



Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO)

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

This is an author-deposited version published in : <http://oatao.univ-toulouse.fr/>
Eprints ID : 11924

To cite this version :

Mallédan Tifenn. *Imagerie des affections infectieuses inflammatoires vertébrales des chevaux*. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2014, 124 p.

Any correspondance concerning this service should be sent to the repository administrator: staff-oatao@inp-toulouse.fr.

IMAGERIE DES AFFECTIONS INFLAMMATOIRES INFECTIEUSES VERTÉBRALE CHEZ LE CHEVAL

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

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

par

MALLÉDAN Tifenn
Née, le 11 décembre 1989 à LANNION (22)

Directeur de thèse : M. Fabrice CONCHOU

JURY

PRESIDENT :

Mme Isabelle BERRY

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :

M. Fabrice CONCHOU

M. Giovanni MOGICATO

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Toulouse, 2014

NOM : MALLEDAN

Prénom : Tifenn

TITRE : **Imagerie des affections infectieuses inflammatoires vertébrales des chevaux.**

RÉSUMÉ : L'anatomie de la colonne vertébrale des chevaux et les grands principes des différentes modalités d'imagerie médicale sont présentés dans les deux premières parties de cette étude bibliographique afin de mieux comprendre et interpréter les lésions provoquées par les affections infectieuses inflammatoires vertébrales des chevaux. La troisième partie correspond à une synthèse des rares cas de discospondylites et d'ostéomyélites vertébrales rapportés dans la littérature scientifique. Ces affections sont dues à une dissémination sanguine d'un germe suite à une infection systémique ou à une inoculation directe de germe suite à un traumatisme. Les signes cliniques relevés sont souvent peu spécifiques et dépendent généralement du germe responsable (*Streptococcus* sp., *Staphylococcus* sp., *Rhodococcus equi*, *Eikenella corrodens*, ...). Le recours aux techniques d'imagerie médicale se révèle donc primordial pour le diagnostic de ces affections vertébrales. La technique la plus utilisée est la radiographie, elle permet de mettre en évidence des lésions osseuses telles que des zones d'ostéolyse, de sclérose et éventuellement d'ostéoprolifération. Leur localisation au niveau des disques intervertébraux ou des processus épineux est souvent pathognomonique. Toutefois ces signes apparaissent tardivement, une quinzaine de jours après le début des signes cliniques, et ne permettent pas d'évaluer toutes les lésions. Il est donc intéressant d'associer la radiographie à d'autres techniques d'imagerie. La scintigraphie est rarement disponible dans les cliniques équinées ; elle est pourtant très utile pour dénombrer et localiser les lésions par l'apparition de zones d'hyperfixation du produit radioactif préalablement injecté. L'utilisation de l'échographie permet d'examiner les surfaces osseuses et les tissus mous, et notamment d'objectiver la présence d'abcès ou de collections liquidiennes. Enfin, lors de l'apparition de signes nerveux, il peut être intéressant de réaliser une myélographie afin de localiser d'éventuelles zones de compression de la moelle spinale.

MOTS-CLÉS : IMAGERIE, VERTEBRES, CHEVAL, INFECTIONS, OSTEOMYELITE, DISCOSPONDYLITE.

TITLE : **Imaging of infectious inflammatory vertebral diseases of the horse**

SUMMARY : The anatomy of horses' vertebral column and the principles of the different imaging techniques are exposed in the two first parts of this bibliographic study in order to get better understandings and interpretations of infectious inflammatory vertebral diseases of the horse. The third part represents a synthesis of the few clinical cases reported in scientific literature. Those infections are due to blood dissemination of a germ after a systemic infection or to a direct inoculation after a trauma. The induced clinical signs are often not specific, generally depending on the responsible germ (*Streptococcus* sp., *Staphylococcus* sp., *Rhodococcus equi*, *Eikenella corrodens*, ...). Consequently, imaging techniques become very important for diagnosing those infections. The most used technique is radiography, it shows bone lesions such as osteolysis, sclerosis and sometimes bone proliferation. Their anatomic localisation, in intervertebral discs or spinous processes, is often pathognomonic. However, those signs are long to appear, about two weeks after the clinical onset, and they do not evaluate every kind of lesions. So other complementary imaging techniques are interesting to use. Scintigraphy is rarely available in equine clinics although it can be very useful to count and locate lesions. Using ultrasonography enables to examine bone surfaces, soft tissues, and more particularly to assess abscesses or liquid collections. Finally, in case of neurological signs, it might be interesting to perform a myelography in order to localise potential compression areas of the bone marrow.

KEY WORDS : IMAGING, VERTEBRAE, HORSE, INFECTIONS, OSTEOMYELITIS, DISCOSPONDYLITIS.

**Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt
ECOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE**

Directeur : M. Alain MILON

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

- M. **AUTEFAGE André**, *Pathologie chirurgicale*
- Mme **CLAUW Martine**, *Pharmacie-Toxicologie*
- M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, Statistiques, Modélisation*
- M. **CORPET Denis**, *Science de l'Aliment et Technologies dans les Industries agro-alimentaires*
- M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie Pathologique*
- M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*
- M. **EUZEBY Jean**, *Pathologie générale, Microbiologie, Immunologie*
- M. **FRANC Michel**, *Parasitologie et Maladies parasitaires*
- M. **MARTINEAU Guy**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*
- M. **PETIT Claude**, *Pharmacie et Toxicologie*
- M. **REGNIER Alain**, *Physiopathologie oculaire*
- M. **SAUTET Jean**, *Anatomie*
- M. **SHELCHER François**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*

PROFESSEURS 1° CLASSE

- M. **BERTHELOT Xavier**, *Pathologie de la Reproduction*
- M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Physiologie et Thérapeutique*
- M. **DUCOS Alain**, *Zootecnie*
- M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et Thérapeutique*

PROFESSEURS 2° CLASSE

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

PROFESSEURS CERTIFIÉS DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

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

MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE

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

MAITRES DE CONFERENCES (classe normale)

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*
Mme **BENNIS-BRET Lydie**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*
Mlle **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
Mme **BOUCLAINVILLE-CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*
Mlle **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie*
M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*
M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
M. **CUEVAS RAMOS Gabriel**, *Chirurgie Equine*
Mme **DANIELS Hélène**, *Microbiologie-Pathologie infectieuse*
M. **DOSSIN Olivier**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
Mlle **FERRAN Aude**, *Physiologie*
M. **GUERIN Jean-Luc**, *Elevage et Santé avicoles et cunicoles*
M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
Mlle **LACROUX Caroline**, *Anatomie Pathologique des animaux de rente*
Mlle **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*
M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des Ruminants*
Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie Chirurgicale*
M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, Imagerie médicale*
M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction*
Mlle **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
Mlle **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles et porcins*
Mme **PRADIER Sophie**, *Médecine interne des équidés*
M. **RABOISSON Didier**, *Productions animales (ruminants)*
Mme **TROEGELER-MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation*
M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et Infectiologie (disponibilité à cpt du 01/09/10)*
M. **VERWAERDE Patrick**, *Anesthésie, Réanimation*
Mme **WASET-SZKUTA Agnès**, *Production et pathologie porcine*

MAITRES DE CONFERENCES et AGENTS CONTRACTUELS

- M. **BOURRET Vincent**, *Microbiologie et infectiologie*
Mme **FERNANDEZ Laura**, *Pathologie de la reproduction*

ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS

- Mlle **DEVIERS Alexandra**, *Anatomie-Imagerie*
M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophthalmologie*

Remerciements

A Madame le Professeur Isabelle BERRY,

Professeur des Universités

Coordonnateur de département de médecine nucléaire du Centre Hospitalier
Universitaire de Rangueil.

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

A Monsieur le Docteur Fabrice CONCHOU,

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Imagerie Médicale

Qui a accepté d'encadrer ce projet et qui m'a guidé dans la réalisation de cette thèse,
Qu'il trouve ici le témoignage de ma reconnaissance et de mon profond respect,
Mes salutations respectueuses.

A Monsieur le Docteur Giovanni MOGICATO,

Maître de conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Anatomie - Imagerie

Qui nous fait l'honneur de participer à notre jury de thèse,
Sincères remerciements.

A mon Papi,

Mon grand supporter de toujours qui m'a tant appris,

Tu nous manques à tous.

Remerciements personnels

A tous mes maîtres de stages et leurs équipes pour m'avoir transmis l'amour du métier, l'envie de réussir jusqu'au bout, et tous leurs petits « trucs et astuces » qui font des véto de bons véto.

A Philippe CHAKPLA qui a suivi « Docteur Tifenn » tout du long de son parcours depuis le petit stage de troisième, jusqu'au diplôme qui fait d'elle une jeune vétérinaire en herbe. Il ose même pousser le vice en l'embauchant pour son premier remplacement... Tout simplement, merci pour tout, c'est toujours un plaisir de venir vous voir, toi et les membres de la clinique, à Lannion.

Aux membres de la Clinique de la Bastide à Morlaas pour avoir fait persister en moi le doute Bovine vs Equine jusqu'au bout grâce au partage de votre envie et de votre motivation dans ce magnifique coin qui borde les Pyrénées. **Un merci particulier à Pauline**, à peine diplômée et embauchée, tu étais déjà motivée à transmettre ta gniak de progresser et d'imposer la présence des filles chez les éleveurs, pour les fous rires qu'on a eus dans la voiture pour aller en visite. J'espère te revoir bientôt, en attendant, bonne continuation à toi. Djangooo ohhh Django.....

A l'équipe de la Clinique AREDA avec qui j'ai passé un super mois aux abords des montagnes Suisses. Merci encore de m'avoir fait confiance et de m'avoir appris tant de choses. J'ai vraiment eu plaisir à apprendre à vos côtés dans cette belle clinique. Un merci supplémentaire à **Cyrielle** pour avoir joué au Docteur nocturne pour recoudre un pauvre doigt avec un remède de Cheval ! Le fil est peut-être un peu gros non ??

Aux membres de Dominion Equine Clinic pour m'avoir si bien reçue de l'autre côté de l'Atlantique et fait découvrir le métier du côté américain. Surtout un grand merci à **Dr Gustavo Abuja** pour m'avoir transmis tous les armes pour affronter la barrière des Américains contre les envahisseurs européens.

A l'équipe de la clinique du camp de Peran pour m'avoir accueillie au cours de ce stage, bref mais très formateur, au travers de ces grands périple bretons.

Et à tous les autres...

A tous mes professeurs des différentes écoles que j'ai pu fréquenter, ENVT, Szent István University, Oniris, pour m'avoir tant appris et donner l'envie de continuer à me former.

A mes parents, pour m'avoir autant supportée dans tous mes projets : scolaires, sportifs, d'évasions... Je réalise la chance que j'ai d'appartenir à cette belle famille et de vivre dans ce magnifique environnement que vous avez créé autour de nous. C'est juste le rêve que chaque enfant peut avoir pendant toute sa vie. Et ce rêve continue avec encore de super projets à venir, dont quelques magnifiques projets « Vue Sur Mer » !!! Merci de nous avoir tant transmis l'envie d'apprendre, de découvrir, de bouger et de voyager. Cette dernière catégorie a peut-être d'ailleurs été un peu trop loin... pardon mais je crois que vous êtes amenés à voyager encore un peu. Promis je reviens bientôt de chez les cow-boys. Mais attendez... Je ne suis pas encore partie, alors profitons !!! Mes remerciements ne seront jamais suffisants pour les parents extraordinaires que vous êtes, tout simplement : merci.
Je vous aime.

A mes frangins, à l'incroyable quatuor que nous formons. Malheureusement les occasions pour tous se retrouver se font de plus en plus rares, mais à chaque fois c'est un super concentré de fou rires, de bavardages, de jeux, de fêtes et de repas, du pur bonheur !! Chacun continue son petit bout de chemin, brillamment, mais je pense que la complicité que nous avons toujours eue restera toujours. Rien ne vaut le partage et le soutien de ses frangins dans les bons comme les durs moments.
Je le dis pas assez, mais oui je vous aime !! Et c'est sûr, vous allez me manquer

A Katell, qui a su jouer son rôle de grande sœur remarquablement depuis notre berceau. Je suis super heureuse que tu t'éclates autant dans tout ce que tu fais, boulot comme bon temps, et que tu aies trouvé ton équilibre chez nos voisins les suisses. Ils en valent le détour ;)

A Yannou, mon grand / mon pti frère, personne n'a jamais trop su... pour moi, tu resteras mon frangin, mon complice de toujours, mon jumeau, mon voisin de chambre à la maison comme en colloc', mon meilleur copain ! On est maintenant un peu trop loin pour pouvoir communiquer au travers les murs, mais la télépathie, ça marche pas mal ce truc non ??? Je pense qu'on était toujours ensemble pour partager nos moments forts, les bons comme les plus stressants, ou pour se tenir la main pour aller voir nos résultats. Cette année, je n'ai pas pu trop te soutenir dans ton travail acharné mais ma fierté et mon admiration pour toi n'en sont pas moins fortes ! Bravo encore d'avoir tenu tout ce chemin, il te le revaudra bien !

A Marine, même si tu n'es plus si petite, dans nos cœurs, tu resteras « la ptite dernière », qu'on ne changera jamais, et en même temps est-ce vraiment nécessaire. Tes petites gaffes et petits oublis font de toi un incroyable personnage à qui la vie réussit alors profite-en ! Mais je crois qu'on n'a jamais trop eu besoin de te pousser pour ça ;) Tes aînés ont commencé à tracer le chemin des voyages et des aventures, et je pense que tes empreintes sont bien parties pour y rester.

Et à leurs moitiés, Tanguy et Céleste, pour avoir aussi bien réussi à vous intégrer dans cette grande fratrie. C'est un vrai plaisir de vous avoir parmi nous pour partager de bons moments.

A Mamie papillon, pour ta générosité et le partage de tes belles valeurs au quotidien comme au cours de nos grandes tablées de cousinades. Notre « super Papi » nous manque à tous, mais garde ton courage et continue de partager pleinement ces beaux moments avec nous comme tu as su si bien le faire depuis toujours.

A Mamie fleur, pour tout ce que tu fais pour nous. Pour les gouters crêpes au retour du collège et du lycée qui resteront à jamais sujet de chamailleries, pour les confitures et autres délices que tu cuisines, pour les écharpes et les bonnets que tu nous fais pour survivre à tous temps bretons mais surtout aux grands froids qui m'attendent.

A toute la famille Caron et Malledan, pour toutes ces belles retrouvailles à chaque fois. Je crois que la fête est toujours un bon prétexte pour se retrouver, et il faut bien le dire, elle en vaut bien la peine !!!

A Géraldine et Jean-Yves, Raph, Diane et Corentin, pour toutes ses belles vacances qu'on a partagées avec vous. Merci de m'avoir transmis votre amour du sud-ouest.

A Sophie, Pierrick et les filles (Fleurine, Fanny, Apoline) pour ces bons temps et surtout tous ces énormes apéros que vous nous avez offerts. C'est toujours un grand plaisir de vous voir.

To the Sutton's family, Bill, Sandy, Britt and Jo for accepting the little Frenchie I am in your wonderful family. Thank you for being so kind and generous all the time.

To the Grandparents, for being so nice and showing me what's the real Prairie life. How to recognize good corn, how to choose the best fudge....

A mes délurées du 22 : Manon, Lucie, Laura (Bazabouzouk), Anais, Louise, Soazig, malheureusement les occasions pour vous voir ne sont pas si nombreuses, mais restent toujours exceptionnelles. Entre les aller-retours à l'autre bout du monde de chacune et le long chemin des études, il y a toujours un peu de temps pour se retrouver et finalement rien n'a vraiment changé depuis nos sorties en bigoudens, nos goûters philosophiques, nos campings en Bretagne, nos chorales de chants accompagnement flutes à becs....

A Nolwenn, pour tous ces longs bavardages, ces instants cheval au CHT, en concours, en balades ... Depuis le lycée, on ne se voit plus beaucoup, mais c'est toujours un grand plaisir de t'avoir comme Coupine et de partager un verre de temps en temps pour faire un point sur les grands et petits changements de notre vie.

Aux BIWANES : Marine, Céline, Sophie, Marine, Clémentine, Sam, Aurélien, Jean, Yannis, Kévin, Yannou, Antoine, Guillaume, grâce à vous, il ne reste que les bons moments de notre galère chateaubrienne : les soirées aux gayeulles, les craquages post-DM, post-DS, post-self, post-...., les siestes et gros délires d'internats, et j'en passe. Sans vous, tout ça aurait été bien différent. Heureusement les grandes aventures biwanes continuent ! A quand le prochain WEB ??

A mes cloclos : Marie, Ophélie Juju, un grand merci à vous pour cette soirée 5/2 inoubliable et tous ces fous rires en 3/2 avec notre incroyable Mme Le Roy (Marine je ne t'oublie pas sur ce coup là non plus) !

A Camille, ma confidente pour ces deux années, pour ton soutien, nos pti repas et surtout nos fous rires, en particulier ceux qui empêchaient notre chère voisine de dormir...

A mes cocottes : Camille, Chachou, Chloé, Flora et à Delphine, Félix, Clément pour tous ces bons moments passés avec vous à la ville rose, à l'école, au cercle, en boom, en hydrolyse, en randonnée, en visites, ... Pour tous ces apéros, zinzin, barbec', pti repas... Merci. Ces trois années (seulement ...) étaient juste parfaites avec vous. Maintenant les choses deviennent un peu sérieuses, fini cette époque où on était quelques innocents poulots, à nous de jouer les vrais Docteurs maintenant !!

Aux autres Toulousains : Sophie, les Morues, le jungle, Hugo, Salim, nos poulots (Delphine, Gwen, Estelle, Fanny, Ciska, Pauline, Manon, Baptiste, JB) pour toutes ces soirées avec vous, ces bandes de morues, ces repas poulots-docs, ces tournois à Beauvais, aux inter-écoles ... que de souvenirs inoubliables !!!
Parce qu'on n'est pas du Cabillaud !!

Aux Erasmus : Marie, Axelle, Sonia, VdB, Nanou, Roudoudou, Guido, Ania, Sylvia, Edu, et les autres pour cette incroyable année de rencontres, de fêtes, de voyage, de soirées, de partage, de découverte, ... ah et de « travail ». Pour nos retours d'Ullo dans la fourguette de la poste, nos verres au Szimpla et au Gong, nos goulash, nos longues heures dans les bains, notre cuisine au dormitory, et j'en passe, merci d'avoir partagé et fait vibrer cette année de folie exceptionnelle !

Aux Nantais : Bagdad (y compris Hubert et notre chère Gyufa), Chloé, Clem, Marie, Anna, au clan, pour m'avoir aussi bien accueilli dans votre tribu nantaise. Malheureusement l'année s'écoule très vite, et les stages nombreux, mais tous les instants partagés avec vous ne sont que pur bonheur, détente, et rigolades. Merci aux pouff équines d'avoir épaulé l'erasmus de toujours que je suis. Ce fut un vrai plaisir d'être avec vous en cliniques.

And finally To my Honey, mon chéri, my sweetheart, ma moitié, my confident, mon fiancé, my love, for charming me in this slovequian bar and sharing all those adventures with me since that day, in so many different countries. I am so happy and so proud to have you in my life, that I may keep you for a long long time ... You are so caring and always so sweet with me that I will never be able to rival you, but I will keep and keep trying again I promise. Thank you.
Je t'aime.

Table des matières

Introduction	18
--------------------	----

Première partie : ANATOMIE DE LA COLONNE VERTEBRALE DES CHEVAUX ET SES VARIANTES

1. Ostéologie vertébrale	20
1.1 Constitution de la colonne vertébrale	20
1.1.1 Formule vertébrale	20
1.1.2 Courbures	21
1.2 Morphologie des vertèbres	22
1.2.1 Généralités	22
1.2.2 Vertèbres cervicales	24
i. Caractères généraux	24
ii. Particularités des vertèbres cervicales médianes (C3-C5)	25
iii. Particularités des vertèbres de la charnière cervico-thoracique	27
iv. Particularités des vertèbres de la charnière nucale	29
1.2.3 Vertèbres thoraciques	31
i. Caractères communs	31
ii. Spécificités de rang	31
1.2.4 Vertèbres lombaires	33
i. Caractères communs	33
ii. Caractères de rang	33
1.2.5 Vertèbres sacrées	35
1.2.6 Vertèbres coccygiennes	36
1.3 Composition et développement des vertèbres	38
2. Variations individuelles (numériques et morphologiques)	39
3. Articulations inter-vertébrales	39
3.1 Union des corps vertébraux	39
3.2 Union des arcs vertébraux	40

Deuxième partie : MODALITES D'IMAGERIE VERTEBRALE

1. Les différentes techniques d'imagerie	44
2. Radiographie	45

2.1	Principe de formation de l'image	45
2.2	Déroulement de l'examen	47
2.2.1	Matériel	47
2.2.2	Préparation du cheval	48
2.2.3	Réalisation des clichés	50
	i. des vertèbres cervicales	50
	ii. des vertèbres thoraco-lombaires	51
	iii. de la région lombo-sacrée	53
	iv. du sacrum et des vertèbres coccygiennes	53
2.3	Radioanatomie / images de référence	53
2.3.1	Cervicales	53
2.3.2	Thoraciques	55
2.3.3	Lombaires	58
2.3.4	Sacrum et vertèbres coccygiennes	59
3.	Echographie	60
3.1	Principe de formation de l'image	60
3.2	Préparation de l'examen	63
3.2.1	Matériel	63
3.2.2	Préparation du cheval	63
3.3	Technique et images de références	64
3.3.1	Vertèbres cervicales	64
3.3.2	Vertèbres thoraco-lombaires	65
	i. Processus épineux	65
	ii. Complexes processus articulaires – articulations synoviales intervertébrales épiaxiales	67
	iii. Processus transverses	68
3.3.3	Sacrum	69
	i. Par voie transcutanée	69
	ii. Par voie transrectale.....	70
4.	Scintigraphie	73
4.1	Principe de formation de l'image	73
4.2	Déroulement d'une scintigraphie de la colonne vertébrale	76
4.3	Images de scintigraphie normales du dos.....	77
5.	Thermographie	81
5.1	Principe de formation de l'image	81
5.2	Conditions de réalisation de l'examen	83
5.3	Images de référence	84

Troisième partie : IMAGERIE DES PATHOLOGIES INFLAMMATOIRES INFECTIEUSES VERTEBRALES

1.	Physiopathogénie	87
2.	Signes cliniques	91
3.	Diagnostic	91

3.1	Hématologie	91
3.2	Scintigraphie	91
3.4	Radiographie	93
	3.4.1 Ostéomyélite vertébrale.....	93
	3.4.2 Discospondylite	96
3.5	Myélographie.....	98
3.6	Analyse du liquide cébrospinal	101
3.7	Echographie	103
4.	Traitements	104
	4.1 Traitement médical	105
	4.2 Traitement chirurgical	106
	Conclusion	109
	Bibliographie	111
	Annexes	116

Table des illustrations

FIGURES

Figure 1 : Squelette du cheval (modifié d'après 3)	21
Figure 2 : Colonne vertébrale du cheval dans son ensemble (23)	22
Figure 3 : Structure d'une vertèbre (T10) en coupe médiane (3)	23
Figure 4 : Représentation schématique de vertèbres de cheval (61).....	24
Figure 5 : Segment cervical de cheval : vue latérale gauche (modifié d'après 3)	24
Figure 6 : Vertèbres cervicales C3, C4 et C5 de cheval (3)	26
Figure 7 : Vertèbres cervicales C6 et C7 de cheval (3)	28
Figure 8 : Atlas (C1) et axis (C2) chez le cheval (8)	30
Figure 9 : Vertèbres thoraciques de cheval : vue latérale gauche (3)	31
Figure 10 : Vertèbres thoraciques T1, T7, T13 et T17 du cheval (3)	32
Figure 11 : Vertèbres lombaires de cheval (vue dorsale) (3)	34
Figure 12 : Vertèbres lombaires de cheval (vue latérale gauche) (3)	35
Figure 13 : Os sacrum du cheval : vue latérale gauche (3)	36
Figure 14 : Premières vertèbres coccygiennes du cheval : Co1 à Co6 (3)	37
Figure 15 : Centres d'ossifications d'une vertèbre (3)	38
Figure 16 : Schéma d'une articulation intervertébrale (8)	41
Figure 17 : Ligament nucal du cheval (modifié d'après 23)	43
Figure 18 : Représentation schématique d'un tube radiogène (19)	46
Figure 19 : a) Exemple de générateur utilisé avec un porte-cassette mobile (tube PVC + soutien de cassette métallique) (1)	49
b) Exemple de porte-cassette sur rail associé à un système Potter (photo ONIRIS)	49
c) Positionnement du cheval entre le porte-cassette et l'appareil pour la réalisation de clichés radiographiques des cervicales (photo ONIRIS)	49
Figure 20 : Positionnement du cheval, de l'appareil radiographique, et de la cassette lors de la réalisation de vues ventro-dorsale des vertèbres lombo-sacrées.	49
Figure 21 : Position des cassettes pour les clichés des vertèbres cervicales lors de 3 (a) (13) et 4 projections (b 1-4) (Photos ONIRIS)	50
Figure 22 : Positionnement des cassettes pour l'examen radiographique des vertèbres thoracolumbaires (Photos ONIRIS)	52
Figure 23 : Vue de profil des cervicales hautes (C1-C3) chez un poulain de 6 semaines (11)	54
Figure 24 : Projection latérale de C5 et représentation schématique de la projection latérale de C5 (13)	55
Figure 25 : Clichés radiographiques de référence correspondant au positionnement de cassettes figure 22 (ONIRIS)	56-57
Figure 26 : Cliché radiographique des vertèbres thoraciques en vue latérale d'un poulain de 10 jours (6)	58
Figure 27 : Au dessus : Cliché radiographique de profil normal du sacrum et des vertèbres coccygiennes craniales d'un cheval adulte peu musclé au niveau de sa ligne du dos. Utilisation d'un prisme en aluminium pour réaliser cette image. (11)	59
En dessous : Cliché radiographique de profil de l'extrémité caudale du sacrum et des premières vertèbres coccygiennes (C1-C5) d'un cheval normal. Utilisation d'un prisme en aluminium. (11)	59
Figure 28 : A gauche : Cliché radiographique normal avec une incidence ventrodorsale de la région lombo-sacrée d'un cheval adulte. (6)	60
A droite : Schéma représentant la réalisation d'un tel cliché. (6)	
Figure 29 : Modélisations des ultrasons (20)	61
Figure 30 : Réflexion des ultrasons aux travers des différents tissus (20)	63
Figure 31 : Echelle des degrés d'échogénicités (20)	63
Figure 32 : Position de la sonde lors de l'examen échographique des vertèbres cervicales en vue transverses (7)	64
Figure 33 : Coupe échographique longitudinale médiane de la colonne vertébrale (55)	66

Figure 34 : Coupe échographique longitudinale du sommet du processus épineux de T6. (39)	66
Figure 35 : Coupe échographique transversale du sommet du processus épineux de T6 (24)	66
Figure 36 : Coupe échographique transversale de la colonne vertébrale en région thoracique (55)	67
Figure 37 : Coupe échographique transversale de la colonne vertébrale en région lombaire (39)	68
Figure 38 : Coupe échographique transversale de l'articulation intervertébrale T18-L1 (24)	68
Figure 39 : Coupes échographiques paramédianes des processus transverses lombaires (55)	67
Figure 40 : a) Coupe transversale paramédiane du sacrum (27)	69
b) Coupe transversale médiane du processus épineux de S3 (27)	70
Figure 41 : Coupe anatomique longitudinale médiane de l'articulation lombo-sacrée (24)	71
Figure 42 : Coupe échographique transrectale longitudinale médiane de la jonction lombo-sacrée (29)	72
Figure 43 : Coupe échographique transrectale longitudinale médiane du disque intervertébral L4-L5 (24)	72
Figure 44 : Coupe échographique transrectale longitudinale paramédiane de l'articulation intertransversaire lombosacrée droite (29)	73
Figure 45 : Représentation schématique d'une gamma-caméra (17)	75
Figure 46 : Positionnement de la gamma-caméra lors de la réalisation de cliché oblique dorso-latéral gauche des régions thoracique craniale et thoracolombaire (photo de gauche et du milieu) et de cliché dorso-ventral en région lombaire (photo de droite) (6)	77
Figure 47 : a) Image scintigraphique de la région cervicale moyenne d'un cheval sain en vue latéromédiale droite. (26)	79
b) Image scintigraphique de la région cervicale craniale d'un cheval sain en vue latéromédiale droite. (26)	79
Figure 48 : Images scintigraphiques de la région thoracique craniale en vue latéromédiale (à gauche) et en vue oblique dorsolatérale (à droite) avec deux échelles de couleurs différentes. (43)	79
Figure 49 : Images scintigraphiques de la région thoracique moyenne en vue oblique dorsolatérale (à gauche) et en vue latéromédiale (à droite) (43)	80
Figure 50 : Images scintigraphiques de la région thoraco-lombaire en vue oblique dorsolatérale (à gauche) et en vue latéromédiale (à droite) (43)	81
Figure 51 : Représentation du rayonnement infrarouge au sein du spectre d'ondes électromagnétiques.	82
Figure 52 : Thermogrammes de référence du dos	85
1) A : vue thoracolombaire ; B : Vue lombosacrée (60)	
2) A : vue latérale gauche de l'encolure et de l'épaule B : Vue oblique dorsale du dos. (52)	
Figure 53 : Schématisation d'un plexus veineux intervertébral en région thoracique craniale (vue dorsale, après ablation des arcs vertébraux, de la moelle épinière et des méninges) (4)	88
Figure 54 : Photo d'un cheval atteint d'une discospondylite vertébrale au niveau de T6-T7 qui adopte une posture anormale pour brouter : un antérieur en protraction et un antérieur en rétraction (34)	89
Figure 55 : a) Schéma anatomique de la cauda équina (9)	90
b) Schéma anatomique de l'innervation de la croupe (5)	90
Figure 56 : à gauche : Image scintigraphique de la région thoracique craniale en vue latéromédiale chez un cheval atteint de discospondylite en T6-T7.....	92
A droite : Image scintigraphique de la région thoraco-lombaire en vue dorsoventrale chez un cheval atteint d'ostéomyélite vertébrale en L2. (40)	92
Figure 57 : Vue de profil des premières vertèbres cervicales chez un poulain de 7 mois atteint d'ostéomyélite cervicale au niveau de C2. (51)	94
Figure 58 : Clichés radiographiques réalisés chez un hongre de 6 ans atteint d'ostéomyélite vertébrale (38)	95
a) Vue de profil des vertèbres cervicales craniales C2 et C3	
b) Vue de profil des vertèbres cervicales moyennes C4 et C5	
c) Vue de profil des vertèbres thoraciques craniales T3 à T5	
Figure 59 : Cliché radiographique (à gauche) des vertèbres thoraciques craniales en vue de profil chez un poulain de trois mois atteint d'ostéomyélite du processus épineux de T4, et schéma correspondant à droite. (36)	95
Figure 60 : Clichés radiographiques et coupe sagittale des vertèbres cervicales basses chez un cheval de 6 ans atteint d'une discospondylite en C5-C6 (18)	96

1. Vue de profil des vertèbres cervicales basses C5-C6	
2. Vue de profil des vertèbres cervicales basses C5-C6 à J14	
3. Coupe sagittale des vertèbres cervicales basses à l'autopsie	
Figure 61 : Cliché radiographique du sacrum d'un poulain de 4 mois en vue de profil (15).....	97
Figure 62 : Clichés radiographiques des vertèbres coccygiennes d'un étalon de 6 ans en vue de profil. (46)	98
Figure 63 : Mesure des critères d'interprétation sur une myélographie normale : diamètre dural total (flèche verte) et épaisseur de la colonne dorsale de produit de contraste (flèche rouge) (14)	99
Figure 64 : Schéma de trois types théoriques de compression de la moelle épinière (14)	100
Figure 65 : Positionnement de l'aiguille lors de prélèvement de LCS au niveau de l'espace atlanto-occipital (à gauche) et de la jonction lombo-sacrée (à droite) (32).....	101
Figure 66 (23) : a) Photo de la posture anormale adoptée par un poulain de cinq mois atteint d'ostéomyélite vertébrale au niveau de L1.	104
b) Cliché radiographique de la zone thoraco-lombaire de profil.	104
c) Image échographique transversale de L1 (parties droite et gauche assemblées).....	104
d) Image échographique de la moitié gauche de L1 lors de la ponction à l'aiguille (n) de l'abcès.	104

TABLEAUX

Tableau 1 : Variation des moyennes d'épaisseurs des disques intervertébraux des régions thoraco lombaire (59)	40
Tableau 2 : Exemples de facteurs d'exposition pour les clichés d'encolure d'un cheval adulte d'environ 500 kg à une distance foyer - cassette de 60 cm (ONIRIS)	51
Tableau 3 : Exemples de facteurs d'exposition employés pour un examen radiographique du dos d'un cheval adulte d'environ 500 kg (ONIRIS)	52
Tableau 4 : Variations d'impédance et de vitesse des ultrasons en fonction du tissu traversé (48)	61
Tableau 5 : Valeurs de référence de l'analyse du liquide cerebrospinal d'un cheval adulte. (29) (32)	102
Tableau 6 : Antibiotiques utilisés pour le traitement des infections vertébrales et leurs posologies.....	105

ANNEXES

Annexe 1 : Incidence latérale de droite à gauche des cervicales hautes (C1-C3) (6)	117
Annexe 2 : Incidence latérale de droite à gauche des cervicales moyennes (C3-C5) (6)	118
Annexe 3 : Incidence latérale de droite à gauche des cervicales basses (C5-C7) (6)	119
Annexe 4 : Images échographiques en coupe transversale des parties dorsale, médiane et ventrale de l'articulation C3-C4 accompagnées par la légende des structures identifiables, une coupe anatomique avec ces mêmes légendes et un schéma pour la localisation anatomique de l'articulation.....	120
Annexe 5 : Images échographiques en coupe transversale des parties dorsale, médiane et ventrale de l'articulation C4-C5 accompagnées par la légende des structures identifiables, une coupe anatomique avec ces mêmes légendes et un schéma pour la localisation anatomique de l'articulation.....	121
Annexe 6 : Images échographiques en coupe transversale des parties dorsale, médiane et ventrale de C5 accompagnées par la légende des structures identifiables, une coupe anatomique avec ces mêmes légendes et un schéma pour la localisation anatomique de l'articulation.	122

Introduction

Les affections inflammatoires infectieuses vertébrales sont rares mais malheureusement souvent fatales chez le cheval. On distingue deux catégories d'affections en fonction de la localisation des lésions : les ostéomyélites vertébrales touchent l'os cortical des corps vertébraux et la moelle spinale, alors que les discospondylites affectent les disques intervertébraux et les plateaux intervertébraux adjacents. Ces affections sont provoquées par une inoculation directe de germes au travers de lésions traumatiques, notamment au niveau du garrot, ou par une dissémination sanguine de bactéries lors d'infections systémiques telles que la Rhodococcose chez le poulain. Les signes cliniques sont peu spécifiques et varient en fonction du germe responsable. Ils ne contribuent donc que faiblement à l'établissement d'un diagnostic. L'utilisation de plusieurs modalités d'imagerie vertébrale (radiographie, échographie, scintigraphie et éventuellement thermographie) est donc pertinente et hautement significative dans le diagnostic de ces affections. Cependant, la réalisation et l'interprétation des images peuvent rapidement devenir un défi pour le praticien vétérinaire. Il est donc nécessaire de connaître l'anatomie de la colonne vertébrale et les images de références de ces différentes modalités avant de prétendre à tout diagnostic.

Dans une première partie, nous détaillerons l'anatomie de la colonne vertébrale des chevaux (vertèbres et moyens d'union) et ses variantes de la normale. Puis, nous exposerons dans une deuxième partie les grands principes des différentes modalités d'imagerie médicale aujourd'hui disponibles pour l'examen des vertèbres du cheval, à savoir la radiographie, l'échographie, la scintigraphie, et la thermographie ; l'imagerie par résonance magnétique et la tomодensitométrie n'étant pas encore assez développées pour accueillir le corps d'un cheval. Dans cette partie, on décrira également les conditions de réalisation de ces examens et les images de référence qu'on peut obtenir. Enfin, la troisième partie décrira les caractéristiques des affections infectieuses inflammatoires vertébrales des chevaux et abordera les principales lésions observées selon la modalité d'imagerie utilisée grâce aux rares cas cliniques rapportés dans la littérature.

Première partie :
ANATOMIE DE LA COLONNE VERTEBRALE
DES CHEVAUX ET SES VARIANTES

1. Ostéologie vertébrale

1.1. Constitution de la colonne vertébrale (3)

1.1.1. Formule vertébrale

La colonne vertébrale des chevaux est constituée d'une chaîne segmentée d'une cinquantaine d'os courts, tubéreux et impairs : les vertèbres. La formule est la suivante (*Figure 1*) (3) :

- 7 vertèbres cervicales (C)
- 18 vertèbres thoraciques (T)
- 6 vertèbres lombaires (L)
- 5 vertèbres sacrées (S)
- 17 à 21 vertèbres coccygiennes (Co)

Chacun de ces segments étant soumis à des contraintes mécaniques différentes présente une véritable spécialisation morphologique correspondant à une spécialisation fonctionnelle. Cependant, une véritable unité rachidienne subsiste. (41) Les vertèbres cervicales forment la base de la région du cou. Elles sont très mobiles et permettent les mouvements de balancier de l'encolure. Les vertèbres thoraciques constituent les régions du garrot et du dos. Elles sont moins mobiles que les précédentes et sont articulées avec les côtes participant ainsi à la constitution du thorax. Les vertèbres lombaires sont fortes et larges, elles sont représentées par la région des reins, charnière entre le dos et le bassin. Les vertèbres sacrées sont soudées entre elles et forment alors l'os sacrum, qui est la base de la région sacrée ou croupe. Il est attaché aux os de la ceinture pelvienne pour former avec eux le bassin. Et enfin, les vertèbres caudales sont les plus mobiles et les plus simples, elles forment la queue, extrémité caudale de la colonne vertébrale. Leur structure devient de plus en plus incomplète en allant vers le bout de la queue (50)

Chacune de ces vertèbres est connectée au reste du corps par un ensemble complexe de ligaments et de structures musculo-tendineuses qui est à l'origine de la stabilité et des mouvements de la colonne vertébrale. Cette dernière assure trois grandes fonctions mécaniques (31) :

- 1) elle protège la moelle spinale et les racines nerveuses associées,
- 2) elle soutient le poids du corps et permet l'attachement des tissus (ie corps et processus vertébraux),
- 3) elle est mobile et flexible assurant ainsi la locomotion du cheval (ie articulations, ligaments, muscles).

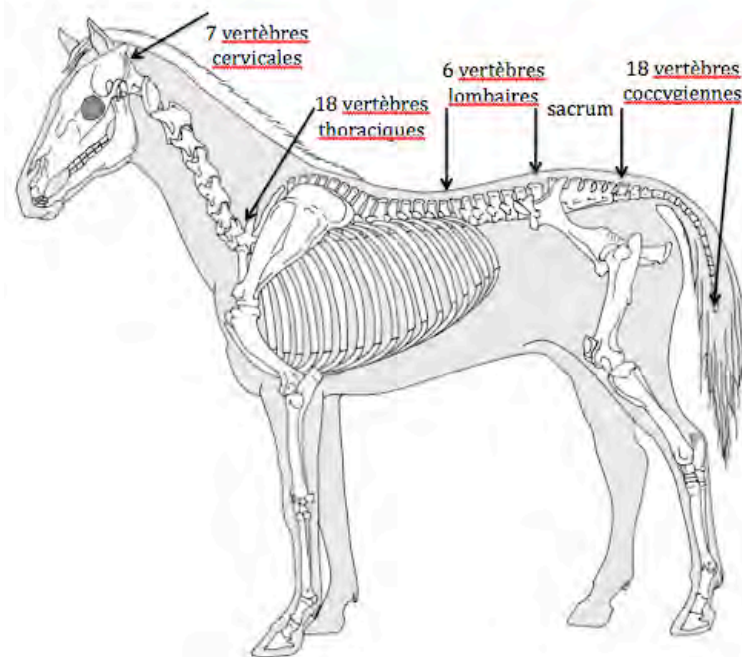


Figure 1 : Squelette du cheval (modifié d'après 3)

1.1.2. Courbures

L'alignement des vertèbres est rarement rectiligne, il a tendance à suivre la disposition propre des axes de l'os. De plus, il est contraint à des forces de pression et de traction exercées par les éléments anatomiques adjacents (41). Au final, au lieu d'avoir une série de vertèbres rectiligne, on a un enchaînement de courbures lorsqu'on considère la colonne vertébrale dans son ensemble (*Figure 2*). Celles-ci sont plus ou moins accentuées selon les individus (23).

La première est la *courbure nuchale* (ou cervicale haute). Elle présente une convexité dorsale et correspond à la jonction occipito-atlanto-axiale.

La deuxième, la *courbure cervico-thoracique* (ou cervicale basse), est à convexité ventrale et s'étend de C6 à T2. Elle correspond à la réunion avec le tronc.

Entre ces deux courbures, l'encolure décrit une courbe sigmoïde dont la vertèbre C3 est le point d'inversion de courbure. (8)

Ensuite, la *courbure (pont) thoraco-lombaire* est pratiquement rectiligne : l'axe des corps vertébraux présente une légère courbure à convexité dorsale mais celle-ci s'inverse chez les chevaux en selle et devient ventrale.

La *courbure lombo-sacrée* est quant à elle très marquée et n'est limitée qu'au seul espace intervertébral lombo-sacré. L'axe du sacrum forme avec celui de la région lombaire un angle de 15 à 25°. Cette brisure détermine l'apparition d'un relief ventral : le promontoire.

Enfin, la *courbure sacrale* est marquée avec une convexité dorsale. (23)

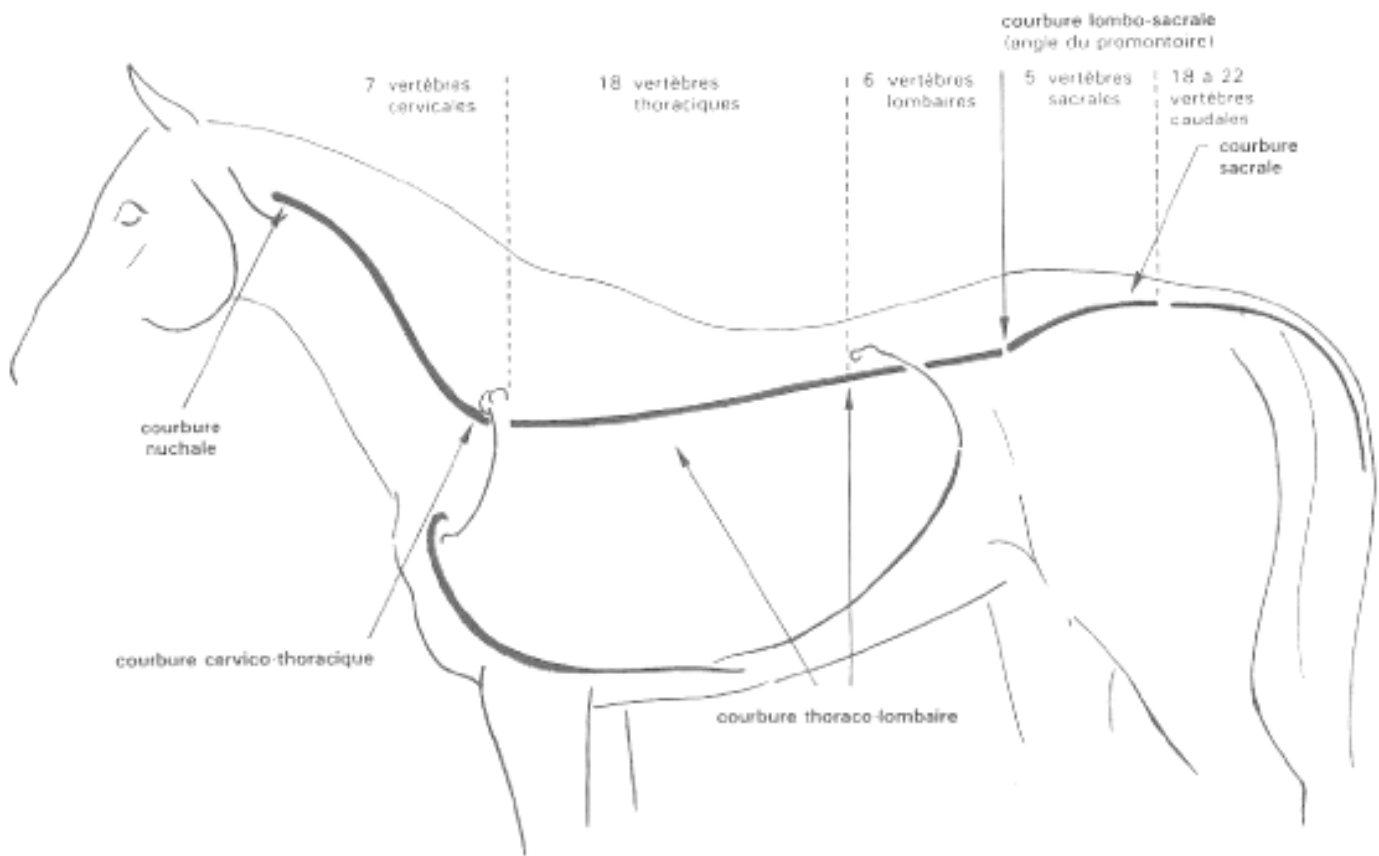


Figure 2 : Colonne vertébrale du cheval dans son ensemble (23)

1.2. Morphologie des vertèbres

1.2.1. Généralités

Les vertèbres du cheval sont construites sur le même modèle : ce sont des os courts et symétriques présentant un corps et un arc, qui est dorsal, portant divers prolongements ou processus (*Figure 3*). Le corps et l'arc délimitent un canal : le foramen ventral. L'enchaînement des foramens le long de la colonne constitue le canal vertébral ; il abrite la moelle spinale, les méninges spinales, l'origine des nerfs spinaux, des ligaments et des vaisseaux. Au niveau du foramen magnum, il s'ouvre dans la cavité crânienne, avec laquelle il communique largement. Il s'amincit brusquement caudalement pour complètement disparaître au niveau des premières vertèbres coccygiennes. Le canal vertébral est plus large dans la partie cervicale caudale – thoracique crâniale puisqu'il abrite le renflement cervical de la moelle spinale. Il existe une deuxième dilatation du canal au niveau de la région lombaire où réside le renflement lombosacré de la moelle spinale.

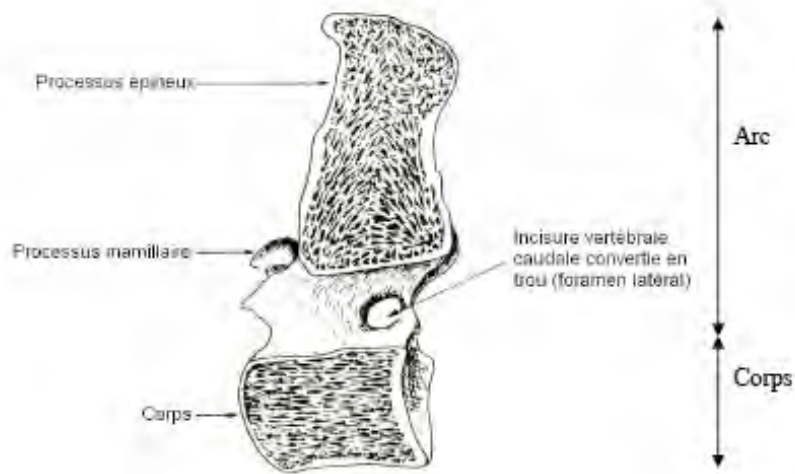


Figure 3 : Structure d'une vertèbre (T10) en coupe médiane (3)

Le *corps* de la vertèbre, massif et cylindroïde, se situe ventralement par rapport au foramen ventral. Il possède deux faces articulaires : l'une crâniale et convexe, constitue la tête de la vertèbre, l'autre caudale et concave, constitue la fosse de la vertèbre (*Figure 4*). Cette fosse a tendance à s'atténuer progressivement de la région cervicale au sacrum ; dans les vertèbres coccygiennes, l'extrémité caudale devient même convexe. Elles sont toutes deux recouvertes d'une couche cartilagineuse donnant attache au disque intervertébral qui unit deux vertèbres entre elles. La face ventrale est pourvue d'une crête ventrale médiane, plus ou moins marquée qui sert d'attache au ligament longitudinal ventral. Cette crête subdivise la face ventrale en deux aires latérales plus ou moins déprimées, où s'ouvrent de petits foramens nourriciers. Enfin, la face dorsale, ou plancher du foramen vertébral, présente un relief médian d'insertion ligamentaire, dit ligament longitudinal dorsal, élargi crânialement et caudalement et, une dépression de chaque côté où s'ouvrent des orifices veineux.

L'*arc* de la vertèbre est situé dorsalement au foramen ventral. Il est formé de la soudure de deux lames latérales symétriques s'attachant au corps au niveau du pédicule vertébral. Les bords de ce dernier se dépriment en une profonde incisure vertébrale, généralement plus prononcée sur le bord caudal que sur le bord crânial. En s'opposant à celle de la vertèbre adjacente, chacune de ces incisures constitue un foramen latéral ou intervertébral permettant le passage des nerfs spinaux et vaisseaux correspondants. La face ventrale de l'arc est lisse et constitue le plafond du foramen vertébral. A l'opposé, la face dorsale de l'arc est très irrégulière et porte de nombreuses saillies caractéristiques :

- un *processus épineux* impair, médian et saillant, se formant à la jonction des lames. Il est relié à ceux des vertèbres voisines par un ensemble de ligaments interépineux et par le ligament supra-épineux.
- deux *processus transverses* pairs, latéraux et symétriques, au voisinage du pédicule, où s'insèrent les ligaments interlamellaires.
- deux paires de *processus articulaires*, l'une crâniale, l'autre caudale de chaque côté de la vertèbre. Elles portent des surfaces articulaires cartilagineuses qui répondent, par des articulations synoviales, aux vertèbres voisines. Les processus crâniens sont orientés dorsalement ; les processus caudaux sont dirigés ventralement et surplombent voire chevauchent leurs opposés. Leurs variations de taille et de forme le long de la colonne limite certains mouvements, comme la rotation axiale en région thoracique crâniale par exemple (59).
- des *processus mamillaires* situés dorsalement à la base des processus transverses.
- des *processus accessoires* situés près des processus articulaires caudaux.

Ces deux derniers types de processus sont caractéristiques de certaines régions (dernières vertèbres thoraciques et lombaires) et servent d'attaches musculaires et ligamentaires.

Cette description d'une vertèbre type est à préciser selon la zone anatomique concernée puis selon le rang occupée par la vertèbre dans cette région.

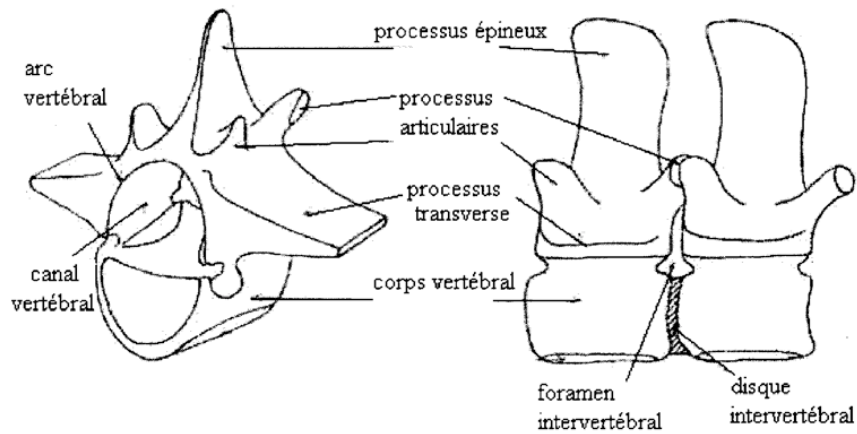


Figure 4 : Représentation schématique de vertèbres de cheval (61)

1.2.2. Vertèbres cervicales

i. Caractères généraux

Les vertèbres cervicales (*Figure 5*) sont volumineuses et longues. Leur morphologie est en rapport avec la conformation du cheval qui a une longue encolure puissante et très mobile. Elle se caractérise par des surfaces articulaires très marquées (une tête hémisphérique et une fosse vertébrale profonde) impliquant des disques intervertébraux épais; et des processus épineux et transverses peu saillants, n'interférant pas avec les mouvements intervertébraux. Les processus transverses sont cependant forts et subdivisés au bout en deux grosses cuspides : tubercule dorsal et tubercule ventral. Les processus articulaires sont larges et forts, avec des surfaces articulaires planiformes, obliques vers le plan médian. Le corps possède une crête ventrale bien prononcée, qui s'efface au niveau de C6 et C7 (8).

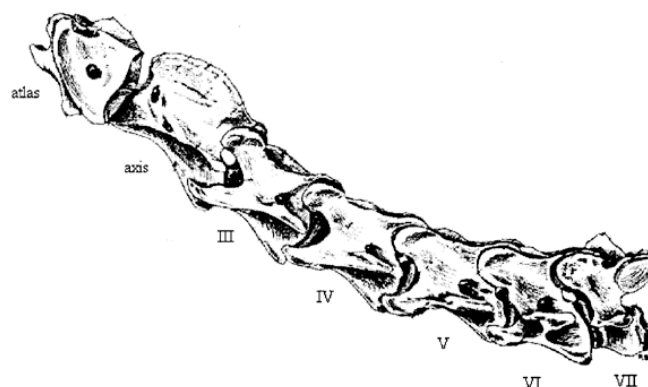
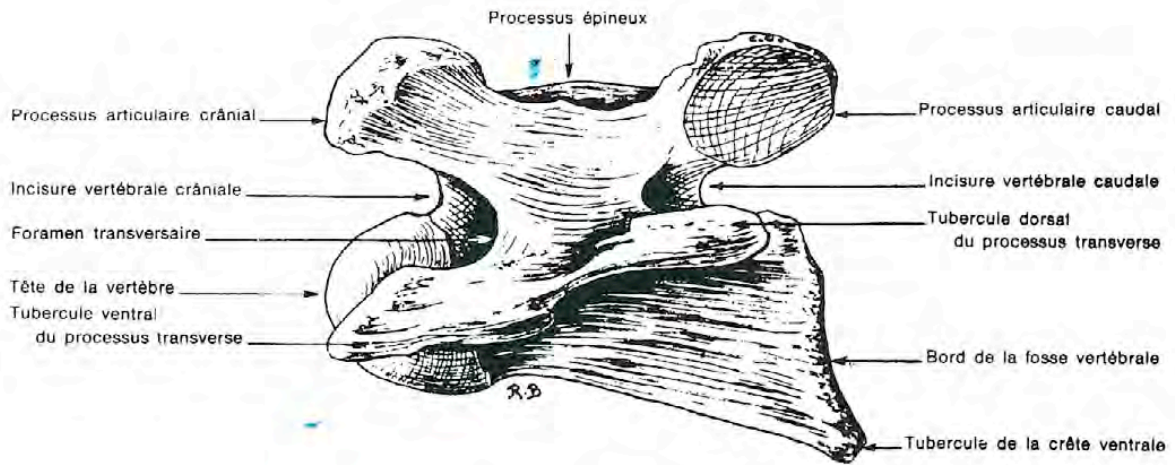


Figure 5 : Segment cervical de cheval : vue latérale gauche (modifié d'après 3)

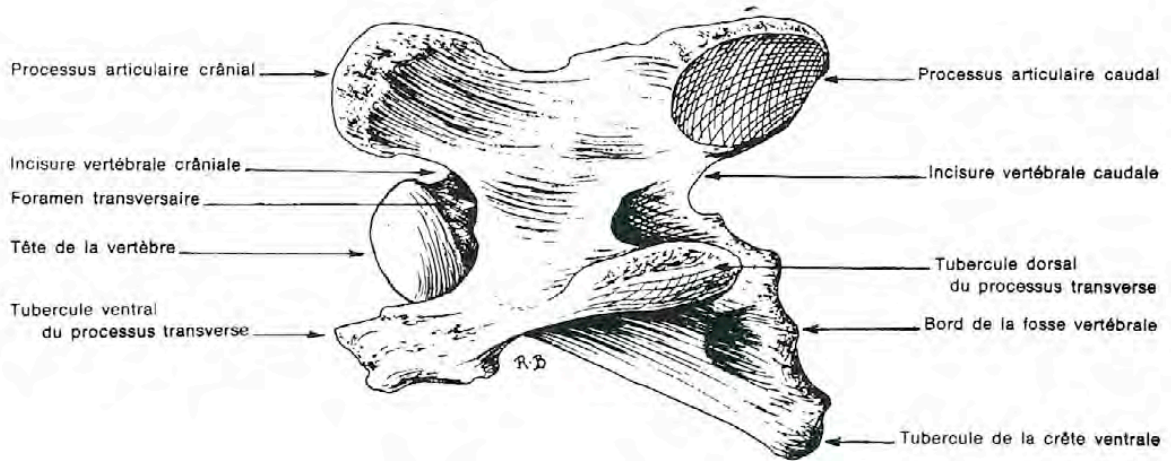
ii. Particularités des vertèbres cervicales médianes (C3 – C5)

Les vertèbres C3 à C7 sont très similaires (*Figure 6*) et suivent le schéma morphologique classique d'une vertèbre cervicale. Elles se raccourcissent progressivement de l'extrémité crâniale à l'extrémité caudale alors que leur largeur augmente.

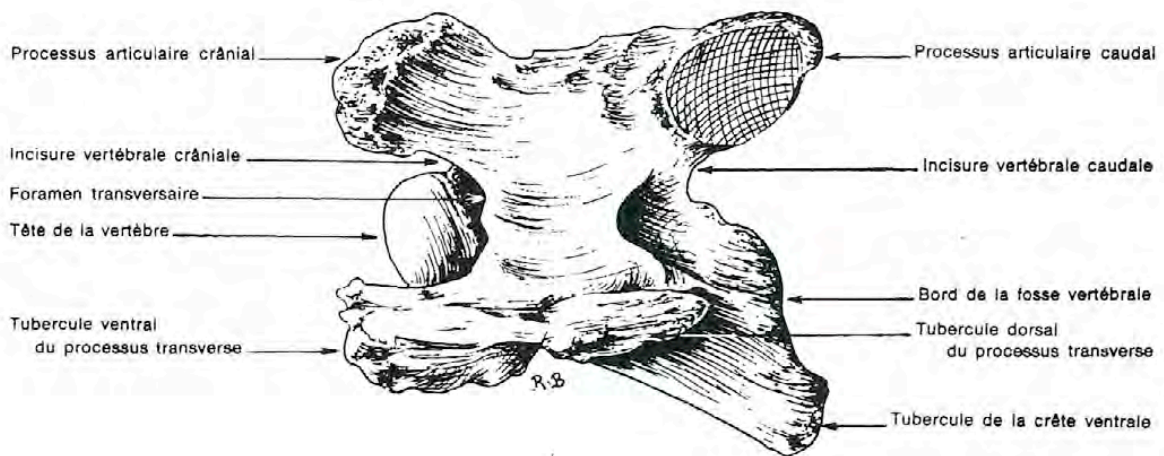
Le corps des vertèbres C3 – C4 – C5 présente une crête ventrale marquée terminée par un tubercule de plus en plus volumineux de C3 à C5. La tête est convexe et saillante, la fosse vertébrale profonde et oblique ventro-caudalement. Cette saillie de la tête et profondeur de la fosse vertébrale diminuent de C3 à C5. Leur processus épineux est relativement court, réduit à une simple crête longitudinale plus ou moins tranchante. Les processus articulaires sont grands, avec un trou ovale proéminent permettant l'articulation entre les arcs vertébraux. Les processus transverses sont épais, subdivisés au bout en deux gros tubercules, dorso-caudal et cranio-ventral unis par une crête



TROISIÈME VERTÈBRE CERVICALE
(VUE LATÉRALE GAUCHE)



QUATRIÈME VERTÈBRE CERVICALE
(VUE LATÉRALE GAUCHE)



CINQUIÈME VERTÈBRE CERVICALE

Figure 6 : Vertèbres cervicales C3, C4 et C5 de cheval (3)

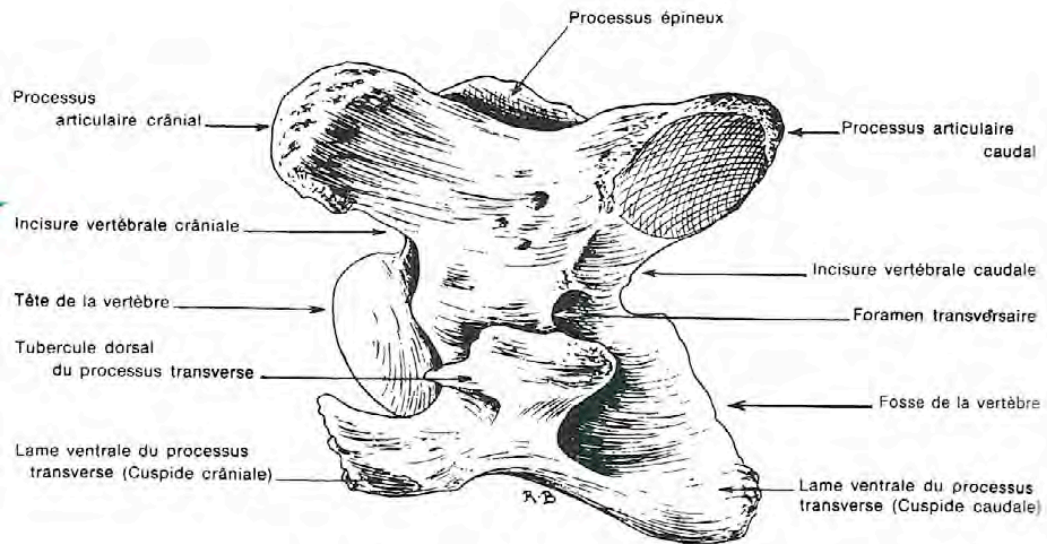
iii. Particularités des vertèbres de la charnière cervico-thoracique (8)

Les deux dernières vertèbres cervicales (*Figure 7*) possèdent un corps vertébral plus court, un processus épineux plus accentué et des processus transverses plus complexes que celui des vertèbres précédentes.

La crête ventrale de C6 est diminuée par rapport aux vertèbres cervicales précédentes et est complètement absente sur C7. Les processus transverses de C6 sont particulièrement robustes et souvent qualifiés de tricuspides. En effet, le tubercule ventral du processus transverse de C6 s'étale en une lame qui se rabat ventralement et se subdivise en deux cuspides : crâniale et caudale.

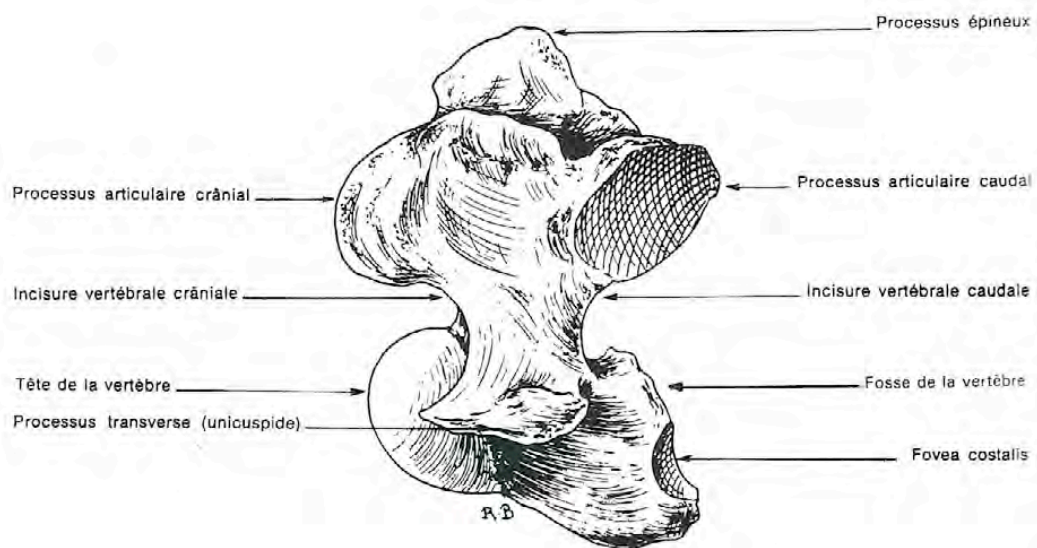
C7 présentent des caractéristiques encore plus reconnaissables : son corps est plus court que celui de toutes les autres vertèbres cervicales, les processus transverses sont nettement plus faibles et ne sont pas subdivisés en deux tubercules, on dira que cette vertèbre est unicuspidée. De plus, C7 est dépourvue de foramen transversaire et possède un processus épineux plus proéminent que celui des vertèbres précédentes qui s'incline caudalement. De part et d'autre de la fosse vertébrale, elle porte également des fossettes articulaires, ou *fovea costale*, qui participent à l'articulation synoviale liant la tête de la première côte avec C7 et T1.

Les particularités de ces deux vertèbres font qu'elles sont très reconnaissables à la radiographie.



SIXIÈME VERTÈBRE CERVICALE

(VUE LATÉRALE GAUCHE)



SEPTIÈME VERTÈBRE CERVICALE

(VUE LATÉRALE GAUCHE)

Figure 7 : Vertèbres cervicales C6 et C7 de cheval (3)

iv. Particularités des vertèbres de la charnière nucale (6), (7)

La charnière nucale (occipito-atlanto-axiale) met en jeu des vertèbres très modifiées, spécialisées dans les mouvements de la tête par rapport au cou.

L'os *occipital*. Sa face nucale (caudale) est le point d'ancrage du ligament nocal et des puissants muscles extenseurs de la tête et du cou (muscles semi-épineux de la tête, longissimus de l'atlas et de la tête, et splénius). Cette vertèbre présente également deux condyles articulaires très convexes encadrant le canal vertébral et répondant aux surfaces articulaires très engainantes de l'atlas.

La première vertèbre cervicale (C1) est l'*atlas* (Figure 8). Le corps cylindrique caractéristique des autres vertèbres est ici remplacé par un anneau osseux constitué par un arc dorsal et un arc ventral. En son centre, le canal vertébral formé est particulièrement large permettant ainsi les mouvements de rotation de la tête sans gêne pour la moelle épinière. Le processus épineux est comme absent. Les processus transverses sont transformés en ailes de l'atlas. Elles sont puissantes, incurvées ventralement et extrêmement concaves ventralement. Les bords crâniolatéraux forment une crête proéminente rugueuse, palpable en arrière de la branche de la mandibule. La face ventrale de l'aile de l'atlas forme une fosse large et profonde dite fosse atlantoidienne. Elle est perforée par deux foramens : transversaire (caudal, large), alaire (rostral, passage de l'artère occipital) réunis sur la face dorsale par un profond sillon au foramen intervertébral. La face crâniale de l'atlas possède deux fosses articulaires concaves et profondes qui forment une articulation synoviale, l'articulation atlanto-occipital, avec les condyles occipitaux. Les surfaces articulaires caudales sont légèrement concaves et rejoignent la *fovea dentis*, large, concave, et qui occupe la moitié caudale du plancher du canal vertébral. Cette formation répond à la dent (ou processus odontoïde) hémi-tronconique de l'axis. Ces deux structures sont liées par l'articulation synoviale atlanto-axiale.

La deuxième vertèbre cervicale (C2) est l'*axis* (Figure 8). Elle sert d'axe de rotation pour l'atlas et la tête, grâce à la présence d'un processus articulaire caractéristique ou dent, porté crânialement par son corps. Cette dent est hémi-tronconique, creusée en gouttière à sa face dorsale. Sa face dorsale est déprimée et rugueuse pour des insertions ligamentaires. La face ventrale de ce processus est revêtue de cartilage articulaire pour répondre à la fovea dentis. . Son corps, très long et incurvé ventralement, porte une crête ventrale tranchante, qui se termine par un tubercule. Les processus transverses sont grêles, non bicipides et étirés caudalement. Le processus épineux, très fort et convexe, bifurque caudalement et porte les processus articulaires caudaux qui s'articulent avec le corps de C3. Les processus articulaires crâniaux sont eux absents. Le bord crânial de son arc vertébral présente, de chaque côté, un foramen vertébral latéral traversé par le deuxième nerf spinal.

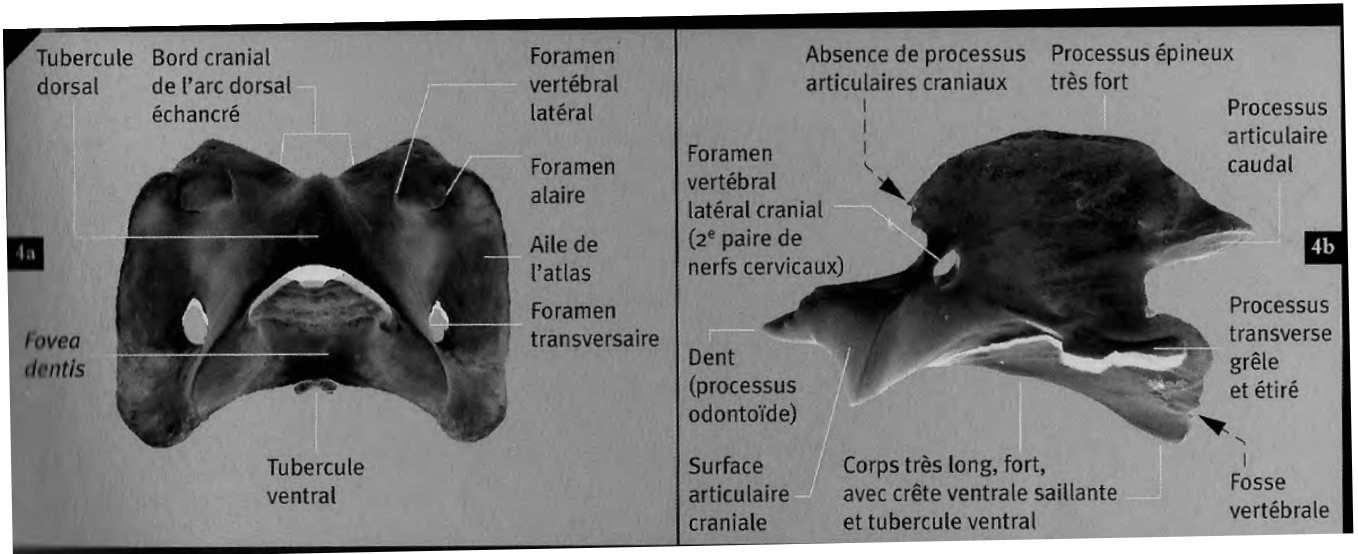


Figure 8 : Atlas (C1) et axis (C2) chez le cheval (8)

- a) vue dorsale d'un atlas
b) vue latérale gauche d'un axis

1.2.3. Vertèbres thoraciques

i. Caractères communs

Le cheval possède généralement 18 vertèbres thoraciques qui forment l'axe de la paroi dorsale du thorax. Leur caractéristique principale réside dans leur articulation avec les 18 paires de côtes au niveau de surfaces articulaires appelées fovea costales craniales (plus larges) et caudales, disposées de chaque côté du corps vertébral. Ces foveas costales se complètent d'une vertèbre à l'autre pour former des cupules costales dans chacune desquelles s'adapte la tête d'une côte, à l'exception de T18 qui ne présente qu'une fovea costale craniale.

Le corps des vertèbres thoraciques est court : sa largeur est sensiblement égale à son diamètre dorso-ventral ; laissant place à un foramen vertébral étroit. La crête ventrale est petite, représentée par une simple rugosité allongée apportant une forme cylindroïde au corps. La tête de la vertèbre est moins convexe et la fosse vertébrale moins concave que dans les vertèbres cervicales. L'aplanissement de ces surfaces est à l'origine d'un empilement des vertèbres plus serré et donc d'une mobilité moindre dans cette région. A l'opposé, les processus épineux sont de grande taille et très saillants, plus particulièrement de T1 à T10 formant ainsi la zone du garrot. Ces processus sont minces à leur bord cranial et épais à leur bord caudal. L'élévation de ces processus au niveau du garrot correspond à l'insertion du ligament nucal et des principaux muscles extenseurs de la tête, notamment le muscle semi-épineux de la tête. Ces processus épineux représentent de véritables bras de leviers pour les muscles cervicaux dorsaux et la masse commune (23) amplifiant considérablement l'action du balancier cervico-céphalique sur la colonne vertébrale thoraco-lombaire. Les processus transverses sont courts et tubéreux. Ils s'insèrent dorsalement au pédicule vertébral et sont dirigés dorso-latéralement. Les processus mamillaires sont souvent absents de T1 à T14 ou T15. Ils apparaissent sur les 4 ou 5 dernières vertèbres thoraciques et émergent du processus transverse et du processus articulaire cranial. C'est pour cette raison qu'on appelle parfois le processus mamillaire le processus mamillo-articulaire.

ii. Spécificités de rang

Même si on peut observer une morphologie de base commune à toutes les vertèbres thoraciques, il existe quelques variations, notamment des variations de taille (*Figure 9 et 10*). Seules la première et la dernière présentent de bons caractères de diagnose du fait qu'elles font transition avec les autres régions. Les processus épineux s'allongent jusqu'à T4-T5 puis décroissent progressivement jusqu'à T13 pour se stabiliser à la hauteur des processus épineux des vertèbres lombaires sur les cinq dernières vertèbres thoraciques. Ces processus épineux sont orientés dorso-caudalement puis dorso-cranialement. L'inversion d'inclinaison des processus épineux se fait autour d'une vertèbre dite anticlinale, qui est le plus souvent T15 mais peut varier entre T13 et T16. L'axe de son processus épineux est vertical et perpendiculaire à l'axe longitudinal de la colonne vertébrale. Cette vertèbre se retrouve donc à mi-distance entre le garrot et l'articulation sacro-iliaque et marque le point de convergence des forces exercées par les tissus mous sur la colonne vertébrale. La région thoracique craniale transmet de la force à la tête, l'encolure et aux antérieurs alors que les régions thoracique caudale et lombosacrée exercent des forces sur les postérieurs. (37)

La hauteur du corps s'accroît de T1 à T18 alors que sa largeur diminue jusqu'à T15 pour réaugmenter de T15 à T18.

Les processus articulaires entre T2 et T14 sont plus petits et plus plats que ceux qui unissent T1 et T2 et que ceux plus caudaux. Leur forme et leur orientation entre T9 et T14 permettent d'obtenir des mouvements dans trois directions : flexion et extension dorso-ventrales, flexion latérale et rotation axiale. Alors que caudalement à T14, les processus articulaires sont de plus en plus engainants limitant l'amplitude de la rotation axiale et de la flexion latérale. (59)

Les cupules costales sont de moins en moins profonde de T1 à T18. Enfin, T18, ne présentant pas de fovea costale caudale, ressemble d'avantage au type lombaire.

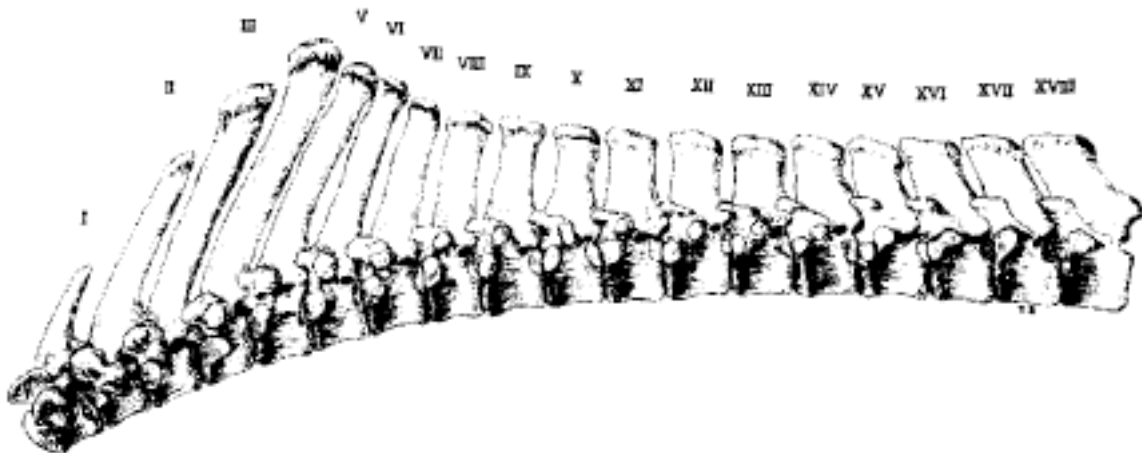


Figure 9 : Vertèbres thoraciques de cheval : vue latérale gauche (3)

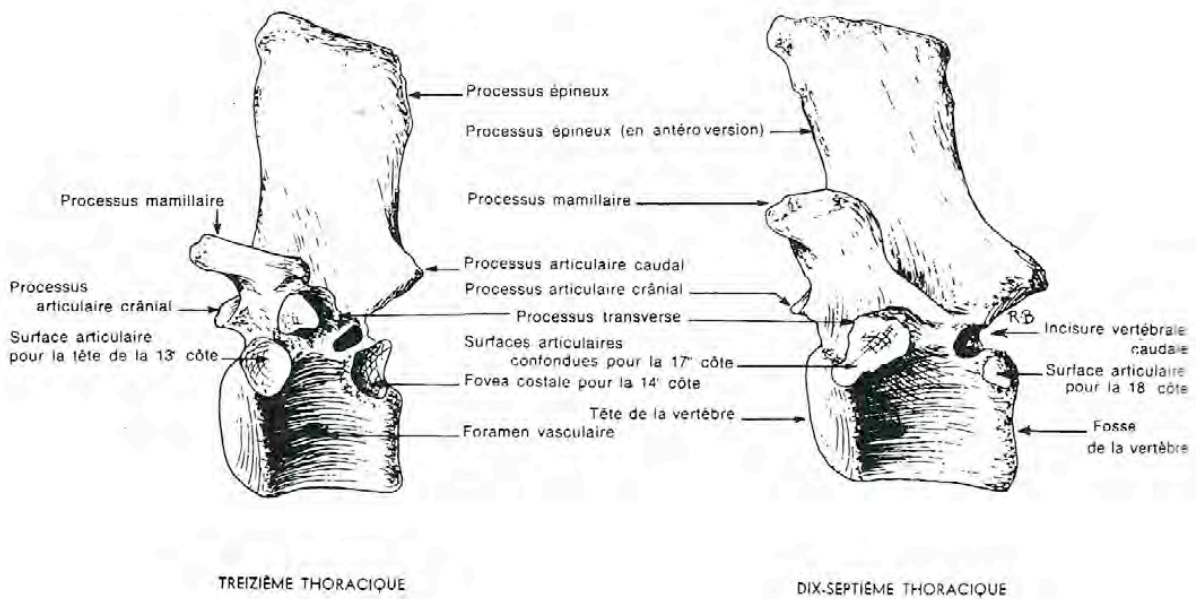
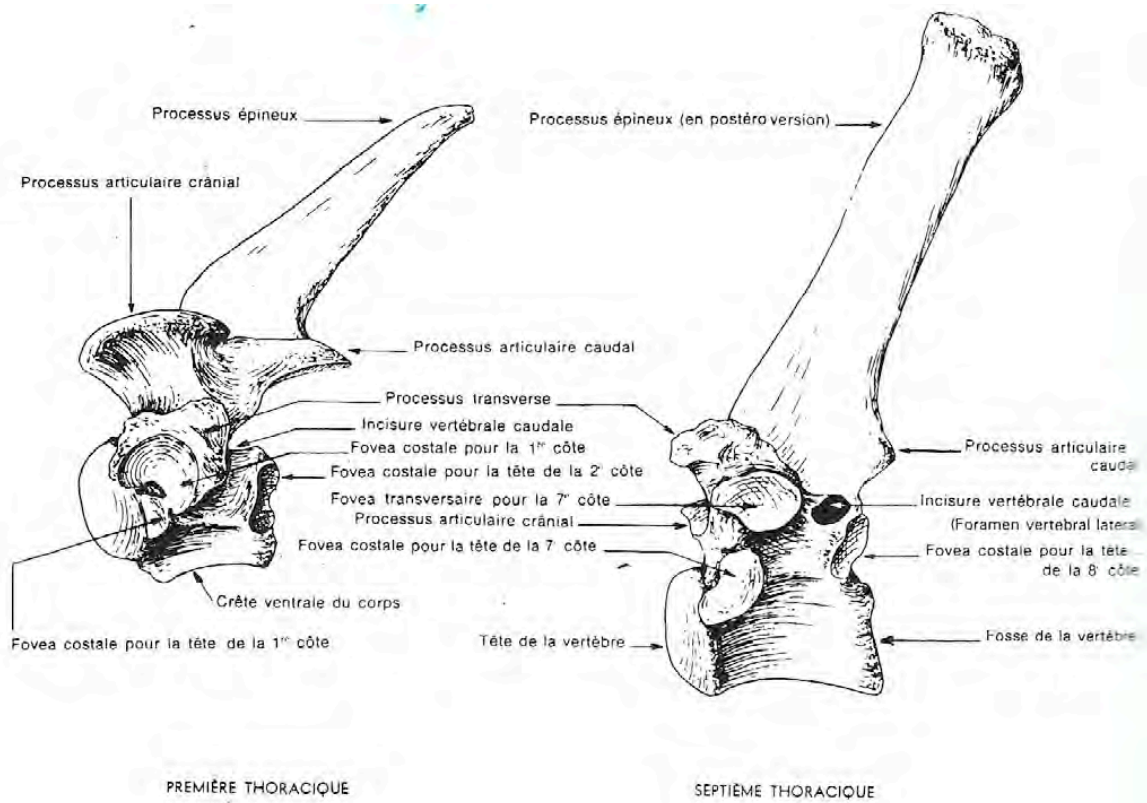


Figure 10 : Vertèbres thoraciques T1, T7, T13 et T17 du cheval (3)

1.2.4. Vertèbres lombaires

i. caractères communs

Les vertèbres lombaires forment la base de la région des reins et se différencient par des corps de grand volume, des processus transverses très développés et un emboîtement très prononcé des processus articulaires (*Figure 11 et 12*). Ces caractéristiques contribuent à limiter la mobilité lombaire, et plus particulièrement les mouvements de latéroflexion (incurvation) et de rotation. Les mouvements de flexion et d'extension sont toutefois possibles, mais leur amplitude est relativement restreinte.

Le corps ressemble à celui des vertèbres thoraciques mais est plus long et plus large. Le foramen est vaste et élargi.

Les processus épineux sont plats et larges, et leur hauteur n'excède pas celle des processus épineux des dernières vertèbres thoraciques. Ils sont plus ou moins inclinés cranialement. Leur sommet forme une lèvre rugueuse terminée par un tubercule du côté cranial.

Les processus transverses, forts et très allongés, sont aplatis dorso-ventralement et forment ainsi un toit pour l'abdomen. Ils sont parfois appelés processus costiformes du fait de leur implantation à la limite des corps vertébraux qui leur confère une apparence de rudiments de côtes qui se seraient soudés aux corps.

Les processus articulaires, plus saillants qu'en région thoracique, sont porteurs de surfaces articulaires engainantes. Les craniales sont très concaves alors que les caudales sont au contraire très convexes.

Les processus mamillaires sont élevés et saillants en direction cranio-dorsale. Ils sont complètement séparés des processus transverses et surplombent les processus articulaires craniaux. Les processus articulaires caudaux sont quant à eux juxtaposés aux processus accessoires qui sont bien développés.

ii. caractères de rang

En se déplaçant caudalement le long des vertèbres lombaires, le corps devient de plus en plus large et aplati dorso-ventralement. La crête ventrale régresse pour disparaître sur L6 entraînant un aplanissement de la face ventrale ; les foramens vertébraux et intervertébraux s'élargissent.

Les processus épineux diminuent de largeur et s'amincissent en leur sommet du premier au dernier. Ils sont dirigés cranialement jusqu'à L5, le processus de L6 étant vertical, on observe un changement de direction au niveau de la jonction lombo-sacrée. Il en résulte un espace interépineux important entre L6 et S1, et ainsi une voie d'accès pour les ponctions du canal vertébral et des méninges.

Les processus transverses s'allongent et s'inclinent un peu caudalement de L1 à L3, puis se raccourcissent de L4 à L6 alors que leur largeur augmente légèrement d'avant en arrière.

Les processus mamillaires s'épaississent de L1 à L4 pour finalement devenir grêles sur L5 et L6.

Individuellement, on peut observer quelques critères de diagnose des vertèbres lombaires. L1 est reconnaissable par son corps plus haut que large, sa crête ventrale plus prononcée que les autres, son processus transverse étroit, mince, dirigé caudalement et limité par deux bords curvilignes à concavité caudale, et enfin par son large processus épineux.

L6 se reconnaît par un corps fortement aplati dorso-ventralement, un canal vertébral très large, un processus épineux mince presque vertical et des processus

transverses courts et épais légèrement dirigés cranialement. Ceux-ci se caractérisent surtout par la présence de deux surfaces articulaires planiformes : une craniale de forme ovale, en regard d'une articulaire similaire sur L5 formant ainsi une articulation intertransversaire entre L5 et L6 ; une caudale plus large, allongée transversalement, contiguë à la surface articulaire du corps qui forme l'articulation sacro-transversaire.

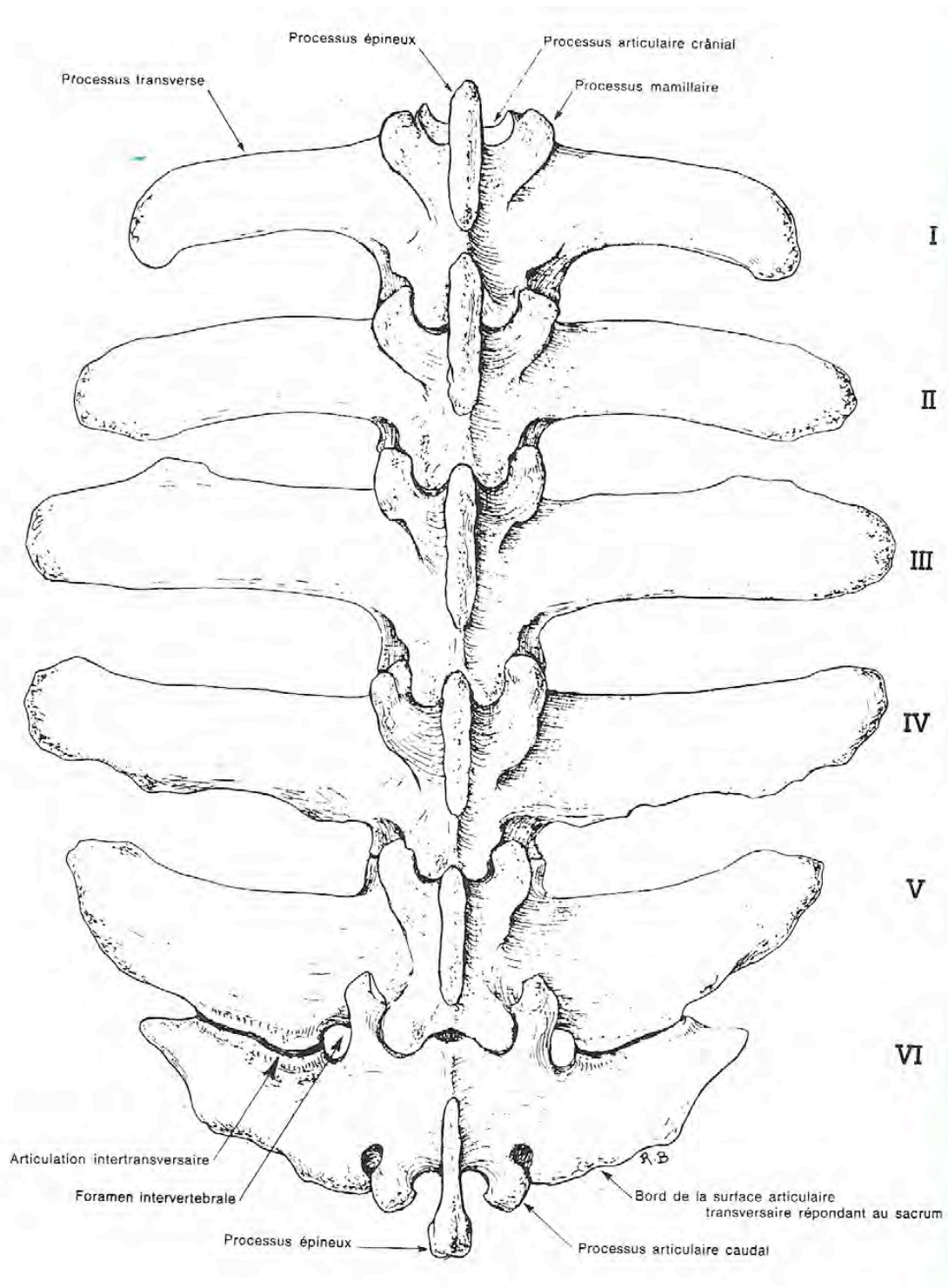


Figure 11 : Vertèbres lombaires de cheval (vue dorsale) (3)

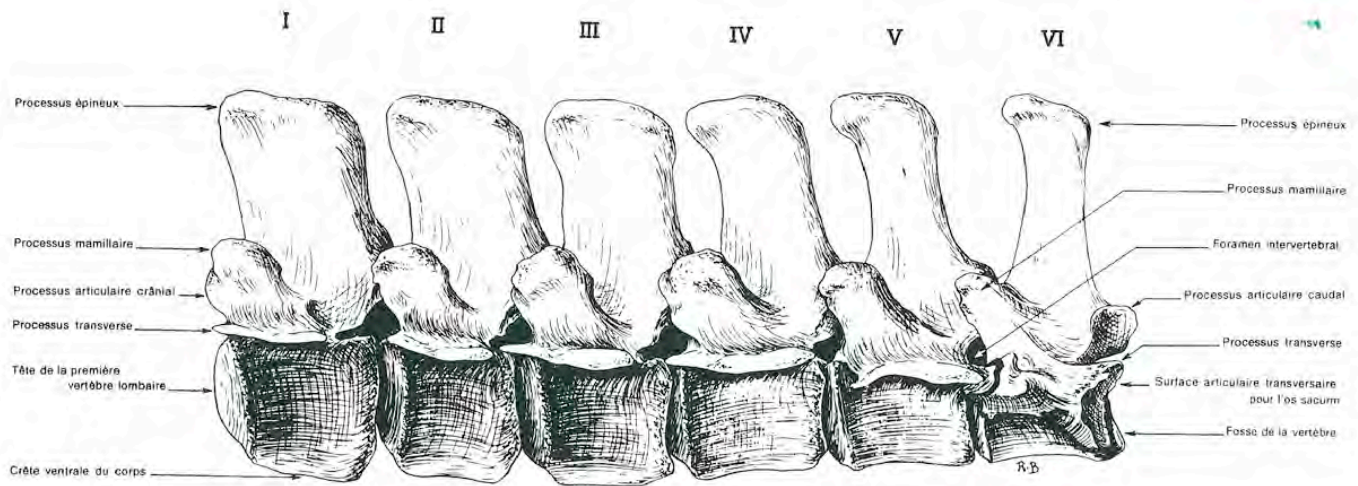


Figure 12 : Vertèbres lombaires de cheval (vue latérale gauche) (3)

1.2.5. Vertèbres sacrées

Les cinq vertèbres sacrées fusionnent au stade embryologique pour constituer l'os sacrum. Celui-ci s'articule cranialement avec L6, caudalement avec Co1 et s'unit latéralement aux os coxaux, par des ligaments sacro-iliaques avec lesquels il forme le bassin ou pelvis. Le sacrum est triangulaire et présente une légère concavité ventrale (*Figure 13*). En raison de sa constitution, l'os sacrum ne jouit d'aucune mobilité propre.

Les processus épineux ne se soudent que par leur base et forment une crête sacrale médiane discontinue inclinée vers l'arrière. Ils sont épais avec un sommet renflé et rugueux à l'exception du premier qui est grêle avec un sommet mince. La hauteur de ces processus est maximale au niveau de S2 puis diminue progressivement jusqu'à S5. Ils présentent une inclinaison dorso-caudale, opposée à l'inclinaison craniale des dernières vertèbres lombaires. Contrairement à l'inversion d'inclinaison qui se centre sur une vertèbre anticlinale au niveau des vertèbres thoraciques, cette variation d'inclinaison lombosacrée se fait sans transition laissant place à un large espace interépineux. Celui-ci est à l'origine d'une zone de grande mobilité qui n'est pas contrainte à un risque de conflits épineux. (37)

En région médiale de la face pelvienne, on observe des lignes transverses qui correspondent à la ligne de soudure entre les vertèbres. A l'extrémité de ces lignes se trouvent des dépressions longitudinales appelées foramens sacraux pelviens. Au regard de ceux-ci en face dorsale, se trouvent les foramens sacraux dorsaux. Ces foramens donnent accès au canal vertébral et permettent le passage des branches ventrales vs dorsales des nerfs spinaux.

Les bords latéraux de l'os sacrum résultent de la soudure des processus transverses. Leur étendue diminue en direction caudale. Le premier de la série est beaucoup plus large et plus épais que les autres, il forme une expansion appelée aile de l'os sacrum. Sa face dorsale porte une surface articulaire irrégulière de forme comparable à celle d'une oreille humaine d'où son nom de surface auriculaire. Elle répond à une surface similaire de l'os ilium.

La base de l'os sacrum correspond à la surface s'articulant avec la dernière vertèbre lombaire. En sa partie médiale se trouve la tête de la première vertèbre sacrale. Peu saillante et allongée transversalement, elle s'unit à la fosse de L6 par l'intermédiaire d'un disque fibro-cartilagineux. Dorsalement à la tête de la vertèbre, un large orifice constitue l'entrée du canal. Il est surmonté par le processus épineux de S1, à la base duquel s'élève le processus articulaire cranial de cette même vertèbre.

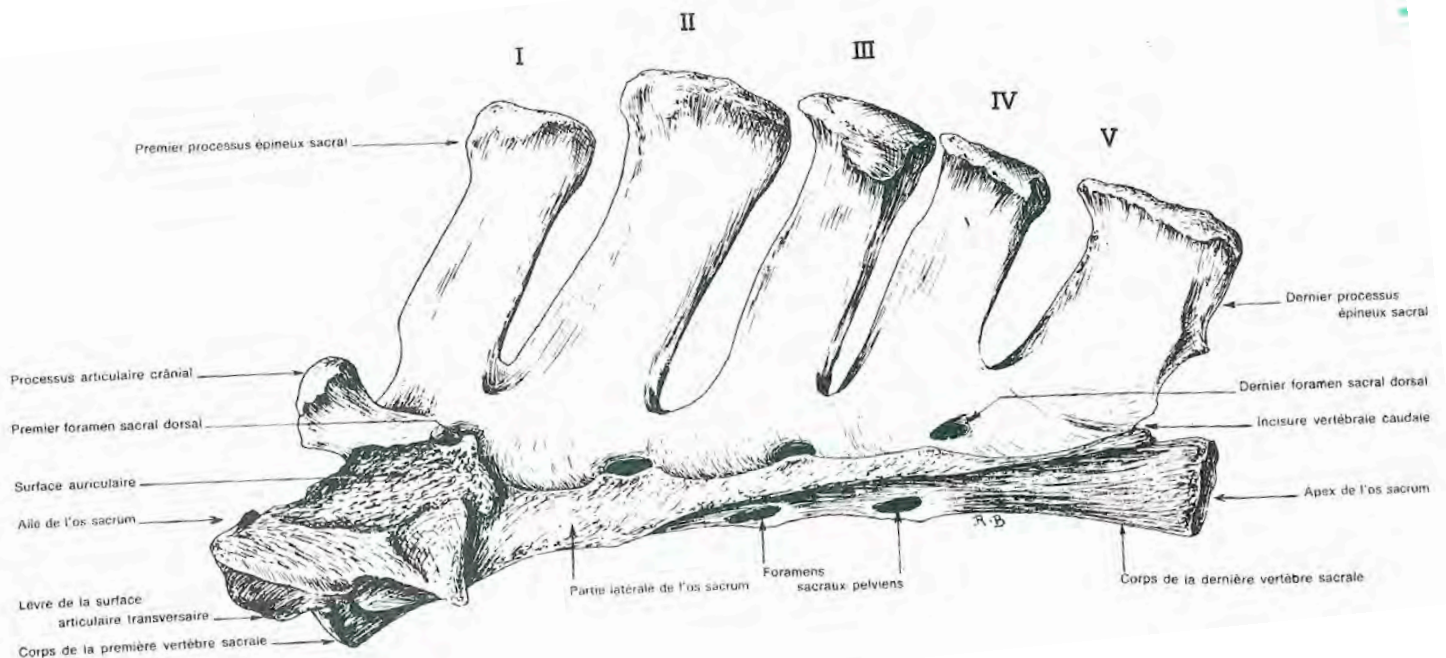


Figure 13 : Os sacrum du cheval : vue latérale gauche (3)

1.2.6. Vertèbres coccygiennes

Les 17 à 20 vertèbres coccygiennes constituent la base ostéologique de la queue. Seules la première ou les deux premières ont une structure complète avec un arc vertébral puis elles se simplifient progressivement (*Figure 14*).

Le corps de ces vertèbres est long, cylindroïde et étranglé en son milieu. Les deux surfaces articulaires sont convexes et s'unissent à la vertèbre adjacente par l'intermédiaire d'épais fibrocartilages biconcaves. Cette disposition permet une grande variété et étendue de mouvements au niveau de la queue.

La première vertèbre coccygienne est souvent fusionnée au sacrum, plus particulièrement chez les chevaux âgés.

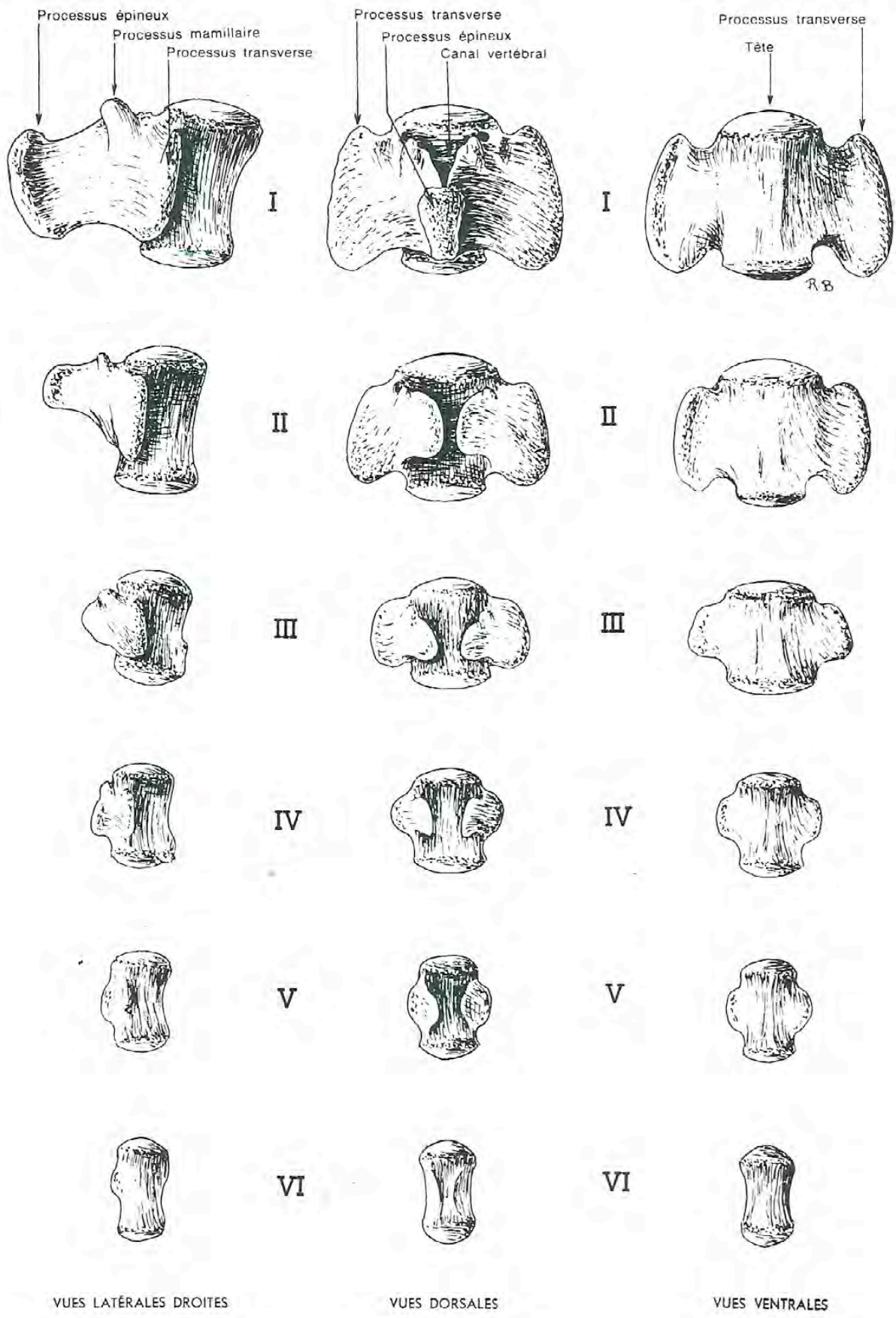


Figure 14 : Premières vertèbres coccygiennes du cheval : Co1 à Co6 (3)

1.3. Composition et développement des vertèbres (3)

Le corps des vertèbres est constitué par une masse de tissu spongieux entourée d'une mince couche d'os compact. Les lamelles d'os spongieux sont principalement orientées dans le sens longitudinal, mais peuvent se retrouver orientées dorso-ventralement vers l'extrémité caudale de la vertèbre.

Au contraire, l'arc vertébral est surtout constitué de tissu compact. Seuls les processus articulaires et, en plus faible quantité, les processus épineux, présentent de la matière spongieuse. Les lamelles principales se dirigent de la base vers le sommet, d'abord parallèles au grand axe du processus, elles s'incurvent progressivement vers l'extrémité dorsale (*Figure 15*).

Le développement des vertèbres dérive des sclérotomes. Chaque vertèbre possède trois centres primitifs d'ossification : un ventral et médian pour le corps, et deux dorsaux et latéraux, un pour chacune des lames. L'ossification débute au niveau des vertèbres thoraciques puis s'étend progressivement cranialement et caudalement. Les dernières vertèbres coccygiennes sont celles qui restent cartilagineuses le plus longtemps. La soudure entre les deux lames se réalise le plus souvent avant la naissance ou un peu après. Elle est la plus tardive en région lombaire et coccygienne proximale ; les lames sur les vertèbres coccygiennes caudales ne se soudent pas voire finissent même par disparaître. La soudure des lames avec le corps se fait trois à quatre mois après la naissance.

Au centre primitif d'ossification, s'ajoutent plus tard des centres d'ossification secondaire. Ils apparaissent au niveau des extrémités des processus transverses des vertèbres lombaires, de l'épiphyse des corps vertébraux, de la crête ventrale, et aux sommets des processus épineux des vertèbres thoraciques craniales. Ces derniers ne fusionnent pas avant l'âge de 7-15 ans, voir ne fusionnent jamais et peuvent être confondus avec des fractures en radiographies. Les centres d'ossifications secondaires au niveau des épiphyses des corps vertébraux fusionnent entre 5 et 7 ans, la physe craniale 1 ou 2 ans avant la physe caudale ; alors que ceux au niveau des processus transverses fusionnent dans les premiers mois de vie du poulain. (32) Les processus épineux des dernières vertèbres thoraciques et de la région lombo-sacrale ne présentent pas de centre d'ossification secondaire, mais des capsules fibro-cartilagineuses.

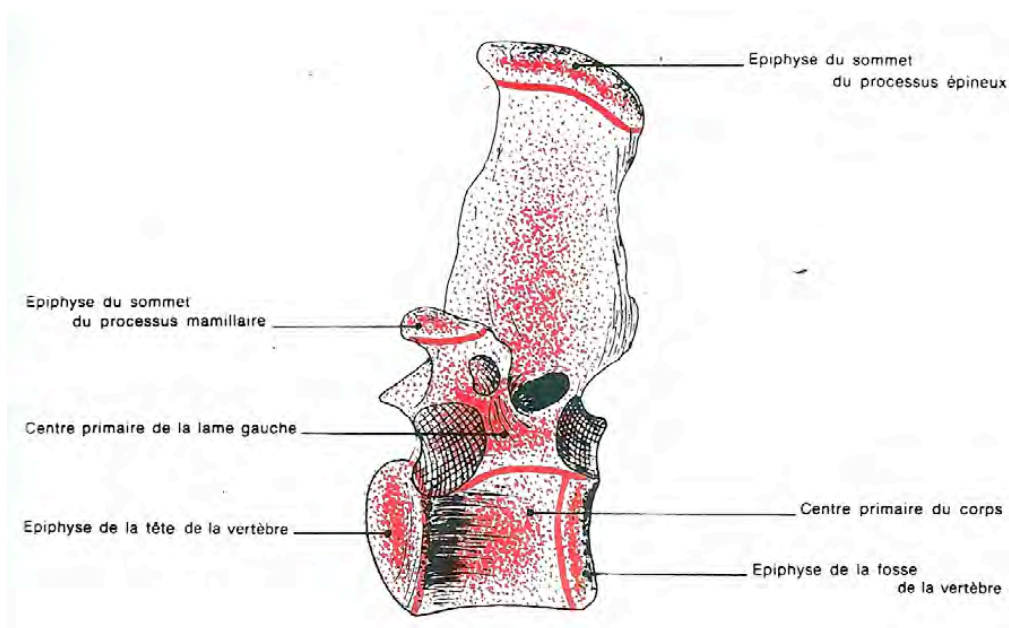


Figure 15 : Centres d'ossifications d'une vertèbre (3)
Vue latérale gauche demi schématique de la 10^{ème} vertèbre thoracique

2. Variations individuelles

Les anomalies de la colonne vertébrale ne sont pas rares. Les plus fréquentes et les moins graves portent sur le nombre des vertèbres. En zone thoraco-lombaire, il s'agit d'une simple transposition d'une région à l'autre avec compensation numérique : on peut avoir une vertèbre thoracique de plus mais une vertèbre lombaire de moins et vice versa. (3) Une étude menée par Haussler et *al.* sur 36 chevaux pur-sang a montré que seul 61 % d'entre eux suivaient la formule 6 vertèbres lombaires et 5 vertèbres sacrées, le reste ayant très souvent la formule inverse : 5 vertèbres lombaires et 6 vertèbres sacrées. Une potentielle relation entre ces variations numériques et de quelconques pathologies dorsales n'a cependant pas été mise en évidence. (30)

Parfois, ces variations numériques sont visibles sans compensation. Au niveau thoracique, on aura cependant toujours le même nombre de paires de côtes que de vertèbres thoraciques. Au niveau des lombaires, la variation numérique est le plus souvent dans le sens d'une réduction que dans celui d'une augmentation si aucune compensation thoracique n'est présente. Certaines races, appelées les « short-backed » seront plus prédisposées que d'autres à ces variations numériques : les Arabes ont une incidence accrue de cinq vertèbres lombaires par exemple (6). Des variations au niveau de l'os sacrum ont également été rapportées : on peut avoir 4, 6 voire 7 vertèbres sacrales au lieu de 5. Le nombre de vertèbres coccygiennes est très variables entre individus, mais 18 sont le souvent rencontrées. La première vertèbre coccygienne est fréquemment fusionnée au sacrum, surtout chez les vieux chevaux.

3. Articulations intervertébrales (3) (8) (23) (31) (47) (59)

L'axe vertébral réunit deux propriétés lui permettant d'assurer ses fonctions dans le maintien du corps et dans la locomotion : il est à la fois rigide et flexible. Ceci est permis par la morphologie particulière des articulations intervertébrales qui en associent deux types : synovial et fibrocartilagineux. De la même façon que pour la morphologie des vertèbres, on retrouve un schéma d'organisation global des articulations tout du long de la colonne vertébrale avec des variations notables d'une région à une autre. L'amplitude de mouvement possible au niveau de chacune de ces articulations est faible mais la cumulation de toutes permet des mouvements importants de la colonne. Le nombre d'articulation par vertèbre varie de zéro entre les vertèbres sacrales fusionnées, à deux disques intervertébraux entre chaque vertèbre coccygienne, puis 6 entre chaque vertèbre cervicale et lombaire craniale (2 disques intervertébraux et 4 articulations synoviales), puis 10 entre les vertèbres lombaires caudales (4 articulations intertransversaires en plus), et enfin 12 entre chaque vertèbre thoracique (4 articulations costovertébrale et costotransverses en plus).

Les vertèbres sont unies par leur corps et par leur arc mais bénéficient également d'une contention musculaire importante.

3.1 Union des corps vertébraux

Les articulations qui unissent les corps vertébraux entre eux constituent un type particulier de symphyse, c'est-à-dire d'articulation fibro-cartilagineuse. La tête convexe de chaque vertèbre répond à la fosse vertébrale concave de la précédente. Ces deux

surfaces articulaires sont revêtues d'une couche de cartilage plus ou moins épaisse selon la région de la colonne et l'âge du cheval. Elle est plus épaisse chez le jeune que chez l'adulte puisque sa face profonde participe à l'ossification du corps vertébral.

Les moyens d'union entre les corps vertébraux sont les suivants (*Figure 16*) :

- **les disques intervertébraux** : ligaments interosseux fibro-cartilagineux très puissants qui forment une lame elliptique mince chez le cheval entre la tête et la fosse vertébrale de deux vertèbres adjacentes. Ils sont constitués de deux parties : un noyau pulpeux (*nucleus pulposus*) amortissant, fibrocartilagineux chez les chevaux, entouré d'un anneau fibreux (*anulus fibrosus*) ferme et élastique. La composante fibreuse augmente progressivement de façon centrifuge. Ils sont plus épais au niveau des jonctions cervico-thoracique et lombo-sacrée, c'est-à-dire au niveau des zones de plus grande mobilité ; et plus fins au milieu de la région thoracique. TOWNSEND *et al.* ont évalué ces variations d'épaisseur au cours d'une étude réalisée sur quatre chevaux. Les moyennes de ces 4 valeurs sont détaillées dans le *Tableau 1* suivant :

Articulation	Epaisseur du disque intervertébral (mm)	Articulation	Epaisseur du disque intervertébral (mm)
T1	5.9	T13	2.9
T2	3.4	T14	2.3
T3	2.9	T15	2.3
T4	2.8	T16	2.4
T5	2.6	T17	2.4
T6	2.4	T18	2.7
T7	2.0	L1	2.5
T8	2.4	L2	2.6
T9	2.3	L3	2.6
T10	2.4	L4	2.6
T11	2.4	L5	1.9
T12	2.4	L6	3.6

Tableau 1 : Variation des moyennes d'épaisseurs des disques intervertébraux des régions thoraco-lombaire (59)

Chaque articulation est nommée en fonction de la vertèbre la plus craniale qui forme cette articulation.

- **le ligament longitudinal ventral** : long et fort cordon fibreux blanc qui s'insère sur la face ventrale des corps vertébraux et sur la marge des disques intervertébraux. Absent dans la région cervicale et thoracique craniale, il est remplacé par le muscle long du cou.

- **le ligament longitudinal dorsal** : long et mince cordon fibreux blanc nacré qui couvre incomplètement le plancher du canal vertébral et les disques intervertébraux (élargi au niveau de chaque disque intervertébral et aminci au milieu de chaque corps vertébral) sans interruption de l'axis au sacrum.

3.2 Union des arcs vertébraux (3) (35) (47)

Les arcs vertébraux sont reliés par des diarthroses (double articulation synoviale) au niveau des processus articulaires craniaux et caudaux (effacés en région thoracique) et par d'importants ligaments (*Figure 16 et 17*) :

- **les ligaments interlamellaires** : ligament élastique (fibreux dans la région thoraco-lombaire) qui ferme l'espace compris entre deux lames vertébrales successives

délimité par les muscles spinaux en dorsal et le canal vertébral en ventral. Ils sont brefs dans la région thoraco-lombaire, et plus étendus dans la région cervicale.

- **les ligaments interépineux** : ligament fibreux (élastique dans la région cervicale) qui relie les processus épineux entre eux. Ils sont allongés mais peu élevés en région cervicale et brefs mais très étendus en hauteur dans le garrot.

- **le ligament supra-épineux** : fort et long ligament commun attaché aux sommets des processus épineux de C1 à la région coccygienne. En région thoraco-lombo-sacrée, il constitue un fort funicule fibreux et inextensible qui reçoit de nombreux et forts fascias attachés aux grands muscles du tronc (fascia thoraco-lombaire, aponévroses des muscles trapèze, grand dorsal, et dentelés dorsaux du thorax). Il est très épais en région thoracique craniale puis se confond avec le fascia thoraco-lombaire et l'aponévrose du grand dorsal (plus puissant muscle extenseur du dos) avant de se réépaissir au niveau des vertèbres lombaires. Il disparaît ensuite au niveau des dernières vertèbres lombaires et premières vertèbres sacrées se confondant avec le ligament sacro-iliaque dorsal.

Sa partie cervicale se différencie et forme chez le cheval le ligament nucal qui est constitué de deux parties : une corde et une lame. La corde prolonge le ligament supra-épineux à partir des processus épineux des premières vertèbres thoraciques jusqu'à la protubérance occipitale craniale. Les deux parties latérales qui la constituent sont séparées par un sillon médian comblé par un tissu conjonctivo-adipeux mêlé de fibres élastiques. Elle donne insertion aux aponévroses et aux faisceaux des muscles cervicaux dorsaux et ventralement à la lame. Cette lame est aplatie et épaisse et relie la corde aux processus épineux cervicaux. Le ligament nucal a un rôle primordial dans l'ensemble de la mécanique vertébrale et d'équilibre du poids de la tête. Son élasticité lui permet d'assurer un soutien passif au balancier cervico-céphalique en association avec les muscles cervicaux dorsaux (soutien actif) en statique et en dynamique. Il participe également à la coordination des mouvements de l'encolure et du pont vertébral en synergie avec le ligament supra-épineux.

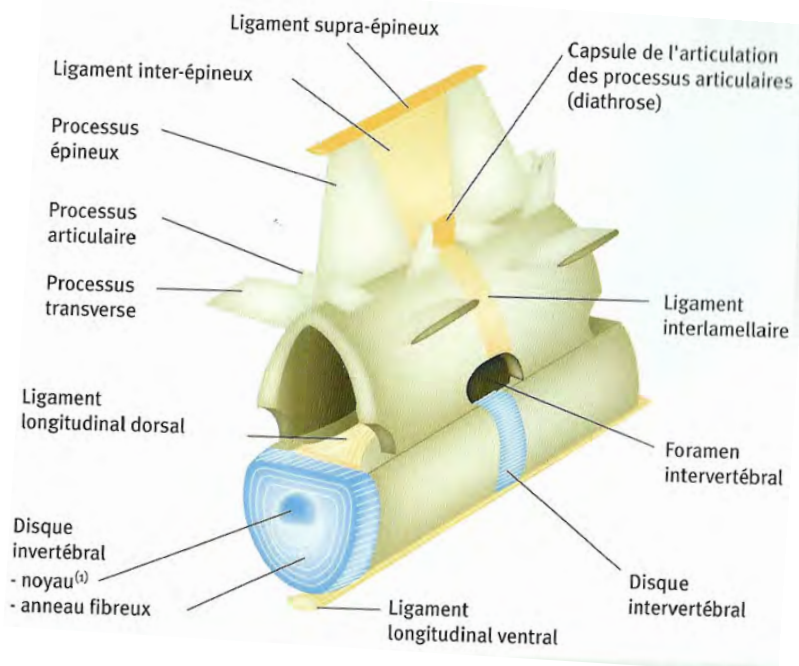


Figure 16 : Schéma d'une articulation intervertébrale (8)

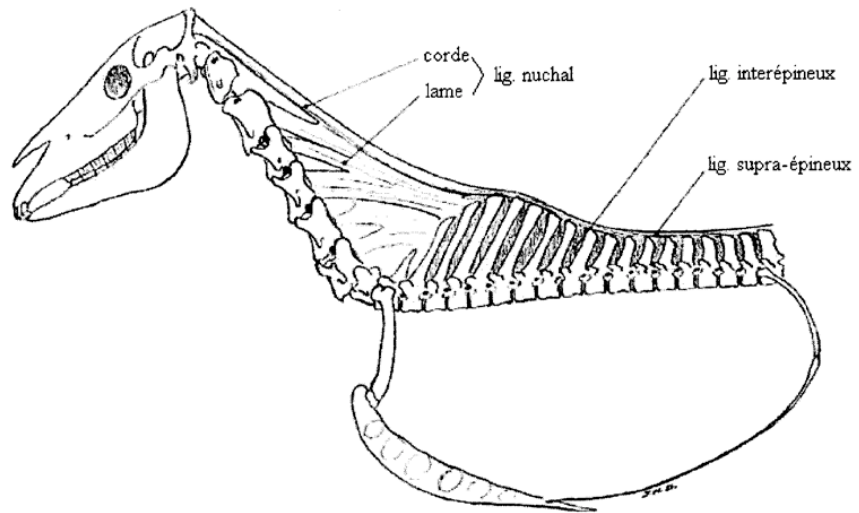


Figure 17 : Ligament nuchal du cheval (modifié d'après 23)

Deuxième partie :
MODALITES D'IMAGERIE VERTEBRALES

1. Les différentes techniques d'imagerie (2) (6) (13) (47) (57)

Les chevaux souffrant de dorsalgies sont le plus souvent présentés en consultation pour cause de baisse de performances ou d'irrégularités d'allures et non pour dorsalgies au stricto sensu. En effet, il est très difficile d'identifier et d'évaluer la douleur du cheval au niveau du dos, les signes cliniques étant peu spécifiques voire parfois absents ou pas spécialement en relation avec un problème de dos. C'est donc un examen clinique méthodiquement mené qui contribuera à localiser la douleur et à orienter le clinicien vers les régions potentiellement sièges de lésions. Cependant, la palpation des structures anatomiques du rachis est difficile voire impossible. Le recours à l'imagerie se révèle donc souvent indispensable à l'établissement d'un diagnostic topographique et lésionnel précis. Quatre techniques d'imagerie peuvent être utilisées pour l'examen du dos chez le cheval : la radiographie, l'échographie, la scintigraphie et la thermographie. Les techniques d'imagerie de coupes utilisant la tomодensitométrie (scanner) ou l'imagerie par résonance magnétique (IRM) sont à ce jour les techniques d'imagerie de l'appareil locomoteur les plus performantes utilisées chez l'Homme et les petites espèces. En raison de la taille du cheval adulte, ces techniques ne sont pas utilisables pour la quasi-totalité de la colonne vertébrale. Seul le tiers cranial de l'encolure d'un adulte pourrait être évalué avec ces techniques. Nous ne les mentionnerons donc plus dans ce texte.

La radiographie est souvent la technique utilisée en première intention. Elle présente le meilleur rapport coût/bénéfice diagnostique pour l'évaluation des régions cervicales, thoraciques, lombaires (jusqu'à L4) et coccygiennes. L'épaisseur des tissus et la superposition des structures osseuses au niveau des vertèbres sacrées rendent l'interprétation des radiographies impossible pour cette région. Au niveau des autres régions de la colonne, elle permet la visualisation de lésions ostéo-articulaires marquées et/ou avancées. La sensibilité de cette technique pour l'évaluation de certaines lésions osseuses, comme des fractures non déplacées, et des atteintes des tissus mous est cependant limitée. En effet, la complexité tridimensionnelle des vertèbres entraîne des superpositions multiples et l'apparition de lignes artefactuelles sur les clichés. Les limites de cette technique résident dans le fait qu'un équipement spécifique puissant est nécessaire pour obtenir des radiographies de qualité du dos du cheval. Cependant, depuis l'arrivée de la radiographie digitale dans les cliniques équinées, cet examen est devenu beaucoup plus utilisé, notamment pour le diagnostic de lésions dans la région thoraco-lombaire lors de douleur dorsale. Les lésions radiographiques les plus souvent observées sont les conflits de processus épineux, ostéoarthrose des processus articulaires et discospondylose. De plus, l'importance des masses entourant les vertèbres empêchent la réalisation de clichés d'incidences différentes, notamment ventro-dorsales et obliques ; ce qui limite l'interprétation de la latéralisation des lésions. Les variations de densités des différentes structures anatomiques sont importantes, il est donc tout de même nécessaire de prendre une série de clichés avec des paramètres différents pour avoir un ensemble de renseignements suffisant.

L'échographie représente l'examen de choix pour l'évaluation de l'intégrité des tissus mous du rachis, et plus particulièrement des ligaments. Elle permet également la visualisation des surfaces osseuses avec une haute sensibilité. On peut donc l'utiliser lorsque l'examen radiographique n'est pas disponible ou en complément de celui-ci, afin de latéraliser les lésions et/ou d'examiner la région lombaire caudale (L4-L6) et la région sacrée. L'utilisation de cette technique présente l'avantage d'être non-invasive, simple et rapide à mettre en œuvre, et réalisable avec un appareil portable. Le clinicien

n'a donc pas de coût supplémentaire au niveau du matériel à partir du moment où il utilise l'échographie dans sa pratique quotidienne. En plus de son intérêt diagnostique, l'échographie peut s'avérer utile d'un point de vue thérapeutique, puisqu'elle permet de réaliser des injections échoguidées. Les limites de l'échographie sont liées à l'impossibilité d'évaluer précisément l'architecture osseuse, notamment celle des processus articulaires, et à l'absence d'accès ventral dans les régions craniales. L'examen des parties ventrales des dernières vertèbres lombaires et de l'os sacrum est possible par échographie transrectale.

La scintigraphie est une technique complémentaire de la radiographie et de l'échographie très utile pour le diagnostic des lésions osseuses dorsales. Elle apporte des informations sur le degré de remaniement osseux, donc sur les sites potentiellement associés à une douleur vertébrale. Elle permet également d'identifier des lésions osseuses sans signe radiographique, et certaines lésions musculaires. Contrairement à la radiographie, la scintigraphie permet la visualisation du dos dans toute sa longueur, y compris les régions lombaires caudale et lombo-sacrale. Cependant, cette technique permet la localisation du problème mais ne permet pas d'identifier la lésion. C'est pour cela que c'est une technique complémentaire de la radiographie et de l'échographie. L'utilisation de la scintigraphie impose des précautions d'utilisation, notamment vis-à-vis de la radioprotection, mais aussi d'interprétation. La fixation osseuse est très individu-dépendante et peut être liée à un remodelage physiologique. Pour cela, l'interprétation des lésions d'hyperfixation osseuse est délicate et doit toujours être corrélée aux signes cliniques. Le facteur limitant principal de cette technique est son coût élevé, lié au prix d'achat du technétium.

La thermographie du dos seule n'est pas un outil diagnostique suffisant. Il faut pouvoir corréler les images de la thermographie à la clinique ou l'utiliser comme examen complémentaire qui permet de motiver et d'orienter d'autres examens tels que la radiographie ou l'échographie. Cette technique étant non-invasive et relativement rapide à mettre en place, il est très facile de l'utiliser en début de consultation afin de réaliser un *screening* complet de l'appareil locomoteur et n'avoir qu'à se focaliser sur certaines zones pour la suite des examens complémentaires. Son utilisation est également intéressante pour justifier l'utilisation d'une scintigraphie et éviter quelques mauvaises interprétations en mettant en évidence des segments qui présentent des flux anormaux, avant l'examen, susceptibles d'influencer la distribution des radionucléides. La thermographie se révèle également intéressante pour la documentation de certains cas cliniques et l'apport d'une évaluation objective avant, pendant et après traitements.

2. Radiographie

2.1 Principe de formation de l'image (6) (11) (19)

La radiographie est une technique d'imagerie qui utilise les Rayons X (RX), rayonnements électromagnétiques d'une longueur d'onde comprise entre 10^{-8} et 10^{-11} mètres. Leur énergie s'exprime en centaines de kilovolts (kV), on dit que ces rayonnements sont ionisants et donc dangereux pour le corps humain. Par conséquent, l'utilisation des RX doit se faire dans le respect d'une réglementation stricte de radioprotection.

Pour obtenir des RX, un faisceau d'électrons fortement accéléré par une différence de potentiels doit entrer en collision avec une cible : l'anode de l'appareil radiographique. Un appareil radiographique est composé de trois pièces majeures : un générateur de haute tension, une console de contrôle et un tube radiogène. Ce dernier est lui-même constitué de trois parties : une cathode émettrice d'un nuage d'électrons, une anode tournante réceptrice des électrons et productrice de RX et une gaine protectrice entourant l'ensemble (*Figure 18*).

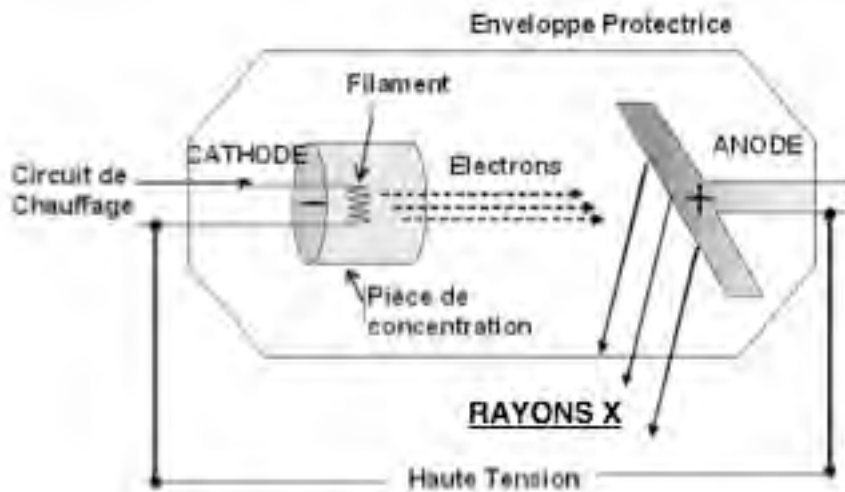


Figure 18 : Représentation schématique d'un tube radiogène (19)

A la sortie du faisceau de RX, on trouve un diaphragme de plomb associé à un centreur lumineux. Celui-ci permet d'absorber la partie inutile du faisceau primaire afin d'en limiter sa taille, et ainsi de diminuer l'émission de rayonnements diffusés. Pour limiter la quantité de rayons diffusés, on peut également utiliser des grilles antidiffusantes à lames parallèles ou à lames focalisées. Elles permettent le passage du rayonnement transmis dans l'axe des lames mais absorbent le passage des rayons émis dans toutes les autres directions éliminant le rayonnement diffusé. Dans la plupart des cas, on utilisera une grille antidiffusante avec un générateur puissant lorsque l'épaisseur de l'objet à radiographier est supérieure ou égale à 10 cm. La grille doit alors être focalisée à la distance d'utilisation du tube (80 - 100 cm en médecine vétérinaire).

Après avoir traversé l'animal, les RX sont réceptionnés au sein d'une cassette qui est composée d'un film, d'un écran renforçateur, d'une face antérieure transparente aux RX en aluminium ou plastique et une face postérieure contenant une fine plaque de plomb pour atténuer le rayonnement direct et arrêter le rayonnement rétro-diffusé. Les écrans renforçateurs sont placés au contact du film et émettent de la lumière sous l'action des RX grâce à des structures luminescentes. Cette lumière permet d'impressionner et de renforcer l'action des RX et donc de diminuer la quantité de RX nécessaire à la réalisation de clichés. Leur utilisation améliore largement les conditions de radioprotection en permettant de diminuer la puissance du faisceau RX, la formation de rayonnements diffusés ainsi que le temps de pose.

Aujourd'hui la radiographie numérique a pris sa place dans quasiment toutes les structures vétérinaires équinées. Il existe deux types de radiographie numérique qui convertissent le signal analogique en signal numérique traité par le système

informatique : la « computed radiography » (CR), et la « direct digital radiography » (DDR). La première utilise des écrans radioluminescents à mémoire et une unité séparée pour la lecture des images alors que la DDR utilise des capteurs plans qui permettent la lecture directe de l'image (< 10 secondes) par l'ordinateur.

Pour réaliser un cliché radiographique, il est nécessaire de régler quatre paramètres :

- la distance focale – film ou FDD en mètres (m)
- la tension, exprimée en kiloVolts (kV)
- l'intensité, exprimée en milliAmpères (mA)
- le temps de pose, en secondes (s)

Ces deux derniers paramètres sont souvent regroupés sous le terme de milliAmpères-secondes ($\text{mA.s} = \text{mA} \times \text{s}$).

Les kV règlent la vitesse des électrons en direction de la cible qui reflète le pouvoir de pénétration des RX dans la matière. En augmentant les kV, on augmente la densité radiographique, c'est-à-dire le degré de noircissement du film radiographique, et on diminue le contraste radiographique, qui correspond à la visualisation de deux structures juxtaposées de radiodensités différentes.

Les mAs règlent le nombre d'électrons produits par unité de temps, c'est-à-dire le débit de RX. Ils influencent la densité radiographique : la netteté du cliché (par le temps de pose) et le degré de noircissement du film (l'augmentation du noircissement du film est proportionnelle à l'augmentation des mAs).

L'image produite sur le film radiographique dépend ensuite de la capacité du faisceau à traverser les tissus : moins de rayons seront capables de traverser de l'os que de l'air. Par conséquent, les zones du film recevant des rayons qui n'ont pas été arrêtés par la matière, c'est-à-dire qui ont traversé une zone d'air, apparaissent noires alors que les zones protégées par des os, qui absorbent ou dévient les rayons, apparaissent blanches. Les tissus de densités intermédiaires seront représentés par un dégradé de gris.

2.2 Déroutement de l'examen

2.2.1 Matériel (9) (10) (22) (24)

Les radiographies de l'encolure et du dos se réalisent chez le cheval debout. Bien que la moitié craniale de l'encolure et le sommet des processus épineux thoraco-lombaires puissent être examinés avec un appareil portable classique, l'épaisseur des tissus le long de la colonne vertébrale impose l'utilisation d'appareils plus puissants à anodes tournantes et de grilles antidiffusantes focalisées de ratio 10 :1 ou 12 :1. Pour obtenir des clichés de qualité suffisante de la base des processus épineux, des corps vertébraux et des articulations inter-vertébrales et costo-vertébrales, il est nécessaire d'utiliser un appareil capable d'utiliser des constantes jusqu'à 150 kV et 250-500 mA. La distance foyer – film sera constante pour tout l'examen du dos à 100 – 110 cm. Lors de radiographies numériques (CR ou DR) des processus épineux thoraco-lombaires, il peut également être intéressant de placer une plaque en aluminium en forme de prisme sur le dos du cheval, la base du prisme dirigée vers le haut. Placé du côté de la cassette, ce prisme permet de compenser les variations d'épaisseurs musculaires traversées par les RX et ainsi de visualiser les processus épineux dans leur totalité.

Afin d'assurer une correspondance topographique entre la radiographie et le dos du cheval, des marqueurs radioopaques sont placés au niveau de repères cliniques ou anatomiques : limitation entre chaque tiers de l'encolure, sommet des processus épineux en région thoracique (T15) et en région lombaire (L2), au niveau d'une zone de chaleur ou de déformation, d'une zone notée comme douloureuse à l'examen clinique.

Dans tous les cas, les constantes utilisées pour la réalisation de clichés de la colonne vertébrale étant élevées, il est très important de suivre les règles de radioprotection. Pour cela, on limitera le nombre de personnes présentes dans la salle au minimum nécessaire à la réalisation du cliché. Chacune de ces personnes porte un tablier de plomb et un dosifilm. On favorisera largement l'utilisation de porte-cassettes fixe (mural, sur suspension, à trépied ; *Figure 19a et 19b*) ou autoporté au port de la cassette à la main même gantée. De plus, la personne qui assure la contention de la tête du cheval, doit se tenir proche de celle-ci du côté opposé à l'appareil radiographique afin de se servir du corps du cheval comme écran protecteur. Une contention adéquate voire une sédation est importante pour la sécurité mais également pour avoir un cheval le plus immobile possible et ainsi limiter le nombre de répétitions des clichés et permettre à la personne se tenant à la tête de s'éloigner au maximum du faisceau de rayons.

2.2.2. Préparation du cheval (1) (2) (22)

L'examen radiographique des régions cervicale et thoraco-lombaire est pratiqué sur cheval debout et immobile. Certains chevaux peuvent se révéler très calmes et ne nécessiter aucune contention particulière alors que d'autres vont nécessiter la mise en place d'un tord-nez et/ou d'une tranquillisation. L'objectif est d'avoir l'immobilité la plus parfaite afin de limiter le flou cinétique sur les clichés, déjà important du fait des mouvements respiratoires inévitables du cheval. Pour limiter le flou dû à la respiration, la réalisation du cliché se fait en fin d'expiration. Dans la majorité des cas, la tranquillisation est nécessaire pour obtenir une immobilité du cheval mais aussi pour la protection du matériel radiographique et pour permettre à la personne qui tient le cheval à la tête de s'éloigner du faisceau radiographique. Attention cependant, celle-ci ne doit pas être trop profonde, dans quel cas les mouvements d'oscillation du tronc apporte l'effet inverse à l'effet d'immobilité désiré. La contention chimique de choix pour avoir un cheval immobile qui s'appuie sur ses quatre membres est la détomidine à la dose de 0,01 mg/kg par voie intraveineuse, éventuellement associée à du butorphanol à la dose de 0,04 mg/kg par voie intraveineuse.

Pour la réalisation des clichés des vertèbres cervicales et thoraco-lombaires, le cheval doit être placé entre l'appareil radiographique et le porte-cassette. Il doit être d'aplomb, en appui sur ses quatre membres, droit de la tête à la queue afin d'éviter toute incurvation ou rotation de la colonne vertébrale. Un seul membre au repos entraîne une rotation de la colonne vertébrale et donc des images difficiles à interpréter. La cassette doit être positionnée perpendiculairement au sol le plus près du cheval possible et les rayons dirigés perpendiculairement et centré sur le milieu de la cassette.

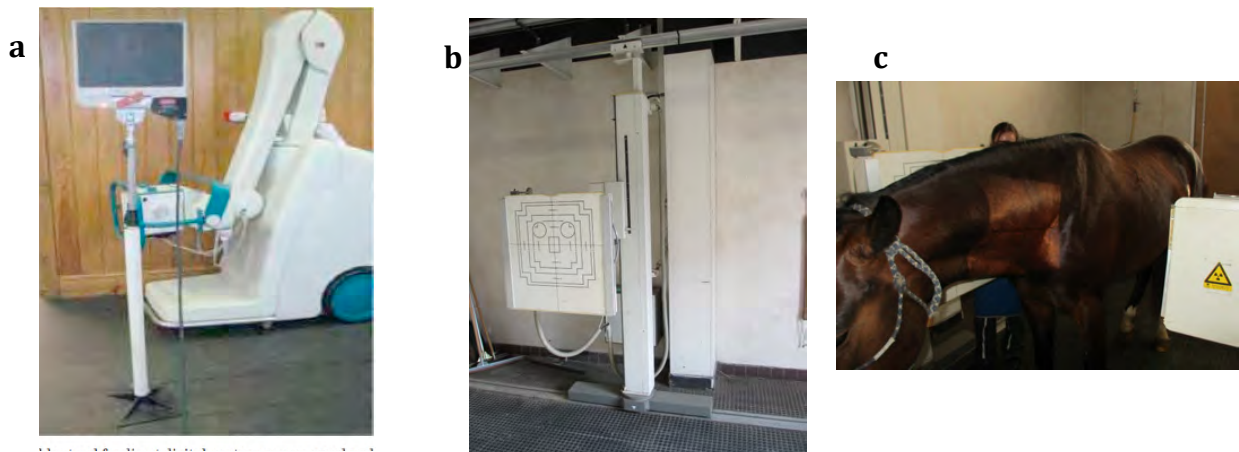


Figure 19 : a) Exemple de générateur utilisé avec un porte-cassette mobile (tube PVC + soutien de cassette métallique) (1)
 b) Exemple de porte-cassette sur rail associé à un système Potter (photo ONIRIS)
 c) Positionnement du cheval entre le porte-cassette et l'appareil pour la réalisation de clichés radiographiques des cervicales (photo ONIRIS)

Il est important de réaliser les clichés d'un cheval soigneusement brossé. En effet, la présence de poussières radio-opaques pourrait entraîner une mauvaise interprétation des images radiographiques.

L'examen radiographique des vertèbres lombaires L4-L6 et de l'os sacrum est réalisé sous anesthésie générale avec un cheval en décubitus dorsal (*Figure 20*). Le cheval doit être positionné de façon symétrique en position de la « grenouille », c'est-à-dire les vertèbres lombo-sacrées alignées et les membres postérieurs fléchis et en abduction. La cassette est alors placée sous le cheval. Pour pouvoir la changer, il est donc préférable d'utiliser une table disposant d'un tunnel pour glisser la cassette.

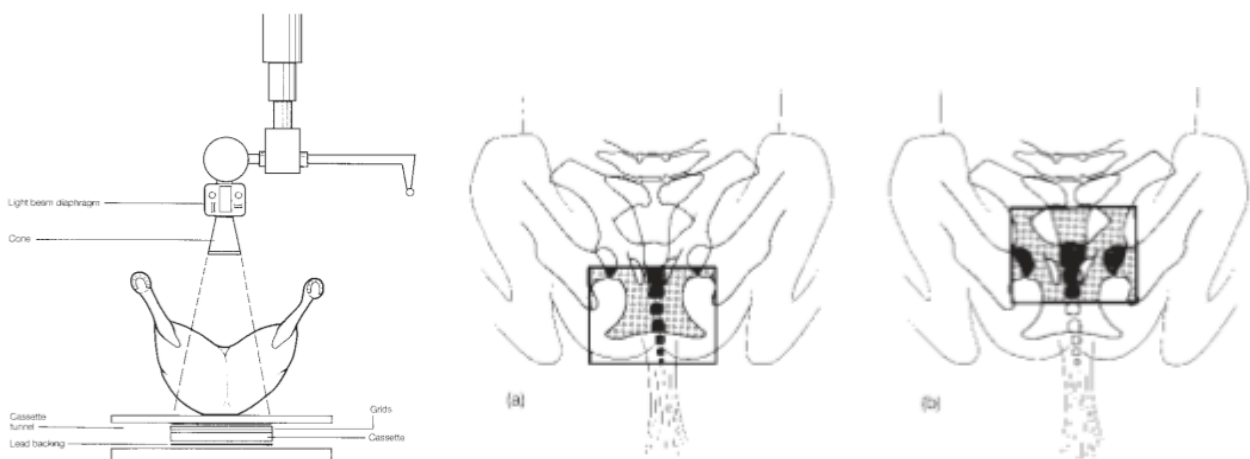


Figure 20 : Positionnement du cheval, de l'appareil radiographique, et de la cassette lors de la réalisation de vues ventro-dorsale des vertèbres lombo-sacrées.

2.2.3. Réalisation des clichés

i. des vertèbres cervicales (13)

Sur un cheval adulte, trois voire quatre projections latéro-latérales sont généralement réalisées avec des grandes cassettes (30 x 40 cm ou 36 x 43 cm) (Figure 21). Sur les chevaux de petites tailles, deux clichés sont parfois suffisants, et chez les chevaux de grandes tailles, ce sont quatre clichés qui seront parfois nécessaires.

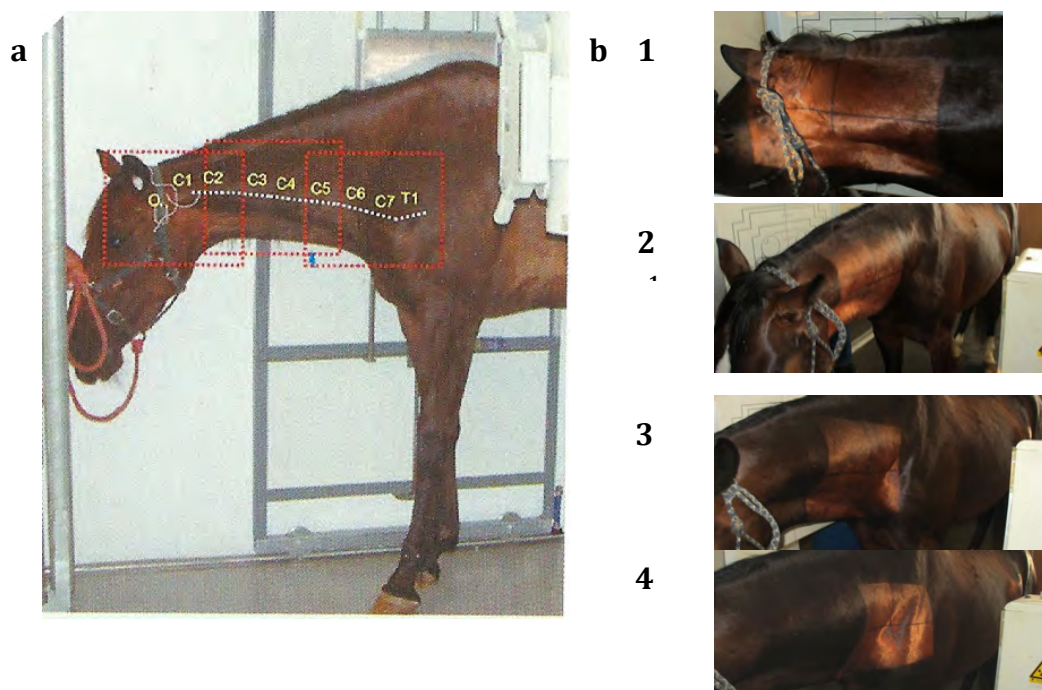


Figure 21 : Position des cassettes pour les clichés des vertèbres cervicales lors de 3 (a) (13) et 4 projections (b 1-4) (Photos ONIRIS)

L'incidence latérale la plus souvent utilisée est de gauche à droite mais la vue droite-gauche est parfois rajoutée pour latéraliser une lésion : l'image apparaît plus petite lorsqu'elle est plus proche de la cassette. Dans ce cas, il ne faut pas oublier de rajouter des marqueurs droite-gauche sur le cliché.

Le cliché le plus cranial est centré sur C2 et inclut la région occipitale et le premier marqueur qui a été positionné à la limite entre les deux premiers tiers de l'encolure. L'utilisation d'une grille n'est pas forcément nécessaire pour ce cliché, et des constantes de moins de 75 kV sont suffisantes.

Le deuxième cliché chevauche légèrement le précédent et comprend les vertèbres C3 à C5. L'utilisation d'une grille est justifiée chez les chevaux de plus de 400 kg, ou les petits chevaux ou poneys à encolure épaisse ou musculature développée.

Le dernier cliché est centré cranialement à l'épaule et inclut les vertèbres C5 à T1 en chevauchant la zone du cliché précédent. Dans certains cas, il peut être intéressant de reculer le membre antérieur du côté de la cassette afin de diminuer l'épaisseur des tissus superposés aux vertèbres. L'utilisation d'une grille et de constantes élevées est nécessaire à une visualisation optimale mais non parfaite de cette zone.

Pour une meilleure évaluation des processus articulaires, on peut réaliser des clichés avec une incidence oblique. Il suffit de placer la cassette du côté supposé affecté

avec une inclinaison vers le haut de 30° par rapport à l'encolure et de relever le tube tout en l'inclinant vers le bas à 30° de l'horizontale.

Incidence	kV	mAs
Nuque	73	20
Cervicales hautes	80	20
Cervicales moyennes	85	32
Cervicales basses	96	125
Obliques	75	50

Tableau 2 : Exemples de facteurs d'exposition pour les clichés d'encolure d'un cheval adulte d'environ 500 kg à une distance foyer - cassette de 60 cm (ONIRIS)

Une fois les clichés réalisés, il convient de contrôler la qualité des images avant toute analyse diagnostique. Pour cela, on vérifie deux paramètres essentielles : la qualité de l'image et sa position. Pour les vertèbres, une image pas trop contrastée est recherchée afin de pouvoir visualiser les processus latéraux et les productions osseuses éventuelles. Ensuite, la position est vérifiée par la superposition des processus latéraux et des pédicules et un espacement adéquat entre les corps vertébraux sur les espaces les plus centraux du film.

ii. Des vertèbres thoraco-lombaires

Lors de l'utilisation d'appareils numériques, le protocole d'examen radiographique du dos du cheval comprend six projections latéro-latérales (*Figure 22*), trois avec de grandes cassettes (30 x 40 cm ou 36 x 43 cm), afin d'imager les processus épineux et les articulations synoviales intervertébrales épiaxiales (ASIVE) tout le long du dos (thoracique, thoraco-lombaire et lombaire). Le premier cliché est généralement réalisé au milieu du thorax incluant les vertèbres T9 à T15. Le faisceau lumineux est alors centré sur le sommet des processus épineux, c'est-à-dire 10-15 cm en dessous de la ligne du dos chez un cheval de 500 kg. Les images suivantes sont alignées aux précédentes et les chevauchent légèrement tout en se déplaçant caudalement vers les vertèbres thoraciques caudales puis premières lombaires. La deuxième série de trois images est orientée sur les corps vertébraux et les articulations inter-vertébrales en centrant le faisceau lumineux environ 20-25 cm en dessous de la ligne du dos, suivant la taille du cheval. L'utilisation de grandes cassettes permet de réaliser qu'une seule série de trois clichés qui se chevauchent pour visualiser l'ensemble des processus épineux, corps vertébraux et processus articulaires. C'est ensuite au moment de l'interprétation des clichés qu'on peut observer correctement chaque structure en faisant varier les contrastes.

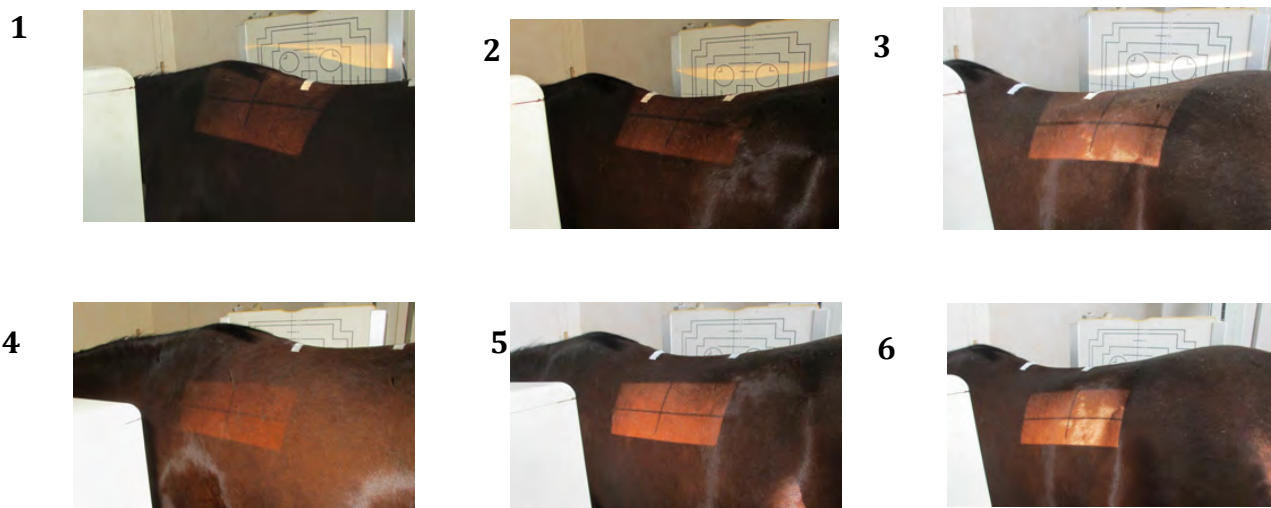


Figure 22 : Positionnement des cassettes pour l'examen radiographique des vertèbres thoraco-lombaires (Photos ONIRIS)

Processus épineux 1 : thoraciques, 2 : lombaires, 3 : thoraco-lombaires
 Corps vertébraux et articulations intervertébrales 4 : thoraciques ; 5 : thoraco-lombaires ; 6 : lombaires

Si nécessaire, deux autres clichés peuvent être réalisés en complément des six précédents : un cliché représentant la zone du garrot et un cliché représentant l'entrée du thorax de T1 à T8. Des clichés de bonne qualité sont très difficiles à obtenir au niveau de ces zones du fait de l'importante variation d'épaisseur des tissus au niveau du garrot et de la superposition des premières vertèbres thoraciques avec la région proximale des deux membres thoraciques. Seuls les processus épineux de T1 et de T4 à T8 peuvent être correctement imagés. Pour visualiser le processus épineux de T1, on réalise un cliché d'incidence latéro-médiale centré sur les corps vertébraux de C6 et C7. La radiographie du garrot requiert des facteurs d'exposition adaptés à la base du garrot de l'ordre de 75 kV et de 125 mAs. L'évaluation du sommet du garrot se fait par deuxième intention suite à un traitement numérique de l'image.

Vue radiographique		kV	mAs
Processus épineux	Thoracique	85	80
	Thoraco-lombaires	100	100
	Lombaire	110	160
ASIVE	Thoracique	100	100
	Thoraco-lombaire	110	160
	Lombaire	110	160 - 200

Tableau 3 : Exemples de facteurs d'exposition employés pour un examen radiographique du dos d'un cheval adulte d'environ 500 kg (ONIRIS)

La réalisation de clichés d'incidence ventro-dorsale est possible pour les dernières vertèbres thoraciques et les vertèbres lombaires mais nécessite une anesthésie générale (cf plus bas).

iii. De la région lombo-sacrée

La croupe comprend les dernières vertèbres lombaires et l'os sacrum. L'interprétation de radiographies d'incidence latéro-latérale est impossible dans cette région du fait des superpositions avec les os du bassin et les puissants muscles fessiers. Elle peut éventuellement avoir un intérêt diagnostique chez les poulains et les chevaux de très faible gabarit. Si des clichés sont nécessaires pour cette région, des vues ventro-dorsales sont réalisables sous anesthésie générale en décubitus dorsal position de « la grenouille » comme vue précédemment. Le faisceau lumineux doit être centré sur la ligne blanche. Les constantes étant très élevées (130 kV et 330 mA), aucune personne ne devrait être présente dans la salle lors de la prise de ces clichés.

Compte tenu de toutes les contraintes matériels, financières et médicales (anesthésie générale), les radiographies au niveau de cette région sont très rarement réalisées.

iv. Du sacrum et des vertèbres coccygiennes

Des vues latérales du sacrum sont obtenues de la même façon que des vues latérales des vertèbres thoraco-lombaires mais la définition est largement diminuée du fait de la superposition avec les tissus mous. Elles peuvent cependant être réalisées sur des chevaux de petite taille ou des poneys. Les vertèbres coccygiennes peuvent être radiographiées avec des incidences latéromédiales ou dorsoventrales lorsqu'il est jugé nécessaire.

2.3 Radioanatomie / images de références

La connaissance de l'anatomie sur les radiographies d'un individu sain est fondamentale pour pouvoir interpréter des radiographies anormales. Pour réussir à identifier les différentes vertèbres, il convient de bien connaître leurs caractéristiques. En plus de leurs caractéristiques anatomiques que nous avons développé en première partie, nous allons voir les caractéristiques visibles en radiographie ainsi que leurs modifications au cours du développement et de l'ossification des vertèbres des équidés.

2.3.1 Cervicales (6) (11) (13)

En annexes (*annexes 1, 2 et 3*), sont associés à chacun des trois clichés radiographiques physiologiques réalisés au niveau des cervicales un schéma montrant la position de l'appareil radiographique ainsi qu'un schéma représentatif du cliché avec la légende correspondante.

L'atlas est facilement reconnaissable : elle se superpose au condyle occipital, ne présente ni corps vertébral ni processus articulaire. Elle se développe à partir de deux moitiés longitudinales qui s'ossifient progressivement.

L'axis se distingue par sa dent ventro-craniale conique et son large processus dorsal. Elle possède quatre centres d'ossification séparés au début du développement : un à l'origine de la dent, un pour la tête de la vertèbre (caudalement à la dent), un pour le corps, un pour l'épiphyse caudale. La dent fusionne avec la tête de la vertèbre à l'âge d'environ sept mois, avant cela on peut observer une ligne radio-transparente entre ces deux régions (*figure 23*). De plus, le bord cranial du foramen vertébral latéral est absent chez les jeunes chevaux et chez certains individus ce foramen peut rester à ce stade

d'encoche au stade adulte. La surface du processus dorsal est normalement lisse et régulière mais les bords craniaux et caudaux peuvent parfois être irréguliers.

Les vertèbres de C3 à C5 ont une apparence similaire, il faut donc les compter à partir de C2 ou de C6 pour pouvoir les identifier (*figure 24*). Sur un cliché latéral normal, les processus transverses des vertèbres successives se superposent. Les processus articulaires craniaux sont larges et recouvrent les processus caudaux de la vertèbre précédente délimitant les foramens intervertébraux entre l'épiphyse et les deux processus de chaque côté. L'espace articulaire est orienté obliquement et est peu visible sur un cliché d'incidence latérale. Les corps vertébraux possèdent deux épiphyses, craniale et caudale. L'ossification à partir de la physe craniale commence ventralement et se termine vers l'âge de 2 ans alors que pour la physe caudale, elle se fait dorsalement et se termine à l'âge de 4-5 ans.

La vertèbre C6 est légèrement plus courte que les précédentes et présente de larges processus transverses formant deux extensions : une ventro-craniale et une ventro-caudale. Sur une vue latérale, ces projections lui confère une forme de « quille de navire » (13). Le bord caudal du processus ventral présente un centre d'ossification secondaire qui ne doit pas être confondu avec un trait de fracture. Ce centre d'ossification peut parfois se retrouver sur les autres vertèbres cervicales.

C7 est beaucoup plus courte cranio-caudalement et présente des processus transverses eux aussi plus courts. Parfois, son processus dorsal se projeté dorso-cranialement aux processus articulaires.



Figure 23 : Vue de profil des cervicales hautes (C1-C3) chez un poulain de 6 semaines (11)

La flèche montre le centre d'ossification séparé de la dent de l'axis.

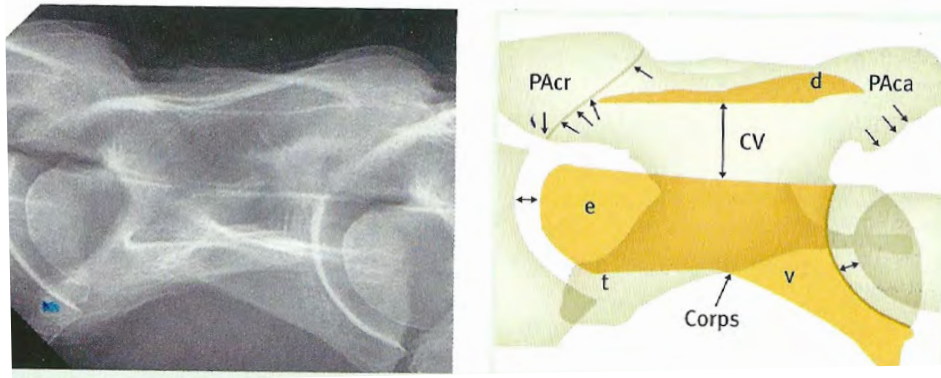


Figure 24 : à gauche : Projection latérale de C5

A droite : représentation schématique de la projection latérale de C5 (13)

En orange : corps vertébral ; épiphyse craniale (e) ; épiphyse caudale et processus ventral (v) ; lame dorsale (d) formant le toit du canal vertébral (CV) ; processus transverses (t) ; processus articulaires craniaux (PAcr) ; processus articulaire caudaux (PAca) ; flèches fines : projection de l'espace articulaire

2.3.2. Thoraciques (2) (11) (59)

De la naissance jusqu'à l'âge de six mois, la colonne thoraco-lombaire est convexe puis elle s'horizontalise progressivement avec la fermeture des physes. Chaque corps vertébral porte une physe craniale qui se ferme vers l'âge de 6-12 mois et une physe caudale qui se ferme plus tard vers l'âge de 2-4 ans. Vers l'âge de 12 mois, des centres d'ossification secondaire se développent au niveau du cartilage des processus épineux des vertèbres thoraciques craniales (T2 - T8). Le processus d'ossification se met en place progressivement mais peut rester incomplet toute la vie du cheval. Sur une radiographie, il faut faire attention à ne pas confondre l'espace cartilagineux radiotransparent qui sépare ce noyau d'ossification secondaire du reste du processus épineux avec un trait de fracture ou une zone d'ostéolyse. Caudalement à T8, le sommet des processus épineux est régulier et arrondi. (*Figure 25 et 26*).

Chez les chevaux adultes, les disques intervertébraux des vertèbres thoraciques moyennes sont étroits et l'extrémité caudale des corps vertébraux a une apparence sclérotique sur les radiographies.

L'identification des vertèbres se fait principalement par comptage à partir de l'identification de T1 ou de certains repères structurels :

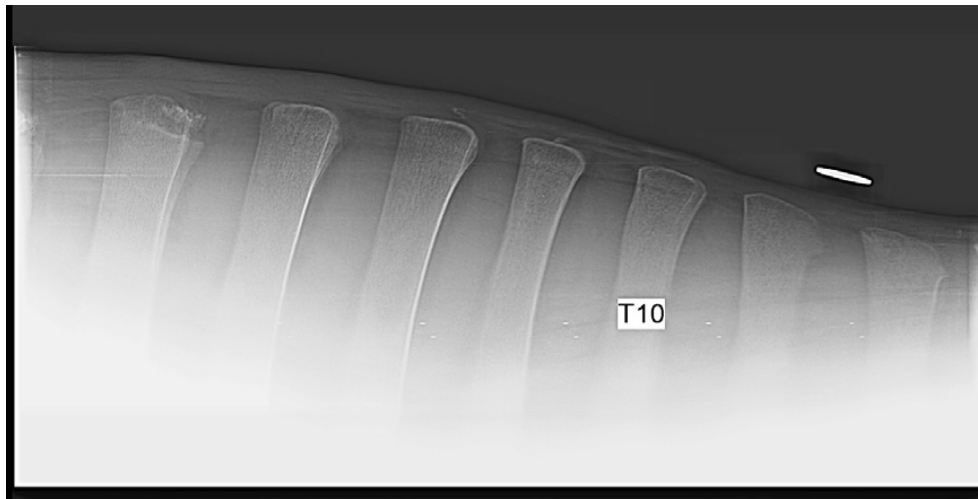
- Le processus épineux de T1 est le plus court et ne présente pas de centre d'ossification secondaire.
- Les vertèbres T2 jusqu'à T8 présentent des centres d'ossification secondaire séparés du sommet des processus épineux.
- T6, parfois T7, représente le point le plus haut du garrot.
- T15 est la vertèbre anticlinale : son processus épineux est vertical. Les processus épineux des vertèbres l'entourant ont tendance à être plus rapprochés que dans le reste de la colonne.
- La limite caudale du diaphragme est visible au niveau du corps vertébral de T16 ou T17 étant donné que le cliché est pris en fin d'expiration.

Sur une vue de profil, les articulations synoviales inter-vertébrales épiaxiales (ASIVE) droite et gauche se superposent parfaitement au centre de l'image. Du fait du caractère divergent des RX, ces derniers se décalent progressivement les uns par rapport aux autres vers les bords de l'image. Il faut donc prendre des précautions vis-à-vis de l'interprétation de la taille et de la symétrie des ASIVE. Ces ASIVE peuvent parfois

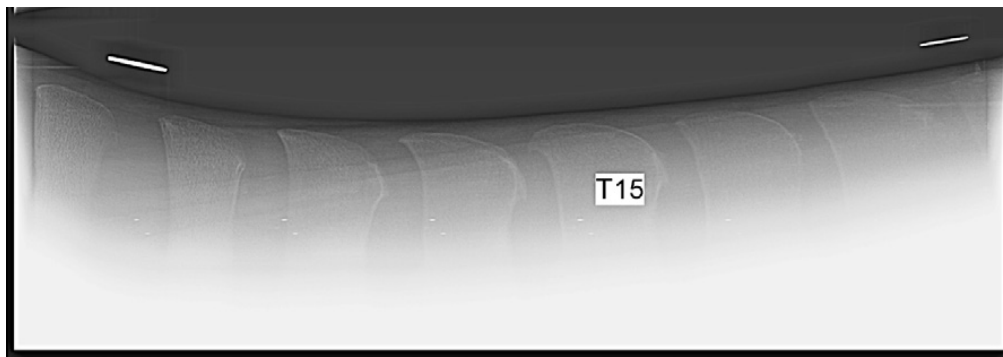
être difficiles à visualiser, notamment chez des chevaux qui présentent des côtes très convexes dorsalement ou si le cliché n'a pas été correctement pris en fin d'expiration. La superposition des côtes avec les vertèbres thoraciques rend l'observation des forams intervertébraux et du canal vertébral quasiment impossible. Cependant la superposition avec la partie dorsale des poumons permet d'augmenter les contrastes et d'évaluer les corps vertébraux et disques intervertébraux jusqu'à T17. Au niveau de T18, cela devient plus difficile à cause de la superposition avec les piliers du diaphragme.

Compte tenu de toutes les superpositions au niveau des vertèbres thoraciques et des vertèbres lombaires, la réalisation de clichés radiographiques est principalement utilisée pour l'évaluation des processus épineux et des ASIVE.

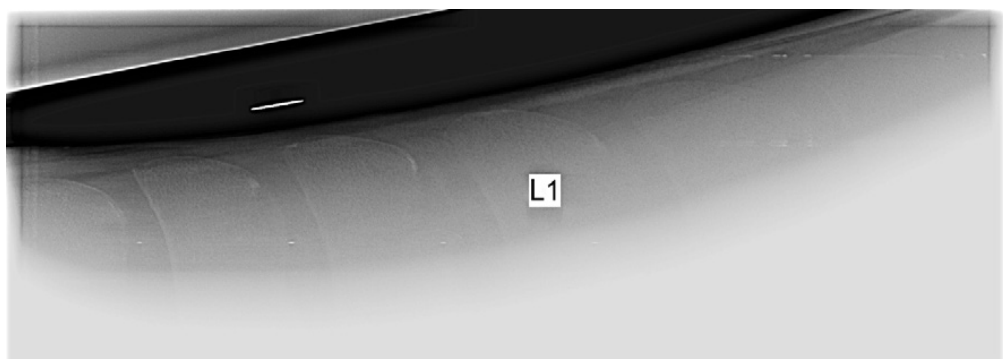
1



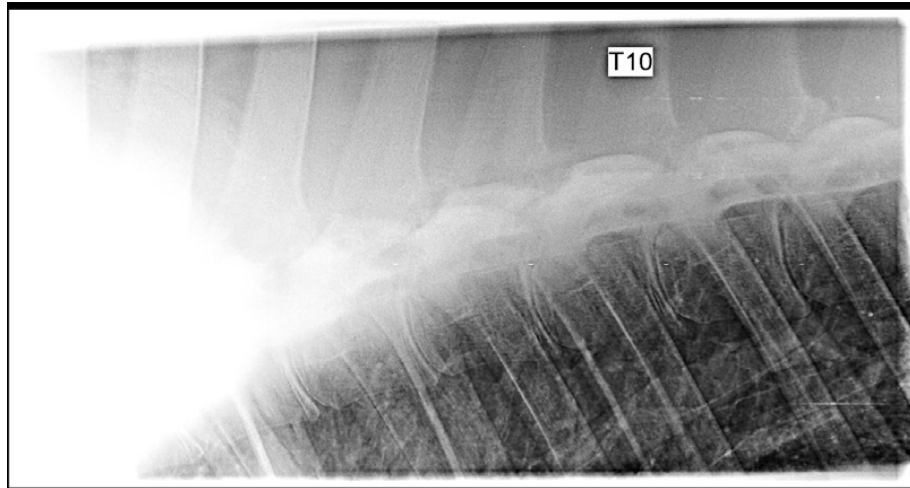
2



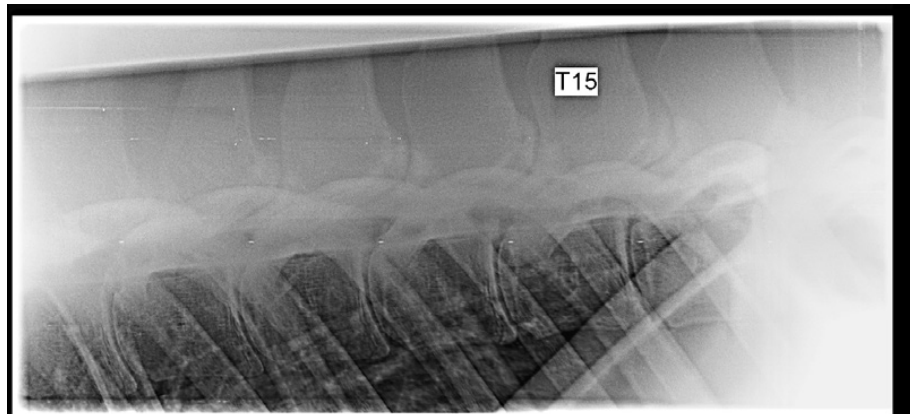
3



4



5



6

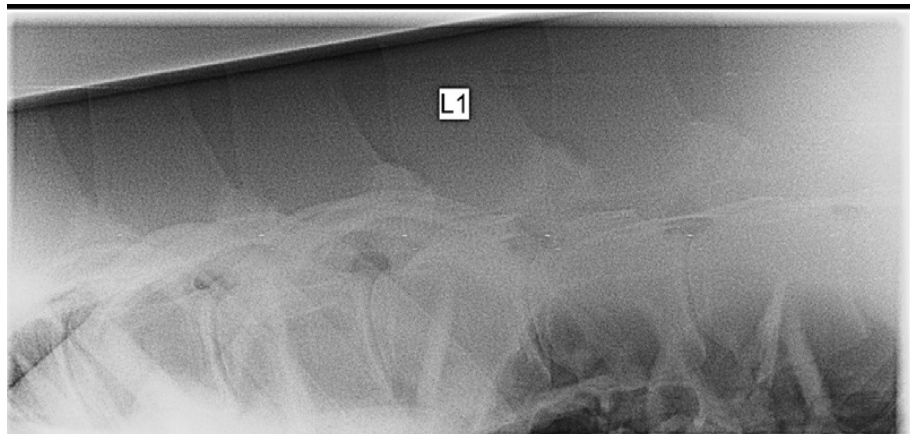


Figure 25 : Clichés radiographiques de référence correspondant au positionnement de cassettes figure 22 (ONIRIS)

Processus épineux 1 : thoraciques, 2 : lombaires, 3 : thoraco-lombaires

Corps vertébraux et articulations intervertébrales 4 : thoraciques ; 5: thoraco-lombaires ; 6 : lombaires

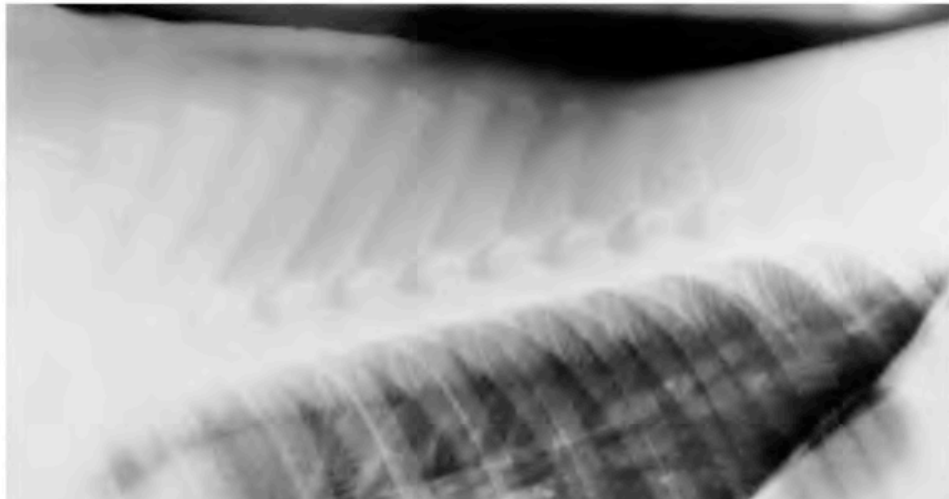


Figure 26 : Cliché radiographique des vertèbres thoraciques en vue latérale d'un poulain de 10 jours (6) On note que les centres secondaires d'ossification des processus épineux des premières vertèbres thoraciques ne sont pas encore minéralisés.

2.3.3. Lombaires (9) (17)

Les vertèbres lombaires sont facilement reconnaissables sur les clichés radiographiques de part leurs grands processus transverses. Sur une vue de profil, ils forment une image radiodense planiforme qui se superpose à la limite dorsale du corps vertébral, voire parfois à l'arc vertébral ou au foramen intervertébral si les processus ne sont pas parfaitement à l'horizontale (*Figure 25*).

Les processus épineux ont une apparence similaire aux processus épineux des vertèbres thoraciques caudales. Etant plus fins, ils seront toutefois un peu moins visibles que ces derniers. Chez les chevaux de taille adulte d'environ 500 kg, seuls les processus épineux de L1 à L3 sont visibles entièrement. Plus caudalement, la superposition avec les os du bassin rend toute observation impossible à l'exception de la partie dorsale du processus épineux de L4 (sa partie ventrale étant superposée aux *tuber coxae*), et de L5 chez les chevaux légers.

La visualisation des ASIVE lombaires sur des vues de profil varie selon leur rang. Elle est souvent difficile entre T18 et L1 du fait de la superposition avec la dernière paire de côtes. Elle est optimale pour les ASIVE L1-L2 et L2-L3 puisqu'elles sont au centre de l'image (pas de déviation des RX) et n'interfèrent avec aucune autre structure. On peut alors observer un trait fin radiotransparent oblique orienté dorso-caudalement à 40° par rapport au canal vertébral représentant l'espace articulaire cartilagineux. Cependant, ce trait est légèrement plus radiopaque qu'au niveau des vertèbres thoraciques. Les processus articulaires caudaux sont situés cranialement à cette ligne radiotransparente et ont une forme triangulaire avec un apex caudal. Inversement, les processus articulaires craniaux sont situés caudalement à cette ligne, triangulaires avec un apex cranial. Ces deux processus montrent des limites nettes avec l'os spongieux. Les processus mamillaires, moins volumineux qu'en région thoracique caudale, se situent dorso-cranialement aux processus articulaires craniaux.

Les corps vertébraux présentent quelques particularités visibles en radiographie. Ils sont plus volumineux que ceux des vertèbres thoraciques et portent une crête ventrale sur laquelle s'insèrent les piliers du diaphragme et qui peut facilement être confondue avec des lésions de remodelage osseux.

2.3.4. Sacrum et vertèbres coccygiennes (11)

Sur une vue de profil, on peut observer les cinq vertèbres formant l'os sacrum ainsi que les vertèbres coccygiennes craniales alignées de façon curviligne (*Figure 27*). Compte tenu des superpositions multiples du sacrum avec les tissus environnants, la qualité du cliché n'est pas optimale. Elle sera meilleure chez des chevaux très fins et peu musclés. On peut cependant observer les processus épineux des vertèbres sacrales séparés les uns des autres ainsi qu'une ligne ventrale radio-opaque représentant la limite ventrale du corps du sacrum. Plus caudalement, on peut observer les variations de morphologie des vertèbres coccygiennes dont notamment la disparition progressive des processus épineux. Pour améliorer la qualité de ces clichés, un prisme en aluminium peut être posé sur la croupe du cheval.

Sur une vue dorso-ventrale, on observe les dernières vertèbres lombaires et le sacrum (*Figure 28*). On évalue principalement les articulations intervertébrales, et plus particulièrement la jonction lombo-sacrée, lignes radiotransparentes entre deux vertèbres. Les foramens intervertébraux entre la dernière vertèbre lombaire et le sacrum apparaissent comme des zones radio-opaques circulaires de chaque côté de la ligne radiotransparente représentant le cartilage articulaire. De plus, la plaque sub-chondrale des vertèbres lombaires est relativement sclérosée et apparaît donc comme une ligne radio-opaque.

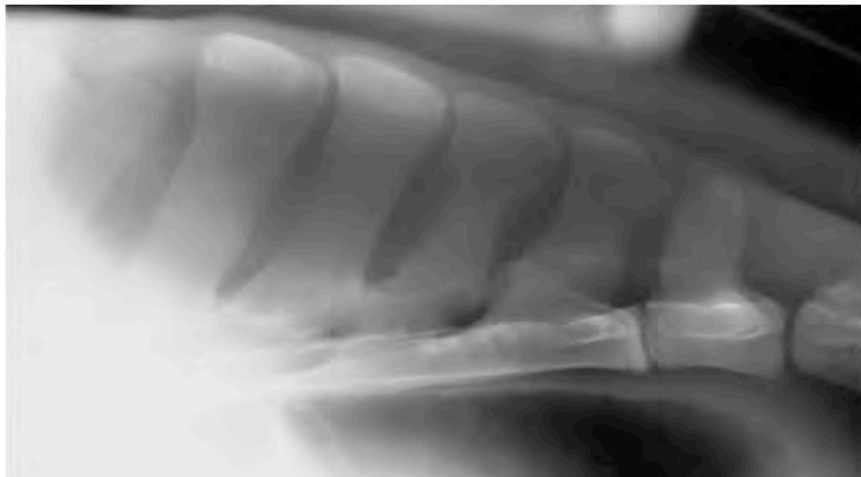
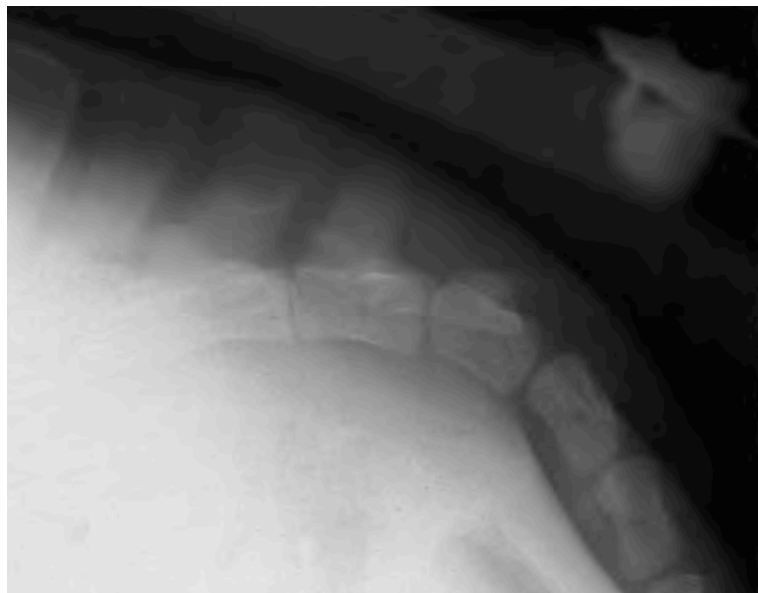
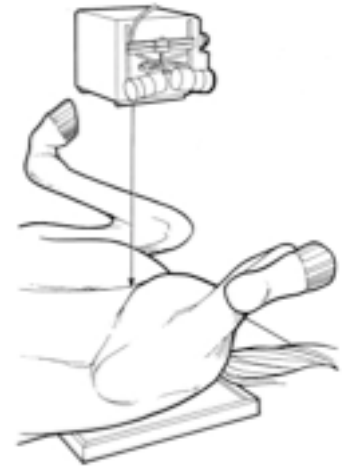
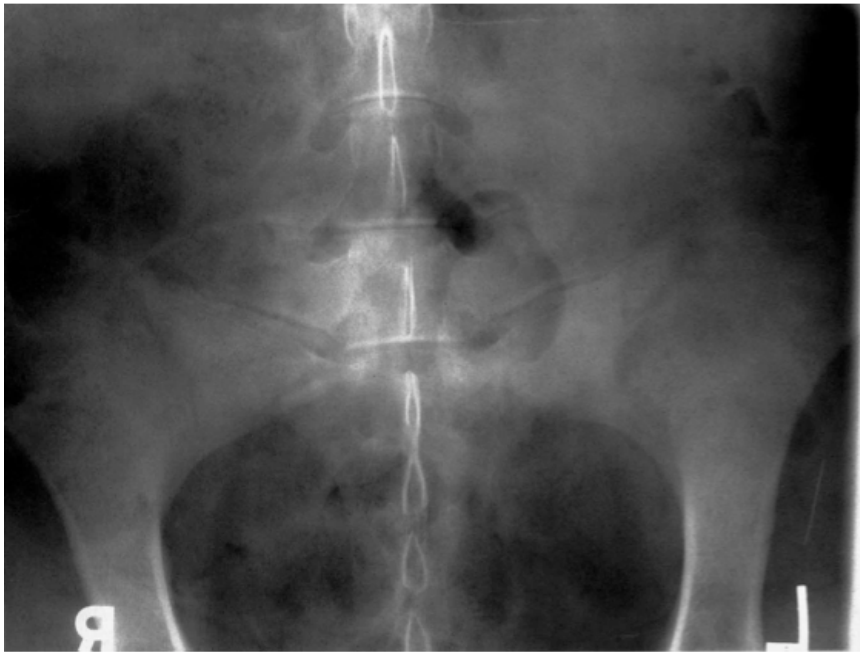


Figure 27 : Au dessus : Cliché radiographique de profil normal du sacrum et des vertèbres coccygiennes craniales d'un cheval adulte peu musclé au niveau de sa ligne du dos. Utilisation d'un prisme en aluminium pour réaliser cette image. (11)

En dessous : Cliché radiographique de profil de l'extrémité caudale du sacrum et des premières vertèbres coccygiennes (C1-C5) d'un cheval normal. Utilisation d'un prisme en aluminium. (11)





**Figure 28 : A gauche : Cliché radiographique normal avec une incidence ventrodorsale de la région lombo-sacrée d'un cheval adulte. (6)
A droite : Schéma représentant la réalisation d'un tel cliché. (6)**

3. Echographie

3.1 Principe de formation de l'image (6) (20) (48) (49) (56)

L'échographie est une technique d'imagerie 2-dimensions qui utilise la propagation et la réflexion d'ultrasons dans les tissus mous. Les ultrasons se comportent de la même façon que des ondes sonores (20 à 20 000 Hz) mais à des niveaux de fréquences beaucoup plus élevés, inaudibles par l'oreille humaine : de 2 à 20 mégahertz (MHz). Les ultrasons sont des ondes mécaniques qui sont générées par une succession de pressions et décompressions des particules d'un milieu. C'est donc la nature du milieu dans lequel elles se propagent qui détermine la vitesse à laquelle elles se déplacent, la facilité qu'elles ont à se former et le trajet qu'elles empruntent. Ces ondes sont caractérisées par une longueur d'onde, une fréquence, une vitesse de propagation. La longueur d'onde d'une onde sonore (λ) correspond à la distance parcourue par l'onde au cours d'un cycle condensation / raréfaction de la matière, elle est exprimée en mètres (m). La fréquence (F) est le nombre de cycles par seconde ; elle s'exprime en hertz (Hz), où 1 Hz = 1 cycle par seconde. Ces deux paramètres sont inversement proportionnels si la vitesse du son dans le milieu reste constante. La vitesse du son (V) est reliée à la fréquence et la longueur d'onde par la relation suivante :

$$V = \lambda \times F \quad \text{avec } V \text{ qui s'exprime en mètre par seconde (m/s)}$$

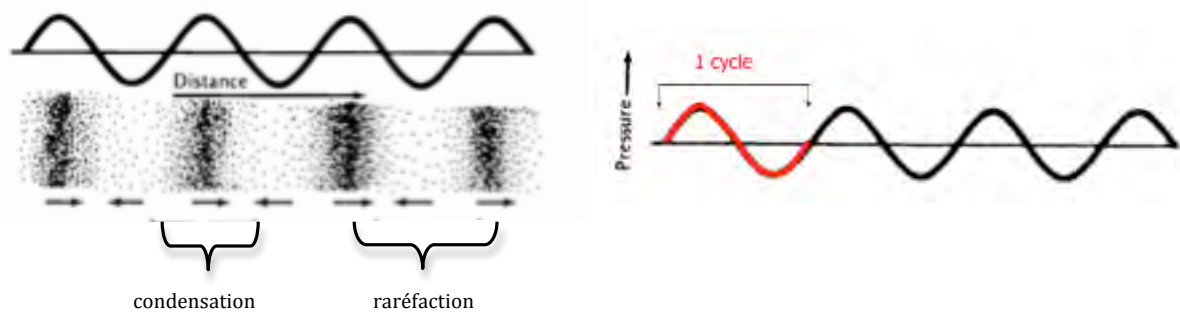


Figure 29 : Modélisations des ultrasons (20)

Enfin, la vitesse de propagation des ultrasons dépend également de la densité et de la rigidité du milieu traversé. Ces deux paramètres sont regroupés sous le terme d'impédance acoustique (Z), défini comme étant la résistance qu'oppose un milieu au cheminement du son ; elle s'exprime en $\text{kg/m}^2\text{s}$ et suit la relation suivante :

$$Z = \rho \times V \quad \text{avec } \rho, \text{ la masse volumique du milieu traversé, exprimé en } \text{kg/m}^3$$

Le son se déplace d'autant plus vite que le milieu est rigide. Ainsi, les ultrasons se déplaceront plus rapidement dans de l'os que dans des cavités liquidiennes ou encore que dans l'air. Le tableau suivant donne quelques exemples des vitesses qu'ils peuvent atteindre :

	Impédance ($\text{kg/m}^2\text{s}$)	Vitesse (m/s)
Air	0.0004	330
Graisse	1.38	1440
Rein	1.62	1560
Muscle	1.70	1570
Os	7.8	4080

Tableau 4 : Variations d'impédance et de vitesse des ultrasons en fonction du tissu traversé (48)

Pour réaliser une échographie, on utilise une tour de commande reliée à une sonde d'échographie. Cette sonde est composée d'un ou plusieurs cristaux piézo-électriques capables de transformer de l'énergie électrique (courant alternatif) en énergie mécanique (ultrasons) et vice-versa. Cette capacité à émettre et réceptionner des ultrasons fait que ces cristaux sont les transducteurs responsables de la formation de l'image échographique qu'on observe. Une fois le faisceau d'ultrasons transmis dans le cheval, les rayons peuvent être réfléchis, réfractés, atténués, absorbés ou encore dispersés par les tissus et par chaque interface qui sépare deux milieux d'impédance acoustique différente. La réflexion et la réfraction dépendent de deux facteurs : l'impédance et l'épaisseur du milieu. Les rayons réfléchis sont ceux qui arrivent perpendiculairement à l'interface et qui sont renvoyés vers la sonde pour former l'image. Plus la différence d'impédance acoustique entre deux milieux est grande, plus la réflexion des ultrasons au niveau de l'interface est importante (*Figure 30*). Quand les deux milieux ont une impédance comparable, la réfraction est maximale. Par exemple, le foie et le rein sont deux tissus mous, les ondes y pénètrent très bien, on a alors peu de

réflexion et donc des images très sombres alors que l'os ou l'air ont des impédances très haute versus basse comparées à des tissus mous, on a donc une forte réflexion à l'origine d'une image très brillante, blanche.

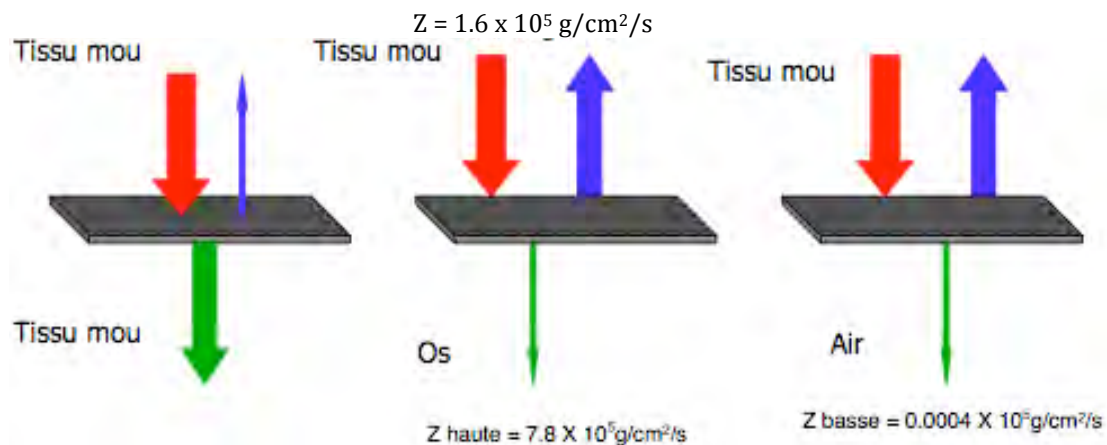


Figure 30 : Réflexion des ultrasons aux travers des différents tissus (20)

A chaque intensité de rayons réfléchis correspond donc un degré de gris et une terminologie précise. Ce degré de gris représentant un tissu / un organe / un liquide est traduit par un degré d'échogénicité (*Figure 31*). Une image noire à l'écran correspond à une structure anéchogène, c'est-à-dire qui ne renvoie pas les ultrasons. C'est notamment le cas des structures liquidiennes. Une structure hypoéchogène est très sombre, quasiment noire, elle renvoie peu les ultrasons. Elle représente des tissus. Enfin, lorsque les rayons sont très réfléchis, comme sur l'os ou l'air, on obtient une image blanche ou gris claire dite hyperéchogène. Enfin, la profondeur de chacune de ces images / interfaces sur l'écran est calculée en fonction du temps nécessaire à un ultrason pour revenir jusqu'à la sonde après son émission.

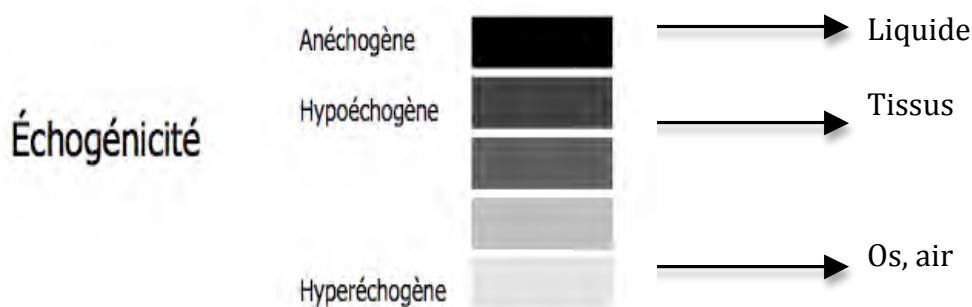


Figure 31 : Echelle des degrés d'échogénités (20)

Les ondes sonores de hautes fréquences sont plus atténuées par les tissus que les celles de basses fréquences ; elles parcourent donc une plus petite distance. Cependant, les petites longueurs d'ondes transmettent une image plus précise des tissus qu'elles traversent. Ainsi plus la fréquence d'émission d'une onde est élevée, plus la profondeur d'exploration diminue mais plus la résolution de l'image transmise est importante. En pratique, on utilise donc des sondes hautes fréquences (de 6 à 10 MHz) pour examiner des structures et des organes proches de la surface tels que les tissus cutanés, les tendons ou les yeux ; alors que pour examiner des structures à 30-40 cm de profondeur comme les organes abdominaux ou le cœur, on utilise des sondes basses fréquences (de

2 à 3,5 Mhz). Des sondes intermédiaires (de 3,5 à 6 MHz) seront pratiques pour évaluer des structures situées entre 5 et 15 cm de profondeur.

3.2. Préparation de l'examen (12) (13) (28) (29) (36)

3.2.1. Matériel

Un examen échographique complet de la colonne vertébrale, de la région nucale au sacrum, peut être réalisé avec un appareil fixe ou portable, et nécessite l'utilisation de plusieurs types de sondes :

- une sonde linéaire de haute fréquence (de 7 à 13 MHz) pour l'examen de la région nucale, de l'encolure, et des formations les plus superficielles du dos comme les processus épineux (PE) et le ligament supra-épineux (LSE).

- une sonde convexe de plus basse fréquence (3-5,5 à 6-8,5 MHz) peut être nécessaire pour l'examen des vertèbres cervicales basses (C6 – C7), chez certains chevaux qui ont une encolure très musclée ou une peau très épaisse notamment au niveau de la crinière ou de la région nucale. Cette sonde est également utile pour l'examen des dernières vertèbres lombaires, du sacrum et des formations plus profondes du dos comme les complexes processus articulaires et articulations synoviales intervertébrales épiaxiales (PA-ASIVE), les processus transverses (PT), les espaces interépineux et les muscles épiaxiaux.

- une sonde linéaire transrectale de 5 à 10 MHz pour l'examen transrectal des dernières vertèbres lombaires et du sacrum.

Pour l'examen des formations superficielles, comme la peau, le tissu cutané ou encore les processus épineux et ligament épiaxial, un coussinet acoustique peut être utilisé. Placé contre la sonde, ce coussinet permet d'améliorer le contact avec la peau en respectant mieux les courbes de la surface cutanée et ainsi d'améliorer la qualité de l'image.

Enfin, un marchepied peut également être utile pour réaliser un examen de qualité sur un grand cheval, surtout au niveau de la nuque et si l'examineur est lui-même de petite taille. Dans ce cas, il faudra être vigilant à avoir un cheval bien immobile, et donc ne pas hésiter à le sédaté.

3.2.2. Préparation du cheval

La préparation du cheval pour un examen échographique commence par une tonte de la région à examiner afin d'obtenir des images de bonne qualité. Seuls des carrés de tonte peuvent être réalisés au niveau des vertèbres à évaluer, mais pour l'examen complet du dos, une tonte plus large rectangulaire du vingtaine de centimètres de large centrés sur la ligne médiane est nécessaire. En été, ou si le cheval est déjà tondu court, cette étape n'est pas nécessaire, elle l'est encore moins chez les chevaux maigres ou qui ont la peau fine comme les pur sangs.

La peau tondu est ensuite nettoyée et mouillée abondamment à l'eau chaude avant d'appliquer du gel acoustique. Dans le cas où le cheval n'est tondu, l'utilisation d'alcool à la place du gel facilite l'obtention d'images échographiques.

Cette préparation est indispensable pour avoir une bonne pénétration des ondes, limiter la présence d'artefacts et ainsi optimiser la qualité de l'image.

Une bonne contention du cheval est également importante, notamment pour le temps de tonte, qui est parfois mal toléré par le cheval, surtout près de la tête, et pour obtenir un abaissement de l'encolure utile à l'examen de la région nucale. Une légère sédation est également recommandée pour réaliser l'examen du dos sur un cheval immobile en appui sur ses quatre membres et pour l'échographie du sacrum par voie transrectale.

3.3 Techniques et images de références

Sur toutes les images échographiques transcutanées, la peau et les couches sous-cutanées apparaissent comme des strates hypoéchogènes entourées de lignes plus hyperéchogènes. Parfois des zones plus hypoéchogènes peuvent être présentes entre chacune de ces strates (cutanée, sous-cutanée et muscles) ; elles correspondent à de la graisse. L'épaisseur de chacune de ces couches varie en fonction des individus, de leur état d'engraissement et de leur musculature, ainsi que de la pression exercée avec la sonde sur la peau. Les contours des vertèbres sont représentés par des lignes hyperéchogènes plus ou moins épaisses en fonction de l'incidence des ultrasons qui surmontent de cônes d'ombre étant donné leur fort pouvoir de réflexion.

Les coupes longitudinales sont réalisées avec une sonde positionnée parallèlement à l'axe de la colonne vertébrale alors que pour les coupes transversales, la sonde est placée perpendiculairement à cet axe.

On ne décrira ici que les images des structures osseuses bien que l'examen échographique soit l'examen de choix pour l'évaluation des tissus mous notamment les muscles et les ligaments (supra-épineux et interépineux principalement).

3.3.1. Vertèbres cervicales (7) (10) (16)

Pour visualiser les vertèbres cervicales en échographie, une sonde linéaire de 7,5 MHz est d'abord positionnée verticalement sur la partie la plus épaisse de l'encolure, qui correspond à l'emplacement des vertèbres. Une fois le repérage réalisé, la sonde est orientée perpendiculairement aux vertèbres pour obtenir des coupes transversales puis déplacée dorsalement et ventralement afin d'évaluer toute la surface latérale des vertèbres (*Figure 32*). Si un examen de toute l'encolure est à réaliser, on peut commencer au niveau de la nuque, en arrière de la crête nucale de l'os occipital (relief palpable), afin de visualiser le tubercule dorsal de l'atlas puis descendre progressivement le long de l'encolure pour observer alternativement les processus transverses de chaque vertèbre et les articulations intervertébrales. Réaliser l'examen méthodiquement permet de localiser précisément chaque vertèbre.

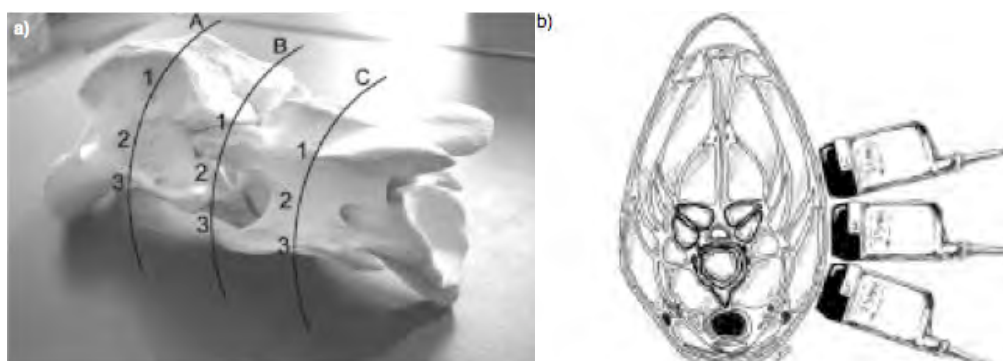


Figure 32 : Position de la sonde lors de l'examen échographique des vertèbres cervicales en vue transverses (7)

A : milieu de l'axis ; B : articulation intervertébrale ; C : milieu de C3
1 : vue dorsale ; 2 : vue médiane ; 3 : vue ventrale

Le profil hyperéchogène triangulaire du processus transverse est facile à reconnaître. Ensuite, en déplaçant la sonde dorsalement et cranialement ou caudalement à ces processus transverses, on localise les articulations intervertébrales craniales vs caudales. Les surfaces des deux processus articulaires des articulations synoviales intervertébrales forment deux lignes hyperéchogènes courbes, lisses, séparées par un espace anéchogène, l'espace articulaire rempli de liquide synovial. La taille et la forme de ces processus articulaires peuvent être extrêmement variables d'une articulation à une autre mais également pour une même articulation entre différents individus. Une ligne hypoéchogène entourée de deux couches hyperéchogènes peut être visualisée en regard de la surface osseuse articulaire, elle correspond au cartilage articulaire compris entre l'os et la capsule articulaire fibreuse, le liquide synovial n'étant pas toujours visible.

Entre les tissus sous-cutanés et la surface osseuse, une large zone hypoéchogène hétérogène est observée. Elle correspond aux muscles cervicaux, les plus importants étant identifiés grâce aux limites hyperéchogènes formées par le tissu collagène du fascia cervicalis. On retrouve notamment dans cette région les muscles splénius, longissimus de la tête et de l'atlas, long de la tête et long du cou, longissimus du cou et brachiocéphalique.

Sur les *annexes 4, 5 et 6*, on peut voir les coupes échographiques 1, 2 et 3 (*Figure 32*) au niveau des articulations C3-C4 et C4-C5 ainsi qu'au niveau de C5. Afin de mieux comprendre ces images, une coupe anatomique transversale et un schéma montrant la localisation anatomique de ces régions sont associés.

3.3.2. Vertèbres thoraco-lombaires (24) (39) (55)

i. Processus épineux

Deux approches, dorsale et dorso-latérale, sont nécessaires pour visualiser les processus épineux dans leur ensemble par le biais de coupes longitudinales éventuellement complétées par des coupes transversales. Une approche dorsale avec une sonde linéaire de haute fréquence (7,5 à 13 MHz) et un coussinet acoustique permet de visualiser les sommets des processus épineux et la partie supérieure des espaces interépineux. Alors qu'une approche dorso-latérale réalisée avec une sonde convexe de basse fréquence (3 à 6 MHz) permet d'évaluer la partie plus ventrale de ces mêmes structures.

En abord dorsal, on observe depuis la sonde la peau, couche hypoéchogène homogène, et au ligament supra-épineux (strate hyperéchogène d'architecture fibrillaire linéaire). Ventralement à ces deux structures, on visualise chez les chevaux sains une ligne hyperéchogène, régulière et parallèle à la peau qui représente le sommet des processus épineux des vertèbres thoraciques 9 à 18. Au niveau du garrot, le sommet des processus épineux apparaît plus irrégulier avec d'éventuels nodules échogènes du fait de la présence de centres secondaires d'ossification apophysaire. Les nodules échogènes sont à différencier des fractures d'avulsion des processus épineux. En coupe transversale, ils peuvent apporter une architecture asymétrique aux vertèbres thoraciques craniales. L'espace entre deux processus épineux consécutifs apparaît hypoéchogène du fait de l'orientation ventro-caudale des fibres du ligament interépineux.

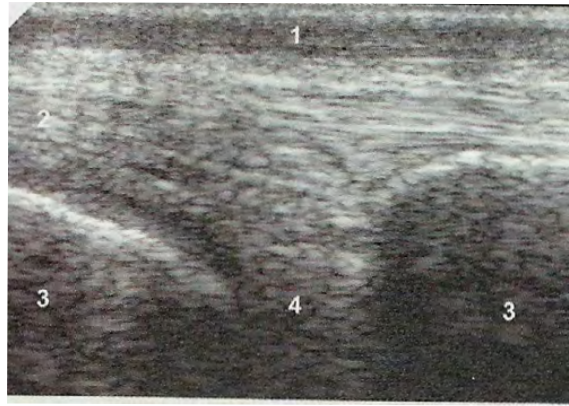


Figure 33 : Coupe échographique longitudinale médiane de la colonne vertébrale (55)
 1 : peau ; 2 : ligament supra-épineux ; 3 : processus épineux ; 4 : espace (ligament) interépineux

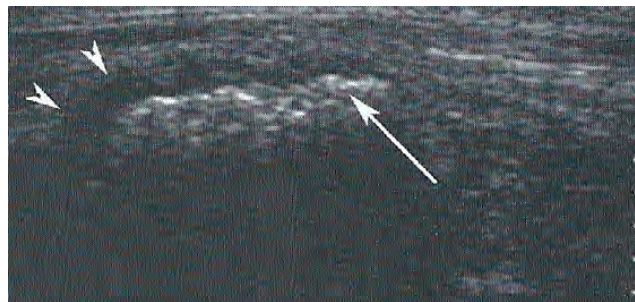


Figure 34 : Coupe échographique longitudinale du sommet du processus épineux de T6. (39)
 Flèche blanche : centre secondaire d'ossification portant une surface irrégulière au sommet du processus épineux.
 Pointes : délimitent la capsule cartilagineuse hypoéchogène située entre l'os et le ligament supra-épineux

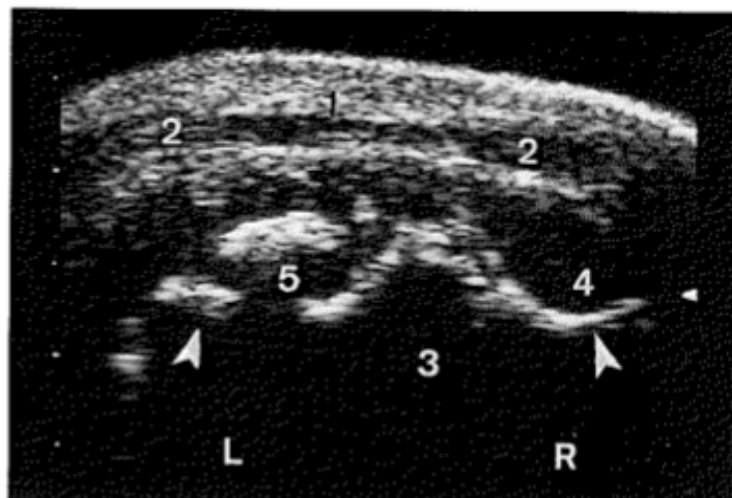


Figure 35 : Coupe échographique transversale du sommet du processus épineux de T6 (24)
 1 : peau ; 2 : Ligament supra-épineux ; 3 : Processus épineux de T6 (Pointes : surface osseuse) ;
 4 : Cartilage apophysaire ; 5 : centre secondaire d'ossification apophysaire
 L : left side ; R : Right side

Grâce à l'abord dorso-latéral, on observe les faces latérales des processus épineux représentées par des lignes hyperéchogènes régulières ; et l'espace interépineux hypoéchogène sur une grande partie de sa hauteur.

ii. Complexes processus articulaires – articulations synoviales intervertébrales épiaxiales (24) (39) (55)

Les complexes processus articulaires – articulations synoviales intervertébrales épiaxiales (PA-ASIVE) sont évalués par des coupes transversales réalisées avec une sonde convexe de basse fréquence (3 – 6 MHz) positionnée à quelques centimètres de la ligne médiane du dos. Sur une coupe transversale, ces complexes sont situés dans le coin du carré formé par les processus épineux et les processus transverses des vertèbres, dorsalement au canal vertébral. Ils sont composés des structures suivantes, du plus médial au plus latéral :

- le processus articulaire caudal d'une vertèbre,
- une articulation synoviale composée d'une capsule articulaire, de liquide synoviale et de cartilage articulaire,
- le processus articulaire cranial de la vertèbre suivante.

Le mode « double-image » de l'appareil permet d'évaluer et de comparer la taille et la forme des articulations droite et gauche de chaque espace en réalisant deux coupes transversales symétriques au même niveau. Il est intéressant également de comparer chaque facette articulaire (PA-ASIVE) à celles directement situées cranialement et caudalement.

Pour localiser ces complexes, les processus épineux peuvent être utilisés comme repère échographique. Suivant la région du dos, ces processus vont être positionnés différemment par rapport à ces processus épineux. Au milieu de la région thoracique, les PA-ASIVE sont situés au milieu du corps de la vertèbre craniale ; autour de T16, ils sont situés au niveau de l'espace interépineux ; et dans la région des vertèbres thoraciques caudales et lombaires, ils sont retrouvés au milieu de l'apex de la vertèbre caudale.

Les PA-ASIVE sont plus difficiles à visualiser en région thoracique craniale qu'au niveau des régions thoracique caudale et lombaire du fait de la hauteur plus importante des processus épineux et du développement moindre des processus mamillaires. Ces processus mamillaires sont particulièrement développés dans la région thoracique caudale et surplombent les massifs des complexes PA-ASIVE.

Sur des images normales, les complexes PA-ASIVE droit et gauche sont symétriques et les complexes adjacents quasiment identiques. L'espace articulaire hypoéchogène entouré des deux processus articulaire, cranial et caudal, est facile à identifier. Les complexes sont recouverts par une mince capsule articulaire, et par le muscle *multifidus*, qui est lui-même séparé de l'épais muscle *longissimus* par un fascia échogène.

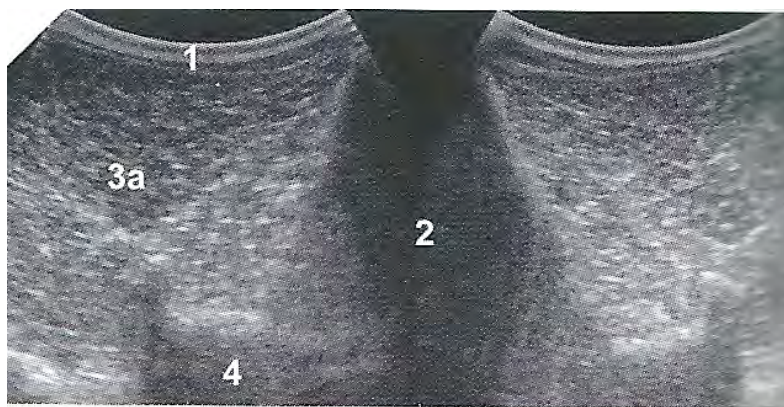


Figure 36 : Coupe échographique transversale de la colonne vertébrale en région thoracique (55)

1 : peau ; 2 : espace (ligament) interépineux ; 3a : erector spinae (longissimus) ; 4 : complexe PA-ASIVE

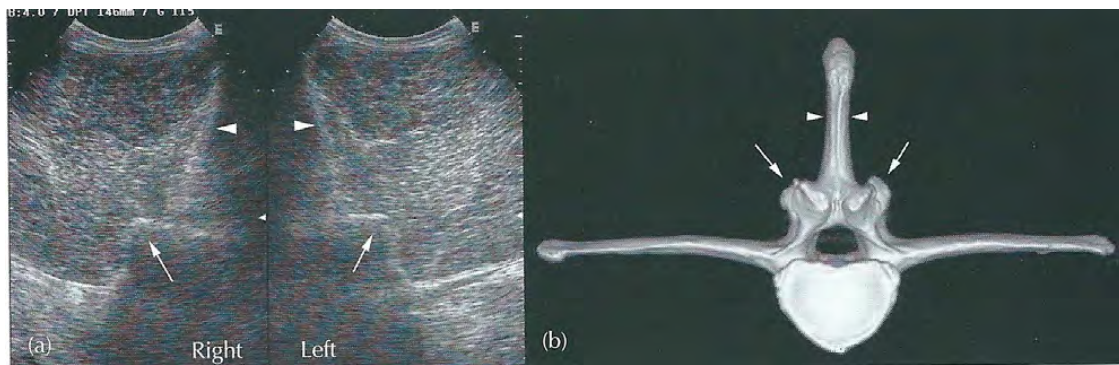


Figure 37 : Coupe échographique transversale de la colonne vertébrale en région lombaire (39)
 a) Coupe transversale échographique des complexes PA-ASIVE droit et gauche (flèches) avec une sonde convexe de 4 Mhz et une profondeur de 15 cm
 b) Vue anatomique craniale d'une vertèbre lombaire

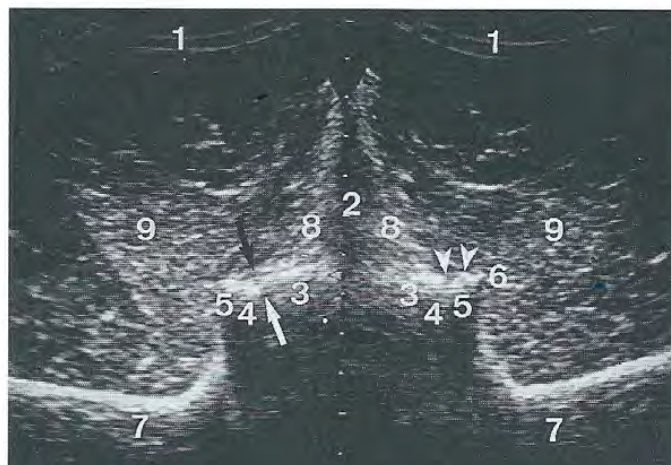


Figure 38 : Coupe échographique transversale de l'articulation intervertébrale T18-L1 (24)
 1 : Peau ; 2 : Processus épineux de L1 ; 3 : Processus articulaire caudal de T18 ;
 4 : Articulation intervertébrale : flèche blanche : espace artriculaire ; flèche noire : capsule artriculaire dorsale ; pointes blanches : limites dorsales ; 5 : Processus articulaire cranial de L1 ; 6 : Processus mamillaire de L1 ; 7 : Processus transverse de L1 ; 8 : Muscle *multifidus* ; 9 : muscle *longissimus*.

iii. Processus transverses (24) (55)

Les extrémités ainsi que la partie latérale des processus transverses peuvent être évaluées avec une sonde de haute fréquence (7,5 mHz) ; alors que la partie médiale nécessite l'utilisation d'une sonde basse fréquence (2,5 – 5 MHz). Tout comme pour l'évaluation des complexes PA-ASIVE, une approche symétrique des processus droit et gauche d'une même vertèbre aide à identifier les éventuelles anomalies.

Des coupes transversales permettent d'imager l'axe longitudinal des processus transverses. La surface osseuse apparaît alors comme une ligne hyperéchogène lisse et régulière, légèrement courbée et orientée dorso-caudalement.

Une rotation de la sonde de 90° permet ensuite de réaliser des coupes longitudinales paramédianes et d'évaluer les espaces et les articulations intertransversaires. Les espaces intertransversaires sont représentés par des zones échogènes comprises entre deux processus transverses hyperéchogènes. D'un point de vue anatomique, ces espaces intertransversaires sont comblés par le ligament intertransversaire, échogène à l'échographie, et le muscle psoas plus ventralement, légèrement plus hypoéchogène. Ils sont également visibles en coupe transversale. Entre

L5 (voire L4) et S1, on peut observer des articulations synoviales intertransversaires à la place du ligament intertransverse. Cependant, celles-ci sont plus faciles à évaluer en échographie transrectale.

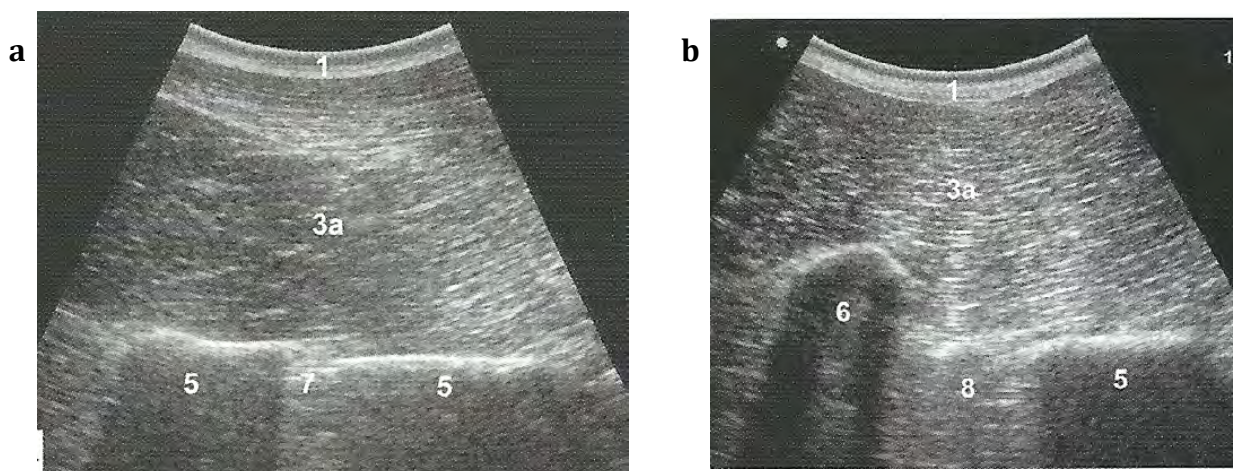


Figure 39 : Coupes échographiques paramédianes des processus transverses lombaires (55)

a) Coupe présentant les processus transverses de L2 et L3

b) Coupe présentant la dernière côte et le premier processus transverse lombaire

1 : peau ; 3a : erector spinae (longissimus) ; 5 : processus transverse lombaire ; 6 : côte ; 7 : espace intertransversaire lombaire ; 8 : espace entre la dernière côte et le premier processus transverse lombaire

3.3.3. Sacrum

L'examen du sacrum est réalisé en deux parties : une approche transcutanée qui permet d'évaluer la crête sacrale médiane de S2 à S5 et les bords latéraux du sacrum ; et une approche transrectale pour examiner la face ventrale des corps vertébraux de L4 à L6 et du sacrum et des disques intervertébraux L4-S1. Ces deux examens sont réalisés sur un cheval debout, en appui symétrique sur ses deux postérieurs.

i. Par voie transcutanée (21) (27) (62)

L'évaluation du sacrum par voie transcutanée est réalisée avec une sonde micro-convexe de basse fréquence (2 à 5 MHz). Les sommets des processus épineux apparaissent beaucoup moins lisses et réguliers que les sommets des processus épineux des vertèbres lombaires caudales. En effet, la présence d'une capsule fibrocartilagineuse sur les processus épineux de S2 à S5 leur confère une surface osseuse très irrégulière qui n'entraîne pas la formation d'ombres acoustiques présentes lors de surfaces osseuses lisses. Les processus épineux de S2 à S5 étant assez proches de la surface sont facilement visibles et identifiable. Au contraire, la jonction lombosacrée est difficile à imager à cause de l'épaisseur des tissus qui la recouvre plus importante plus importante et d'une fenêtre d'évaluation étroite entre les deux *tuber sacrale*. En déplaçant la sonde en paramédiane, on peut chez certains chevaux, évaluer les portions latérales du sacrum dans la continuité des apophyses épineuses. Cet ensemble forme une ligne hyperéchogène en forme de J inversé surplombée par la portion latérale du ligament sacro-iliaque dorsal.

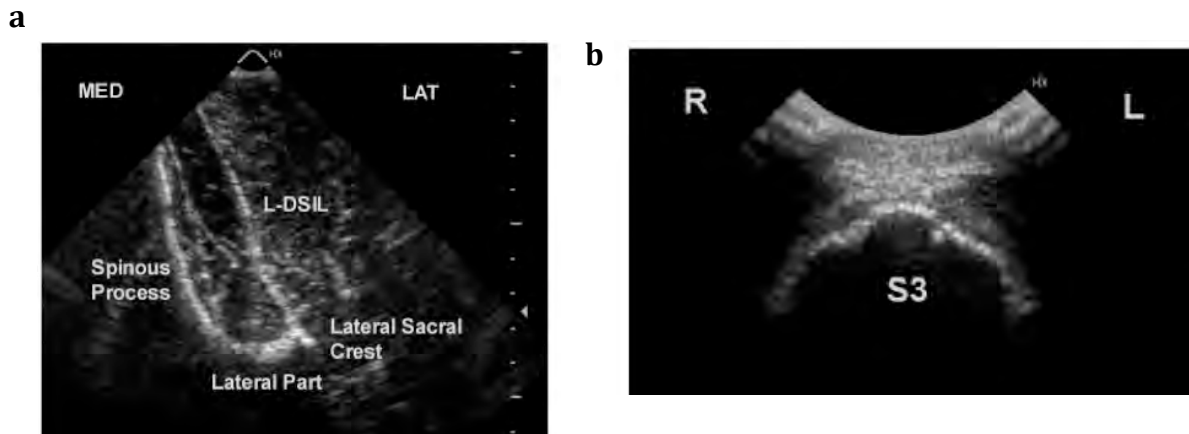


Figure 40 : a) Coupe transversale paramédiane du sacrum (27)
 L-DSIL : Portion latérale du Ligament Sacroiliaque Dorsal
b) Coupe transversale médiane du processus épineux de S3 (27)

ii. par voie transrectale (21) (24) (42) (62)

Pour l'évaluation des dernières vertèbres lombaires et du sacrum par voie transrectale, une sonde linéaire transrectale de fréquences moyennes (5-10 MHz) est utilisée. Celle-ci est recouverte d'un gant de fouille rempli de gel et est délicatement introduite dans le rectum, préalablement vidangé. Afin d'éviter d'endommager le rectum, seules des coupes longitudinales médianes et paramédianes sont réalisées. Un examen méthodique permet d'évaluer successivement les sites suivants :

- la région du disque lombosacral située entre les deux forams intervertébraux ventraux de L6,
- les corps vertébraux de L6, L5 et L4 ainsi que les deux disques intervertébraux qui les séparent,
- les articulations intertransversaires lombo-sacrées.

Pour commencer cet examen transrectal, il convient de palper le relief de la jonction lombo-sacrée au plafond de la cavité pelvienne en enfonçant son bras jusqu'à environ la moitié de l'avant-bras voire le coude. Ce relief, créé par l'angle de 15 à 30° entre L6 et S1, est difficile à palper chez les chevaux qui présentent une sacralisation de L6, le repérage se fait donc grâce aux disques intervertébraux plus craniaux (entre L4 et L6).

Chez des chevaux sains, une coupe médiane de la jonction lombo-sacrée laisse apparaître les faces ventrales des corps vertébraux de L6 et S1 sous l'apparence de lignes régulières hyperéchogènes, séparées par une zone hypoéchogène, le disque intervertébral. La partie ventrale de ce dernier présente une forme triangulaire alors que sa partie centrale est rectangulaire d'épaisseur supérieure à 3 mm. Parfois, en fonction de l'angle qui sépare L6 et S1, le contenu du canal vertébral peut être observé dorsalement au ligament longitudinal dorsal au travers d'une fenêtre acoustique présente au niveau du disque lombo-sacré. Sur la vue médiale, on observe une épaisse ligne hypoéchogène, le liquide cérébrospinal, contenu entre deux lignes hyperéchogènes, les parois ventrale et dorsale de la dure-mère. Dans la dure-mère, on peut voir une zone hyperéchogène qui correspond aux racines nerveuses de la *cauda equina*, faisceau de nerfs s'étendant de L2 aux vertèbres coccygiennes et donnant naissance aux nerfs sciatique, sacral et honteux interne.

Pour visualiser les disques intervertébraux L5-L6 et L4-L5, il suffit d'avancer avec la sonde cranialement tout en continuant de suivre la ligne médiane. Chez les chevaux sains, l'épaisseur de ces disques est inférieure à celle du disque lombo-sacré et seule leur partie ventrale triangulaire est visible. Du fait de l'orientation de l'articulation, ni la partie centrale du disque ni le canal vertébral et son contenu ne sont observables.

Si on revient au niveau du promontoire que forme le disque lombo-sacré, il suffit de déplacer la sonde latéralement, légèrement caudalement à un axe perpendiculaire à la ligne médiane, pour observer les foramens lombosacrés ventraux droit puis gauche. Ceux-ci doivent présenter des contours réguliers hyperéchogènes autour d'une zone hypoéchogène qui correspond à l'émergence du rameau ventral du nerf spinal de la sixième vertèbre lombaire (branche principale du nerf sciatique), et de l'artère et veine du sixième segment intervertébral émanant de l'artère iliaque interne et de la veine iliaque commune.

En continuant latéralement à ces foramens, légèrement cranialement, on peut examiner les articulations intertransversaires lombo-sacrées. Ces articulations apparaissent comme de petite interruption anéchogène de la surface ventrale hyperéchogène des processus transverses de L6 et S1. Les marges de ces articulations doivent être lisses et régulières.

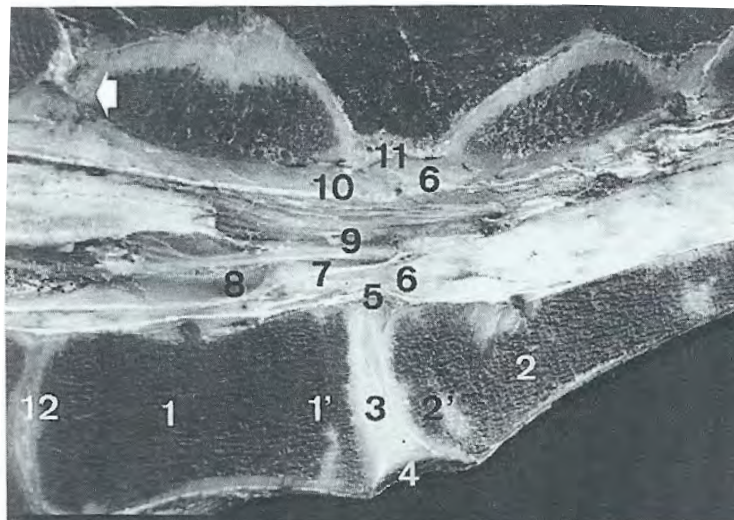


Figure 41 : Coupe anatomique longitudinale médiane de l'articulation lombo-sacrée (24)

1 : Corps vertébral de L6 ; 1' : Bord caudal de L6 ; 2 : Corps vertébral de S1 ; 2' : Bord cranial de S1 ; 3 : Disque lombo-sacré ; 4 : Ligament longitudinal ventral ; 5 : Ligament longitudinal dorsal ; 6 : Graisse épidurale ; 7 : Paroi ventrale de la dure-mère ; 8 : Liquide cérébro-spinal ; 9 : *Cauda equina* ; 10 : Paroi dorsale de la dure-mère ; 11 : Ligament interlamellaire ; 12 : Disque intervertébral L5-L6.

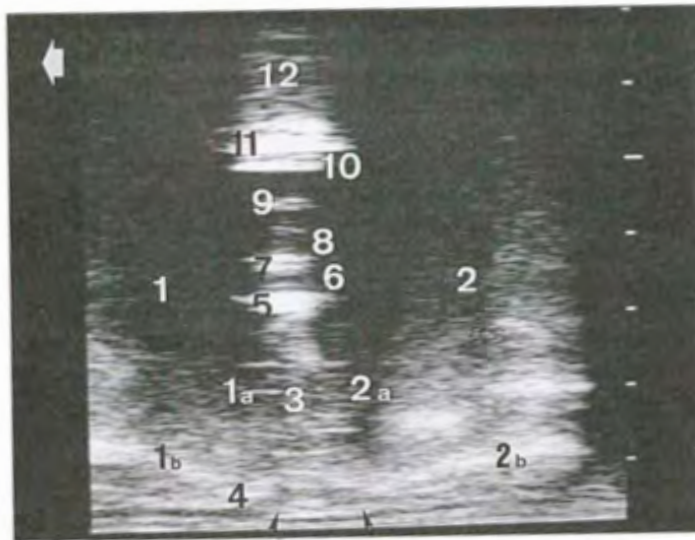


Figure 42 : Coupe échographique transrectale longitudinale médiane de la jonction lombo-sacrée (29)

1 : Corps vertébral de L6 (1a : Bord caudal ; 1b : Surface osseuse ventrale) ; 2 : Corps vertébral de S1 (2a : Bord caudal ; 2b : Surface osseuse ventrale) 3 : Disque lombosacré (Pointes noires : surface ventrale) ; 4 : Ligament longitudinal ventral ; 5 : Ligament longitudinal dorsal ; 6 : Graisse épidurale ; 7 : Paroi ventrale de la dure-mère ; 8 : Liquide cérébro-spinal ; 9 : *Cauda equina* ; 10 : Paroi dorsale de la dure-mère ; 11 : Ligament interlamellaire ; 12 : Disque intervertébral L5-L6

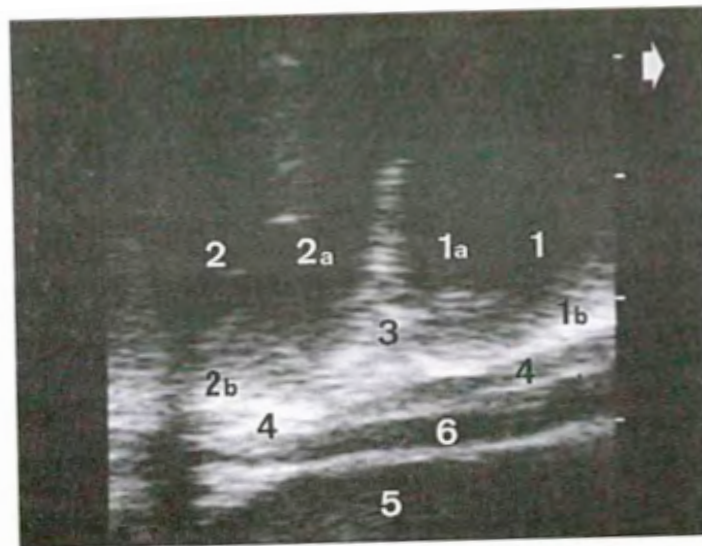


Figure 43 : Coupe échographique transrectale longitudinale médiane du disque intervertébral L4-L5 (24)

1 : Corps vertébral de L4 (1a : Bord caudal ; 1b : Surface osseuse ventrale) ; 2 : Corps vertébral de L5 (2a : Bord caudal ; 2b : Surface osseuse ventrale) ; 3 : Disque intervertébral L4-L5 ; 4 : Ligament longitudinal ventral ; 5 : Aorte ; 6 : Veine cave caudale

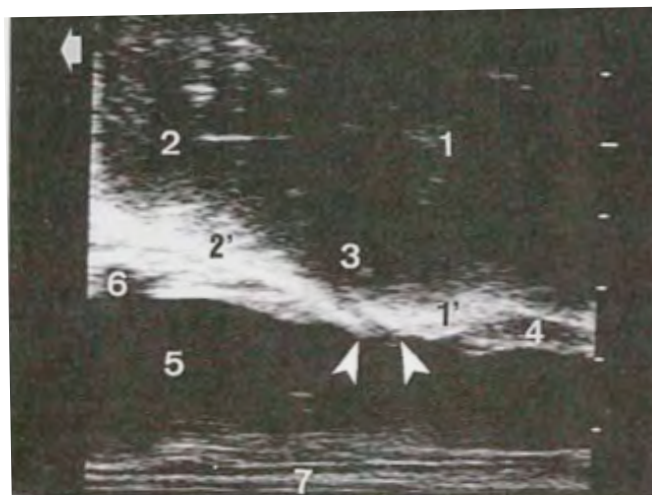


Figure 44 : Coupe échographique transrectale longitudinale paramédiane de l'articulation intertransversaire lombosacrée droite (29)

1 : Processus transverse de S1 ; 1' : Surface osseuse ventrale ; 2 : Processus transverse de L6 ; 2' : Surface osseuse ventrale ; 3 : Articulation intertransversaire lombosacrée (Pointes blanches : limites ventrales de l'articulation) ; 4 : Rameau ventral du nerf spinal L6 ; 5 : Artère iliaque interne ; 6 : Segment artériel de L5 ; 7 : Paroi du rectum

4. Scintigraphie osseuse (6) (12) (17) (26) (28) (43) (61)

4.1 Principe de formation de l'image

La scintigraphie osseuse permet de détecter des anomalies du métabolisme osseux par évaluation de la distribution d'une substance radioactive dans le corps. Cette substance est un radionucléide, c'est-à-dire un élément chimique instable qui émet des rayonnements gammas ; le plus souvent utilisé est le technétium-99 (^{99m}Tc). Ce radionucléide se décompose en émettant un rayonnement γ de 140 keV, détecté par les capteurs des gamma-caméras réceptrices. Les rayons γ correspondent à des rayonnements électromagnétiques ionisants, de la même façon que les rayons X, sauf que les RX sont produits par un réarrangement du cortège électronique, alors que les rayons γ sont obtenus par la désintégration d'un noyau atomique radioactif. Contrairement à la technique de la radiographie, pour laquelle les rayons X traversent le patient pour former une image, l'image scintigraphique est produite à partir des rayons γ émis par le ^{99m}Tc qui circule à l'intérieur du cheval. Le ^{99m}Tc est produit à partir de générateur à molybdenum-99m. Une clinique peut s'équiper de ce générateur pour réaliser des examens scintigraphique mais elle peut aussi directement acheter des doses individuelles auprès de pharmacies spécialisées, ce qui est en général plus rentable. Le ^{99m}Tc a une demi-vie courte de six heures, ce qui est un avantage d'un point de vue radioprotection, et est éliminé quasiment exclusivement par voie urinaire. Pour pouvoir se fixer au niveau des organes, le ^{99m}Tc est couplé à un traceur choisi en fonction du tissu évaluer au cours de cet examen. Par exemple, on peut marquer spécifiquement les cellules de la lignée blanche à l'aide du ^{99m}Tc -hexaméthylpropylèneamineoxime (^{99m}Tc -HMPAO) afin de déterminer la présence de zones actives d'inflammation ou d'infection. Pour l'évaluation du métabolisme osseux, on couple le marqueur ^{99m}Tc avec du méthylène disphosphonate (MDP) ou de l'hydroxyméthylène disphosphonate (HDP), molécules qui ont une forte affinité pour les molécules d'hydroxyapatite de calcium contenues dans les os. Ces deux traceurs sont communément utilisés mais le complexe ^{99m}Tc -HDP a l'avantage d'avoir une élimination par les tissus mous plus rapide que le

complexe ^{99m}Tc -MDP, ce qui permet d'obtenir les images plus rapidement après l'injection ; et d'apporter une meilleure visualisation des os recouverts par d'importantes masses musculaires, notamment au niveau du dos et du bassin.

Une fois le produit injecté par voie intraveineuse, l'examen scintigraphique se déroule en trois phases. La première phase, appelée phase vasculaire, a lieu directement après l'injection et dure 1 à 3 minutes. Au cours de cette phase, les radionucléides circulent dans les vaisseaux sanguins et permettent donc d'imager d'éventuels déficit de perfusion voir des thrombus. Cette phase étant très rapide, le matériel doit être en place autour du cheval au moment de l'injection pour pouvoir avoir les images avant que le produit ne diffuse dans les tissus.

La deuxième phase correspond à la phase de plateau. Lors de cette phase, les images sont obtenues 3 à 15 minutes après l'injection, une fois que le radionucléide est passé dans les fluides extracellulaires. Cette phase permet de visualiser les tissus mous, tels que les tendons, les ligaments, et les bourses ; elle est principalement indiquée pour des atteintes au niveau des membres, notamment lors de syndrome naviculaire ou de tendinites, mais elle rarement utile pour l'évaluation de pathologies du dos.

La troisième phase est dite phase osseuse, ou phase statique. Elle a lieu entre 120 et 180 minutes après l'injection, une fois qu'environ 50% du produit injecté s'est attaché aux os. Cet intervalle de temps permet au reste du produit d'être éliminé par les reins. Dans de rares cas, notamment de fractures et de processus infectieux, cette phase osseuse peut être visible dès 5 minutes après injections, ce qui rend l'évaluation des tissus mous lors de la phase 2 impossible.

Pour obtenir des images de scintigraphie osseuse, une injection de technétium à la dose de 1 GBq/100kg, couplé à un diphosphonate (traceur ostéotrope) est réalisé à l'aide d'un cathéter jugulaire. Quarante-dix minutes plus tard, 0,5 mg/kg de furosémide est injecté afin de favoriser l'élimination des radionucléides qui ne se sont pas fixés et la vidange de la vessie. Ce paramètre est particulièrement important lors de l'examen des structures osseuses du bassin et de la région lombaire caudale puisqu'il permet de limiter les artefacts de superposition avec l'urine radioactive. La scintigraphie osseuse, c'est-à-dire la troisième phase, est commencée trois heures après l'injection de technétium. La contention du cheval ainsi que son immobilité sont alors garantis par une sédation à l'aide d'une dose initiale de 0,01 mg/kg de détomidine éventuellement associée à 0,04 mg/kg de butorphanol ou à 20-40 mg de morphine, suivie de bolus de 0,01 mg/kg de détomidine injecté lorsqu'il est jugé nécessaire.

L'acquisition des images est permise grâce à l'utilisation d'une gamma-caméra qui fonctionne grâce à un détecteur à scintillation. Celui-ci est schématiquement composé d'un scintillateur (iodure de sodium, INa), couplé par un guide optique à un photomultiplicateur qui est constitué de plusieurs dynodes en série. Ce détecteur à scintillation est précédé d'un collimateur : pièce de plomb qui permet d'éliminer les rayonnements parasites, et plus particulièrement une partie importante du rayonnement diffusé par effet Compton.

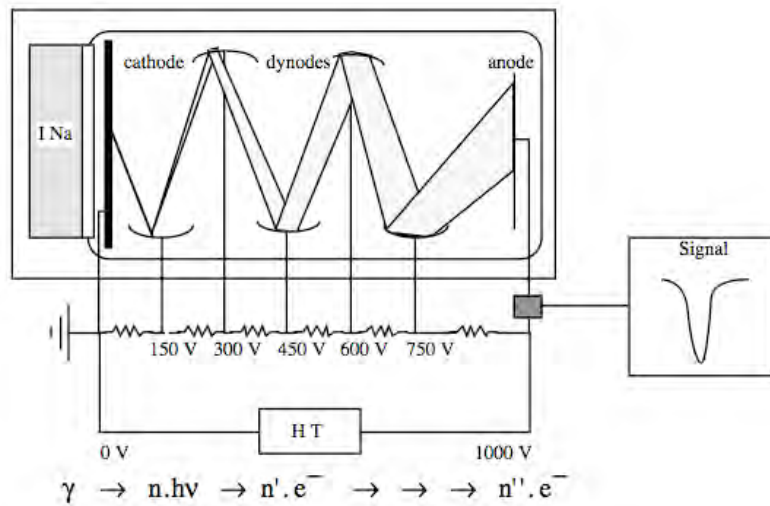


Figure 45 : Représentation schématique d'une gamma-caméra (17)

Une fois que les radionucléides se fixent sur les os, ils émettent des rayons gamma qui doivent traverser les tissus sus-jacents et l'espace entre le corps et la caméra avant d'atteindre l'appareil. Lorsqu'ils atteignent la caméra, ils interagissent avec le cristal d'iodure de sodium et créent des photons de fluorescence ($n \cdot h\nu$). Ces derniers produisent des électrons par effet photoélectrique ($n' \cdot e^-$), qui sont ensuite multipliés par une série de dynodes ($n'' \cdot e^-$). Il en résulte une impulsion électrique (le signal), proportionnelle à l'énergie déposée dans le cristal par le rayonnement gamma capté. Ce signal est ensuite transmis à l'ordinateur qui convertit l'image analogique (infinité d'informations) représentée par le signal en image analogique numérique représentée par une matrice de valeurs numériques (nombre fini d'informations). Cette matrice ($2^n \times 2^n$) de pixels est exploitable en informatique. Par exemple, une matrice de 128×128 équivaut à 16 384 valeurs notées a_{ij} et correspondant au nombre de photons gamma détectés dans chaque pixel de position i, j . Ces nombres sont souvent exprimés en coups par minute (cpm).

Au niveau du logiciel informatique, cette matrice de nombres est convertie en image par codage de gris ou de couleur. Pour le codage de gris, les valeurs a_{ij} sont relevées dans la matrice et les valeurs maximales (2^n) et minimale ($2^0=1$), correspondant au blanc vs noir, leur sont affectées.

$$\text{Max}(a_{ij}) \rightarrow 100\% \rightarrow 2^n \rightarrow \text{blanc}$$

$$\text{Min}(a_{ij}) \rightarrow 0\% \rightarrow 1 \rightarrow \text{noir}$$

Les valeurs a_{ij} intermédiaires sont représentées par un niveau de gris d'autant plus foncé que la valeur est proche du minimum.

Le codage couleur suit le même principe, sauf que les niveaux de gris sont remplacés par des couleurs « chaudes » pour les valeurs élevées, c'est-à-dire les régions de l'image très radioactive, et par des couleurs « froides » pour les valeurs basses, au niveau des régions de faible activité.

$$\text{Max}(a_{ij}) = \text{blanc} \rightarrow \text{rouge} \rightarrow \text{jaune} \rightarrow \text{vert} \rightarrow \text{bleu} \rightarrow \text{violet} \rightarrow \text{noir} = \text{Min}(a_{ij})$$

Des études ont montré que l'utilisation de l'échelle de couleurs permettait de détecter plus de foyers d'hyperfixation que lors de l'utilisation d'échelles de gris (42). Attention toutefois à ce que cette augmentation de visibilité de contrastes n'entraîne pas de faux diagnostics par surinterprétation.

Finalement, les images scintigraphiques reflètent la répartition anatomique de la fixation du complément ^{99m}Tc -HDP ou MDP avec des molécules d'hydroxyapatites présentes dans les os. Ces molécules sont d'autant plus nombreuses au niveau des zones

à forte activité ostéoblastique, c'est-à-dire de remodelage osseux et de calcification, et au niveau des cartilages osseux. La scintigraphie osseuse est donc un examen très sensible, puisqu'elle permet d'imager des zones d'hyperfixation au sein desquelles le métabolisme osseux est augmenté mais pour lesquelles les changements morphologiques ne sont pas encore visibles en radiographie. Néanmoins, cet examen est peu spécifique, seuls le nombre de foyers d'hyperfixation, leurs localisations et leur évolution au cours du temps corrélés aux signes cliniques permettent d'orienter le diagnostic vers des lésions osseuses, inflammatoires, infectieuses ou tumorales.

La qualité de l'image observée dépend de deux principaux paramètres : le temps d'acquisition et le nombre de coups par image. Ce dernier influence d'avantage la qualité de l'image : un nombre minimum de coups est nécessaire pour avoir une image interprétable ; plus on augmente ce nombre, plus la qualité de l'image s'améliore. Cependant, plus on augmente le nombre de coups, plus il faut augmenter le temps d'acquisition. Il est donc nécessaire de trouver un compromis puisque le cheval ne peut rester complètement immobile trop longtemps. En général, le temps d'acquisition d'une image est de 60 secondes, ce qui correspond à 200 000 – 300 000 coups par image pour l'examen du dos. Des logiciels performants sont maintenant disponibles facilement et sont capables de traiter des images et de corriger les mouvements dus à la respiration et au léger balancement inévitable lors de sédatations.

Tout au long de cet examen et même après, des règles strictes de radioprotectons doivent être respectées afin de suivre le principe ALARA (« As Low As Reasonably Achievable »). Le personnel présent dans la salle doit porter des équipements de protection (tablier et protège thyroïde en plomb) ainsi que des dosimètres personnels (badge et bague). Des seringues recouvertes de plomb ou de tungstène doivent être utilisées pour réaliser les injections intraveineuses dans un cathéter jugulaire afin de limiter l'exposition des doigts recouverts de gants en latex. Une signalisation de zone radioactive doit également être mise en place autour de la salle de scintigraphie. Une fois cet examen réalisé, le cheval doit être hospitalisé plusieurs jours jusqu'à ce que le technétium soit complètement éliminé et que la radioactivité ne soit plus détectable. Dans la pratique, tout contact avec le cheval doit être limité les premières 24h, durée nécessaire pour que plus aucune radiation ne soit détectée dans le sang et les urines. Il est également conseillé de ne pas curer le box pendant les 4 premiers jours pour que la radioactivité ait complètement disparu.

4.2. Déroulement d'une scintigraphie de la colonne vertébrale

Pour une scintigraphie osseuse de la colonne vertébrale, le temps d'acquisition pour une image est de 60 secondes et le nombre de coups par image de 200 à 300 000. Du fait de l'importante radioactivité présente au niveau des reins et de la vessie après l'injection de technétium, l'obtention des images de la colonne thoraco-lombaire est souvent très difficile lors des phases vasculaire et de plateau. Il est donc important d'attendre 2-3 heures avant le début de l'examen et d'injecter du furosémide au milieu de cette période. Parfois des filtres de plomb sont posés au niveau des reins pour éviter cet artefact, ou des filtres sont choisis au moment du traitement informatique des images.

Pour un examen complet de la colonne vertébrale, des vues gauches et droites qui se chevauchent sont réalisées au niveau des régions à étudier. Lorsque seul le dos est analysé, la première image est positionnée caudalement aux vertèbres cervicales

caudales et 3 à 5 vues sont réalisées pour rejoindre les dernières vertèbres lombaires en fonction de la taille du champ de vision de la caméra. Pour commencer, des vues latéromédiales sont prises à droite et à gauche des vertèbres thoraciques craniales, au niveau du garrot. Plus caudalement, pour les vertèbres thoraciques moyennes, caudales et les vertèbres lombaires des vues dorsolatérales obliques, orientées de 45 à 60° par rapport à l'horizontal plutôt que des vues latéromédiales sont réalisées des deux côtés du cheval. En effet, ces vues permettent de rapprocher la caméra plus près de la peau du cheval et ainsi de diminuer la distance entre la caméra et les vertèbres et donc de diminuer les phénomènes de dispersion des rayons. Elles permettent également de mieux visualiser les processus articulaires. Cependant des vues latéro-médiale et dorso-ventrales peuvent se révéler utiles en complément pour mieux évaluer et localiser certaines lésions. Des vues latéro-médiales peuvent aider à mieux comprendre des lésions au niveau des corps vertébraux en région thoracique craniale par exemple, puisque plus caudalement l'évaluation de la région thoraco-lombaire est compromise par la superposition des vertèbres avec les reins. De la même façon, des vues dorso-ventrales médiales peuvent permettre d'observer des lésions au niveau des processus épineux ou des déviations de la colonne vertébrale (scoliose). Lorsque l'examen des vertèbres cervicales est également requis, on réalise trois vues latérales de plus à droite et à gauche au niveau des vertèbres cervicales craniales, moyennes puis caudales. Cependant, une étude menée par DIDIERLAURENT D. *et al.* (26) a montré que les vues droites et gauches des cervicales étaient symétriques, l'intérêt d'imager les deux côtés est donc sûrement relatif.



Figure 46 : Positionnement de la gamma-caméra lors de la réalisation de cliché oblique dorso-latéral gauche des régions thoracique craniale et thoracolombaire (photo de gauche et du milieu) et de cliché dorso-ventral en région lombaire (photo de droite) (6)

Toutes ces vues permettent de mettre en évidence les zones d'hyperfixation du produit radioactif. Les chevaux sains présentent un profil de fixation du dos qu'il est important de connaître afin de pouvoir mieux interpréter les éventuelles variations retrouvées lors de la présence de lésions. Néanmoins, ce profil sain peut varier en fonction de l'âge et de l'activité du cheval, il est donc toujours important de corréliser le profil obtenu avec les signes cliniques observés lors d'un examen préalable. De plus, la mise au repos d'un cheval entraîne une diminution de l'inflammation osseuse. Il est alors intéressant de laisser le cheval à son niveau d'entraînement habituel avant de réaliser un examen scintigraphique afin que son squelette soit mécaniquement sollicité et exprime au mieux l'activité des sites lésés.

4.3. Images de scintigraphie normale du dos

L'analyse et l'interprétation d'images scintigraphiques supposent de prendre quelques précautions et de connaître les paramètres à l'origine de variations physiologiques. Les profils scintigraphiques de la colonne des chevaux sains (ne

présentant pas de signe clinique) peuvent varier en fonction de leur âge, de leur race, de leur activité mais aussi en fonction du manipulateur et de l'angle qu'il choisit entre la caméra et le dos du cheval. En effet, le degré de radioactivité d'une région détecté par la caméra dépend du degré de fixation du traceur sur les os mais également de l'atténuation des rayons gamma par les tissus mous sus-jacents. Au niveau du dos, l'épaisseur des tissus mous varie énormément en fonction des régions : les muscles sont beaucoup plus développés au niveau des vertèbres lombaires qu'au niveau du garrot par exemple ; et ces régions de développement musculaire seront différentes en fonction de l'activité du cheval. De plus, des différences peuvent exister entre les côtés droit et gauche du cheval lors d'amyotrophie spécifique. Il est donc important de noter ces particularités lors d'un examen clinique général réalisé avant la scintigraphie.

Comme on l'a vu précédemment, les plaques de croissance sont considérées comme des zones de métabolisme important. Le profil scintigraphique d'un jeune cheval sera donc différent du profil d'un cheval adulte chez lequel les plaques de croissance seront beaucoup moins actives et développées. Dans le cas de jeunes chevaux, il faudra donc faire attention de ne pas confondre des plaques de croissance avec des pathologies à l'origine de remodelage osseux. Cependant, le différentiel est facilité par la symétrie des zones d'hyperfixation au niveau des plaques de croissance et des centres secondaires d'ossification.

Des études analysant le profil scintigraphique de plusieurs chevaux sains, ne présentant aucun signe clinique, ont permis de décrire des profils de référence de la colonne vertébrale. Il est important de les connaître pour pouvoir interpréter les anomalies pathologiques éventuelles de chacun des segments vertébraux.

Tout du long de la colonne vertébrale, un profil régulier doit être observé : le degré de fixation doit être similaire d'une vertèbre à une autre autant au niveau des processus articulaires que des corps vertébraux ou encore des processus épineux. Toutefois, certains foyers d'hyperfixations physiologiques sont récurrents chez beaucoup de chevaux et donc à connaître pour éviter toute mauvaise interprétation.

Sur des vues latérales des vertèbres cervicales, on note une zone d'hyperfixation au niveau de la dent de l'axis du fait de sa taille plus importante. De la même façon, une zone d'hyperfixation est visible au niveau de la symphyse C6-C7. Cette augmentation de fixation par rapport aux symphyses plus craniales s'expliquerait par des facteurs anatomiques et biomécaniques : l'augmentation de taille du processus articulaire de C6 en partie caudale, l'allongement caudoventral de son processus transverse et sa position plus superficielle, et enfin le plus grand stress mécanique en région caudale de l'encolure dû à la plus grande amplitude de mouvements possible à ce niveau (flexion/extension et mouvements latéraux).

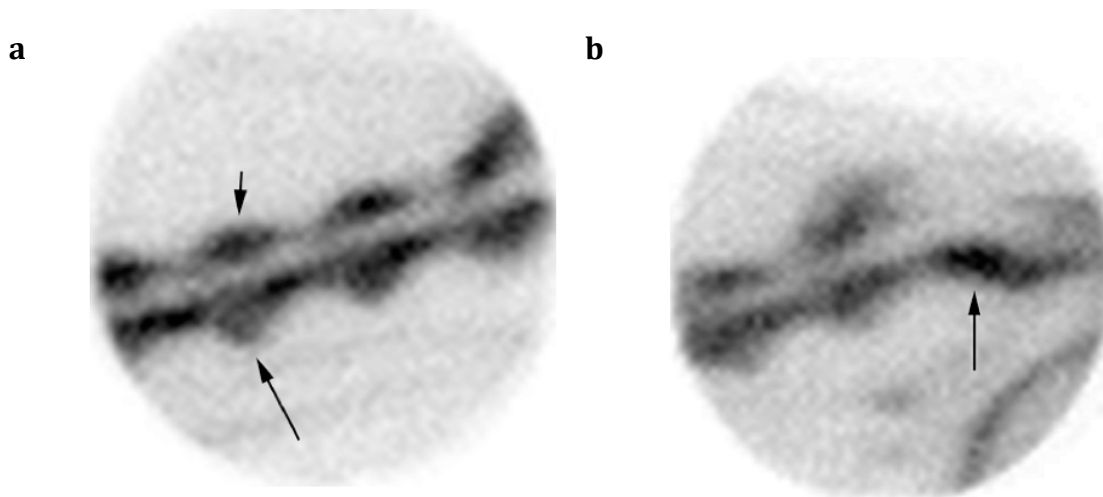


Figure 47 : a) Image scintigraphique de la région cervicale moyenne d'un cheval sain en vue latéro-médiale droite. (26)

On peut noter la régularité d'hyperfixation au niveau des facettes articulaires (petite flèche) et des corps vertébraux (grande flèche).

b) Image scintigraphique de la région cervicale craniale d'un cheval sain en vue latéro-médiale droite. (26)

On note une hyperfixation plus marquée au niveau de la dent de l'axis.

Au niveau des vertèbres thoraco-lombaires, cette régularité de fixation du traceur doit se retrouver entre processus épineux, articulaires et corps vertébraux successifs. De la même façon, il existe quelques particularités à connaître. Sur une vue latéro-médiale des vertèbres thoraciques craniales, on observe des zones d'hyperfixation « normales » au niveau du bord caudal de la scapula ainsi qu'aux sommets des processus épineux de T3 à T8. Cette augmentation de radioactivité au niveau du sommet de ces processus épineux est justifiée par la présence de centres secondaires d'ossification à l'origine de remodelage osseux durant toute la vie du cheval. Cette augmentation est d'autant plus visible que l'épaisseur des tissus mous au niveau du garrot est peu importante.

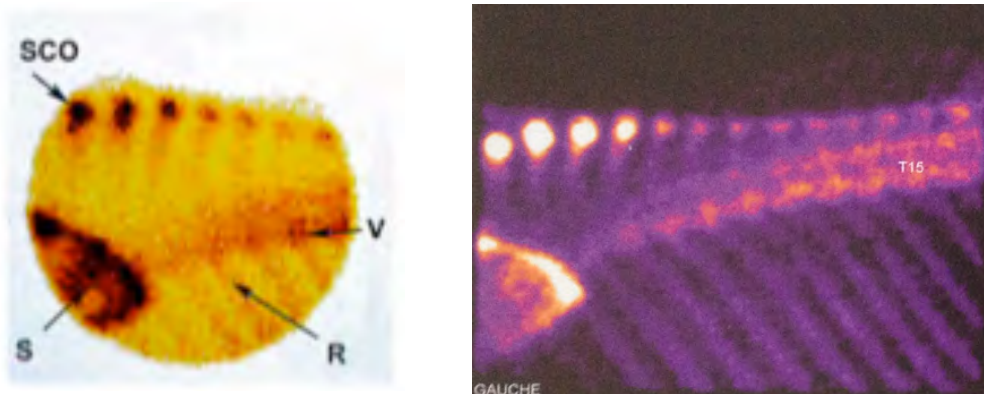


Figure 48 : Images scintigraphiques de la région thoracique craniale en vue latéromédiale (à gauche) et en vue oblique dorsolatérale (à droite) avec deux échelles de couleurs différentes. (43)

Sur les deux images, on peut noter l'hyperfixation au niveau du bord caudal de la scapula (S) et des centres secondaire d'ossification des processus épineux thoraciques craniaux (SCO). Les corps vertébraux (V) et les côtes (R) reflètent un degré de fixation plus faible.

Comme on l'a vu précédemment, plusieurs vues peuvent être prises au niveau des vertèbres thoraciques moyennes et caudales. Les vues obliques dorsales révèlent deux lignes épaisses parallèles de fixation uniforme : une ligne dorsale représentant les facettes articulaires (visibles en vue oblique) et qui surmonte une ligne plus ventrale

formée par les corps vertébraux. Sur des vues latéromédiales, les facettes articulaires ne sont pas visibles et les corps vertébraux montrent une fixation uniforme sur toute leur hauteur. Les côtes fixent peu les radionucléides mais cette fixation est suffisante pour les visualiser et est uniforme sur toute leur longueur. Sur des vues obliques dorsales, chaque côte est située cranialement à sa vertèbre correspondante. Sur des vues obliques et latéromédiales, les processus épineux doivent apparaître uniformes. Cependant, une étude menée par ERICHSEN C. et son équipe (42) a montré qu'une ou plusieurs zones d'hyperfixation peuvent être observées au niveau des processus épineux de T13 à T18 chez des chevaux de sport cliniquement sains. Ces augmentations de fixation sont fréquentes, non douloureuses et peuvent être considérées comme des variations de l'activité métabolique de processus épineux normaux ou des modifications pathologiques subcliniques, correspondant des espaces interépineux réduits, voire de discrets conflits de processus épineux.

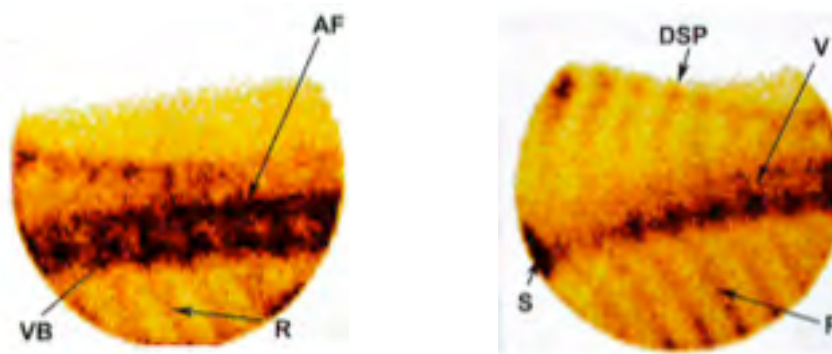


Figure 49 : Images scintigraphiques de la région thoracique moyenne en vue oblique dorsolatérale (à gauche) et en vue latéromédiale (à droite) (43)

VB : Corps vertébraux ; R : Côte ; AF : Facette articulaire ; DSP : Processus épineux ; S : Scapula

Plus caudalement, au niveau de la région thoracolombaire, on observe les mêmes caractéristiques. La fixation des radionucléides est uniforme tout au long des corps vertébraux, des facettes articulaires, des processus épineux et des côtes. La première vertèbre lombaire s'identifie grâce à la localisation de la dernière côte. Toutefois, il est important de noter la diminution de l'intensité de la radioactivité au niveau des vertèbres lombaires par rapport aux vertèbres thoraciques. Cette diminution s'explique notamment par une épaisseur de tissus mous à traverser par les rayons gamma plus importante au niveau de la croupe qu'au niveau du garrot, plus que par une différence de fixation des radionucléides. De plus, on observe une radioactivité importante localisée au niveau des reins. Sur une vue latéro-médiale gauche, le rein gauche est superposé aux 16^{ème}, 17^{ème} et 18^{ème} côtes juste ventralement aux corps vertébraux de T16-T18. Pour éviter toute mauvaise interprétation, un filtre peut être appliqué sur les reins au moment du traitement des images. Sur une vue oblique dorsale, les reins sont superposés aux corps vertébraux, il faut donc faire attention de ne pas confondre l'hyperfixation entraînée par les deux reins au niveau des dernières vertèbres thoraciques avec une hyperfixation osseuse pathologique. Sur une vue dorso-ventrale, les reins sont représentés par deux zones d'hyperfixation de chaque côté de la colonne vertébrale. Sur cette vue, on évalue l'alignement des corps vertébraux qui doivent fixer les radionucléides de façon uniforme.

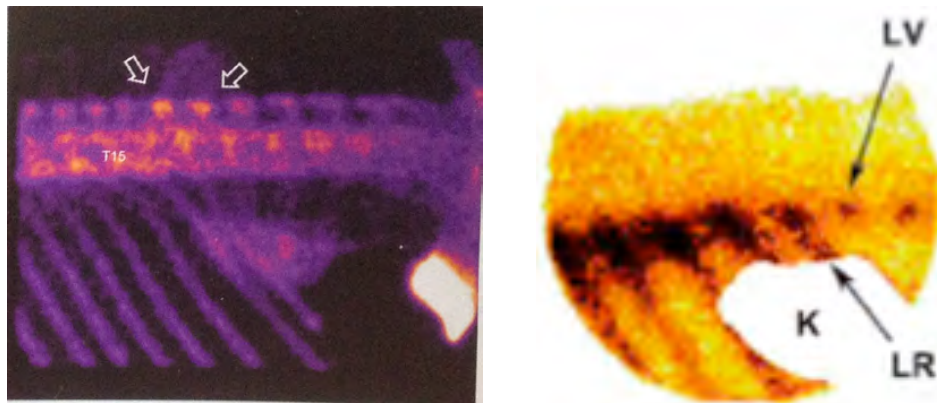


Figure 50 : Images scintigraphiques de la région thoraco-lombaire en vue oblique dorsolatérale (à gauche) et en vue latéromédiale (à droite) (43)

A gauche, les flèches montrent la zone d'hyperfixation créée par la superposition du rein droit avec les processus épineux T17 - T18.

A droite, un filtre a été placé au niveau du rein pour ne pas gêner le diagnostique.

LV : Première vertèbre lombaire ; LR : Dernière côte.

Pour conclure, la scintigraphie osseuse permet d'analyser la morphologie d'une structure mais également sa fonction, puisqu'elle évalue le métabolisme osseux et le degré de remaniement. Plus que des augmentations de métabolisme osseux physiologiques, la scintigraphie révèle des augmentations de métabolisme osseux dues à des fractures, des lésions dégénératives, des infections ou encore des processus néoplasiques. Cependant, des variations importantes de fixation existent entre les individus, il n'existe pas un profil de référence unique, l'interprétation des images n'est donc pas toujours facile. C'est pour cela qu'il est important de corréliser les anomalies d'hyperfixations observées avec les éventuelles manifestations cliniques et souvent, il est nécessaire de compléter cet examen par des examens radiographiques et/ou échographiques. La limite majeure de cette technique restera son coût, irréductible à cause du prix d'achat très élevé du ^{99m}Technitium.

5. Thermographie (6) (52) (54) (60)

5.1 Principe de formation de l'image

La thermographie est une technique d'imagerie non invasive qui apporte une représentation de la température de surface d'un individu. La caméra thermique utilisée lors de cet examen permet de mesurer la chaleur émise par la surface corporelle sous la forme de rayonnement infrarouge. Le rayonnement infrarouge appartient au spectre d'ondes électromagnétiques, il est situé entre le rouge, dernière couleur de la lumière visible, et les plus courtes micro-ondes. Sa longueur d'onde est comprise entre 700 nm et 1 mm. Ce rayonnement est qualifié de rayonnement thermique : il est invisible à l'œil nu, mais est capable de véhiculer la chaleur. Tous les corps dont la température est supérieure à 0°C émettent un rayonnement infrarouge ressenti sous la forme de chaleur par l'être humain.

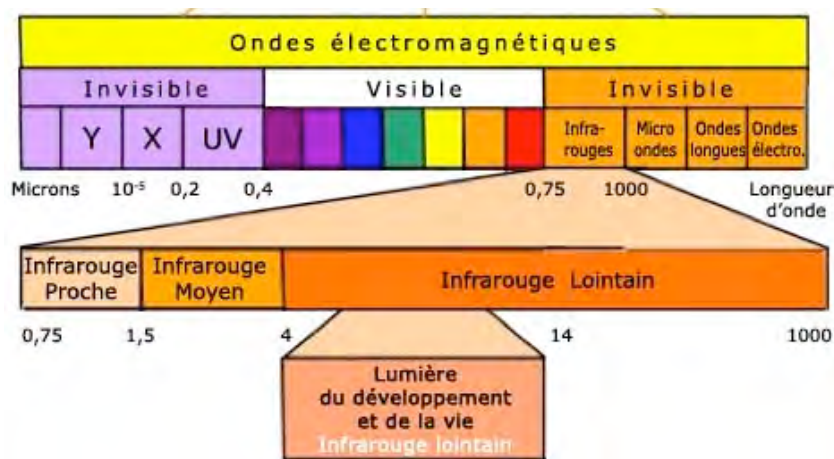


Figure 51 : Représentation du rayonnement infrarouge au sein du spectre d'ondes électromagnétiques.

(URL : <http://www.maison-bien-etre.com/images/aimants-infrarouges-lointains/magnetisme-sante.jpg>)

Pour obtenir le profil thermographique d'un cheval, il est conseillé d'utiliser des caméras thermiques à distance dont le spectre thermique est de 8 à 14 μm, car cet intervalle représente le pic d'émissivité de la peau. Ces caméras mesurent l'énergie infrarouge émise par une surface et la convertissent en signaux numérique ou analogiques. Ces signaux sont ensuite transcrits en températures par le calculateur du logiciel et transformés en points lumineux sur un écran en temps réel. Chaque point de coordonnées (x,y), ou pixel, contient une unique valeur de température à laquelle est associée une couleur spécifique. L'image ainsi obtenue s'appelle « thermogramme ».

La chaleur émise au niveau de la peau est produite par la circulation sanguine locale et par le métabolisme des tissus. Du fait de la dissipation de chaleur en surface par des phénomènes de radiation, convection, conduction ou évaporation, la température cutanée est généralement 5°C inférieure à la température générale corporelle, qui est de 37°C à 38°C. Le métabolisme des tissus étant constant, les variations de températures cutanées sont principalement causées par les variations de perfusion tissulaire. A l'état physiologique, les veines superficielles réchauffent plus la peau que les artères superficielles étant donné que ce sont elles qui drainent les zones métaboliquement actives. Cette température veineuse sera d'autant plus importante que le métabolisme des tissus drainés par ces veines est élevé. Or ce métabolisme est augmenté lors de phénomènes actifs inflammatoires, infectieux ou néoplasiques. Parallèlement, ces phénomènes sont à l'origine d'une hypervascularisation. Ces deux paramètres sont à l'origine d'une augmentation locale de la température au niveau de la zone atteinte, ce qui se traduit en thermographie par la visualisation d'un « point chaud ». Au contraire, lors de phénomènes chroniques, de vasoconstrictions dues à une thrombose des vaisseaux, une ischémie, ou encore lors de lésions nerveuses (la température cutanée est sous contrôle du système nerveux sympathique), on observe une zone plus froide sur le thermogramme. Cette zone froide est souvent entourée d'une zone de chaleur s'expliquant sûrement par la présence de shunts vasculaires.

Du fait de sa sensibilité et de son caractère non-invasif et facile d'utilisation, la thermographie peut être utilisée à plusieurs fins en médecine vétérinaire. Elle représente tout d'abord un outil diagnostique : par exemple une différence d'un degré Celsius entre deux régions anatomiques symétriques indique la présence d'un phénomène inflammatoire au niveau de la zone plus chaude. La présence d'un point froid est tout aussi importante à investiguer. TURNER T.A considère d'ailleurs qu'une

différence de température peut être considérée comme significative au-dessus de 0,3°C. (60) Ainsi, la thermographie permet de mettre en évidence des zones atteintes et de les localiser de façon précise cependant ce n'est pas une technique spécifique, puisqu'elle ne donne pas la nature de la lésion. Par la suite, celle-ci pourra être objectivée grâce à d'autres techniques d'imagerie comme la radiographie ou l'échographie. La thermographie permet donc de cibler les examens complémentaires d'imagerie.

La deuxième utilisation intéressante de la thermographie est d'objectiver une zone de chaleur ressentie lors d'un examen clinique et de la localiser avec précision avant d'en déterminer la nature par d'autres techniques d'imagerie. En effet, les caméras thermiques sont dix fois plus sensibles que la main pour détecter des variations de températures.

La troisième indication de la thermographie est dans le cadre d'un « programme de bien-être » (6) qui consiste en un suivi thermographique régulier (une fois par semaine) de chevaux à l'entraînement. Les variations de température peuvent parfois être observées deux semaines avant les manifestations cliniques d'une lésion. Cette utilisation de la thermographie permet d'anticiper l'apparition de certaines lésions et donc de modifier l'intensité de l'entraînement avant que la réelle blessure n'apparaisse. Enfin, la thermographie peut être utilisée lors de compétitions de sports équestres, notamment lorsqu'elles sont organisées par la Fédération Equestre Internationale (FEI), afin de renforcer certaines réglementations. En effet, le screening d'un cheval peut mettre en évidence l'utilisation de certains procédés interdits, comme les feux réalisés au niveau des canons.

5.2 Conditions de réalisation de l'examen

Les thermogrammes sont sujets à beaucoup d'artefacts qui peuvent être évités si le manipulateur contrôle certains paramètres et suit une préparation du cheval rigoureuse avant l'examen.

Tout d'abord, une attention particulière doit être portée à l'état général du cheval. Celui-ci doit être parfaitement propre, avec un poil sec et de longueur homogène sur tout son corps. Il est important de retirer toutes couvertures ou bandages et de réaliser un pansage complet au minimum deux heures avant l'examen. En effet, la présence de saletés ou de bandages pourrait arrêter la transmission des rayons infrarouges ; et un poil plus long au niveau d'une région ou un pansage trop tardif pourraient être à l'origine de « points chauds » sur le thermogramme. Pour limiter les mauvaises interprétations, plusieurs vues d'une même région peuvent être réalisées. Les zones d'inflammation significatives apparaîtront au même endroit sur toutes les vues.

Pour obtenir une image interprétable et significative, il est important de limiter les mouvements du cheval ainsi que les sources de chaleur extérieures. L'immobilisation du cheval peut être permise par l'utilisation d'un travail ou grâce à l'aide d'une personne compétente en contention. Il est déconseillé de tranquilliser le cheval chimiquement car les produits anesthésiques utilisés pourraient agir sur la circulation sanguine périphérique et le système cardiovasculaire et ainsi modifier le thermogramme.

Pour diminuer les effets de l'environnement, il est conseillé de réaliser l'examen à l'abri des rayons du soleil, dans une salle sombre sans courant d'air, avec une température ambiante autour de 20-25°C. La température est un paramètre essentiel à

contrôler. En effet, une ambiance trop chaude, supérieure à 30°C, fait transpirer le cheval ; et des températures trop basses sont à l'origine de vasoconstrictions. Dans les deux cas, la température cutanée du cheval est biaisée. Une température trop basse peut éventuellement être compensée par un léger exercice avant l'examen afin de stimuler une vasodilatation. Lorsque la température ambiante est contrôlée, il est préférable d'avoir un cheval au repos et d'éviter tout exercice ou source de stress (telle que le voyage) le jour de l'examen. On essaiera également d'éviter de palper le cheval au moment de la thermographie.

L'idéal est d'amener le cheval dans la salle d'examen 20 minutes à 2h avant l'acquisition des images afin de lui laisser le temps de s'acclimater aux différences de températures.

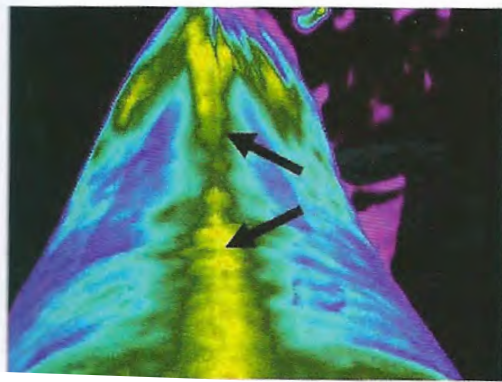
5.3 Images de référence

Pour l'examen thermographique de la colonne vertébrale, au minimum quatre vues sont réalisées sur un cheval debout, en appui sur ses quatre membres. Deux vues latérales sont prises au niveau de l'encolure, une de chaque côté. Le dos, depuis le garrot jusqu'à la queue, est imagé aussi dorso-ventralement que possible en deux vues : une vue thoracolombaire qui comprend la zone entre le garrot et le sacrum, et une vue lombosacrée, qui permet d'évaluer plus précisément la région sacro-iliaque. Pour obtenir de bonnes images du dos, l'idéal est de placer la caméra perpendiculairement au dessus du dos. Cette position est difficile à obtenir, cependant il est important d'avoir un angle d'au moins 60° en se positionnant en hauteur à l'arrière du cheval afin de visualiser tout le dos correctement. Pour réussir à avoir cette incidence avec la caméra, il est possible d'utiliser un miroir placé au dessus du cheval avec un angle de 60° environ, de positionner la caméra devant le cheval et de réaliser le thermogramme du reflet du dos du cheval dans le miroir.

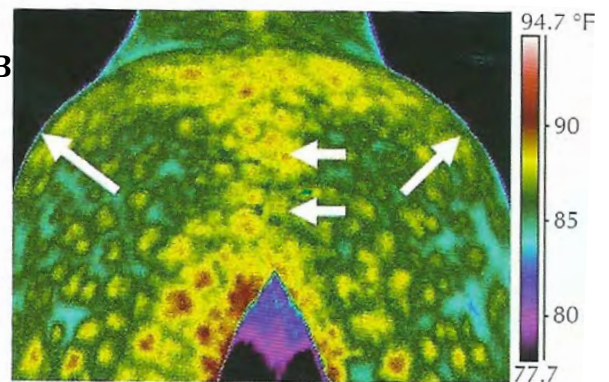
En général, on utilise une échelle de couleurs plutôt qu'une échelle de gris car elle permet une interprétation plus facile des thermogrammes. Le profil normal des différentes régions du corps en thermographie est défini par le cheminement des vaisseaux sanguins sous-cutanés et par le flux sanguin qui les traverse ainsi que par la morphologie externe de la région étudiée.

Les images normales droite et gauche de l'encolure doivent être symétriques. Si des anomalies sont observées, ou quelque asymétrie, il importe de vérifier les réglages et la mise au point de la caméra, et de répéter les prises de vue avant d'établir toute conclusion diagnostique. Sur les profils de référence, les zones plus chaudes sont toujours situées au milieu : au milieu de l'encolure en vue de profil, sur une ligne qui suit le cheminement des vertèbres cervicales, et sur la ligne médiane du dos depuis le garrot jusqu'à la queue. Lorsque le poils est de longueur homogène sur tout le corps du cheval, ces zones de chaleur sont toutes d'intensité équivalente, jusqu'à 1°C de différence avec le reste du corps parfois. Une zone de chaleur perpendiculaire à celle qui suit la ligne du dos est normalement observée au niveau de la croupe ; elle relie les deux *tuber coxae* en passant au dessus du *tuber sacrale*. En s'éloignant de la ligne du dos, on doit retrouver des bandes iso-thermiques symétriques de chaque côté de la colonne vertébrale qui montre un refroidissement cutané progressif depuis la zone de chaleur médiane.

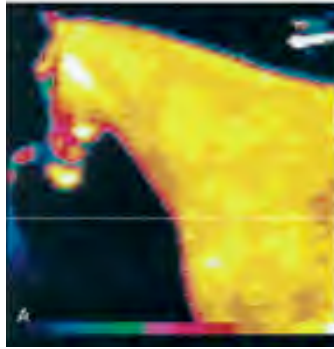
1A



1B



2A



2B



Figure 52 : Thermogrammes de référence du dos

3) A : vue thoracolombaire ; B : Vue lombosacrée

Les flèches montrent les zones plus chaudes (jaunes) le long de la ligne médiane du dos et entre les deux *Tuber coxae* (60)

4) A : vue latérale gauche de l'encolure et de l'épaule ; B : Vue oblique dorsale du dos.

Chaque couleur représente 0,5°C, le blanc puis jaune étant les plus chaudes. (52)

Toute variation de ces profils physiologiques doit être interprétée soit par la présence d'un artefact, soit par la présence sous-jacente d'un processus pathologique dont il faut déterminer la nature par radiographie ou par échographie.

Troisième partie :
IMAGERIE DES PATHOLOGIES INFLAMMATOIRES
INFECTIEUSES VERTEBRALES

Les infections inflammatoires vertébrales sont rares chez les chevaux, mais peuvent être très graves lorsqu'elles surviennent. Elles n'ont représenté que deux cas sur 443 dans une étude menée par JEFFCOTT sur les affections des vertèbres thoracolombaires (36). Il existe plusieurs termes pour les décrire, chacun d'entre eux spécifiant la localisation anatomique de la lésion. Une *ostéomyélite vertébrale*, aussi qualifiée de *spondylite*, correspond à une infection osseuse affectant l'os cortical et la moelle spinale; contrairement à une *ostéite vertébrale* qui n'atteint que l'os cortical. Une *discospondylite* est encore appelée *spondylodiscite* ou *ostéomyélite intradiscale*. Ces termes représentent un processus inflammatoire infectieux destructeur qui affecte un ou plusieurs disques intervertébraux ainsi que les surfaces articulaires et les corps des vertèbres adjacentes. Dans chacun de ces termes, on retrouve le mot grec « spondylus » qui signifie vertèbre. Il est souvent utilisé dans la nomenclature médicale pour décrire des lésions vertébrales.

Les spondylites et discospondylites sont des infections, elles font donc intervenir des agents pathogènes. Le plus souvent, elles font suite à une dissémination sanguine de bactéries, plus généralement de *Streptococcus* sp. *Staphylococcus* sp. ou encore *Rhodococcus equi*, ou *Eikenella corrodens*. Ces infections touchent davantage les poulains que les adultes du fait de leur éventuelle immunosuppression suite à une mauvaise prise de colostrum ou d'infections septicémiques néonatales (ex : omphalophlébite). Les régions les plus souvent atteintes sont les cervicales basses et premières vertèbres thoraciques, contrairement aux chiens qui sont plus fréquemment touchés au niveau des cervicales basses, thoraciques moyennes et au niveau de la jonction lombo-sacrée. Cependant, des cas ont été décrits pour des affections au niveau des vertèbres thoraciques, lombaires, sacrées et coccygiennes.

L'étiologie, les signes cliniques ainsi que les caractéristiques pathologiques des ostéomyélites vertébrales et des discospondylites sont très semblables chez le cheval. C'est pour cette raison que nous les traiterons conjointement. Nous verrons ensuite les lésions provoquées par ces infections visibles en imagerie. Puis nous parlerons des traitements envisageables pour les deux types d'infections simultanément. Ceux-ci sont lourds, longs et rarement à l'origine d'un succès thérapeutique.
(18), (25), (34), (53), (58)

1. Physiopathogénie (15), (44), (45), (53), (58)

Les infections vertébrales peuvent être induites par deux mécanismes : par l'inoculation d'un ou plusieurs germes suite à un traumatisme chez les chevaux de n'importe quel âge ou par une contamination d'origine hématogène survenant principalement chez les jeunes poulains.

Les traumatismes qui peuvent survenir au niveau de la colonne vertébrale correspondent à des fractures ou des plaies ouvertes. Une ostéomyélite au niveau des processus épineux thoraciques peut également apparaître suite à des fistules au garrot. Celles-ci entraînent une inflammation chronique de la bourse supraépineuse primaire, puis une rupture des tissus infectés créant ainsi une fistule communiquant avec l'extérieur. Ces fistules peuvent être primaires, notamment en cas d'inflammation ou de maladies infectieuses ou parasitaires, ou secondaires à un trauma, comme par exemple une fracture des processus épineux des vertèbres thoraciques craniales. Les agents pathogènes isolés dans ces cas sont principalement *Brucella abortus*, *Actinomyces bovis*

et éventuellement *Onchocerca* sp. L'inoculation d'un germe peut également être iatrogène, suite à des injections intra-articulaires (cas au CIRALE en 2011).

Les septicémies représentent la deuxième infection la plus fréquente chez les poulains de moins de quatorze jours, après une insuffisante prise de colostrum. Ces infections généralisées de l'organisme sont le plus souvent précédées d'affections plus locales telles que des omphalophlébites, pneumonies ou entérites. Les arthrites septiques et ostéomyélites sont quant à elles des complications des septicémies. En effet, les bactéries circulantes dans l'organisme sont très présentes au niveau des zones richement vascularisées, notamment les cartilages de croissance. On retrouve donc des agents pathogènes tels que *Rhodococcus equi*, bactérie gram positif à l'origine d'infections respiratoires et digestives fréquentes chez les poulains, ou des agents moins fréquents tels que *Streptococcus zooepidemicus*, *Mycobacterium tuberculosis* var. *bovis* et *Eikenella corrodens*

Pour comprendre le développement de ces infections, il est important de comprendre le système de vascularisation des vertèbres. Chaque vertèbre est irriguée par des rameaux artériels provenant des artères vertébrales, intercostales et lombaires. Ces artères communiquent avec un réseau de capillaires au niveau des surfaces articulaires. Le sang est ensuite drainé par un plexus veineux étendu sur le plancher du canal vertébral. Cependant, les disques intervertébraux sont avasculaires, leurs nutriments sont apportés par diffusion à partir des vaisseaux sanguins adjacents. Du fait des nombreuses anastomoses, le flux sanguin est très ralenti au niveau des surfaces articulaires. On comprend donc bien qu'un foyer d'infection puisse facilement s'y installer lors de septicémie. Celui-ci s'étend ensuite au disque intervertébral adjacent par diffusion ainsi qu'au corps de la vertèbre à partir du plexus veineux. Ce système de communication sanguine entre chaque vertèbre peut ensuite être à l'origine d'une diffusion axiale.

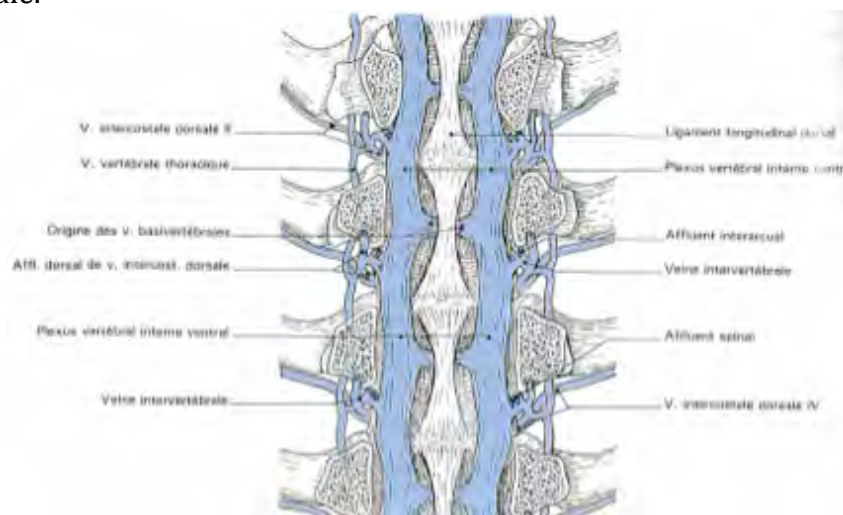


Figure 53 : Schématisation d'un plexus veineux intervertébral en région thoracique craniale (vue dorsale, après ablation des arcs vertébraux, de la moelle épinière et des méninges) (4)

Les foyers d'infections apparus au niveau des surfaces articulaires entraînent la mise en place de processus inflammatoires et de nécroses tissulaires, et par conséquent de lyses osseuses. Les premiers signes cliniques sont donc des signes de douleur axiale. Les autres symptômes dépendent de la localisation et de la taille des lésions. Une diffusion plus large de l'infection autour des vertèbres peut aboutir en la formation d'abcès paravertébraux. Cette diffusion peut également atteindre les méninges et provoquer des signes nerveux. Ces derniers sont également visibles lors de

phénomènes de compression de la moelle spinale dus à une prolifération de tissus inflammatoires et de fibroses voir d'ostéophytes.

2. Signes cliniques

Les signes cliniques d'ostéomyélite vertébrale et de discospondylite sont similaires et dépendent surtout de l'agent pathogène responsable de l'infection, de la voie de contamination et de la localisation de la lésion. Les signes cliniques décrits ici sont ceux qui ont été rapporté dans les cas cliniques de la littérature.

La phase aiguë des infections vertébrales se traduit par des signes peu spécifiques : fièvre, abattement, signes de douleur locale concentrés sur une région de la colonne vertébrale. Cette douleur peut se traduire par une réaction du cheval à la palpation, des raideurs et/ou des difficultés à se déplacer. A ces signes généraux peuvent s'ajouter des symptômes liés à l'affection primaire. Lors d'infection à *Rhodococcus equi* par exemple, des signes respiratoires tels que la toux, ou une respiration forcée, peuvent être notés, et des crépitements peuvent être audibles à l'auscultation. Dans le cas d'infection à *Brucella abortus*, un avortement peut être mentionné lors des recueils de commémoratifs.

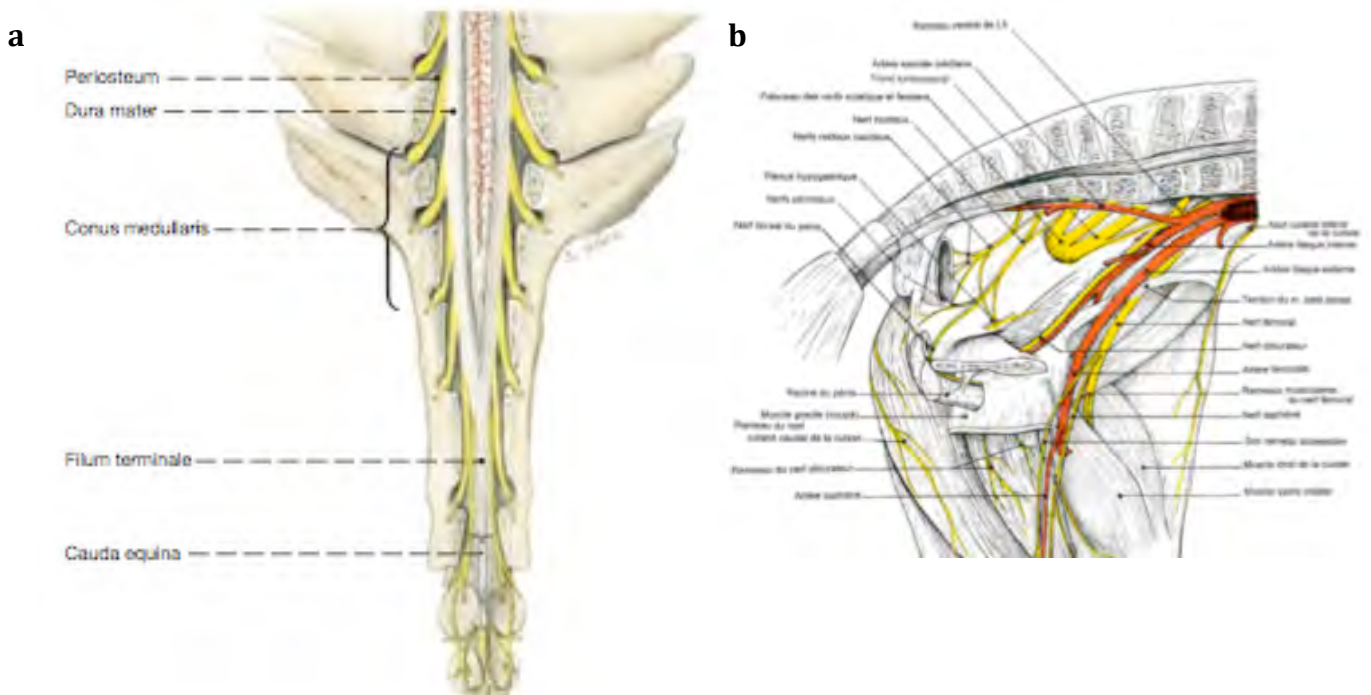
Lors d'infections plus avancées, les signes locomoteurs deviennent plus marqués. Le cheval se montre de plus en plus réfractaire à se déplacer avec des signes prononcés de raideur générale. Ceux-ci sont d'autant plus importants au niveau de la région infectée : lors d'infection thoracique ou lombaire, une raideur très prononcée du dos est visible ; alors que lorsque ce sont les vertèbres cervicales ou premières vertèbres thoraciques qui sont atteintes, le cheval portera son encolure à l'horizontale de façon très figée. Dans ce cas, les mouvements de latéro-flexion sont parfois très limités, mais le propriétaire remarquera surtout que le cheval ne s'alimente plus du fait d'un défaut d'abaissement de l'encolure ou y parvient en adoptant des postures particulières au niveau de ses antérieurs (*Figure 54*). Rapidement, un amaigrissement et une amyotrophie localisée (épaule, cervicale basse, lombaire) puis générale deviennent apparents.



Figure 54 : Photo d'un cheval atteint d'une discospondylite vertébrale au niveau de T6-T7 qui adopte une posture anormale pour brouter : un antérieur en protraction et un antérieur en rétraction (34)

Parfois, les infections vertébrales entraînent l'apparition de remodelages osseux à l'origine de sténose du canal vertébral et/ou d'atteintes des rameaux nerveux. Des signes nerveux peuvent donc compléter certains tableaux cliniques. Il en est de même lorsque l'infection s'étend aux méninges. Le cheval peut montrer des signes d'hyperesthésie cutanée et/ou auditive et/ou visuelle à l'origine de mouvements spastiques de la tête et de l'encolure. Des signes d'ataxie plus ou moins sévères accompagnés de parésie et d'incoordinations des membres ont également été notés. Lorsque la lésion est caudale, localisée au niveau du sacrum, un syndrome de la queue de cheval peut apparaître.

Les chevaux qui souffrent d'un syndrome de la queue de cheval présentent des zones de compression au niveau de la *cauda equina*, extrémité caudale de la moelle épinière. Ces compressions peuvent entraîner une perte de fonction des nerfs du sacrum et du pelvis tels que le plexus sacré, les nerfs pudendal (ou nerf honteux interne), obturateur et coccygien. Il en découle une perte de tonicité, voire une paralysie, une atonie et une perte de réflexe de la queue et de l'anus. Le sphincter de l'anus se dilate du fait d'une perte de stimulation nerveuse par la branche caudale du nerf pudendal. Le cheval n'arrive alors plus à émettre de crottins et son rectum se distend suite à l'accumulation des fèces. Les lésions nerveuses entraînent les mêmes conséquences au niveau de l'appareil urinaire. Une parésie de la vessie est à l'origine d'une importante collection d'urine. Du fait d'une atonie et d'une dilatation du sphincter urinaire, ce large volume liquidien peut s'écouler au goutte à goutte par l'orifice urétral. Chez les mâles, un paraphimosis peut apparaître, en effet le pénis est aussi innervé par une branche du nerf pudendal.



**Figure 55 : a) Schéma anatomique de la cauda équina (9)
b) Schéma anatomique de l'innervation de la croupe (5)**

3. Diagnostic

3.1 Hématologie

Une des premières étapes diagnostiques lorsqu'on examine un cheval qui présente des signes généraux tels qu'une hyperthermie, une anorexie, un abattement, consiste souvent en un bilan hémato-biochimique. Dans les cas d'infections vertébrales décrits dans la littérature, plusieurs variations hématologiques sont retrouvées de façon constante. Cependant, elles peuvent apparaître assez tardivement, entre 10 et 14 jours, après l'infection ; ce qui peut limiter la précocité du diagnostic.

Les modifications des paramètres sanguins retrouvées systématiquement sont les suivantes : une leucytose (>10000 leucocytes/ μL) neutrophilique (>5400 neutrophiles/ μL) souvent accompagnée d'un déplacement à gauche de la courbe d'Arneth, c'est-à-dire d'une libération plus intense de granulocytes neutrophiliques peu matures dans le sang. Une hyperfibrinogénémie importante est très fréquente, elle atteint souvent des valeurs supérieures à 6 g/L (VU : 3 g/L). Elle est souvent accompagnée d'une hyperprotéïnémie (>70 G/L) dûe à une hypergammaglobulinémie et une hypoalbuminémie. Dans certains cas, on peut également observer une lymphopénie ($>3200/\mu\text{L}$) et une monocytose (>400 monocytes/ μL).

Ces paramètres mettent donc en évidence un phénomène inflammatoire aigu plus ou moins sévère. Cependant, ces paramètres peuvent parfois être dans les valeurs usuelles, souvent en début d'infection, c'est donc l'imagerie qui permettra éventuellement de poser un diagnostic même si les lésions osseuses peuvent également être visibles tardivement.

Une étude menée par NEWQUIST et BAXTER en 2009 (44) a montré l'intérêt du dosage du fibrinogène plasmatique dans le diagnostic précoce d'ostéomyélite physaire et épiphysaire surtout en néonatalogie. Même si la radiographie est une technique sensible pour le diagnostic de l'ostéomyélite, elle peut se révéler incompétente en début d'infection. NEWQUIST et BAXTER suggèrent donc, grâce à leur étude, de suspecter un phénomène d'ostéomyélite physaire ou épiphysaire dès lors que la concentration plasmatique en fibrinogène est supérieure à 9 g/L. De la même façon, il serait donc peut-être intéressant de suspecter un phénomène infectieux vertébral lors d'augmentation importante du fibrinogène plasmatique. Toutefois, ce paramètre est à modérer lors d'infection à *Rhodococcus equi* puisque une hyperfibrinogénémie est systématiquement retrouvée dans ce cas d'infection, vertébrale ou non.

3.2 Scintigraphie

Lorsqu'elle est disponible, il est très intéressant d'utiliser la scintigraphie pour diagnostiquer des phénomènes d'infections vertébrales. La scintigraphie osseuse réalisée avec une solution de $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HDP est une technique sensible qui met en évidence les zones de remodelage osseux, toutefois elle est non spécifique. On obtient les mêmes images lors de discospondylite et d'ostéomyélite vertébrale, seule leur localisation peut légèrement varier. Un examen scintigraphique se révèle donc utile pour montrer des zones d'activité osseuse chez des cas suspects, pour déterminer le nombre de sites atteints ou encore en cas de lésion donnée plus prononcée d'un côté ou de l'autre de la même façon que les signes cliniques sont asymétriques. L'activité osseuse pourrait être

plus marquée d'un côté d'une ou plusieurs vertèbres cervicales notamment lorsqu'en clinique, le cheval présente une amplitude de latéoflexion diminuée d'un côté.

Les ostéomyélites vertébrales et les discospondylites sont des phénomènes inflammatoires infectieux à l'origine de remodelage et de remaniement osseux. En scintigraphie, on peut donc observer des zones d'hyperfixation très localisées sur une ou plusieurs vertèbres.

Les images scintigraphiques ci-dessous sont celles d'un cas de discospondylite à gauche et d'ostéomyélite vertébrale à droite (cas correspondant au cheval *Figure 54*). Lors de telles infection, la phase 2 de la scintigraphie, ou encore phase de plateau, ne montre aucune anomalie. Les anomalies observées sont visibles sur les images de la phase 3, phase osseuse. Sur l'image de gauche (34), on remarque une discrète zone d'hyperfixation localisée derrière le bord caudal de la scapula à la hauteur des vertèbres thoraciques. Les deux incidences latérales, droite et gauche, montrent la même intensité d'hyperfixation. Une vue dorsale a ensuite permis de visualiser cette zone d'hyperfixation sur la ligne du milieu, c'est-à-dire le long de la colonne vertébrale thoracique. Sur l'image de droite (40), on observe une vue dorsoventrale thoraco-lombaire mettant en évidence deux zones d'hyperfixation chez un autre cheval. La première, entourée par deux flèches fines, correspond au rein droit ; la deuxième, pointée par la flèche plus épaisse, révèle une augmentation du métabolisme osseux au niveau de L2.

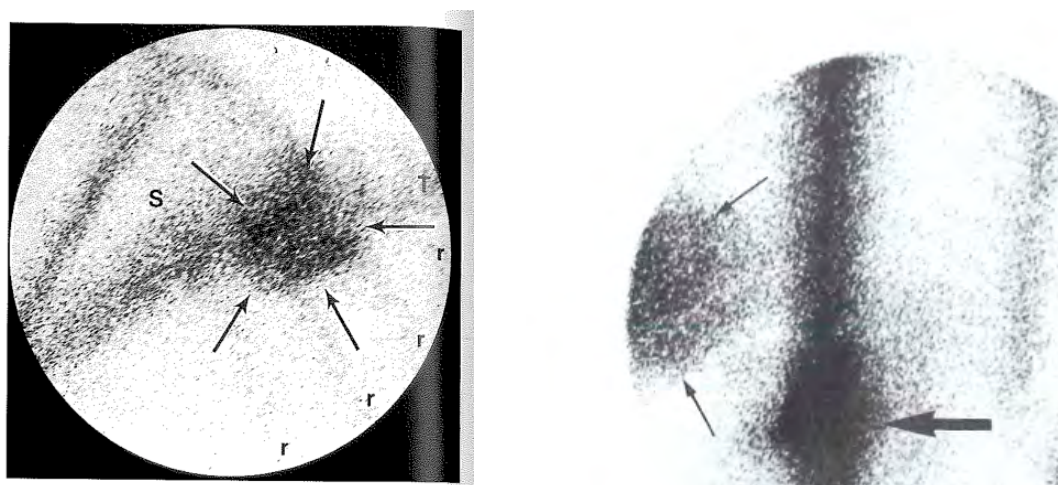


Figure 56 : à gauche : Image scintigraphique de la région thoracique craniale en vue latéro-médiale chez un cheval atteint de discospondylite en T6-T7.

S : scapula ; T : Vertèbre thoracique ; r : Côte (34).

A droite : Image scintigraphique de la région thoraco-lombaire en vue dorsoventrale chez un cheval atteint d'ostéomyélite vertébrale en L2. (40)

L'avantage de cette technique de scintigraphie osseuse est de permettre la mise en évidence des lésions avant qu'elles ne soient visibles en radiographie par exemple. Cependant, étant donné qu'elle n'est pas spécifique, il est important de corréliser ces signes avec d'autres techniques d'imagerie ou des paramètres de laboratoire. Au final, on devra donc souvent attendre de visualiser les lésions sur les clichés radiographiques.

Il existe toutefois d'autres traceurs plus spécifiques des phénomènes infectieux mais ils sont très peu utilisés en équine. Un examen scintigraphique aux leucocytes

marqués à l'HMPAO-^{99m}Tc permet de mettre en évidence des foyers de diapédèse leucocytaire, distinguant ainsi une zone d'inflammation aseptique d'une zone septique, ou encore un abcès d'une tumeur ou d'un hématome. L'inconvénient majeur de cette technique est de nécessiter un temps de manipulation long et délicat pour isoler des leucocytes autologues ex-vivo. Ce point justifie qu'elle soit rarement utilisée en équine. Un autre traceur pourrait être utilisé pour détecter des foyers infectieux précocement : la ciprofloxacine marqué au ^{99m}Tc. En effet, cet antibiotique se fixe sur l'ADN des bactéries, essentiellement bactéries à gramm négatif.

3.4 Radiographie

La radiographie représente la technique d'imagerie la plus utilisée pour le diagnostic d'ostéomyélite vertébrale et de discospondylite. Elle est très intéressante pour confirmer et suivre une lésion septique osseuse. Cependant, elle présente un inconvénient majeur : les lésions induites par une infection de la colonne ne sont radiographiquement visibles qu'une quinzaine de jours après l'apparition des signes cliniques, c'est-à-dire une fois que l'os a perdu plus de 30-50 % de sa composition minérale. Si des clichés radiographiques ne mettent en évidence aucune lésion, il peut donc s'avérer intéressant de les répéter quelques jours ou semaines plus tard, soit pour voir apparaître d'éventuelles lésions soit pour en suivre l'évolution.

Les infections vertébrales se traduisent en radiographie par des zones radiotransparentes de lyse osseuse, entourées plus tard par des zones plus radioopaques de sclérose, et souvent accompagnées de phénomènes d'ostéoproliférations. Le diagnostic différentiel d'ostéomyélite vertébrale et de discospondylite repose principalement sur la localisation de ces lésions. Les lésions de discospondylite sont plus particulièrement centrées au niveau de l'espace du disque intervertébrale et des surfaces osseuses adjacentes.

3.4.1 Ostéomyélite vertébrale

En radiographie, une ostéomyélite vertébrale se caractérise principalement par la présence d'une ou plusieurs zones radiotransparentes aux contours irréguliers et de tailles plus ou moins importantes révélant des phénomènes d'ostéolyses. Ces foyers ostéolytiques se retrouvent au niveau des corps vertébraux ou au niveau d'autres régions vertébrales comme les processus épineux d'une ou plusieurs vertèbres adjacentes ou éloignées en fonction du mode de contamination. Ces foyers sont souvent entourés par des zones de sclérose plus ou moins larges suivant la durée et de l'intensité de l'infection. Dans certains cas, on peut également observer des zones d'ostéoprolifération.

Ci-dessous sont présentés quelques clichés radiographiques issus de la littérature afin d'illustrer les lésions décrites précédemment.

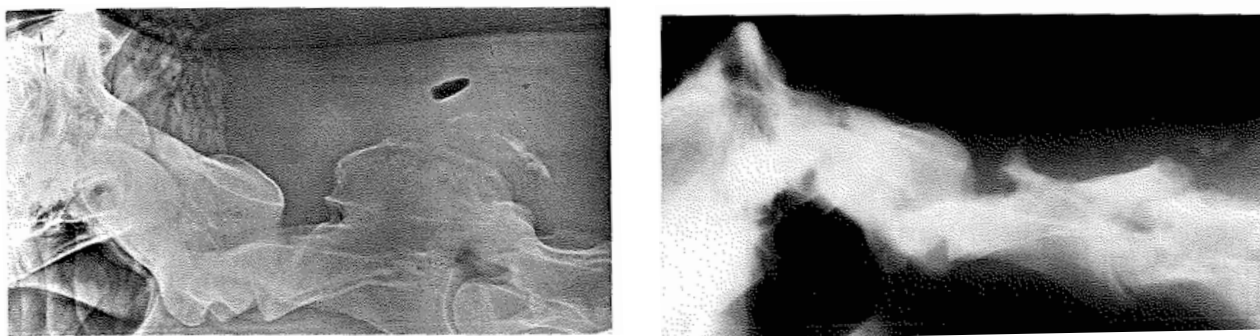


Figure 57 : Vue de profil des premières vertèbres cervicales chez un poulain de 7 mois atteint d'ostéomyélite cervicale au niveau de C2. (51)

Ci-dessus, deux clichés réalisés chez un poulain de 7 mois atteint d'une ostéomyélite au niveau de C2. Ce poulain était très réticent à bouger sa tête et son encolure et présentait des signes de douleur à la palpation de la région cervicale craniale. Sur les radiographies, on peut remarquer à gauche plusieurs zones ostéolytiques au niveau du processus épineux de l'axis, ainsi qu'une surface dorsale irrégulière. On note également la présence de gaz dans les tissus mous surplombant la vertèbre. A droite, on a le même cliché réalisé six mois plus tard, 11 semaines après une laminectomie, chirurgie consistant à retirer une partie de la lame vertébrale. On remarque alors un processus épineux tronqué mais qui présente une surface osseuse régulière.

Ci-dessous, trois clichés de profil des vertèbres cervicales et thoraciques réalisés chez un hongre de six ans en mauvais état général. Ce cheval présentait des raideurs au niveau de l'encolure limitant fortement les mouvements de latéro-flexion et d'extension vers le bas de l'encolure ainsi que des troubles locomoteurs généraux. A la palpation de la région cervicale moyenne, il montrait également des signes de douleur vive. Sur les radiographies, plusieurs vertèbres portent des lésions :

- l'axis présente des foyers ostéolytiques entourés de sclérose (Figure 58a) ;
- l'espace articulaire radiotransparent entre C2 et C3 a disparu (Figure 58a) ;
- des proliférations osseuses irrégulières sont visibles en face dorsale de C4 et C5, plus importantes au niveau de C5 (Figure 58b) ;
- plusieurs zones d'ostéolyse au niveau du processus épineux de T4 ont entraîné une réaction d'ostéoprolifération en marge de T4 à l'origine d'un élargissement fusiforme du processus (Figure 58c).

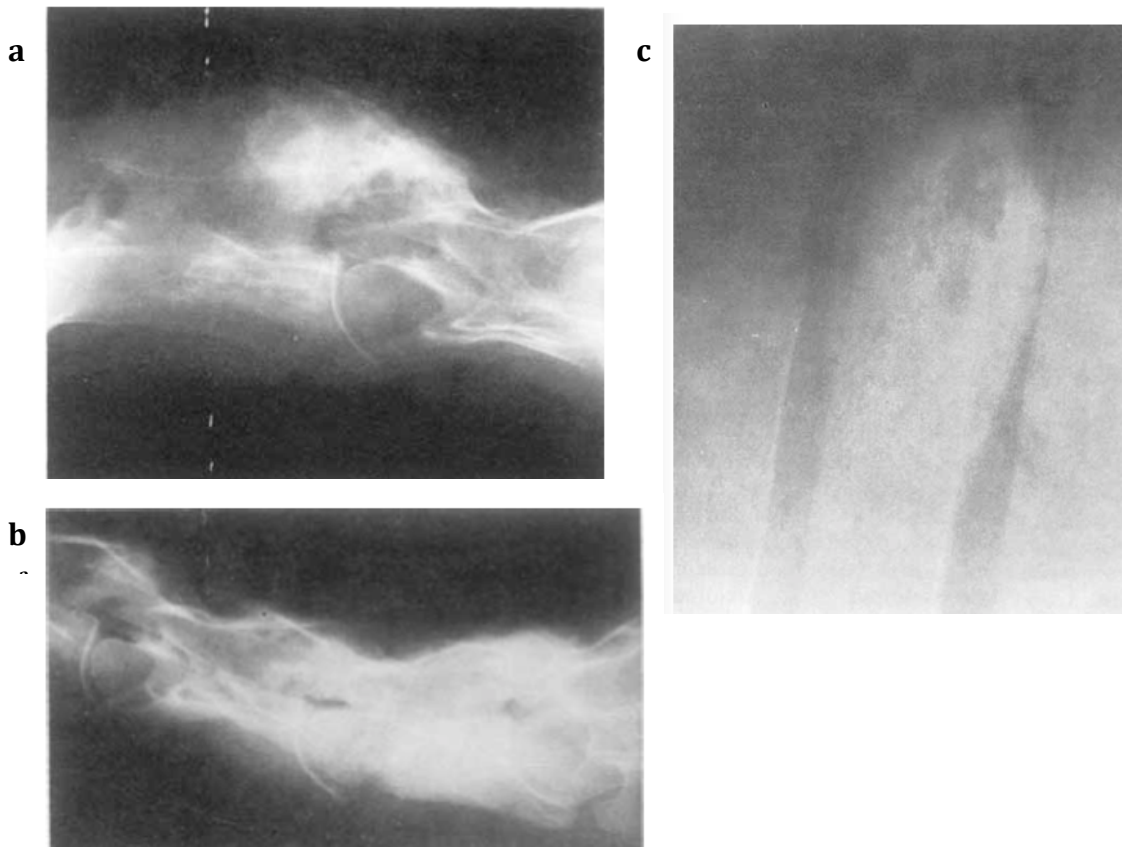


Figure 58 : Clichés radiographiques réalisés chez un hongre de 6 ans atteint d'ostéomyélite vertébrale (38)

- d) Vue de profil des vertèbres cervicales craniales C2 et C3**
- e) Vue de profil des vertèbres cervicales moyennes C4 et C5**
- f) Vue de profil des vertèbres thoraciques craniales T3 à T5**

Enfin, la radiographie ci-dessous (*Figure 59*) correspond à une vue de profil des vertèbres thoraciques craniales chez un poulain de 3 mois. Ce poulain présentait une fistule à droite du garrot. Sur la radiographie, on observe deux zones radiotransparentes au milieu du processus épineux de T4, des irrégularités de la surface de ce processus ainsi que du remodelage. Cette image met donc en évidence une ostéomyélite au niveau de la moitié supérieure du processus épineux de T4, très probablement provoquée par l'entrée de germes par la fistule.

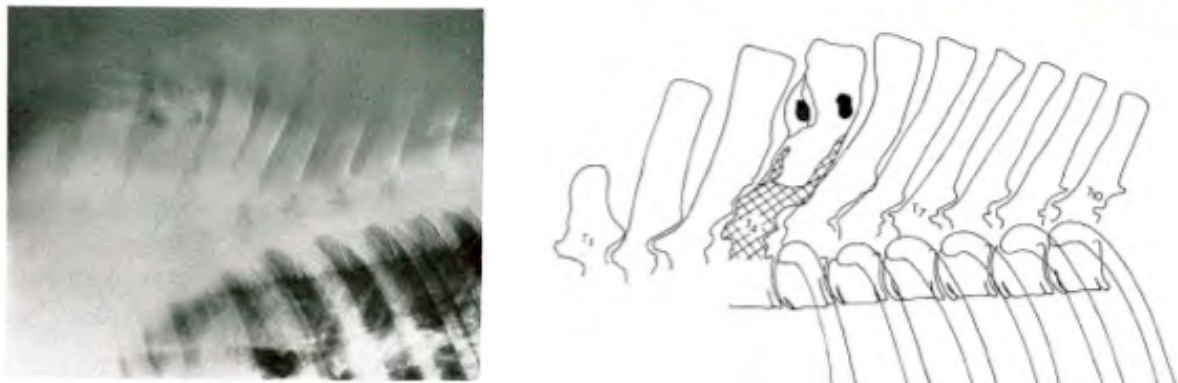


Figure 59 : Cliché radiographique (à gauche) des vertèbres thoraciques craniales en vue de profil chez un poulain de trois mois atteint d'ostéomyélite du processus épineux de T4, et schéma correspondant à droite. (36)

3.4.2 Discospondylite

Grâce à des clichés radiographiques répétés dans le temps, on peut suivre l'évolution des discospondylites. Les signes les plus précoces visibles sont centrés sur les espaces articulaires intervertébraux. On observe tout d'abord des irrégularités au niveau des surfaces osseuses de la fosse de la vertèbre située cranialement au disque atteint et de la tête de la vertèbre située caudalement à ce même disque. L'espace radiotransparent correspondant à l'emplacement du disque intervertébral peut être aminci à cause de la destruction progressive de ce disque. Puis au fur et à mesure que l'infection et l'inflammation progressent, l'érosion des extrémités des corps vertébraux devient de plus en plus prononcée. Cette lyse osseuse peut progresser vers les corps vertébraux mais entraîne surtout un élargissement de l'espace articulaire contenu au centre. Après une période de durée variable, un phénomène de régénération osseuse se met en place entraînant l'apparition de zones de sclérose et la production d'ostéophytes, souvent à l'origine d'une spondylose ventrale (équivalent de l'arthrose au sein de la colonne vertébrale) et d'un prolapsus dorsal du disque. Plus tard, la réalisation de clichés radiographiques révèle un collapsus de l'espace intervertébral, ou une fracture, une scoliose et une ankylose osseuse du fait de la destruction complète des espaces articulaires.

Ci-dessous sont quelques exemples de cas de la littérature touchant différentes régions de la colonne vertébrale.

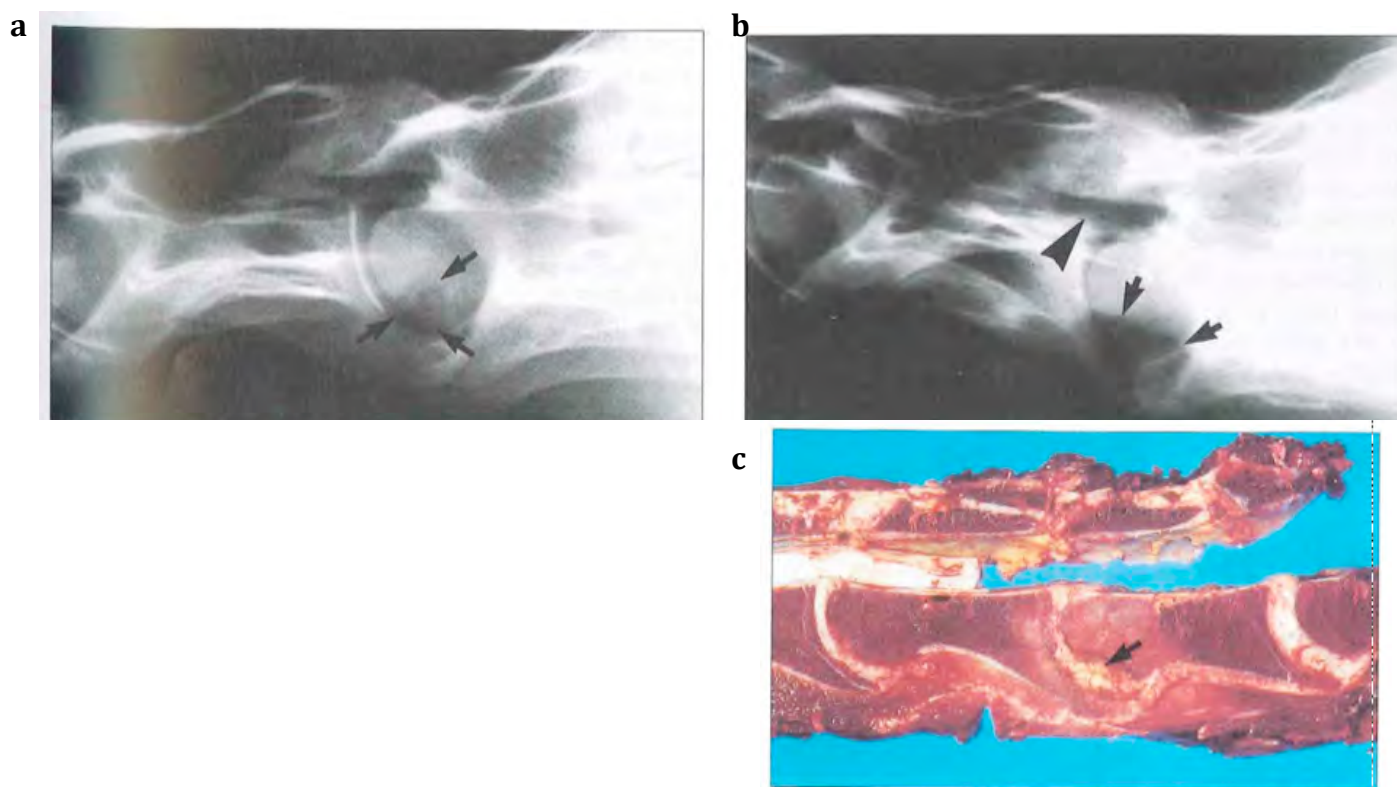


Figure 60 : Clichés radiographiques et coupe sagittale des vertèbres cervicales basses chez un cheval de 6 ans atteint d'une discospondylite en C5-C6 (18)

4. Vue de profil des vertèbres cervicales basses C5-C6
5. Vue de profil des vertèbres cervicales basses C5-C6 à J14
6. Coupe sagittale des vertèbres cervicales basses à l'autopsie

Sur la *figure 60*, on a deux clichés radiographiques des cervicales basses de profils réalisés à 14 jours d'intervalle chez un hongre de six ans atteint d'une discospondylite en C5-C6. Ce cheval était anorexique, en mauvaise condition, et présentait une démarche raide et une douleur aux flexions latérale et ventrale. Le cliché a) montre une zone radiotransparente (entre les flèches) d'environ 3 centimètres de diamètre au niveau des surfaces articulaires de C5 et C6. La largeur de l'espace articulaire est quant à elle normale. Sur le cliché b), on voit l'évolution des lésions 14 jours plus tard. On remarque que la zone radiotransparente de 3 cm de diamètre s'est élargi, ce qui indique une progression de l'ostéolyse au niveau des surfaces osseuses adjacentes. On note également un net amincissement de l'espace intervertébral C5-C6 ainsi qu'une protrusion de l'extrémité caudale de C5 (pointe de la flèche) qui crée une petite marche dans le canal vertébral. L'image anatomique visible en c) représente une coupe sagittale des vertèbres cervicales correspondant au cliché b) suite à l'autopsie du cheval. On observe une décoloration de l'os aux extrémités caudale et craniale respectivement de C5 et C6, et la présence de pus au niveau du disque intervertébral entre C5 et C6 (flèche).

La *figure 61* montre une radiographie du sacrum d'un poulain de 4 mois en vue de profil. Ce poulain avait présenté des problèmes respiratoires (toux, dyspnée, hyperthermie) 6 semaines avant d'être référé pour incontinence urinaire. A l'examen clinique, un syndrome de queue de cheval avait été mis en évidence. Sur le cliché radiographique suivant, on observe des surfaces irrégulières et des zones d'ostéolyses au niveau du corps vertébral de S3, de la tête vertébrale de S4 et de la fosse vertébrale de S2. De plus, des proliférations osseuses sont visibles ventralement à S3. Un diagnostic de bronchopneumonie à *Rhodococcus equi* avait été posé lors des manifestations des problèmes respiratoires. Ces bactéries ont ensuite dû se disséminer dans l'organisme, notamment au niveau de S3, entraînant l'apparition d'une discospondylite en S2-S3 et S3-S4. Les lésions vertébrales qui se sont alors développées ont provoqué des lésions nerveuses à l'origine d'un syndrome de queue de cheval.

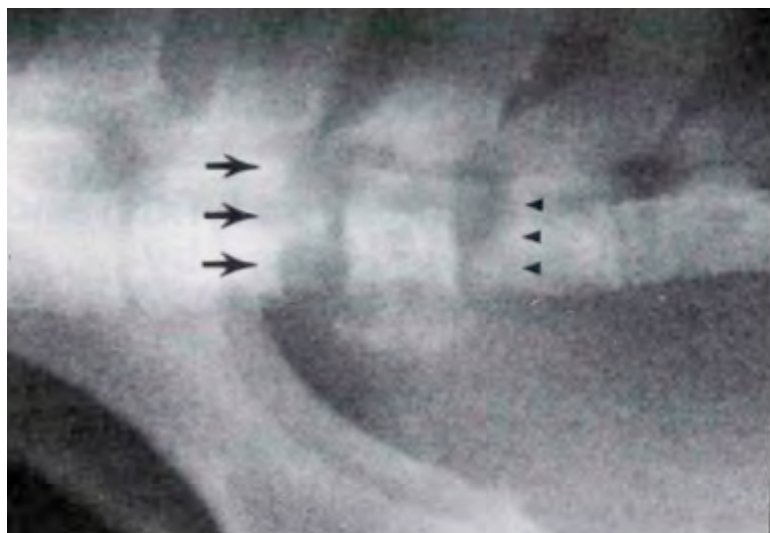


Figure 61 : Cliché radiographique du sacrum d'un poulain de 4 mois en vue de profil (15).
Des lésions de discospondylites sont visibles en S2-S3 et S3-S4 : ostéolyse de S3, de la tête vertébrale de S2 (flèches épaisses de gauche) et de la tête vertébrale de S4 (pointes de flèches à droite), et ostéoprolifération ventralement à S3.

Ci-dessous (*Figure 62*), on peut voir deux radiographies, prises à un an d'intervalle, des vertèbres coccygiennes, Cd3 à Cd8, en vue de profil chez un étalon de 6 ans. Cet étalon a présenté une douleur soudaine aigue et un gonflement diffus au niveau de la base de la queue, sur la ligne médiane. Cependant, aucun traumatisme n'a été rapporté, et aucune fistule indiquant la présence d'un abcès intervertébral n'était visible. Sur la première radiographie (*Figure 62-1*), on remarque un élargissement de l'espace intervertébral Cd3-Cd4 et un amincissement de l'espace intervertébral Cd5-Cd6. L'extrémité caudale de Cd3 et l'extrémité craniale de Cd4 sont légèrement ostéolytiques et présentent de la sclérose en marge de cette ostéolyse. Des petites zones d'ostéolyse sont également visibles au niveau des extrémités des autres vertèbres coccygiennes, leur procurant un aspect mité en radiographie.

Un an plus tard, les signes cliniques ont disparu mais quelques lésions persistent en radiographie. Les deux espaces intervertébraux Cd3-Cd4 et Cd5-Cd6 sont légèrement amincis. Les extrémités des vertèbres présentent une surface irrégulière, celles de Cd3 et Cd4 révèlent des ostéoproliférations et de la sclérose au niveau des zones qui étaient lysées sur la première radiographie.

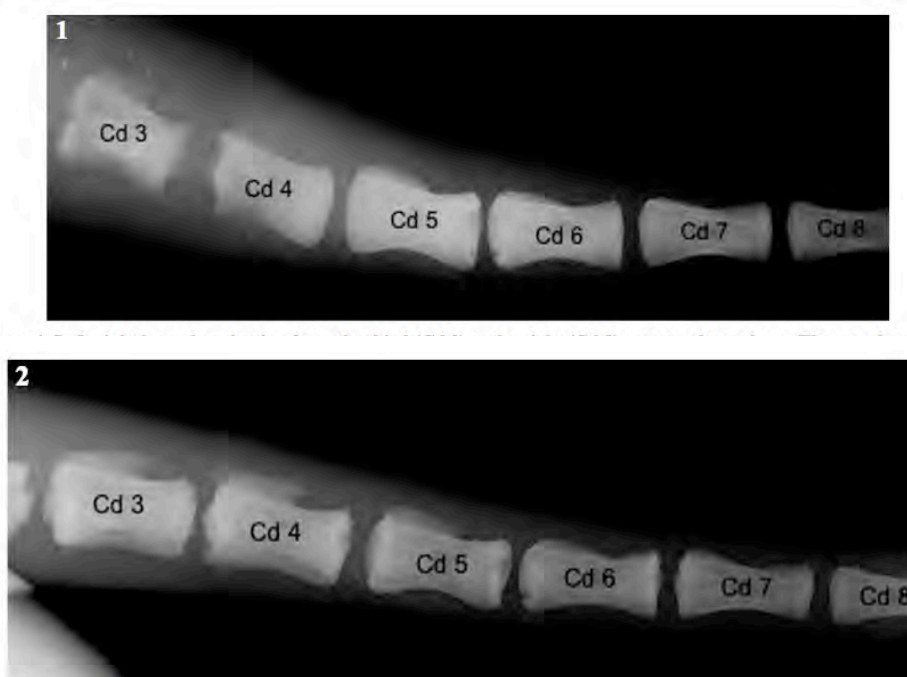


Figure 62 : Clichés radiographiques des vertèbres coccygiennes d'un étalon de 6 ans en vue de profil. (46) Lésions de discospondylite visibles en Cd3-Cd4 :
 1) ostéolyse et sclérose aux extrémités des vertèbres.
 2) Même cliché un an plus tard : évolution des lésions : ostéolyse remplacée par de la sclérose et de l'ostéoprolifération.

3.5 Myélographie (14) (29)

Le mot « myélographie » est tiré de deux racines grecques : *myelo* qui indique ce qui est relatif à la moelle spinale ou moelle osseuse et *graphie* qui signifie écrire. Une myélographie correspond donc à un examen radiographique de la moelle spinale suite à l'injection d'un produit de contraste iodé dans le sac dural. Ce sac entoure la moelle spinale et délimite l'espace sous arachnoïdien. Lors d'examen radiographiques de la colonne vertébrale, la moelle spinale ne peut pas être visualisée. L'injection de produit de contraste apporte une représentation anatomique des contours de la moelle spinale et permet de localiser précisément d'éventuels sites de compression médullaire.

Dans le cas de suspicion d'infection vertébrale, une myélographie ne sera indiquée que chez les chevaux qui présentent des déficiences neurologiques. Cependant, cet examen présente quelques inconvénients. C'est tout d'abord une technique lourde et chère à mettre en œuvre. Elle requiert un équipement spécialisé et une main d'œuvre entraînée, ce qui nécessite souvent de référer l'animal dans une clinique spécialisée. De plus, elle nécessite une anesthésie générale, ce qui augmente d'autant plus les risques chez des chevaux ataxiques. Il existe un risque d'aggravation de cette ataxie avec cet examen en cas de ponction de la moelle épinière, d'hémorragie ou à cause de l'action irritante de l'iode. La plupart des chevaux nécessite un voire deux jours de repos suite à l'examen. Dans certains cas, le produit peut aller jusqu'à causer une méningite aigue. Il est donc important d'évaluer le rapport bénéfices/risques avant de réaliser un tel examen.

Pour réaliser une myélographie, le cheval subit une anesthésie générale et est placé en décubitus latéral, droit par convention, sur une table plane qui permet de surélever la tête pour limiter la quantité de produit dans le crâne. Pour des raisons de praticité, cette table doit également présenter un dispositif pour insérer les cassettes sans avoir à bouger le cheval. Pour une myélographie des cervicales (la plus fréquemment réalisée), la partie dorsale de la nuque est préparée chirurgicalement et 350 mg d'iode/kg sont injectés lentement dans la *cisterna magna*, dilatation physiologique de l'espace sous arachnoïdien présent entre le foramen magnum de l'occiput et la lame dorsale de l'atlas. Le produit est injecté une fois qu'un volume équivalent de liquide cérébro-spinal (LCS) ait été retiré de cet espace. Certains auteurs conseillent de réaliser cette injection de façon écho-guidée. Rapidement après l'injection, des clichés latéraux sont réalisés. Parfois, les chevaux de petite taille sont ensuite placés en décubitus dorsal afin de réaliser des clichés ventrodorsaux.

L'interprétation des images de myélographie peut parfois se révéler difficile. Pour la rendre plus facile et plus systématique, des critères d'interprétation ont été définis. Les deux les plus souvent utilisés sont les suivant (*Figure 63*):

- le diamètre dural total (DD) : il correspond à la distance entre les limites dorsale et ventrale du canal vertébral (flèches vertes) ;
- l'épaisseur de la colonne dorsale de produit de contraste (ECD, flèches rouges).

De plus, les deux colonnes, ventrale et dorsale, de produit de contraste sont uniformes et régulières à l'état physiologique. Elles présentent cependant quelques amincissements physiologiques : en regard de l'épiphyse craniale des vertèbres au niveau de la colonne dorsale, et en regard de chaque espace intervertébral le long de la colonne ventrale.

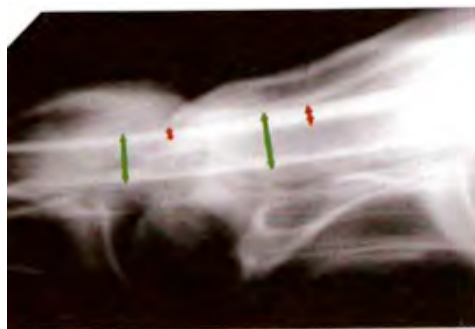


Figure 63 : Mesure des critères d'interprétation sur une myélographie normale : diamètre dural total (flèche verte) et épaisseur de la colonne dorsale de produit de contraste (flèche rouge) (14)

Toute autre modification ou compression doit être considérée comme anormale. Ces compressions sont évaluées en statique, c'est-à-dire sans contrainte sur l'encolure, et en dynamique, sous contrainte, souvent en flexion de l'encolure. Les signes de compression observés doivent ensuite permettre d'évaluer si ces compressions sont intra/extramédullaires, ou intra/extradurales (Figure 64). Cette différenciation permet souvent d'orienter vers une étiologie.

A) Une compression extradurale peut être due à une instabilité vertébrale ou de l'arthrose facettaire, les hernies étant très rares chez les chevaux. Elle se caractérise par une déviation de la colonne et de la moelle vers le centre du canal médullaire et une diminution voire une interruption de la colonne du côté de la lésion.

B) Une compression intradurale, dont l'origine se situe dans la dure mère, peut faire suite à des adhérences leptoméningées, des abcès ou des tumeurs. Elle est mise en évidence par un élargissement de la colonne de contraste.

C) Une compression intramédullaire peut être observée lorsqu'une tumeur, un hématome ou un abcès s'est formé dans la moelle épinière. On observe alors un élargissement du diamètre dural total accompagné d'un amincissement des deux colonnes de contraste.

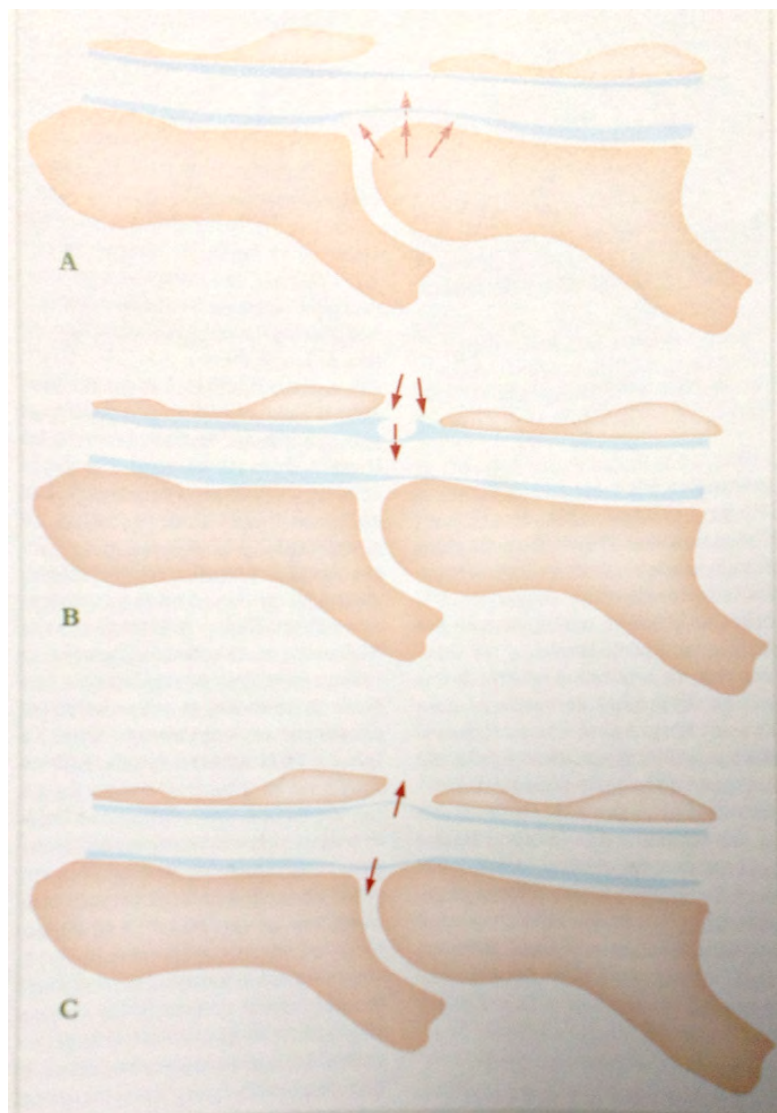


Figure 64 : Schéma de trois types théoriques de compression de la moelle épinière (14)

- A) Compression extradurale**
- B) Compression intradurale**
- C) Compression intramédullaire**

Lors d'infections vertébrales, on peut observer la présence d'abcès vertébraux ou paravertébraux, ou encore de l'ostéoprolifération. Les trois types de compressions médullaires illustrés ci-dessous peuvent donc être retrouvés et responsables de l'apparition de signes nerveux.

3.6 Analyse du liquide céébrospinal (29) (32)

Une analyse du liquide céébrospinal (LCS) est indiquée lors de toute suspicion d'atteinte du système nerveux central. Des modifications spécifiques de sa composition sont bien corrélées avec certaines maladies infectieuses. Pour prélever ce liquide, on peut profiter de le récupérer avant l'injection de produit iodé lorsqu'une myélographie est réalisée ou le prélever directement à l'aiguille lors d'une procédure indépendante.

La ponction de LCS peut se faire en deux endroits chez le cheval : à la jonction lombo-sacrée sur un cheval debout, tranquilisé ; ou à la nuque (comme détaillé précédemment) sur cheval couché en décubitus latéral, sous anesthésie générale. Le site de ponction sera choisi en fonction de la localisation du site lésionnel suspectée lors de l'examen clinique et de l'évaluation des risques. Une ponction au niveau de la jonction atlanto-occipitale sera plus particulièrement réalisée lors de lésions de l'encéphale ou des vertèbres cervicales ; alors qu'une ponction à la jonction lombo-sacrée sera privilégiée lors de lésions plus postérieures. De plus, il existe quelques contre-indications spécifiques à chacun des sites, notamment pour la ponction atlanto-occipitale, en plus des contre-indications à la sédation ou anesthésie générale : trauma cranial aigu, et augmentation de la pression intracrâniale. Cependant, les valeurs de cytologie sont semblables au niveau des deux sites de ponction. Donc si seule une cytologie est nécessaire, on peut réaliser la ponction indifféremment aux deux sites, le choix est donc fait en fonction de l'évaluation des risques spécifiques à chaque site.

Pour réaliser un prélèvement de LCS, une préparation aseptique de la zone de ponction (*Figure 65*) est nécessaire avant d'introduire une longue aiguille (ex : aiguille jaune 18G) dans le canal contenant le LCS et de prélever quelques millilitres. Un spray désinfectant peut ensuite être appliqué sur la zone.

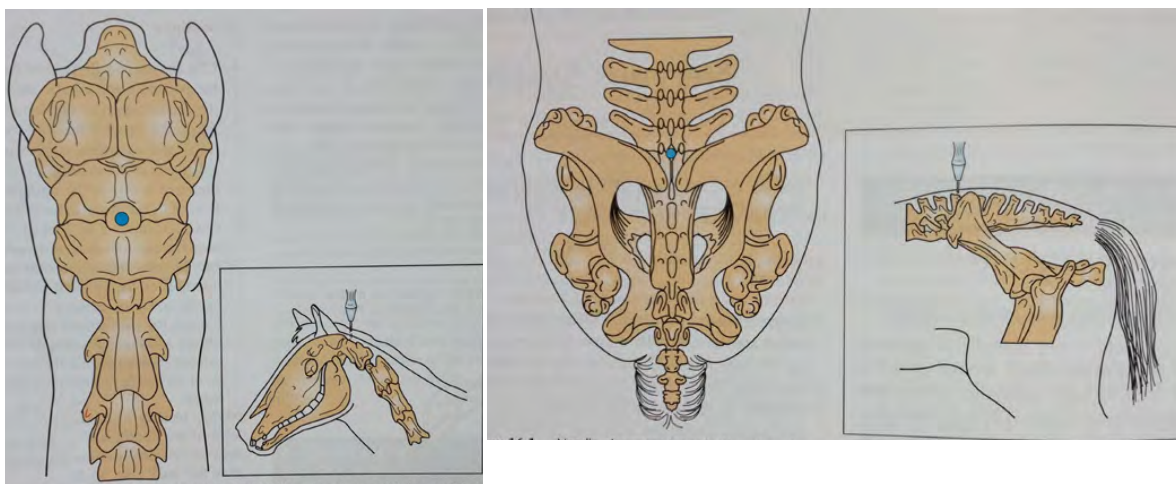


Figure 65 : Positionnement de l'aiguille lors de prélèvement de LCS au niveau de l'espace atlanto-occipital (à gauche) et de la jonction lombo-sacrée (à droite) (32).

Le liquide est placé dans un tube EDTA pour une analyse cytologique, et/ou dans un tube hépariné si une éventuelle sérologie est nécessaire. Le liquide est alors analysé macroscopiquement : un liquide normal est clair et transparent, excepté chez les nouveau-nés chez lesquels il peut être légèrement jaune. Toute modification de couleur et de turbidité doit être considérée comme anormale. Le LCS devient trouble lorsque le nombre de cellules augmente, des microorganismes sont présents et/ou lors d'augmentation significative des protéines totales. Ensuite, une analyse cytologique peut être réalisée. Attention, celle-ci doit être faite dans les 30 minutes suivant le prélèvement à moins de subir une centrifugation. Cette contrainte de temps est notamment due à la dégénérescence et à la lyse rapides des neutrophiles dans le LCS. L'analyse cytologique permet ensuite de compter les cellules et d'analyser les différents types de cellules présentes. A l'état physiologique, le LCS ne contient que très peu de cellules, et seulement des cellules mononuclées (lymphocytes, macrophages et monocytes). Les neutrophiles sont rares, leur présence, même en faible nombre, indique donc un état inflammatoire et/ou infectieux. D'autres paramètres, tels que les protéines totales, la créatine kinase et le glucose, peuvent également être intéressants à évaluer. Par rapport aux autres fluides corporels, le liquide cérébrospinal du cheval sain contient peu de protéines, et la majorité de ces protéines est représentée par de l'albumine. Le taux de glucose est plus faible que normal lors d'inflammation parce que le glucose est consommé par les globules blancs et les bactéries. Le tableau suivant contient les valeurs de référence lors de l'analyse de LCS d'un cheval adulte :

Valeurs	De référence
Globules Rouges	< 200/ μ L
Globules Blancs	< 8/ μ L
Protéines Totales	20-120 mg/dL
Albumine	24-56mg/dL
Creatine Kinase	0-8 UI/L
ASAT	0-16 UI/L
Glucose	55-70 mg/dL

Tableau 5 : Valeurs de référence de l'analyse du liquide cérébrospinal d'un cheval adulte. (29) (32)

Dans la littérature, on retrouve des analyses de liquide cérébrospinal pour plusieurs cas d'ostéomyélite vétérinaire et de discospondylite (15), (45), (40), (56). Les variations les plus souvent observées sont celles induites par une inflammation :

- augmentation du nombre de globules blancs et plus particulièrement des neutrophiles (plus de 80% de neutrophiles dans certains cas) ;
- augmentation du taux de protéines
- augmentation de l'activité des créatine kinase quand elle est mesurée.

Le liquide cérébrospinal peut également être mis en culture afin de mettre en évidence un éventuel agent pathogène responsable de l'infection.

L'analyse de liquide cérébrospinal est donc une technique simple à réaliser une fois l'expérience acquise et qui nécessite peu de matériel. Il est donc intéressant de l'utiliser lors d'atteintes nerveuses afin d'orienter le diagnostic vers une atteinte dégénérative, traumatique ou infectieuse du système nerveux.

3.7 Echographie

Beaucoup d'articles décrivant des cas d'infections vertébrales datent un peu, l'échographie n'était donc pas encore une technique d'imagerie systématiquement utilisée pour le diagnostic des problèmes locomoteurs. Les descriptions échographiques de tels cas sont donc très difficiles à trouver. Cependant, l'échographie est aujourd'hui une technique admise dans l'examen des affections locomotrices grâce à l'amélioration des connaissances dans ce domaine. Elle présente de nombreux avantages qui ont déjà été détaillés dans la deuxième partie. Dans le cas des infections vertébrales, elle offre une meilleure sensibilité que la radiographie pour examiner par exemple les irrégularités des surfaces osseuses plus particulièrement pour des lésions récentes. L'échographie permet également d'évaluer les tissus mous et nerveux et de réaliser des ponctions écho-guidées pour d'éventuelles cultures.

Lors du diagnostic d'ostéomyélite vertébrale, l'échographie met en évidence des collections de fluides adjacentes à des irrégularités osseuses. Ces irrégularités osseuses correspondent à des remodelages ou des remaniements osseux. Elle permet également d'observer la présence de synovite, d'identifier et localiser des abcès, même ceux en début de formation.

J.M. DENOIX a décrit un cas d'ostéomyélite vertébral chez un poulain paraplégique de 5 mois (25) à l'aide d'images radiographiques et échographiques. Celui-ci présentait une posture anormale postérieure avec un affaissement de la croupe, une semi-flexion des grassets et des jarrets et un défaut d'extension digitale entraînant un appui des membres sur le sol sur la surface dorsale des pieds et des couronnes (*Figure 66a*). Des radiographies du dos de profil ont révélé une zone radiotransparente au niveau du corps vertébral de L1 (*Figure 66b*). L'examen échographique réalisé ensuite a permis de détailler et de latéraliser ces lésions. Des vues transversales au niveau de L1 ont mis en évidence une zone d'ostéolyse au niveau de la partie gauche du corps vertébral ainsi qu'un épaissement des tissus mous à gauche également permettant de suspecter la présence d'un abcès (*Figure 66c*). Suite à l'évaluation de ces images, une ponction écho-guidée de cet abcès (*Figure 66d*) a été réalisée afin de mettre en culture le contenu. Les résultats sont revenus positifs à *Rhodococcus equi*.



Figure 66 (23) : a) Photo de la posture anormale adoptée par un poulain de cinq mois atteint d'ostéomyélite vertébrale au niveau de L1.

b) Cliché radiographique de la zone thoraco-lombaire de profil.

Flèches : zone radiotransparente suggérant un phénomène d'ostéolyse.

c) Image échographique transversale de L1 (parties droite et gauche assemblées).

A : Ostéolyse du corps vertébral ; B : Epaissement des tissus mous ;

1 : Processus épineux de L1 ; 2 : Corps vertébral de L1 ; 3 : Muscle *Longissimus*.

d) Image échographique de la moitié gauche de L1 lors de la ponction à l'aiguille (n) de l'abcès.

Légende identique.

L'échographie est donc une technique utile pour le diagnostic des infections vertébrales. D'une part parce qu'elle est plus sensible pour détecter les lésions récentes, d'autre part parce qu'elle permet une évaluation complète des lésions osseuses et tissulaires et la réalisation de ponction. Ces ponctions ont un intérêt non négligeable dans le diagnostic puisqu'elles permettent la mise en culture de liquide ponctionné afin de déterminer l'agent responsable de l'infection et la mise en place d'un traitement adapté.

4. Traitements (15), (18), (32), (34), (40), (45), (46)

Une fois le diagnostic de spondylite ou de discospondylite posé, le deuxième challenge correspond au traitement. En effet, il peut se révéler difficile, long et souvent infructueux, surtout si des signes neurologiques sont apparus avant d'établir le diagnostic. Le traitement des infections vertébrales repose principalement sur l'utilisation des antibiotiques à long-terme ; ceux-ci seront d'autant plus efficaces qu'ils seront administrés tôt dans l'évolution de l'infection et qu'ils seront spécifiques de cette infection grâce à recherche du germe responsable. A ces antibiotiques peuvent s'ajouter des anti-inflammatoires, une thérapie de soutien voire une chirurgie lorsque le traitement médical ne suffit pas.

4.1 Traitement médical

Le traitement médical consiste majoritairement en un traitement antibiotique. Le choix de l'antibiotique doit se faire de façon raisonnée en fonction du germe responsable, de ses possibilités à être administré sur une longue période (de 3 à 6 mois) et enfin des moyens financiers des propriétaires. Dans le meilleur des cas, il est possible de réaliser une culture bactériologique à partir d'échantillons de sang ou de matières infectés (pus, abcès, débris osseux) et d'isoler le pathogène responsable de l'infection. Un antibiogramme peut ensuite être demandé afin de connaître les éventuelles résistances aux antibiotiques des bactéries présentes et de mettre en place un traitement efficace. Lorsque ces recherches ne sont pas possibles, ou en attendant les résultats, un traitement antibiotique large spectre peut être mis en place. En médecine équine, les antibiotiques large spectre les plus souvent utilisés sont l'association de bêta-lactamines (ex : Pénicilline G) et d'aminosides (ex : gentamycine, amikacine), les céphalosporines de troisième ou de quatrième génération (ex : cefquinome, ceftiofur) ou encore l'association triméthoprim et sulfonamides. Les macrolides (ex : érythromycine) sont également souvent utilisés, en association avec la rifampicine, notamment lors d'infection à *Rhodococcus equi*. En effet, la rifampicine représente le seul antibiotique actif dans le pus, il est donc intéressant de l'utiliser lors de la présence d'abcès. En présence de pus, d'abcès ou de tissus nécrotiques, on peut également administrer du métronidazole, molécule active contre les bactéries anaérobies. Le tableau ci-dessous regroupe quelques exemples d'antibiotiques utilisés avec leurs posologies. Ceux-ci peuvent être utilisés seuls ou en association.

Antibiotique	Posologie	Voie d'administration
TMPS	20-30 mg/kg BID	PO ou IV
Pénicilline G procaine	22000 UI/kg BID	IM
Ceftiofur	2,2 mg/kg BID	IV ou IM
Erythromycine	25-30 mg/kg q6h ou BID	PO
Rifampicine	5-10 mg/kg BID	PO
Enrofloxacin	5-7,5 mg/kg SID	IV ou PO
Métronidazol	15-20 mg/kg BID	PO ou IV

Tableau 6 : Antibiotiques utilisés pour le traitement des infections vertébrales et leurs posologies.

Lors de traitement à l'aveugle, sans recherche préalable de germe, l'association triméthoprim et sulfonamides (TMPS) est souvent utilisée car elle offre plusieurs avantages : elle est administrée par voie orale, présente une bonne distribution dans les tissus et a un coût financier limité même après plusieurs semaines de traitement. De plus cette association a déjà fait ses preuves dans la guérison de plusieurs cas de discospondylites (34, 46).

Le traitement antibiotique des infections vertébrales doit être un traitement mené à long terme, sur plusieurs semaines ou plusieurs mois. Une fois les signes cliniques résolus, il est important de continuer le traitement au moins une semaine afin de limiter tout risque de rechute. Cependant, si le traitement n'apporte aucune amélioration clinique, il faut penser à changer d'antibiotique et/ou à réaliser une culture bactériologique accompagnée d'un antibiogramme si possible, afin de cibler d'avantage le germe responsable. Enfin, si le changement d'antibiotique n'améliore toujours pas l'état du cheval, une chirurgie peut être indiquée, si elle est possible et réalisable. La dernière option est celle de l'euthanasie, option qui est malheureusement souvent

l'issue des chevaux atteints d'infections vertébrales pour lesquels le diagnostic a été trop tardif ou pour lesquels les moyens financiers sont limités.

Ce traitement antibiotique est souvent accompagné d'un traitement anti-inflammatoire afin de diminuer l'inflammation autour du site infectieux, de diminuer la douleur et d'augmenter le confort du cheval en diminuant les éventuelles raideurs et en stimulant l'appétit. Les anti-inflammatoires utilisés dans les cas de la littérature sont les suivants :

- Phénylbutazone : 2,2-4,4 mg/kg BID PO ou IV
- Flunixin méglumine : 0,5-1,1 mg/kg BID PO, IV ou IM
- Diméthylsulfoxyde (DMSO) : 0,5-1 g/kg SID IV 2-3 jours en début de traitement, dilué dans une solution de NaCl 0,9 % ou de glucose 5% de manière à obtenir une solution à 10%

Enfin des traitements peuvent être ajoutés en vue d'améliorer le confort du cheval. Tout d'abord, l'administration d'anti-inflammatoires sur une longue période peut entraîner l'apparition d'ulcères gastriques ou de signes digestifs. Il peut donc être intéressant d'administrer des antagonistes des récepteurs H₂ tels que la ranitidine (4,4 mg/kg BID PO) ou des anti-acides tels que l'oméprazole (1-4 mg/kg SID PO). Lors de l'apparition de signes nerveux et notamment lors de syndrome de la queue de cheval, il est parfois nécessaire de faire du nursing. Celui-ci est bien sur à adapter en fonction des signes cliniques : on peut avoir à poser une sonde urinaire afin de vidanger la vessie régulièrement, réaliser des lavements avec de l'eau savonneuse ou encore administrer de l'huile de paraffine à l'aide d'une sonde nasogastrique afin de limiter le risque de rétention fécale. Le nursing peut également accompagner le cheval dans sa douleur. Par exemple, lorsqu'un cheval est atteint au niveau des vertèbres cervicales, il présente souvent des signes de raideurs extrêmes, tellement importante qu'il ne peut pas baisser l'encolure pour manger. Dans ce cas, il peut être recommandé de surélever la mangeoire.

La base du traitement médical passe donc par un traitement antibiotique à long terme. Le reste est ensuite à adapter au cas par cas pour la gestion de l'inflammation, de la douleur et du nursing. Si la gestion médicale se révèle insuffisante, il peut être intéressant de proposer une chirurgie, encore plus particulièrement en présence d'atteintes nerveuses.

4.2 Traitement chirurgical

Un traitement chirurgical des infections vertébrales peut être indiqué dans plusieurs situations : en cas de non-amélioration clinique suite au traitement médical, de progression des lésions osseuses septiques, ou suite à la mise en évidence d'un ou plusieurs abcès ou de la formation de séquestres. Ces séquestres correspondent à des fragments de tissus osseux nécrotiques détachés du reste de la vertèbre. Une chirurgie peut également être conseillée suite à l'évaluation d'une zone de compression de la moelle épinière grâce à une myélographie, ou suite à une suspicion compte tenu des signes neurologiques.

Dans le cadre de ces indications, plusieurs chirurgies sont envisageables, en réponse au diagnostic posé au préalable évidemment. Les procédures citées ci-dessous sont celles qui ont été menées pour traiter les différents cas décrits dans la littérature.

Lors de compression de la moelle spinale, les tissus ou fragments osseux faisant pression sur les structures nerveuses sont retirés afin d'élargir le canal vertébral. Cette décompression de la moelle peut parfois nécessiter une laminectomie, c'est-à-dire un excision d'une lame vertébrale partiellement ou dans sa totalité, ou une laminoplastie, technique qui se limite à un remodelage des lames vertébrales.

En présence de phénomènes septiques de l'os, responsables de remaniements et de remodelages osseux, un curetage de l'os infecté parfois même nécrotique peut être réalisé. Ce curetage consiste à retirer tous les tissus atteints jusqu'à obtenir des marges saines sur l'os. Parfois ce curetage peut demander de retirer des fragments osseux ou des pièces osseuses désagrégées.

Lorsqu'un abcès est localisé et ne rétrocede pas médicalement, il peut être intéressant de le flusher sous anesthésie générale. Le but est d'aspirer toutes matières purulentes et de disséquer finement la capsule de cet abcès afin de laisser place à un tissu entièrement sain.

Dans certains cas, un drain actif peut être mis en place dans la cavité formée suite à la résection des abcès et des différents tissus nécrotiques.

Enfin, lors d'infection des vertèbres coccygiennes, une amputation pourrait être envisagée afin de garantir toute récurrence ou toute propagation craniale du germe.

Pour conclure, le pronostic est réservé pour un cheval atteint d'infections vertébrales. La réussite du traitement dépend de la précocité du diagnostic, de l'isolement de l'agent pathogène responsable, du choix des antibiotiques et dans certains cas, de la réussite chirurgicale pour limiter la compression de la moelle épinière et cureter l'os infecté.

Conclusion

Les affections infectieuses inflammatoires vertébrales des chevaux sont rares et très agressives. L'inoculation de germes au travers d'une fistule créée par un traumatisme, une infection bactérienne ou parasitaire a été observée chez des chevaux de tous âges, et plus régulièrement au niveau du garrot. Cet afflux de bactéries peut parfois être à l'origine d'atteintes de l'os cortical, définissant des ostéites vertébrales. Cependant, chez les chevaux, les lésions se propagent rapidement jusqu'à la moelle spinale, on parle alors d'ostéomyélite vertébrale, les cas d'ostéites sont donc encore plus rares. Des bactéries peuvent également se retrouver au niveau des vertèbres suite à une septicémie. Les septicémies se rencontrent principalement chez les jeunes poulains, et entraînent la diffusion de bactéries dans tout l'organisme, préférentiellement dans les zones très irriguées. La présence de nombreuses anastomoses vasculaires en périphérie des disques intervertébraux avasculaires ralentit fortement le flux sanguin favorisant ainsi le développement de foyers infectieux dans ces régions. On parle cette fois de discospondylite vertébrale : le disque intervertébral, les surfaces articulaires, puis les plateaux vertébraux sont atteints.

Des examens complémentaires sont donc nécessaires, l'imagerie et notamment la radiographie étant les techniques de choix. L'examen scintigraphique est peu disponible en France mais se développe progressivement, malgré un coût d'examen relativement élevé. Cependant, il présente l'avantage de localiser toutes les lésions actives éventuelles. La radiographie met en évidence les lésions osseuses qu'une fois qu'elles ont perdu 30 à 50 % de leur composition minérale, c'est-à-dire environ deux semaines à partir de l'apparition des signes cliniques. Il est donc important de répéter les clichés radiographiques en présence de signes cliniques tous les 10 jours environ. On peut alors voir apparaître des zones d'ostéolyse, associées à une sclérose péri-lésionnelle, et éventuellement des zones d'ostéoprolifération, sur les processus épineux en cas d'ostéomyélite ou aux extrémités de plusieurs vertèbres adjacentes dans le cas de discospondylites. Enfin, l'échographie est utilisée en complément pour évaluer les irrégularités des surfaces osseuses et les tissus mous adjacents. Elle est particulièrement indiquée lors de suspicions d'abcès périvertébraux pour éventuellement réaliser une ponction écho-guidée puis une culture bactérienne qui orientera le choix du traitement. Pour terminer, en présence de signes neurologiques, une myélographie peut être réalisée afin de localiser et documenter les éventuelles zones de compressions de la moelle épinière.

Après avoir établi le diagnostic, un traitement symptomatique et antibiotique large spectre est mis en place. Il peut être commencé en cas de suspicion dès le début de l'apparition des signes cliniques. Dans certains cas, une culture bactérienne est demandée et revient positive, alors le traitement antibactérien peut être plus orienté contre cette bactérie. Des méthodes chirurgicales sont décrites, notamment pour retirer les fragments à l'origine des compressions nerveuses ou pour débrider des abcès périvertébraux. Cependant, les affections infectieuses inflammatoires vertébrales restent des affections très rares, donc sous-diagnostiquées, et souvent de mauvais pronostic. Peu de chirurgies sont donc tentées et les recherches restent très limitées. Les chevaux atteints de telles affections sont tellement peu rencontrés, que les cas étaient trop rares en France pour pouvoir mener une étude rétrospective.

Bibliographie

- (1) AMERICAN ASSOCIATION OF EQUINE PRACTITIONERS (2008). Proceedings of the 54th annual convention of the American Association of Equine Practitioners, Dec 2008, San Diego, California. 54.
- (2) AUDIGIE F., DIDIERLAURENT D., CARNICER D., DENOIX JM., (2008). Examen radiographique du dos du cheval. *Pratique Vétérinaire Equine*, **40**, 55-61.
- (3) BARONE R. (2010a). Anatomie comparée des mammifères domestiques - Ostéologie (Tome 1). 5^{ème} édition. Vigot. 761p. ISBN 978-2-7114041-0-0.
- (4) BARONE R. (2010b). Anatomie comparée des mammifères domestiques - Angiologie (Tome 5). 5^{ème} édition. Vigot. 904p. ISBN 978-2-711404-18-6.
- (5) BARONE R. (2010c). Anatomie comparée des mammifères domestiques - Neurologie II (Tome 7). 5^{ème} édition. Vigot. 838 p. ISBN 978-2711404-09-4.
- (6) BAXTER G.M. (2011). Adams and Stashak's lameness in horses. 6^è édition. Oxford : Wiley-Blackwell. 1954 p. ISBN 978-0-8138-1549-7.
- (7) BERG L.C., NIELSEN J.V., THOEFNER M.B, THOMSEN P.D. (2003). Ultrasonography of the equine cervical région : a descriptive study in eight horses. *Equine Veterinary Journal*, 35, 647-655.
- (8) BOULOCHER C., SAWAYA S. (2008). Anatomie fonctionnelle du rachis cervical du cheval. *Pratique vétérinaire équine*, **40**, 7-16.
- (9) BUDRAS K.S, SACK W.O, ROCK S. (2005). Anatomy of the horse. 5th édition. Schlutersche. 208 p. ISBN 978-3-89993-044-3.
- (10) BUSONI V., HEINEN MP., GABRIEL A. (2008). Examen échographique de l'encolure chez le cheval. *Pratique Vétérinaire Equine*, **40**, 69-76.
- (11) BUTLER J.A., COLLES C.M, DYSON S.J., KOLD S.E, POULOS P.W. (2008). Clinical Radiology of the Horse. 2^{ème} édition. Wiley-Blackwell. 760p. ISBN 978-1405171-08-3.
- (12) CARNICER D, COUDRY V., AUDIGIE F., DIDIERLAURENT D., DENOIX JM., (2008). Examen scintigraphique du dos chez le cheval. *Pratique Vétérinaire Equine*, **40**, 63-67.
- (13) CAUVIN E. (2008a). Examen radiographique sans préparation de la colonne cervicale du cheval. *Pratique Vétérinaire Equine*, **40**, 39-47.
- (14) CAUVIN E. (2008b). Examen myélographique de la colonne cervicale du cheval. *Pratique Vétérinaire Equine*, **40**, 49-54.

- (15) CHAFFIN M.K., HONNAS C.M., CRABILL M.R., SCHNEITER H.L., BRUMBAUGH G.W., BRINER R.P. (1995). Cauda equina syndrome, diskospondylitis and a paravertebral abscess caused by *Rhodococcus equi* in a foal. *Journal of The American Veterinarian Medical Association*, **206**, 215-220.
- (16) CHOPE K. (2008). How to perform sonographic examination and ultrasound-guided injection of the cervical vertebral facet joints in horses. *Proceedings of the 54th annual convention of the American Association of Equine Practitioners*, **54**, 186-189.
- (17) COEQUYT S. *La médecine nucléaire – biophysique et imagerie médicale*. Disponible sur : http://www.biophysique.fr/7BFB5D6F-694E-4DD8-A9AE-DD2963ECAA45_files/imagerie104-128.pdf (consulté le 10/03/2014).
- (18) COLBOURNE C.M., RAIDAL S.L., YOVICH J.V., HOWELL J.McC., RICHARDSON J.L. (1997). Cervical diskospondylitis in two horses. *Australian Veterinarian Journal*, **75**, 477-479.
- (19) CONCHOU F., LAMOUR-LAYSSOL C., MOGICATO G. (2009). Du Rayon X à L'image Radiographique, Cours d'imagerie ENVT, 32p.
- (20) CONCHOU F., LAMOUR-LAYSSOL C., MOGICATO G. (2010) Du son à l'image, Cours d'imagerie ENVT, 107 diapositives.
- (21) DAVID F., VINARDELL T., COUSTY M., ENGELI E., (2008). Examen échographique de la région pelvienne chez le cheval. *Pratique Vétérinaire Equine*, **40**, 85-94.
- (22) DELAUNAY AV. (1995). Evaluation comparative des signes cliniques et radiographiques en pathologie axiale chez le cheval. Thèse de doctorat vétérinaire, Alfort, 81p.
- (23) DENOIX JM., PAILLOUX JP. (1997). Approche de la kinésithérapie du cheval. 2è édition. Paris : Maloine. 291 p. ISBN : 978-2224024277.
- (24) DENOIX JM, (1999). Ultrasonographic évaluation of back lesion. *Veterinary Clinics of North America : Equine Practice*, **15**, 131-159.
- (25) DENOIX JM (2007). Clinical commentary : Discovertebral pathology in horses. *Equine Veterinary Education*, **19**, 72-73.
- (26) DIDIERLAURENT D., CONTREMOULINS V., DENOIX J.M., AUDIGIE F. (2009) Scintigraphic pattern of uptake of ^{99m}Technetium by the cervical vertebrae of sound horses. *Veterinary Record* **164**, 809-813.
- (27) ENGELI E., YEAGER A.E., ERB H.N., HAUSSLER K.K. (2006). Ultrasonographic technique and normal anatomic features of the sacroiliac région in horses. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, **47**, 391-403.

- (28) ERICHSEN C., EKSELL P., WIDSTROM C., ROETHLISBERGER K., JOHNSTON C., LORD P. (2003) Scintigraphic évaluation of the thoracic spine in the asymptomatic riding horse. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, **44**, 330-338.
- (29) FARROW C.S. (2005). *Veterinary Diagnostic Imaging – The Horse*. Mosby Elsevier. 572p. ISBN 978-0-323-01206-5.
- (30) HAUSSLER K.K., STOVER S.M., WILLITS N.H. (1997). Developmental variation in lumbosacropelvic anatomy of Thoroughbred racehorses. *American Journal of Veterinary Research* **58**, 1083-1091.
- (31) HAUSSLER KK. (1999). Back problems : anatomy of the thoracolumbar vertebral region. *The veterinary clinics of North America, Equine practice*, **15**, 13-26.
- (32) HENSON F.M.D. (2009a). Radiography. In *Equine Back Pathology – Diagnosis and Treatment*. 1st Edition. Wiley-Blackwell : 79-93.
- (33) HENSON F.M.D, (2009b). Miscellaneous osseous conditions. In *Equine Back pathology – Diagnosis and treatment*. 1st Edition. Wiley-Blackwell. p. 157-167.
- (34) HILLYER M.H., INNES J.F., PATTESON M.W., BARR A.R.S. (1996). Discospondylitis in an adult horse. *Veterinary Record*, **138**, 519-521.
- (35) JEFFCOTT L.B., DALIN G. (1980a). Natural rigidity of the horse's backbone. *Equine Veterinary Journal* **12**, 101-108.
- (36) JEFFCOTT L.B. (1980b). Disorders of the thoracolumbar spine of the horse – Survey of 443 cases. *Equine Veterinary Journal*, **12**, 197-210.
- (37) JEFFCOTT L.B, (2009). The normal anatomy of the osseous structures of the back and pelvis. In *Equine Back Pathology – Diagnosis and Treatment*. 1st Edition. Wiley-Blackwell : 3-15
- (38) KELLY W.R., COLLINS J.D., FARRELLY B.T., WHITTY B.T., RHODES W.H. (1972). Vertebral osteomyelitis in a horse associated with *Mycobacterium tuberculosis* var. *bovis* (M. Bovis) infection. *Veterinary Radiology and Ultrasound*. **13**, 59-69.
- (39) LAMAS L.P., HEAD M.J. (2009). Ultrasonography of the thoracolumbar région. In *Equine Back Pathology – Diagnosis and Treatment*. 1st Edition. Wiley-Blackwell : 105-111.
- (40) MARKEL M.D., LICHTENSTEIGER C.A., HORNOF W.J. (1986). Vertebral body osteomyelitis in the horse. *Journal of the American Veterinary Association*, **188**, 632-634.
- (41) MARTIN R. (1991). Approche radiographique de la colonne thoracolumbaire chez le cheval. Thèse de doctorat vétérinaire, Alfort, 166p.

- (42) NAGY A., DYSON S., BARR A. (2010). Ultrasonographic findings in the lumbosacral joint of 43 horses with no clinical signs of back pain or hindlimb lameness. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, **51**, 533-539.
- (43) NELSON A. (2009). Nuclear scintigraphy. In *Equine Back Pathology – Diagnosis and Treatment*. 1st Edition. Wiley-Blackwell : 94-104.
- (44) NEWQUIST J.M., BAXTER G.M. (2009). Evaluation of plasma fibrinogen concentration as an indicator of physeal or epiphyseal osteomyelitis in foals (2002-2007). *Journal of the American Veterinary Association*, **234**, 415-419.
- (45) OLCHOWY T.W.J. (1994). Vertebral body osteomyelitis due to *Rhodococcus equi* in two Arabians foals. *Equine Veterinary Journal*, **26**, 79-82.
- (46) OOSTERLINCK M., PILLE F., GASTHUYS F., SAUNDERS J.H. (2008). Infectious coccygeal discospondylitis in an adult trotter horse. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*, **77**, 264-267.
- (47) PRACH A. (2011). Etude de la musculature du rachis du cheval par mesures échographiques. Thèse de doctorat vétérinaire, Lyon, 152p.
- (48) RANTANEN N.W., MCKINNON A.O. (1997). *Equine Diagnostic Ultrasonography*. Blackwell publishers. 696p. ISBN : 0683-07123-8.
- (49) REEF V.B. (2006) *Equine Diagnostic ultrasound*. W.B. Saunders Company. 672p. ISBN 0-7216-5023-6.
- (50) RETUREAU C (2009). Etude rétrospective des lésions radiographiques de la colonne thoraco-lombaire du trotteur français (118 cas). Thèse de doctorat vétérinaire, Nantes, 96 p.
- (51) RICHARDSON D.W. (1986). *Eikenella corrodens* osteomyelitis of the axis in a foal. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. **188**, 298-299.
- (52) ROSS M.W., DYSON S.J. (2011). *Diagnosis and management of lameness in the horse*. Second édition. Elsevier Saunders. 1504 p. ISBN : 978-1-4160-6069-7.
- (53) SAYEGH A.I., SANDE R.D, BESSER T.E., RAGLE C.A., TUCKER R.L, BAKER G.J (2001). Appendicular osteomyelitis in Horses : etiology, pathogenesis and diagnosis. *Compendium* **23**, 760-766.
- (54) SCHWEINITZ D.G. (1999). Back problems : Thermographic diagnostics in equine back pain. *The veterinary clinics of North America, Equine practice*, **15**, 161-177.
- (55) SEIGNOUR M., JACQUET S., DENOIX JM., (2008). Examen échographique de la colonne vertébrale thoraco-lombaire du cheval. *Pratique Vétérinaire Equine*, **40**, 77-83.

- (56) Sprayberry K.A., (2008) Ultrasound examination of horses conditions common in the first year of life, *Proceedings of the American Association of Equine Practitioners – Focus meeting*.
- (57) THIROUIN F. (2001). Etude rétrospective de la place de la thermographie dans le diagnostic des affections locomotrices du cheval. Thèse de doctorat vétérinaire, Alfort, 193p.
- (58) THOMAS W.B. (2000). Diskospondylitis and other vertebra infections. *Veterinary clinics of North America : Small Animal Practice*. **30**, 169-182.
- (59) TOWNSEND H.G.G, LEACH D.H. (1984). Relationship between intervertebral joint morphology and mobility in the equine thoracolumbar spine. *Equine Veterinary Journal*, **16**, 461-465.
- (60) TURNER T.A. (2009). Thermography, In *Equine Back Pathology – Diagnosis and Treatment*. 1st Edition. Wiley-Blackwell. ISBN : 978-1-4051-5492-5.
- (61) WEAVER M.P., JEFFCOTT L.B, NOWAK M. (1999). Radiology and scintigraphy – *The Veterinary Clinics of North America : Equine Practice*, **15**, 113-129.
- (62) WHITCOMB M.B. (2009). Ultrasonography of the lumbosacral spine and pelvis. In *Equine Back Pathology – Diagnosis and Treatment*. 1st Edition. Wiley-Blackwell : 112-124.

Annexes



1. Occipital bone.
2. Jugular process.
3. Dorsal surface of the right and left occipital condyles.
4. Right and left margins of the lateral foramen of the atlas.
5. Caudal borders of the occipital condyle (atlantoccipital articulation).
6. Dorsal tubercle of the atlas.
7. Atlas.
8. Caudal margins of the articular fovea.
9. Cranial articular process of the axis.
10. Margins of the lateral vertebral foramen.
11. Ventral margin of the vertebral column.
12. Dorsal margin of the vertebral column.
13. Dorsal spinous process of the axis.

14. Right and left cranial articular fovea of C3.
15. Caudal articular fovea of the atlas.
16. Dorsal spinous process of C3.
17. Base of the transverse processes of C3.
18. Transverse process of C3.
19. Concave margins of the caudal extremity of the axis.
20. Convex cranial extremity of C3.
21. Caudal growth plate of the axis.
22. Multiple linear opacities produced by the wide bases on the right and left transverse processes of the axis.
23. Axis.
24. Ventral border of the axis.
25. Cranial growth plate of the axis.
26. Dens of the axis.
27. Atlas.
28. Shadow produced by braided rope used for alter.
29. Right and left ramus of the mandible.
30. Right and left ventral margins of the gular pouches.
31. Right and left ventrocaudal margins of the axis.
32. Shadow casted by margins of the transverse foramen.
33. Base of the wings of the atlas.
34. Shadow formed by the cotocavity of the atlantal fossa.
35. Right and left caudal margins of the occipital condyles.

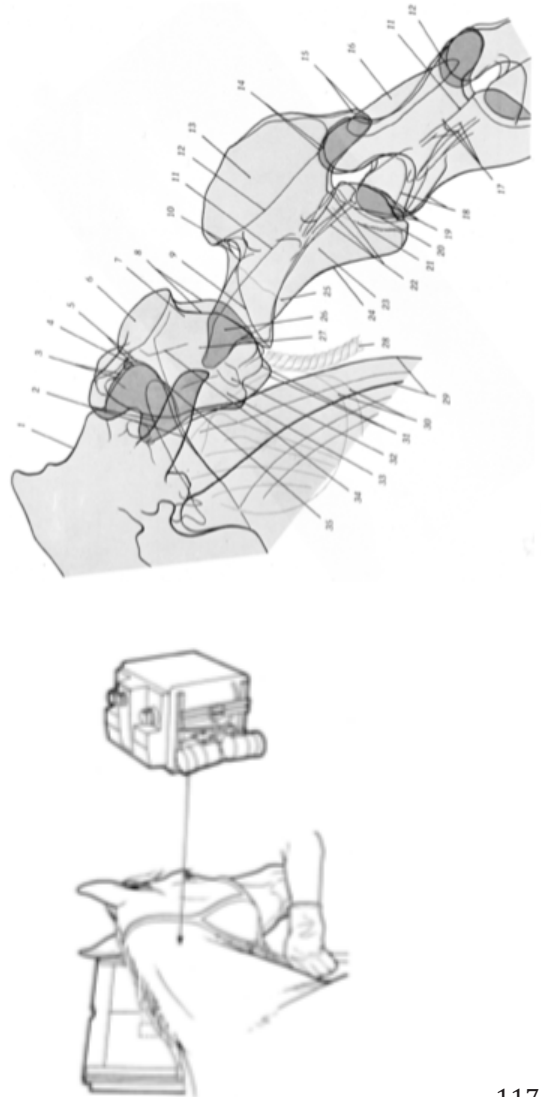
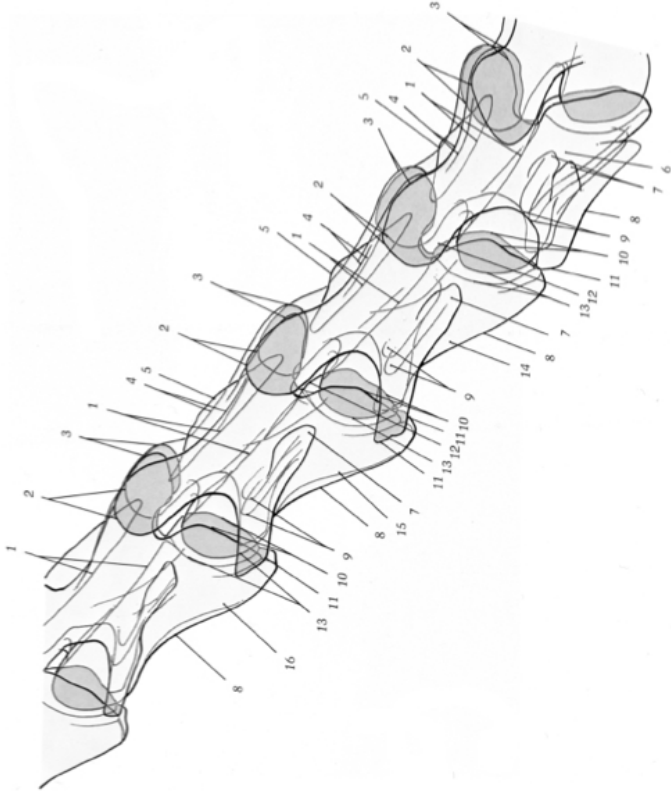


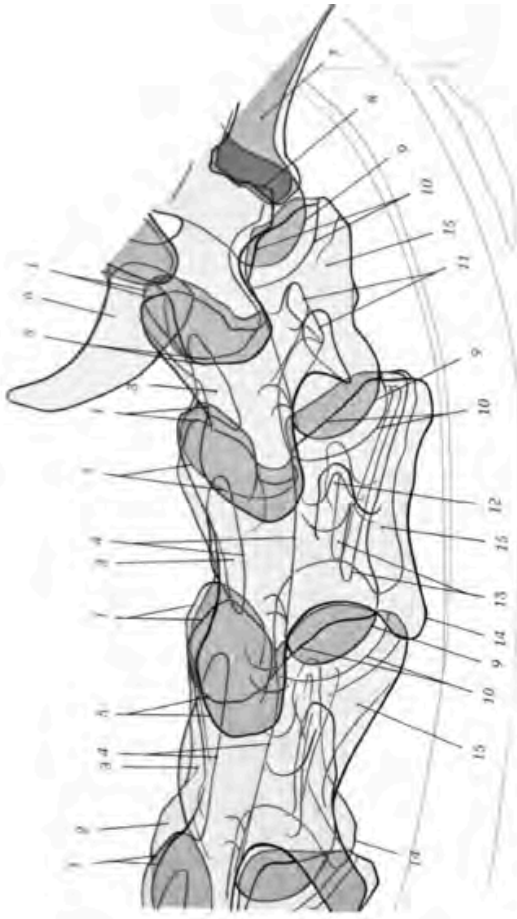
Figure : Incidence latérale de droite à gauche des cervicales hautes (C1-C3)



1. Dorsal and ventral borders of the vertebral canal.
2. Right and left cranial articular processes.
3. Right and left caudal articular processes.
4. Shadows formed by vertebral arches on either side of the spinous processes.
5. Dorsal spinous processes of C4, C5, and C6.
6. C6.
7. Bases of lateral transverse vertebral processes.
8. Ventral borders of the vertebrae.
9. Bases of the transverse processes, which also form the ventral and dorsal margins of transverse foramina.
10. Caudal extremities of the vertebrae.
11. Transverse processes.
12. Dorsal tuberculum.
13. Concave borders of the caudal extremities.
14. C5.

15. C4.
16. C3.

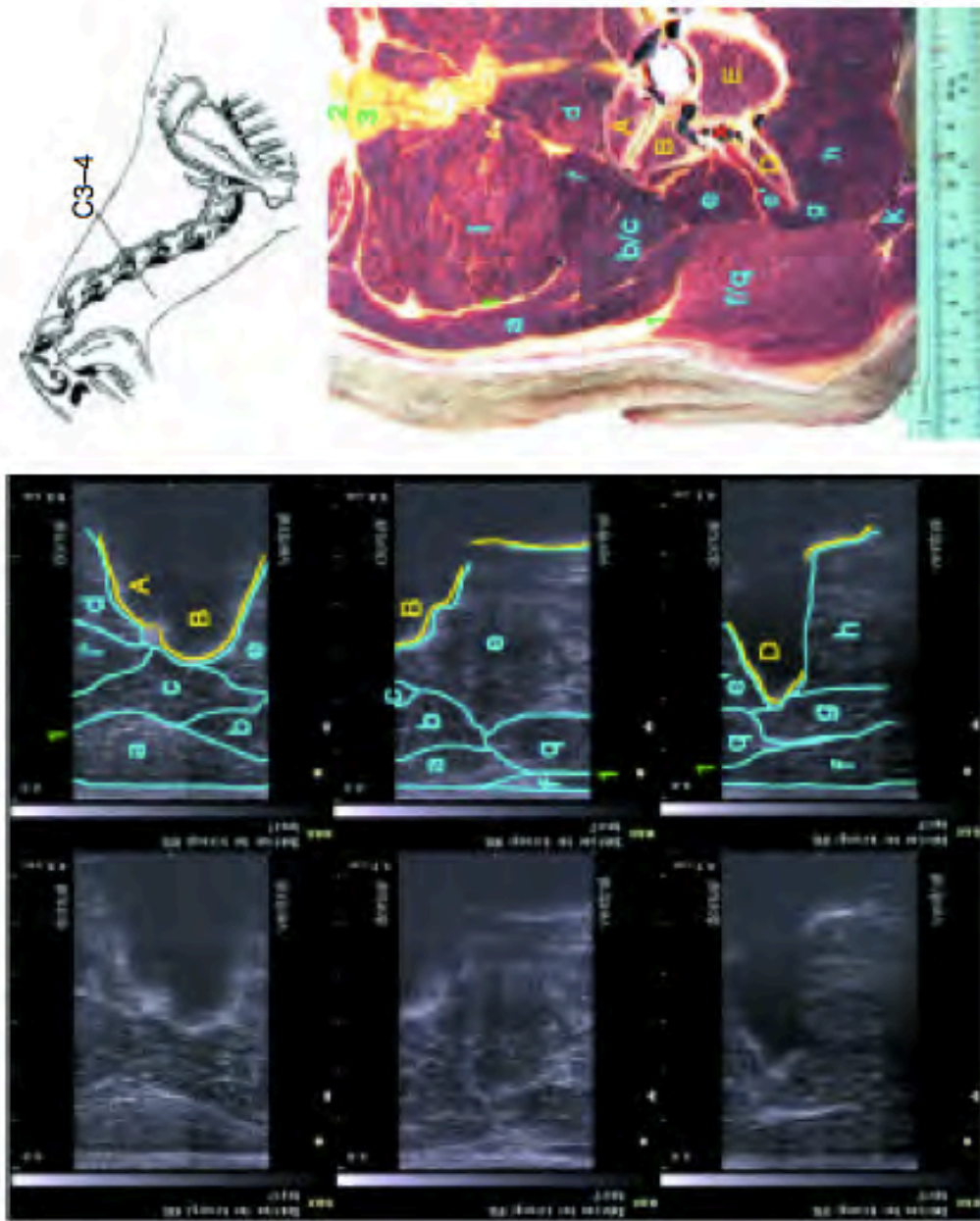
Figure : Incidence latérale de droite à gauche des cervicales moyennes (C3-C5)



1. Caudal articular processes.
2. Vertebral lamina on either side of the spinous process.
3. Dorsal spinous processes and dorsal laminae.
4. Dorsal and ventral borders of the vertebral canal.
5. Cranial articular border.
6. Dorsal spinous process of T1.
7. First rib.
8. Tubercle of the first rib.
9. Cranial extremities of the vertebrae.
10. Caudal extremities of the vertebrae.
11. Bases of the transverse processes.
12. Shadow of the transverse foramen.
13. Bases of the transverse processes.
14. Cranial part of the transverse processes of C6 and C7.
15. C5, C6, and C7.



Annexe 3 : Incidence latérale de droite à gauche des cervicales basses (C5-C7)

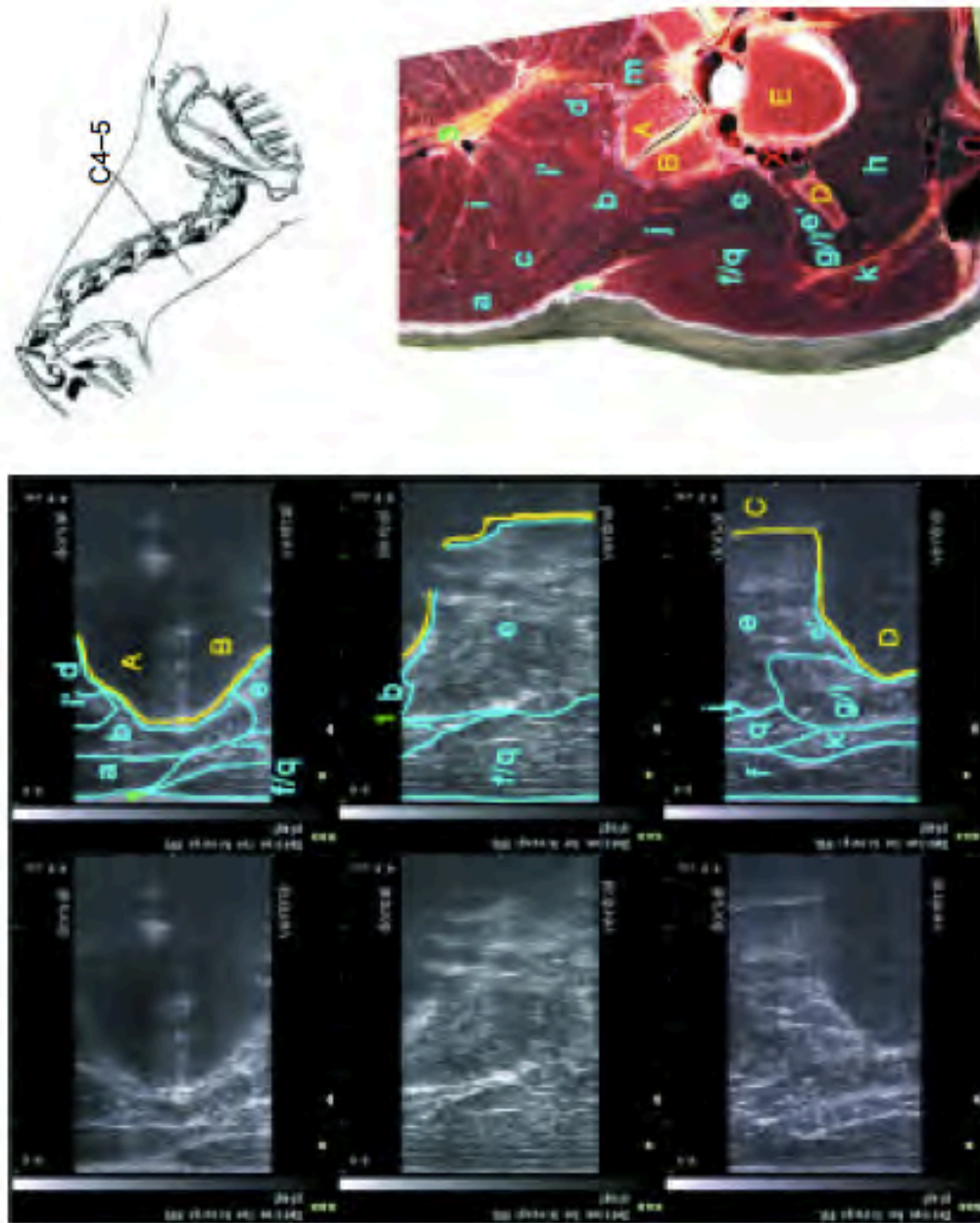


Annexe 4 : Images échographiques en coupe transversale des parties dorsale, médiane et ventrale de l'articulation C3-C4 accompagnées par la légende des structures identifiables, une coupe anatomique avec ces mêmes légendes et un schéma pour la localisation anatomique de l'articulation.

Muscles : a) Muscle splénius, b) M. longissimus de l'atlas, c) M. longissimus de la tête, d) M. multifide du cou, e) M. intertransversaires du cou, f) M. brachiocéphalique, g) M. long de la tête, h) M. long du cou, i) M. semi-épineux de la tête, o) M. oblique caudal de la tête.

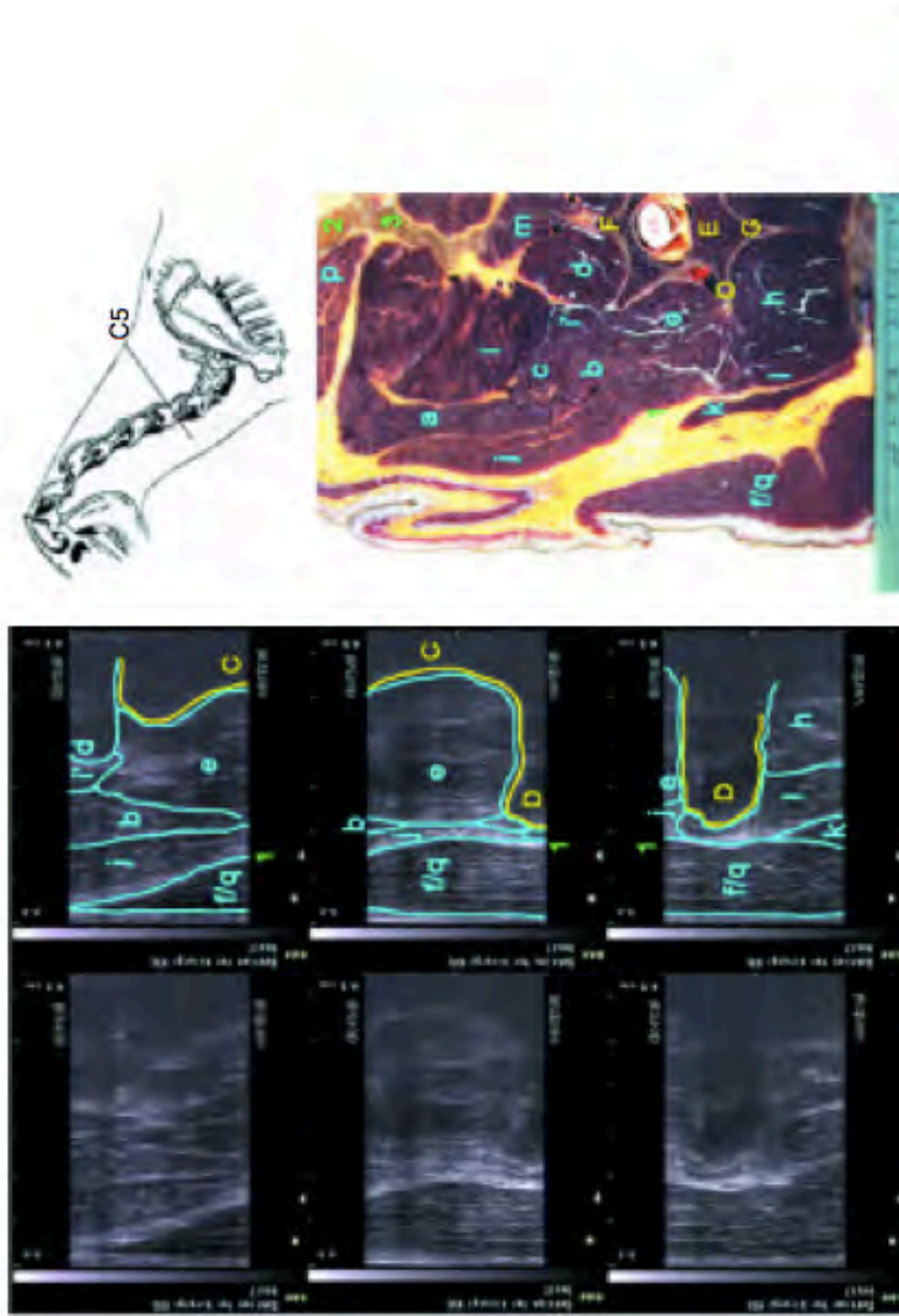
Verèbres : D) Processus transverse, E) Corps vertébral, F) Processus épineux, G) Crête ventrale

Autres : 1) Fascia cervical, 2) Corde nucale, 3) lame nucale, x) artère et veine vertébrales



Annexe 5 : Images échographiques en coupe transversale des parties dorsale, médiane et ventrale de l'articulation C4-C5 accompagnées par la légende des structures identifiables, une coupe anatomique avec ces mêmes légendes et un schéma pour la localisation anatomique de l'articulation.

Muscles : a) Muscle splénius, b) M. longissimus de l'atlas, c) M. longissimus de la tête, d) M. multifide du cou, e) M. intertransversaires du cou, f) M. brachiocephalique, g) M. long de la tête, h) M. long du cou, i) M. semi-épineux de la tête, o) M. oblique caudal de la tête.
 Verèbres : D) Processus transverse, E) Corps vertébral, F) Processus épineux, G) Crête ventrale
 Autres : 1) Fascia cervical, 2) Corde nucale, 3) Lame nucale, x) artère et veine vertébrales



Annexe 6 : Images échographiques en coupe transversale des parties dorsale, médiane et ventrale de C5 accompagnées par la légende des structures identifiables, une coupe anatomique avec ces mêmes légendes et un schéma pour la localisation anatomique de l'articulation.

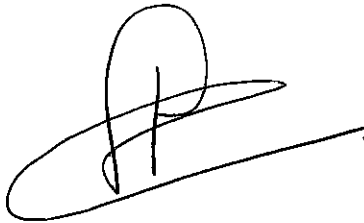
Muscles : a) Muscle splénius, b) M. longissimus de l'atlas, c) M. longissimus de la tête, d) M. multifide du cou, e) M. intertransversaires du cou, f) M. brachiocéphalique, g) M. long de la tête, h) M. long du cou, i) M. semi-épineux de la tête, o) M. oblique caudal de la tête.

Autres : 1) Fascia cervical, 2) Corde nucale, 3) Lame nucale, x) artère et veine vertébrales


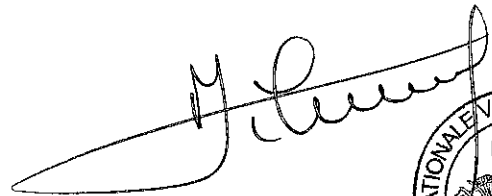
AGREMENT SCIENTIFIQUE

En vue de l'obtention du permis d'imprimer de la thèse de doctorat vétérinaire

Je soussigné, Fabrice CONCHOU, Enseignant-chercheur, de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, directeur de thèse, certifie avoir examiné la thèse de **MALLEDAN Tifenn** intitulée « **Imagerie des affections inflammatoires infectieuses vertébrales chez le cheval** » et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.



Fait à Toulouse, le 22 mai 2014
Docteur Fabrice CONCHOU
Enseignant chercheur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse





Vu :
Le Directeur de l'Ecole Nationale
Vétérinaire de Toulouse
Professeur Alain MILON

Vu : 3/6/14
Le Président du jury :
Professeur Isabelle BERRY



Vu et autorisation de l'impression :
Le Président de l'Université
Paul Sabatier
Professeur Bertrand MONTHUBERT
Par délégation, la Vice-Présidente du CEVU
Madame Régine ANDRÉ OBRECHT



Conformément à l'Arrêté du 20 avril 2007, article 6, la soutenance de la thèse ne peut être autorisée qu'après validation de l'année d'approfondissement.

