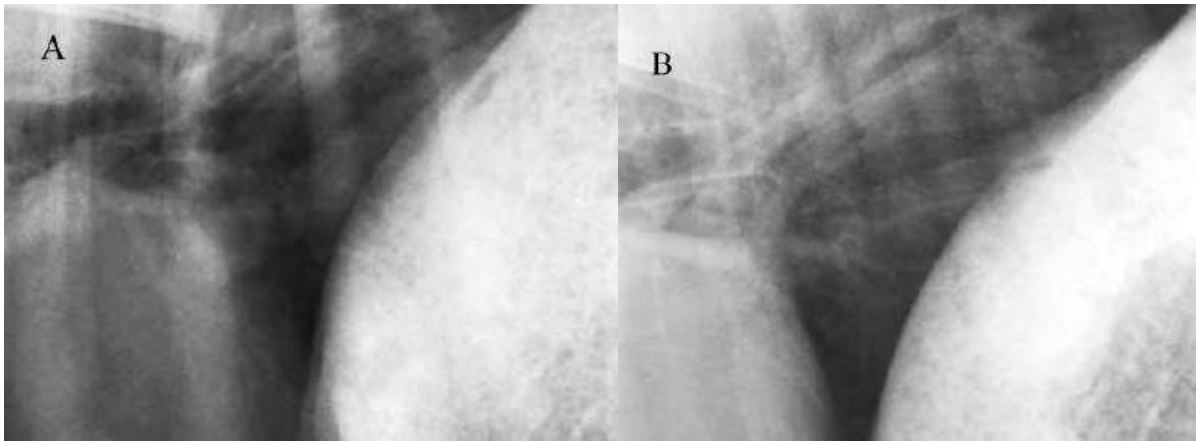
|                                     |                                              |
|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| * : cœur                            | 10 : poumon (partie caudale dorsale)         |
| 1 : trachée                         | 11 : sternèbre                               |
| 2 : bifurcation trachéo-bronchique  | 12 : cartilage costal calcifié               |
| 3 : aorte thoracique                | 13 : aire de projection de l'atrium droit    |
| 4 : 6 <sup>ème</sup> paire de côtes | 14 : aire de projection de l'atrium gauche   |
| 5 : diaphragme hémi coupole dorsale | 15 : aire de projection du ventricule droit  |
| 6 : veine cave crâniale             | 16 : aire de projection du ventricule gauche |
| 7 : veine cave caudale              | 17 : base du cœur                            |
| 8 : C1 / foie ?                     | 18 : apex du cœur                            |
| 9 : poumon (partie crâniale)        | 19 : coupole pleurale                        |

○ *Silhouette cardiaque.*



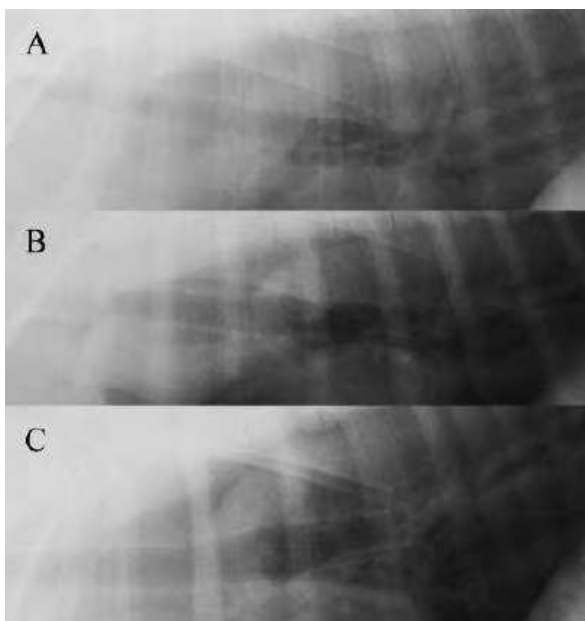
**Radiographies 43 (A) et (B) : Incidences latérales gauche (A) et droite (B) du thorax d'un cria alpaga de 3 mois et demi. On note que la silhouette cardiaque a la même forme et taille sur les 2 projections.** (Nelson, Mattoon, Anderson, 2011).

- *Visualisation de la veine cave caudale.*



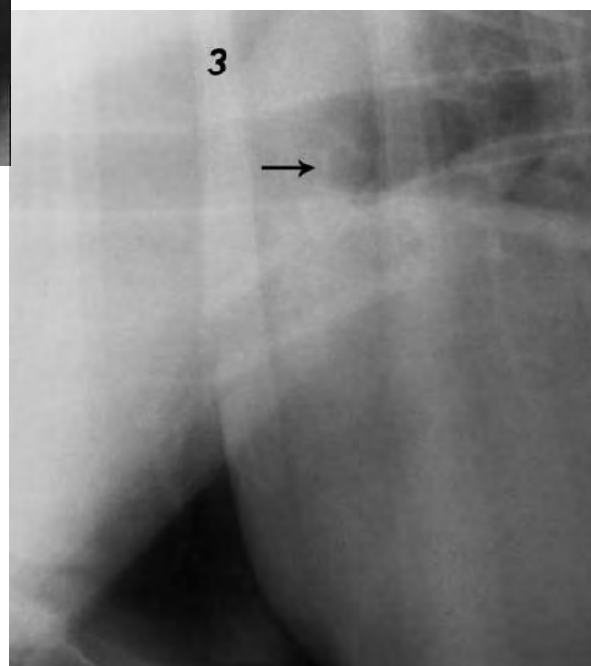
**Radiographies 44 (A) et (B) :** incidence latérale du thorax dorsal moyen de 2 crias alpaga. En (A), les bords dorsal et ventral de la veine cave caudale sont bien marginés, alors qu'en (B), on les distingue plus difficilement. (Nelson, Mattoon, Anderson, 2011).

- *Visualisation de la bifurcation trachéo bronchique.*



**Radiographies 45 (A), (B) et (C) :** Incidence latérale gauche du thorax de 3 crias centrées au niveau de la bifurcation trachéo bronchique. En (A), on note une légère augmentation de diamètre le la bronche principale juste après la bifurcation. En revanche, cette augmentation du diamètre bronchique est modéré à important (respectivement) en (B) et (C). (Nelson, Mattoon, Anderson, 2011).

**Radiographie 46 (à droite) :** Incidence latérale gauche de la région crânioventrale du thorax d'un cria alpaga. La flèche indique l'origine de la bronche principale vers le lobe pulmonaire crânial droit. L'artère et la veine pulmonaires crâiales droites sont distinctement visibles à leur intersection avec la 3<sup>ème</sup> côte. (Nelson, Mattoon, Anderson, 2011).



## 2. RADIOGRAPHIES DE L'ABDOMEN

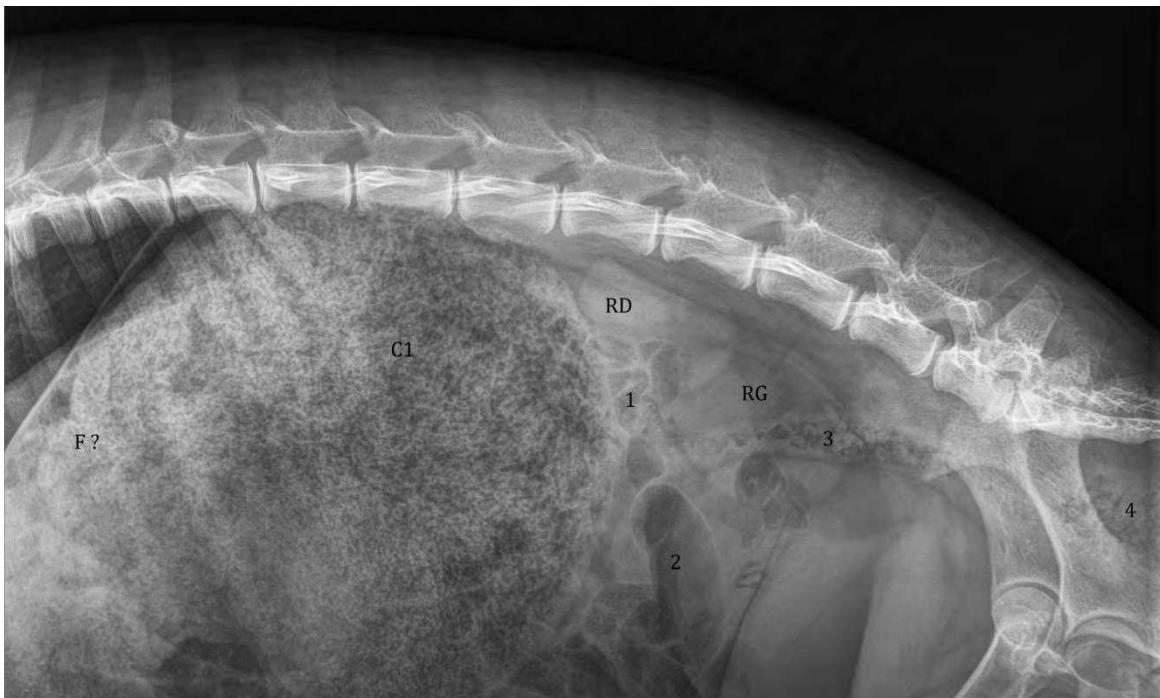
### 3.2. Incidence ventrodorsale

Cette incidence est utilisée quasi uniquement chez les nouveau-nés.

### 3.3. Incidence latérale

Chez les adultes, en plusieurs prises (crânial dorsal/ventral et caudal dorsal/ventral) selon ce que l'on cible.

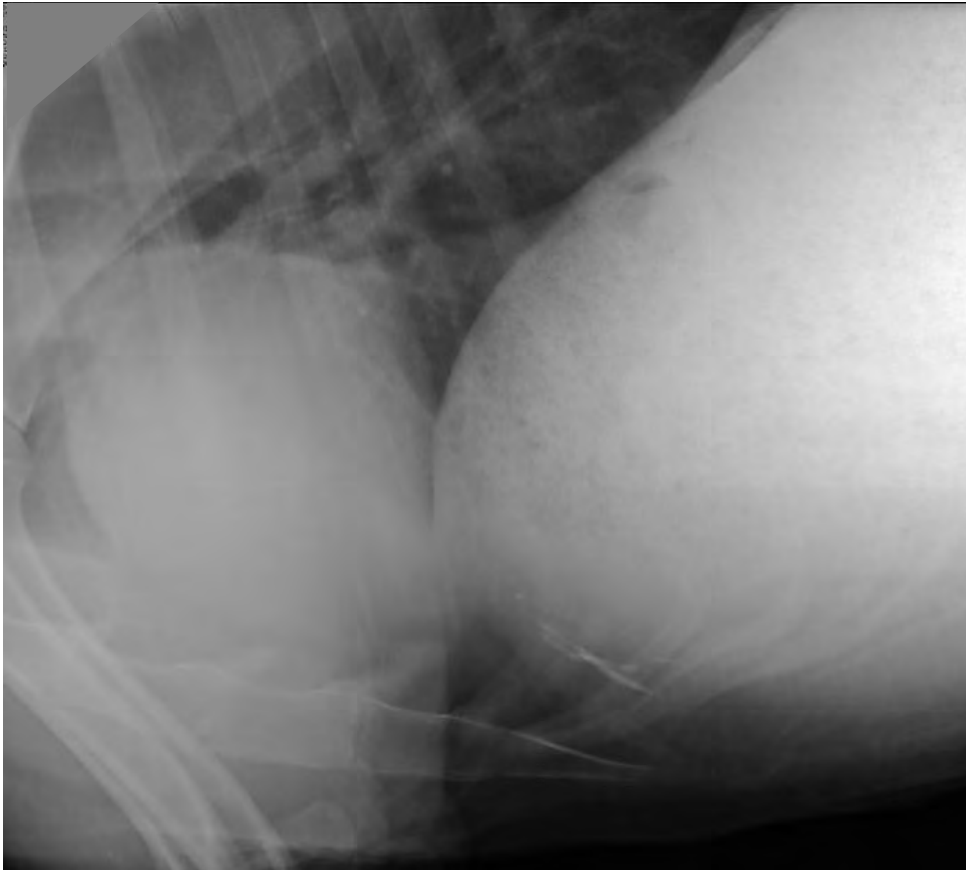
❖ **Incidence latérale de l'abdomen dorsal d'un l'alpaga l'adulte.**



**Radiographie 47 : Abdomen dorsal d'un alpaga adulte de 14 mois en incidence latérale droite.** (Cornell University, Vet Imaging service, 2011)

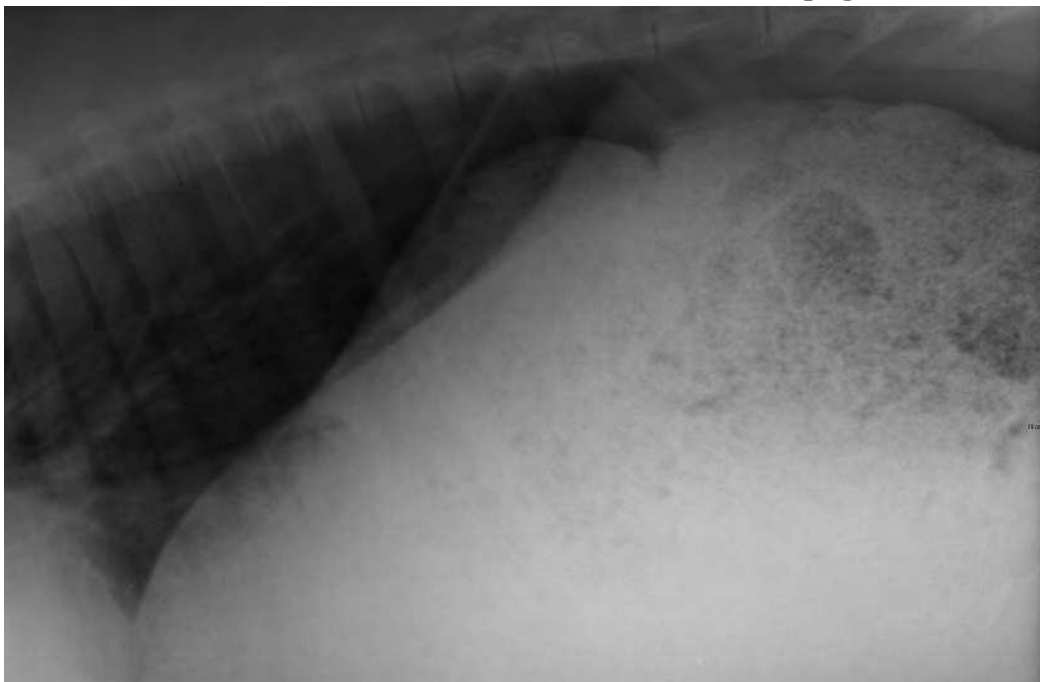
- 1 : Duodénum
- 2 : Anse intestinale aérique
- 3 : Boucle proximale du colon ascendant
- 4 : Rectum
- F : Foie ?
- C1 : 1<sup>er</sup> compartiment stomacal
- RD : Rein droit
- RG : Rein gauche

❖ **Incidence latérale de l'abdomen crânial d'un alpaga adulte.**



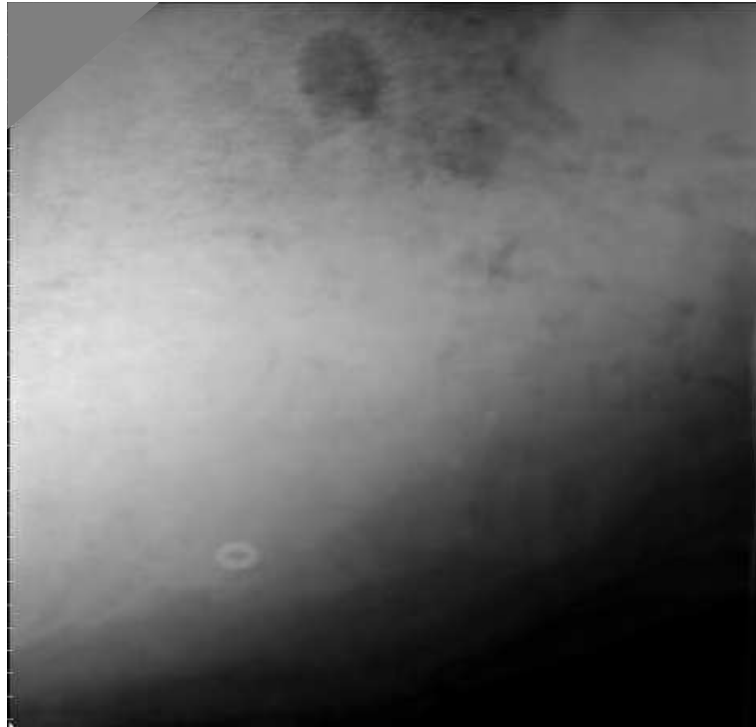
**Radiographie 48 : Abdomen crânial d'un alpaga adulte en incidence latérale droite. On observe le cœur, la trachée, le sac crânial de C1. (Cornell University, Vet Imaging service, 2011)**

❖ **Incidence latérale de l'abdomen crânial dorsal d'un alpaga adulte.**



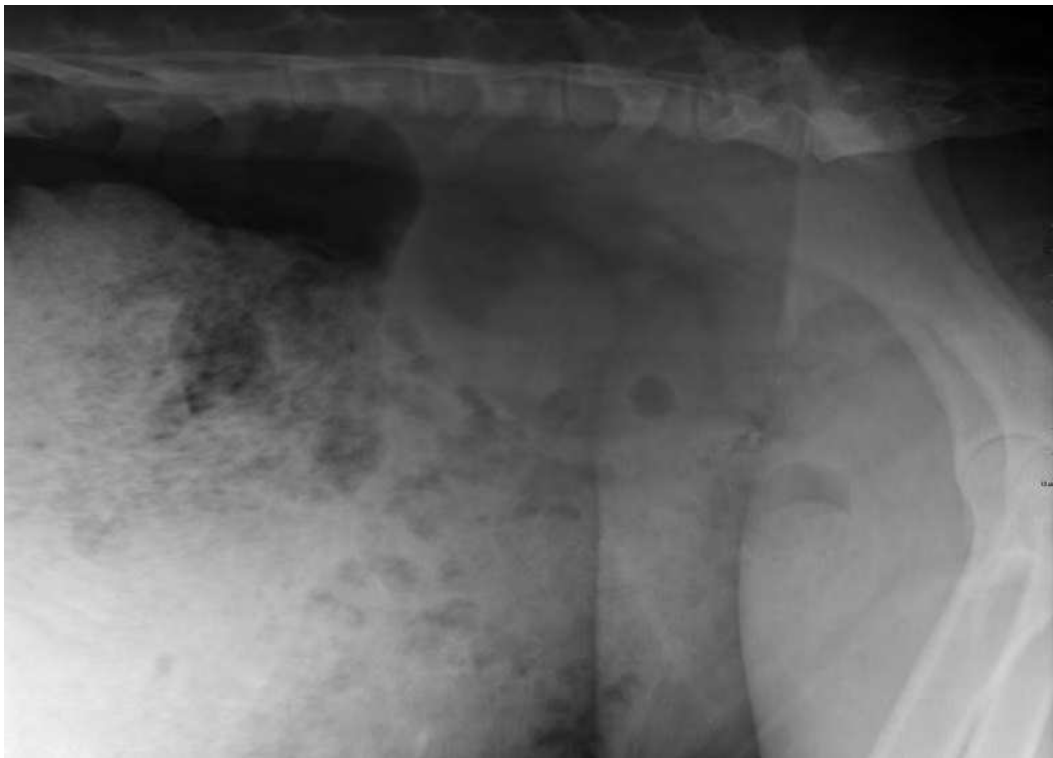
**Radiographie 49 : Abdomen crânial dorsal d'un alpaga adulte en incidence latérale droite. On observe le poumon dorsal, la coupole diaphragmatique, et la superposition du foie et de C1. (Cornell University, Vet Imaging service, 2011).**

❖ **Incidence latérale de l'abdomen moyen d'un alpaga adulte.**



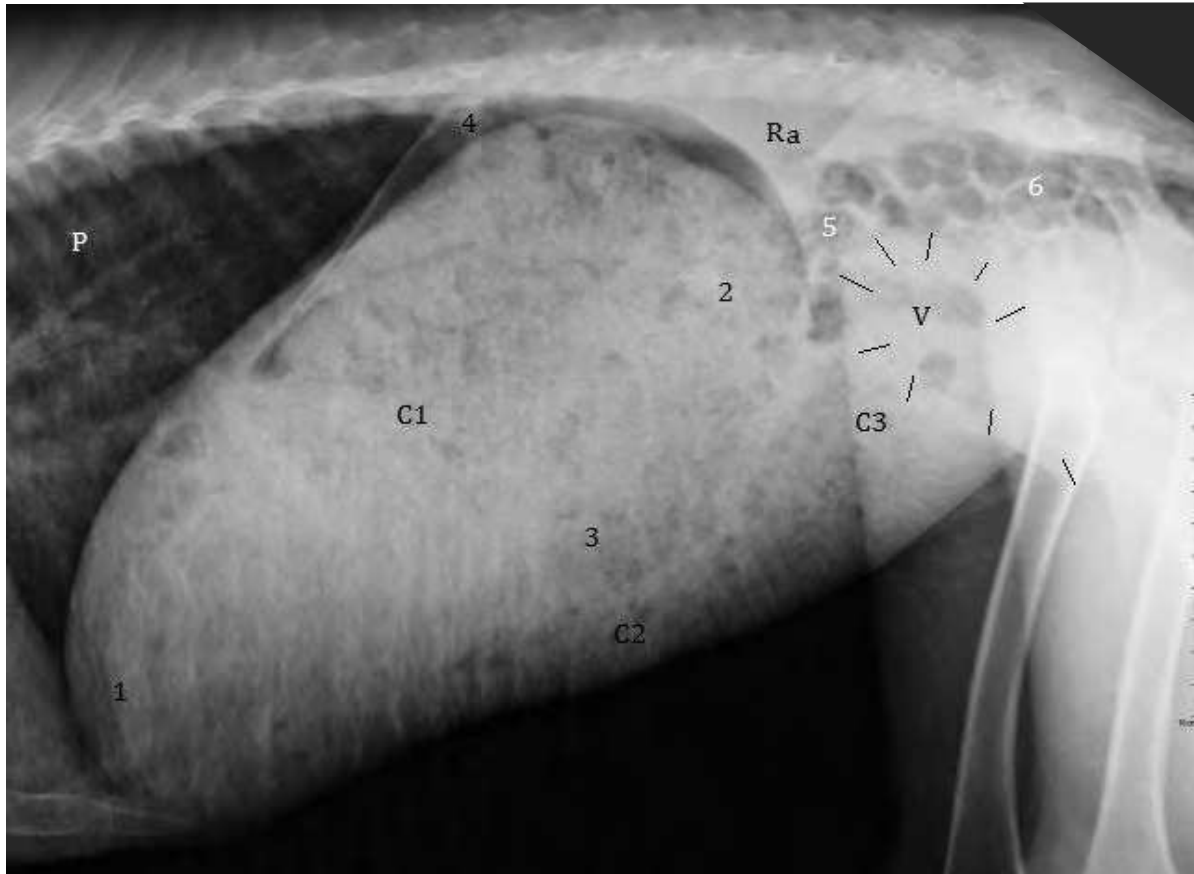
**Radiographie 50 : Abdomen moyen d'un alpaga adulte en incidence latérale droite. On note un corps étranger annulaire radioopaque au niveau de la projection des saccules glandulaires de C1. (Cornell University, Vet Imaging service, 2011)**

❖ **Incidence latérale de l'abdomen caudal dorsal d'un alpaga adulte.**



**Radiographie 51 : Abdomen caudal dorsal d'un alpaga adulte en incidence latérale droite. On observe le sac caudal de C1 (contenu aérique ?), les reins, la vessie, et la zone de projection des intestins. (Cornell University, Vet Imaging service, 2011).**

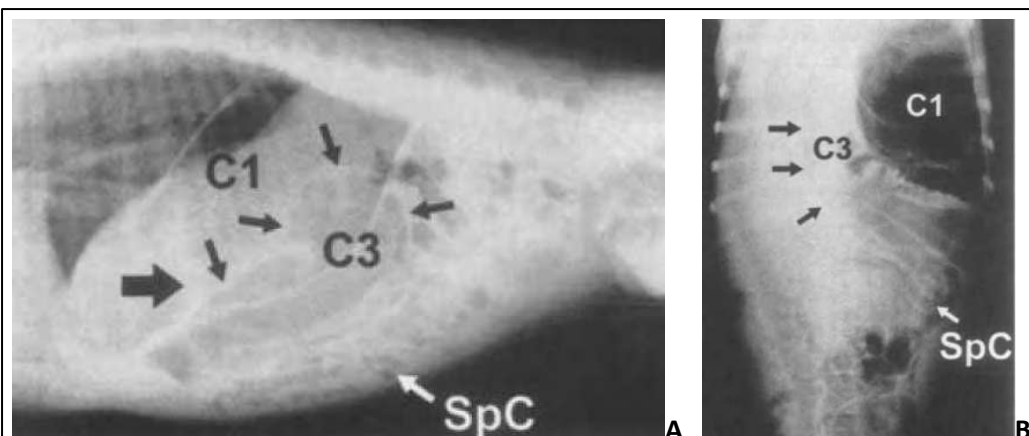
❖ Incidence latérale de l'abdomen complet d'un cria alpaga.



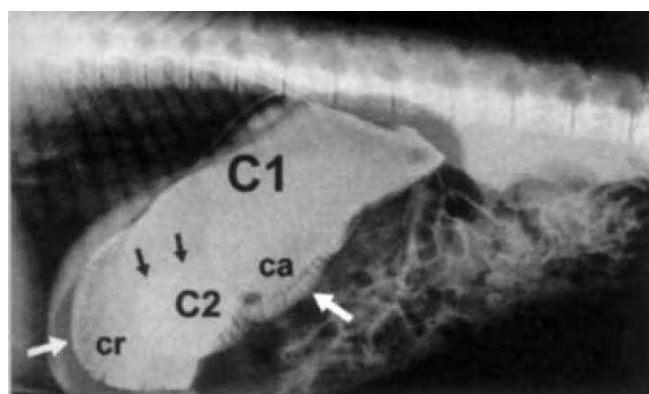
**Radiographie 52 : abdomen complet d'un alpaga âgé de 3 mois, en incidence latérale droite.** (Cornell University, Vet Imaging service, 2011).

- 1 : sac crânial de C1
- 2 : sac caudal de C1
- 3 : zone de projection des saccules glandulaires de C1
- 4 : contenu aérique dans l'estomac
- 5 : Air dans l'intestin
- 6 : jéjunum ?
- P : poumons
- C1 : 1<sup>er</sup> compartiment stomacal
- C2 : 2<sup>ème</sup> compartiment stomacal
- C3 : 3<sup>ème</sup> compartiment stomacal
- V : vessie
- Ra : rate

❖ **Etude du tractus gastro-intestinal du lama nouveau-né par radiographie de contraste.** (Timm & al., 1999).

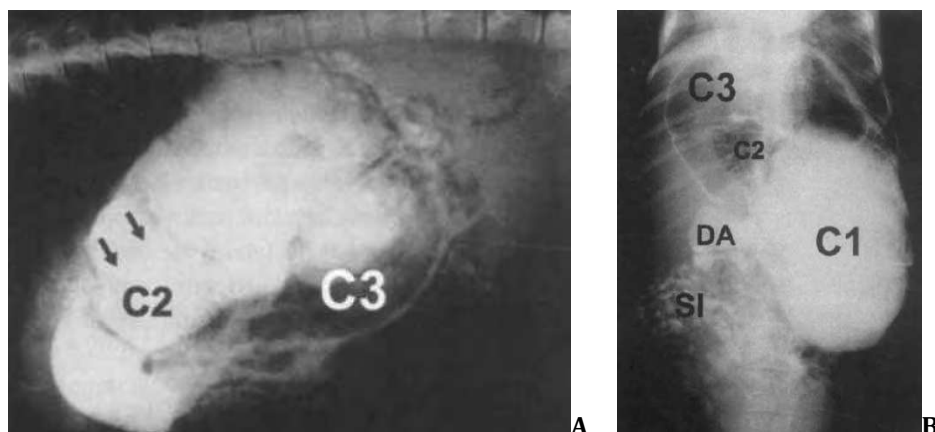


**Figure IV.3 : Radiographies sans préparation, en incidences latérale droite (A) et ventrodorsale (B) de l'abdomen d'un lama nouveau-né mâle de 9 jours.** A : on distingue très nettement C-1 et son septum ventral transverse séparant les sacs crânial et caudal (flèche large). La portion crâniale de C-3 se chevauche la portion caudale de C-1. Les petites flèches indiquent les limites claires de C-3. La structure remplie d'air superposée à la partie caudale de C-3 pourrait être la boucle proximale du colon ascendant. Le colon spiral (CSp) est repérable grâce à l'air intraluminal. B : la majeure partie de C-1 est située du côté gauche de l'abdomen, (sac crânial s'étendant vers la gauche) ; Le bord droit de C-3 est généralement facile à voir (petites flèches). Le colon spiral (CSp) est ici aussi repéré par l'air qu'il contient.

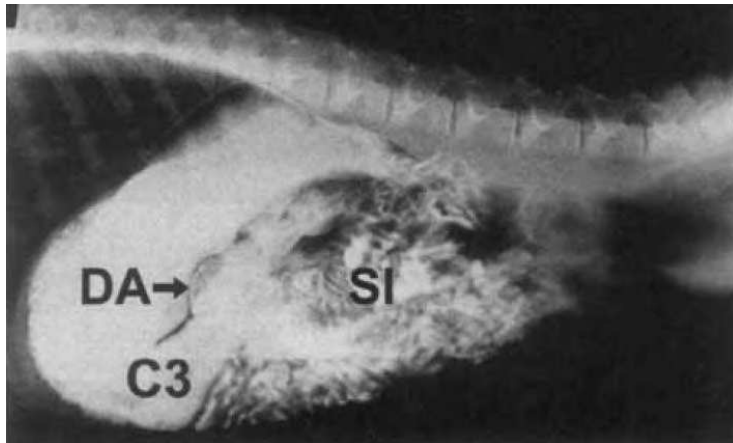


**Figure IV.4 : Radiographie en incidence latérale droite de l'abdomen d'un lama femelle de 4 jours prise immédiatement après administration de baryum par sondage gastrique.**

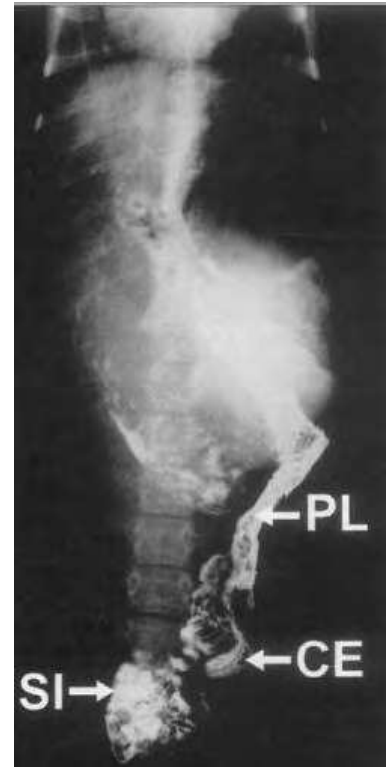
Le baryum permet d'apprécier les marges du compartiment C-1, dont les saccules (flèches blanches) des sacs crânial (cr) et caudal (ca). C-2 est également mis en évidence (petite courbure (flèches noires), et cellules ventrales).



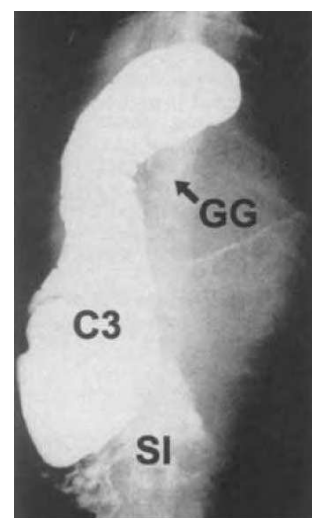
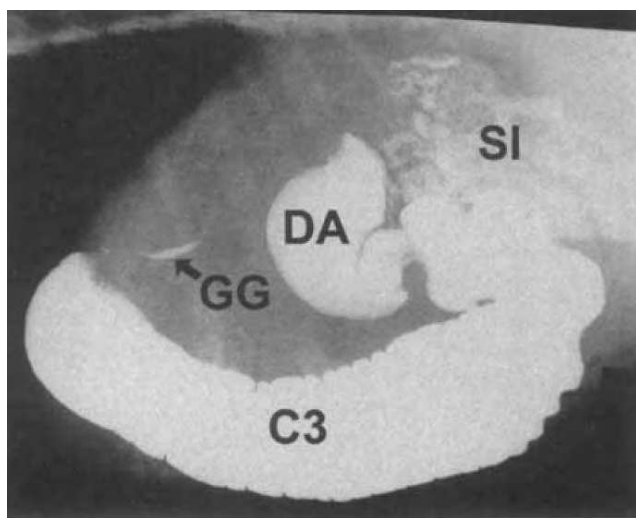
**Figure IV.5 : Radiographies en incidences latérale droite (A) et ventrodorsale (B) de l'abdomen d'un lama nouveau-né mâle de 5 jours, 15 minutes après l'administration de baryum.** A : C-2 est rempli de baryum et on distingue bien sa petite courbure (flèches). C-3 est en train de se contracter ; on note les plis mucosaux dans sa partie crâniale, et son bord ventral mis en évidence par l'air que contient le reste de C-3. On observe également que le baryum est passé dans l'intestin grêle. B : Le baryum qui a diffusé dans le sac dorsal de C-1 (forme ovale) ; C-1 crânial, C-2 et C-3 apparaissent remplis d'air. On distingue les cellules ventrales de C2, ainsi que les contractions transverses dans C-3. L'ampoule duodénale (DA) présente sa forme angulaire caractéristique, et l'intestin grêle apparaît radioopaque.



**Figure IV.6 : Radiographie en incidence latérale de l'abdomen d'un lama mâle nouveau-né de 5 jours, prise 1h15 après l'administration de baryum. L'ampoule duodénale (DA) recouvre le bord dorsal de la partie moyenne de C-3. L'intestin grêle proximal est situé dans l'abdomen moyen.**



**Figure IV.7 : Radiographie en incidence ventrodorsale de l'abdomen d'un lama de 10 jours, 5h après l'administration de baryum. Le baryum est présent dans la partie distale de l'intestin grêle (SI). L'iléon débouche dans le caecum (CE) qui est situé dans le quadrant caudal gauche de l'abdomen sur ce cliché. La boucle proximale du colon ascendant (PL) passe crânialement à gauche de la ligne médiane. Le caecum n'est pas souvent aussi bien visualisable.**



**Figure IV.8 : Radiographies en incidences latérale et ventrodorsale de l'abdomen d'un cria lama de 2 mois prise immédiatement après lui avoir fait ingérer un mélange lait/baryum. Le liquide passe par la gouttière eosophagienne (GG=gastic groove) fermée, et remplit C-3. L'ampoule duodénale est également radioopaque, de même que l'intestin grêle.**

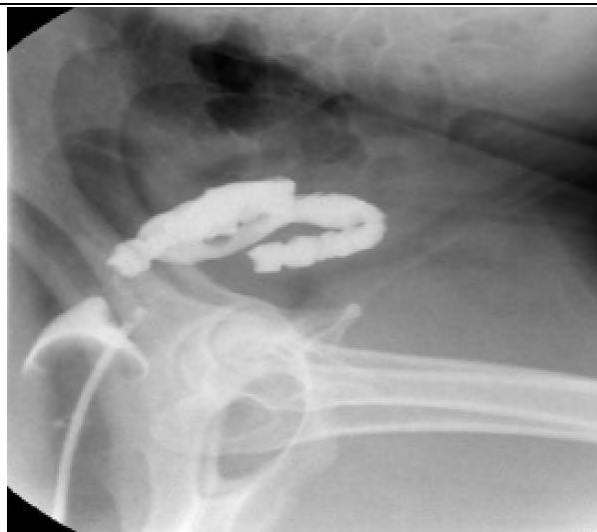


❖ **Incidence latérale du bas appareil urinaire de l'alpaga adulte, avec produit de contraste.**



**Radiographie 53 : Incidence latérale du tractus urinaire bas contenant un produit de contraste, chez un alpaga mâle adulte. On note le diverticule urétral dorsal (\*) au niveau de l'arcade ischiatique. V= vessie. U=urètre. (D'après Fowler, 2010)**

❖ **histérosalpingogramme.**



**Radiographie 54 : histérosalpingogramme normal. (K. Cargen, A. Tibary, S. Sandoval, 2007).**

Un histérosalpingogramme met en évidence les contours de la cavité utérine et permet l'évaluation de la largeur du canal cervical. (Col utérin). Cette technique a été standardisée et utilisée par K. CARGEN et al. chez les alpagas femelles au pic de la vague folliculaire. Les femelles sont placées sous sédation en décubitus latéral. Après désinfection vulvaire et périnéale, une sonde de Foley 18G, 30 cm de long, est insérée par le vagin jusqu'au col utérin grâce à un sigmoïdscope, et gardée en place par gonflage du ballon (de 30 mL). Un volume total de 60mL de produit de contraste iodé (Oxilan<sup>R</sup>) est instillé via la sonde avec contrôle radiologique (fluoroscopie).

#### 4. RADIOGRAPHIE DE CONTRASTE CHEZ LES CAMÉLIDÉS.

##### **Utilité des produits de contrastes :**

- ✓ la mise en évidence des interfaces entre plusieurs tissus de contraste différent,
- ✓ la taille, la forme, la localisation, la perméabilité de certains organes.
- ✓ La localisation de structures qui n'apparaissent pas forcément sur les films classiques, telles que des masses, obstructions, ou corps étranger.
- ✓ Evaluer la fonction de certains organes/systèmes, selon la durée et la régularité du passage du produit.

Similairement à l'interprétation des radiographies classiques, les clichés avec produit de contraste peuvent être affectés par l'angle d'incidence. La règle générale est qu'une lésion doit être incidence sur au moins trois images différentes pour considérer qu'elle est réelle : « une fois, c'est un artéfact, deux fois, c'est une coïncidence, trois fois, c'est réel ! ».

Dans certains cas, peuvent être préférées l'échographie ou l'endoscopie à la radiographie de contraste, mais ces équipements peuvent ne pas être disponibles.

##### **Quelles applications ?**

Dans les structures adaptées, telles que l'école vétérinaire de l'université d'Orégon aux Etats-Unis, les radiographies avec préparation les plus couramment réalisées chez les camélidés sont :

- ✓ l'étude des voies nasales à la recherche d'atrésie choanale ;
- ✓ l'étude du canal auditif à la recherche d'otite moyenne ;
- ✓ l'oesophagogramme à la recherche d'une affection œsophagienne (mégaoesophage, obstruction, anneau vasculaire et jabot œsophagien, œsophagite, ...) ;
- ✓ le gastrogramme afin de différencier les viscères, et rechercher une éventuelle dilatation intestinale ;
- ✓ le lavement baryté en cas de rétrécissement colorectal ;
- ✓ la recherche de séquestre osseux ;
- ✓ l'évaluation du trajet de fistules ;
- ✓ la recherche de calculs urinaires.

##### **Les produits de contraste:**

Les produits de contraste utilisés pour une préparation radiographique sont le plus souvent le **sulfate de baryum** et des **produits iodés**. Ces produits sont radio opaques et atténuent le faisceau de rayons X, produisant une zone claire (radio opaque) sur la radiographie à l'endroit où ils s'accumulent.

Le baryum est disponible en pâte ou suspension liquide. Les pâtes durent plus longtemps, les liquides offrent un meilleur pansement intestinal.

L'infiltration de produit dans les tissus entraîne des inflammations granulomateuses, par conséquent le baryum devrait être évité si on suspecte une perforation.

Les produits iodés ioniques (comme le Conray - iothalamate), se diluent dans le tractus gastro intestinal ce qui les rend difficile à voir. En outre, en cas de fausse déglutition, l'animal risque l'œdème pulmonaire.

Les produits iodés non ioniques (comme l'Omnipaque-iohexol) confèrent un plus faible tapissage mucosal que le baryum.

Pour toute étude radiographique avec des produits de contrastes, des films de références devraient d'abord être pris sans contraste, pour définir ensuite la technique appropriée.

### **Contraste des voies nasales et atrésie choanale :**

L'étude de contraste des voies nasales des camélidés la plus courante est la recherche d'atrésie choanale du nouveau-né. Les individus concernés sont les jeunes camélidés en détresse respiratoires, respirant avec la bouche ouverte, ainsi que les camélidés de tout âge présentant un flux d'air très diminué à absent pour une ou les deux narines.

Un produit de contraste **iodé non ionique** est préférable au baryum si un doute existe sur la perméabilité, comme le risque de fausse déglutition est important.

L'animal est positionné en décubitus sternal avec les narines relevées perpendiculaires au sol. Des clichés en incidences latérale, latérale oblique, et VD ou DV peuvent être prises dans cette position. Puis, du contraste liquide est introduit avec une sonde flexible et souple, et de nouveaux clichés seront pris dès que le contraste est en place.

En cas d'atrésie des choanes le produit de contraste s'accumule autour du niveau des orbites. Des masses pharyngiennes causées par des oestroses larvaires ont également été mises en évidence de la même manière.

### **Contraste du canal auditif et otites :**

Une autre étude de contraste sur le crâne des camélidés est l'examen du canal auditif présentant des signes d'otites. Chez les lamas adultes sains, le canal auditif, de forme sigmoïde, mesure 4-6 mm de diamètre. Cette taille est environ diminuée de moitié chez les alpagas.

Chez les adultes, 5 à 10 ml d'Omnipaque (**iodé non ionique**) sont introduits dans le canal.

On peut observer un certain degré de sténose ou de déformation du canal dans les trois jours suivants.

Sur le cliché radiographique, un passage de contraste dans l'oreille moyenne confirme une rupture de la membrane tympanique. On peut utiliser la préparation suivante : 3 millilitres d'une solution organique **iodée ionisée** de diatrizoate de méglumine (66%) et diatrizoate de sodium (10%) dans chaque conduit auditif.

### **Contraste de l'œsophage :**

Un œsophagogramme peut également être réalisé chez les petits camélidés. Le plus souvent, seuls des clichés en incidence latérale sont pris, avec l'animal positionné soit debout, soit en décubitus sternal. Les camélidés sont sujets à un certain nombre de désordres œsophagiens, dont le mégaoesophage, étouffement, striction, œsophagite, et des anomalies vasculaires (anneaux vasculaires).

Ces désordres sont à l'origine de signes cliniques similaires, tels que le reflux de salive et matériel alimentaire, la présence de masses cervicales fluctuantes, une perte de poids, et de possibles signes respiratoires.

Même si les clichés sans préparation peuvent fournir quelques informations, et si le matériel alimentaire mélangé à la salive peut parfois jouer le rôle de contraste, l'utilisation de produits de contraste est très utile pour différencier ces affections. Parce que la motilité, la perméabilité, et l'aspect de la muqueuse sont tous trois des points importants à évaluer, l'utilisation d'un **mélange de liquide, de pâte, et de grains** (concentrés ou céréales/aliment) est conseillée. On utilise le **baryum, sauf si une perforation est suspectée**, ce qui est rare.

Chez les patients les moins faibles, dont réflexe de déglutition est intact, les composés sont introduits manuellement dans la bouche, ou introduits à la sonde dans l'œsophage crânial. En général, on utilise des seringues de 60 ml pour introduire le produit de contraste [liquide+pâte], puis le mélange [aliment+pâte] est placé dans la bouche.

Les clichés seront pris dès que la majorité du produit de contraste a été avalé.

La motilité œsophagienne est en général assez bonne chez les camélidés sains, et la quasi-totalité du baryum se retrouve dans l'estomac lorsque le premier film est pris. De fines lignes de contraste observées dans l'œsophage sont également acceptables.

En cas de mégaoesophage, on observe en général une grande quantité de matériel radio opaque accumulé dans l'œsophage thoracique, le plus souvent, mais aussi dans l'œsophage cervical bas. L'impaction alimentaire peut affecter la distribution du contraste. Par exemple, chez les camélidés les moins affectés, l'accumulation de produit sera plus subjectivement anormale.

En cas d'obstruction, d'anneau vasculaire persistant, ou de striction, on observe un étranglement brutal de la colonne de contraste. Avec un anneau vasculaire, le rétrécissement de diamètre de l'œsophage est souvent observé à proximité de la base du cœur.

Les strictions sont relativement rares et leur localisation est plus variable, mais elles peuvent causer des signes radiographiques similaires.

En cas d'œsophagite, il y a souvent des signes de pertes de substance de la muqueuse. La fluoroscopie avec contraste est très utile pour acquérir en temps réel des images dynamiques de l'intérieur des structures, elle peut être utilisée chez les camélidés.

### **Contraste du tractus gastro intestinal :**

On réalise assez rarement des radiographies avec préparation du tractus gastro intestinal, car la rétention gastrique est très longue (jours). Cependant, en cas de dilatation viscérale, l'administration orale de produit de contraste peut aider au diagnostic différentiel et l'identification de l'anse dilatée, surtout chez les jeunes. L'échographie ne permet pas de différencier le premier compartiment gastrique (C1) d'un colon ascendant dilaté. En revanche, un contraste distribué oralement pénétrera et mettra en évidence C1, quel que soit la localisation de la lésion, permettra de différencier les structures.

Une fois de plus, une suspension de **sulfate de baryum** est souvent utilisée, mais on préférera une **solution iodée organique si l'on suspecte une perforation**.

Le contraste peut être avalé ou administré par sondage.

### **Contraste du tractus urogénital :**

Urogramme

Histérosalpingogramme

### **Autres applications :**

Il est également décrit que des produits de contraste ont été utilisés pour évaluer le trajet de **fistules** ou pour rechercher un **séquestre**. Pour de telles applications, les **iodures non ionisés** sont préférées.



## **1. PATHOLOGIES ET AFFECTIONS ORTHOPÉDIQUES:**

### **1.1. Affections orthopédiques du squelette appendiculaire.**

#### **1.1.1. Déformation angulaire des membres.**

Un grand nombre de cas de déformation des membres est rapporté chez les lamas et alpagas. Le valgus carpal est le plus fréquent (DAGG, A.I. 1974), mais des cas de varus du carpe, valgus métacarpo phalangien, et valgus fémoro tibial sont également connus. Des défauts similaires existent chez les chevaux ou les animaux de rente.

L'alimentation et les traumatismes sont des facteurs potentiels dans certains cas, mais le plus souvent, la véritable cause est inconnue.

En cas de valgus carpal, la prise de clichés radiographiques permet d'évaluer le carpe et les os longs adjacents (radius/ulna et métacarpes III et IV fusionnés). On rappelle que physiologiquement, la physe ulnaire est située 3 à 5 cm proximale à la physe radiale. L'épiphyse ulnaire s'étend distalement le long du bord latéral du radius, puis s'atténue et fusionne avec l'épiphyse radiale. Les radiographies et les préparations anatomiques ne montrent pas de séparation physique de ces deux épiphyses chez la plupart des individus ; cela peut cependant s'observer dans de rares cas. (ch.22 FOWLER ME., 2010).

#### **❖ Rachitisme.**

La déformation angulaire des membres est une séquelle fréquente lors de rachitisme du nouveau-né et du jeune. Ce syndrome est causé par une déficience absolue en vitamine D des animaux en croissance. (FOWLER, M.E. 1990; HILL, F.I. & al., 1994).

La cause de la déformation (membres arqués) est alors un amincissement des corticales osseuses. La **figure V.1** est une radiographie du carpe d'un alpaça rachitique. La physe (cartilage de croissance) radiale est élargie, la métaphyse, évasée, et les corticales amincies.



**Figure V.1 : Radiographie du carpe d'un alpaça rachitique. (Source : ME. Fowler, 2010).**

Les radiographies suivantes (**Fig. V.2** et **Fig. V.3**) ont été prises sur une femelle alpaga Huacaya de 7 mois présentée pour abattement, faible GMQ, et raideur des membres depuis 3 semaines.



**Figure V.2 :** Radiographie en Incidence dorsopalmaire des deux membres thoraciques distaux d'une femelle alpaga de 7 mois (carpes, métacarpes III et IV fusionnées, et articulation métacarpo phalangienne). On note l'élargissement (bilatéral) des cartilages de croissance ulnaires, radiaux et métacarpiens distaux (flèches). Les métaphyses sont également évasées.



**Figure V.3 :** Radiographie en Incidence dorsopalmaire des deux membres thoraciques distaux de la même femelle alpaga, un mois après l'administration d'une unique dose de vitamine D<sub>3</sub> (2000 U/kg, SC). On note que la largeur des physes radiales, ulnaires, et métacarpiennes a diminué (flèches). Le remodelage métaphysaire est également observé. (Susan L. McClanahan & al., 2006).

Cependant, le rachitisme n'est pas la seule cause de déformation angulaire des membres.

Les **figures V.4, V.5** et **V.6** illustrent la différence.

#### ❖ Valgus du carpe.

Des changements variables peuvent s'observer dans la région du carpe.

Une inflammation du cartilage de croissance radial, caractérisé par un élargissement et un évasement de la physe, peut signer un trauma.





**Figure V.4 : valgus du carpe bilatéral chez un petit camélidé.** (Source : Fowler, 2010)



**Figure V.5 : Radiographie montrant un valgus du carpe droit chez une femelle alpaga. Pas de lésion osseuse.** (Cornell, 2011)



**Figure V.6 : Aspect radiographique d'un valgus du carpe.**

L'épiphyse radiale est cunéiforme et sa base se situe sur le bord médial du carpe. La largeur de la physe radiale est variable, mais la physe ulnaire est évasée, doublement enveloppée, avec hyperplasie de l'ulna distale.



a

**Fig. V.6bis : Radiographies en Incidence palmaire (a) et médiale (b) du carpe droit, révélant un valgus du carpe et l'hyper extension associée avec la subluxation de l'articulation radiocarpale.** (Henry W. Jann & al., 2010)



b

### ❖ Des essais de traitements du valgus carpal.

#### ○ Ostectomie cunéiforme.

Alpaga de 14 mois, valgus carpal bilatéral de 40° et 42° respectivement à gauche et à droite ; angulation centrée juste proximale à la physe distale radiale ; os du carpe normaux ; physes distales radiale et ulnaire fermées.

Une ostéotomie cunéiforme est réalisée sur chaque radius, au niveau du cartilage de croissance ; la taille du fragment osseux retiré ayant été calculée grâce aux radiographies préopératoires. La **figure V.7** présente la radiographie de contrôle prise en post opératoire direct.

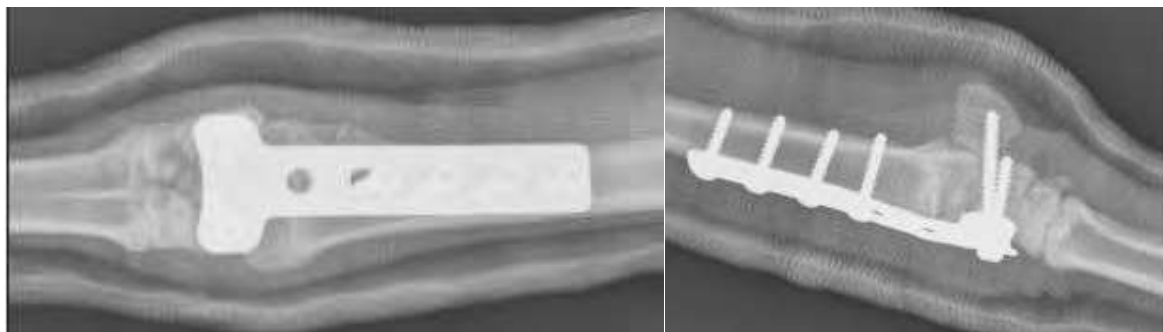


**Figure V.7 : Radiographie post opératoire en Incidence dorsopalmaire du carpe d'un alpaga de 14 mois. Des broches transfixantes ont été incorporées aux plâtres (prenant les 2 jambes entières), afin de stabiliser le radius distal suite à l'ostectomie réparatrice.**

(Source : Livingston CK., 2001).

#### ○ Arthrodèse carpienne partielle.

Un alpaca de 2 ans est présenté pour l'apparition aiguë d'une boiterie du membre thoracique droit. Un valgus carpal bilatéral (bilatéral mais plus marqué à droite) ainsi que l'instabilité médiale (avec hyper extension) de l'articulation radio-carpienne droite ont été diagnostiqués radiographiquement. Une arthrodèse de l'articulation radio-carpienne a été réalisée (radiographie post opératoire présentée en **figure V.8**). Ce traitement chirurgical est une option thérapeutique considérée en cas d'instabilité grave du carpe causée par une atteinte des structures ligamenteuses supportant le carpe.



**Figure V.8 : Radiographies en Incidences dorso palmaire et latérale du carpe d'un alpaga de 2 ans illustrant la correction du valgus et de l'hyper extension par une plaque en T. (Source : Henry W. Jann, 2010)**

### 1.1.2 Luxations.

#### ❖ Luxation ou subluxation tibio tarsienne.



Figure V.9 : Radiographie du tarse gauche d'une femelle alpaga souffrant de luxation tibio tarsienne. (Cornell vet school Imaging, 2011).



Figure V.10 : Radiographie en Incidence latérale (A) et dorsoplantaire (B) du tarse droit d'un alpaga mâle de 5 mois souffrant de luxation tibio tarsienne sévère. (Source : Christina L. Peavey & al., 2000)

De nombreux cas de luxations tibio tarsiennes ont été reportés chez les petits camélidés. Cette affection peut être congénitale ou acquise en cas de trauma.

La **figure V.9** illustre l'aspect radiographique d'une légère luxation tibio tarsienne chez une femelle alpaga adulte. La **figure V.10** montre une luxation sévère de l'articulation tibio tarsienne chez un alpaga mâle de 5 mois, présentant une boiterie du membre pelvien droit depuis deux semaines.

Dans les deux cas, on note un gonflement des tissus mous péri articulaires.

Le signe radiographique d'appel est une rotation du talus (os tibiotarsien) ; il est alors positionné plus horizontalement que verticalement. On observe en outre une rotation du talus plus marquée (90°) dans le deuxième cas (flèche large, **Fig.V.10**), ce qui permet d'identifier une luxation plus sévère. Enfin, le tibia s'articule avec le bord caudal du talus, au lieu de sa trochlée.

En outre, les têtes de flèches, indiquent, sur la **figure V.10**, plusieurs éléments d'opacité osseuse (néoformations), caudalement et dorsalement à l'épiphyse distale du tibia et distalement à la malléole médiale.

La luxation limite souvent les mouvements du tarse, ce qui cause une boiterie d'origine mécanique.

Un réalignement chirurgical n'est en général pas tenté, mais un plâtre peut être posé sous le grasset pour stabiliser l'articulation tibio tarsienne et encourager la fibrose articulaire.

### ❖ Luxation patellaire.

Des cas de luxation patellaire médiale et latérale congénitale ont été rapportés chez les jeunes camélidés (**Fig. V.11** et **Fig. V.12**). Comme chez le cheval, le déplacement de la patelle vers le haut (rotule haute) existe également (**Fig. V.13**).

Chez les camélidés, la patelle est physiologiquement haute sur la trochlée, et ils ne possèdent qu'un seul ligament patellaire large (au lieu des trois ligaments que possède le cheval).

#### ○ Luxation horizontale :

Le déplacement de rotule se produit chez les camélidés lorsque le ligament est étiré ou que les os du membre pelvien sont particulièrement longs.

Cela s'accompagne en général de l'étirement ou la rupture du ligament fémoro-patellaire médial ou latéral, permettant à la patelle de se déplacer médialement ou latéralement.

Les luxations patellaires acquises sont souvent les conséquences d'un traumatisme entraînant la rupture du ligament fémoro patellaire médial ou latéral.

Le diagnostic de luxation patellaire est basé sur les signes cliniques et la palpation du grasset. La radiographie permet de visualiser l'articulation, et confirmer ce que l'on sent à la palpation (**Fig. V.11** et **Fig. V.12**).



**Figure V.11 : Radiographies profil et face du grasset droit d'un alpaga mâle d'un an, atteint de luxation patellaire bilatérale.** (Cornell University, Imaging service, 2011).



**Figure V.12 : Radiographies profil et face du grasset gauche du même alpaga mâle, atteint de luxation patellaire de grade III bilatérale.** (Cornell University, Imaging service, 2011).

À gauche, la rotule est modérément déplacée latéralement.

À droite, en plus du déplacement latéral modéré de la patelle, la capsule articulaire est distendue (opacité tissulaire en quantité modérée dans l'articulation). Le ligament patellaire apparaît épaissi (possible desmrite).

Rq : Les 4 stades ou grades de l'instabilité fémoro-patellaire (D. MATHON, 2010).

Stade 1: luxation de la rotule avec rotation de quelques degrés.

Stade 2: la rotule est durablement luxée et il y a une rotation importante du tibia.

Stade 3: positionnement de la rotule de façon définitive sur le bord médial de la trochlée. Abrasion du cartilage de la lèvre médiale, et de la face interne de la rotule.

Stade 4: Le tibia a tourné de 90°. L'articulation est déformée, les ménisques aussi. Le quadriceps va passer médialement à l'articulation. Il n'est alors plus extenseur, mais fléchisseur. Le pronostic est alors extrêmement réservé.

○ Luxation verticale (ZANOLARI P. & al., 2002):

Une femelle alpaga de 2 ans présente soudainement une boiterie du membre pelvien droit. L'examen orthopédique dirige le diagnostic vers une atteinte du grasset droit.

La **figure V.13** montre les clichés radiographiques obtenus 8 jours après l'apparition de la boiterie.



**Figure V.13 : Radiographies en Incidences latéromédiale et crâniocaudale du grasset droit révélant une luxation patellaire. Clichés obtenus sans sédation en positionnant l'animal respectivement en décubitus latéral et dorsal. La patelle est située proximale et latérale à la trochlée du fémur, et penche crânialement, causant une bosse des tissus mous crânio proximale à l'articulation du grasset. Les cartilages de croissances fémoral distal, tibial proximal, et fibulaire proximal de sont pas fermés, il en est de même pour l'apophyse tibiale. (Source : Zanolari, 2002).**

Les examens orthopédiques et radiographiques ont permis d'établir le diagnostic de luxation dorsale de la patelle.

Le traitement chirurgical réalisé fut une trochléoplastie par creusement. Après deux semaines post opératoire, l'animal pouvait, supporté par des sangles, mettre du poids sur le postérieur droit, et six mois après, aucun signe de boiterie ou de récurrence n'était plus objectivable.

❖ **Luxation coxofémorale et prothèse totale de hanche** (KARA L. SCHULZ, 2009).

Un alpaga femelle de 2,5 ans, gestante de 3 mois, présente une boiterie sévère (grade 4/5) du membre pelvien gauche, d'apparition soudaine, depuis 6 semaines.

Après la prise de radiographies (**Fig. V.14**) et établissement d'un diagnostic que luxation coxofémorale gauche, la pose chirurgicale d'une prothèse totale de hanche a été effectuée. L'implant utilisé est un implant modulaire (non cimentée).

Une légère boiterie mécanique persistante est toujours présente, ainsi qu'une instabilité modérée de l'articulation coxofémorale. La femelle alpaga pu donner naissance à son petit 8 mois plus tard.

Les contrôles radiographiques à 7 semaines et 9 mois (**Fig. V.15** et **Fig. V.16**) montrent une prothèse stable et correctement positionnée.

On note une légère exostose entourant le bord proximal du fémur à 9 mois post opératoire, et une migration des broches de Steinman utilisées pour réparer l'ostéotomie trochantérique, d'où leur retrait.

Rq. Une exostose est le développement de petites tumeurs bénignes constituées de tissu osseux se développant à la surface des os.

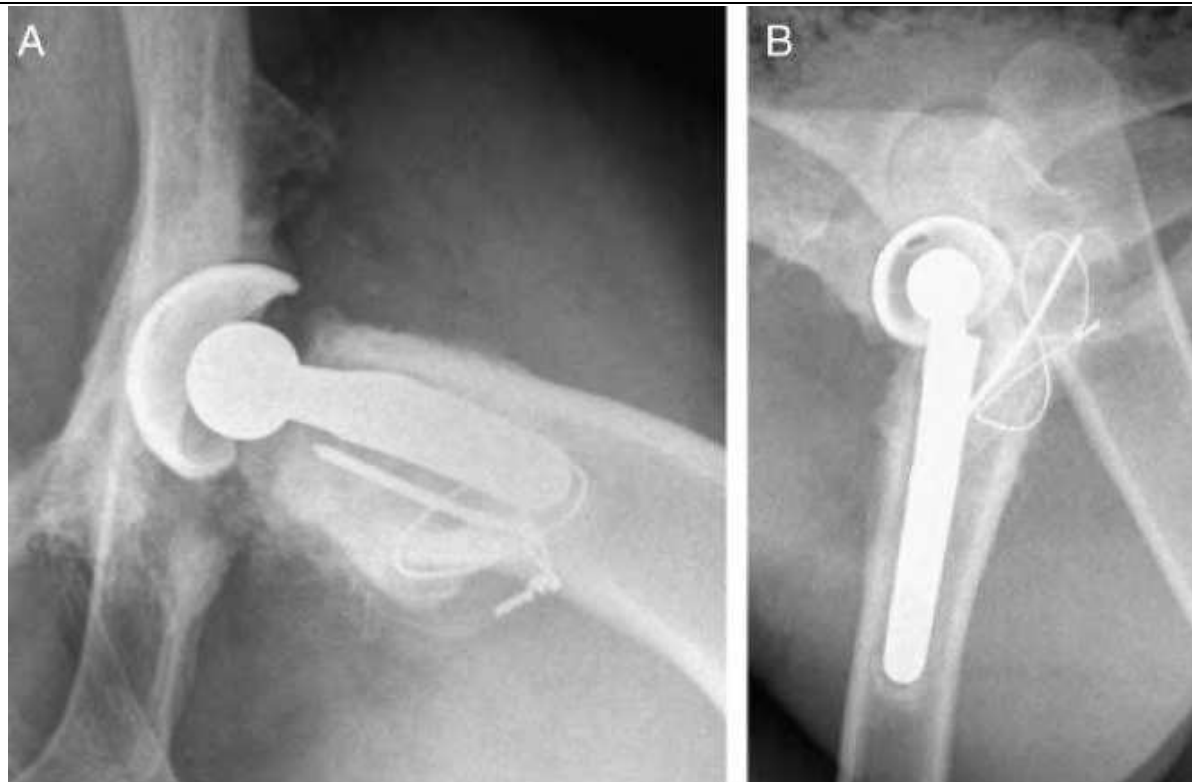
A l'âge d'un an, la femelle alpaga présente toujours une légère boiterie, mais elle reste avec les autres alpagas de l'élevage, et a pu être remise à la reproduction.



**Figure V.14: Incidence dorsoventrale du bassin d'une femelle alpaga atteinte de luxation coxofémorale.** On note la luxation crânio dorsale de l'articulation coxofémorale gauche ; et la formation de pseudo arthrose sur l'aile de l'ilium. On remarque de plus la présence d'un squelette foetal, cranialement à la tête fémorale luxée. (Source : KARA L. SCHULZ, 2009).



**Figure V.15 :** Incidences ventrodorsale (A) et latérale (B) du bassin de la même femelle alpaga, juste après la chirurgie de remplacement total de hanche. (Source : KARA L. SCHULZ, 2009).



**Figure V.16 :** Incidences ventrodorsale et latérale 9 mois après la chirurgie. L'implant apparaît stable et non affaissé radiographiquement. On observe une néoformation osseuse autour de l'extrémité de la tige de l'implant, ainsi qu'une formation osseuse lisse et marginée sur le bord proximal du fémur. Cela réduit la mobilité de l'articulation coxofémorale. (Source : KARA L. SCHULZ, 2009)

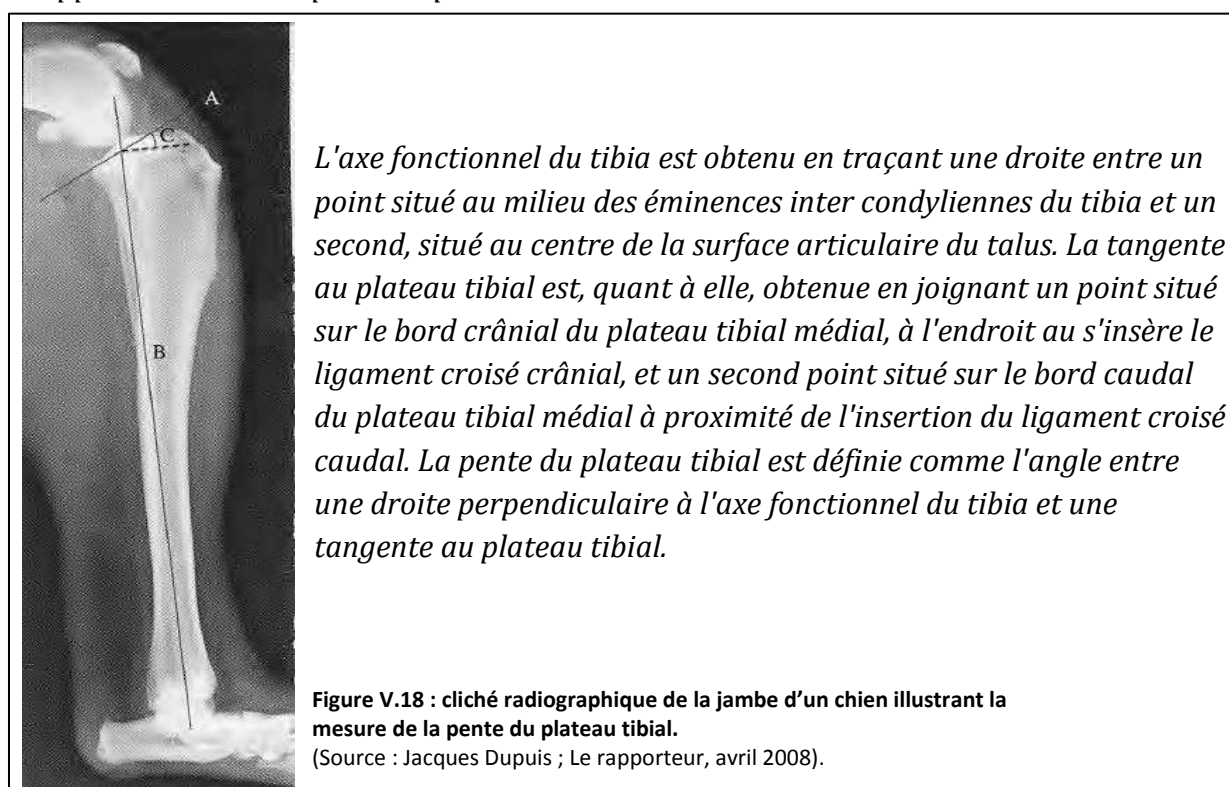
### 1.1.3. Affections ligamentaires.

#### ❖ Rupture du ligament croisé crânial droit et tibial plateau levelling osteotomy (TPLO) (TJ. Smith, 2009).

Un alpaga mâle de 36 mois présente une boiterie du membre pelvien droit d'apparition brutale. L'examen clinique et les clichés radiographiques (**Fig. V.17**) sont en faveur d'une insuffisance du ligament croisé crânial du grasset droit.



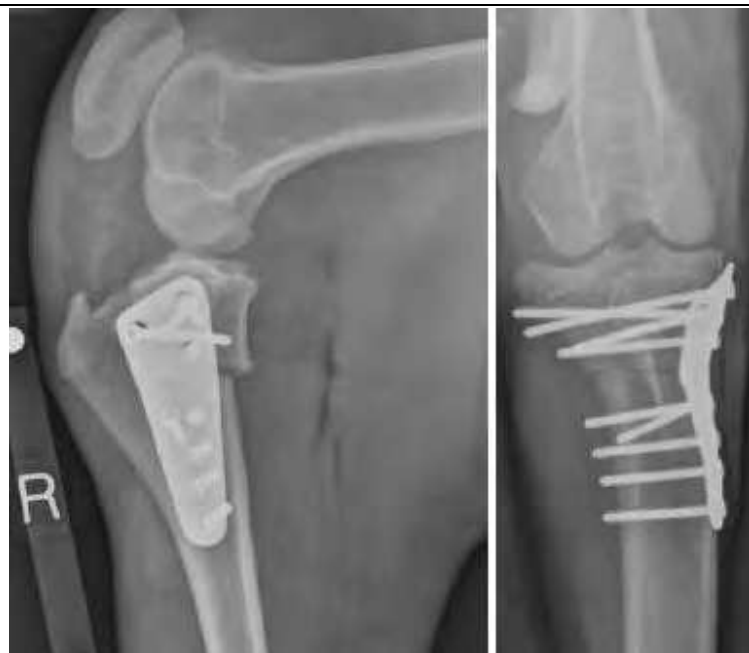
*Rappel : mesure de la pente du plateau tibial :*





Avant l'intervention chirurgicale, la pente du plateau tibial droit de cet animal mesurait 19°. Une ostéotomie de nivellement du plateau tibial (TPLO) a été réalisée, avec des contrôles radiographiques en post opératoire direct (**Fig. V.19**), et à 6 semaines post op (**Fig. V.20**). A six semaines, l'évaluation radiographique montre la progression de la cicatrisation osseuse au site d'ostéotomie tibiale.

La boiterie s'est estompée (encore présente (2/5) à 2 semaines post opératoire, puis absente à 6 semaines, jusqu'à 28 mois plus tard dernier suivi du propriétaire)



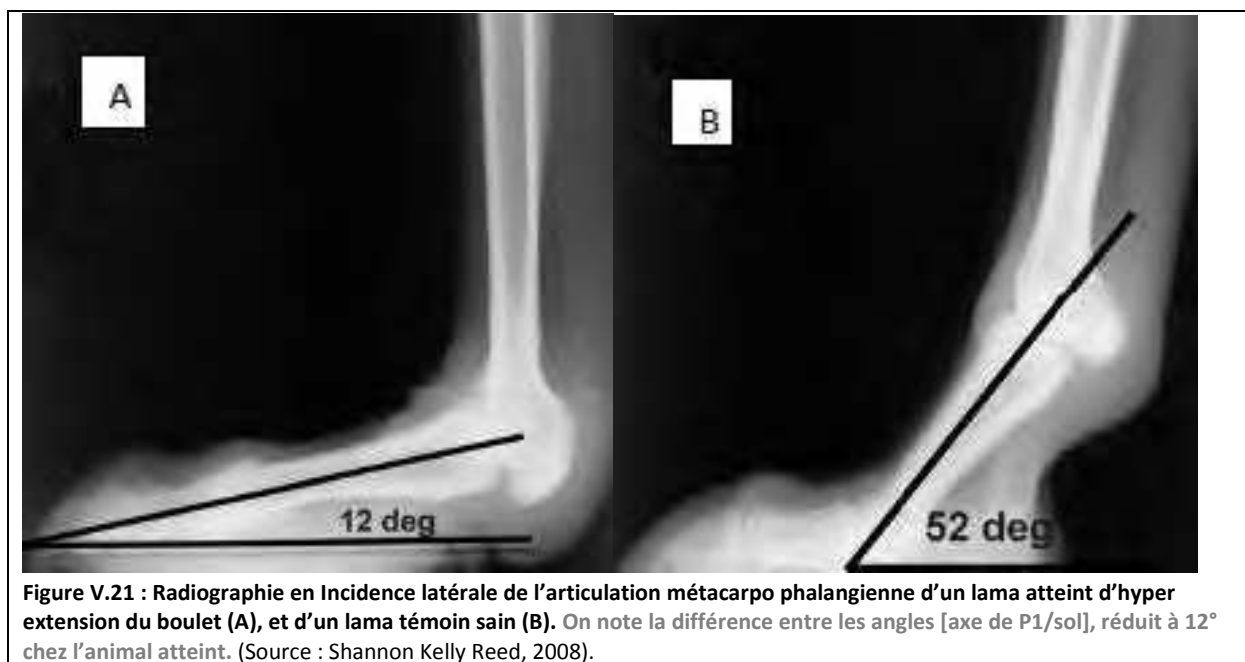
**Figure V.19 :** Clichés radiographiques en Incidence médiolatérale (A) et caudocrâniale (B) du grasset droit du même alpage, en post opératoire. On repère le site d'ostéotomie et les implants (vis et plaque). (Source : T.J. Smith, 2009).



**Figure V.20:** Suivi radiographique à 6 semaines (post TPLO). La cicatrisation au site d'ostéotomie est satisfaisante. On note un cal osseux sur le bord caudal de la ligne d'ostéotomie. (Source : T.J. Smith, 2009).

❖ **Hyper extension du boulet** (Shannon Kelly Reed, 2008).

La défaillance et l'hyper extension de « l'appareil suspenseur » des articulations métacarpo-phalangienne et métatarso-phalangienne (boulets) sont des conditions fréquemment rencontrées chez les petits camélidés de tout âge. Cela peut aboutir à une boiterie débilante, le plus probablement due à la minéralisation des tissus mous (tendons, ligaments), et/ou à de l'arthrite du boulet ou des articulations interphalangiennes. Il existe deux formes, une forme induite ou acquise, en cas de port de poids anormal (ex : boiterie sévère dans le membre controlatéral) ; et une forme idiopathique, très pauvrement décrite chez les petits camélidés dans la littérature) La **figure V.21** est un cliché radiographique illustrant la différence d'angle [P1/Sol] entre un individu atteint d'hyper extension du boulet et un individu témoin sain.



#### 1.1.4. Fractures.

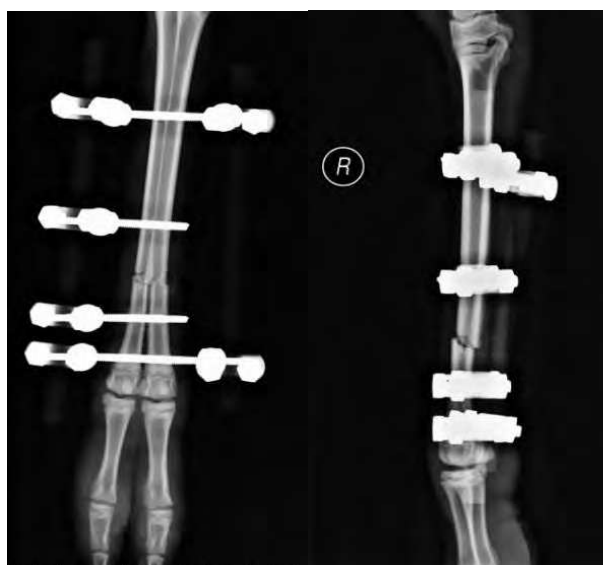
En règle générale, les blessures des physes (cartilages de croissance) des os distaux des membres (phalanges, métacarpes, métatarses) peuvent être traitées grâce à un plâtre. En cas de fracture ouverte, le nettoyage complet de la plaie et l'emploi d'antibiotiques sont recommandés. On préférera également un fixateur externe dans ces cas. Des blessures des os proximaux des membres (tibia, radius, fémur, humérus) nécessitent souvent l'utilisation de fixation interne (broches, vis ou plaques).  
(NEWMAN KD., ANDERSON DE., 2009)

##### ❖ **Fracture traumatique, transverse, du tiers distal de la diaphyse des métatarses 3 et 4 fusionnés du membre pelvien droit.**

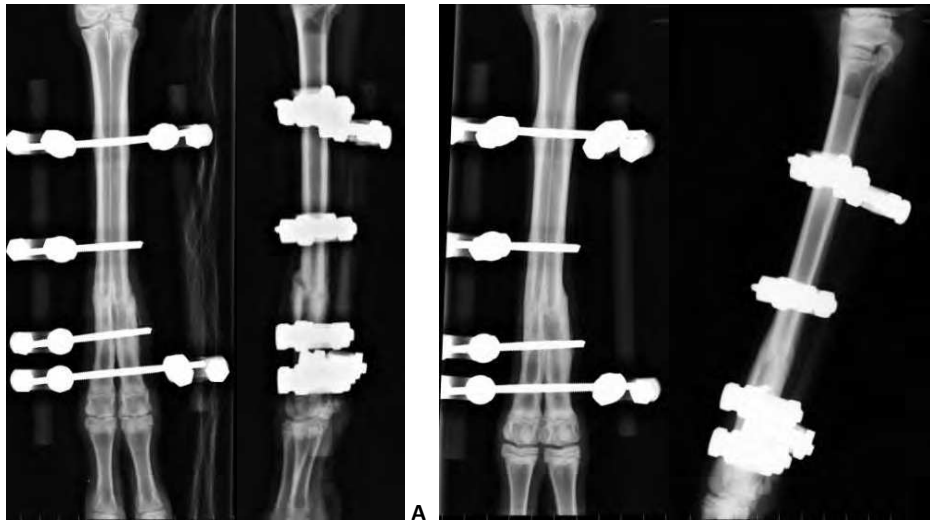
Les radiographies suivantes montrent l'évolution de la cicatrisation osseuse au niveau fracturaire, aux étapes : fracture (**Fig. V.22**), post opératoire direct : vérification de la position des broches et du fixateur externe (**Fig. V.23**), premier suivi à 35 jours et deuxième contrôle à 70 jours (**Fig. V.24 A et B**), et enfin, après le retrait des broches ce même jour (**Fig. V.25**).



**Figure V.22 : Fracture traumatique, transverse, du tiers distal de la diaphyse des métatarses 3 et 4 fusionnés du membre pelvien droit. Alpaga mâle, 5 mois.** (Cornell University Veterinary Teaching Hospital, Imaging service, 2011).



**Figure V.23 : face et profil des métatarses fusionnés III et IV droits du même alpaga; en post opératoire : réduction de la fracture et pose de fixateur externe. Léger gonflement diffus des tissus mous autour du doigt IV.** (Cornell University Veterinary Teaching Hospital, Imaging service, 2011).



**Figure V.24 A et B:** radiographies face et profil de contrôle à 35 jours (A) et 70 jours (B) post opération. La cicatrisation de l'os au site de fracture, et l'apparence de l'implant sont compatibles avec un contrôle normal respectivement à 5 et 10 semaines. A 10 semaines, les métatarses sont totalement cicatrisés, le retrait du matériel est possible. (Cornell University Veterinary Teaching Hospital, Imaging service, 2011).



**Figure V.25:** Dans les métatarses III et IV fusionnés du membre pelvien droit, après retrait du matériel d'ostéosynthèse. Le fixateur externe et les broches sont absents, mais on remarque que l'emplacement des broches reste radio transparent après leur retrait. La zone fracturaire a le même aspect (fracture, cal), et la réaction périostée associée aux broches ont le même aspect que dans la radiographie prise avant le retrait ce même jour (Figure V.24 (B)). (Cornell University Veterinary Teaching Hospital, Imaging service, 2011).



**Figure V.26 :** Photographie du membre pelvien droit (aspect crânial) d'un alpaga présentant une fracture de la diaphyse métatarsienne traitée par fixateur externe. La tête est à gauche. (Luis M. Rubio-Martínez, Judith B. Koenig).

❖ **Fracture traumatique comminutive, du tiers proximal de la diaphyse fémorale, membre pelvien droit.**

Les figures V.27 et V.28 sont des radiographies de la fracture fémorale prises en pré et post opératoire.



**Figure V.27 :** radiographies profil et face d'une fracture traumatique comminutive, du tiers proximal de la diaphyse fémorale, membre pelvien droit. On note les 2 segments fracturaire du fémur ainsi que de deux plus petites esquilles (environ 4 et 9 cm de long). Les marges fracturaires sont pointues. Le fragment fracturaire distal est déplacé caudalement et médialement. Les tissus mous de la cuisse sont modérément enflés. (Cornell Univ. Vet. Hospital, Imaging service, 2011).



**Figure V.28 :** Radiographies face et profil du fémur droit, en post opératoire. La fracture est réduite par pose d'une plaque latéralement au fémur, de 12 vis traversant l'os, et 2 vis inter fragmentaires. La plaque est ajustée à l'os proximement, mais on note un espace entre l'os et la plaque distalement. L'alignement est modéré. Le long de la cuisse, latéralement, on remarque le rang d'agrafes cutanées. Les tissus mous de la cuisse sont toujours épaissis et contiennent des zones d'opacité aérique. (Cornell University Veterinary Teaching Hospital, Imaging service, 2011).

❖ **Fracture / luxation chronique traumatique et arthrose sévère de l'épaule droite.**

La **figure V.29** montre l'aspect radiographique d'une fracture/luxation chronique de l'articulation de l'épaule chez un alpaga mâle adulte.



**Figure V.29 : Radiographies profil et face de la région de l'épaule droite chez un alpaga mâle souffrant de fracture / luxation chronique avec arthrose sévère de l'articulation.** (Cornell University Veterinary Teaching Hospital, Imaging service, 2011).

Dans la région de l'épaule droite, l'humérus est déplacé latéralement par rapport à la scapula. On observe une fracture sur le bord disto médial de la scapula, associé à la cavité glénoïdale.

Les marges de l'espace articulaire, particulièrement du côté scapulaire, sont sévèrement irrégulières, avec une possible perte de l'os subchondral.

Au sein et autour de l'articulation, plusieurs corps calcifiés de tailles variables sont présents. On observe de plus une réaction périostée irrégulière le long du tubercule supra glénoïdal de la scapula, et du bord caudal de la tête humérale.

Les luxations de l'articulation scapulohumérale (épaule) doivent être considérées dans le diagnostic différentiel d'une boiterie du membre thoracique chez l'alpaga. Il semble que les mâles sont plus touchés. Une technique de réduction « fermée » peut être utilisée avec succès en cas de luxation aigue. Une technique de stabilisation extrascapulaire décrite dans certaines publications (ROUSSEAU M. & al., 2010) s'avère efficace pour traiter les luxations chroniques ou récurrentes.

### 1.1.5. Lésions osseuses agressives.

#### ❖ Ostéomyélite de la phalange proximale, doigt IV, membre pelvien gauche.

Un alpaga mâle adulte est présenté pour boiterie d'apparition aiguë, depuis 2 semaines. Les clichés radiographiques présentés par la **figure V.30** sont décrits ci-dessous :



Au niveau du doigt IV, les tissus mous sont enflés, et contiennent un élément linéaire d'opacité aérique qui s'étend de la phalange proximale (mi diaphyse) jusqu'à la peau. De plus, on note une réaction périostée continue tout au long de la diaphyse de la première phalange, laquelle est plus épaisse médialement.

Sur le bord disto latéral de la phalange proximale, la corticale est irrégulière avec des zones de lyse osseuse.

Au niveau du doigt III, on note également une réaction périostée continue le long du bord médial de la diaphyse de la première phalange : superposée au canal médullaire (mi diaphyse), on remarque une zone de néoformation osseuse (de petite taille (5 x 17mm)). Cette lésion n'est pas agressive, contrairement à la lésion du doigt IV.

Le diagnostic différentiel inclut une cellulite, ostéite ou ostéomyélite du doigt IV du membre pelvien gauche.

Sur le doigt III, la périostite peut s'expliquer par des changements dégénératifs, bien que la possibilité d'une extension de l'infection ne soit pas totalement exclue.

#### ❖ Ostéolyse des phalanges:



Figure V.31 : Radiographie d'un pied d'alpaga révélant l'ostéolyse des paires de phalanges moyennes et distales. (Source : Dr. Balai).

#### ❖ Hémangiosarcome intra osseux.

Il y a très peu de cas d'affections tumorales rapportés chez les petits camélidés, et la plupart sont décrits chez les lamas. (FOWLER, 2010).

Un lama mâle de 3 mois présente un gonflement de l'ongle latéral du membre thoracique gauche, ainsi qu'une boiterie associée. Ce gonflement du doigt a été noté pour la première fois par l'éleveur à 8 semaines d'âge. Un trauma ou une infection ont été suspectés, et une antibiothérapie tentée, mais la région digitale a continué à grossir. L'examen clinique révèle un gonflement ferme et douloureux du doigt latéral.

La **figure V.32** montre la destruction osseuse impliquant les phalanges et le métacarpe distal chez l'animal âgé de 3 mois.

Une amputation de l'ongle a été réalisée et le diagnostic histologique est celui d'hémangiosarcome.



Figure V.32 : Radiographie en Incidence dorsopalmare du membre thoracique distal gauche d'un lama atteint d'hémangiosarcome intraosseux. On note un gonflement diffus des tissus mous et une destruction osseuse de la phalange latérale entière. Des modifications osseuses similaires sont observées dans le quart distal du métacarpe. (Source : A. N. Hamir, V. Pierce, D. Richardson, 1997).



### ❖ Arthrite.



Les camélidés peuvent souffrir d'arthrite, néanmoins, il ne semble pas exister de différence spécifique avec les autres mammifères présentant cette affection.

Des cas d'arthrite traumatique ont été rapportés (FOWLER ME., 2010). De l'arthrite dégénérative peut se développer suite à une déformation angulaire des membres. L'arthrite infectieuse existe également mais aucune bactérie spécifique n'a été reportée.

La **figure V.33** est une radiographie du membre thoracique d'un petit camélidé souffrant d'arthrite chronique du carpe, et d'une fracture métacarpienne récente.

Figure V.33 : radiographie du membre thoracique d'un petit camélidé souffrant d'arthrite chronique du carpe, et d'une fracture métacarpienne récente. (Source : ME. Fowler, 2010).

### ❖ Ostéopathie hypertrophique.

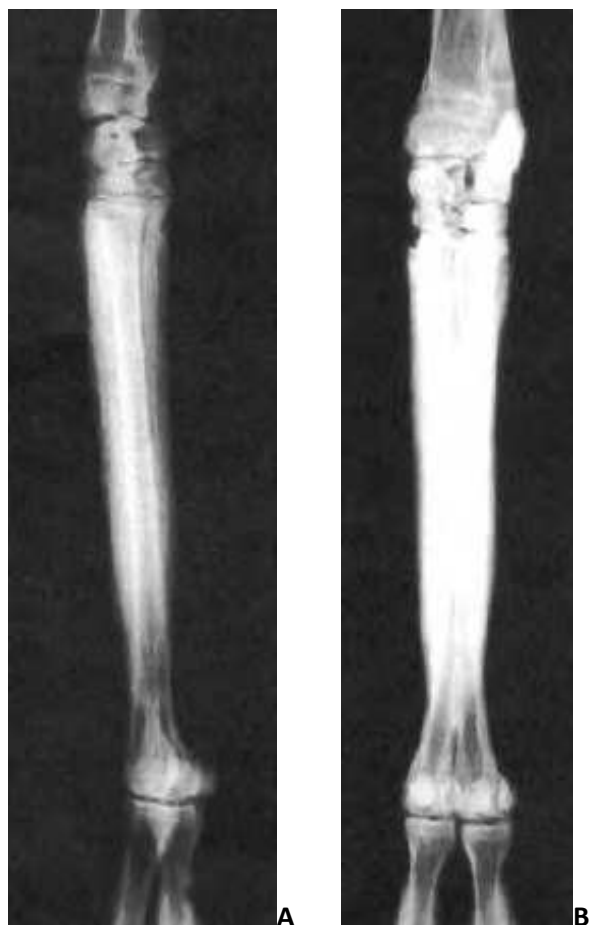


Figure V.34 : Radiographie en Incidence latérale (A) et dorsopalmaire (B) du métacarpe droit d'un alpaga âgé souffrant d'ostéopathie hypertrophique. On note la néoformation osseuse/réaction périostée sur les bords crânial, latéral et médial de la diaphyse métacarpienne. (Source : Curtis C., Dart AJ., 1997).

### ❖ Séquestre osseux nécrotique.

**Cas N°1 :** Chez les camélidés, la séquestration des os longs n'est pas très fréquente, mais elle est de plus en plus souvent diagnostiquée, et c'est chez les jeunes individus (<2 ans) qu'elle est le plus souvent rapportée.

Chez les chevaux et les bovins, la séquestration osseuse est en général associée à un traumatisme conduisant à une ischémie corticale localisée. Les séquestres sont donc des fragments osseux qui se dévascularisent et deviennent un support pour l'infection.

En effet, très souvent, une invasion bactérienne secondaire à la perte d'intégrité et de viabilité du périoste et des tissus mous adjacents se développe. On pense qu'une dissémination bactérienne hématogène ensemence spécifiquement certains sites osseux. Cependant, des cas de séquestration osseuse chez des camélidés sud-américains ont été rapportés, sans évidence de traumatisme causal.

Le motif de consultation est en générale une boiterie inexplicée. Elle peut être légère et d'appui, ou très marquée et de soutien. Un gonflement de l'os peut être palpé plus tard dans le temps.

Le traitement chirurgical présente un pronostic favorable malgré le risque de déstabilisation de l'articulation. Le succès de l'intervention chirurgicale dépend surtout de la précision de la procédure.

L'investigation radiographique de ces symptômes est recommandée, en prenant plusieurs Incidences du membre concerné car la démarcation des séquestres peut être difficile à voir. En radiographie (**Fig. V.35**) le séquestre est caractérisé par un fragment osseux à bord net, entouré d'un halo transparent aux RX. Le tout est entouré d'une réaction osseuse opaque aux RX.



**Figure V.35:** Radiographie d'un carpe de lama montrant un séquestre osseux nécrotique. (Source : ME. Fowler, 2010)

Des séquestres osseux peuvent être vus dans les os du squelette appendiculaire et dans la mandibule.

Les radiographies sont également utiles pour évaluer si le retrait du segment compromettra ou non la stabilité de l'articulation. (MJ. HUBER, 2011).

**Cas N°2 :** Un alpage de 8 semaines (16kg) est présenté pour boiterie soudaine du membre thoracique gauche, permanente depuis deux semaines.

Il s'agit d'une boiterie d'appui, révélée à la marche au pas. Le membre thoracique est enflé, chaud et douloureux à la palpation des tissus mous, depuis la mi diaphyse humérale, jusqu'au coude. Aucune blessure traumatique n'a été mise en évidence.

La **figure V.36** est un cliché radiographique de l'humérus distal gauche, pris à la présentation de l'animal.



**Figure V.36 :** Radiographie en Incidence latéromédiale de la métaphyse distale de l'humérus gauche chez un cria alpage de 8 semaines. On note en (A) une néoformation osseuse au niveau du périoste (réaction périostée) ; en (B), la présence de poches aériques au sein des tissus mous, proximalement à l'olécrâne ; en (C), des zones de lyse osseuse entourent le séquestre osseux suspecté (D). (Source : S Debney, M Wereska, CM Dart & AJ Dart, 2011).

Le diagnostic est celui d'ostéomyélite et de séquestre osseux impliquant la métaphyse distale de l'humérus gauche.

Le séquestre est retiré chirurgicalement. Après une amélioration initiale, le cria a présenté de nouveau une boiterie aigue, et a développé un abcès au site chirurgical, alors drainé et traité de manière appropriée grâce à une culture bactérienne. Une seconde radiographie a également suggéré la présence d'un second séquestre, retiré lui aussi chirurgicalement.

Par la suite, le jeune alpage s'est rétabli correctement et aucune complication n'a été rapportée par l'éleveur dans les 18 mois post opératoire.

La **figure V.37** montre le remodelage osseux, compatible avec la résolution du processus septique, 68 jours après la chirurgie initiale.



**Figure V.37 :** Radiographie en Incidence latéromédiale de la métaphyse distale de l'humérus gauche chez un cria alpage à sa sortie de la clinique 68 jours après la première chirurgie de retrait du séquestre.

(Source : S Debney, M Wereska, CM Dart & AJ Dart, 2011).

## 1.2. Affections ostéologiques du squelette axial.

### 1.2.1. Affections dentaires ou péri dentaires.

#### 1.2.1.1. *Maladie parodontale.*

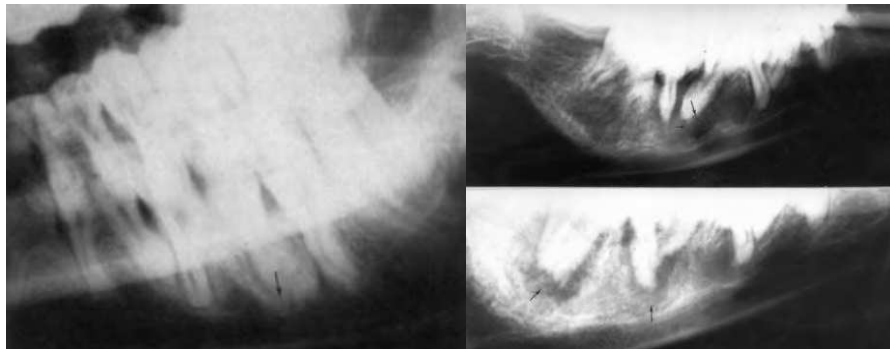
Les maladies parodontales sont des infections bactériennes qui affectent et détruisent les tissus qui entourent et supportent les dents (le parodonte).

Le parodonte est constitué de quatre tissus: la gencive, l'os alvéolaire, le ligament alvéolo-dentaire et le cément. On parlera de gingivite, ostéite ou périostite alvéolaire, desmontite ou de parodontite en fonction du ou des tissus atteints.

Les **figures V.38** et **V.39** montrent l'aspect radiographique de périostites alvéolaires ; la **figure V.40** est une radiographie du crâne d'un lama souffrant de maladie parodontale : on note un halo radiotransparent entourant la racine dentaire ainsi que la sclérose de l'os alvéolaire sous-jacent en cas de périostite alvéolaire. (AJ. NIEHAUS et DE. ANDERSON, 2007).



**Figure V.38 : Radiographie en Incidence latérale oblique d'un crâne de petit camélidé souffrant de périostite alvéolaire maxillaire (flèches).**  
(Source : ME. Fowler, 2010).



**Figure V.39 : Radiographie en Incidence latérale oblique du crâne montrant une périostite alvéolaire mandibulaire (flèches).**  
(Source : ME. Fowler, 2010).



**Figure V.40 : Radiographie en Incidence latérale de la mandibule d'un lama de 6 ans souffrant de maladie parodontale. On observe l'élargissement de l'espace périodontal (flèches).**  
(Source : David E. Anderson, 2005).

### 1.2.1.2. *Malocclusion.*

Le terme de malocclusion décrit un positionnement anormal d'une ou plusieurs dents qui empêche l'engrenage et l'usure correcte des dents.

Un brachygnathisme maxillaire ou mandibulaire est souvent observé chez le lama et l'alpaga, résultant en une élongation des incisives ou une usure anormale du coussinet gingival. En outre, les camélidés développent souvent des pointes et des crêtes sur la surface occlusale de leurs molaires ; une malocclusion au niveau des molaires peut donc avoir de graves conséquences (abrasion, abcès, ...).

Les causes de malocclusion : on pense d'abord aux masses buccales : entrent dans le diagnostic différentiel les abcès des racines dentaires (**Fig. V.41 à V.44**), l'ostéomyélite de l'os alvéolaire ou « lumpy jaw » (**Fig. V.45 à V.47**), et plus rarement des fractures, des kystes ou des tumeurs (**Fig. V.48**).

Utilité du diagnostic radiographique : Les abcès des racines dentaires sont bien plus communs chez les camélidés que l'ostéomyélite ou les tumeurs. Les dents impliquées sont le plus souvent la seconde prémolaire, et la première ou seconde molaire de la mandibule. Les incisives et les canines, ainsi que les dents maxillaires sont moins souvent affectées.

Les abcès de racines dentaires et l'ostéomyélite ont une apparence clinique assez similaire, et c'est la radiographie qui permettra de les différencier.

Les deux affections causent un gonflement facial dur avec un possible drainage de pus intermittent. Dans les deux cas, il y a dégradation et grossissement de la masse si aucun traitement n'est mis en place. Les abcès sont en général plus focaux, à moins que plusieurs dents ne soient affectées. Les masses sont moins courantes ; par conséquent, en cas de masse maxillaire ou mandibulaire, l'hypothèse principale sera l'abcès, jusqu'à preuve du contraire.

L'évaluation radiographique des structures dentaires est donc utile pour obtenir un diagnostic. Une série détaillée de clichés est requise pour visualiser chaque mâchoire sans superposition de la mâchoire opposée. (latéral, latéral oblique, intraoral occlusal, dorsoventral...). (CK. CEBRA, 2011).

#### ❖ **Abcès dentaire.**

Les abcès dentaires sont soupçonnés d'être causés par des lésions gingivales ou des molaires/prémolaires déciduales dans la période d'éruption des dents définitives (3,5-5 ans). Cette affection s'exprime cliniquement par une mandibule indurée et hypertrophiée avec palpation-pression douloureuse, une dysorexie, une hypersalivation et un amaigrissement. Une fistule ou un jetage malodorant provenant du sinus maxillaire peuvent également être présents.

L'examen de la cavité buccale et des dents suggère que de nombreux abcès des racines dentaires apparaissent suite au développement d'une maladie parodontale.

Dans la plupart des cas, la couronne et la cavité contenant la pulpe ne sont pas touchées.

Radiographiquement, les zones abcédées sont caractérisées par la présence d'une zone radiotransparente de grande taille en périphérie de la ou des dent(s) affectée(s). On note également l'interruption ou la perte du ligament alvéolodentaire (desmodonte) autour de la dent affectée (**Fig. V.41 à V.44**).

**Rq :** En cas d'écoulement purulent par ulcération de l'abcès ou de la masse, on peut réaliser une fistulographie de contraste (**Fig.** dans un cas de masse sternale)



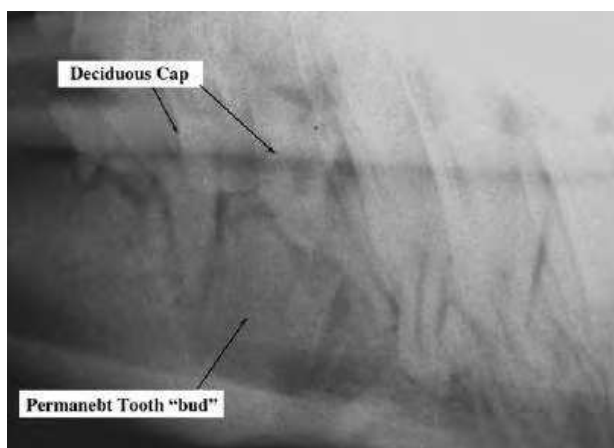
**Figure V.41 : Radiographie en Incidence latérale oblique droite du crâne d'un alpaga adulte souffrant d'un abcès de M2 mandibulaire (flèche). Sur le bord ventral de la mandibule, on note la zone radio transparente bien définie et la néoformation osseuse l'entourant. (Andrew Niehaus, 2009).**



**Figure V.42 : radiographie en Incidence latérale oblique gauche de crâne d'un alpaga souffrant d'abcès des racines dentaires impliquant les trois molaires de la mandibule droite. On note le halo radiotransparent entourant les racines affectées. \***



**Figure V.43 : Radiographie en Incidence latérale oblique droite d'un crâne d'alpaga souffrant d'abcès des racines dentaires de la seconde molaire de la mandibule droite. On note la zone de drainage de l'abcès (flèche). (\*Source : A J. Niehaus, DE. Anderson, 2007)**



**Figure V.44 : Radiographie en Incidence latérale de la mâchoire d'un lama souffrant d'abcès de PM4. (David E. Anderson, 2005)**

#### ❖ Ostéomyélite alvéolaire de la mandibule.

Selon les espèces et les lieux géographiques, les organismes responsables et le site d'infection diffèrent, et, chez les camélidés, *Actinomyces* et *Fusobacterium* (Fig. V.45) doivent être considérés.



Figure V.45 : Mandibules d'alpagas souffrant d'ostéomyélite alvéolaire. Germe en cause présumé, *Fusobacterium*. (Source : Fowler, 2010).

Des lésions de nécrobacillose et corynebactériose ont également été observées chez les grands et petits camélidés. 32. Leur occurrence est sporadique.

Cliniquement, les animaux présentent un gonflement, de consistance ferme, le long des branches de la mandibule. 119. Il n'y a pas ou très peu de douleur associée à la palpation de la "masse". (Fig. V.46)

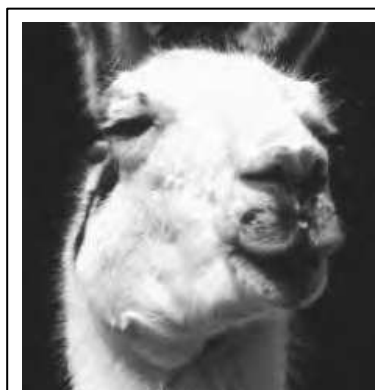
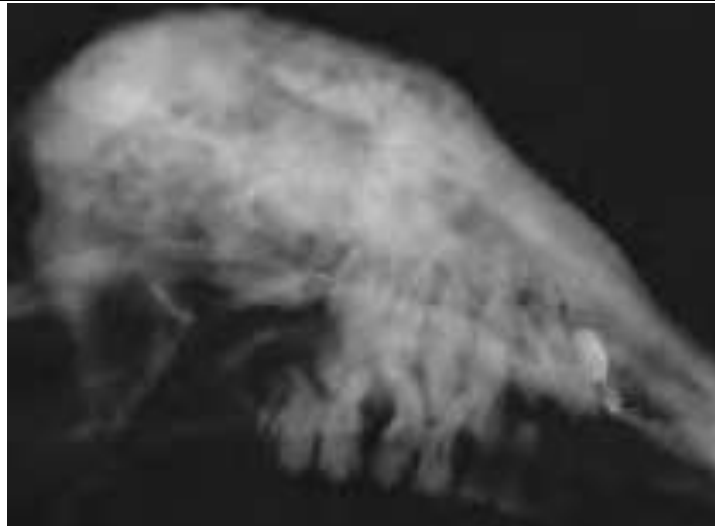


Figure V.46 : Ostéomyélite de la mandibule chez un lama. (Fowler).

En cas de masse mandibulaire, une évaluation radiographique est impérative afin de déterminer si la lésion est lytique ou proliférative, et si les dents sont atteintes.

Les figures V.47 à V.49 illustrent l'aspect radiographique d'une mandibule de lama atteint d'ostéomyélite : une sclérose de l'os alvéolaire associée à une néoformation osseuse.



**Figure V.47 : Aspect radiographique d'une mandibule de lama avec ostéomyélite (en Incidence latérale oblique).** (Source : ME. Fowler, 2010).



**Figure V.48 : Radiographie en Incidence latérale oblique droite du crâne d'un alpaga adulte souffrant d'ostéomyélite de la mandibule. On observe une zone diffuse d'ostéomyélite ainsi qu'un séquestre osseux de grande taille sur le bord ventral de la mandibule droite.** (Andrew Niehaus, 2009).



**Figure V.49 : Radiographie en Incidence latérale oblique gauche du crâne d'un alpaga adulte atteint d'ostéomyélite diffuse de la mandibule.** (Andrew Niehaus, 2009).



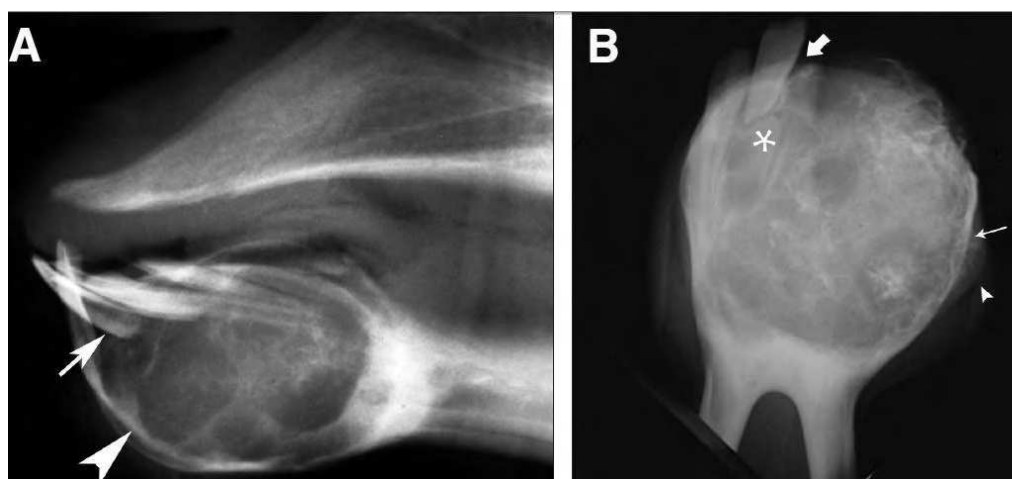
## ❖ Les tumeurs de la mâchoire.

### ○ Odontome aménoblastique mandibulaire.

**Cas N°1 :** Un lama femelle de 17 mois est présenté pour évaluation d'une masse envahissant la partie rostrale de sa mandibule. Depuis trois mois la masse s'est progressivement agrandie malgré un traitement adapté à l'hypothèse diagnostique principale : un abcès dentaire, incluant l'extraction des incisives inférieures (toutes à droite et première gauche), débridement, et administration d'antimicrobiens locale et systémique.

A l'examen clinique les anomalies se réduisent à la cavité buccale. Les incisives gauches restantes sont déchaussées et déplacées latéralement. Une masse ronde centrée sur la zone précédemment occupée par les incisives droites est observée, ainsi qu'une marque d'abrasion sur la portion de bourrelet gingivale faisant face à la masse.

La **figure V.50 (A) et (B)** présente deux clichés radiographiques de la masse (portion rostrale du crâne) en Incidences latérale et ventrodorsale intraorale.



**Figure V.50 :** Radiographies en Incidences latérale (A) et occlusale intraorale (B) de la partie rostrale d'un crâne de lama présentant une masse sur la partie rostrale de la mandibule (flèche large). La masse est de grande taille, expansive, et présentant plusieurs régions radio transparentes, à l'aspect kystique. 4 incisives de lait sont visibles sur la Incidence latérale, et on note que la dent pointée par la flèche présente une racine anormale. Sur la Incidence occlusale intraorale, seulement 2 incisives sont visibles, et I2 et I3 de lait sont déplacées (flèche pleine). On note également une prolifération périostée (tête de flèche), et un amincissement des corticales (flèche fine). La papille dentaire de l'incisive permanente I2 gauche est visible (astérisque). (Source : IVERSTER KM., 2006).

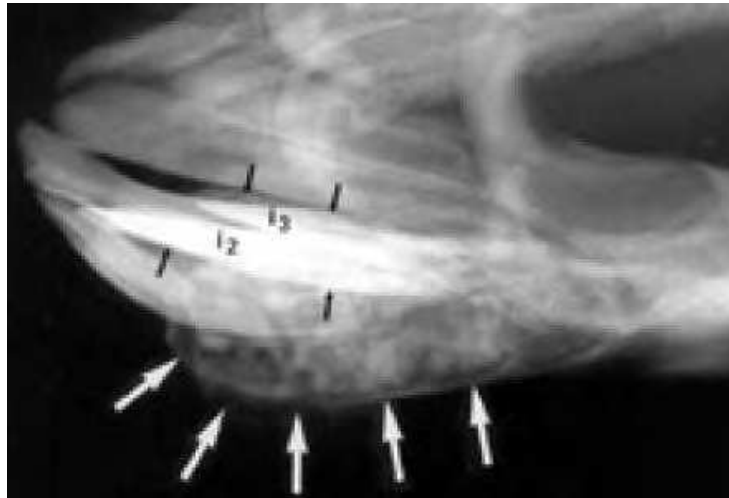
La masse traverse la symphyse mandibulaire, déplaçant latéralement les incisives de lait I2 et I3 gauches. Le bord caudal de la symphyse n'apparaît pas affecté. On observe une réaction périostée et une érosion de la corticale mandibulaire évidentes, ainsi que des zones de minéralisation à l'intérieur de la masse.

D'après l'apparence radiographique de la masse, l'hypothèse diagnostique principale est un néoplasme agressif localisé.

Comme nous l'avons évoqué précédemment, les affections dentaires sont fréquentes chez les camélidés du nouveau monde. En revanche, seules quelques publications décrivent des tumeurs odontogéniques.

Ce sont des tumeurs bénignes, mais qui sont souvent invasives et agressives localement. Des radiographies prises rapidement peuvent souvent permettre d'orienter le diagnostic vers ce type d'affection, et d'adapter le traitement plus rapidement.

**Cas N°2 :** Un lama, âgé de 4 ans, est présenté pour une lésion osseuse expansive, agressive et multiloculaire au niveau rostral de la mandibule.  
L'imagerie de la lésion mandibulaire a été réalisée par radiographie (**Fig. V.51**) et tomographie. Un diagnostic définitif d'ondotome améloblastique a été pose en *post mortem*. (DL. Step & al., 2003).



**Figure V.51:** Masse rostroventrale mandibulaire révélée par une radiographie en Incidence latérale oblique de la partie rostrale de la mandibule d'un lama de 4 ans. Une masse de grande taille (6.5x3.5 cm)expansive multiloculaire agressive (flèches blanches) est présente sur le bord rostroventral de la mandibule. On note également un déplacement de I2 et I3 mandibulaires (flèches noires). (Source : DL. Step & al., 2003).

○ Aménoblastome maxillaire.

**Cas N°1 :** Un lama mâle de 9 mois présente pour une masse à croissance rapide sur le côté droit de sa face. Les clichés radiographiques du crâne de cet animal (**Fig. V.52**) révèlent une expansion sévère de la région caudale droite de la face, avec lyse osseuse impliquant les os maxillaire, nasal, lacrymal, zygomatique et palatin.



**Figure V.52 :** Radiographie en Incidence dorsoventrale du crâne, montrant une sévère expansion, distorsion, et destruction de la partie caudale droite de la face, s'étendant de la base de l'orbite à travers la région lacrymale (flèches). Sont impliqués, les os maxillaire, nasal, lacrymal, zygomatique et palatin. On note une minéralisation tissulaire focale et de petite taille (astérisque). La partie gauche du crâne est normale. Z=arcade zygomatique, O=orbite, M=mandibule. (Source: KE. Bird & al., 2004).

Le diagnostic histologique obtenu après nécropsie est celui d'aménoblastome kératinisé.

Les aménoblastomes sont des tumeurs de l'épithélium odontogène, localement agressives et pouvant causer une importante destruction des structures osseuses. Ces tumeurs ne tendent généralement pas à métastaser, par conséquent, on peut les traiter avec succès par une exérèse chirurgicale complète (réalisée avant la destruction osseuse extensive).

Même si les aménoblastomes sont des tumeurs assez rares, elles doivent faire partie du diagnostic différentiel en cas de gonflement facial chez les petits camélidés.

**Cas N°2:** Un alpaga adulte est présenté pour une masse maxillaire de grande taille. Radiographiquement (**Fig. V.53**) on observe une lésion de grande taille de forme circulaire (flèches) déplaçant les dents maxillaires droites. Le diagnostic histologique obtenu après nécropsie est celui d'aménoblastome acanthomateux.



**Figure V.53 :** Radiographie en Incidence ventrodorsale du crâne d'un alpaga adulte. On observe le déplacement rostral et latéral de l'os maxillaire (flèches). (Source : Britt & al., 2005).

## 1.2.2. Affections des os du crâne.

### 1.2.2.1. Masse faciale osseuse.

#### ❖ Granulome fongique du sinus frontal.

Un lama mâle de 12 ans, est présenté avec une masse crâniale de 12 cm de diamètre.



Figure V.54 : Photographie en Incidence crâniale de la tête d'un lama présentant une masse temporale. On note le site de drainage (flèche), la modification positionnelle de l'oreille, et la déviation de l'œil. (Source : Stacey R. Byers & al., 2007).

Un cliché radiographique (**Fig. V.55**) permet une première évaluation de la masse. La tomодensitométrie et l'examen post mortem ont révélé que la masse avait envahi la calotte crânienne et comprimait la partie rostrale du cerveau. L'examen à la microscopie optique a confirmé qu'il s'agissait d'un granulome fongique.

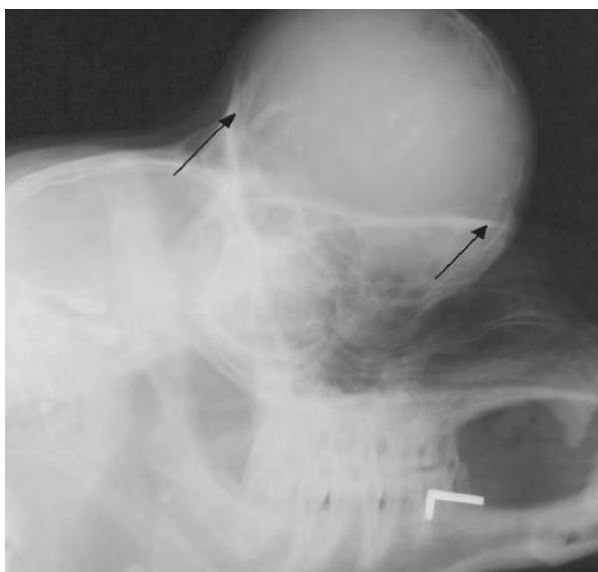


Figure V.55 : Radiographie en Incidence latérale gauche du crâne et de la masse du même lama. Les flèches indiquent les zones de prolifération osseuse autour des marges basales de la masse. (Source : Stacey R. Byers & al., 2007).

#### 1.2.2.2. Radiographie anormale de l'oreille.

On rappelle que chez les petits camélidés, la partie osseuse du conduit auditif est de forme sigmoïde, et que leur bulle tympanique est multi compartimentée. De plus, l'examen otoscopique est difficile et ne permet pas la visualisation complète du conduit auditif osseux ou de la membrane tympanique. Pour cela, le diagnostic et le traitement des otites externes chroniques et des otites moyennes est difficile chez ces animaux. Chez les lamas et alpagas, des radiographies du crâne suite à l'instillation de produit de contraste dans l'oreille confère des informations sur le diamètre du conduit auditif, l'intégrité de la membrane tympanique, et l'apparence de la bulle tympanique.

##### ❖ Sclérose de la bulle tympanique et otite moyenne:

Chez les camélidés, la sclérose et l'épaississement des bulles tympaniques a été décrite en cas d'otite moyenne (œdème, inflammation) (FOWLER, 2010 ; CONCHA-ALBORNOZ, 2012 ; KOENIG & WATROUS, 2001). Chez les carnivores domestiques, une sclérose unilatérale peut indiquer une inflammation chronique, ou la présence d'un polype. Une sclérose bilatérale pourra être observée en cas d'otite moyenne, d'ostéoarthropathie cranio-mandibulaire, ou de polype bilatéral. (HARVEY & al., 2005).

Les incidences radiographiques préconisées chez les carnivores domestiques pour rechercher une affection des bulles tympaniques sont la Incidence latérale oblique, l'incidence crânio dorsale bouche ouverte, et l'incidence dorsoventrale.

En Incidence latérale oblique, les bulles tympaniques normales ont une paroi très fine, avec des bords osseux francs et un bord externe lisse. L'ombre aérique est visible dans le conduit auditif externe. L'incidence latérale peut également parfois être utilisée.

L'incidence crânio-caudale bouche ouverte est recommandée chez les carnivores domestiques, mais elle sera difficile à appliquer pour les petits camélidés qui ont une ouverture limitée de la cavité buccale.

Enfin, l'incidence dorsoventrale offre un cliché symétrique, et sera l'incidence de choix pour un diagnostic d'otite moyenne. Les distorsions qui pourraient être causées par la présence de la voûte crânienne superposée aux bulles tympaniques sont compensées par le fait que ces dernières sont situées très proche du film. (HARVEY & al., 2005).

Les **figures V.56 à V.60** sont des clichés radiographiques de crânes d'alpagas et de lamas, pris selon différentes incidences, avec ou sans contraste, illustrant ce qu'il faut rechercher radiographiquement en cas d'atteinte auriculaire (sténose du conduit auditif externe, rupture de la membrane tympanique, sclérose de la bulle tympanique, ...)

Sur la **figure V.56**, radiographie en Incidence dorsoventrale sans contraste d'un crâne de petit camélidé, la bulle tympanique saine (gauche) a des limites osseuses nettes et fines ; alors que les parois de la bulle sclérosée (droite) apparaissent épaissies et plus radio opaques.



Figure V.56 : Radiographie en Incidence dorso ventrale d'un crâne de petit camélidé présentant une sclérose de la bulle tympanique droite (A), le côté gauche (L pour left) est normal. (Source : ME. Fowler, 2010).

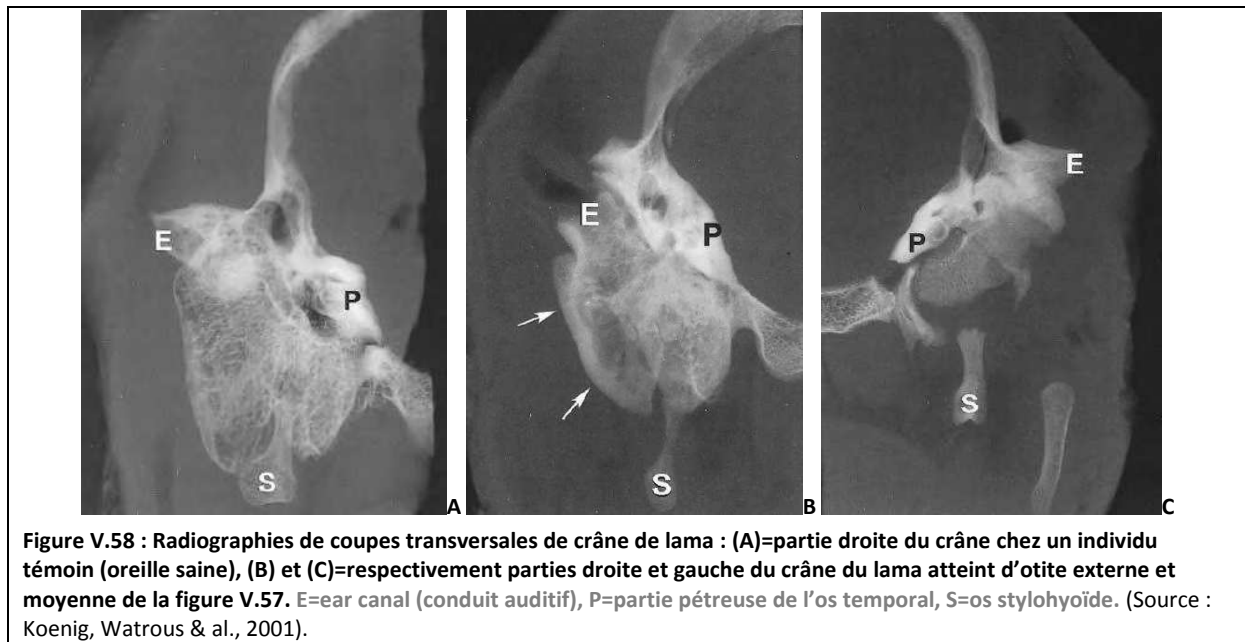
Une radiographie en Incidence latérale d'un crâne de lama souffrant d'une otite externe et moyenne ; prise après instillation de produit de contraste (3 mL d'une solution organique iodée ionisée de diatrizoate de méglumine (66%) et diatrizoate de sodium (10%) dans chaque conduit auditif) est présentée par la **figure V.57**. Pour minimiser la perte de produit de contraste, le cria a été placé en décubitus sternal.



Figure V.57 : Radiographie en Incidence latérale du crâne d'un lama femelle de 7 mois, atteint d'otite moyenne et externe chronique, prise après instillation de produit de contraste dans les deux oreilles. (Source : Koenig, Watrous & al., 2001).

On note que le méat acoustique externe ne mesure que 2,5 mm de diamètre à son entrée dans le crâne (au lieu de 5-6 mm pour une oreille saine). Si le contraste passe dans la bulle tympanique (comme c'est le cas ici), on pourra en conclure une rupture de la membrane tympanique.

Les clichés suivants (**Fig. V.58**) ont été obtenus après nécropsie et préparation du crâne du même lama atteint d'otite externe et moyenne de la **figure V.57**. La préparation consiste en une congélation, et la coupe transversale en portions de 5 mm d'épaisseur des têtes. Ensuite, certaines de ces portions sont radiographiées et comparées à des clichés des mêmes sections obtenus après préparation d'un lama témoin (oreille saine).



On note une altération de l'apparence de la structure interne de la bulle tympanique droite, ainsi que l'épaississement et la sclérose du bord latéral de son cortex (**fig. V.58 (B)**). La bulle tympanique gauche est plus difficile à évaluer car l'individu a subi une chirurgie de l'oreille durant laquelle un curetage de la bulle tympanique a été réalisé. Cependant, certaines parties des bords latéral et rostral du cortex manquaient également, et sa structure interne est aussi altérée (**fig. V.58 (C)**). (KOENIG, WATROUS & al., 2001).

### 1.2.3. Affections vertébrales.

#### ❖ Considérations générales sur le diagnostic radiographique des troubles neurologiques.

Selon les signes cliniques, la localisation de la lésion, et la ponction de LCR, des radiographies du crâne ou de la colonne vertébrale peuvent s'avérer utiles. En effet, ces clichés peuvent mettre en évidence des luxations, fractures, et blessures tissulaires, ainsi que des malformations congénitales telles que la cyphose.

Deux incidences différentes sont recommandées car cela augmente les chances de découvrir une lésion. Pour des lésions plus petites, un myélogramme peut être indiqué, mais il n'est jamais considéré comme nécessaire pour établir un diagnostic. (CE.WHITEHEAD & al., 2009).

#### ❖ Luxation atlanto-occipitale (BATCHMAN & al., 2006).

Un alpaga de 7 ans présente un port de la tête et du cou anormalement bas ainsi qu'une réticence à la marche.

Les clichés radiographiques (**Fig. V.59 et V.60**) pris de cet individu démontrent une luxation atlanto-occipitale. La réduction de la luxation a été réalisée sous anesthésie avec succès, l'animal ayant retrouvé une posture et une allure complètement normales.



**Figure V.59 : Radiographie en Incidence ventrodorsale de la région cervicale crâniale d'un alpaga présentant une déviation cervicale. On note le déplacement du condyle occipital droit (flèche) latéralement à la surface articulaire de l'atlas. On observe également un élargissement de l'espace entre le condyle occipital gauche, et la surface articulaire de l'atlas. (Source : Batchman & al., 2006).**



**Figure V.60 : Radiographie en Incidence latérale oblique de la région cervicale crâniale d'un alpaga présentant une déviation cervicale. On note le déplacement du condyle occipital droit (flèche) latéralement à la surface articulaire de l'atlas. (Source : Batchman & al., 2006).**



❖ **Fracture en compression et subluxation en C7-Th1 avec remodelage et changements dégénératifs.**

Un alpaga mâle de 4 mois présente pour ataxie, incoordination, et faiblesse des membres thoraciques.

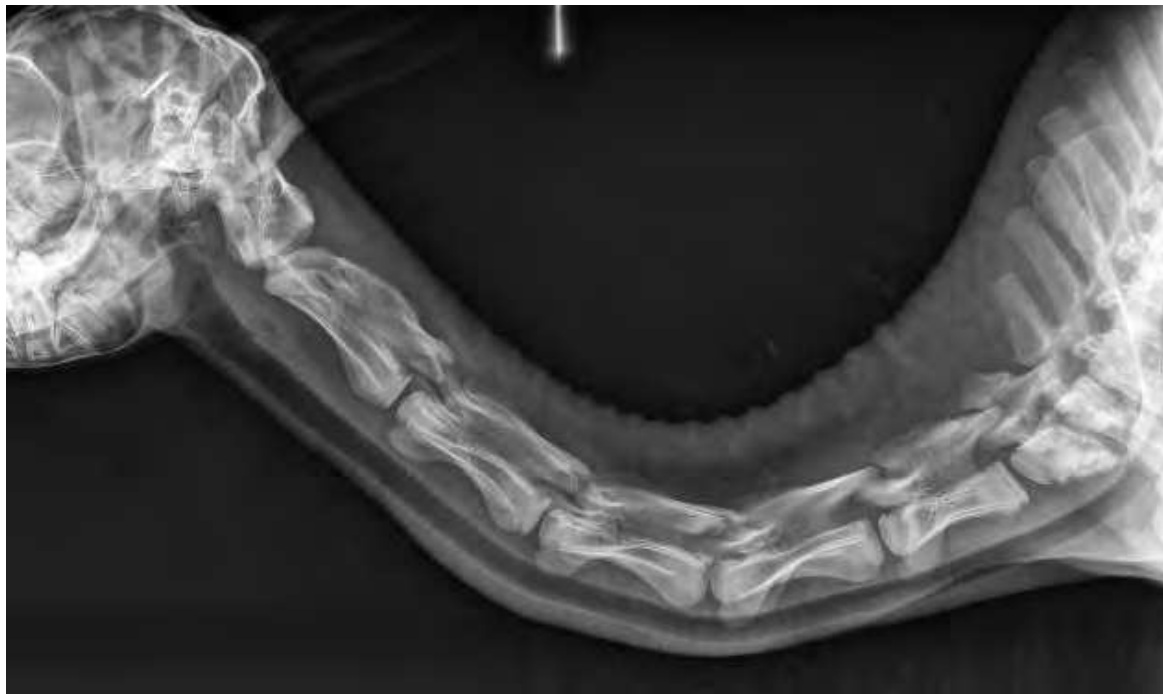
Une radiographie de profil de la colonne cervicale complète (**Fig. V.61**) ainsi que des clichés de face et profil de la jonction cervico thoracique (**Fig. V.62 et V.63**) sont pris.

On y observe :

- Une production osseuse irrégulière sur le bord ventral du corps de C7;
- Une irrégularité des plateaux vertébraux de C7 et Th1 ;
- Le corps vertébral de Th1 (et possiblement de C7) est raccourci ;
- Sur le bord caudal de C7, on note une zone d'opacité minérale, aux marges lisses, plonger ventralement au canal vertébral ;
- Il y a un décalage (écart) entre C7 et Th1.

En résumé, on est face à une fracture et subluxation à la jonction C7 et Th1, donc cervico-lombaire, où l'on note également un remodelage de l'os que l'on peut qualifier de dégénératif. Parmi les causes potentielles on compte une fracture traumatique, ou un discospondylite avec fracture pathologique.

L'étape suivante est de demander des clichés radiographiques centrés sur la lésion. Un CT scan ou un IRM peuvent être recommandés, ainsi que la recherche de discospondylite.



**Figure V.61 : Radiographie en Incidence latérale de la colonne cervicale complète d'un alpaga mâle de 4 mois souffrant d'ataxie, d'incoordination, et de faiblesse des membres thoraciques. (Source : ACVR 2010 Radiology Exam - Musculoskeletal Case 2).**



**Figure V.62 : Radiographie en Incidence latérale de la région cervico-lombaire du même alpaga que dans la figure V.61.**  
(Source : ACVR 2010 Radiology Exam - Musculoskeletal Case 2).

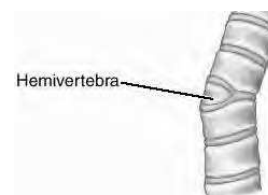


**Figure V.63 : Radiographie en Incidence latérale de la région cervico-lombaire du même alpaga que précédemment.**  
(Source : ACVR 2010 Radiology Exam - Musculoskeletal Case 2).

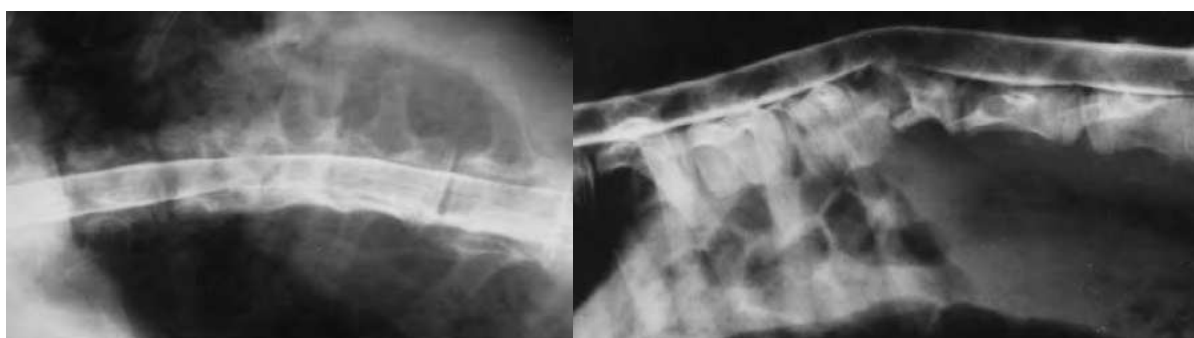
### ❖ Hémivertèbres.

Une hémivertèbre est un défaut congénital de la colonne vertébrale dans lequel un côté d'une vertèbre ne se développe pas complètement.

Le caractère héréditaire de la présence d'hémivertèbres est connu chez certaines espèces, mais il n'a pas été prouvé chez le lama et l'alpaga. Les **figures V.64 et V.65** illustrent l'aspect radiographique d'une hémivertèbre.



**Figure V.64 :** Radiographie en Incidence dorso ventrale de la queue d'un petit camélidé dont les vertèbres coccygiennes sont déviées à cause de la présence d'hémivertèbres. (Source : Fowler, 2010).



**Figure V.65:** Radiographies face et profil de la région thoraco lombaire chez un lama nouveau-né révélant la présence d'une hémivertèbre au niveau de la première vertèbre lombaire. Les radiographies, prises après injection de contraste (myélographie) révèle la compression de moelle épinière. (Photo of Dr. Richard Cambre, Denver, in Fowler, 2010).

### ❖ Autres affections vertébrales :

Les clichés radiographiques suivants (**Fig. V.66 à V.70**) présentent une liste non exhaustive d'affections vertébrales rencontrées chez les camélidés.



**Figure V.66 :** Radiographie en Incidence latérale de la colonne cervicale distale d'un petit camélidé montrant une fracture du processus articulaire caudal de C6. (Source : Fowler, 2010).



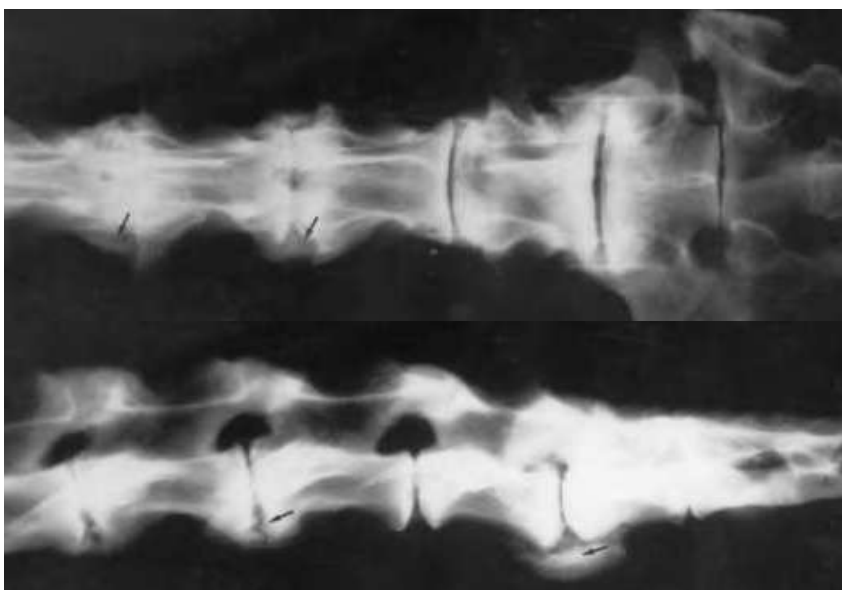
**Figure V.67 : Radiographie en Incidence latérale de la région atlanto axiale d'un petit camélidé montrant une fracture de la dent de l'axis. (Source : Fowler, 2010).**



**Figure V.68 : radiographie en Incidence latérale de la colonne lombaire d'un petit camélidé souffrant de luxation de disque intervertébral chronique. (Source : Fowler, 2010).**



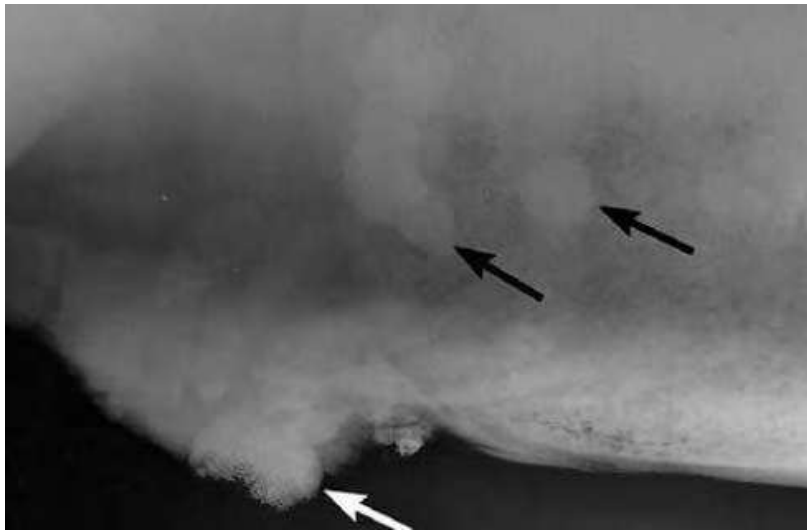
**Figure V.69 : radiographie en Incidence latérale de la colonne lombaire d'un petit camélidé souffrant de luxation de disque intervertébral chronique, après injection de produit de contraste dans l'espace subarachnoïdien. (Source : Fowler, 2010).**



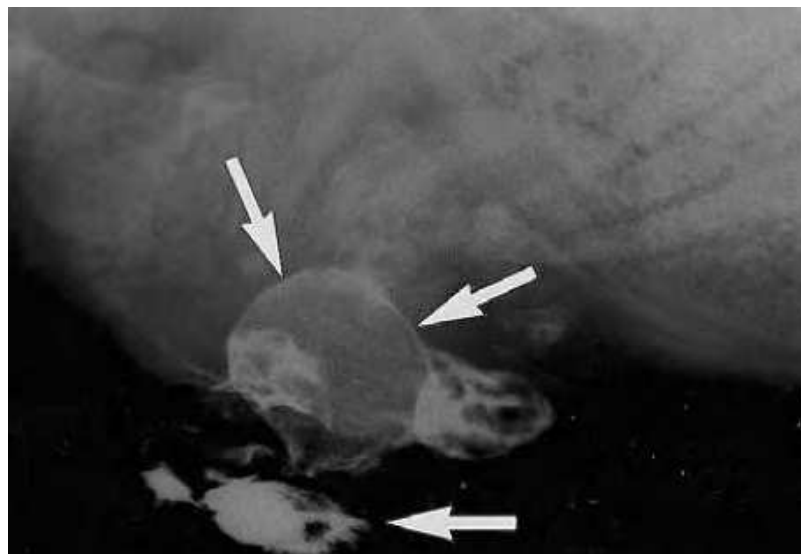
**Figure V.70 : Radiographies d'incidence dorsoventrale (haut), et latérale (bas) de la région lombosacrée d'un petit camélidé, atteint de spondylose (flèches). (Source : Fowler, 2010).**

#### 1.2.4. Affection des sternèbres (WATT BC. & al., 2000).

Un lama mâle entier de 5 ans est présenté pour plaies et écoulement purulent dans la région mi sternale. Cela fait 5 mois que l'éleveur a noté cette anomalie et l'animal a déjà été traité avec du trimethoprim-sulfadiazine (15 mg/kg ; PO, BID) pendant 2 semaines, puis avec de la procaine pénicilline G (22 U/kg, IM, BID) pendant 1 semaine, sans efficacité. À part en région sternale, aucune anomalie n'est détectée durant l'examen clinique. Des clichés radiographiques en Incidence latérale de la région sternale du lama sont ensuite obtenus, avec et sans utilisation de produits de contraste (**Fig. V.71 et V.72**).



**Figure V.71 : Radiographie en Incidence latérale de la région sternale caudale d'un lama mâle de 5 ans présentant un écoulement purulent et des plaies à mi-sternum. On note la zone d'opacité osseuse circulaire entourée d'une fine ligne radio-transparente (flèche blanche). Dorsalement à cette structure, on observe une zone de prolifération osseuse, irrégulière et importante suggérant la chronicité. Les flèches noires indiquent la présence de gastrolithes dans le 1<sup>er</sup> compartiment stomacal. (Source : BC. Watt & al., 2000).**



**Figure V.72 : Radiographie en Incidence latérale de la région sternale caudale du même lama que dans la figure V.71, après injection de 15 mL de diatrizoate de méglumine/ diatrizoate de sodium dans la plaie drainant l'écoulement. On note que le produit de contraste entoure (flèches) la structure d'opacité osseuse (qui est donc à l'intérieur de la zone de drainage). Cette zone ne semble pas communiquer avec la cavité thoracique ou abdominale. (Source : BC. Watt & al., 2000).**

Le diagnostic radiologique obtenu est donc celui de masse osseuse aux marges régulières (lisses) avec un motif interne trabéculaire compatible avec une sternèbre caudale luxée ventralement. On observe également un gonflement des tissus mous adjacents, des zones d'opacité aérique associées à la lésion, et la présence de gastrolithes dans C1 (découverte fortuite).

La culture d'échantillons récoltés au niveau de la lésion révèle la présence de bactéries beta hémolytic, *E.coli*, et *Actinomyces bovis* dans des conditions aérobies, et une prédominance de *Bacteroides fragilis* (beta lactamase +) dans des conditions anaérobies. Histologiquement, la masse (retirée chirurgicalement) apparait comme un os séquestré avec présence, entre les trabécules, d'un dépôt cristallin linéaire, insoluble, inorganique.

## 2. AFFECTIONS DES TISSUS MOUS.

### 2.1. Affections respiratoires.

#### 2.1.1. Voies respiratoires hautes.

❖ **Atrésie choanale** (FOWLER ME., 1984 et 2010 ; BUSTINZA C. & al., 1985).

Rappel anatomique : Les choanes sont les orifices postérieurs des fosses nasales (cavités qui font communiquer les narines avec le pharynx).

L'atrésie des choanes est un défaut congénital relativement fréquemment rencontré chez les petits camélidés (**Fig. V.73**). Un septum membraneux ou osseux est présent entre les cavités nasale et pharyngée au niveau de la choane. Un cria présentant cette anomalie ne pourra pas manger et respirer en même temps.

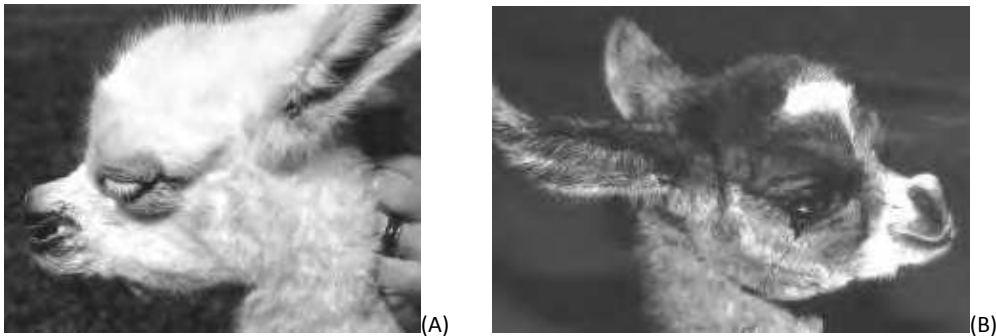


Figure V.73 : (A)= narines évasées, respiration bouche ouverte caractéristique de l'atrésie choanale. (B)=atrésie choanale et déformation faciale. (Source : ME. Fowler, 2010).

Un cliché radiographique sans préparation sera seulement suggestif ; pour un diagnostic définitif, un produit de contraste doit être utilisé. Fowler indique dans Médecine et chirurgie des camélidés, de déposer 5 à 10 mL d'un liquide radio opaque, (Renografin ou sulfate de baryum), dans la cavité nasale avec un cathéter.

L'animal doit être placé en décubitus sternal, avec la tête élevée, de manière à ce que le produit de contraste se dépose dans la cavité nasale caudale avant la prise des clichés. La **figure V.74** montre l'aspect radiographique d'un crâne de petit camélidé souffrant d'atrésie des choanes, après instillation de produit de contraste.

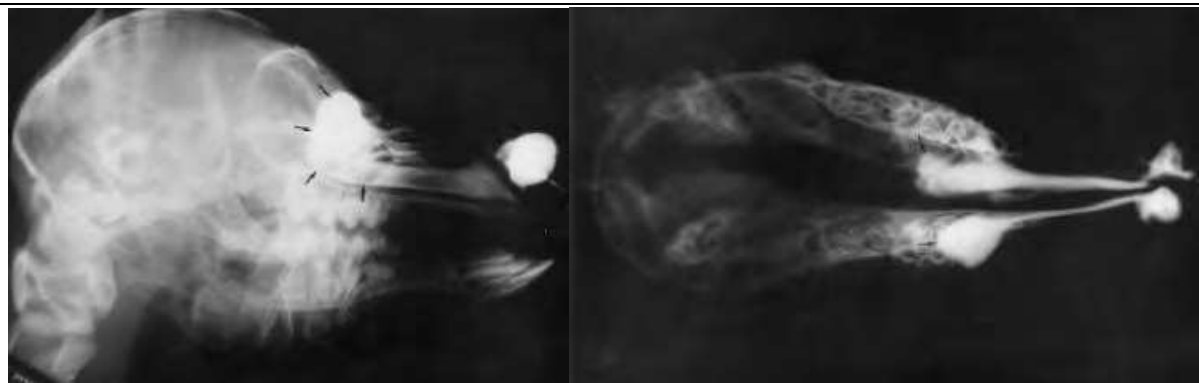


Figure V.74 : Radiographies face et profil d'un crâne de petit camélidé souffrant d'atrésie choanale ; après instillation de produit de contraste en intra nasal. (Source : ME. Fowler, 2010).

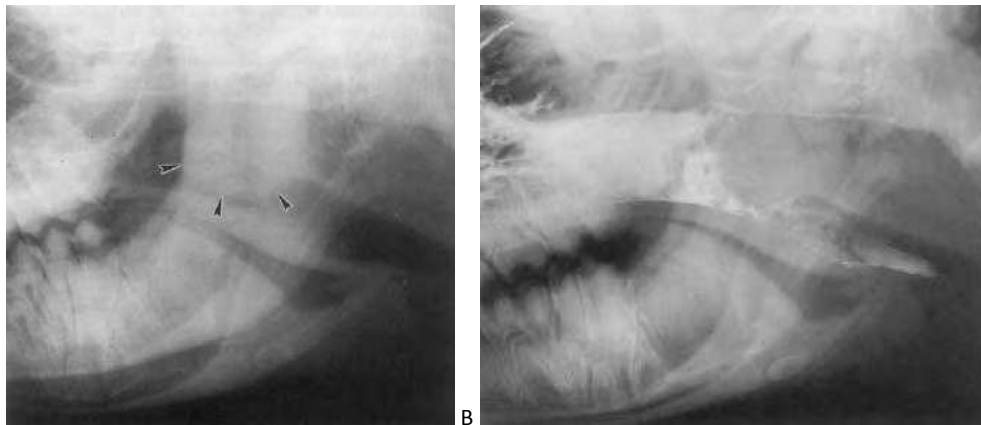
❖ **Myiase des cavités nasales : *Cephenemyia Spp.*** Larves d'œstres.

Un certain nombre de cas d'infestation du lama par les myiases nasopharyngées des cervidés a été reporté. Les camélidés cohabitant avec des biches sur leurs pâtures sont reconnus comme plus à risque. Ils sont cependant des hôtes aberrants pour ces parasites, et on ne sait pas si leur cycle est complet chez les petits camélidés.

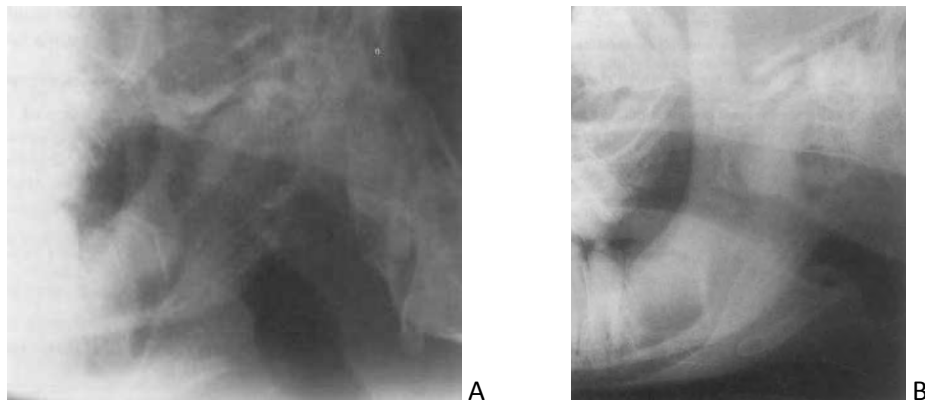
Les **figures V.75 à V.77** montrent l'aspect radiographique d'une infestation par *Cephenemyia* chez un lama. On note le granulome radioopaque dans le nasopharynx.



**Figure V.75 :** Radiographie en Incidence latérale d'un crâne de lama, on note le granulome (masse) radio opaque dans le nasopharynx (flèches). (Source : ME. Fowler, 2010).



**Figure V.76 :** radiographies en Incidence latérale d'un crâne d'alpaga, centrées sur le nasopharynx. (A)=cliché sans préparation ; on observe une masse d'opacité tissulaire associée à la paroi dorsale du nasopharynx (flèches). (B)=rhinogramme, le sulfate de baryum liquide révèle l'irrégularité des marges de la masse, obstruant presque complètement le nasopharynx. (Source : Mattoon & al., 1997).



**Figure V.77 :** Radiographies en Incidence latérale du crâne du même alpaga présenté dans la figure V.76. (A)= 6 jours après retrait des œstres par endoscopie. On note une diminution marquée de la taille de la masse. (B)= 6 semaines après la sortie de l'animal. On note seulement une opacité résiduelle dans l'oropharynx. (Source : Mattoon & al., 1997).



#### ❖ Hyperplasie du palais mou et masse sub-épiglottique.

Les figures ci-dessous sont des clichés radiographiques de crânes de camélidés atteints d'obstruction (partielle ou totale) du nasopharynx, par hyperplasie du palais mou, ou masse sub-épiglottique. Les étiologies de ces affections ne sont pas connues.



Figure V.78 : Radiographie en Incidence latérale d'un crâne de petit camélidé avec hyperplasie du palais mou

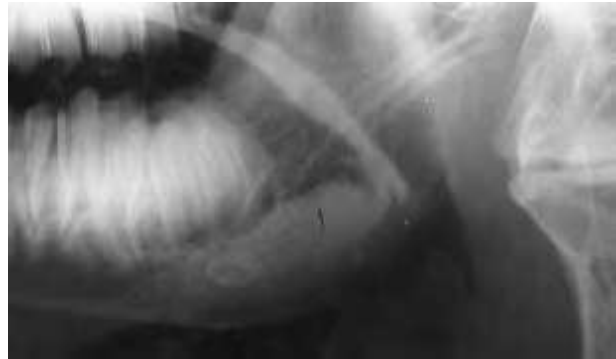


Figure V.79 : Radiographie en Incidence latérale d'un crâne de petit camélidé avec masse sub-épiglottique (flèche). (Source : Fowler, 2010).

#### ❖ Fibrome en cours d'ossification des voies nasales.

Un lama mâle de 4 ans et demi présente une masse ferme située ventralement et rostralement au canthus médial de l'œil. Un jetage mucopurulent unilatéral et une absence de passage d'air dans les voies nasales à gauche sont notés.

Les radiographies du crâne (**Fig. 4.68**) révèlent une masse tissulaire minéralisée aux marges nettes dans les voies nasales gauches.

L'examen endoscopique des voies nasales montre une masse recouverte de muqueuse développée à partir de la seconde prémolaire, et s'étendant jusqu'au bord caudal du palais mou, obstruant les voies respiratoires.

L'examen de la cavité orale révèle l'absence de la seconde molaire, ainsi qu'une masse faisant protrusion par l'os alvéolaire creux. Le diagnostic histopathologique obtenu après euthanasie et nécropsie est celui de fibrome en cours d'ossification

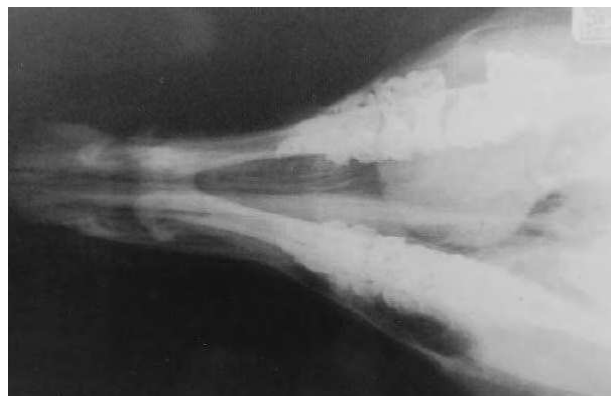


Figure V.80 : Radiographies en Incidences latérale et dorsoventrale d'un crâne de lama présentant un jetage nasal unilatéral, et une absence de passage d'air (*airflow*) à gauche. On note l'absence de la deuxième molaire et la masse de densité tissulaire minéralisée envahissant les voies nasales gauches. (Source : McCauley & al., 2000).

❖ **Dacryocystorhinographie et atrésie du canal nasolacrimal** (MANGAN & al., 2008).

Un alpaga male de 2 mois est présenté pour écoulement oculaire mucoïde de l'œil gauche depuis un mois. Les commémoratifs, l'anamnèse et l'examen clinique et ophtalmologique suggèrent une diminution voire un arrêt d'écoulement du liquide lacrymal par obstruction congénitale du canal nasolacrimal.

Un fil de suture (2.0) en nylon au bout émoussé et brûlé est introduit dans les points et canaux lacrymaux supérieurs et inférieurs droits et gauches ; mais la cathétérisation n'a pas pu progresser plus loin que le sac lacrymal. Le méat nasal n'a pas non plus pu être repéré en Incidence d'une cathétérisation rétrograde. C'est pourquoi une étude par dacryocystorhinographie a été réalisée.

Ont été injectés dans le canalicule lacrymal inférieur droit, 2 mL de iohexol (Omnipaque™), un produit de contraste iodé non ionique.

Des radiographies en Incidences latérale et latérale oblique ont été prises immédiatement après l'injection de contraste. La procédure a été répétée du côté gauche.

Sur les clichés radiographiques, on observe une colonne de contraste partant du point lacrymal inférieur de l'œil se terminant brutalement dorsalement à PM2 maxillaire à droite (**Fig. V.81 (A)**), et dorsalement à PM1 à gauche (**Fig. V.81 (B)**).

Le diagnostic radiologique final est celui d'atrésie bilatérale du canal nasolacrimal.



Figure V.81 : Dacryocystorhinogramme chez un cria alpaga de 2 mois révélant une terminaison anormale des canaux nasolacrymaux (flèches) droit (A) et gauche (B). (Source: Mangan & al., 2008).

### 2.1.2. Voies respiratoires basses.

#### ❖ Epanchement pleural.

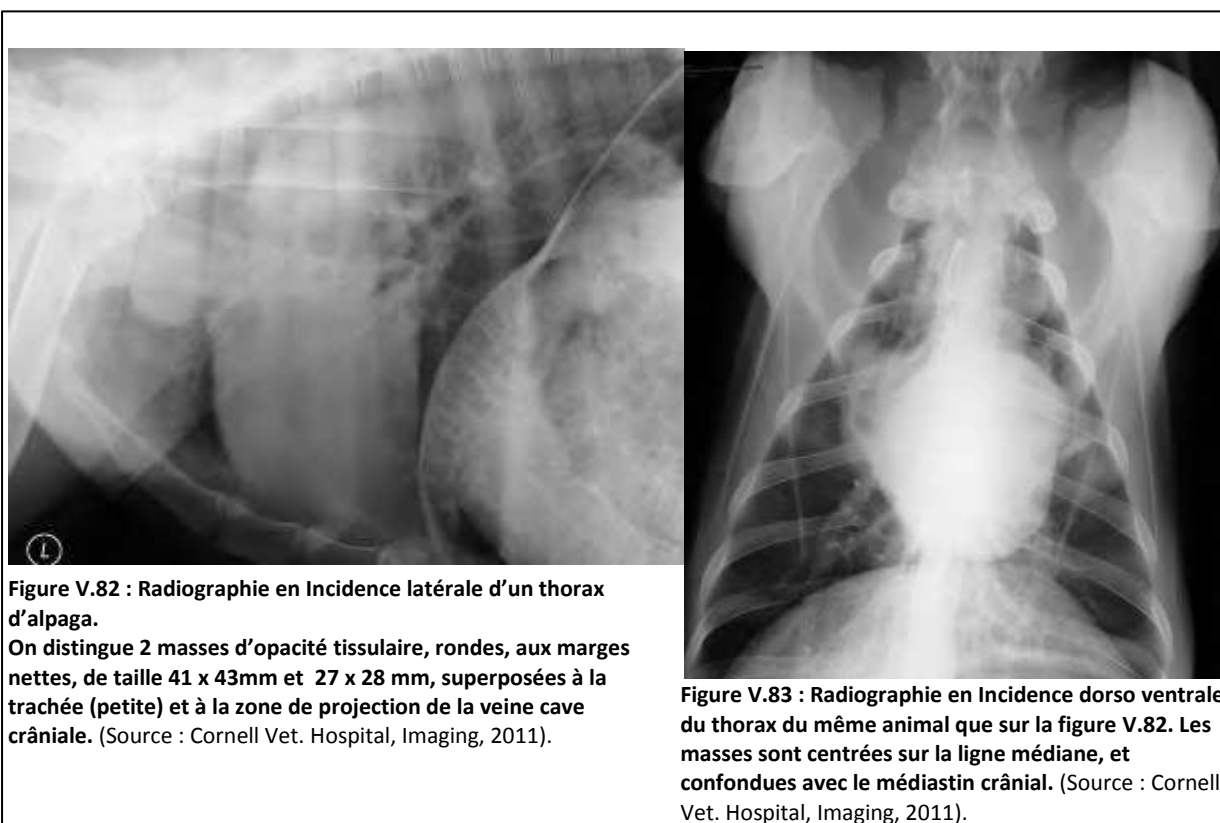
Une effusion pleurale est généralement secondaire à une inflammation (de la plèvre, du péricarde), une insuffisance cardiaque droite, ou une tumeur médiastinale. Un lymphosarcome généralisé avec des lésions médiastinales résulte en effet en une effusion pleurale invalidante (CURTIS, C & al., 1997).

Une dyspnée inspiratoire est le signe le plus évident. L'absence de sons dans le thorax ventral ainsi qu'un son sourd à la percussion dans la même zone sont des éléments diagnostiques.

Le diagnostic définitif est basé sur les clichés radiographiques et la thoracocentèse.

#### ❖ Néoplasme thoracique, suspicion de lymphome.

Les radiographies suivantes (**Fig. V.82 et V.83**) ont été prises chez un alpagà mâle de 12,5 ans souffrant de dyspnée, et d'abatement.



Sur les deux clichés, en plus des masses, on note que la trachée est localement légèrement élevée et élargie, à l'entrée du thorax. L'œsophage thoracique caudal est modérément élargi et aériquement distendu.

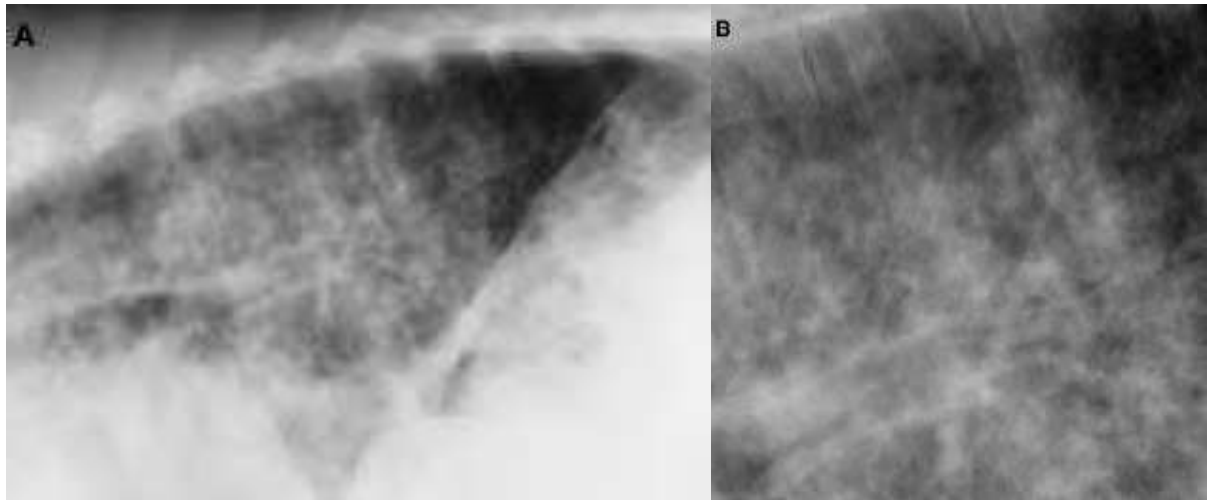
On observe la spondylose atteignant C6 et C7 ventralement.

Le diagnostic différentiel pour ces masses inclut les abcès, les tumeurs primaires (lymphome, carcinome), des métastases, ou, plus bas dans la liste, une lymphadénite ou des granulomes ; la différence n'ayant pas pu être faite par imagerie seule.

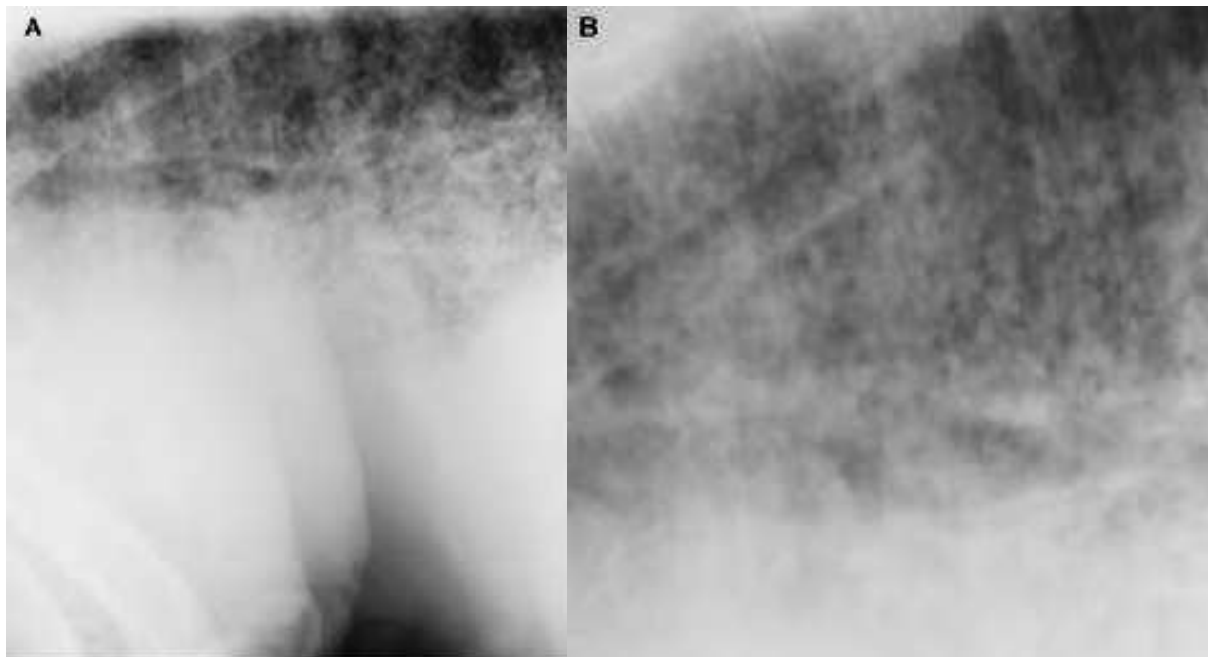
Cependant, étant donné l'âge de l'animal, l'hypothèse de tumeur est la plus probable.

❖ **Métastases pulmonaires.**

Les **figures V.84 et V.85** illustrent les aspects radiographiques du poumon rencontrés en cas de métastases pulmonaires.



**Figure V.84 :** Radiographie en Incidence latérale du thorax d'un alpaga femelle de 12 ans souffrant de carcinome mammaire. (A)=thorax caudal dorsal ; on note un *pattern* interstitiel pulmonaire diffus. (B)=détail. Le diagnostic différentiel inclus une bronchopneumonie et des métastases pulmonaires. (Source : da. Gall & al., 2006).



**Figure V.85 :** Radiographie en Incidence latérale du thorax d'un lama femelle de 8 ans. (A) : on note le *pattern* miliaire diffus dorsalement, et l'augmentation généralisée d'opacité des tissus mous ventralement. (B) : détail du *pattern* miliaire. L'hypothèse la plus probable dans ce cas est la présence de métastases pulmonaires; une pneumonie fongique peut également être envisagée. (Source : da. Gall & al., 2006).

### ❖ Pneumothorax droit.

Un jeune alpaga femelle (8 mois) présente pour une gêne à la respiration (sons rauques), abattement, et raideur soudaine des membres postérieurs.

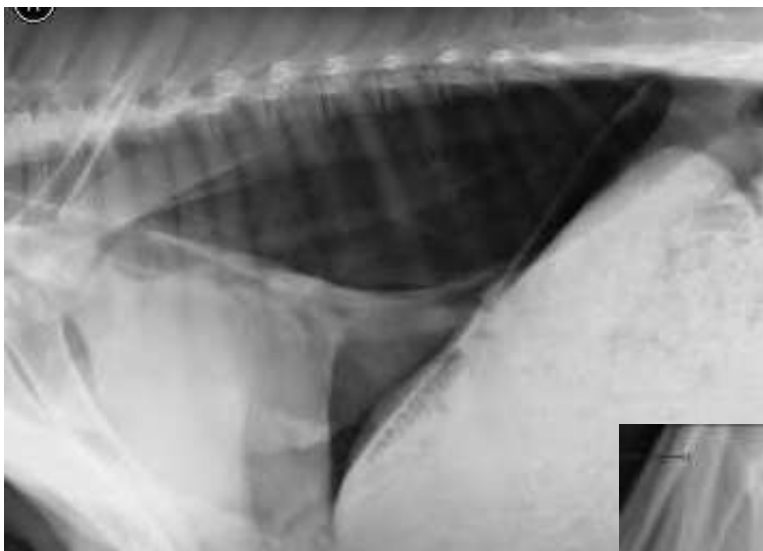
L'examen clinique révèle comme seule anomalie une absence de bruits respiratoires à l'auscultation du côté droit du thorax, l'auscultation gauche étant normale.

Une échographie thoracique montre plusieurs zones où la plèvre est épaissie et enflammée dans la région crâniale du poumon droit. De plus, la surface pleurale droite n'accompagne pas les mouvements de respiration, contrairement à ce qui s'observe normalement (normal à gauche dans ce cas).

Des radiographies en Incidences latérale et dorsoventrale du thorax révèlent la présence d'air dans l'espace pleural, ainsi qu'une atélectasie pulmonaire du côté droit du thorax (**Fig. V.86 et V.87**). Le diagnostic de pneumothorax est ainsi confirmé.

Une thoracocentèse a été réalisée du côté droit du thorax, dorsalement, et a permis d'aspirer un large volume d'air (environ 0,5L).

Après cette opération, des sons respiratoires normaux sont entendus du côté droit du thorax.



**Figure V.86 : Radiographie en Incidence latérale droite du thorax d'un alpaga femelle souffrant de pneumothorax.** On note le déplacement ventral de la trachée par l'air en région caudale. (Source : Cornell Vet. Hospital, Imaging, 2011).



**Figure V.87 : Radiographie en Incidence ventro dorsale du thorax du même alpaga que dans la figure V.86** Dans la cavité pleurale droite (L=left=gauche), un large volume d'air comprime le poumon droit, qui apparaît donc petit et d'opacité augmentée. L'air déplace également la trachée et le cœur vers la gauche. L'air présent caudalement au diaphragme est contenu dans le système digestif. (Source : Cornell Vet. Hospital, Imaging, 2011).



**Figure V.88 : Radiographie en Incidence latérale droite du thorax même alpaga que précédemment; 4 jours plus tard, après thoracocentèse.**

On note la résolution partielle du pneumothorax.

De l'air est toujours présent du côté droit, et le poumon droit reste de petite taille et d'opacité augmentée.

Le poumon gauche, lui, apparaît normal, avec une vascularisation visible à la périphérie du thorax.

(Source : Cornell Vet. Hospital, Imaging, 2011).

### ❖ **Coccidioidomycose (ou valley fever).**

Il s'agit d'une infection fongique du tractus respiratoire de l'homme et animaux sensibles. (FOWLER, M.E & al., 1992) qui peut se présenter comme une dermatite dans sa forme disséminée. Ce n'est pas une zoonose.

*Coccidioides immitis* est un champignon dimorphique dont le cycle est généralement complété en l'absence d'animaux.

Il s'avère que contrairement aux grands camélidés, les camélidés du nouveau monde sont très sensibles à la coccidioidomycose, qu'ils acquièrent par inhalation d'arthrospores (stade infestant) provenant d'un environnement contaminé.

Il n'y a pas de radiographie disponible d'un animal atteint de coccidioidomycose, mais l'aspect des lésions radiographiques potentielles de la coccidioidomycose est décrit ci-dessous.

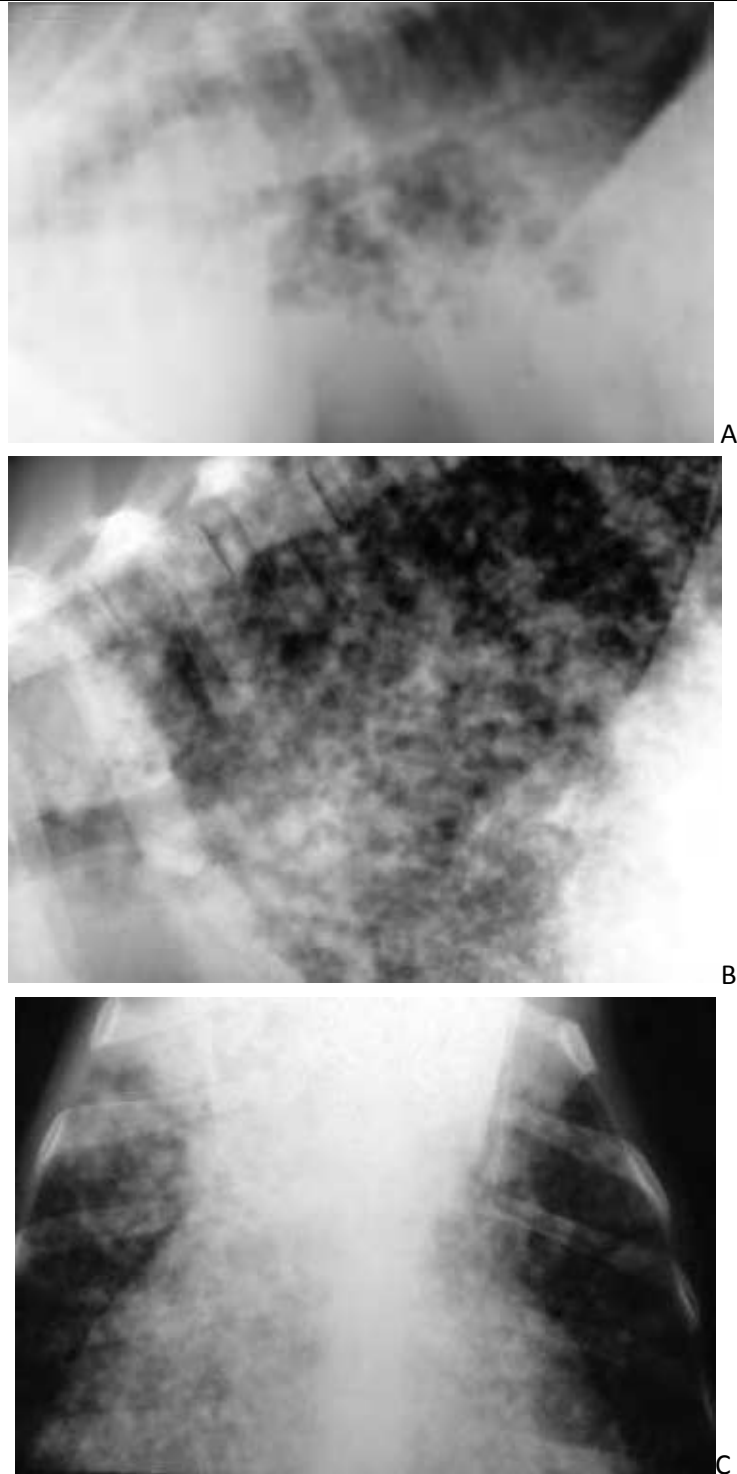
Les radiographies thoraciques font partie intégrante des examens complémentaires en cas de suspicion de coccidioidomycose. En effet, les lésions pulmonaires peuvent être identifiées, même dans les cas asymptomatiques.

Les signes radiographiques les plus courants sont des infiltrats pulmonaires interstitiels pouvant être diffus, ou, plus rarement, nodulaire en apparence.

On note souvent une lymphadénopathie hilare sur les radiographies. Plus rarement, on peut observer une minéralisation des voies respiratoires, un épaississement pleural, et un épanchement pleural. Ces découvertes ne sont pas spécifiques d'une coccidioidomycose et peuvent être observés dans d'autres affections fongiques ou néoplasmes. (AFSHAR, A. & al., 1995 ; ANDERSON, D.E. & al., 2004) La radiographie, ainsi que la tomodynamométrie, et l'imagerie par résonance magnétique peuvent être utilisés pour identifier une éventuelle dissémination de la maladie à d'autres régions du corps (particulièrement le squelette appendiculaire ou le système nerveux central). (RITTER J. & al., 2007).

❖ **Tuberculose à *Mycobacterium bovis*.**

L'examen radiologique de deux alpagas adultes débilités, (**Fig. V.89**), révèle une pneumonie granulomateuse diffuse suggestive de tuberculose. Ceci a été confirmé après nécropsie, de par l'aspect des lésions, et culture bactérienne (BAAR, *M. bovis*).



**Figure V.89 : Radiographies en Incidences latérales (A et B) et ventrodorsale (C) d'un alpaga souffrant de tuberculose. On note une consolidation pulmonaire sévère et diffuse, suggestive d'une pneumonie broncho interstitielle granulomateuse. (Source : Ryan, E.G & al., 2008).**

## 2.2. Les affections cardiaques.

### ❖ Quelques considérations :

La trachée diverge caudo ventralement de la colonne thoracique. Chez tous les lamas de l'étude, la carène trachéale est située au-dessus de la 4<sup>ème</sup> côte ou dans le 4<sup>ème</sup> espace intercostal. Le déplacement dorsal de la carène peut être considéré comme une preuve d'un élargissement cardiaque chez les lamas ; et le déplacement dorsal de la trachée précardiaque peut indiquer la présence d'une masse médiastinale crâniale ou de la base du cœur. (ML. MARGIOCCO & al., 2009).

### ❖ Affections cardiaques versus pulmonaire.

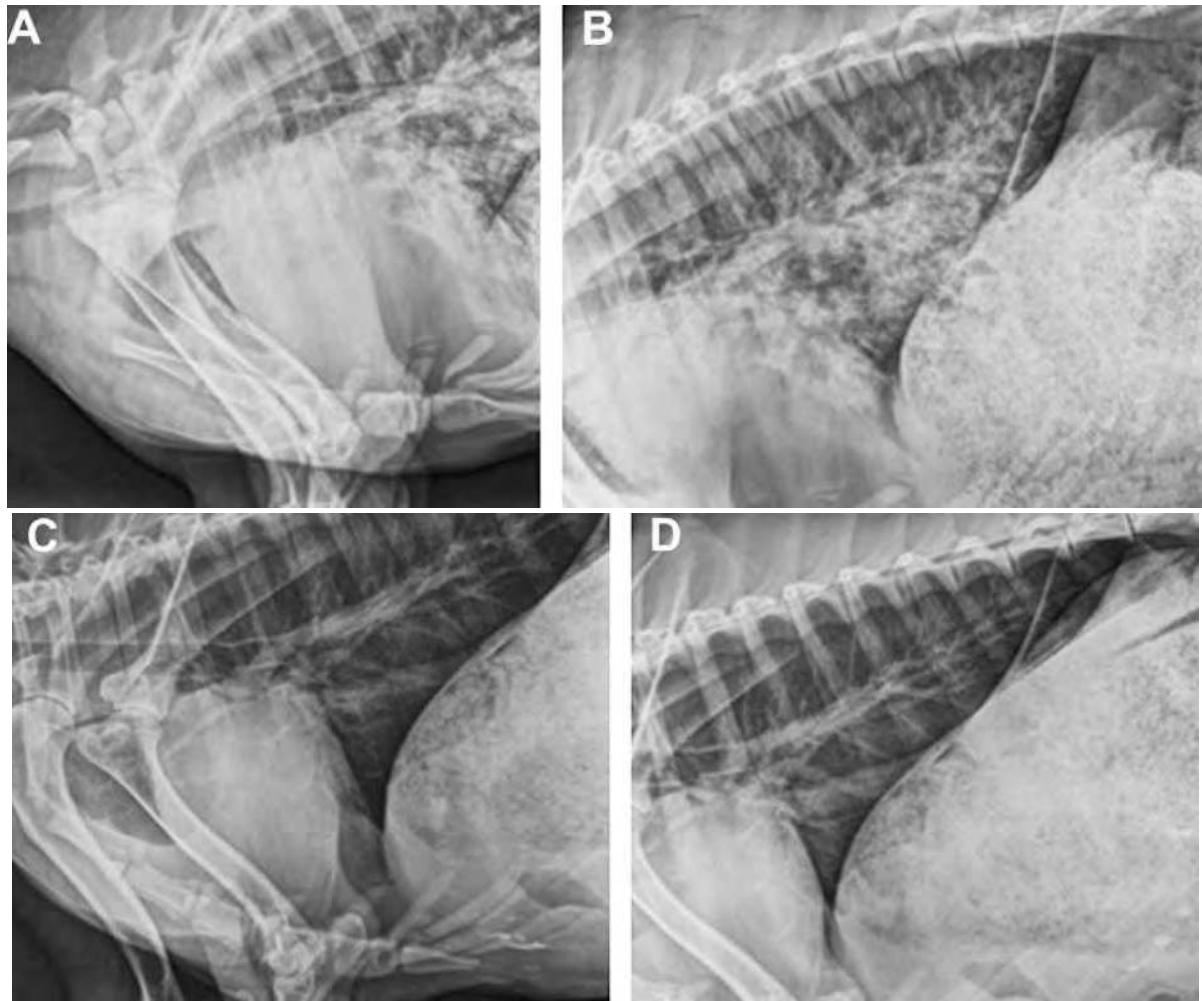
La **figure V.90 (A) et (B)** montre l'utilité de la radiographie afin de différencier les affections cardiaques des affections pulmonaires chez les petits camélidés présentant des signes respiratoires.



**Figure V.90 : Radiographies en Incidence latérale du thorax de 2 crias lama présentant des signes respiratoires. (A)= crialama de 2 jours né prématuré. On observe le pattern interstitiel non structuré, la consolidation du lobe pulmonaire crânial, et une silhouette cardiaque normale. (B)=crialama de 7 jours présentant une cardiomégalie marquée, un œdème pulmonaire cardiogénique, et un engorgement vasculaire pulmonaire. (Source : Marco L.Margiocco & al., 2009).**



❖ **Insuffisance cardiaque congestive (ICC):**



**Figure V.91 : Radiographies en Incidence latérale du thorax de 2 alpagas femelles. (A et B)=alpaga femelle de 1,5 an souffrant d'insuffisance cardiaque congestive (ICC) gauche, en détresse respiratoire, et présentant un défaut de la paroi ventriculaire gauche. On note une cardiomégalie sévère, la congestion des veines pulmonaires, et un œdème pulmonaire péri hilair compatible avec l'ICC gauche. (C et D)=radiographies normales du thorax d'un alpaga femelle de 2 ans. (Source : Marco L. Margiocco & al., 2009).**

En cas d'ICC gauche, on observe souvent un élargissement atrial, un œdème pulmonaire cardiogénique (péri hilair), et la congestion des veines pulmonaires.

Une ICC droite sera en revanche suspectée si on observe un épanchement pleural, de l'ascite, un élargissement de la veine cave, un cœur large sur la Incidence latérale, ou un cœur en D inversé surs les Incidences DV ou VD.

## 2.3. Les affections digestives.

### 2.2.1 Affection de l'œsophage.

Les affections causées par corps étrangers sont rares car les camélidés trient très bien leur nourriture. En revanche, un dysfonctionnement des muscles œsophagiens résultants en un mégaoesophage causant une impaction et une obstruction œsophagienne est couramment rencontré. Certains de ces cas sont dus à un traumatisme au niveau du cou causant une dénervation segmentaire, mais d'autres facteurs peuvent entrer en jeu. Des masses et anneaux vasculaires ont déjà été identifiés chez certains camélidés.

Les camélidés atteints de mégaoesophage ont tendance à baver, régurgiter, présentent des masses fluctuantes sur leur cou, et perdent du poids. Tous ces signes sont en général observés au cours de l'examen clinique. Un examen endoscopique ou radiographique montrant un œsophage thoracique plein de nourriture confirme en général le diagnostic. Il est possible d'utiliser un produit de contraste tel qu'un bolus oral de baryum tout en gardant en tête que les camélidés sévèrement atteints auront une fonction œsophagienne très réduite.

L'ingestion de plantes irritantes (Rhododendron particulièrement) peut causer des ulcères de l'œsophage, résultant en un pseudoptyalisme et des vomissements. Les animaux affectés mangent facilement, mais ont rapidement des « haut-le-cœur ». (CK. CEBRA, 2011).

#### ❖ **Dilatation œsophagienne** (WATROUS B.J & al., 1995).

Des cas de mégaoesophage chez les petits camélidés ont été rapportés (FOWLER ME., 2010). L'affection est caractérisée par la dilatation de tout ou d'un segment de l'œsophage, le plus souvent en intra thoracique.

Le diagnostic se fait sur radiographie du thorax : sur un cliché sans préparation (**Fig. V.92**), l'œsophage apparaît sévèrement dilaté. Il est également possible d'utiliser des produits de contraste pour une meilleure délimitation. La fluoroscopie permet également, si on y a accès, d'évaluer l'activité péristaltique de l'œsophage.

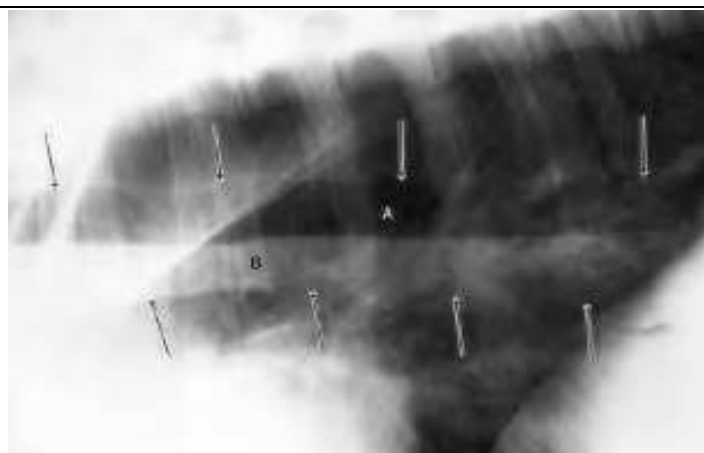
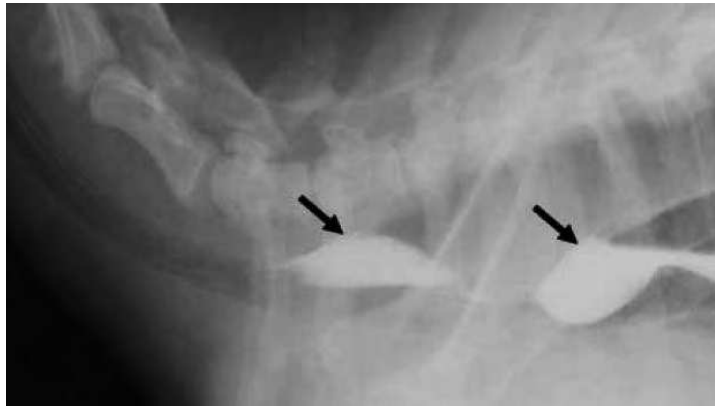


Figure V.92 : Radiographie en Incidence latérale d'une dilatation œsophagienne thoracique (les flèches montrent la paroi œsophagienne). A=air ou gaz ; B=aliments. (Source : Fowler, 2010).

### ❖ **Dysfonction œsophagienne due à un anneau vasculaire.**

Un alpaga cria de 7 mois est présenté pour mauvaise condition corporelle, toux, régurgitation depuis qu'il a 4 mois. On peut également visualiser au niveau de son cou les vagues péristaltiques œsophagiennes.

Un œsophagogramme baryté a permis de mettre en évidence une obstruction œsophagienne, un mégaoesophage, et la persistance d'un arc aortique droit. (**Fig. V.93**)



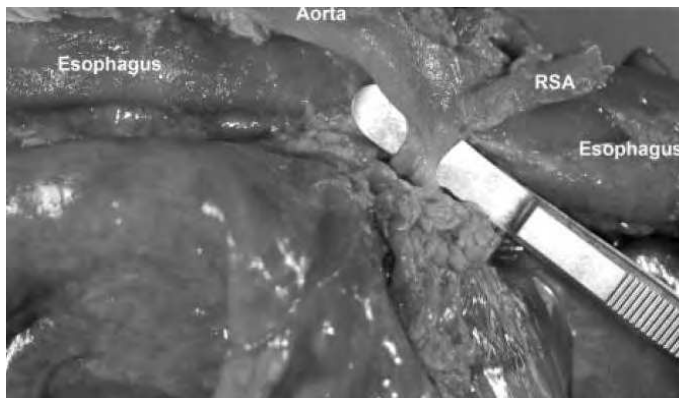
**Figure V.93 : Oesophagogramme baryté (œsophage en incidence latérale) d'un jeune alpaga Huacaya mâle entier de 7 mois souffrant d'une anomalie vasculaire entraînant une dysfonction œsophagienne. On note l'interruption de la colonne barytée à proximité du 3<sup>ème</sup> espace intercostal, et la dilatation sacculaire (flèches) des portions de l'œsophage non comprimées par l'anomalie vasculaire (arc aortique droit persistant). (Source : EC. McKenzie & al., 2010).**

Une fluoroscopie a été réalisée afin d'évaluer la déglutition, le péristaltisme œsophagien, et l'étendue de la dilatation œsophagienne.

Plusieurs cas comme celui-ci ont été décrits, l'anomalie vasculaire à l'origine de la dysfonction œsophagienne pouvant être : la persistance d'un arc aortique (droit ou gauche), associée ou non à la persistance du canal artériel, ou encore à la présence anormale d'une artère subclavière (**Fig. V.94 et V.95**).



**Figure V.94 : Oesophagogramme baryté d'un jeune alpaga Huacaya femelle de 4 mois présentée pour étouffement, obstruction œsophagienne (« choking »). On note la distension des portions cervicale et thoracique crâniale de l'œsophage, suivie du rétrécissement conique et focal (flèche) de l'œsophage intrathoracique (proche de la base du cœur), compressé par une artère sous-clavière droite ectopique. (Source : EC. McKenzie & al., 2010).**



**Figure V.95 : photographie du bord droit de l'œsophage intrathoracique, prise lors de l'autopsie d'un cria alpaga Suri femelle de 6 mois. On note l'arc aortique gauche (aorta) et l'artère sous-clavière ectopique entourant et compressant l'œsophage. (Source : EC. McKenzie & al., 2010).**

La correction est chirurgicale, mais elle est compliquée par les diverses conformations et localisations possibles des anneaux vasculaires. Ce traitement est décrit comme infructueux à cause des complications peropératoires, et la persistance des signes cliniques après la chirurgie. Le pronostic est donc mauvais pour les camélidés atteints, mais il peut être amélioré par l'utilisation de techniques d'imagerie avancées (angiographie, scanner, IRM) permettant une localisation plus précise de l'anomalie vasculaire. (MCKENZIE & al., 2010).

## 2.2.2 Affections du tractus gastrointestinal.

### ❖ Concrétions stomacales ou intestinales.

La plupart des concrétions observées dans l'estomac ou l'intestin des camélidés résultent de la précipitation de couches consécutives de matière minérale (phosphates) autour d'un noyau central constitué de fibres végétales ou de soies de graines, le plus souvent au sein des saccules du premier compartiment stomacal. Dans ce cas, on parle de gastrolithes, et ces dernières ne semblent pas causer de modification de la fonction gastrique. Elles ne requièrent donc aucun traitement.

Ces lithiases sont souvent découvertes fortuitement sur des clichés radiographiques, ou à l'autopsie (**Fig. V.96**).

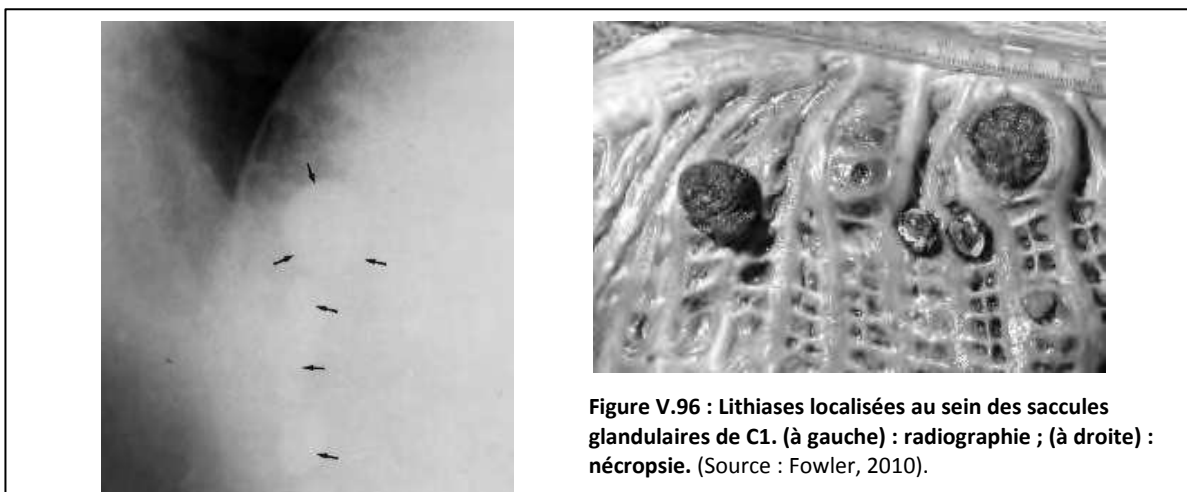
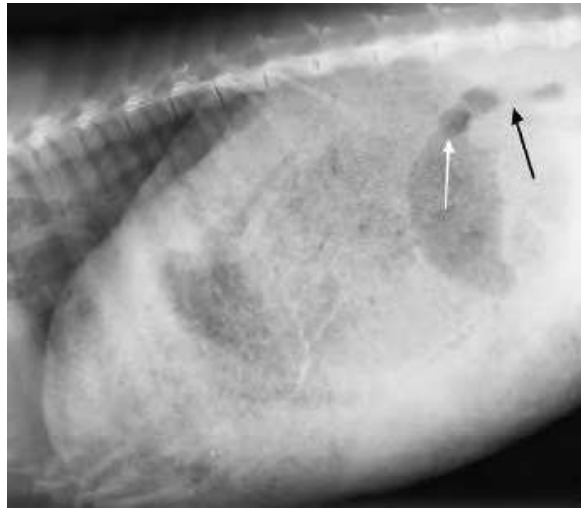


Figure V.96 : Lithiases localisées au sein des saccules glandulaires de C1. (à gauche) : radiographie ; (à droite) : nécropsie. (Source : Fowler, 2010).

Les gastrolithes les plus petites mesurent environ 1mm de diamètre, et les plus grosses peuvent atteindre la taille et la forme d'un petit œuf de poule (2.5 à 4 cm × 4 à 5 cm). Leur surface peut être lisse ou rugueuse.

Il existe d'autres éléments initialement non minéraux que l'on peut retrouver sous forme d'objets sphériques au sein du tractus gastro intestinal : les phytobézoars (plantes), les trichobézoars (poils/fibre), ou l'association des deux, avec une possible minéralisation. De telles concrétions peuvent causer des dégâts importants au sein du tractus gastro intestinal tel qu'une obstruction, une ulcération voire une perforation de la paroi viscérale.<sup>11</sup> En effet, un phytotrichobézoar minéralisé a causé l'obstruction du troisième compartiment stomacal chez un lama de parc zoologique, causant sa mort dans les jours qui ont suivi.

Ainsi, l'observation de concrétion obstruant C2, C3 ou l'un des segments intestinaux (**Fig. V.97**) nécessitera d'envisager une intervention chirurgicale.



**Figure V.97 :** Radiographie en Incidence latérale du thorax d'un petit camélidé souffrant d'une obstruction duodénale par un trichophytobézoar. On note la présence d'une opacité aérique dans le 3<sup>ème</sup> compartiment gastrique (flèche blanche) crânialement au site d'obstruction (flèche noire). (Source : EK. Sullivan & al., 2005).



**Figure V.98:** Radiographie en Incidence dorsoventrale de l'abdomen d'un alpaga souffrant d'obstruction proximale. On note que le premier compartiment gastrique sévèrement distendu occupe la majeure partie de l'abdomen. La présence d'air dans le 3<sup>ème</sup> compartiment gastrique est compatible avec une obstruction duodénale. (Source : EK. Sullivan & al., 2005).

En outre, des cas graves d'impaction par le sable de l'un segment intestinaux, alliée ou non à ces « calculs » ont déjà été rapportés.

#### ❖ **Impaction mortelle du côlon spiralé par du sable.**

Un alpaga âgé d'un mois est présenté après 3 jours de dépression, d'anorexie et de diarrhée. Bien que traité pour entérite (fluides intraveineux et antibiotiques), la condition du cria s'est détériorée. Une radiographie abdominale (**Fig. V.99**) a révélé du matériel radio-opaque dans le troisième compartiment et dans les intestins. Le cria est mort d'une impaction du côlon spiralé par du sable.

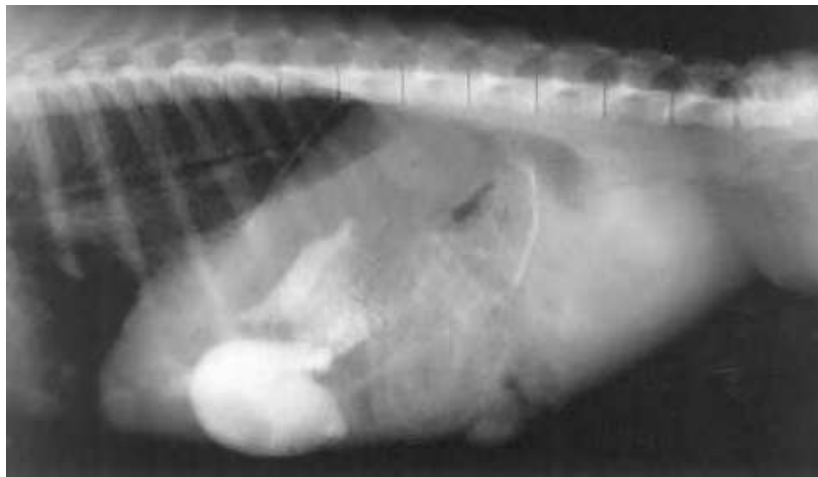


Figure V.99 : Radiographie en Incidence latérale de l'abdomen d'un alpaga âgé d'un mois atteint d'impaction par du sable dans le 3<sup>ème</sup> compartiment stomacal et le colon spiral. (Source : Abutarbush & al., 2006).

Le traitement recommandé pour une telle impaction est l'administration répétée d'huile minérale ou de sulfonate de dioctyle et de néostigmine.

#### ❖ Colique chronique intermittente.

Un alpaga mâle de 18 ans est présenté pour « comportement évocateur de colique » intermittent depuis un mois : dysorexie, extension du cou et mouvements de tête, coups de pattes sur le sol, perte de poids. Des radiographies de cet animal ont été prises sous anesthésies et sont présentées par la **figure V.100**.

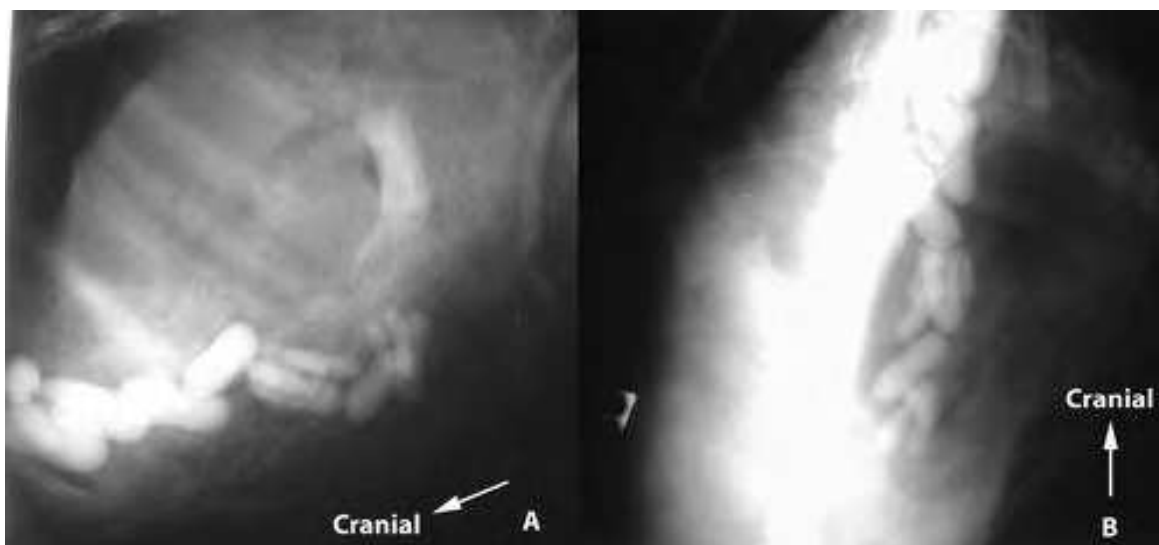


Figure V.100 : Radiographie en Incidence latérale (A) et dorsoventrale (B) de l'abdomen d'un alpaga mâle de 18 mois, présenté pour colique intermittente depuis un mois. On note la présence de 17 corps étrangers allongés, aux bords polis, radio opaques, de tailles variables (1-10 cm de long). (Source : Stading & al., sept. 2011).

Les hypothèses diagnostiques principales face à ces radiographies sont le pica (de cailloux ou pierres), la minéralisation de glandes gastriques ou de nœuds lymphatiques, ou la présence de bézoars.

## 2.4. Affections du système urogénital.

### ❖ **Obstruction de l'orifice urétral de la vessie à la suite d'un déplacement de la vessie dans la cavité pelvienne.**

Une femelle alpaga âgée de 6 mois a été présentée pour strangurie. En tenant compte des commémoratifs, de l'examen physique et des examens radiologiques (**Fig. V.101** et **V.102**), un diagnostic d'obstruction de l'orifice urétral de la vessie à la suite d'un déplacement dans la cavité pelvienne a été posé. Cette condition n'avait jamais été rapportée chez les camélidés. Une cytopexie a été réalisée et l'animal s'est rétabli.

(D'après la traduction du Docteur André Blouin)



**Figure V.101 : Radiographie en Incidence latérale de la région pelvienne d'un alpaga femelle de 6 mois révélant une vessie pelvienne.** Le cliché est pris 40 minutes après l'injection intraveineuse de produit de contraste iodé. On note que la vessie se situe dans la cavité pelvienne avec un pli au niveau de son col, ainsi qu'un amincissement de l'urètre proximal (flèche). On observe également un diverticule de l'ouraque. (Source : SL. McClanahan & al., 2005).



**Figure V.102 : Radiographie en Incidence latérale de la région pelvienne du même alpaga (fig V.101) en phase mictionnelle.** Le cliché est pris 40 minutes après l'injection intraveineuse de produit de contraste iodé. La vessie est encore plus reculée en région pelvienne. Le pli au col vésical est toujours présent, et on note une dilatation de la jonction vésico-urétrale. Seul une très faible quantité d'urine peut passer à l'endroit où l'urètre est aminci (flèche). On observe également le reflux vésico-urétral lorsqu'une pression est appliquée sur la vessie afin d'obtenir la miction. (Source : SL. McClanahan & al., 2005).

Remarque portant sur les obstructions urétrales:

En cas d'obstruction urétrale, la réalisation de radiographies de la région pelvienne est indiquée, mais certaines urolithiasis ne sont pas radio opaques. Par exemple, un cas a été rapporté dans lequel le calcul composé de cristaux d'urates n'est pas apparu radio opaque sur les clichés, que ce soit en radiographiant l'animal, ou après retrait du calcul, en le plaçant sur une cassette. (Fowler)

On peut éventuellement utiliser la radiographie de contraste pour mettre en évidence les urolithiasis.

#### ❖ **Histérosalpingographie et exploration de l'utérus et du salpinx chez l'alpaga.**

Un histérosalpingogramme met en évidence les contours de la cavité utérine et permet l'évaluation de la largeur du canal cervical. (Col utérin).

Cette technique a été standardisée et utilisée par K. CARGEN et al. chez les alpagas femelles au pic de la vague folliculaire. Les femelles sous sédation sont placées en décubitus latéral. Après désinfection vulvaire et périnéale, une sonde de Foley 18G, 30 cm de long, est insérée par le vagin jusqu'au col utérin grâce à un sigmoïdoscope\*, et gardée en place par gonflage du ballon (de 30 mL). Un volume total de 60mL de produit de contraste iodé (Oxilan<sup>R</sup>) est instillé via la sonde avec contrôle fluoroscopique.

C'est une technique rapide et fiable pour évaluer les anomalies utérines ou cervicales, surtout dans des cas où la cathétérisation cervicale ou la vidéoendoscopie sont impossibles, puisqu'elle ne nécessite pas la catéthérisation complète du col (tant que la femelle est au pic du cycle folliculaire). Les figures 4.N et 4.M sont des histérosalpingogrammes anormaux. (cf. normal partie III).



Figure V.103 (à gauche): histérosalpingogramme révélant une sténose du col utérin. (Source : K. Cargen & al., 2007).



Figure V.104 (à droite) : histérosalpingogramme révélant un col utérin spiral. (Source : K. Cargen & al., 2007).





## CONCLUSION

Les camélidés, de l'ancien ou du nouveau monde sont des animaux encore considérés comme exotiques en France ; mais la grande popularité de l'alpaga en tant que nouvel animal de compagnie et d'élevage laisse penser que cette espèce, de plus en plus connue, sera un jour couramment rencontrée par les praticiens vétérinaires français.

C'est aux Etats-Unis et en Amérique du Sud que la médecine des petits camélidés est la plus développée. Les praticiens américains voient beaucoup plus de lamas ou alpagas que ce n'est le cas pour l'instant en Europe, et de nombreuses études ont été menées outre Atlantique, accompagnées d'un certain nombre d'articles permettent d'apprécier les connaissances actuelles en imagerie médicale des alpagas et lamas. Sont couramment utilisés, la radiographie simple ou de contraste, (comme en témoigne le recueil de cas cliniques présenté ici), l'échographie, notamment afin d'établir un diagnostic de gestation ; et, plus récemment sont parus quelques articles citant l'utilisation de techniques d'imagerie plus avancées (IRM, tomodensitométrie) dans ces espèces.

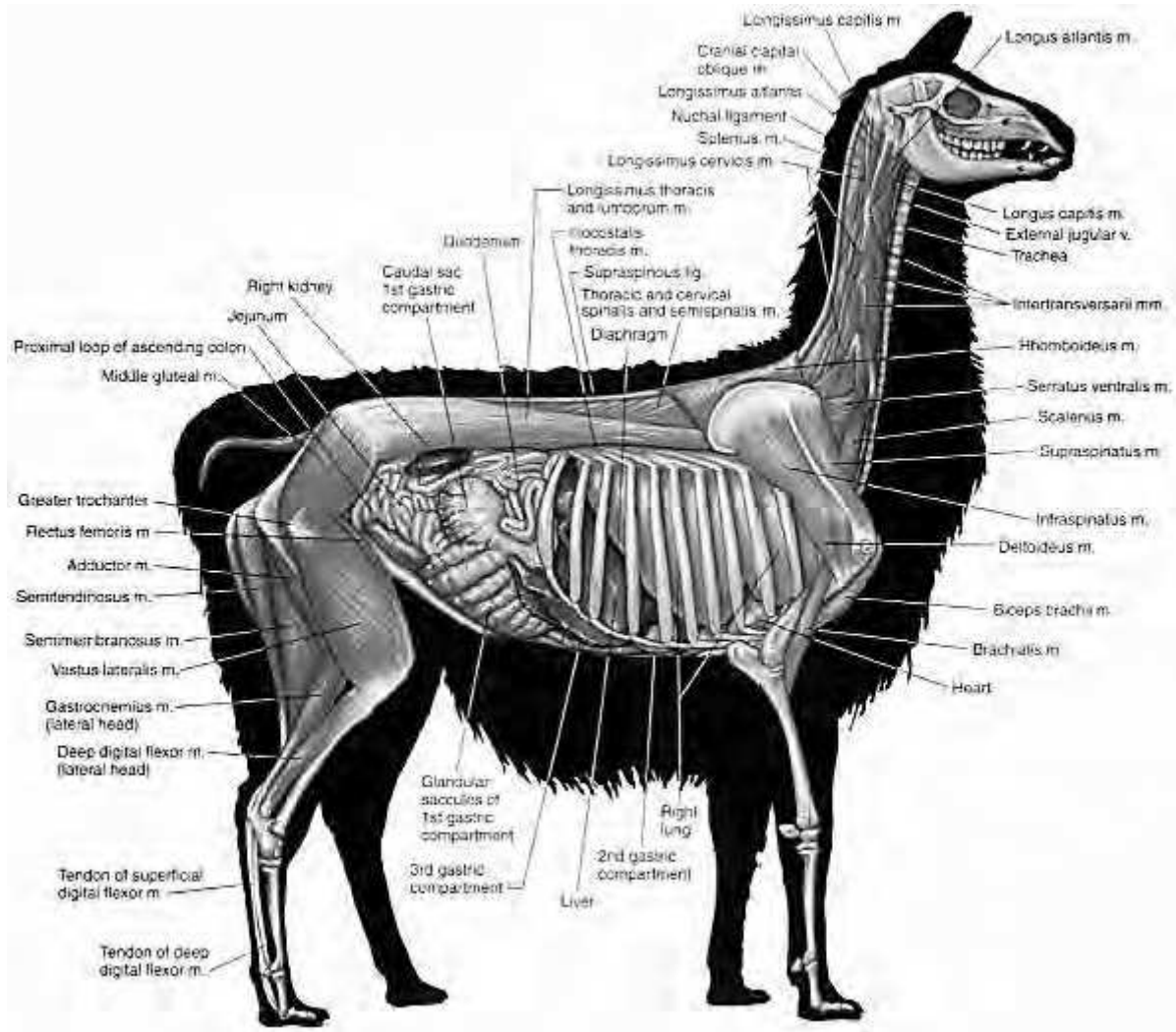
En revanche, aucun ouvrage existant n'est connu pour présenter un atlas complet de l'anatomie radiologique chez l'alpaga ou du lama. Notre travail aidera donc le vétérinaire à la description et l'interprétation des radiographies de ces espèces. Il pourra se référer à l'atlas ostéologique pour projeter en trois dimensions ce qu'il observe sur les clichés en deux dimensions, et consulter le recueil de cas cliniques pour y comparer ses radiographies.

De plus, malgré la différence de taille et de certaines structures (sternum,...), la majorité des clichés de ce travail peuvent très bien être utilisés pour l'interprétation de radiographies prises sur d'autres camélidés.

En outre, des études comparables à celle-ci portant sur les autres modes d'imagerie (échographie, imagerie par résonnance magnétique et tomodensitométrie) pourraient venir compléter le travail de description de l'imagerie médicale chez l'alpaga.

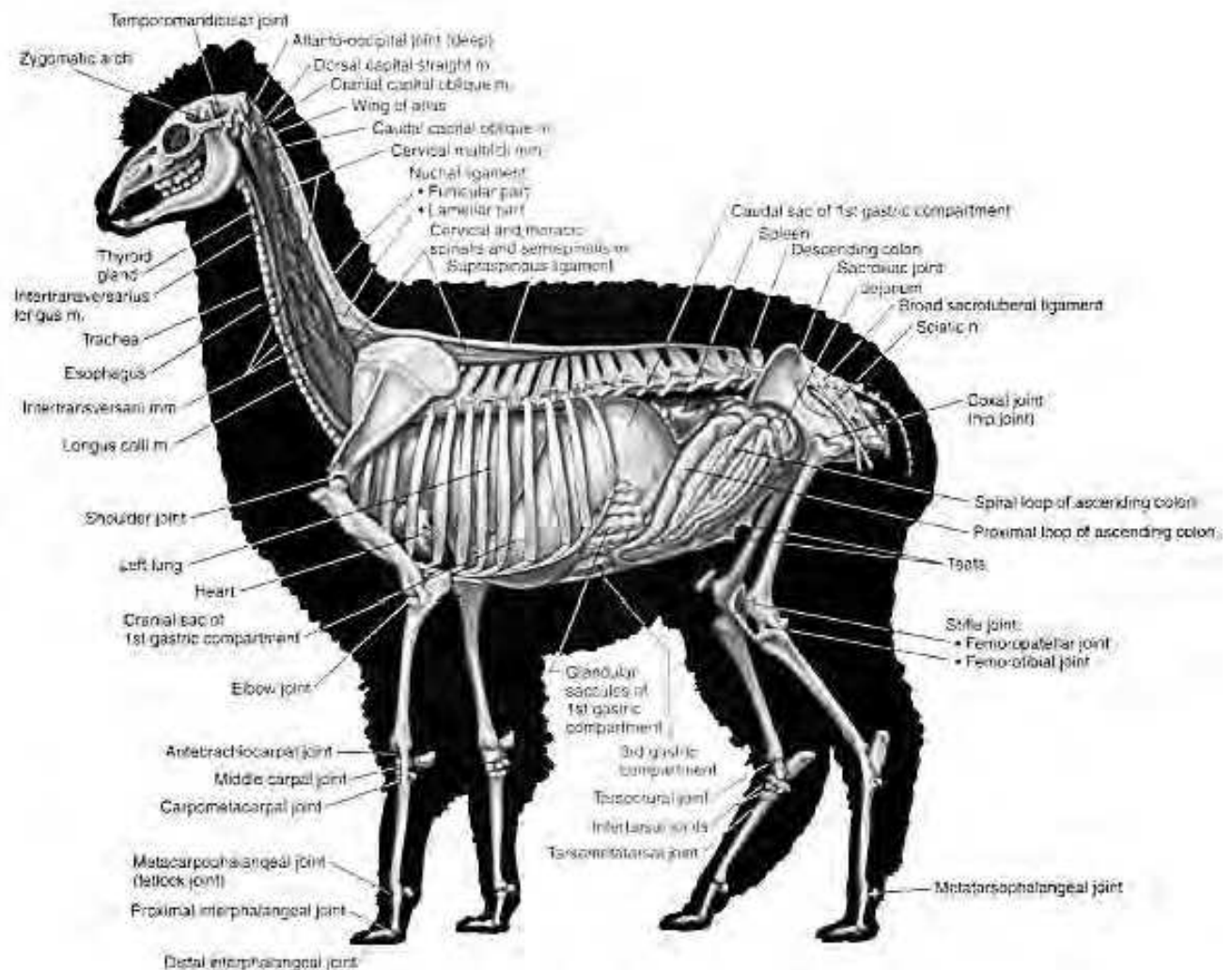
# ANNEXES:

## Annexe 1



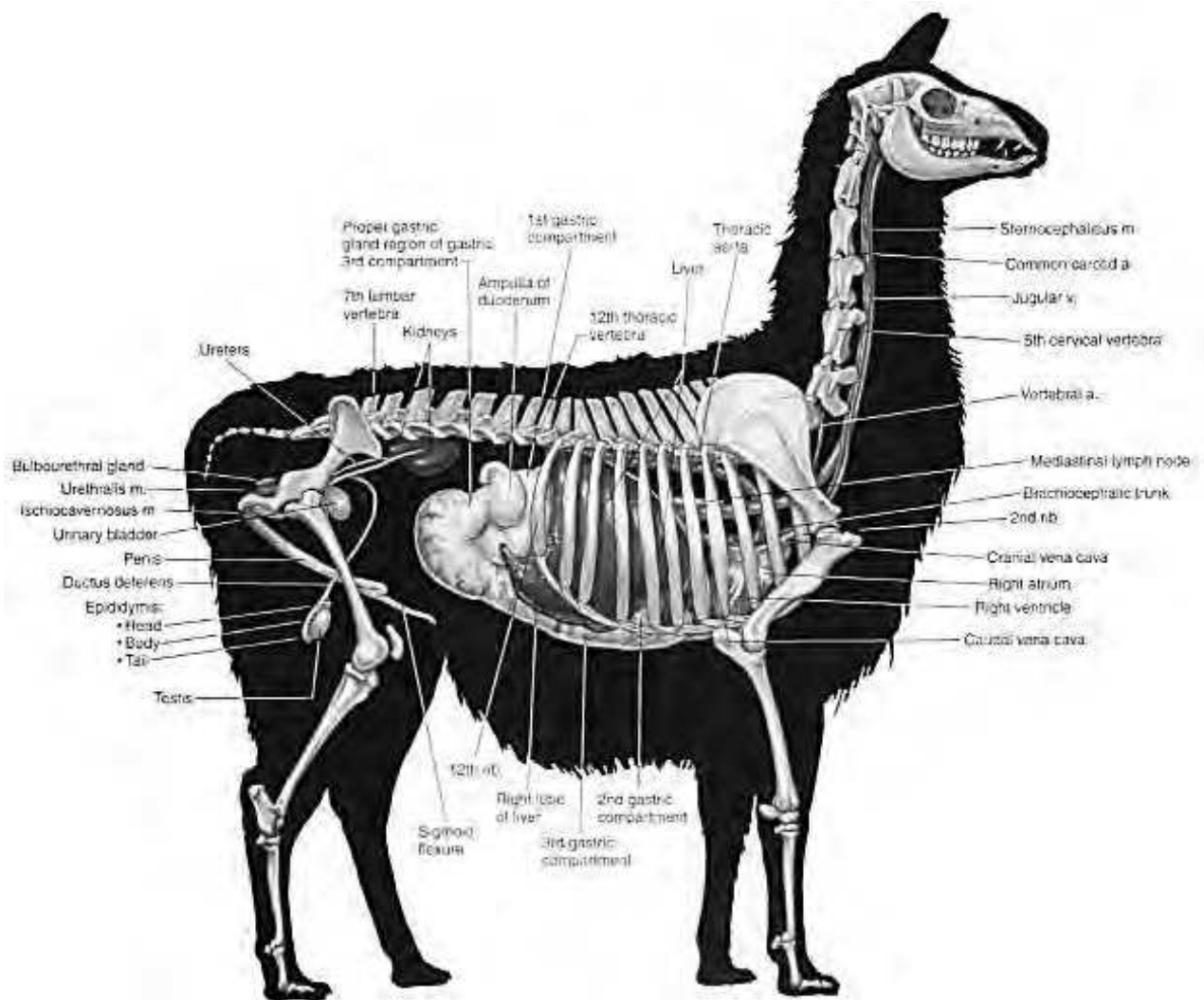
Annexe 1 : Muscles profonds et viscères in situ du lama mâle. L'omentum a été retiré. Vue latérale droite.  
M=muscle, v=veine, lig=ligament. (Spurgeon 1999)

## Annexe 2



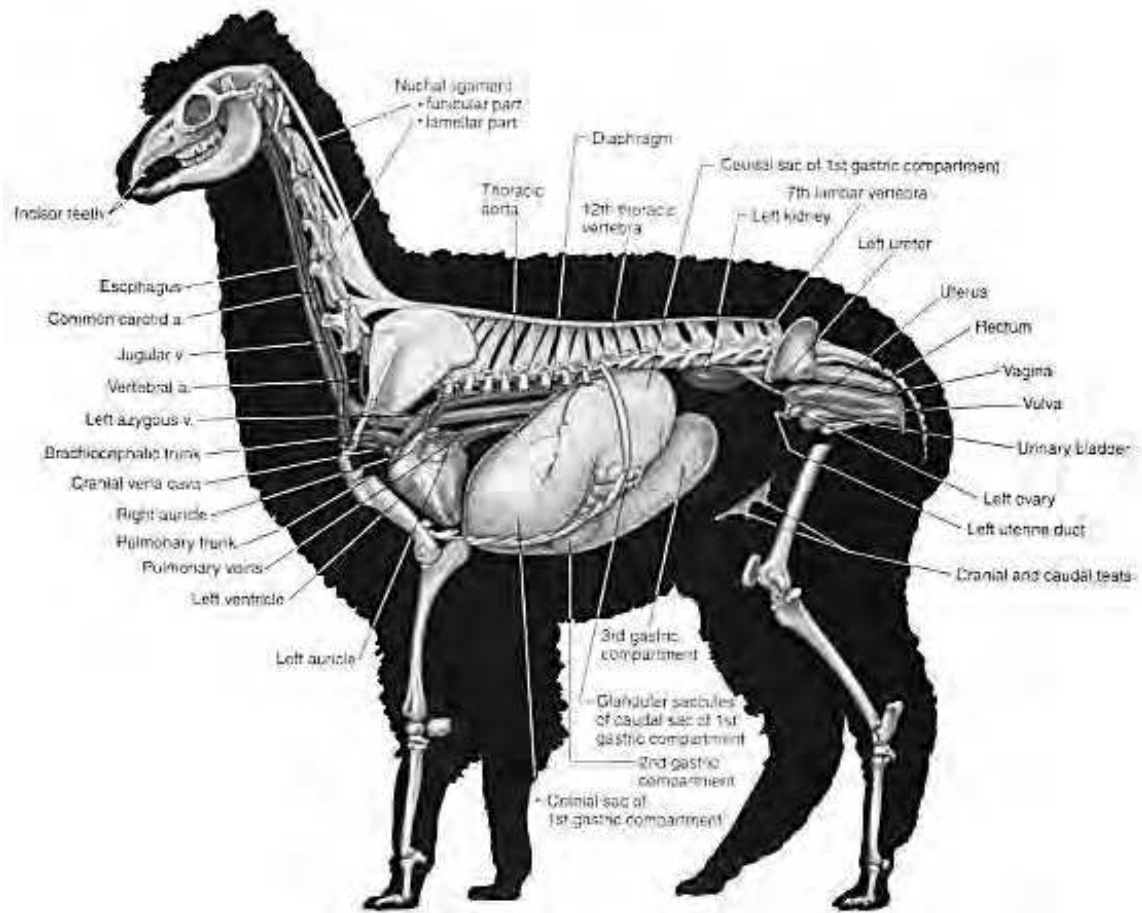
Annexe 2 : Muscles cervicaux profonds, viscères in situ, et principales articulations de la femelle alpag. L'omentum a été retiré. En vue latérale gauche. M=muscle. (Spurgeon 1999)

### Annexe 3



Annexe 3 : Système urogénital, estomac, foie, cœur, et vaisseaux adjacents majeurs du lama mâle. Les poumons et intestins ont été retirés. Vue latérale droite. v=veine, a=artère, m=muscle. (Spurgeon 1999)

## Annexe 4



Annexe 4 : Système urogénital, estomac, foie, cœur, et vaisseaux adjacents majeurs de la femelle alpaga. Les poumons et intestins ont été retirés. Vue latérale gauche. v=veine, a=artère. (Spurgeon 1999)

## Annexe 5

**Tableau I.5 : Valeurs hématologiques moyennes des camélidés sud-américains (CSA) d'après l'E.N.V.L. (A. Soly, 2005). Intervalles de référence des valeurs d'après Fowler, 2010.**

| Paramètre       | CSA < 6 mois                                 | CSA adultes                                                                         |
|-----------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Hématocrite     | [24-28.5%]                                   | 39.8 % [27-45%]                                                                     |
| Hémoglobine     | [10.1-18.1 g/dL]                             | 19.4 % [11.9-19 g/dL]                                                               |
| Globules rouges | [9.6-17.2 10 <sup>6</sup> /mm <sup>3</sup> ] | 10.4 10 <sup>6</sup> /mm <sup>3</sup> [10.5-17.2 10 <sup>6</sup> /mm <sup>3</sup> ] |
| Globules blancs | [7.1-22.9 10 <sup>3</sup> /mm <sup>3</sup> ] | 13.3 10 <sup>3</sup> /mm <sup>3</sup> [8-21.4 10 <sup>3</sup> /mm <sup>3</sup> ]    |
| Neutrophiles    | [34.9 – 63 %]                                | 71.8 % [41.7 – 72.9 %]                                                              |
| Eosinophiles    | [0 – 9.5 %]                                  | 11 % [2.2 – 21.4 %]                                                                 |
| Lymphocytes     | [18.3 – 41.9 %]                              | 22.7 % [9.2 – 25.2 %]                                                               |
| Monocytes       | [0-5.2 %]                                    | Pas de données [0-4.6 %]                                                            |

**Tableau I.5 (bis) : Valeurs biochimiques moyennes des petits camélidés d'après l'ENVL (A. Soly, 2005) et Fowler, 2010.**

|            |            |                   |
|------------|------------|-------------------|
| Glucose    | 1,495 g/L  | [86 à 163 mg/dL]  |
| Urée       | 524,5 mg/L | [9 à 36 mg/dL]    |
| Créatinine | 21,1 mg/L  | [0,9 à 2,8 mg/dL] |
| GGT        | 16,8 UI/L  | [3 à 28 UI/L]     |
| GOT        | 154 UI/L   | [128 à 450 UI/L]  |
| GPT        | 5,2 UI/L   | [0 à 14 UI/L]     |
| CPK        | 107,5 UI/L | [0 à 137 UI/L]    |
| Potassium  | 5,3 mmol/L | [3,6 à 6,2 meq/L] |

## Annexe 6

**Tableau V.1 : Les valeurs des mesures cardiovasculaires et respiratoires.**

Table 1—Mean  $\pm$  SD and range values for cardiac, vascular, and respiratory variables measured on lateral radiographic projections obtained from 21 clinically normal alpaca crías.

| Variable                                                                                 | Mean $\pm$ SD    | Range      |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------|
| <b>LR</b>                                                                                |                  |            |
| Vertebral heart scale                                                                    | 9.36 $\pm$ 0.65  | 8.40–10.40 |
| Ratio of cardiac long axis + cardiac short axis to length of T3 through T5               | 3.12 $\pm$ 0.22  | 2.71–3.52  |
| Ratio of cardiac long axis to length of T3 through T5                                    | 1.81 $\pm$ 0.16  | 1.54–2.14  |
| Ratio of cardiac short axis to length of T3 through T5                                   | 1.31 $\pm$ 0.11  | 1.07–1.57  |
| Ratio of cardiac long axis + cardiac short axis to thoracic height                       | 1.31 $\pm$ 0.09  | 1.19–1.60  |
| Ratio of cardiac long axis to thoracic height                                            | 0.76 $\pm$ 0.04  | 0.65–0.84  |
| Ratio of cardiac short axis to thoracic height                                           | 0.55 $\pm$ 0.06  | 0.48–0.79  |
| Ratio of cardiac long axis + cardiac short axis to distance from the third to fifth ribs | 3.42 $\pm$ 0.23  | 3.03–3.88  |
| Ratio of cardiac long axis to distance from the third to fifth ribs                      | 1.99 $\pm$ 0.17  | 1.71–2.32  |
| Ratio of cardiac short axis to distance from the third to fifth ribs                     | 1.43 $\pm$ 0.11  | 1.22–1.66  |
| Ratio of cardiophrenic contact to cardiac long axis                                      | 0.39 $\pm$ 0.10  | 0.20–0.53  |
| Cardiosternal contact (No. of sternbrae)                                                 | 2.85 $\pm$ 0.30  | 2.50–3.50  |
| Intercostal spaces spanned by the heart                                                  | 2.74 $\pm$ 0.30  | 2.00–3.00  |
| Ratio of left cranial pulmonary artery to width of the third rib                         | 0.44 $\pm$ 0.13  | 0.24–0.65  |
| Ratio of the left cranial pulmonary vein to width of the third rib                       | 0.46 $\pm$ 0.12  | 0.27–0.67  |
| Ratio of CVC height to T4 height*                                                        | 0.84 $\pm$ 0.10  | 0.61–1.07  |
| Tracheal angle ( $^{\circ}$ )                                                            | 14.24 $\pm$ 3.57 | 9.00–22.00 |
| Ratio of trachea height to mainstem bronchi height                                       | 1.29 $\pm$ 0.22  | 0.98–1.75  |
| Ratio of trachea height to T4 height*                                                    | 0.76 $\pm$ 0.09  | 0.63–0.95  |
| <b>RL</b>                                                                                |                  |            |
| Vertebral heart scale                                                                    | 9.36 $\pm$ 0.59  | 8.60–10.40 |
| Ratio of cardiac long axis + cardiac short axis to length of T3 through T5               | 3.12 $\pm$ 0.21  | 2.83–3.50  |
| Ratio of cardiac long axis to length of T3 through T5                                    | 1.80 $\pm$ 0.15  | 1.53–2.03  |
| Ratio of cardiac short axis to length of T3 through T5                                   | 1.31 $\pm$ 0.11  | 1.16–1.55  |
| Ratio of cardiac long axis + cardiac short axis to thoracic height                       | 1.30 $\pm$ 0.08  | 1.17–1.59  |
| Ratio of cardiac long axis to thoracic height                                            | 0.72 $\pm$ 0.03  | 0.68–0.81  |
| Ratio of cardiac short axis to thoracic height                                           | 0.55 $\pm$ 0.07  | 0.46–0.78  |
| Ratio of cardiac long axis + cardiac short axis to distance from the third to fifth ribs | 3.44 $\pm$ 0.26  | 2.91–3.89  |
| Ratio of cardiac long axis to distance from the third to fifth ribs                      | 1.99 $\pm$ 0.19  | 1.68–2.30  |
| Ratio of cardiac short axis to distance from the third to fifth ribs                     | 1.45 $\pm$ 0.11  | 1.31–1.62  |
| Ratio of cardiophrenic contact to cardiac long axis                                      | 0.38 $\pm$ 0.15  | 0–0.56     |
| Cardiosternal contact (No. of sternbrae)                                                 | 2.81 $\pm$ 0.33  | 2.00–3.50  |
| Intercostal spaces spanned by the heart                                                  | 2.76 $\pm$ 0.34  | 2.00–3.00  |
| Ratio of left cranial pulmonary artery to width of the third rib                         | 0.41 $\pm$ 0.10  | 0.23–0.67  |
| Ratio of the left cranial pulmonary vein to width of the third rib                       | 0.44 $\pm$ 0.10  | 0.23–0.61  |
| Ratio of CVC height to T4 height*                                                        | 0.89 $\pm$ 0.15  | 0.55–1.14  |
| Tracheal angle ( $^{\circ}$ )                                                            | 13.2 $\pm$ 3.47  | 9.00–23.00 |
| Ratio of trachea height to mainstem bronchi height                                       | 1.29 $\pm$ 0.23  | 0.92–1.73  |
| Ratio of trachea height to T4 height*                                                    | 0.80 $\pm$ 0.15  | 0.56–1.14  |

\*Height of the vertebral body of T4.

Table 2—Mean  $\pm$  SD and range values for cardiac, vascular, and respiratory variables measured on DV and VD radiographic projections obtained from clinically normal alpaca crías.

| Variable                                                                    | No of crías* | Mean $\pm$ SD                | Range     |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------------|-----------|
| <b>DV</b>                                                                   |              |                              |           |
| Vertebral heart scale                                                       | 21           | 8.21 $\pm$ 0.51 <sup>a</sup> | 7.10–9.00 |
| Ratio of cardiac long axis + cardiac short axis to length of T3 through T5† | 21           | 2.74 $\pm$ 0.19 <sup>a</sup> | 2.53–3.04 |
| Ratio of cardiac long axis to length of T3 through T5†                      | 21           | 1.45 $\pm$ 0.10 <sup>c</sup> | 1.25–1.59 |
| Ratio of cardiac short axis to length of T3 through T5†                     | 21           | 1.29 $\pm$ 0.11 <sup>d</sup> | 1.12–1.58 |
| Ratio of cardiac long axis + cardiac short axis to thoracic width           | 21           | 1.71 $\pm$ 0.12 <sup>e</sup> | 1.41–1.92 |
| Ratio of cardiac long axis to thoracic width                                | 21           | 0.91 $\pm$ 0.07 <sup>f</sup> | 0.76–1.02 |
| Ratio of cardiac short axis to thoracic width                               | 21           | 0.80 $\pm$ 0.06 <sup>g</sup> | 0.66–0.91 |
| Ratio of cardiophrenic contact to cardiac width                             | 21           | 0.32 $\pm$ 0.18 <sup>h</sup> | 0–0.66    |
| Ratio of right caudal pulmonary artery to width of right eighth rib         | 17           | 1.27 $\pm$ 0.35              | 0.76–1.47 |
| Ratio of right caudal pulmonary vein to width of right eighth rib           | 1            | 1.15                         | NA        |
| Ratio of left caudal pulmonary artery to width of left eighth rib           | 9            | 1.33 $\pm$ 0.22              | 0.97–1.57 |
| Ratio of left caudal pulmonary vein to width of left eighth rib             | 4            | 1.14 $\pm$ 0.05              | 1.00–1.12 |
| <b>VD</b>                                                                   |              |                              |           |
| Vertebral heart scale                                                       | 21           | 8.65 $\pm$ 0.57 <sup>a</sup> | 7.70–9.60 |
| Ratio of cardiac long axis + cardiac short axis to length of T3 through T5† | 21           | 2.89 $\pm$ 0.20 <sup>a</sup> | 2.55–3.24 |
| Ratio of cardiac long axis to length of T3 through T5†                      | 21           | 1.57 $\pm$ 0.13 <sup>c</sup> | 1.30–1.82 |
| Ratio of cardiac short axis to length of T3 through T5†                     | 21           | 1.32 $\pm$ 0.10 <sup>c</sup> | 1.14–1.55 |
| Ratio of cardiac long axis + cardiac short axis to thoracic width           | 21           | 1.89 $\pm$ 0.18 <sup>e</sup> | 1.58–2.19 |
| Ratio of cardiac long axis to thoracic width                                | 21           | 1.03 $\pm$ 0.16 <sup>f</sup> | 0.84–1.28 |
| Ratio of cardiac short axis to thoracic width                               | 21           | 0.86 $\pm$ 0.08 <sup>g</sup> | 0.71–1.00 |
| Ratio of cardiophrenic contact to cardiac width                             | 21           | 0.20 $\pm$ 0.17 <sup>h</sup> | 0–0.51    |
| Ratio of right caudal pulmonary artery to width of right eighth rib         | 14           | 1.59 $\pm$ 0.36              | 0.93–2.40 |
| Ratio of right caudal pulmonary vein to width of right eighth rib           | 0            | NA                           | NA        |
| Ratio of left caudal pulmonary artery to width of left eighth rib           | 11           | 1.4 $\pm$ 0.30               | 1.00–1.94 |
| Ratio of left caudal pulmonary vein to width of left eighth rib             | 8            | 1.67 $\pm$ 0.31              | 1.20–2.03 |

Width of the caudal pulmonary artery and caudal pulmonary vein between DV and VD projections was not statistically evaluated.

\*Number of crías in which the cardiac, vascular, or airway structure could be measured. †Length of T3 through T5 measured on lateral projections.

<sup>a–h</sup>Values with paired superscript letters are significantly ( $P < 0.05$ ) different between DV and VD projections.

NA = Not applicable.



## BIBLIOGRAPHIE.

A.F.L.A. Association française lamas et alpagas. *Site de l'AFLA* [en ligne] mise à jour 2012. <http://www.lamas-alpagas.org/afla-qui-sommes-nous.html>. (Consulté le 25 janvier 2012). textes cités de Frédéric Henry (Elevage du Fontenelle - élevage en Île-de-France) ; Bernard Giudicelli et Christiane Giudicelli. (Elevage Giudicelli - élevage de lamas et d'alpagas en Bourgogne).

A.F.L.A. (affections cutanées) : *Site de l'A.F.L.A.* [en ligne] <http://www.lamas-alpagas.org/elevage-lamas-alpagas-blessures-cutanees.html>. (Consulté le 12 février 2012).

A.F.L.A. Obligations sanitaires. *Site de l'A.F.L.A.* [en ligne] <http://www.lamas-alpagas.org/elevage-lamas-alpagas-vaccins-vaccination.html>. Texte de C. Giudicelli. (Consulté le 12 février 2012)

A.F.L.A. Soins courants: *Site de l'A.F.L.A.* [en ligne] <http://www.lamas-alpagas.org/elevage-lamas-alpagas-soins-courants.html>. (Consulté le 12 février 2012)

A.F.L.A. Vermifugation: *Site de l'A.F.L.A.* [en ligne] <http://www.lamas-alpagas.org/elevage-lamas-alpagas-vermifuges-vermifugation.html>. (Consulté le 12 février 2012)

A.F.L.A. Conseils de reproduction: *Site de l'A.F.L.A.* [en ligne] <http://www.lamas-alpagas.org/elevage-lamas-alpagas-reproduction.html>. (Consulté le 12 février 2012).

A.F.L.A. image habitat: *Site de l'A.F.L.A.* [en ligne] <http://www.lamas-alpagas.org/elevage-lamas-alpagas-gestion-habitat.html> Dr Bernard Giudicelli Docteur Vétérinaire. (Consulté le 12 février 2012).

ABUTARBUSH SM., PETRIE L., 2006. Fatal sand impaction of the spiral colon in a 1-month-old alpaca. *Can Vet J* ;47:683-684.

ACVR 2010 Radiology Exam - Musculoskeletal Case 2. *Site de l'ACVR.* [En ligne]

AFSHAR A. , HECKERT R.A. , DULAC G.C. , TROTTER H.C. , MYERS D.J. 1995. Application of competitive ELISA for the detection of bluetongue virus antibodies in llamas and wild ruminants. *J. Wildl. Dis.* 31 : 3 , 327 – 30.

ALPAGA DEVELOPPEMENT. *Site de Alpaga Développement* [en ligne] <http://www.alpaga-developpement.org/Alpaga/Logement.html>. (Consulté le 15 février 2012)

ANDERSON D.E. , RINGS D.M. KOWALSKI J. 2004. Infection with *Corynebacterium pseudotuberculosis* in five alpacas. *J. Amer. Vet. Med. Assoc.* 225 ( 11 ) : 1743 – 1747 .

ANDERSON DE., 2006. Periapical tooth root infections in llamas and alpacas. *Small Ruminant Research* 6,1 235-240.

ANDERSON, D. 1994. Hyperlipemia and ketonuria in an alpaca and a llama. *J. Vet. Int. Med.* 8 (3): 207 – 11 .

ATLEE B.A., BARBET J., 1992. Llama dermatology. In IHRKE , P.J. , MASON , I.S. , and WHITE , S.D. , eds. *Advances in Veterinary Dermatology*, vol. 2. Oxford : Pergamon Press, p. 413.

ATLEE B.A., STANNARD A.A. , IHRKE P.J., FOWLER , M.E. 1997. The histology of normal llama skin and mucous membranes. *Vet. Dermatol.* 8 ( 3 ) : 165 – 76.

BARKMAN, P. , BARKMAN, B. 1999. A Well Trained Llama; A Trainer's Guide, Revised 3<sup>rd</sup> ed. [Paperback]. 48p

BARTHEZ P. Pratique de la radioprotection en radiologie vétérinaire. Mesures réglementaires. [en ligne] [<http://www.vet-lyon.fr/ens/imagerie/D1/10.Radioprotection/Rnotes.html>] (consulté le 2 février 2012).

- BATCHMAN EJ., AIKEN SW., CALLEY PP., 2006. Successful treatment of atlanto occipital luxation in an alpaca (Lama pacos). Journal of Zoo and Wildlife Medicine 37(1):71-74. 2006.
- BIRD KE., PARKER JE., ANDREASEN CB., WATROUS BJ., HEIDEL JR., 2004. Keratinizing ameloblastoma in a 9-month-old llama (Lama glama). J Vet Diagn Invest 16:89-92.
- BISCOGLIO, M.J., CASCONI, O., ARNAO D.N., A.I., SANTOME, J.A., SANCHEZ, D., ORE, R., VILLAVICENCIO, M. 1981. Isolation and character of alpaca growth hormone. Int. J. Peptide Protein Res. 17 : 374 – 79 .
- BOSIO L. 2006 Relations entre fertilité et évolution de l'état corporel chez la vache laitière : le point sur la bibliographie. Thèse dost. Vet. ENVL, Lyon.
- BRENES E., KRYSSIA M., PEREZ F., VALLADARES K. 2001. El Cluster de los Camélidos en Perú: Diagnóstico competitivo y recomendaciones estratégicas. Instituto Centroamericano de Administración de Empresas (INCAE). 19p.
- BRITT LG., MIDDLETON JR., WARHOVER T., KREEGER J., BRANSON K., 2005. Acanthomatous ameloblastoma of the maxilla of an adult alpaca. Veterinary Radiology & Ultrasound, Vol. 46, No. 1, p65-68.
- BROWN BW., 2000: A review on reproduction in South American camélidés. Animal Reproduction Science Volume 58, Issues 3-4, 15 March 2000, Pages 169-195.
- BUSTINZA CV., JAHUIRA HF. 1985. Frecuencia de defectos geneticos y sus implicacion productivos en explotaciones alpaqueras del Depto de Puno. Alpaka 1 ( 2 ): 11 – 35 .
- BYERS SR., PARISH SM., HOLMES SP., DONAHOE SL., BARRINGTON GM., 2007. A fungal granuloma of the frontal sinus in a llama. Can Vet J; 48:939-941
- C.I.R.A.D, 2001. Site du C.I.R.A.D. [en ligne], mis à jour en 2001, <http://camelides.cirad.fr/fr/curieux/llama.html>. (consulté le 4 février 2012)
- C.I.R.A.D, 2002. Site du C.I.R.A.D. [en ligne], texte par François Daval et Emilie Rondot mis à jour en juillet 2002, <http://camelides.cirad.fr/fr/curieux/Biogeo1.html> ; Biogéographie évolutive des camélidés, (consulté le 4 février 2012)
- CARGEN K., TIBARY A., SANDOVAL S., 2007. Technique for radiographic fluoroscopy evaluation of the cervix and uterus in alpacas. Abstracts / Theriogenology 68, 508-509
- CARRASCO V., A.A. 1968. Vasos y centros linfaticos superficiales del miembro pelvico de la alpaca Lama pacos. Tesis, Fac. Med. Vet. Univ. Nac. Mayor San Marcos (Lima), pp. 1 – 16 .
- CAUVET (Cdt) (1925): Le chameau. Tome I anatomie, physiologie, race, .extérieur, vie et mœurs, élevage, alimentation, maladies, rôle économique. 784 pp. J. B. Baillière et fils ed. Paris.
- CAVERO ROBBIANO, J.O. 1970. Composicion quimica de la saliva parotida de la alpaca Lama pacos y alcalinidad tituable. Tesis, Fac. Med. Vet. Univ. Nac. Mayor San Marcos (Lima), pp. 1 – 24 .
- CEBRA CK., 2011. The Use of Contrast Radiography in Camelids, 2011 Scientific presentations.
- CEBRA CK., Oral and Esophageal Disorders in Camelids. 2011 Scientific presentations.
- CICCHINO AC, MUÑOZ-COBENAS ME, BULMAN GM, DÍAZ JC, LAOS A., 1998. Identification of Microthoracius mazzai (Phthiraptera: Anoplura) as an economically important parasite of alpacas. Journal of Medical Entomology 35, 922-30.
- CIPRIAN RODRIGUEZ, C. 1972. Descripcion macro y microscopica del higado de la alpaca Lama pacos. Tesis, Fac. Med. Vet. Univ. Nac. Tec. Altiplano (Puno).

CLEMENS E.T. , STEVENS C.E. 1980. A comparison of gastrointestinal transit time in ten species of mammal. J. Agric. Sci. (UK) 94 ( 3 ): 735 – 37 .

CONACS: Consejo nacional de los camélidos sudamericanos, 1996. [en ligne]  
<http://www.camelydaperu.org.pe>

CONCHA-ALBORNOZ I., 2010. Anatomy of the Osseous External Acoustic Meatus, Middle Ear and Surrounding Soft Tissue in Llamas (*Lama glama*). Thèse doct. Vet. Oregon State University.

CONCHA-ALBORNOZ I., STIEGER-VANEGAS SM., CEBRA CK., 2012. Computed tomographic features of the osseous structures of the external acoustic meatus, tympanic cavity, and tympanic bulla of llamas(*Lama glama*). *Am J Vet Res* 2012;73:42-52.

CONCHOU F., MOGICATO G., 2008 : Travaux pratique radiologie A2, ENVT.

CURACA PENA A.A. 1970. Determinacion de miohemoglobina en musculo estriado de alpaca, *Lama pacos*. Arch. Inst. Biol. Andina 3 : 112 – 21 .

CURTIS C; DART AJ; RAWLINSON RJ; HODGSON DR. 1997. Short contributions:Hypertrophic osteopathy in an alpaca. *Amt Vet/ Vol*75, No 1, January 1997 p61-62.

DAGG, A.I. 1974. The locomotion of the camelid. J. Zool. (Lond.) 174 : 67 – 73 .

DEBNEY S., WERESKA M., DART CM., DART AJ., 2011. Surgical treatment of osteomyelitis and formation of a sequestrum in the distal metaphysis of the humerus in an alpaca cria. New Zealand Veterinary Journal, 59:1, 46-49.

DEL POZO C.A. 1944. Estudio de la cabeza osea en el genero Auchenia. Rev. Univ. Cuzco 33 ( 86 ): 197 – 250 .

DUPUIS J. ; Ostéotomie de nivellement du plateau tibial (TPLO). Le rapporteur, avril 2008.

DYCE KM, SACK WO, WEINSING CJG. Textbook of Veterinary Anatomy. 3<sup>rd</sup> Edition Philadelphia: Saunders, 2002. Chapters 3, 8 & 25.

FAIRFIELD T., 2006, The Politics of Livestock Sector Policy and the Rural Poor in Peru, The alpaca sector, meat sector p43.

FARROW CS., 2008. Veterinary diagnostic imaging: birds, exotic pets & wildlife. 448p. Hardback.

FOREYT WJ, 2001. Veterinary Parasitology Reference Manual, 5th ed. Iowa State University Press; 2001.

Forum Astrid en escale : <http://astrid.en-escale.com> [en ligne], Photographie publiée en 2009, [http://www.google.fr/imgres?q=vigogne&um=1&hl=fr&sa=X&biw=1366&bih=622&tbs=isz:l&tbn=isch&tbnid=hygDRgzxtNc9SM:&imgrefurl=http://astrid.en-escale.com/photos-arica-et-parc-de-lauca\\_5802.html&docid=LoD6t0ybsw0qoM&imgurl=http://astrid.en-escale.com/une-vigogne-el-vicugna-photos1\\_3\\_26\\_258\\_25711\\_full.jpg&w=1024&h=768&ei=Bp8rT6v6MbH14QT2nb2MDg&zoom=1&iact=rc&dur=466&sig=106342340079221309237&page=1&tbnh=167&tbnw=223&start=0&ndsp=10&ved=1t:429,r:3,s:0&tx=181&ty=58](http://www.google.fr/imgres?q=vigogne&um=1&hl=fr&sa=X&biw=1366&bih=622&tbs=isz:l&tbn=isch&tbnid=hygDRgzxtNc9SM:&imgrefurl=http://astrid.en-escale.com/photos-arica-et-parc-de-lauca_5802.html&docid=LoD6t0ybsw0qoM&imgurl=http://astrid.en-escale.com/une-vigogne-el-vicugna-photos1_3_26_258_25711_full.jpg&w=1024&h=768&ei=Bp8rT6v6MbH14QT2nb2MDg&zoom=1&iact=rc&dur=466&sig=106342340079221309237&page=1&tbnh=167&tbnw=223&start=0&ndsp=10&ved=1t:429,r:3,s:0&tx=181&ty=58), (consulté le 19 février 2012).

FOWLER , M.E. , ZINKL , J. 1989. Reference values for hematology and serum biochemistry in llamas . Am. J. Vet. Res. 50 ( 12 ): 2049 – 53 .

FOWLER , M.E. 1983 . The jugular vein of the llama — a clinical note. J. Zoo Anim. Med. 14 : 77 – 78 .

FOWLER , M.E. 1984 . Clinical anatomy of the head and neck of the llama, *Lama glama* . In RYDER , O.A. , et BYRD , M.L. , eds. One Medicine. A Tribute to Kurt Benirschke . Berlin : Springer - Verlag , pp. 141 – 49 .

- FOWLER M.E. , PAPPAGIANIS D. , INGRAM I. 1992. Coccidiomycosis in llamas in the United States: 19 Cases (1981 – 1989). J. Am. Vet. Med. Assoc. 201 : 1609 – 14 .
- FOWLER M.E. 1994. Llama vision. Llamas 8 ( 5 ): 12 .
- FOWLER M.E., GILLESPIE D., 1985. Middle and inner ear infection in llamas. J. Zoo Anim. Med. 16 : 9 – 15 .
- FOWLER ME., 2010. Medicine and Surgery of Camelids, Third Edition. 630p.  
 Chapitre 2: Feeding and Nutrition p17; Chapitre 3: Restraint and Handling p59; Chapitre 10: integumentary system, p289; Chapitre 11: Musculoskeletal System p311; Chapitre 12: Respiratory System; Chapitre 13: Digestive System; Chapitre 14: Endocrine System; Chapitre 15: Hemic and Lymphatic Systems; Chapitre 16: Cardiovascular System; Chapitre 17: Reproduction (Murray E. Fowler, DVM , and P. Walter Bravo , DVM, PhD); Chapitre 18: Urinary System; Chapitre 19: Organs of Special Sense; Chapitre 20: Nervous System; Chapitre 22: Congenital/Hereditary Conditions; Chapitre 24: Conformation and gait.
- FOWLER, M.E. 1984. Congenital and hereditary diseases of llamas. Proc. 26th Int. Symp. Erkr. Zootiere 26 : 153 – 57.
- FOWLER, M.E. 1990. Ricketts in llamas and alpacas. Llamas (Mar./Apr.): 92 – 95 .
- FRANKLIN, W.L. 1982. Biology, ecology, and relationship to man of the South American camelids. In MARES, M.A. , GENOWAYS, H.H. , eds. Mammalian Biology in South America. Special publication series, Vol.6 . Pymatuning Laboratory of Ecology and the University of Pittsburg , Linesville, Pennsylvania .
- FUBINI S, DUCHARME N. Farm Animal Surgery. Missouri: Saunders, 2004. pp. 505-506.
- GALL DA., ZEKAS LJ., VAN METRE D., HOLT T., 2006. Imaging diagnosis: pulmonary metastases in new world camelids. Veterinary Radiology & Ultrasound, Vol. 47, No. 6, p 571–573.
- GALOTTA D.R., FREIRE C.M., GALOTTA J.M. 1985. Contributions a la anatomia de los camelidos sudamericanos I. Las almohadillas digitales la llama. Rev. Cienc. Agrar. 4 ( 3, 4 ): 5 – 13 .
- GALOTTA D.R., GALOTTA J.M. 1988. Osteologia del llama (*Lama glama guanicoe* f.d. glama Linnaeus, 1758). Rev. Cienc. Agrar. Tecnologia alimentos 9 (1– 4 ): 19 – 61 . (3 ref.)
- GAVIER, M.D. 1987. Evaluation of the combination of xylazine, ketamine and halothane for anesthesia in llama. M.S. thesis, University of California, Davis.
- GELATT K.N., OTZEN MARTINIC G.B., FLANEIG J.L., SCHEIN O.D., MUNOZ B., WEST S.K., DUNCAN D.D., NETHERCOTT J.R., KOREN H.S., 1995. Results of ophthalmic examinations of 29 alpacas . J. Am. Vet. Med. Assoc. 206 (8 ): 1204 – 7 .
- GIUDICELLI B. & C., 2004. Lamas et Alpagas, les connaître, les élever [Broché], 146 p.
- GIUDICELLI C., GIUDICELLI B., 2004. Lamas et alpagas . Les connaître, les élever ; Guide (broché).
- GIUDICELLI E., 2004. Le diagnostic de gestation chez les lamas et alpagas: etude retrospective du dosage de progesterone en France depuis 1990.
- GOSWAMI , S.K. , DHINGRA , L.D. , and NAGPAL , S.K. 1994 . Regional differences in the pigmentation of skin in camels . Indian J. Anim. Sci. 64 : 4 , 328 – 30 .
- GRASSÉ, 1967. Traité de zoologie. Tome XVI. Fascicule 1: Mammifères. Téguments et squelettes.
- GRASSÉ, 1973, traité de zoologie. Tome XVI, *Fascicule 5*.; Mammifères. Splanchnologie.
- GUERRERO, R.J. , and VILLAVICENCIO, M. 1971 . Glucose oxidation in the submaxillary gland of the alpaca. Peru Soc . Quim. Bol. 3 ( 2 ): 49 – 50 .

HAMIR A. N., PIERCE V., RICHARDSON D. 1997. Intraosseous hemangiosarcoma with metastasis in a three-month-old llama. J Vet Diagn Invest 9:210-213.

HARVEY R., DELAUCHE A., HARARI J., 2005. Ear diseases of the dog and cat (2nd ed.). Paperback, 320p.

HEATH , D. , CASTILLO , Y. , ARIAS - STELLA , J. , HARRIS , P. 1969 . The small pulmonary arteries of the llama and other domestic animals native to high altitudes, cat, dog, cow . Cardiovasc. Res. 3 ( 1 ): 75 – 78 .

HEATH , D. , SMITH , P. , WILLIAMS , D. , HARRIS , P. , ARIAS - STELLA , J. , KRUGER , H. 1974. The heart and pulmonary vasculature of the llama *Lama glama*. Thorax 29 ( 4 ): 463 – 71 .

HEATH, D. , SMITH , P. , BIGGAR , R. 1980 . Clara cells in llamas born and living at high and low altitudes. Br. J. Dis. Chest 74 ( 1 ): 75 – 80 .

HEATH, D. , SMITH , P. , HARRIS , P. 1976 . Clara cells in the llama. Exp. Cell Biol. 44 ( 2 ): 73 – 82 .

HILL , F.I. , THOMPSON , K.G. , GRACE , N.D. 1994. Rickets in alpacas ( *Lama pacos* ) in New Zealand. N.Z. Vet. J. 42 ( 2 ): 75

HOWARD, F.A.S.M. 1988. Comparative forage selectivity and nutrition of South American camelids and sheep. Diss. Abstr. Int., B (Sci. and Eng.) 49 ( 3 ): 598B.  
<http://www.acvr.org/node/663>. (Consulté le 15 mars 2012).

HUBER MJ.. 2011. Bone sequestration of the appendicular skeleton in camelids. ACVS Veterinary symposium 2011

HUI-CHU L., 2012. Small ruminants and camelids anesthesia: review and update. 84th Annual Western Veterinary Conference.

Site HINDAWI ; [en ligne] <http://www.hindawi.com/journals/ijz/2009/721798/fig2/>  
IVESTER KM., BAIRD AN., BAIRD DK., OERTLEY-PIHERA K., 2006. Diagnostic Imaging in Veterinary Dental Practice. JAVMA, Vol 228, No. 9, May 1, 2006. p 1343-1344.

J.-P. JOUANY, 2000. La digestion chez les camélidés : comparaison avec les ruminants. INRA Prod. Anim., 2000, 13 (3), 165-176.

JANN HW., HART JC.A., MOORMAN VJ., STRAUSS PM., FACKELMAN G.E., 2010. Partial carpal arthrodesis in a 2-year-old alpaca. CVJ / vol 51 / August 2010 p881-884

KITSUTANI O.G., 1978. Inervacion periferica de los segmentos hombro y brazo de la alpaca ( *Lama pacos* ) Thèse vet., Fac. Med. Vet. Univ. Nac. Mayor San Marcos (Lima).

KÖNIG HE, LIEBICH HG. Veterinary anatomy of domestic mammals. Textbook and colour atlas. 4th ed. Stuttgart, Germany: Schattauer, 2009;595–608.

LEGUIA, G. & CASAS, E., 1998. Eimeria ivitaensis (Protozoa: Eimeriidae) en alpacas (Lama pacos). Revista Peruana de Parasitologia 13, 59-61

LESBRE F. X., CHAUVEAU A., ARLOING S. 1922. Traite d'anatomie comparée des animaux domestiques. Se. ed. T. 1. pp. 631-633. J. B. Bailliere et Fils. Paris.

LEYVA, V. , MARKAS , J. 1991. Involucion de la glandula mamaria en alpacas y efecto sobre el peso corporal y produccion de fibra. Turrialba. 41: 59 – 63 .

LIVINGSTON CK., DART AJ., DOWLING BA., DART CM., HODGSON DR., 2001. Surgical correction of carpal valgus deformity in three alpacas. Aust Vet J / Vol 79, No 12, December 2001 p821-823

- LUCIANO L., REALE, E., ENGELHARDT, W. von. 1980. The fine structure of the stomach mucosa of the llama *Lama guanicoe*. II. The fundic region of the hind stomach. Cell Tissue Res. 208 ( 2 ): 207 – 28.
- LUCIANO L., VOSS – WERMBTER, G., BEHNKE, M., ENGELHARDT, W. von, REAL, E. 1979. (The structure of the stomach mucosa in the llama) Die Struktur der Magenschleimhaut beim Lama, Lama guanicoe und Lama lamae. I. Vormagen. Gegenbaurs Morphol. Jahrb. 125 : 519 – 49.
- MAITRISE ORTHOPEDIQUE N° 133, 2004, (Page consultée le 03 05 12), Le journal orthopédique sur le web [en ligne]. Adresse URL : <http://www.maitrise-orthop.com> (C. CAZEAU).
- MANGAN BG., GIONFRIDDO JR. POWELL CC., 2008. Bilateral nasolacrimal duct atresia in a cria. *Veterinary Ophthalmology* 11, 1, 49-54
- MARGIOCCO M., SCANSEN BA., BONAGURA JD., 2009. Camelid Cardiology. *Vet Clin Food Anim* 25 423-454
- MARIN, J. C., ZAPATA B., GONZALEZ B. A., BONACIC C., WHEELER J. C., CASEY C., et al. 2007. Systematics, Taxonomy and domestication of alpaca and llama: new chromosomal and molecular evidence. *Revista chilena de historia natural*, 80, 121-140.
- MATHON, 2010 : Cours de chirurgie sur les affections du grasset mai 2010.
- MATTOON JS., GERROS TC., PARKER J., CARTER C., LAMARCH R. Upper airway obstruction in a llama caused by aberrant nasopharyngeal bots (*cephenemyia sp.*). *Veterinary Radiology & Ultrasound*, Vol. 38, No. 5, p 384-386.
- MATUSITA A., MANRIQUE J. 1970. Observaciones preliminares de la pars intermedia de hipofisis en alpacas. 1st Conv. Camelidos Sudam. (Auquenidos), Puno, Peru, pp. 61 – 62.
- MAYHUA P., QUISPE E. C., MONTES M., ALFONSO L., 2012. Fibre production in South American camelids and other fibre animals, Part 2, 59-64, Differences in fibre diameter profile between shearing periods in white Huacaya Alpacas (*Vicugna pacos*).
- MC CAULEY CT., CAMPBELL GA., CUMMINGS CA., DROST WMT., 2000. Ossifying fibroma in a llama. *J Vet Diagn Invest* 12:473-476
- MC DOWELL, L.R., CONRAD, J.H., THOMAS, J.E., HARRIS, L.E. 1974. Latin American Tables of Feed Composition. 1974 pp. xxvii + 509 + G-16pp.
- MC KENZIE EC., SEGUIN B., CEBRACK, MARGIOCCO ML., ANDERSON DE., LÖHR CV., 2010. Esophageal dysfunction in four alpaca crias and a llama cria with vascular ring anomalies. (*J Am Vet Med Assoc* ;237:311-316)
- MC CLANAHAN SL., WILSON JH., ANDERSON KL., 2006. What is your diagnosis? Hypophosphatemic rickets as a consequence of hypovitaminosis D. *JAVMA*, Vol 229, No.4. p499-500
- MC CLANAHAN SL., MALONE ED., ANDERSON KL, 2005. Bladder outlet obstruction in a 6-month-old alpaca secondary to pelvic displacement of the urinary bladder. *Can Vet J*;46:247-249.
- MERK VETERINARY MANUAL: *Site du Merk Veterinary Manual*. [en ligne], mise à jour en 2011, <http://www.merckvetmanual.com/mvm/index.jsp?cfile=htm/bc/170712.htm>. (Consulté le 2 mars 2012).
- MINISTERE DE L'AGRICULTURE DU PEROU (2004) : Portal Agario on line Portal de Ministerio de Agricultura. <http://www.minag.gob.pe>.
- MOGICATO G., SAUTET J., 2007. Cours d'anatomie (ostéologie), A1, ENVT.
- MONTALVO A.C., COPAIRA B.M., 1968. Contribucion al estudio de la morfologia de la alpaca, Lama pacos. Estudio histologica y histoquimico de las glandulas endocrinas. I. Hipofisis. *Rev. Fac. Med. Vet. (Lima)* 22 : 70 – 85.

- MORLAT, 2010. Atlas radiographique et ostéologique du chevreuil (« Capreolus capreolus L. »). Thèse doct. Vet. ENVT. Toulouse. 226 p.
- MSELLATI L., 1988 : Contribution à l'étude des camélidés sud-américains: la reproduction, situation actuelle et perspectives d'avenir. Thèse doc. Vet., ENVT, Nantes, France, 135p.
- MULLER G.H., KIRK R.W., SCOTT D.W., 1983. Small Animal Dermatology, 3rd ed. Philadelphia: W.B. Saunders.
- MURPHY J., HALL C., ARKINS S., 2009. What Horses and Humans See: A Comparative Review International Journal of Zoology. Volume 2009 (2009), Article ID 721798, 14 pages.
- NELSON NC., MATTOON JS., ANDERSON DE., 2011. Radiographic appearance of the thorax of clinically normal alpaca crias. *Am. J Vet Res* 72:1439–1448.
- NEWMAN KD., ANDERSON DE., 2009. Fracture Management in Alpacas and Llamas. *Vet Clin Food Anim* 25, 507–522
- NIEHAUS AJ., ANDERSON DE., 2007. Tooth root abscesses in llamas and alpacas: 123 cases (1994–2005). *J Am Vet Med Assoc*, 231:284–289.
- NIEHAUS, 2009: Dental Disease in Llamas and Alpacas. *Vet Clin Food Anim* 25, 281–293
- ORTIZ, C., CAVERO, J., SILLAU, H., CUEVA, S. 1974 . The parotid saliva of the alpaca *Lama pacos*. *Res. Vet. Sci.* 16 (1): 54 – 56 .
- PANEL D, 1985. Contribution à l'étude des camélidés sud-américains : l'élevage sur l'altiplano andin. Thèse doc. Vet. ENVT, Lyon, 109p.
- PAULSEN, M.E., YOUNG, S., SMITH, J.A., and SEVERIN, G.A. 1989 . Bilateral chorioretinitis, centripetal otic neuritis, and encephalitis in a llama. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 194 (9): 1305 – 8 .
- PEAVEY CL., TROSTLE SS., GREEN E., 2000. Vet Med Today: What Is Your Diagnosis? *JAVMA*, Vol 217, No. 8, October 15, 2000, p 1141-1142.
- REED SK., 2008. A Molecular and Morphologic Study of Idiopathic Fetlock Hyperextension and Suspensory Apparatus Breakdown in the Llama. June 17, 2008. P40
- RITTER J., WEBB JL., LEROY BE., LATIMER KS., 2007. An Overview of Coccidioidomycosis. *Site de UGA VTH*. [en ligne]. <http://www.vet.uga.edu/vpp/clerk/ritter/index.php> (consulté le 3 mars 2012)
- ROSYCHUCK R.A.W., 1994. Llama dermatology. In JOHNSON L.W., ed. Update on Llama Medicine. *Vet. Clin. North Am., Food Anim. Pract.* 10 ( 2 ): 228 – 37 .
- ROSYCHUCK R.A.W., 1989. Llama dermatology. *Vet. Clin. North Am., Food Anim. Pract.* 5 ( 1 ): 203 – 15
- ROUSSEAU M., ANDERSON DE., MIESNER M., SCHULZ K., WHITEHEAD CE., Scapulohumeral joint luxation in alpacas: 10 cases 2003–2009. *J Am Vet Med Assoc* 2010; 237:1186–1192.
- RUBIO-MARTÍNEZ LM., KOENIG JB., HALLING KB., WILKINS K., SCHULZ K., Use of a circular external skeletal fixator for stabilization of a comminuted diaphyseal metatarsal fracture in an alpaca. *Scientific Reports: Clinical Report JAVMA*, Vol 230, No. 7, April 1, 2007 p1044-1048.
- RUSSELL K.P., 1977. The specialty animal fibres. *Textiles* 6 ( 1 ): 8 – 12 .
- RYAN, E.G., DWYER, P.J., CONNOLLY, D.J., FAGAN, J., COSTELLO, E., MORE, S.J., 2008. Tuberculosis in alpaca on a farm in Ireland. A clinical report. *Irish Veterinary Journal*. Volume 61 Number 8 527-531.
- SANTOS J-F., 1997, Contribution à l'étude de l'élevage de lamas et d'alpagas en France. Thèse doc vet. ENVL. 67p.

- SCHALLER O., 1992. Osteologia, dans : Illustrated veterinary anatomical nomenclature. 2nd ed. Stuttgart, Germany: Ferdinand Enke Verlag;10–75.
- SCHULZ KL., ROUSH JK., ANDERSON DE., HOOTS E., 2009. Total Hip Replacement in an Alpaca Using a Cementless Implant. Veterinary Surgery 38:92–95.
- SCHUMACHER S. von . 1906. (On the vagus nerve in the llama and vicuña) Ueber die Kehlkopfnerve beim Lama ( *Auchenia lama* ) und Vicuna ( *Auchenia vicugna* ). Anat. Anzeiger 28 : 156 – 60.
- SMITH , B.B. , PEARSON , E.G., LEON , J., 1989 . Evaluation of normal triiodothyronine and tetraiodothyronine concentrations in llamas ( *Lama glama* ). Am. J. Vet. Res. 50 ( 8 ): 1215 – 19 .
- SMITH , B.B. , REED , P.J. , PEARSON , E.G. , et al., 1991. Erythrocyte dyscrasia, anemia, and hypothyroidism in chronically underweight llamas. J. Am. Vet. Med. Assoc. 198 : 81 – 88 .
- SMITH C.L., PETER A.T., PUGH D.G., 1994: Reproduction in llamas and alpacas: A review. Theriogenology, Volume 41, Issue 3, 2 February 1994, Pages 573–592
- SMITH T. J., GIRARD N. M., O'RIORDAN J., FITZPATRICK N.. 2009. Tibial plateau levelling osteotomy in an alpaca. Vet Comp Orthop Traumatol 4/2009 p 332-335.
- SMUTS M.M.S., BEZUIDENHOUT A.J. 1987. Anatomy of the Dromedary. Oxford: ClarendonPress, 230 p.
- SPONENBERG D.P., ITO S., WAKAMATSU K., ENG L.A., 1988. Pigment types in sheep, goats, and llamas. Pigment Cell Res. 1 ( 6 ): 414 – 18 .
- SPURGEON TL., MCCracken TO., KAINER RA., 1999. Spurgeon's color atlas of large animal anatomy, the essential.
- STADING BR., GAMBLE KC., 2011. Clinical Challenge. Journal of Zoo and Wildlife Medicine 42(3):524-526.
- STAMBOULI 2006 (Radioprotection et exercice libéral vétérinaire. *Conférence d'internat*. Imagerie médicale. ENVA. Septembre 2006) dans COMBES, 2007 (Contribution à l'imagerie médicale du wallaby de Bennett « *Macropus rufogriseus* ». Thèse doct. Vet. ENVT, Toulouse, 199p).
- STEP D., RITCHEY, JW. DROST WT., BAHR RJ.. 2003. Ameloblastic odontoma in the mandible of a llama. Can Vet J; 44:824–827.
- SUKON, P.; TIMM, K. I., VALENTINE, B. A., 2009. Esophageal anatomy of the Llama ( *Lama glama* ). Int. J. Morphol., 27(3):811-817.
- SULLIVAN EK., CALLAN RJ., HOLT TN., VAN METRE DC., 2005. Trichophytobezoar Duodenal Obstruction in New World Camelids. Veterinary Surgery 34:524–529.
- SUMAR J., 1985: Reproductive physiology in South American camelids. In: RB LAND and DW Robinson (eds), Genetics of Reproduction in Sheep. Butterworths, London, 1985
- SUMAR J., 1996: Reproduction in llamas and alpacas. Animal Reproduction Science Volume 42, Issues 1–4, April 1996, Pages 405–415.
- TIMM KI., WATROUS BJ., SMITH BB., 1999. Radiographic contrast gastrointestinal study of the neonatal llama. Veterinary Radiology & Ultrasound, Vol. 40, No. 6, p 596-604.
- TORNQUIST SJ., 2009. Clinical Pathology of Llamas and Alpacas. Vet Clin Food Anim 25 311–322.
- VALLENAS P.A. , SILLAU , H. , CUEVA , S. , ESQUERRE, J. 1974 . Linea de ciencias fisiologicas y morfologicas. Bol. Divulg. 151 : 118 – 22 .



- VILLAVICENCIO, M., GUERRA, R., VASQUES, R. 1971a. Glucose oxidation in the alpaca liver. Peru Soc. Quim. Bol. 37 ( 2 ): 52 .
- VILLAVICENCIO, M., GUERRA, R., VASQUES, R. 1971b. Glucose oxidation and glucose neogenesis in alpaca liver. Acta Cient. Ven. [Suppl. 2] 22 : 65 .
- WATROUS B., KOENIG J., Kaneps AJ., Adams JG., Parker JE., 2001. Otitis media in a llama JAVMA, Vol 218, No. 10, Scientific Reports: Clinical Report p1619-1623.
- WATROUS BJ., PEARSON EG., SMITH BB., SNYDER SP., BLYTHE LL., RIEBOLD TW., HEDSTROM O.R., 1995. Megaesophagus in 15 llamas: A retrospective study (1985 – 1993). J. Vet. Int. Med. 9 ( 2 ): 92-99
- WATT BC., TEMPLER A., EDWARDS RB.III, 2000. Vet Med Today: What Is Your Diagnosis? JAVMA, Vol 216, No. 2, January 15, 2000, P 179-180
- WHEELER, J.C. 1982. Aging llamas and alpacas by their teeth. Llama World 1 ( 2 ): 12 – 17
- WHEELER, J.C. 1995. Evolution and present situation of the South American Camelidae. Biol. J. Linn. Soc. 54 : 271 – 95.
- WHEELER, J.C., KADWELL M., FERNANDEZ M., STANLEY HF., BALDI R., ROSADIO R., BRUFORD MW. 2001. Genetic analysis reveals the wild ancestors of the llama and the alpaca. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*
- WHITEHEAD CE., BEDENICE D. Neurologic Diseases in Llamas and Alpacas, Vet Clin Food Anim 25 (2009) 385-405
- Wikipédia Camélidés. *Site Wikipédia*. [en ligne]. Photographie, mise à jour en mars 2012, <http://fr.wikipedia.org/wiki/Camelidae> (consulté le 26 mars 2012).
- WINSCONSIN BRAIN COLLECTION, Site brain museum, [en ligne] <http://www.brainmuseum.org/Specimens/artiodactyla/llama/brain/llama6clr.jpg> (consulté le 20 février 2012).
- ZANOLARI P., 2007. Les problèmes dentaires chez petits camélidés, forum 12/2007 p13-20.
- ZANOLARI P., TSCHUDI M., RYTZ U., STEINER A., 2002. Treatment of temporary upward fixation of the patella in an alpaca by abrasion trochleoplasty and imbrication of the medial retinacular fascia. Veterinary Record 150, 752-754
- ZAPATA QUIROGA, E. 1971. Contribucion a la descripcion macroscopica y microscopica de la cavidad nasal, traquea y hioides de los camélidés Sudamericanos. Tesis, Fac. Med. Vet. Univ. Nac. Tec. Altiplano (Puno), p. 106 .