ÉCOLE NATIONALE VETERINAIRE D'ALFORT

Année 2011

RÉALISATION D'UN SITE INTERNET À VISÉE PÉDAGOGIQUE CONSACRÉ À L'OSTÉOLOGIE COMPARÉE DES CARNIVORES DOMESTIQUES, DES ÉQUIDÉS ET DES BOVINS

THÈSE

Pour le

DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

Présentée et soutenue publiquement devant

LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE CRÉTEIL

le……

par

Mélanie RAFFAELLI

Née le 30/11/1986 à Clamart

JURY

Président : M.
Professeur à la Faculté de Médecine de CRÉTEIL

Membres
Directeur : Dr Henry CHATEAU
Maître de conférences à l'ENVA
Assesseur : Pr Fabrice AUDIGIE
Professeur à l'ENVA

LISTE DES MEMBRES DU CORPS ENSEIGNANT

Directeur : M. le Professeur MIALOT Jean-Paul

Directeurs honoraires : MM. les Professeurs MORAILLON Robert, PARODI André-Laurent, PILET Charles, TOMA Bernard

Professeurs honoraires: MM. BRUGERE Henri, BUSSIERAS Jean, CERF Olivier, CLERC Bernard, CRESPEAU François, DEPUTTE Bertrand LE BARS Henri, MOUTHON Gilbert, MILHAUD Guy, POUCHELON Jean-Louis, ROZIER Jacques

DEPARTEMENT D'ELEVAGE ET DE PATHOLOGIE DES EQUIDES ET DES CARNIVORES (DEPEC)

Chef du département : M. POLACK Bruno, Maître de conférences - Adjoint : M. BLOT Stéphane, Professeur

- UNITE DE CARDIOLOGIE
Mme CHETBOUL Valérie, Professeur
Melle GKOUNI Vassiliki, Praticien hospitalier

- UNITE DE CLINIQUE EQUINE
M. AUDIGIE Fabrice, Professeur*
M. DENOIX Jean-Marie, Professeur
Mme GIRAUDET Aude, Praticien hospitalier
Mlle CHRISTMANN Undine, Maître de conférences
Mme MESPOULHES-RIVIERE Céline, Maître de conférences contractuel
Mme PRADIER Sophie, Maître de conférences contractuel
Melle DUPAYS Anne-Gaëlle, Maître de conférences contractuel

- UNITE D'IMAGERIE MEDICALE
M. LABRUYERE Julien, Professeur contractuel
Mme STAMBOULI Fouzia, Praticien hospitalier

- UNITE DE MEDECINE
M. BLOT Stéphane, Professeur*
M. ROSENBERG Charles, Maître de conférences
Mme MAUREY-GUENEC Christelle, Maître de conférences
Mme BENCHEKROUN Ghita, Maître de conférences contractuel

- UNITE DE MEDECINE DE L'ELEVAGE ET DU SPORT
M. GRANDJEAN Dominique, Professeur *
Mme YAGUIYAN-COLLIARD Laurence, Maître de conférences contractuel

- DISCIPLINE : NUTRITION-ALIMENTATION
M. PARAGON Bernard, Professeur

- DISCIPLINE : OPHTALMOLOGIE
Mme CHAHORY Sabine, Maître de conférences

- UNITE DE PARASITOLOGIE ET MALADIES PARASITAIRES
M. CHERMETTE René, Professeur *
M. POLACK Bruno, Maître de conférences
M. GUILLOT Jacques, Professeur
Mme MARIGNAC Geneviève, Maître de conférences
M. HUBERT Blaise, Praticien hospitalier
M. BLAGA Radu Gheorghe, Maître de conférences contractuel (rattaché au DPASP)

- UNITE DE PATHOLOGIE CHIRURGICALE
M. FAYOLLE Pascal, Professeur *
M. MOISSONNIER Pierre, Professeur
M. MAILHAC Jean-Marie, Maître de conférences
M. NIEBAUER Gert, Professeur contractuel
Mme VIATEAU-DUVAL Véronique, Maître de conférences
Mme RAVARY-PLUMIOEN Bérangère, Maître de conférences (rattachée au DPASP)
M. ZILBERSTEIN Luca, Maître de conférences

- UNITE DE REPRODUCTION ANIMALE
M. FONTBONNE Alain, Maître de conférences*
M. NUDELMANN Nicolas, Maître de conférences
M. REMY Dominique, Maître de conférences (rattaché au DPASP)
M. DESBOIS Christophe, Maître de conférences
Mme CONSTANT Fabienne, Maître de conférences (rattachée au DPASP)
Mme MASSE-MOREL Gaëlle, Maître de conférences contractuel (rattachée au DPASP)
M. MAUFFRE Vincent, Maître de conférences contractuel (rattaché au DPASP)

- DISCIPLINE : URGENCE SOINS INTENSIFS
Mme ROUX Françoise, Maître de conférences

DEPARTEMENT DES PRODUCTIONS ANIMALES ET DE LA SANTE PUBLIQUE (DPASP)

Chef du département : M. MILLEMANN Yves, Maître de conférences - Adjoint : Mme DUFOUR Barbara, Professeur

- DISCIPLINE : BIOSTATISTIQUES
M. DESQUILBET Loïc, Maître de conférences contractuel

- UNITE D'HYGIENE ET INDUSTRIE DES ALIMENTS D'ORIGINE ANIMALE
M. BOLNOT François, Maître de conférences *
M. CARLIER Vincent, Professeur
Mme COLMIN Catherine, Maître de conférences
M. AUGUSTIN Jean-Christophe, Maître de conférences

- UNITE DES MALADIES CONTAGIEUSES
M. BENET Jean-Jacques, Professeur*
Mme HADDAD/HOANG-XUAN Nadia, Professeur
Mme DUFOUR Barbara, Professeur
Melle PRAUD Anne, Maître de conférences contractuel

- UNITE DE PATHOLOGIE MEDICALE DU BETAIL ET DES ANIMAUX DE BASSE-COUR
M. ADJOU Karim, Maître de conférences *
M. MILLEMANN Yves, Maître de conférences
Mme BRUGERE-PICOUX Jeanne, Professeur (rattachée au DSBP)
M. BELBIS Guillaume, Maître de conférences contractuel
M. HESKIA Bernard, Professeur contractuel

- UNITE DE ZOOTECHNIE, ECONOMIE RURALE
Mme GRIMARD-BALLIF Bénédicte, Professeur*
M. COURREAU Jean-François, Professeur
M. BOSSE Philippe, Professeur
Mme LEROY Isabelle, Maître de conférences
M. ARNE Pascal, Maître de conférences
M. PONTER Andrew, Professeur

DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET PHARMACEUTIQUES (DSBP)

Chef du département : Mme COMBRISSON Hélène, Professeur - Adjoint : Mme LE PODER Sophie, Maître de conférences

- UNITE D'ANATOMIE DES ANIMAUX DOMESTIQUES
M. CHATEAU Henry, Maître de conférences*
Mme CREVIER-DENOIX Nathalie, Professeur
M. DEGUEURCE Christophe, Professeur
Mme ROBERT Céline, Maître de conférences

- DISCIPLINE : ANGLAIS
Mme CONAN Muriel, Professeur certifié

- UNITE DE BIOCHIMIE
M. MICHAUX Jean-Michel, Maître de conférences*
M. BELLIER Sylvain, Maître de conférences

- DISCIPLINE : EDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE
M. PHILIPS, Professeur certifié

- UNITE DE GENETIQUE MEDICALE ET MOLECULAIRE
Mme ABITBOL Marie, Maître de conférences*
M. PANTHIER Jean-Jacques, Professeur

-UNITE D'HISTOLOGIE, ANATOMIE PATHOLOGIQUE
M. FONTAINE Jean-Jacques, Professeur *
Mme BERNEX Florence, Maître de conférences
Mme CORDONNIER-LEFORT Nathalie, Maître de conférences
M. REYES GOMEZ Edouard, Maître de conférences contractuel

- UNITE DE PATHOLOGIE GENERALE MICROBIOLOGIE, IMMUNOLOGIE
Mme QUINTIN-COLONNA Françoise, Professeur*
M. BOULOUIS Henri-Jean, Professeur
M. FREYBURGER Ludovic, Maître de conférences

- UNITE DE PHARMACIE ET TOXICOLOGIE
M. TISSIER Renaud, Maître de conférences*
Mme ENRIQUEZ Brigitte, Professeur
M. PERROT Sébastien, Maître de conférences

- UNITE DE PHYSIOLOGIE ET THERAPEUTIQUE
Mme COMBRISSON Hélène, Professeur*
M. TIRET Laurent, Maître de conférences
Mme STORCK-PILOT Fanny, Maître de conférences

- UNITE DE VIROLOGIE
M. ELOIT Marc, Professeur *
Mme LE PODER Sophie, Maître de conférences

* responsable d'unité

REMERCIEMENTS

AU professeur de la faculté de médecine de Créteil, qui m’a fait l’honneur de présider ce jury de thèse, hommage respectueux.

À M. Henry CHATEAU, qui a suivi mon travail au fil des années,

À M. Fabrice AUDIGIE, pour avoir accepté d'être mon assesseur,

À M. Matthieu DELANNOY, pour avoir concrétisé mes idées, mes concepts, et ouvert la porte aux étudiants sur mon travail,

À M. Guillaume GERARD, pour m'avoir fait partager sa connaissance des os présents dans le service d'anatomie, et m'avoir aidée à faire les bons choix,

À l'unité d'anatomie des carnivores domestiques, pour m'avoir permis de mener à bien ce projet,

À M. Bruno ALLOUCHE, pour son investissement et son enthousiasme vis-à-vis de ce projet,

À M. Vincent DUPLAN, pour son aide précieuse quant à la mise à disposition du site aux étudiants,

À Adrien, toi qui m'as appris que le bonheur se trouvait dans le juste milieu. La patience m'a été nécessaire pour arriver au bout de ce travail et c’est grâce à toi si j'ai parcouru la dernière ligne droite,

À Anne et Floriano, mes parents, pour leur amour inconditionnel et leur foi en ma réussite. Il n'y a pas de mots pour exprimer ce que je ressens pour vous, mais la gratitude, la reconnaissance et la fierté en font partie.

À Benjamin, mon frère, mon modèle depuis toujours. Tu m'as donné envie d'être ce que je suis aujourd'hui.

À Floriane, ma sœur, mon amie. Tu as toujours été là quand j'avais besoin de parler, de crier, de pleurer, tu m'as donné le courage d'avancer encore et toujours,

À Béatrice, Gérard, Louis et Paul, pour m’avoir accueillie et aimée comme je suis, m’avoir soutenue et comprise dans les moments difficiles,

À Éric, tu m'as permis de croiser le chemin du bonheur.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION 5
PREMIERE PARTIE : CONTEXTE ET OBJECTIFS 8
A – Définitions 8
B – Constitution générale du squelette 8
1) Le squelette axial 8
2) Le squelette cingulaire 10
3) Le squelette des membres 10
C – Les modalités d'enseignement de l'ostéologie à l'ENVA 11
D – Les supports pédagogiques disponibles 14
1) Ouvrages publiés 14
2) Supports multimédias 19
E- Objectifs 20
DEUXIEME PARTIE : Matériels et méthodes 22
A – Matériels utilisés 22
1) Les pièces 22
2) Les photographies 23
B- Méthodes employées 26
1) Le traitement de l'image sur ordinateur 26
2) La construction du site internet 32
TROISIEME PARTIE : Résultats 36
A – Le fonctionnement du site 37
B – L'organisation du site 44
QUATRIEME PARTIE : Discussion 48
A – Apports du travail réalisé 48
1) Un public ciblé 48
2) Un support accessible 49

3) Un support usuel 49
4) Un support dynamique 50
B – Limites 51
1) Un parti pris de la sélection de l'information 51
2) Un accès Internet indispensable 51
3) Un outil inutile utilisé seul 51
CONCLUSION 54
BIBLIOGRAPHIE 56
Annexe 1 : Référentiel de diplôme vétérinaire 59
Annexe 2 : Objectifs d'apprentissage d'ostéologie S5, DCEV-1 Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort 63

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Installation de l'atelier 24
Figure 2 : Image initiale ouverte sous photoshop 26
Figure 3 : Etape de cadrage, rotation de l'image pour revenir à un positionnement correct 27
Figure 4: Harmonisation du fond et gommage des imperfections 28
Figure 5: Jeu avec la balance des niveaux pour sélectionner la luminosité optimale correspondant à une meilleure vision des reliefs osseux 29
Figure 6 : Étape d'orientation et légendage des os 30
Figure 7: Constitution du fichier Excel contenant les légendes associées 30
Figure 8: Page d'accueil 37
Figure 9: Ouverture d'une section après avoir cliqué sur la tête de squelette en page d'accueil 38
Figure 10: Affichage du menu déroulant permettant de sélectionner l'os souhaité en passant la souris sur la barre « os », qui passe d'un fond noir à un fond vert, puis sélection en cliquant sur la ligne appropriée à l'intérieur du cadre noir. 39
Figure 11: Affichage du menu déroulant concernant le choix de l'espèce souhaitée en passant la souris sur la barre « espèce », qui se colore alors en vert, puis sélection de l'espèce. 39
Figure 12: Choix de la vue souhaitée, toutes les barres de sélection sont alors affichées en vert. 40
Figure 13: Affichage par le navigateur de la vue de l'os de l'espèce souhaitée, les légendes correspondantes étant masquées 41
Figure 14: Affichage des légendes en passant la souris sur le cadre gris, elles disparaissent lorsque l'apprenant sort la souris de cette zone 42
Figure 15: La barre de menus située en face du titre de la photographie choisie permet de changer la vue, l'espèce ou l'os initialement sélectionnés à partir de cette page 43
Figure 16 : Affichage de la page concernant région de la tête après avoir cliqué sur celle du squelette de cheval en page d'accueil 44
Figure 17 : Page de la région de la colonne vertébrale et du squelette thoracique s'affichant après avoir cliqué sur la zone correspondante en page d'accueil 45

Figure 18 : Page consacrée au membre thoracique.....46
Figure 19: Affichage de la page donnant accès au membre pelvien.....47

INTRODUCTION

L'ostéologie comparée des mammifères domestiques est enseignée aux étudiants de l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort (ENVA) au cours de leur première année. Le principal support de cet apprentissage est l'os lui-même, disponible en temps limité dans les locaux de l'unité d'anatomie de l'ENVA. Les étudiants disposent d'un support polycopié pour travailler cette matière pendant et en dehors des cours. Il est possible également de se procurer des ouvrages consacrés à l'ostéologie, ou de les consulter à la bibliothèque de l'ENVA. L'objectif que nous nous sommes fixé a été de présenter l'ostéologie sur un support venant compléter ceux d'ores et déjà disponibles pour l'enseignement vétérinaire : un site internet. L'accès aux informations à distance, l'aspect interactif et pédagogique ont motivé le choix de cet outil multimédia.

Le contexte et les objectifs seront établis dans une première partie. Le matériel et les étapes successives nécessaires à la construction du site seront décrits dans une deuxième partie. Dans une troisième partie nous décrirons le fonctionnement de celui-ci en pratique. Cette partie constitue la rubrique « aide » du site. Nous discuterons enfin dans une quatrième et dernière partie des avantages et inconvénients du support choisi pour accompagner l'apprentissage de l'ostéologie tel qu'il se fait actuellement à l'ENVA.

PREMIERE PARTIE : CONTEXTE ET OBJECTIFS

A – Définitions

L’ostéologie est la partie de l’organographie qui étudie les os.

Les os sont les organes passifs de la locomotion. Les muscles s’attachent dessus, et agissent sur eux comme sur des leviers. Ils ont un rôle de protection de certains organes fragiles (système nerveux central, cœur, poumons). Ils constituent un réservoir de substances minérales et leur moelle intervient dans la production des éléments figurés du sang.

Le squelette, charpente constituée par l’ensemble des os d’un animal, lui donne sa forme générale et ses dimensions. La principale caractéristique des vertébrés est de posséder un squelette osseux.

B – Constitution générale du squelette

Le squelette des mammifères est constitué de deux grandes divisions : le squelette axial, comportant la tête, le cou et le tronc, et le squelette appendiculaire, comprenant la ceinture et les membres.

1) Le squelette axial

Le squelette axial comprend la colonne vertébrale, formée par les vertèbres. La tête est située à son extrémité crâniale, et les côtes, reliées par le sternum ventralement, s’y attachent en région thoracique.

a- Le squelette de la tête

Composé de deux parties, le crâne et la face, il est articulé à la première vertèbre cervicale (atlas). Le crâne est constitué par les os qui entourent l'encéphale, ses méninges et ses vaisseaux, ainsi que les organes essentiels de l'audition. Les os de la face forment la charpente des cavités nasales et de la bouche. Chez les mammifères, tous les os du crâne et de la face se soudent entre eux. Seuls restent mobiles les mandibules (permettant ainsi la mastication des aliments) et l'appareil hyoïdien (donnant attache à la langue, au pharynx et au larynx).

b- La colonne vertébrale

Formée d'os impairs et sériés nommés vertèbres, c'est la partie fondamentale du squelette des vertébrés. Chaque vertèbre comporte un corps et un arc dorsal (abritant la moelle épinière) donnant insertion à divers prolongements ou processus. L'aspect des vertèbres est différent suivant les segments de la colonne vertébrale, cinq groupes peuvent être distingués :

- Les vertèbres cervicales forment la base de la région du cou, et sont au nombre de sept chez les mammifères. La première, l'atlas, est articulée à la tête. Elle pivote sur la seconde, l'axis. Ces deux vertèbres ont donc des caractères très particuliers.
- Les vertèbres thoraciques forment la base des régions du garrot et du dos. Elles donnent articulation aux côtes, et entrent ainsi dans la constitution du thorax.
- Les vertèbres lombaires forment un pont entre le dos et le bassin.
- Les vertèbres sacrales sont soudées les unes aux autres et forment l'os sacrum, base de la croupe. Il s'unit solidement aux os de la ceinture pelvienne pour former le bassin. Il reçoit ainsi l'impulsion des membres pelviens qu'il transmet au reste du corps.
- Les vertèbres caudales ou coccygiennes entrent dans la constitution de la queue. Elles sont simples et mobiles, et deviennent de plus en plus incomplètes en allant vers le bout de la queue. Leur nombre, de l'ordre d'une vingtaine, est variable entre espèces ainsi qu'au sein d'une même espèce.

c- Les côtes et le sternum

Les côtes sont des os allongés et incurvés disposés par paires en série dans les parois du thorax. La partie proximale des côtes est articulée aux deux vertèbres adjacentes. Leur partie distale

est articulée au sternum ou unie indirectement à lui, caractérisant respectivement les côtes sternales et les côtes asternales.

2) Le squelette cingulaire

Les ceintures sont des arcs osseux placés dans les parois du tronc. Il existe une ceinture thoracique et une ceinture pelvienne, chacune articulée à la paire de membres qui lui correspond.

a- Ceinture thoracique

La scapula s'articule seule au premier segment du membre thoracique. La clavicule est étendue entre l'extrémité crâniale du sternum et un processus de la scapula, l'acromion. Son développement est très variable selon les groupes zoologiques : très faible chez les carnivores, elle disparaît chez les ongulés.

b- Ceinture pelvienne

Les trois pièces de cette ceinture sont bien développées : de chaque côté, la pièce dorsale est l'os ilium, les deux ventrales sont l'os pubis, crânial, et l'os ischium, caudal. Toutes trois sont soudées soilidairement en une seule pièce, appelée os coxal. Cette ceinture est articulée à la colonne vertébrale au niveau de l'os sacrum. L'ensemble des deux os coxaux et du sacrum constitue le bassin.

3) Le squelette des membres

Les membres sont chargés de supporter le corps et d'assurer son déplacement. Ils sont formés de segments articulés dont le proximal est attaché à une ceinture. Les membres thoraciques servent à la réception du poids du corps et à la suspension du thorax. Ils peuvent présenter des adaptations variées (fouissement, préhension…). Les membres pelviens quant à eux sont spécialisés dans la propulsion du corps. Chaque membre est composé de trois segments. Le premier, proximal, correspond au bras dans le membre thoracique et à la cuisse dans le membre pelvien, et ne comporte

qu'un seul rayon osseux. Le second en comprend toujours deux, et forme l'avant-bras ou la jambe, selon le membre. Le segment distal est plus complexe, il constitue la main du membre thoracique et le pied du membre pelvien.

a- Le membre thoracique

L'os du bras, unique, est l'humérus. Le radius et l'ulna sont les deux os de l'avant-bras. Ils peuvent tourner l'un sur l'autre ou se souder, l'un des os devenant à ce moment-là prépondérant. La main est formée du carpe, du métacarpe et des doigts (chaque doigt étant en principe formé de trois phalanges). Il existe de grandes variations interspécifiques en ce qui concerne ce segment distal.

b- Le membre pelvien

L'os de la cuisse est le fémur. La jambe est composée du tibia et de la fibula, cette dernière plus grêle et très régressée. A ces os on associe la rotule, placée devant l'extrémité distale du fémur. Le pied est constitué du tarse, du métatarse et des phalanges. Le métatarse est comparable au métacarpe, et les doigts sont analogues à ceux de la main.

C – Les modalités d'enseignement de l'ostéologie à l'ENVA

L'ostéologie est enseignée à l'ENVA en conformité avec les objectifs fixés dans le référentiel de diplôme vétérinaire validé par le ministère de l'agriculture et de la pêche (annexe 1).

Les objectifs généraux en Anatomie à l'ENVA ont été formulés de la manière suivante:
« A l'issue de cet enseignement, l'étudiant doit :
· avoir acquis les bases anatomiques indispensables à l'exercice de la médecine vétérinaire au sens large, dans le domaine des animaux domestiques,
· savoir utiliser cet acquis
1. dans le cadre de l'étude des grandes fonctions (enseignement de physiologie) et de l'anatomie microscopique (histologie) et pathologique
2. pour les applications professionnelles en matière de :

- propédeutique et de sémiologie (inspection, palpation, percussion, auscultation) : examen clinique d'un animal,
- imagerie médicale (en particulier: analyse et interprétation de clichés radiographiques et d'images échographiques),
- chirurgie (abord et technique),
- autopsie,
- inspection des denrées animales. »

En ostéologie, l'étudiant doit être capable de :
« · Décrire les différents constituants du squelette axial et du squelette appendiculaire, en respectant leur orientation et/ou leur courbure dans l'animal. Reconnaître et orienter ces os
· Citer les formules vertébrales des équidés, ruminants, carnivores et du porc
· Citer, pour les principaux os présentés, le type et la morphologie générale, les principaux reliefs osseux, en particulier les surfaces articulaires et les principaux sites d'insertions musculaire et ligamentaire, en précisant les reliefs qui sont palpables chez l'animal vivant
· Décrire les variations dans les principales espèces d'intérêt vétérinaire
· Enoncer les principes de la croissance et de la vascularisation des os »

L'enseignement d'ostéologie est dispensé au cours de plusieurs semaines réparties sur l'année. Au cours du premier semestre, six heures de travaux dirigés sont prévues pour enseigner l'ostéologie du tronc, auxquelles s'ajoutent environ quatre heures de révisions durant lesquelles les étudiants sont autonomes. Les travaux dirigés du second semestre sont consacrés à l'ostéologie du membre thoracique, du membre pelvien, ainsi que de la tête, chacun d'une durée de deux heures. Des créneaux de révision d'environ une heure sont prévus pour chaque région étudiée.

Les travaux dirigés sont menés par les enseignants illustrant leurs propos directement sur des os faisant partie de la collection de l'unité d'anatomie. Celle-ci est suffisamment étoffée pour permettre qu'un binôme d'étudiants dispose sur sa table d'une série d'os isolés pendant le TD. Les étudiants peuvent donc, par groupe de deux ou trois, repérer les os et les reliefs décrits par l'enseignant sur des os qu'ils ont directement en main. L'enseignant présente les différents os de la région étudiée en donnant des critères de diagnose pour chacun. Puis il s'attarde sur chaque os pour en décrire les principaux reliefs et foramens. Cette description est non exhaustive car le but de cet

enseignement est de transmettre aux étudiants les éléments qui pourront leur être utiles en pratique et non pas l'intégralité des légendes que l'on peut trouver dans un manuel d'ostéologie. Enfin, les différences existantes entre bovins, équins, chiens et chats sont mises en exergue pour permettre une diagnose d'espèce. Les étudiants disposent d'un support écrit (5) (6) (7)- polycopié- récapitulant les propos de l'enseignant accompagné de différents schémas légendés dont la plupart sont issus du tome d'ostéologie de R. BARONE (4). Il est demandé aux étudiants de consulter ces documents avant la séance. Ils sont ensuite utilisés en cours de séance, puis pour réviser en vue du contrôle de connaissances qui a lieu quelques jours plus tard. Celui-ci consiste à donner les noms de foramens ou de reliefs précis, et à faire la diagnose de plusieurs os et de l'espèce à laquelle ils appartiennent, ceci en temps limité. L'examen porte sur les objectifs d'apprentissage d'ostéologie définis sur le portail étudiant (annexe 2), établis en respectant le référentiel de diplôme vétérinaire cité précédemment.

Concernant l'ostéologie du squelette axial par exemple, l'étudiant doit être capable d'orienter une vertèbre, une côte, le sternum et l'os coxal, de décrire la conformation générale d'une vertèbre et les variations régionales observées chez les mammifères domestiques, de citer les formules vertébrales (sauf vertèbres caudales) des mammifères domestiques. Pour chaque os présenté, l'étudiant doit savoir décrire les surfaces articulaires et reconnaître sur une pièce les reliefs palpables sur l'animal vivant, les reliefs (ex. : foramens vasculo-nerveux, reliefs d'insertion musculaire ou ligamentaire) présentés en TD. Il doit également être en mesure de reconnaître les caractéristiques distinctives des principales espèces, tel qu'elles ont été présentées en TD. Enfin, il doit être capable d'identifier sur une radiographie (Cheval, Chien, Chat) tous les os et reliefs osseux présentés et décrits en TD.

D – Les supports pédagogiques disponibles

Différents outils sont d'ores disponibles pour accompagner et compléter cet enseignement de base, et ce sur différents supports.

1) Ouvrages publiés

Le Professeur R. BARONE (4) a réalisé un manuel d'ostéologie comparée des mammifères domestiques. Après avoir présenté certaines notions anatomiques, il décrit la constitution générale du squelette, la conformation, la structure et le développement des os quels qu'ils soient. L'ostéologie est ensuite abordée par région. Outre les reliefs et foramens présents sur chaque os, la vascularisation et les insertions musculaires sont indiquées sur des schémas légendés. Les particularités spécifiques sont également décrites. C'est l'ouvrage de référence en ostéologie des mammifères domestiques : ces derniers sont tous présentés, ainsi que les différentes vues de chaque os. Les dessins sont très précis, et le légendage exhaustif. L'utilisation de ce manuel implique un tri des informations de la part de l'étudiant pour ne sélectionner que celles vues en cours, ce qui complique le processus d'apprentissage. Les os sont le support principal sur lequel les étudiants voient les reliefs et foramens qu'ils doivent apprendre. Il peut être difficile de faire le lien entre un os en trois dimensions et un schéma en deux dimensions dans un laps de temps réduit, en effet cela peut ne pas convenir à tous les apprenants, inégaux quant à leur capacité de visualisation dans l'espace. Enfin, peu d'étudiants disposent de ce support, son coût étant non négligeable.

D'autre part, l'ostéologie est abordée dans différents manuels de dissection. Sans toutefois être exhaustif, certains sont présentés ici.

L'ouvrage « Guide to the dissection of domestic ruminants » de R. HABEL (19) présente l'ostéologie dans le cadre de la dissection des bovins par un légendage succinct. Les métacarpes, métatarses et phalanges sont représentés par des dessins légendés précis. Seuls les bovins sont présentés dans cet ouvrage. L'ostéologie n'est donc pas présentée de façon suffisamment détaillée pour satisfaire les exigences de l'enseignement vétérinaire, qui concerne également d'autres espèces que les bovins. L'apprenant ne peut donc se contenter de cet ouvrage en ce qui concerne

l'ostéologie des mammifères domestiques, et doit chercher d'autres sources pour obtenir l'ensembles des informations nécessaires à l'acquisition des connaissances demandées par le cursus.

Dans l'ouvrage « Guide to the dissection of the dog », A. DELAHUNTA et H. EVANS (10) détaillent le système musculo-squelettique, le cou, le thorax et le membre thoracique, puis l'abdomen, le bassin et le membre pelvien, et enfin la tête et le système nerveux du chien. Des dessins et schémas légendés des os sont représentés, seuls puis successivement avec insertions musculaires, ligaments et articulations, vaisseaux et nerfs. C'est un ouvrage très complet en ce qui concerne l'ostéologie du chien. Cependant ce guide n'est pas suffisant pour un étudiant vétérinaire, pour lequel les exigences en ostéologie concernent également les bovins, équins et chats.

S. WISCHNITZER, dans son ouvrage « Atlas and dissection guide for comparative anatomy » (27), présente plusieurs espèces, dont le chat, seul mammifère domestique abordé dans cet ouvrage. Les différents appareils sont traités successivement. L'ostéologie est présentée par le biais de dessins légendés, principalement le nom des os. Un étudiant vétérinaire aurait besoin d'un support plus complet en ce qui concerne l'ostéologie du chat, mais également d'un support abordant les autres mammifères domestiques.

L'ostéologie est également présentée dans des ouvrages plus généraux traitant de l'anatomie dans son ensemble.

Les ouvrages « Colour atlas of veterinary anatomy Volume one, The ruminants » (1) et « Color atlas of veterinary anatomy Volume 2, The horse » (2) de R. ASHDOWN et S. DONE, présentent des photographies des os des ruminants et du cheval respectivement, dans le but de mettre en évidence les reliefs palpables sur animal vivant. Ces photographies ne sont pas légendées ou très peu. Elles sont mises en parallèle avec des photographies d'animal non disséqué ainsi que des photographies de pièces de dissection. Les os sont légendés tout au long de l'ouvrage sur les pièces de dissection, mais uniquement dans une optique de localisation sur l'animal. Seuls la main et le pied sont présentés de façon détaillée en ce qui concerne l'ostéologie grâce à des schémas légendés de chaque vue, mis en parallèle des os de la main et du pied photographiés selon les mêmes vues. La mise en relation des os avec des pièces de dissection facilite le rapprochement avec les séances de travaux pratiques et de travaux dirigés réalisés par l'étudiant au cours des semaines

d’anatomie. De plus, l’utilisation de photographies comme support permet à l’étudiant de faire le lien avec les os vus en cours. Cependant, comparativement à l’apprentissage de l’ostéologie dans le cursus vétérinaire, ces volumes ne sont exhaustifs ni en termes d’espèce- ne présentant qu’une espèce chacun, ni en termes de légendes- seuls la main et le pied étant réellement présentés en ce qui concerne l’ostéologie. Ils ne permettent donc d’aborder cette matière que de façon partielle et imposent à l’apprenant de rechercher un complément tant au niveau des espèces étudiées, les carnivores domestiques n’étant pas traités ici, qu’au niveau des régions abordées, la tête et le tronc n’étant que survolés.

Dans l’ouvrage « An introduction to the functional anatomy of the limbs of the domestic animals » de J. MC LELLAND et G. SKERRITT (24), sont abordés l’ostéologie, les articulations, les muscles, nerfs et vaisseaux des membres thoraciques et pelviens, puis la radiographie des membres et la locomotion des mammifères. Les espèces présentées sont les chevaux, les bovins et les chiens. Les os sont représentés par des schémas légendés, mis en parallèle avec des radiographies. Dans les différents chapitres sont ensuite présentés les articulations et ligaments, la musculature, l’innervation et la vascularisation des membres avec pour référence la région du squelette concerné, permettant une localisation des différents appareils. En ce qui concerne les membres thoracique et pelvien, l’ostéologie est abordée de façon très complète. Cependant le chat n’est pas abordé dans cet ouvrage, de même que les régions de tête et du squelette axial. L’apprenant doit donc compléter les informations par le biais d’autres sources.

L’ouvrage « Miller’s anatomy of the dog », H. EVANS (14), présente le chien, son développement prénatal, puis les différents systèmes, parmi lesquels le squelette, l’arthrologie, le système musculaire, les artères, les veines, le système nerveux. L’ostéologie du chien est présentée de façon complète grâce à des schémas légendés mis en parallèle avec des radiographies. Quelques photographies des os accompagnent parfois les schémas. Dans les chapitres concernés le squelette est mis en relation avec les articulations et ligaments, les insertions musculaires, les trajets des différents vaisseaux et des nerfs. C’est un ouvrage complet en ce qui concerne l’ostéologie du chien. Cependant, le schéma limite la visualisation dans l’espace et la mise en relation avec les os étudiés en cours. De plus, la limitation à une espèce oblige l’apprenant à se référer à d’autres sources en ce qui concerne les autres mammifères domestiques.

L’ouvrage « Clinical anatomy of the horse », H. CLAYTON *et al.* (9) présente les différentes régions anatomiques du cheval. L’ostéologie est illustrée grâce à des photographies légendées des os, mises en parallèle avec des radiographies légendées ainsi que des pièces de dissection. Des images scanner et échographiques sont également présentées en relation avec les photographies. Les supports utilisés facilitent la visualisation des os et établissent clairement le lien avec la clinique grâce à l’imagerie médicale. Le légendage est très complet. Cependant seul le cheval est présenté dans cet ouvrage, ce qui contraint l’apprenant à chercher d’autres sources présentant l’ostéologie des bovins, chiens et chats.

L’atlas « Spurgeon’s color atlas of Large Animal Anatomy The Essentials » de R. KAINER *et al*. (21) permet d’aborder de façon simple l’ostéologie en présentant des dessins de squelettes entiers. Différentes planches présentent le squelette, mis en relation avec les muscles, les différents vaisseaux ainsi que les trajets nerveux. Quelques planches sont consacrées aux membres thoracique et pelvien. Les noms des os constituent les principales légendes. Les chevaux, les bovins, les petits ruminants, les porcins et les volailles sont ainsi présentés. Le choix de présenter des squelettes et des régions entiers facilite le positionnement dans l’espace des os les uns par rapport aux autres. Cependant toutes les espèces vues en cours ne sont pas abordées dans cet ouvrage, de même que les légendes. Un étudiant ne pourrait donc pas utiliser cet atlas seul pour apprendre l’ostéologie, il devrait être complété par ailleurs. Puiser les informations dans plusieurs supports peut être assez perturbant, les présentations et l’illustration des os différant d’un livre à l’autre.

L’atlas « Color atlas of large animal applied anatomy » d’H. CLAYTON et P. FLOOD (8) présente quant à lui les chevaux, bovins, petits ruminants, les porcins et le lama. La tête, puis la colonne vertébrale, le membre thoracique et le membre pelvien sont successivement abordés. L’ostéologie est présentée par le biais de photographies légendées, mises en parallèle avec des radiographies. Chaque os est détaillé grâce à différentes vues et un légendage relativement complet. Les photographies permettent une très bonne visualisation des os dans l’espace et facilitent la mise en relation avec les informations vues en cours. Le parallélisme avec des radiographies illustre l’importance de l’ostéologie dans la pratique vétérinaire ultérieure. L’inconvénient de cet atlas est qu’il ne présente pas les carnivores domestiques, de la même façon que l’ouvrage présenté précédemment.

L’ouvrage « Anatomy and physiology of farm animals » de A. FAILS *et al.* (16) présente la croissance, la structure et la fonction des os, aborde successivement le squelette axial et le squelette appendiculaire, ainsi que les articulations, la musculature, la vascularisation et l’innervation, enfin un chapitre est consacré au pied du cheval. L’ostéologie est présentée de façon très complète grâce à des dessins légendés de chaque os, le pied du cheval étant complété par des photographies. Les articulations, la vascularisation, l’innervation et la musculature sont illustrés sur des dessins ayant pour base le squelette et permettant une localisation dans l’espace. Pour les espèces abordées, ce qu’il est nécessaire d’apprendre en ostéologie à un étudiant vétérinaire est dans cet ouvrage. Hormis pour le pied pour lequel des photographies sont réalisées, le dessin est le support principal pour présenter l’ostéologie, ce qui ne facilite pas la mise en relation avec les os vus en cours, comme évoqué précédemment. Enfin, l’étude de l’ostéologie des carnivores domestiques doit être faite grâce à un autre support que celui-ci.

L’ouvrage « Veterinary Anatomy of Domestic Mammals, Textbook and Colour Atlas » de H. KÖNIG et H.-G. LIEBICH (22) est un ouvrage qui aborde les chiens, les chats, les bovins, les chevaux et les porcins. Les différents systèmes sont abordés, parmi lesquels le système locomoteur. Il comporte différents chapitres, le système squelettique, les articulations et le système musculaire. Le système squelettique est abordé par région, la dynamique des os les uns par rapport aux autres est présentée. Les supports utilisés pour présenter l’ostéologie sont nombreux, des dessins légendés sont mis en parallèle avec des photographies légendées ainsi que des radiographies légendées elles aussi. C’est un ouvrage très complet, dans lequel l’ostéologie vétérinaire est présentée de façon très complète, les différents supports permettant à l’apprenant une très bonne visualisation des os dans l’espace. En dehors de la bibliothèque où il est possible de consulter un exemplaire sur place (le prêt étant exclu), l’inconvénient majeur de ce livre est l’investissement financier qu’il nécessite.

Enfin, l’ostéologie est présente dans des ouvrages concernant la pratique vétérinaire au quotidien dans des disciplines nécessitant une connaissance des os.

Les ouvrages consacrés à l’imagerie (17) et à la chirurgie (3) (12) (20) impliquent une connaissance antérieure de l’ostéologie, qu’il n’est pas possible d’acquérir en les consultant seuls, les illustrations n’étant quasiment jamais légendées. La mise en relation des os avec des

radiographies et des techniques chirurgicales illustre les applications pratiques et la nécessité des connaissances en ostéologie.

La kinésithérapie (11), l'ostéopathie (15) et l'acupuncture (25) ont pour base l'ostéologie pour illustrer la biomécanique, les différents tests réalisables sur l'animal pour localiser des points douloureux, ou encore la localisation des méridiens et les points d'acupuncture. Ces ouvrages ne peuvent cependant servir de support d'apprentissage de l'ostéologie.

Au-delà des points négatifs cités pour chaque ouvrage abordé, certains inconvénients leurs sont communs : ils ont un certain coût, ce qui les rend peu disponibles.

2) Supports multimédias

Des étudiants vétérinaires de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse ont mis au point un cd-rom d'ostéologie comparée des mammifères domestiques entre 2002 et 2005 (13) (18) (23) (26), chaque étudiant en prenant successivement en charge une partie dans le cadre de leur thèse de doctorat vétérinaire. Cet outil a pour but d'apprendre l'ostéologie dans un premier temps grâce à un module spécifique. Celui-ci donne accès à des photos légendées, à des critères de diagnose et à une comparaison interspécifique. Les légendes sont disponibles en français, mais également en latin, en anglais et en espagnol. Dans un deuxième temps, l'objectif est de permettre une évaluation des connaissances par le biais d'un second module. Il s'agit ici de s'entraîner à la diagnose, de légender un élément pré-désigné et de localiser sur un os une légende proposée. Ce cd-rom d'ostéologie exhaustif est une aide remarquable pour apprendre, mais surtout se perfectionner dans ce domaine. La photographie est un support permettant de faire le lien plus aisément avec l'os lui-même, d'autant plus quand toutes les vues de celui-ci sont disponibles. Les informations mises à disposition de l'apprenant dépassent largement le cadre de ce qui est enseigné en première année d'école vétérinaire, que ce soit au niveau des langues, des espèces étudiées, du légendage des os. Cela peut perturber un étudiant dans son apprentissage : il devrait faire le tri entre ce qu'il est nécessaire de savoir et ce qui est facultatif, ce en se référant constamment à ses notes lorsqu'il utiliserait le cd-rom. Celui-ci n'est pas disponible à l'heure actuelle, et s'il l'était, il nécessiterait

une contribution financière des étudiants. L'accessibilité à ce support est par conséquent très limitée.

E- Objectifs

Des supports papiers et multimédias sont donc disponibles pour l'apprentissage de l'ostéologie vétérinaire, chacun présentant des avantages et des inconvénients. Les ouvrages ne sont pas toujours adaptés aux objectifs fixés en cours, et sont peu accessibles, principalement du fait de leur coût. Les polycopiés sont basés sur les objectifs d'ostéologie et sont donc parfaitement adéquats pour l'apprentissage. En revanche, le support utilisé est le dessin, et il n'est pas toujours évident de faire le lien avec les os vus en cours. Le cd-rom est un support multimédia transportable, qu'on peut consulter sur n'importe quel ordinateur. L'utilisation des photographies permet de faire le lien avec l'os lui-même et facilite l'apprentissage. Cependant, les objectifs dépassent largement ici ceux fixés en ostéologie, notamment en ce qui concerne le légendage, ce qui complique le travail de l'étudiant. Enfin, actuellement indisponible, il ne sera pas gratuit.

La création d'un site internet d'ostéologie présente certains avantages qui ont justifié le choix de ce support multimédia : il est gratuit, disponible pour tous les étudiants, et peut être consulté au cours des TD ainsi qu'en dehors de l'école. C'est un outil pédagogique facilitant l'intégration des connaissances en ostéologie grâce à l'utilisation notamment de la photographie, complétant ceux d'ores et déjà mis à disposition des étudiants par l'unité d'anatomie. Enfin, l'utilisation d'un outil dynamique tel que celui-ci offre des perspectives d'évolution intéressantes, comme par exemple l'extension à l'imagerie médicale. Cela permettrait aux étudiants de faire le lien entre l'ostéologie et la clinique, et d'en comprendre ainsi l'importance pour leur exercice futur.

Les objectifs de ce travail de thèse étaient donc :

1- De photographier de façon exhaustive l'ensemble des os utilisé lors des séances de TD d'ostéologie à l'ENVA

2- De légender ces photographies

3- D'intégrer ces photographies légendées sur un site internet ouvert à tous.

Pour parvenir à ces objectifs, un cahier des charges a été défini :

1- concernant les notions anatomiques :

- Les os sont sélectionnés au sein de la collection de l'unité d'anatomie de l'école, ils auront ainsi été préalablement vus en cours par les étudiants, manipulés, et ce sont ces mêmes os sur lesquels ils s'entraineront et seront interrogés. Par convention, le choix se portera systématiquement sur un os gauche, lorsqu'il s'agit d'un os pair.
- Les espèces sélectionnées sont les principales étudiées en cours : on limitera dans un premier temps l'étude aux chien, chat, cheval, et bovin.
- Les vues sont celles présentées dans le manuel d'ostéologie de Robert BARONE.
- Les légendes sont limitées à celles enseignées en cours, et ne sont par conséquent pas exhaustives, afin de hiérarchiser l'information et cibler les notions sur les objectifs d'apprentissage

2- concernant le site internet

- Il doit être un outil facile d'utilisation, simple et logique.
- Une rubrique « aide » doit être accessible à partir de la page d'accueil pour faciliter le repérage dans le site.
- Il doit être possible pour le manipulateur de passer directement d'une espèce à une autre, d'une vue à une autre et d'un os à un autre sans avoir à revenir pour cela à la page initiale.
- Dans une certaine mesure il doit permettre à l'étudiant de tester ses connaissances, en lui laissant le choix de l'affichage des légendes de l'os concerné.

DEUXIEME PARTIE : Matériels et méthodes

A – Matériels utilisés

1) Les pièces

Les os ont été sélectionnés au sein de la collection d'ostéologie de l'UP d'Anatomie de l'ENVA. Les pièces inclues dans l'étude ont été triées successivement par région et par espèce, en respectant les objectifs fixés initialement:

- La tête : un crâne non coloré, un crâne coloré (chaque couleur représentant un os), une mandibule, un os hyoïde.
- Le squelette axial : des vertèbres cervicales (l'atlas, l'axis, une cervicale parmi C3 C4 et C5, la vertèbre C6, la vertèbre C7), une vertèbre thoracique, une vertèbre lombaire, l'os sacrum, une vertèbre caudale, une côte, le sternum.
- Le membre thoracique : une scapula, un humérus, un radius-ulna, les os du carpe, les os métacarpiens, les os du doigt (une phalange proximale, une phalange moyenne, une phalange distale, l'os sésamoïde distal chez le cheval)
- Le membre pelvien : un os coxal, un fémur, une patella, un tibia-fibula, les os du tarse, les os métatarsiens, les os du pied (compte-tenu des similitudes avec les os du doigt, cette section s'y réfère).

L'étude s'étant étendue sur plusieurs années, certaines pièces sélectionnées dans un premier temps ont été remplacées par d'autres plus récentes et plus adaptées en termes de conservation et de couleur lorsque les prises de vues n'étaient pas satisfaisantes.

Pour être ainsi conservés sans s'effriter, les os sont préalablement traités suivant un protocole précis. La première étape consiste à retirer le maximum de tissus, tendons et autres structures manuellement, en général à l'aide d'un scalpel. Selon le type d'espèce concerné, le traitement des os est différent. Ici nous allons décrire uniquement celui réalisé sur les os des

mammifères domestiques. En ce qui concerne un os adulte, celui-ci doit être placé dans l'eau bouillante, puis traité dans un bain contenant de la papaïne à une température comprise entre 30 et 70°C- obtenue grâce à une étuve. La papaïne est une enzyme qui permet la dégradation des tissus mous qui n'ont pas pu être retirés par dissection. Le traitement ne peut être le même pour un os d'animal jeune dont le cartilage de croissance n'est pas ossifié, au risque de dessécher, déformer et rendre translucide ce cartilage. L'os est seulement chauffé sans porter l'eau à ébullition et la papaïne n'est pas utilisée. L'os est ensuite placé dans de l'eau oxygénée diluée à 2% pendant environ 2 jours à 30°C. Cette étape permet de blanchir l'os. Il peut être nécessaire de faire subir à l'os un nouveau traitement s'il est particulièrement gras, en effet dans ces cas-là il prend une teinte jaune et un aspect suintant non souhaités. Lorsqu'il s'agit d'os assez petits (os de chien ou chat), ils sont placés dans un alambic contenant du trichloréthylène. La manipulation de cette substance neurotoxique n'est pas sans risque, c'est pourquoi lorsqu'il s'agit d'os plus gros, ce traitement n'est pas réalisé sur l'ENVA pour des questions de sécurité. Dans ce cas afin de faciliter la diffusion de l'eau oxygénée dans l'os celui-ci est percé en son centre à l'aide d'une perceuse et replacé dans la préparation précédente. Certains os gras de la collection de l'unité d'anatomie ont pu être blanchis par un taxidermiste disposant des installations nécessaires. Une fois ces opérations achevées, l'os est mis à sécher quelques jours. Il sèche plus ou moins vite en fonction des températures et hygrométries ambiantes. Une couche de paraloïde est appliquée dans certains cas, notamment pour augmenter la longévité du spécimen et limiter l'effritement. Cette résine transparente donne à l'os un aspect vernis et permet une meilleure conservation, un lavage plus facile et plus efficace. Cela évite que la poussière laisse des traces sur les os lorsqu'ils lavés après stockage. Ce traitement n'est pas fait systématiquement, notamment en ce qui concerne les os gras, le paraloïde adhérant mal dessus.

2) Les photographies

Dans un premier temps, le choix de la couleur du fond s'est porté sur du gris souris, ce pour éviter un contraste trop important entre les os et le fond qui aurait entraîné une perte du détail des os. Un tissu de cette couleur a donc été placé derrière les os pris en photo. La dernière séance photo s'étant déroulée plus de deux ans après la première, il a alors été nécessaire d'opter pour un tissu noir pour des raisons techniques.

L’appareil photo utilisé était un NIKON D 100, avec un objectif zoom NIKKOR DX 18-135.

Pour avoir une luminosité optimale, les séances photo se sont déroulées en extérieur, dans la cour du bâtiment Blin. Le temps nuageux, avec des nuages clairs était préférable, permettant ainsi d’obtenir une luminosité importante sans être excessive.

Le tissu a été installé à chaque nouvelle séance photo. Le tissu, suffisamment grand, a pu être réparti entre le sol et le mur, facilitant ainsi la réalisation des prises de vue. Il était fixé grâce à du ruban adhésif large (figure 1). Pour certains os très petits, le tissu a été placé sur une table posée contre le mur. En effet, l’immobilité étant très importante pour obtenir une photo nette, l’appareil a alors été fixé à son trépied.

Figure 1 : Installation de l’atelier

Certains os ayant une conformation peu propice à tenir certaines positions, il a parfois été nécessaire d'utiliser des objets faisant office de cales comme des bouchons en liège, de la Patafix et des rouleaux de rubans adhésifs, le temps d'une prise de vue. Des techniciens de l'unité d'anatomie m'ont également aidée en ce qui concerne les carpes et tarses notamment, les différents os étant en général reliés entre eux par des ficelles passant en leur centre et se réunissant aux extrémités.

Le choix des différentes prises de vue, dépendantes de l'os concerné, s'est basé sur le manuel de référence en ostéologie (4):

- Le crâne : vue caudale, vue rostrale, vue frontale, vue ventrale, vue latérale
- La mandibule : vue crâniale, vue caudale, vue latérale, vue dorsale
- L'os hyoïde : une vue crânio-latérale
- Les vertèbres de la colonne vertébrale- les différentes vertèbres cervicales (atlas, axis, C3C4C5, C6, C7), la vertèbre thoracique, la vertèbre lombaire, l'os coxal, la vertèbre caudale- : vue crâniale, vue caudale, vue latérale, vue dorsale, vue ventrale
- La côte : vue latérale et vue médiale
- La scapula : vue latérale, vue médiale, vue ventrale
- L'humérus : vue proximale, vue distale, vue crâniale, vue caudale, vue médiale, vue latérale
- Le radius-ulna, les os du carpe, les os métacarpiens, les os du doigt (ensemble puis isolés): vue proximale, vue distale, vue dorsale, vue palmaire, vue médiale, vue latérale
- Le fémur, le tibia : vue proximale, vue distale, vue médiale, vue latérale, vue crâniale, vue caudale
- Les os du tarse, les os métatarsiens : vue proximale, vue distale, vue médiale, vue latérale, vue dorsale, vue plantaire

Pour ce faire, environ 500 photographies ont été réalisées au total.

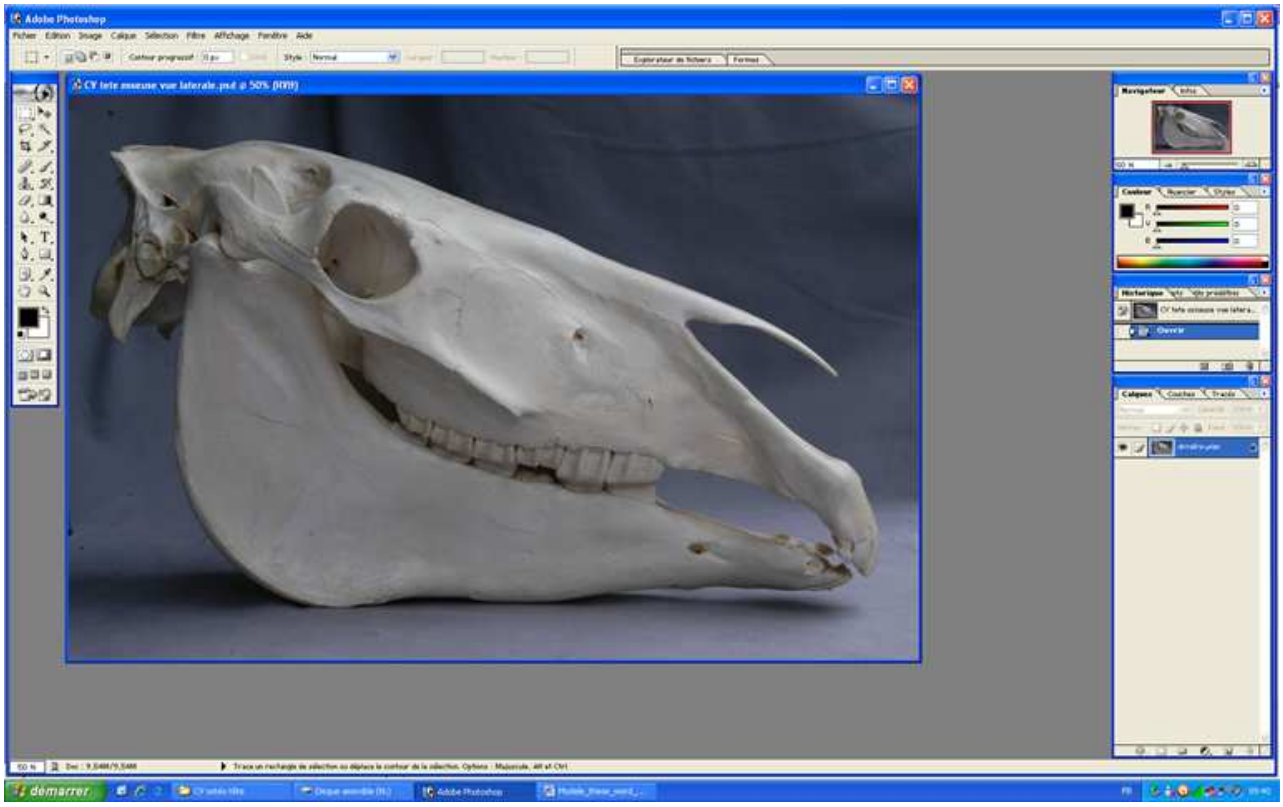
B- Méthodes employées

1) Le traitement de l'image sur ordinateur

a- Stockage

Les photos ont été progressivement transférées et stockées sur ordinateur, dans un premier temps au format JPEG. Pour pouvoir travailler dessus sans les dégrader plus que nécessaire, elles sont conservées au format PSD. Le logiciel utilisé est Adobe Photoshop (figure 2).

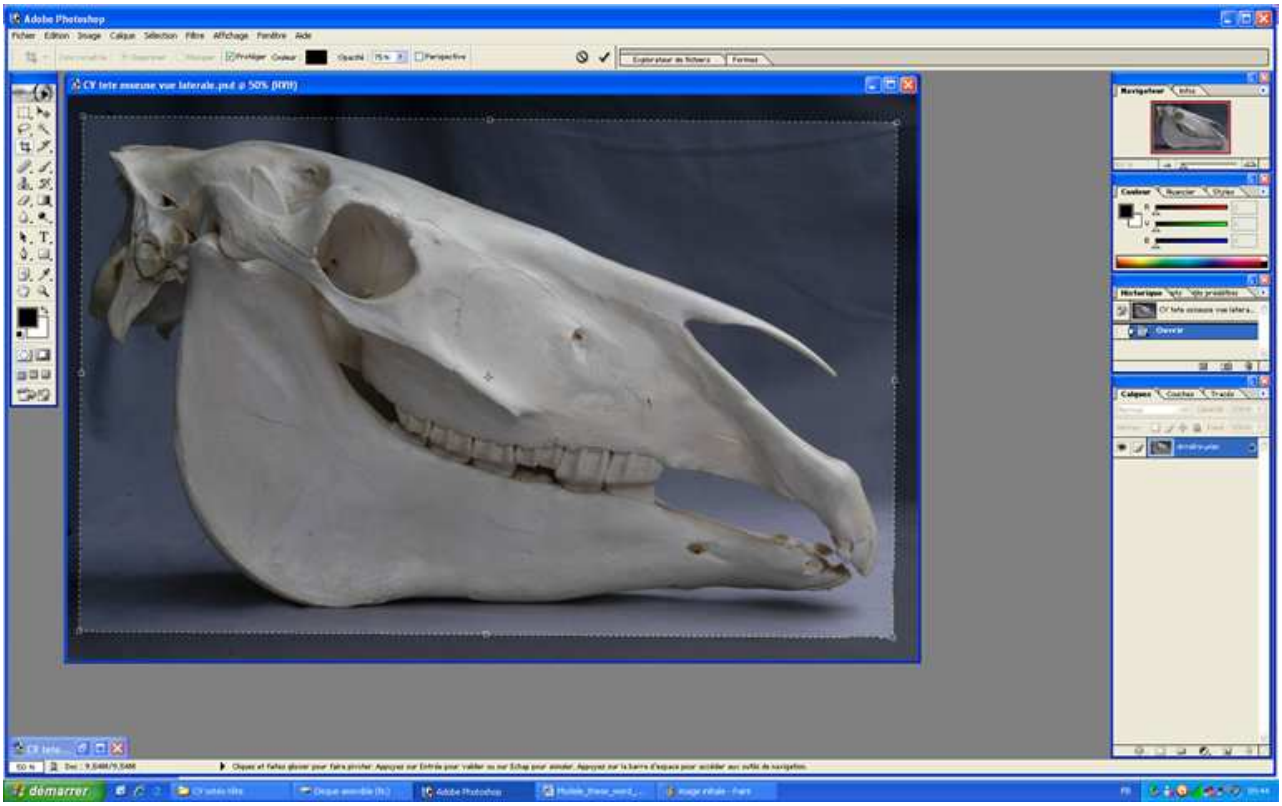
Figure 2 : Image initiale ouverte sous photoshop



b- Retouche des images

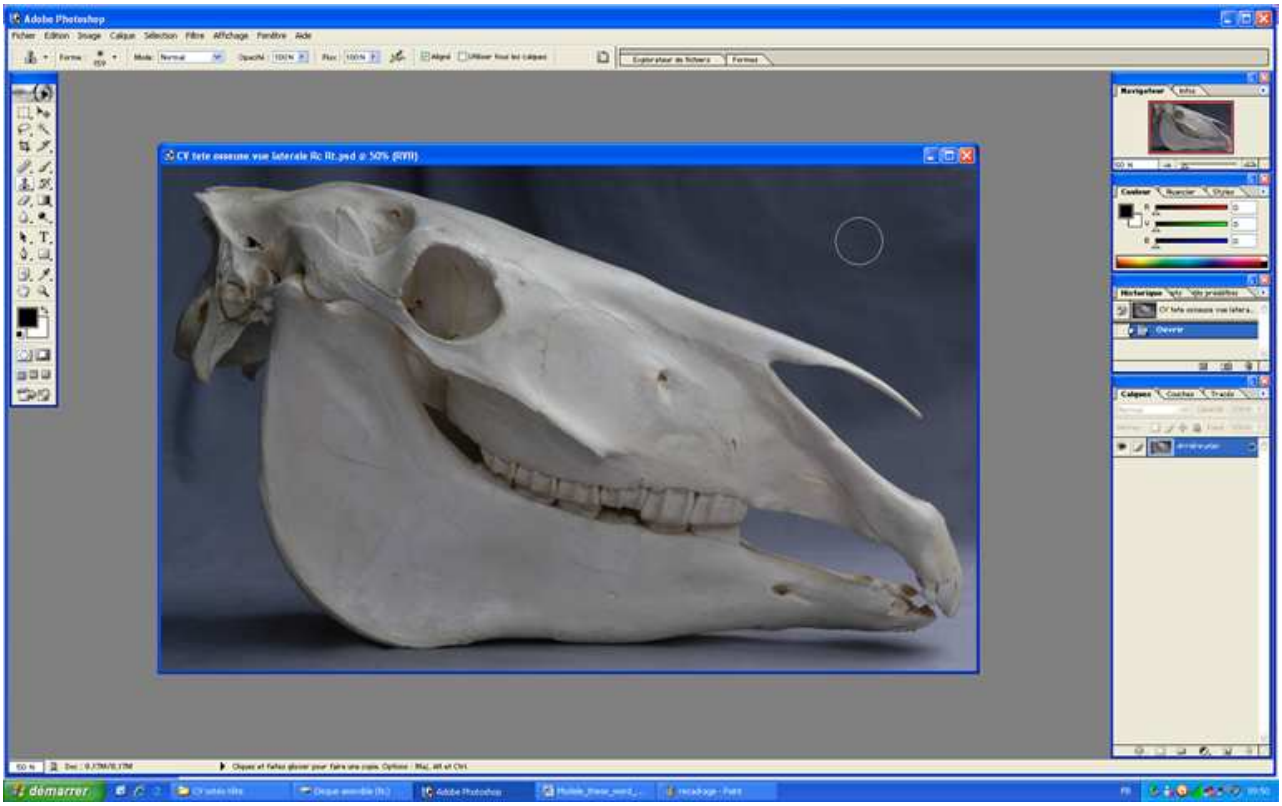
Dans un premier temps, les photographies sont recadrées (figure 3).

Figure 3 : Etape de cadrage, rotation de l'image pour revenir à un positionnement correct



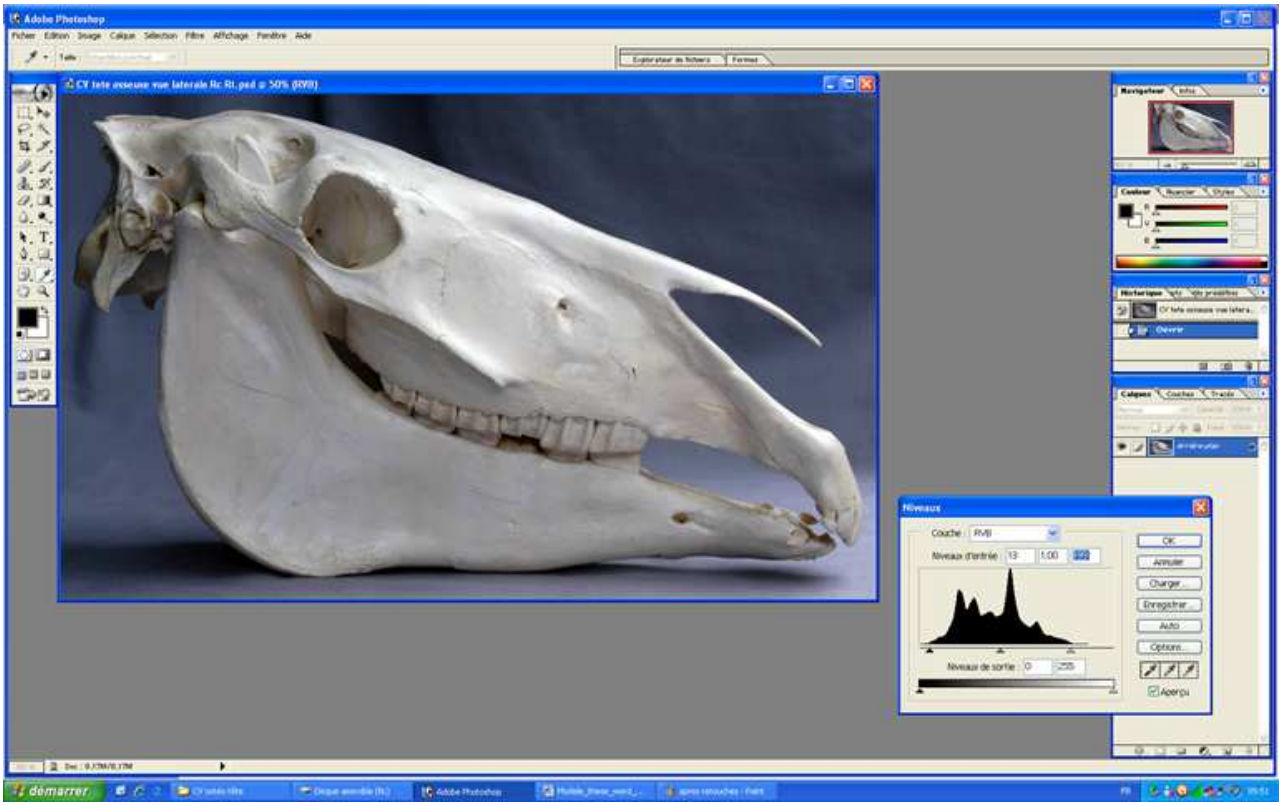
Dans un second temps des retouches d'images ont été réalisées notamment pour homogénéiser le fond et gommer d'éventuelles imperfections liées à la prise de vue et effacer les traces des supports utilisés pour caler le spécimen (figure 4).

Figure 4: Harmonisation du fond et gommage des imperfections



Enfin, la luminosité et le contraste ont été travaillés pour obtenir le meilleur compromis possible ; aboutir à une image claire avec des reliefs bien visibles (figure 5).

Figure 5: Jeu avec la balance des niveaux pour sélectionner la luminosité optimale correspondant à une meilleure vision des reliefs osseux



c- Légendage

Il a été possible, en utilisant le logiciel Photoshop, de positionner les images correctement: l'orientation des os est celle de l'ouvrage de référence en ostéologie (4). Pour que le utilisateur puisse aisément se repérer dans l'espace, des icônes sont ajoutés sur la photographie pour donner l'orientation de chaque os : Cr pour crânial, Cd pour caudal, Med pour médial, Lat pour latéral, etc…

Concernant le légendage : nous avons choisi de ne pas inscrire les légendes en toutes lettres directement sur les photographies pour des questions de lisibilité. Des numéros ont donc été placés stratégiquement sur chaque structure à légender (figure 6), et parallèlement un fichier Excel du même nom que l'image a été créé, contenant les légendes correspondantes (figure 7). Le total des fichiers excell est d'environ 450.

Figure 6 : Étape d'orientation et légendage des os

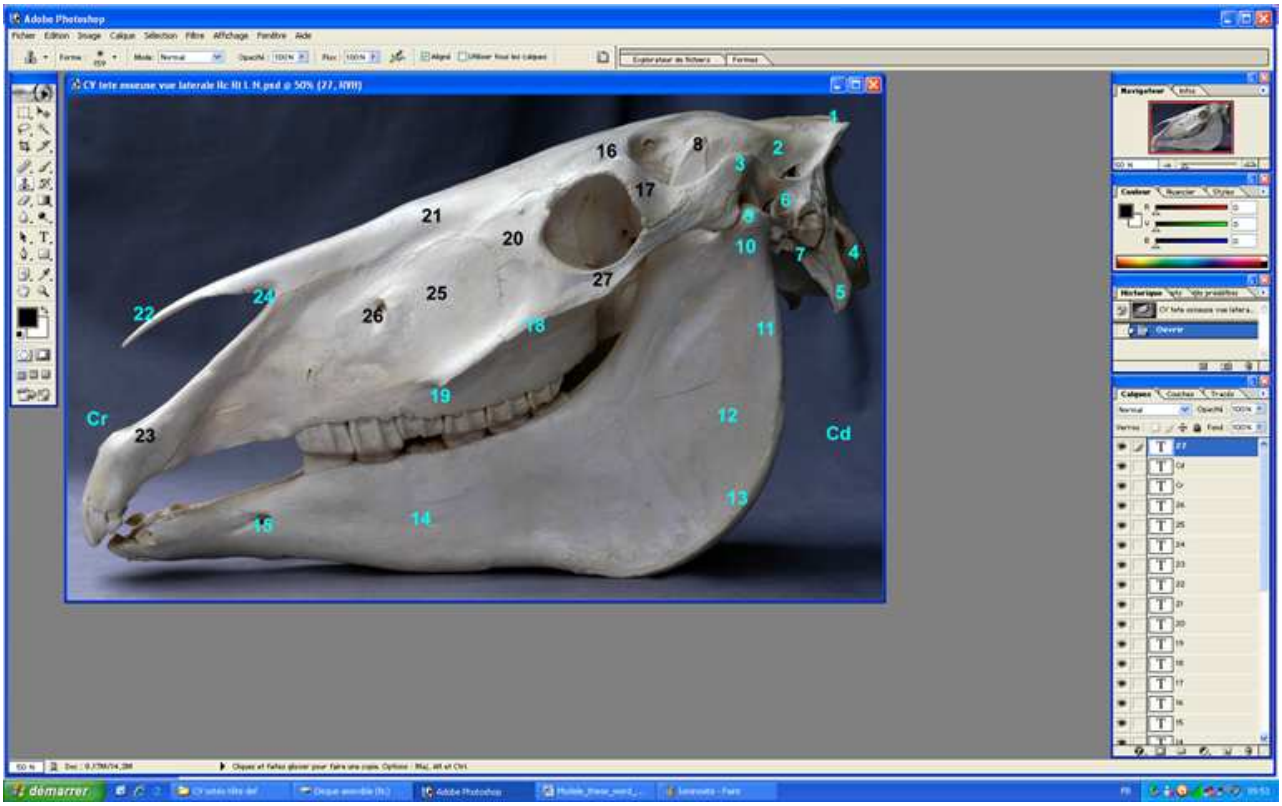
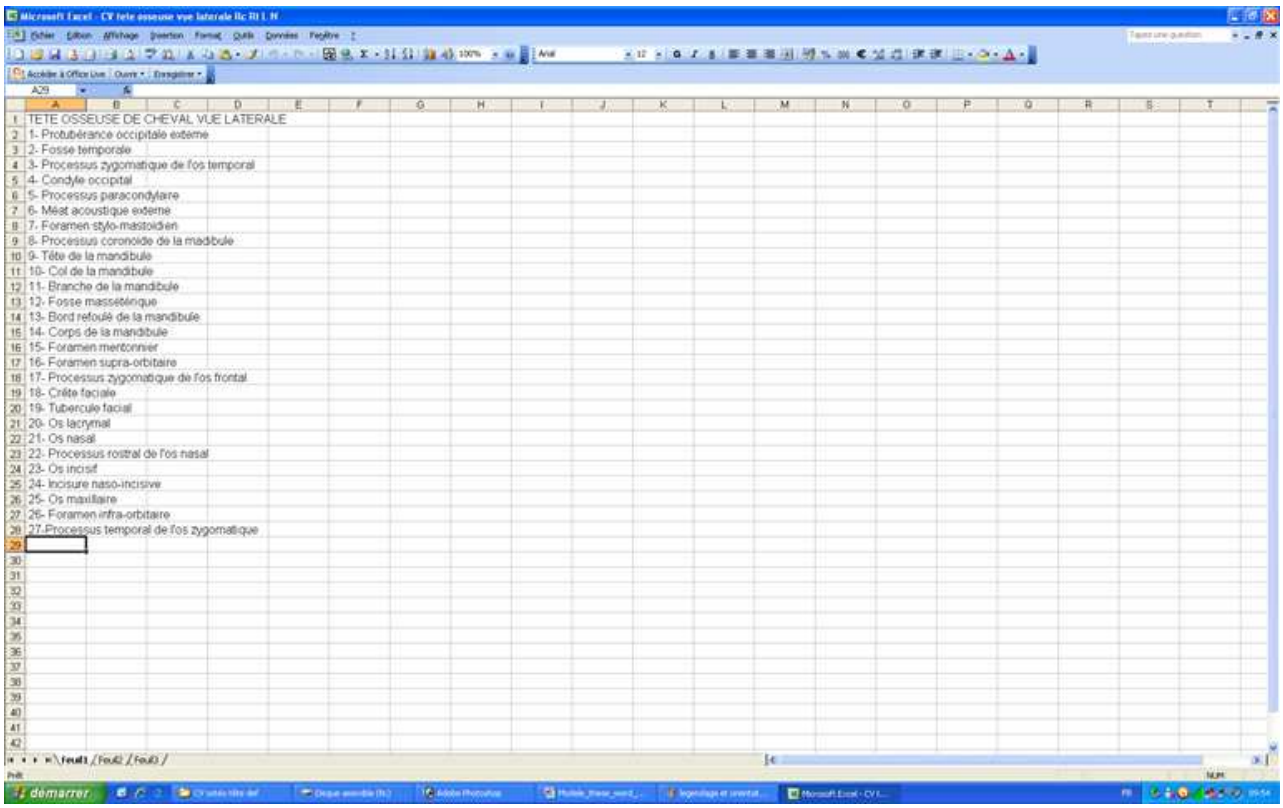


Figure 7: Constitution du fichier Excel contenant les légendes associées



Pour organiser le travail progressivement et faciliter le tri des photographies, il a été décidé de les nommer selon un code bien précis qui sera repris plus tard sur le site : chaque photo porte alors un titre comme suit : Espèce, Os, Vue. Puis, étape par étape, un nouvel enregistrement est réalisé tout en conservant l'étape précédente, autorisant une reprise en cas d'erreur. Après avoir recadré l'image, celle-ci se voyait qualifiée de « Rc ». Après avoir été retouchée, lui était rajouté « Rt ». Une fois que la luminosité était travaillée, un « L » était inscrit à la suite. Enfin, une fois les numéros placés sur l'os un « N » venait terminer le titre, de sorte que pour une même vue, 5 photographies différentes sont conservées, celle ayant sa place dans le site étant nommée : « EspeceOsVueRcRtLN ».

La définition initiale des photographies étant très importante, la qualité de l'image est très bonne. Cependant la définition d'un écran d'ordinateur, aussi bonne soit-elle, est limitée : dans tous les cas, l'optimum se situe à soixante-douze pixels par pouce. Lorsque le nombre de pixels par pouce dépasse ce chiffre, l'image vue par l'utilisateur est la même que si elle n'était que de soixante-douze pixels par pouce. L'objectif ici est que les images s'affichent à l'écran le plus rapidement possible, sans pour autant perdre en qualité. Pour ce faire, dans un premier temps, les

images définitives sont toutes repassées sous format JPEG, beaucoup moins volumineux que le format PSD. Ensuite, selon la taille et la définition d'écran de l'utilisateur, un rapport entre la bande passante et le gain de précision permet au serveur d'afficher l'image dont la taille est la plus adaptée. Dans la mesure du possible la conception est telle que l'étudiant n'a pas- ou peu- à utiliser le menu déroulant.

2) La construction du site internet

a- Quelques notions d'informatique

La construction d'un site internet demande certaines compétences que j'ai dû acquérir en me documentant sur le sujet. Il m'a paru important ici de définir certains termes afin de mieux appréhender cette partie.

- Un site Web dynamique est un site Web dont les pages HTML peuvent être générées dynamiquement, soit à la demande. Le contenu peut être obtenu en combinant l'utilisation d'un langage de scripts ou de programmation et une base de données. Dans notre cas, il s'agit de PHP pour le langage et MySQL pour la base de données.

C'est donc l'interface graphique qui permet à l'utilisateur d'interagir avec la base de données et d'afficher les informations demandées.

- Une base de données (son abréviation est BD, en anglais DB, database) est une entité dans laquelle il est possible de stocker des données de façon structurée et avec le moins de redondance possible. Ces données doivent pouvoir être utilisées par le site web et par des utilisateurs différents.

Une base de données permet de mettre des données à la disposition d'utilisateurs pour une consultation, une saisie ou bien une mise à jour, tout en s'assurant des droits accordés à ces derniers.

La consultation et la saisie dans la base de données se fait via des requêtes SQL bien distinctes. Il existe des requêtes de saisie, de mise à jour d'insertion de données, de suppression…

L'avantage majeur de l'utilisation de bases de données est la possibilité de pouvoir être accédée par plusieurs utilisateurs simultanément.

MySQL est une des principales bases de données utilisées dans le monde du web. C'est celle utilisée par l'ENVA et c'est pourquoi elle a été choisie pour construire notre site.

- L'HTML (*Hypertext Markup Language)* est le format de données conçu pour représenter les pages web. HTML permet également de structurer sémantiquement et de mettre en forme le contenu des pages, d'inclure des ressources multimédias dont des images et des formulaires de saisie par exemple.
- Le PHP (*Hypertext Preprocessor*) est un langage de scripts libre principalement utilisé pour produire des pages Web dynamiques. Le PHP permet de dialoguer avec la base de données via des requêtes SQL, et donc soit d'extraire les données dont il a besoin pour afficher les pages web, soit d'effectuer des modifications dans la base de données : insertions de nouvelles photographies ou radiographies par exemple, modification de fichiers existant, éventuellement suppression de certains fichiers si nécessaire.

b- Les étapes de la création du site

➔ La construction graphique du site

Dans un premier temps, l'interface entre l'utilisateur et la base de données représentée par le site web a été mise en place. L'organisation des pages s'est faite tout d'abord sur papier, pour être ensuite transcrite en PHP.

En ce qui concerne la page d'accueil, nous avons décidé de présenter un squelette entier de cheval en position centrale. Ce dernier permettra d'accéder aux différentes régions en cliquant sur celle souhaitée. Une rubrique « aide » est accessible à partir de cette page, pour permettre aux utilisateurs de faciliter le premier repérage dans le site.

Pour chaque région, la page a été organisée comme suit : à gauche de l'écran se trouve une photographie de la région concernée, puis à droite les différents menus déroulants permettant de sélectionner successivement la région, l'espèce, l'os, et la vue souhaités. Les dichotomies de régions sont conservées à l'identique de l'enseignement d'ostéologie, ce qui permet à l'étudiant de faire le lien plus facilement avec les séances de travaux dirigés tels que réalisés à l'ENVA. Il est possible à partir de cette page de changer de région sans repasser par la page d'accueil.

Une fois tous les paramètres sélectionnés, le script permet l'affichage de la vue de l'os de l'espèce requise à l'écran. La photographie se situe sur la gauche de l'écran, tandis que les légendes

s’affichent sur la droite. L’étudiant doit avoir la possibilité d’afficher ou non les légendes, de façon à tester ses connaissances lorsqu’il estime qu’il en est capable. Les légendes sont donc masquées lors de l’affichage de la page. Si l’étudiant le souhaite, il lui suffit de passer la souris sur le cadre réservé à cet effet, révélant ainsi les légendes associées à la photographie.

A partir de cette page, le script permet de passer d’une vue à l’autre, d’une espèce à l’autre, d’un os à l’autre sans pour autant revenir à la région. Pour ce faire, les menus déroulants permettant de sélectionner l’espèce, l’os et la vue ont été placés au-dessus de l’emplacement prévu pour l’affichage des légendes.

Chaque page comporte un en-tête. Il contient le nom du site, « Ostéologie comparée des mammifères domestiques, des équidés et des bovins, unité d’anatomie de l’ENVA », et restera le même quelle que soit la page.

Une barre de navigation est par ailleurs programmée, pour indiquer le chemin pris par l’utilisateur dans le site, et permettre à celui-ci de revenir à la page d’accueil (« home ») ou à la région sélectionnée s’il le souhaite. Cette barre de navigation est située en haut de la page, juste en dessous de l’en-tête.

Une fois l’organisation de chaque page définie et représentée sous forme de croquis, la place et la taille sur la page des photographies, des légendes, des menus déroulants et de la barre de navigation sur chaque page, ainsi que leur contenu, sont définis grâce à des scripts interprétables par le site web.

➔ La création de la structure de la base de données

Une base de données est composée de plusieurs tables. Ces dernières contiennent des champs permettant de définir les données concernées.

Dans notre cas, les données du site ont été structurées selon un protocole précis.

Les photographies sont définies dans une table avec les champs suivants;

- L’identifiant unique de la photographie.
- La localisation de la photographie
- Le format (portrait ou un paysage)
- L’espèce

- L’os
- La vue

L’espèce, l’os et la vue constituent des conditions.

De la même façon, les légendes sont définies dans une table composée de différents champs :

- Un identifiant unique
- L’identifiant de la photographie associée à la légende
- Le titre de la légende

Ils permettent de définir à quelle photographie la légende est associée.

→ Le maniement de la base de données

L’affichage des requêtes réalisées par l’utilisateur est composé de trois étapes, rédigées sous forme de scripts.

- Le premier permet l’interaction avec la base de données : il effectue des requêtes sur celle-ci. Dans un premier temps, il lit les données sur la base. Les conditions imposées par l’utilisateur correspondant aux champs d’une table précise lui permettent de déterminer l’identifiant unique et la localisation de l’image recherchée. La légende correspondant à l’image est retrouvée grâce à son identifiant dans une autre table. Dans un second temps, il remplit une fonction d’écriture qui permet une mise en variable des données. Les données sont alors stockées dans le script afin de pouvoir être utilisées ultérieurement.
- Le deuxième script permet de réorganiser les données. En ce qui concerne les légendes, par exemple, les numéros sont remplacés par des puces. Chaque légende étant séparée par un pas de un et l’ordre étant conservé, cela permet de restituer l’ordre final des numéros, et de retrouver ainsi la correspondance avec le légendage de la photographie.
- Le dernier concerne la gestion de l’affichage. Il aboutit à la réalisation d’une page standardisée et homogène contenant les données remaniées, de sorte que sur toutes les pages on retrouve les mêmes en-tête et pied de page, et que l’image et la légende correspondantes soient toujours à la même place sur la page.

TROISIEME PARTIE : Résultats

Le site internet réalisé est hébergé sur le site institutionnel de l'ENVA.

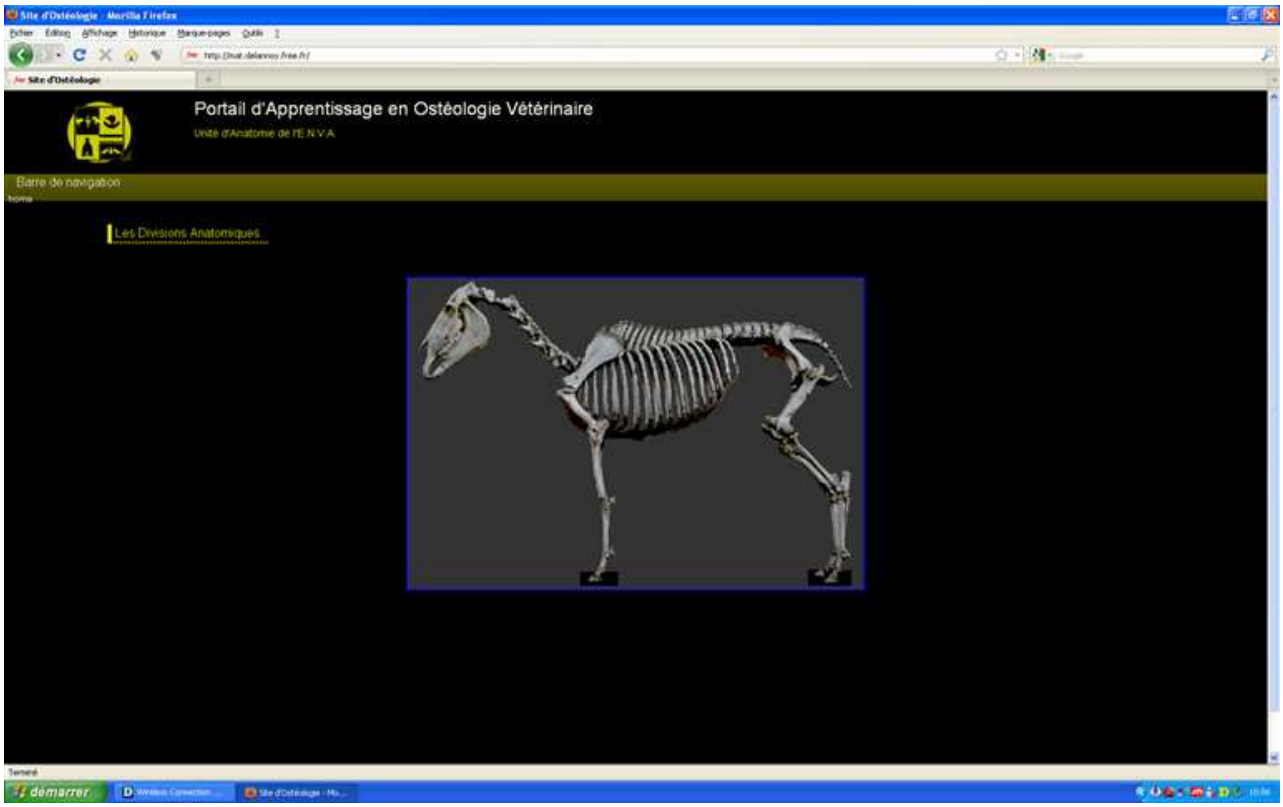
Son accès est libre et sans mot de passe à partir du portail de l'Enseignement et de la Vie Etudiante (EVE) de l'ENVA (http://eve.vet-alfort.fr/).

Outre un accès depuis la section regroupant l'ensemble des thèses multimédias, des liens vers le site sont directement disponibles depuis les pages consacrées aux unités d'enseignement d'Anatomie de S5 (« Anatomie de l'encolure et du tronc ») et de S6 (« Anatomie des membres et de la tête ») au cours desquelles l'enseignement d'ostéologie est réalisé.

A – Le fonctionnement du site

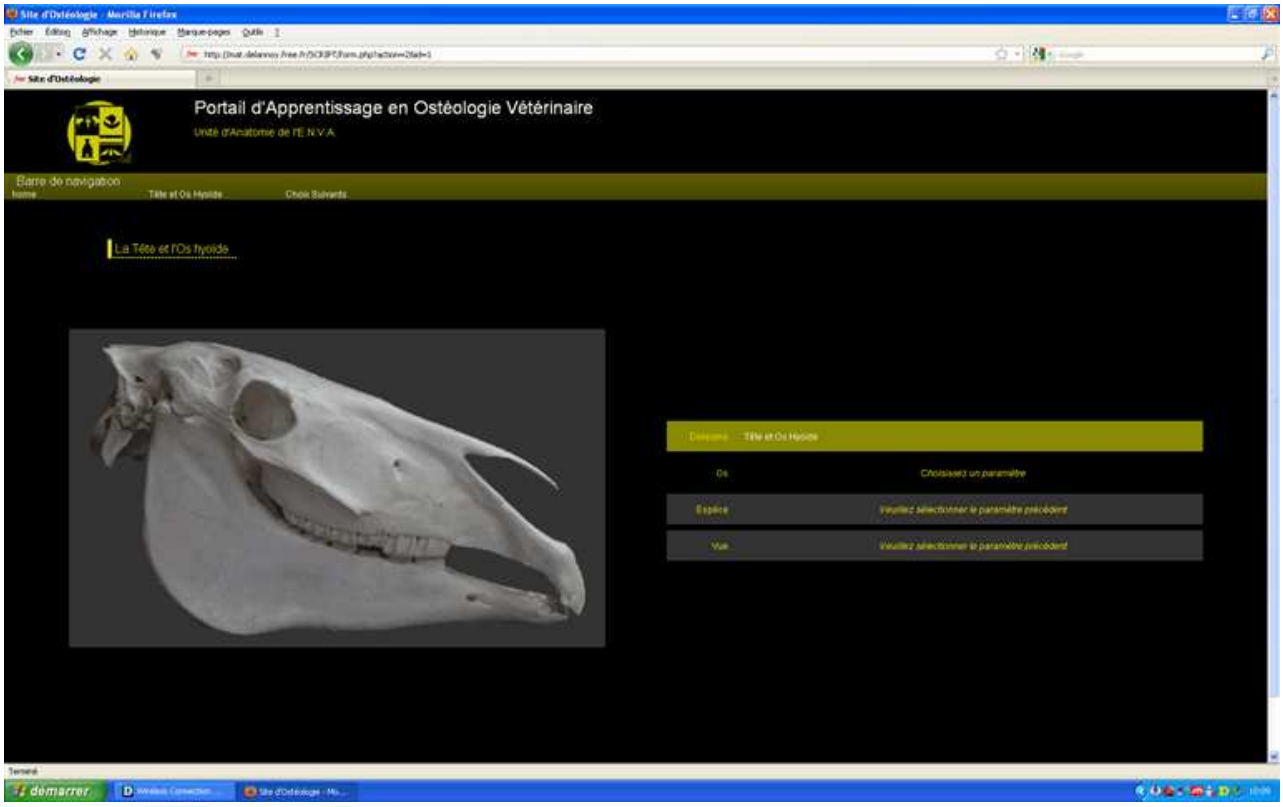
La page d'accueil est constituée de l'image d'un squelette entier de cheval (figure 8).

Figure 8: Page d'accueil



Elle permet une entrée en matière par une vue d'ensemble, ainsi qu'un accès aux différentes régions, généralement étudiées par blocs : la tête, le squelette axial, les membres thoraciques et les membres pelviens. En cliquant sur les différentes parties du squelette, l'utilisateur accède à une nouvelle page correspondant à la région sélectionnée (figure 9).

Figure 9: Ouverture d'une section après avoir cliqué sur la tête de squelette en page d'accueil



Cette page contient plusieurs menus déroulants : ils permettent de sélectionner l'espèce, l'os et la vue qu'il souhaite voir s'afficher à l'écran (figures 10 à 12).

Figure 10: Affichage du menu déroulant permettant de sélectionner l'os souhaité en passant la souris sur la barre « os », qui passe d'un fond noir à un fond vert, puis sélection en cliquant sur la ligne appropriée à l'intérieur du cadre noir.

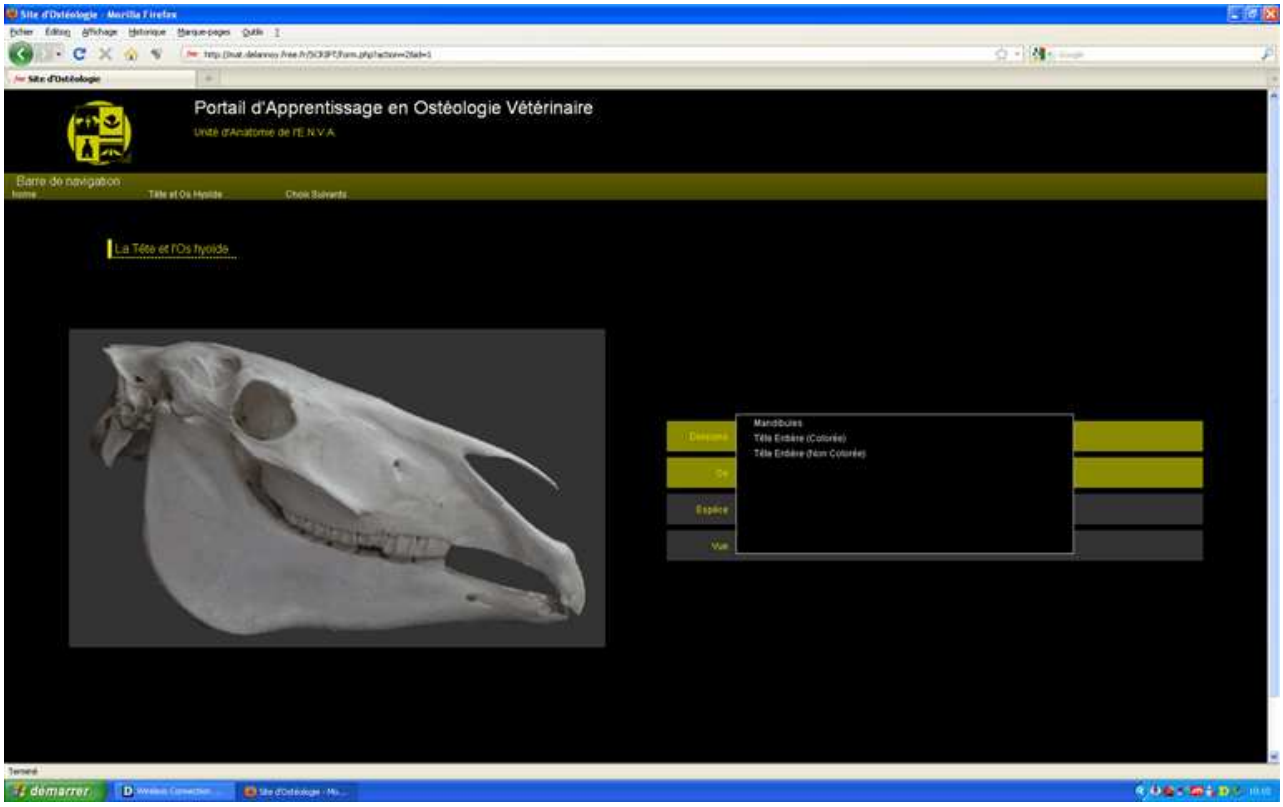


Figure 11: Affichage du menu déroulant concernant le choix de l'espèce souhaitée en passant la souris sur la barre « espèce », qui se colore alors en vert, puis sélection de l'espèce.

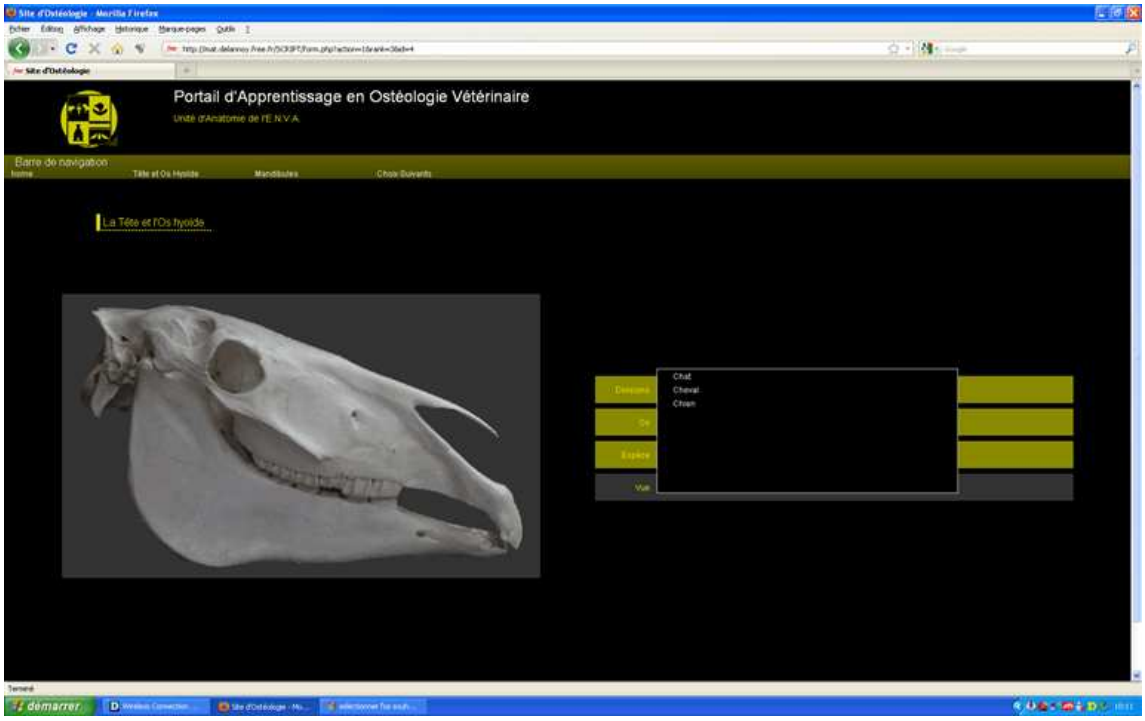
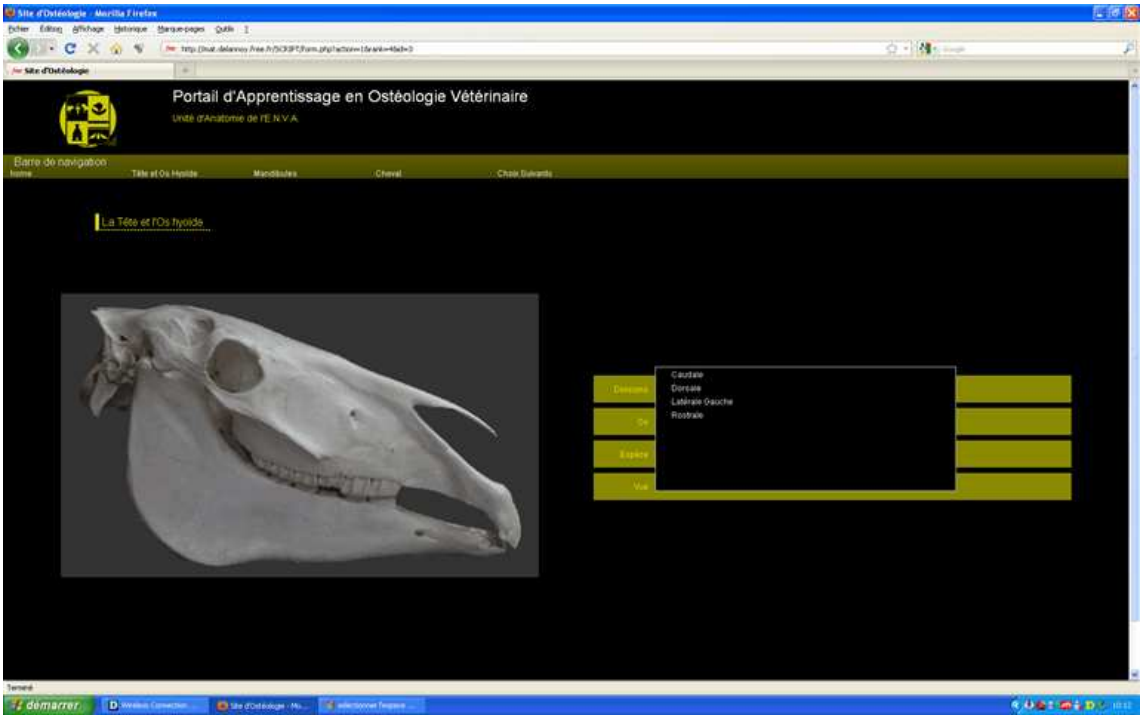
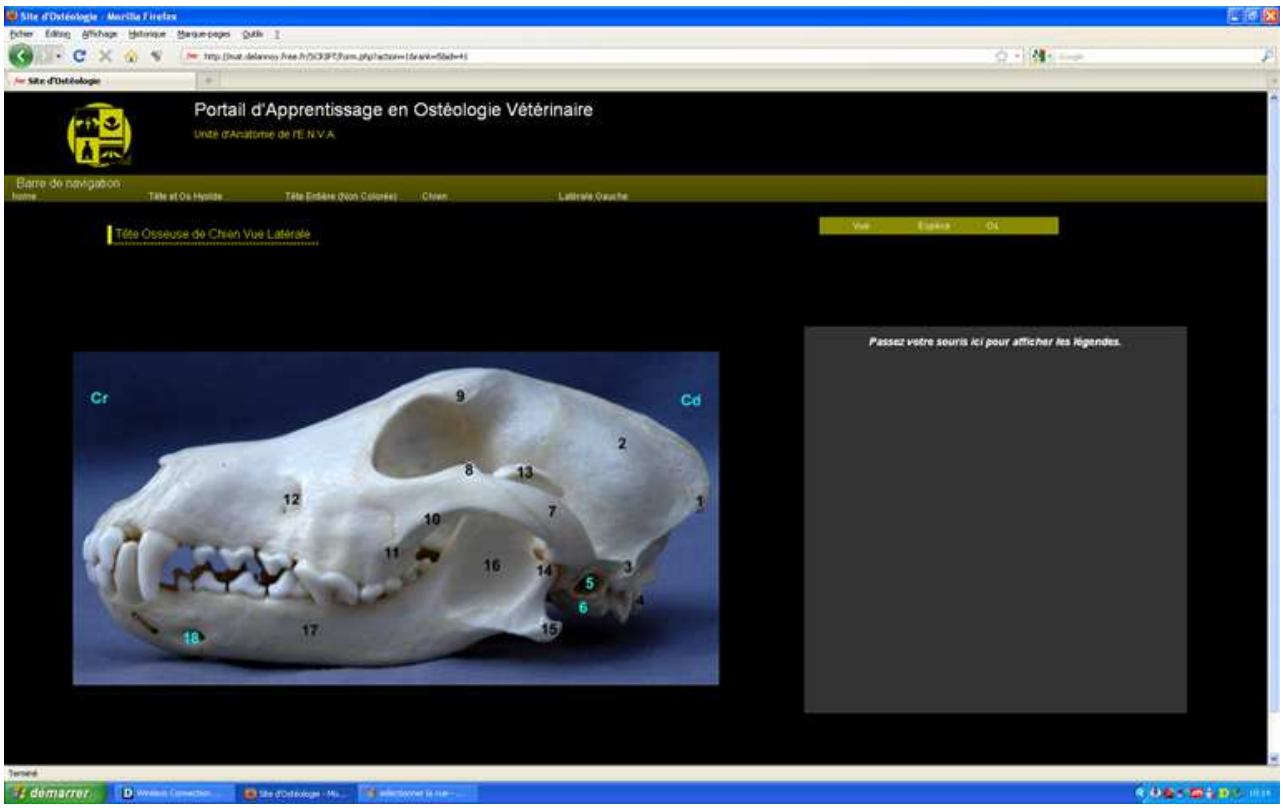


Figure 12: Choix de la vue souhaitée, toutes les barres de sélection sont alors affichées en vert.



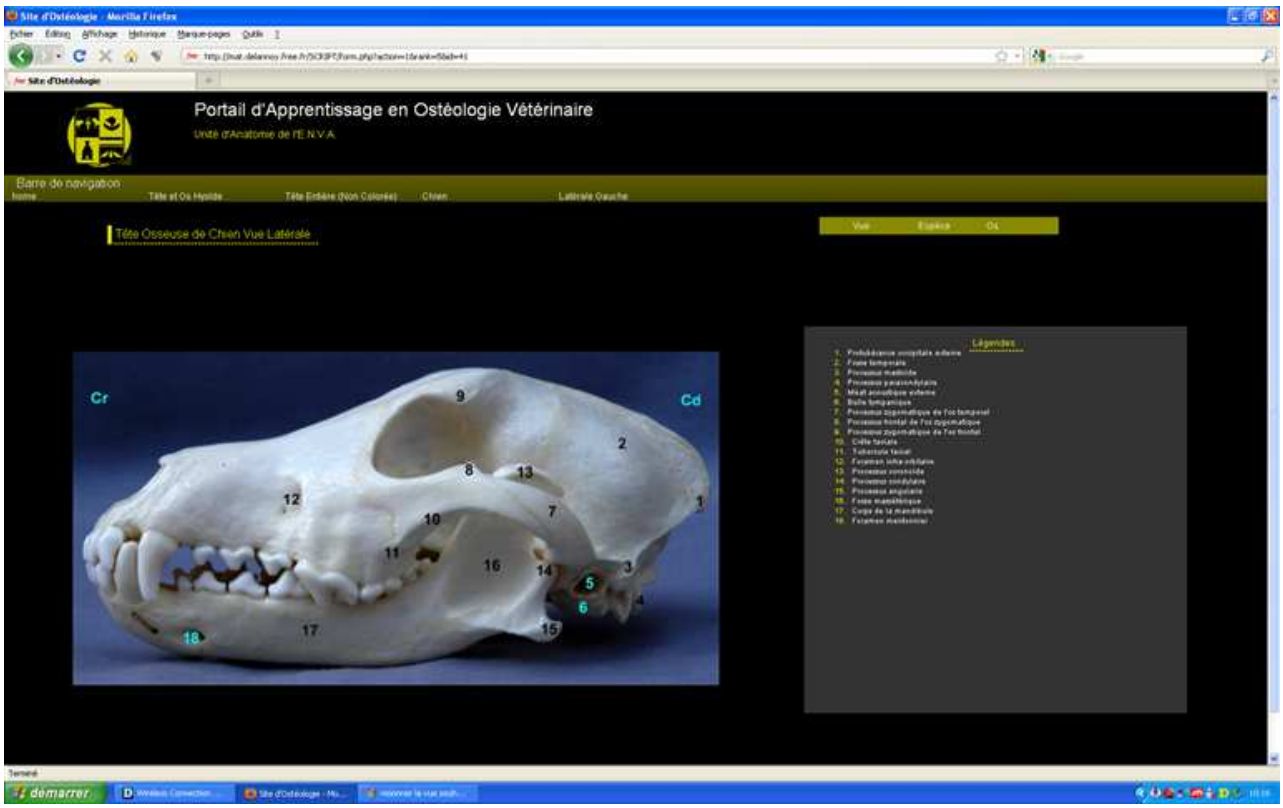
Une fois cette sélection effectuée, le navigateur charge l'image et la légende souhaitées et affiche l'image sur une nouvelle page (figure 13).

Figure 13: Affichage par le navigateur de la vue de l'os de l'espèce souhaitée, les légendes correspondantes étant masquées



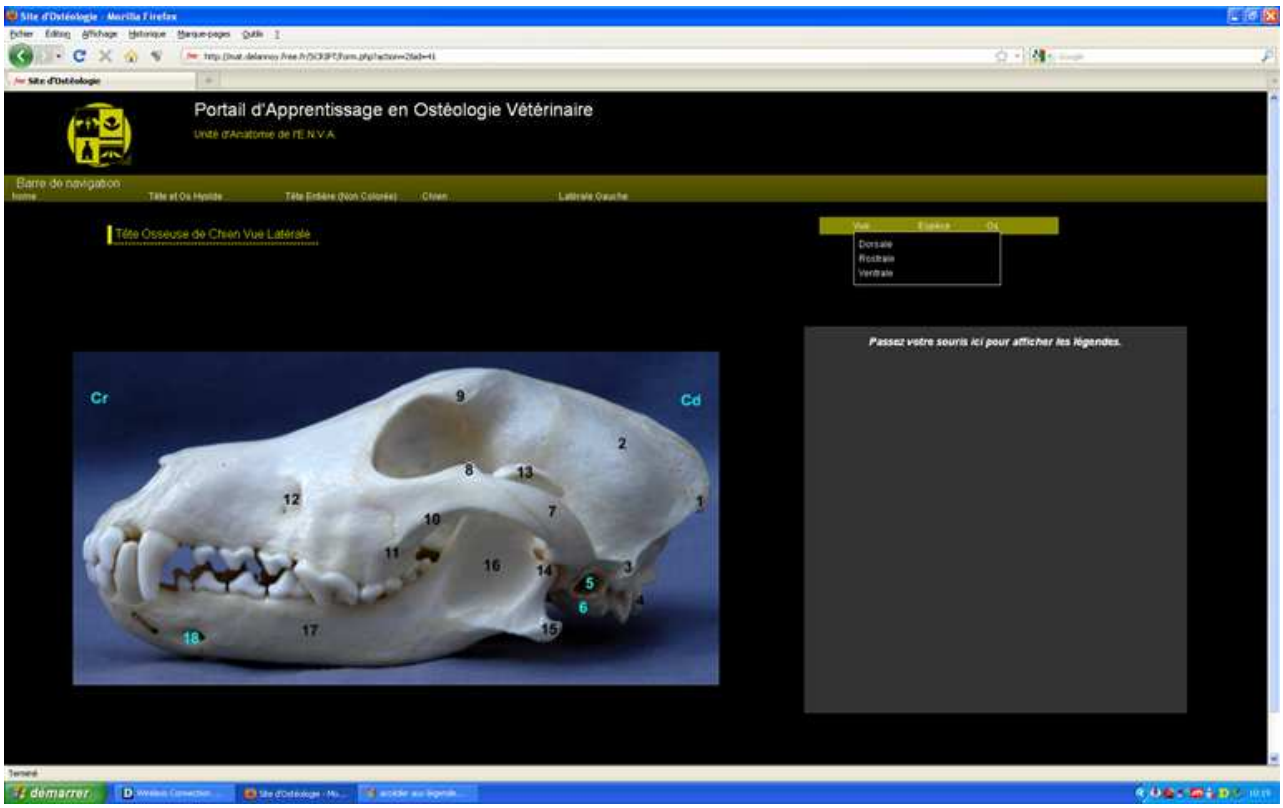
Les légendes n'apparaissent que lorsque l'utilisateur le souhaite, ceci en passant la souris sur l'emplacement prévu à cet effet (figure 14).

Figure 14: Affichage des légendes en passant la souris sur le cadre gris, elles disparaissent lorsque l'apprenant sort la souris de cette zone



Sur cette page, on trouve les menus déroulants au-dessus de la légende. Cela permet d'accéder directement à une autre image sans repasser par les étapes précédemment décrites, en changeant directement l'espèce, l'os ou la vue sélectionnés précédemment (figure 15).

Figure 15: La barre de menus située en face du titre de la photographie choisie permet de changer la vue, l'espèce ou l'os initialement sélectionnés à partir de cette page



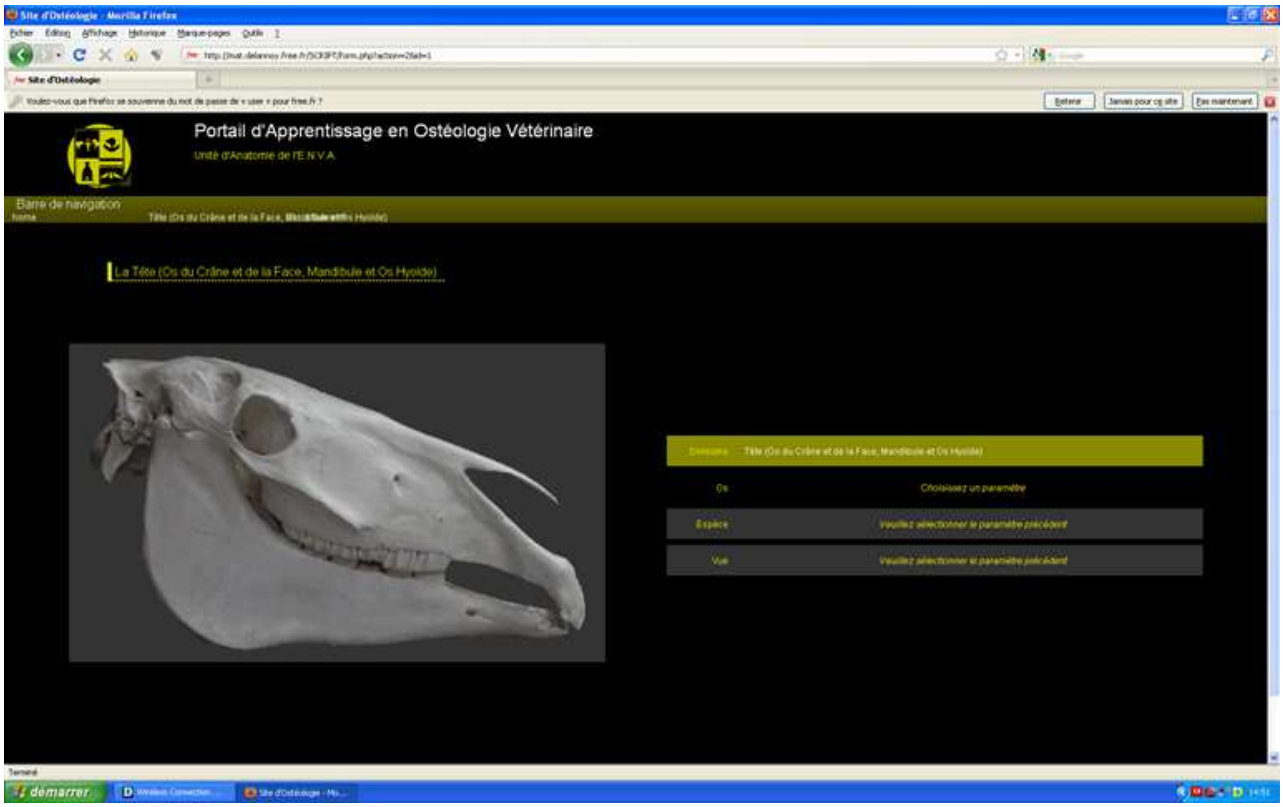
L'utilisateur peut ainsi, s'il le souhaite, regarder toutes les vues d'un même os successivement : en passant la souris sur le paramètre à modifier, le menu déroulant correspondant s'affiche, et en cliquant sur la vue souhaitée on passe d'une vue à l'autre en conservant l'espèce et l'os initiaux. De la même façon il est possible de passer de la vue d'un os d'une espèce à la même vue du même os mais d'une autre espèce. Cela permet ainsi de constater les différences existant entre les espèces inclues dans l'étude.

B – L’organisation du site

La page d’accueil permet d’accéder à plusieurs pages :

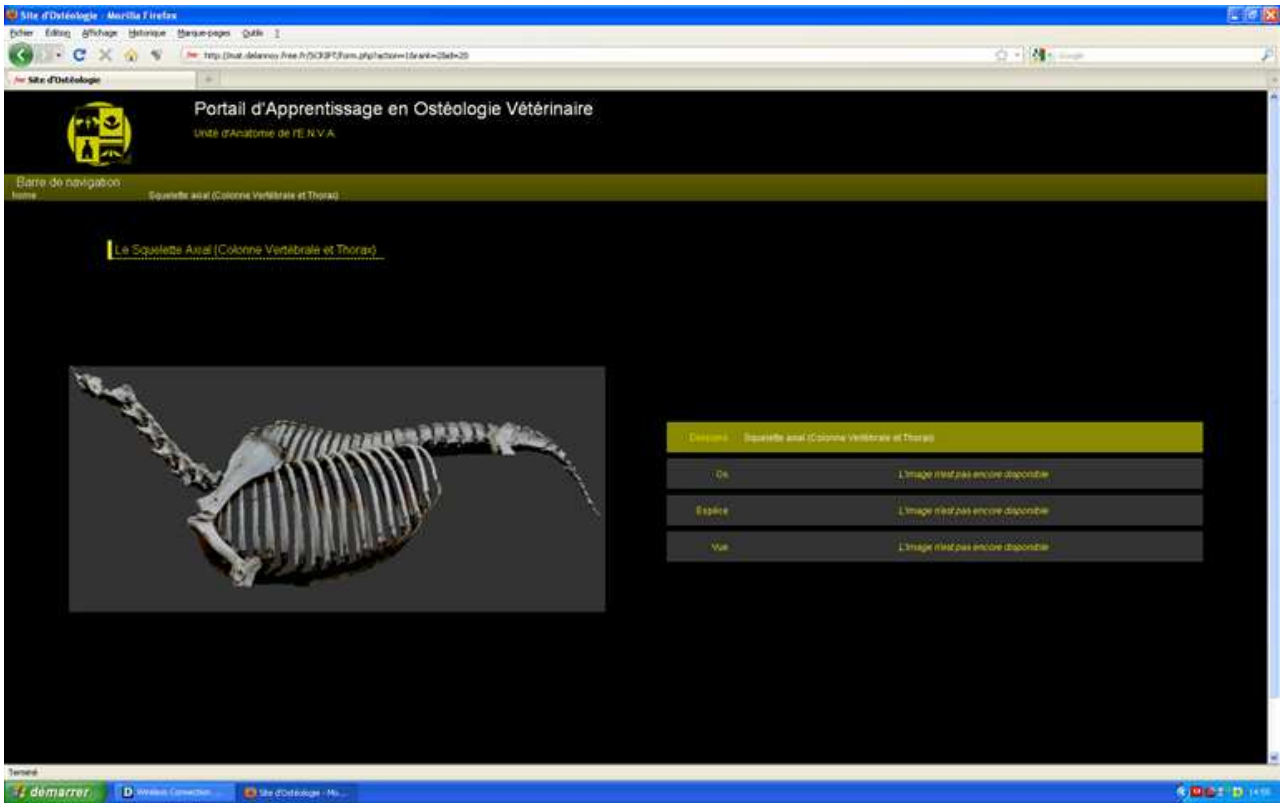
- Une page concernant la tête permet d’accéder au crâne, à la mandibule et à l’os hyoïde (figure 16).

Figure 16 : Affichage de la page concernant région de la tête après avoir cliqué sur celle du squelette de cheval en page d’accueil



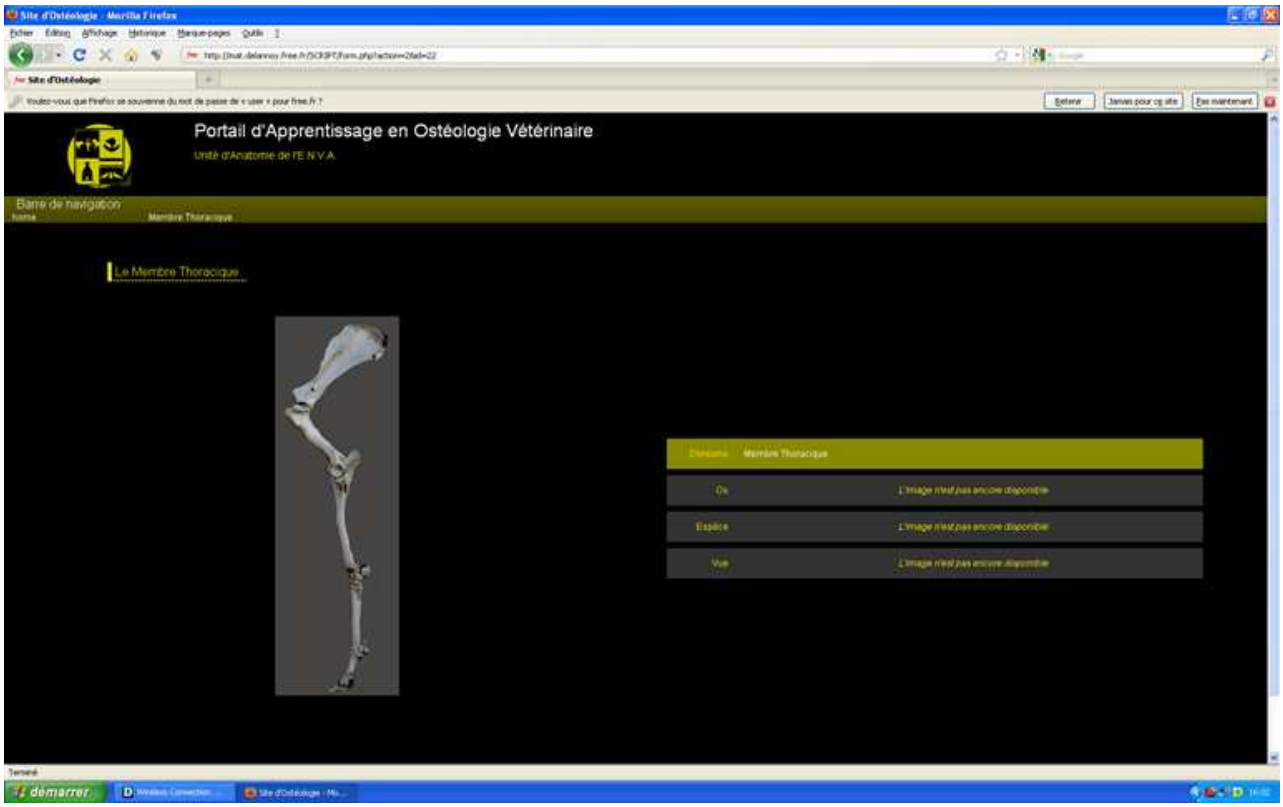
- Une page regroupant le squelette thoracique et la colonne vertébrale permet quant à elle d'accéder aux vertèbres (vertèbre atlas, vertèbre axis, vertèbre C3C4C5, vertèbre C6, vertèbre C7, vertèbre thoracique, vertèbre lombaire, os sacrum, vertèbre caudale), ainsi qu'aux côtes et au sternum, (figure 17).

Figure 17 : Page de la région de la colonne vertébrale et du squelette thoracique s'affichant après avoir cliqué sur la zone correspondante en page d'accueil



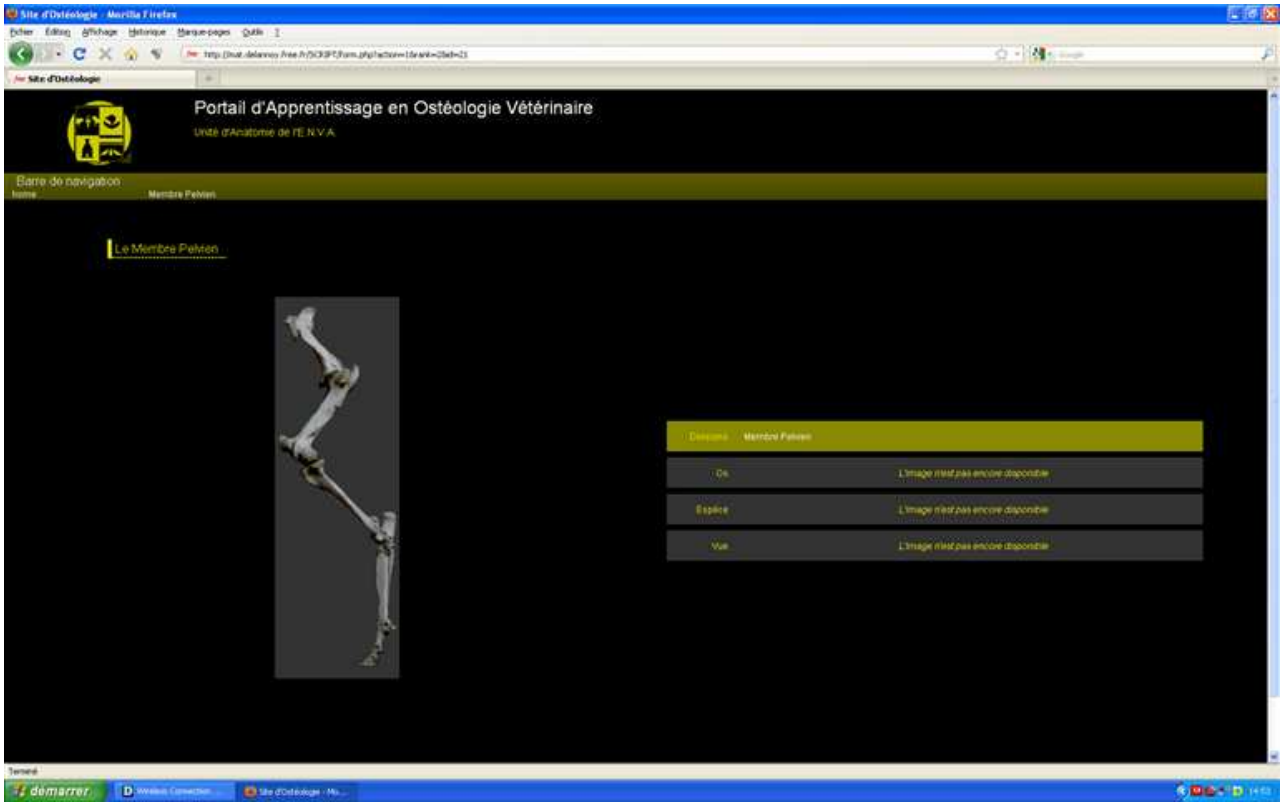
- Une page donnant accès au membre thoracique, de la scapula aux os métacarpiens (figure 18).

Figure 18 : Page consacrée au membre thoracique



- Une page permet d’accéder au membre pelvien, du fémur aux métatarses (figure 19).

Figure 19: Affichage de la page donnant accès au membre pelvien



QUATRIEME PARTIE : Discussion

A – Apports du travail réalisé

1) Un public ciblé

L'objectif fixé initialement étant spécifiquement de créer un support pédagogique interactif pour les étudiants de première année en école vétérinaire, cela a permis d'orienter le travail de façon à correspondre à un public ciblé. Une sélection volontaire des informations a donc été réalisée, restreintes à celles enseignées lors des séances de travaux dirigés à l'ENVA. Ces dernières répondent aux objectifs d'apprentissage d'ostéologie, établis en conformité avec le référentiel de diplôme vétérinaire validé par le ministère de l'agriculture. A l'issue de l'enseignement d'ostéologie, l'étudiant doit être capable de :

· Décrire les différents constituants du squelette axial et du squelette appendiculaire, en respectant leur orientation et/ou leur courbure dans l'animal. Reconnaître et orienter ces os

· Citer les formules vertébrales des équidés, ruminants, carnivores et du porc

· Citer, pour les principaux os présentés, le type et la morphologie générale, les principaux reliefs osseux, en particulier les surfaces articulaires et les principaux sites d'insertions musculaire et ligamentaire, en précisant les reliefs qui sont palpables chez l'animal vivant

· Décrire les variations dans les principales espèces d'intérêt vétérinaire

Il est plus aisé pour les étudiants de travailler en dehors des cours magistraux sur un support qui leur est entièrement destiné et est donc centré sur ce qui leur est enseigné. En effet, un support trop exhaustif ne facilite pas nécessairement l'apprentissage, nécessitant un tri des informations. Ce processus est relativement chronophage. En ne présentant que les informations qui ont été vues en cours, le site a pour but de simplifier le travail personnel de l'étudiant en dehors de la salle de classe.

Le site permet de rassembler l'ostéologie des différentes espèces étudiées en cours. Il n'est donc pas nécessaire de naviguer entre plusieurs supports pour avoir les informations recherchées concernant chaque espèce. Cela permet une certaine fluidité au cours de l'apprentissage des reliefs

et foramens, ainsi que lors des comparaisons interspécifiques. En effet il est aisé grâce au support multimédia de passer d'un os à un autre, d'une vue à une autre, et d'une espèce à une autre, ce uniquement en utilisant un des menus déroulants disponibles à l'écran. C'est un des intérêts principaux de ce support.

Les os photographiés et présentés sur le site sont ceux sur lesquels l'enseignant se base pour présenter son cours. L'utilisation des mêmes os permet à l'étudiant de faire plus facilement le lien entre ce qui a été vu en travaux dirigés et ce qui est présenté sur des photographies en ligne.

2) Un support accessible

L'équipement informatique est aujourd'hui très banalisé au sein de la population estudiantine. Rares sont les étudiants qui ne disposent pas de leur propre ordinateur, ne serait-ce que pour accéder à leurs cours, désormais mis en ligne sur un site qui leur est destiné à l'ENVA. La plupart des étudiants disposent donc en général d'un ordinateur et d'une connexion Internet. Lorsque ce n'est pas le cas, l'école met à disposition des étudiants des ordinateurs dans une salle informatique ainsi qu'à la bibliothèque, ce qui permet de se connecter directement sur le réseau de l'école et d'avoir accès à internet. De plus, un accès Wi-Fi a récemment été mis en place sur le campus. Cela donne la possibilité aux étudiants de se connecter à internet dans l'enceinte de l'école avec leur propre ordinateur, et donc d'accéder au site lors de leurs révisions en salle de travaux dirigés d'ostéologie par exemple.

Le support multimédia choisi est donc facilement et rapidement accessible pour les étudiants vétérinaires qui sont les principaux concernés par ce travail. Il est également gratuit, atout non négligeable pour des étudiants qui ont souvent un revenu limité voire nul et ne peuvent se permettre des dépenses supplémentaires.

3) Un support usuel

Les étudiants sont, pour la plupart, familiers aujourd'hui avec la manipulation des supports multimédias et il devient presque naturel pour eux de travailler sur ordinateur. Ils se repèrent généralement vite sur un site et ne perdent pas de temps avec des problèmes de logistique. Il est fort probable que le site soit un outil sur lequel ils se sentent à l'aise. En cas d'interrogation concernant

son fonctionnement lors des premières utilisations, la rubrique « aide » accessible à partir de la page d'accueil indique la marche à suivre étape par étape, permettant un repérage plus rapide. Les étudiants n'hésiteront donc pas à en faire usage, étant plus habitués à travailler sur ordinateur que sur papier. Ce site est donc le complément idéal des fascicules utilisés lors des travaux dirigés ainsi que pour les révisions, puisqu'il donne le choix aux étudiants de travailler sur le support qui leur correspond le mieux et sur lequel ils apprennent le plus facilement.

Grâce aux différentes vues d'un os, la photographie permet de visualiser celui-ci en trois dimensions. La possibilité de passer successivement d'une vue à l'autre sans avoir à tourner de page rend le processus encore plus fluide. Cela fait le lien avec les os vus en cours, et facilite l'intégration des connaissances par l'étudiant.

4) Un support dynamique

Les modalités de construction du site ont été choisies de façon à ce qu'il soit possible, y compris après la mise en ligne, d'effectuer des modifications et des ajouts : en effet selon les souhaits de l'unité d'anatomie, le site est appelé à englober éventuellement d'autres domaines de l'anatomie, ainsi que l'imagerie médicale correspondant aux régions présentées en ostéologie. Il est également toujours envisageable de modifier un fichier lors de changements de nomenclature par exemple. Cela est possible grâce au système de base de données qui peut être alimenté et complété au fil du temps. La mise en parallèle avec l'imagerie médicale établit un lien entre l'ostéologie et une application pratique de celle-ci dans l'exercice vétérinaire.

B – Limites

1) Un parti pris de la sélection de l'information

Partant du principe que le site est un outil destiné aux étudiants vétérinaires ayant assisté à des cours et des séances de travaux dirigés, la structure et la morphologie générale des os, les principes de croissance et de vascularisation de ces derniers ne sont pas rappelés. Il est donc nécessaire que l'étudiant ait au préalable assimilé un certain nombre de prérequis. De plus, le légendage étant limité aux informations dispensées en cours, le site n'a pas vocation à remplacer les ouvrages de référence en ostéologie (comme l'est l'ouvrage rédigé par Robert Barone).

2) Un accès Internet indispensable

Pour les étudiants qui ne disposent pas d'un ordinateur, n'ont pas d'accès Internet, ou ne logent pas au sein de l'école, le support choisi peut être un frein à sa diffusion. Être obligé de rester dans l'école pour pouvoir se connecter et travailler sur le site ne sera pas forcément pratique pour les étudiants ayant un trajet conséquent pour retourner à leur domicile. Ce cas de figure reste cependant très sporadique à l'époque à laquelle nous vivons.

3) Un outil inutile utilisé seul

Une photographie est une image figée en deux dimensions d'un objet et, même si l'os est pris sous toutes les vues possibles, il n'en reste pas moins qu'il est plus aisé d'apprendre sur l'os réel. En effet, non seulement les reliefs sont bien visibles, mais ils sont aussi palpables, et il est possible de bouger l'os pour bien repérer une structure, quelle que soit la position de celui-ci. Le meilleur support reste donc l'os lui-même, lorsqu'il est accessible.

Par ailleurs, un des objectifs d'apprentissage consiste à savoir orienter un os isolé dans l'espace. Dans le contexte de ce site internet, cette orientation est déjà définie et l'étudiant n'a pas la possibilité de réfléchir par lui-même à l'orientation de l'os tel qu'il serait amené à le faire avec un os isolé.

Un autre aspect important est la présence d'un intervenant lors des TD qui donne vie au cours et fait naître chez les étudiants le souhait d'apprendre ce qui leur est présenté. Il donne un sens à leur présence et à l'apprentissage qu'ils suivent. Il est également là pour interagir avec les étudiants et répondre à leurs interrogations, tâche dont un support seul ne peut s'acquitter. Un outil multimédia peut être un très bon outil mais il faut tout de même l'utiliser à bon escient ; savoir pourquoi et comment il est intéressant de l'utiliser et ce qu'il peut apporter à long terme. Conformément aux objectifs affichés ce site a été conçu pour aider l'étudiant à travailler et à réviser à la suite de l'intervention de l'enseignant et n'a pas vocation à remplacer la séance de TD.

4) Un outil ne convenant pas à tous

L'apprentissage est pour certains plus difficile devant un écran que sur un polycopié. En effet, il y aura toujours des étudiants qui préfèreront avoir un support papier pour apprendre que des pages web affichées sur un ordinateur. C'est pourquoi le site internet ne peut se supplanter aux polycopiés, de façon à laisser la possibilité aux étudiants de travailler avec leur outil de prédilection.

CONCLUSION

Ce travail a permis l'élaboration d'un site internet à visée pédagogique consacré à l'ostéologie comparée des carnivores domestiques, des équidés et des bovins. Plus de 450 photographies des os du squelette axial et appendiculaires ont été légendées dans quatre espèces (chien, chat, cheval, bovin), et ces photographies ont été intégrées à une base de données permettant une navigation aisée entre les régions, les espèces, les vues.

La répétition des données et les différentes façons de les présenter sont des moyens permettant de faciliter l'intégration des informations nécessaires à un étudiant pour valider une unité d'enseignement. En effet, cela laisse la possibilité de choisir le support correspondant le plus aux aptitudes et capacités cognitives de chacun. L'intérêt ici est de permettre aux étudiants de construire une représentation mentale des connaissances qu'il leur faut acquérir en ostéologie plus aisément et plus rapidement. Le site donne également un accès complémentaire aux informations, grâce auquel des révisions sont possibles en dehors de la salle d'ostéologie, sur un autre support que les polycopiés. Une navigation entre les vues, les os et les espèces, ainsi qu'un affichage des légendes à la demande facilitent l'apprentissage et permettent une certaine auto-évaluation. Cela constitue un atout non négligeable compte-tenu de la masse globale de travail à fournir en première année d'école vétérinaire.

Le but ultime de ce travail sur support multimédia est d'en faire un outil comparatif, notamment entre l'ostéologie et l'imagerie médicale, mais également de l'étendre à d'autres domaines de l'anatomie. Dans la mesure où il s'agit d'une base de données, le site est dynamique, et d'autres éléments peuvent y être intégrés au fil du temps, à l'initiative de l'unité d'anatomie et du service informatique. Les perspectives d'évolution sont donc assez vastes.

BIBLIOGRAPHIE

(1) ASHDOWN R.R., DONE S.H. Colour Atlas of Veterinary Anatomy Volume One, The Ruminants. London, Ed. Bailière Tindall, 1984, 247p

(2) ASHDOWN R.R., DONE S.H. Color atlas of veterinary anatomy Volume 2, The Horse, Edinburgh, Ed. Mosby-Wolfe, 2003, 318p

(3) BAHR A., CAROLL G.L., FOSSUM T.W., HEDLUND C.S., JOHNSON A.L., SCHULTZ K.S., SEIM H.B.III, WILLARD M.D. Small animal surgery. 3ème edition, St Louis, Ed Mosby Elsevier, 2007, 1610p

(4) BARONE R. Anatomie comparée *des* mammifères domestiques, Tome premier : Ostéologie. 4ème édition, Lyon, Ed. Vigot frères, 1999, 761p.

(5) CHATEAU H., CREVIER-DENOIX N., DEGUEURCE C., ROBERT C. *Ostéologie : membres thoracique et pelvien*. Polycopié. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, Unité Pédagogique des animaux domestiques, 1992, 38p.

(6) CHATEAU H., CREVIER-DENOIX N., DEGUEURCE C., ROBERT C. *Ostéologie du tronc des mammifères domestiques, DCEV1*. Polycopié. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, Unité Pédagogique d'anatomie des animaux domestiques, 1999, 42p.

(7) CHATEAU H., CREVIER-DENOIX N., DEGUEURCE C., ROBERT C. *Ostéologie de la tête, DCEV1*. Polycopié. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, Unité Pédagogique d'anatomie des animaux domestiques, 5p.

(8) CLAYTON H.M., FLOOD P.F. Color Atlas of Large animal applied anatomy. London, Ed Mosby-Wolfe, 1996, 160p

(9) CLAYTON H.M., FLOOD P.F., ROSENSTEIN D.S. Clinical Anatomy of the Horse. Edinburgh, Ed. Mosby Elsevier, 2005, 122p

(10) DELAHUNTA A., EVANS H.E. Guide to the dissection of the dog. 5ème édition, Philadelphie, Ed W.B. Saunders Company, 2000, 378p

(11) DENOIX J.-M., PAILLOUX J.-P. Approche de la kinésithérapie du cheval. 2ème édition, Paris, Ed Maloine, 1997, 291p

(12) DUCHARME N.G., FUBINI S.L. Farm Animal Surgery. Saint Louis, Ed Saunders, 2004, 606p

(13) ETCHEPAREBORDE S. Contribution à la réalisation d'un cd-rom d'ostéologie comparée des mammifères domestiques : étude trilingue des parties consacrées au bovin et au porc. Thèse Méd. Vét., Toulouse, 2005, 64p.

(14) EVANS H.E. Miller's Anatomy of the dog. 3ème edition, Philadelphie, Ed. W.B. Saunders company, 1993, 1113p

(15) EVRARD P. Introduction à l'ostéopathie structurelle appliquée au cheval. Thy-Le-Château, Ed. Olivier éditeur, 2005, 411p

(16) FAILS A.D., FRANDSON R.D., WILKE W.L. Anatomy and physiology of Farm Animals. 6ème edition, Philadelphie, Ed. Lippincott Williams and Wilkins, 2003, 481p

(17) FARROW C.S. Veterinary Diagnostic Imaging The Horse. Saint Louis, Ed. Mosby Elsevier, 2006, 570p

(18) GAILLARD E. Contribution à la réalisation d'un cd-rom d'ostéologie comparée des mammifères domestiques : étude trilingue des parties consacrées au chien et au mouton. Thèse Méd. Vét., Toulouse, 2004, 52p.

(19) HABEL R.E. Guide to the dissection of domestic ruminants. 4ème edition, Ithaca, Ed. Habel, 1989, 233p

(20) HINCHCLIFF K.W., KANEPS A.J., GEOR R.J. Equine sports medicine and surgery, Basic and Clinical Sciences of the Equine Athlete. Edinburgh, Ed. Saunders, 2004, 1364p

(21) KAINER R.A., MC CRAKEN T.O., SPURGEON T.L. Spurgeon's color atlas of Large Animal Anatomy The Essentials. Philadelphie, Ed. Lippincott Williams and Wilkins, 1999, 160p

(22) KÖNIG H.E., LIEBICH H.-G. Veterinary Anatomy of Domestic Mammals, Textbook and Colour Atlas. Stuttgart, Ed. Schattauer, 2004, 681p

(23) LEMOYNE DE VERNON E. Mise au point technique d'un prototype de cd-rom d'ostéologie comparée des mammifères domestiques. Thèse Méd. Vét., Toulouse, 2002, 69p.

(24) MC LELLAND J., SKERRITT G.C. An Introduction to the Functional anatomy of the Limbs of the Domestic Animals , Bristol, Ed. Wright, 1984, 251p

(25) MOLINIER F. Traité d'acupuncture vétérinaire, tome 1, Acupuncture fondamentale traditionnelle et moderne dies carnivores. Sainte-Ruffine, Ed. Maisonneuve, 1986, 660p

(26) SESQUIERE S. Participation à l'élaboration d'un cd-rom d'ostéologie comparée des mammifères domestiques : étude trilingue des parties consacrées au chat et au cheval. Thèse Méd. Vét., Toulouse, 2006, 67p.

(27) WISCHNITZER S. Atlas and Dissection Guide for Comparative Anatomy. 5ème édition, New York, Ed. W. H. Freeman and Company, 1967, 284p

Annexe 1 : Référentiel de diplôme vétérinaire

PREAMBULE

Le référentiel de diplôme reprend l'ensemble des connaissances qui permettent de répondre aux exigences fixées dans le référentiel professionnel, défini avec les représentants de la profession, sachant que le vétérinaire doit :

- avoir une culture vétérinaire généraliste,
- être capable de recueillir, traiter et analyser des informations avec pertinence,
- être capable de hiérarchiser et d'effectuer la synthèse des données,
- mettre en œuvre ou superviser des gestes techniques,
- communiquer et assurer le suivi des dossiers,
- assurer ses responsabilités et remplir ses devoirs,
- intégrer son action dans une perspective de développement durable.

Cette formation de l'enseignement supérieur à visée professionnelle repose sur une démarche scientifique qui en constitue le socle. En s'appuyant sur de solides bases en biologie générale, elle comporte une part importante d'enseignement clinique ; le vétérinaire maîtrise la démarche : diagnostic – pronostic -prise de décision.

Le référentiel de diplôme décrit les connaissances et aptitudes indispensables en termes de savoirs, de savoir-faire et de savoir-être que doit posséder un diplômé sortant d'une Ecole vétérinaire afin de lui permettre d'intervenir de manière autonome lorsqu'il est sollicité voire d'adresser à un confrère, quel que soit le secteur dans lequel il intervient.

Il ne constitue en aucun cas un ensemble de connaissances suffisantes pour une vie professionnelle. Il a été conçu de telle sorte que le nouveau diplômé devra, après son entrée dans la vie professionnelle, suivre régulièrement, durant sa carrière, des enseignements de formation post-universitaire suivant le principe de la formation tout au long de la vie.

En cela, ce document a été pensé selon des critères proches de ceux qui prévalent à l'heure actuelle au plan international, puisque repris notamment dans les recommandations de l'Association Européenne des Etablissements d'Enseignement Vétérinaire, afin de rendre la formation vétérinaire plus adaptée d'une part à l'évolution des connaissances et d'autre part aux attentes sociétales en matière de bien-être et protection de l'animal, de développement durable notamment.

En raison de leur autonomie pédagogique, chaque Ecole vétérinaire arrêtera, à partir de ce document, l'organisation de la formation qui doit comprendre des enseignements théoriques, dirigés, pratiques de formation à la clinique, ainsi que des stages.

SCIENCES MORPHOLOGIQUES

Cette matière regroupe les trois champs disciplinaires des sciences morphologiques appliquées à l'organisme normal enseignées dans les écoles vétérinaires.

I. ANATOMIE

Objectifs généraux

A l'issue de cet enseignement, l'étudiant doit :

- **avoir acquis les bases anatomiques indispensables à l'exercice de la médecine vétérinaire au sens large, dans le domaine des animaux domestiques,**
- **• savoir utiliser cet acquis**
  - **dans le cadre de l'étude des grandes fonctions (enseignement de physiologie) et de l'anatomie microscopique (histologie) et pathologique**
  - **pour les applications professionnelles en matière de : -propédeutique et de sémiologie (inspection, palpation, percussion, auscultation) : examen clinique d'un animal, -imagerie médicale (en particulier: analyse et interprétation de clichés radiographiques et d'images échographiques), -chirurgie (abord et technique), -autopsie, -inspection des denrées animales.**

Savoir

Pour tous les grands appareils, décrire leur organisation générale, citer leurs divisions et leurs fonctions.

Extérieur

- Citer les formations anatomiques qui conditionnent la conformation des reliefs osseux, musculaires, vasculaires, nerveux, etc
- Citer les formules dentaires (dentitions déciduale / permanente) chez les équidés, ruminants, chien, chat et porc
- Enoncer les principes de l'estimation de l'âge chez le cheval, le bœuf et les carnivores
- Décrire et reconnaître les principales allures du cheval

Ostéologie

- **Décrire les différents constituants du squelette axial et du squelette appendiculaire, en respectant leur orientation et/ou leur courbure dans l'animal. Reconnaître et orienter ces os**
- **Citer les formules vertébrales des équidés, ruminants, carnivores et du porc**
- **Citer, pour les principaux os présentés, le type et la morphologie générale, les principaux reliefs osseux, en particulier les surfaces articulaires et les principaux sites d'insertions musculaire et ligamentaire, en précisant les reliefs qui sont palpables chez l'animal vivant**
- **Décrire les variations dans les principales espèces d'intérêt vétérinaire**
- **Enoncer les principes de la croissance et de la vascularisation des os**

Arthrologie

- Citer et définir les différents types d'articulations rencontrées chez les animaux domestiques
- Décrire le plan d'organisation d'une articulation synoviale
- Citer les types fonctionnels d'articulations ; indiquer leur localisation dans l'animal et les mouvements autorisés
- Décrire les différents constituants et le fonctionnement des articulations d'importance fonctionnelle et/ou clinique majeure

Myologie

- Décrire l'organisation générale d'un muscle et de ses annexes (tendons, aponévroses, fascias)
- Citer et identifier sur l'animal vivant les principaux groupes musculaires du tronc, des membres et de la tête en précisant leurs fonctions

Décrire les insertions, les rapports, les fonctions et l'innervation des principaux muscles

Splanchnologie

Pour tous les viscères des appareils respiratoire, digestif, urinaire et génital :

- décrire, dans les principales espèces d'intérêt vétérinaire, leurs conformations extérieure et intérieure, leurs moyens de fixité, leur mobilité normale, leur topographie et leurs rapports,
- citer l'origine de leurs vascularisations artérielle et veineuse, et de leur innervation,
- citer les organes palpables par voie trans-rectale chez les grands ongulés et donner des critères d'identification,
- établir la relation entre leur morphologie et leur fonction avec, en particulier pour le système digestif, les adaptations aux différents régimes alimentaires.

Angiologie

- Décrire l'organisation générale de la vascularisation chez les mammifères, et expliquer le trajet du sang à travers le cœur, dans la grande et la petite circulation, ainsi que celui de la lymphe dans le système lymphatique
- Décrire la conformation extérieure et intérieure du cœur, sa topographie et celle de ses valves. Décrire les implications de ces notions en termes d'imagerie médicale et de sémiologie du cœur
- Décrire la disposition générale de l'aorte et de ses principales collatérales, la disposition, le trajet et la distribution des terminales de l'aorte et ses variations spécifiques, la disposition et les rapports des veines caves crâniale et caudale, et de la veine porte. Indiquer, dans les principales espèces d'intérêt vétérinaire, les veines superficielles sites de ponction ou d'injection
- Décrire la disposition générale des vaisseaux et troncs collecteurs de la lymphe, des nœuds lymphatiques chez les carnivores, équidés et artiodactyles, leurs territoires de drainage et la destination de leurs efférents

Neurologie et esthésiologie

Système nerveux central

- Décrire les méninges ainsi que le processus de formation, la circulation et les modalités de résorption du liquide cérébro-spinal
- Expliquer l'incidence clinique de la disposition de ces formations dans les différentes espèces
- Décrire les conformations extérieure et intérieure des parties du système nerveux central, leurs moyens de fixité, l'organisation topographique et leurs rapports
- Décrire l'organisation fonctionnelle de la substance blanche et de la substance grise. Expliquer les connexions

des formations et leurs rôles

Système nerveux périphérique

- Décrire la disposition générale d'un nerf spinal à proximité de la moelle spinale. Citer les variations régionales et spécifiques de la disposition des nerfs spinaux et leurs conséquences cliniques
- Décrire les origines apparente et réelle, les trajets, rapports principaux et fonctions des nerfs crâniens
- Définir les plexus brachial et lombo-sacré. Décrire leur conformation et leurs rapports immédiats
- Citer l'ensemble des nerfs issus du plexus brachial et du plexus lombo-sacré en décrivant leur origine, leur trajet, leurs rapports principaux et leurs fonctions

Système nerveux autonome

- Définir les caractéristiques anatomiques et fonctionnelles des parties sympathique et parasympathique du système nerveux autonome

Organes des sens

- Décrire l'organisation anatomique et fonctionnelle du bulbe de l'œil et de ses annexes, des voies visuelles et optiques, de l'oreille et de ses annexes, des voies auditives et acoustiques et des voies de l'olfaction

Savoir-faire

Diagnose de l'âge

- Reconnaître, dans la bouche d'un chien, d'un chat, d'un cheval, d'une vache, les dents déciduales les dents permanentes. En déduire, grâce à la connaissance des dates d'éruption, l'âge approximatif d'un jeune animal dans ces espèces
- Reconnaître, chez un cheval et chez une vache, les stades du rasement et du nivellement

Anatomie extérieure et palpatoire dans les différentes espèces

- Délimiter sur l'animal les différentes régions du corps
- Indiquer sur l'animal vivant les aires de projection des différents organes et, le cas échéant, leurs aires de palpation, percussion et auscultation
- Situer, sur l'animal vivant, les os en précisant leur orientation
- Palper sur l'animal vivant les reliefs osseux et les formations périarticulaires, les grands groupes musculaires, les organes accessibles et les nœuds lymphatiques accessibles, les artères et veines d'intérêt clinique

Imagerie

- Identifier, sur des radiographies, les os et leurs reliefs, les articulations, les grandes cavités du corps et leurs limites, les différents organes visibles et localiser les organes non visibles d'intérêt clinique
- Identifier les formations anatomiques visibles sur des coupes échographiques standard chez les animaux domestiques

Annexe 2 : Objectifs d'apprentissage d'ostéologie S5, DCEV-1 Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort

Etre capable de :

1. ORIENTER [**R**]:
- vertèbre : corps, foramen vertébral, arc (avec ses différents processus)
- côte(s), sternum
- os coxal

2. Décrire la conformation générale d'une vertèbre et **les variations régionales** observées chez les Mammifères domestiques : citer les principales caractéristiques d'une vertèbre cervicale par rapport à une vertèbre thoracique, lombaire, etc..., en liaison avec la mobilité de chaque région [**A**], et expliquer les principaux critères de rang présentés en TD [**B**].

3. Citer les formules vertébrales (sauf vertèbres caudales) des espèces suivantes :
- Cheval, Bovin, Chien, Chat [**R**]
- Petits Ruminants [**A**]
- Porc, Lapin [**B**]

4. Pour tous les os présentés :

*** Reconnaître sur une pièce, et décrire :**
- les surfaces articulaires [**R**]
- les reliefs palpables sur l'animal vivant, et servant de point de repère en sémiologie et/ou en chirurgie [**R**]
- les reliefs (ex. : foramens vasculo-nerveux, reliefs d'insertion musculaire ou ligamentaire) présentés en TD [**A**]

* **Reconnaître les caractéristiques distinctives** des principales espèces, tels qu'elles vous ont été présentées en TD, en particulier :
- Cheval / Bovin [**B**]
- Chien / Chat [**B**]
- " " / Petit Ruminant / Lapin [**C**]

5. Identifier sur une <u>radiographie</u> (Cheval, Chien, Chat) tous les os et reliefs osseux qui vous ont été présentés et décrits en TD – cf. objectifs Radio-anatomie.

RÉALISATION D'UN SITE INTERNET À VISÉE PÉDAGOGIQUE CONSACRÉ À L'OSTÉOLOGIE COMPARÉE DES CARNIVORES DOMESTIQUES, DES ÉQUIDÉS ET DES BOVINS

NOM et Prénom : RAFFAELLI Mélanie

Résumé

L'enseignement de l'ostéologie des mammifères domestiques à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort est basé sur différents supports, le principal étant l'os lui-même. Or les étudiants n'y ont accès que lors de travaux dirigés et séances de révisions dont la durée est limitée. Actuellement sont disponibles des supports polycopiés pour permettre aux étudiants de travailler en dehors de ces plages horaires. L'objectif de ce travail de thèse était de proposer un outil pédagogique supplémentaire sous forme de site internet, consultable à distance, permettant de compléter le dispositif d'apprentissage.

Le projet a été réalisé en deux principales étapes: la constitution d'une banque de photographies légendées d'une part, d'autre part les conception et construction du site les hébergeant. Le site permet aux étudiants d'accéder aux différentes vues d'un os de chien, chat, bovin ou cheval, et de consulter les légendes correspondantes s'il le souhaite, facilitant ainsi le processus d'apprentissage et d'auto-évaluation. Etant destiné à un public ciblé, le légendage n'est pas exhaustif. Il peut difficilement être utilisé seul sans bases préalables et ne remplace donc pas l'intervenant. Néanmoins, il présente l'avantage d'être gratuit, accessible et évolutif, ouvrant ainsi des perspectives d'élargissement à d'autres domaines de l'anatomie et à l'imagerie.

Mots clés : SITE INTERNET/ENSEIGNEMENT/DOCUMENT PEDAGOGIQUE/ OSTEOLOGIE/OSTEOLOGIE COMPAREE/CARNIVORE/CHIEN/CHAT/EQUIDE/ CHEVAL/BOVIN

Jury :

Président : Pr.
Directeur : Dr. Henry CHATEAU
Assesseur : Pr. Fabrice AUDIGIE

Adresse de l'auteur :
81, rue Jean Marin Naudin 92220 BAGNEUX

IMPLEMENTATION OF A WEB-BASED TEACHING TOOL FOR COMPARATIVE OSTEOLOGY OF SMALL ANIMALS, HORSES AND CATTLE

SURNAME : RAFFAELLI

Given name : Melanie

Summary

At the National Veterinary School of Alfort, osteology of domestic mammals is taught by several means, the primary one being the study of the bone itself. However, students' access to bone materials is limited to the time constrains of tutorials and review sessions. The only source of material provided are media handouts that allow students to work outside of the laboratory. The objective of this thesis was to develop and implement a complimentary osteology-teaching tool that would be web-based, remotely accessible, and would complete the training curriculum.

This project was completed in two main steps: the creation of a database containing labeled bone pictures and the development of the website. The designed website allows students to view bones of dogs, cats, cattle, and horses under different angles with their corresponding legends, if they desire. This eases the training process and self-evaluation. Legends are scientific and concise in nature and require basic knowledge in osteology. Hence, this website could not replace the traditional tutorials. However, the website has the advantage of being free, web-accessible and scalable, thus creating opportunities to expand the website to other fields of anatomy and imaging.

Keywords: WEB SITE/TEACHING/OSTEOLOGY/COMPARATED OSTEOLOGY/SMALL ANIMAL/DOG/CAT/HORSE/CATTLE

Jury :

President : Pr.
Director : Dr. Henry CHATEAU
Assessor : Pr. Fabrice AUDIGIE

Author's address: 81, rue Jean Marin Naudin 92220 BAGNEUX

RAFFAELLI M

RÉALISATION D'UN SITE INTERNET À VISÉE PÉDAGOGIQUE CONSACRÉ À L'OSTÉOLOGIE COMPARÉE DES CARNIVORES DOMESTIQUES, DES ÉQUIDÉS ET DES BOVINS

2011